

Faculté de Médecine

Année 2023

Thèse N° 3196

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

le 26 octobre 2023

Par Claire BATAILLE-BRUNEL

Née le 23/01/1995 à Toulouse

Apport de l'échographie de contraste dans l'analyse des endofuites prothétiques : étude pilote

Contrast enhanced Echography in Endoleak Prosthesis Analysis : CEEPA

Thèse dirigée par M. le Professeur Philippe LACROIX

Examineurs :

M. le Professeur Philippe LACROIX, CHU de Limoges

Mme. le Professeur Anne LONG, CHU de Lyon

M. le Professeur Aymeric ROUCHAUD, CHU de Limoges

M. le Docteur Francis PESTEIL, CHU de Limoges

Mme. le Docteur Lucie CHASTAINGT, CHU de Limoges

Président

Juge

Juge

Juge

Juge



Faculté de Médecine

Année 2023

Thèse N° 3196

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

Le 26 octobre 2023

Par Claire BATAILLE-BRUNEL

Née le 23/01/1995 à Toulouse

Apport de l'échographie de contraste dans l'analyse des endofuites prothétiques : étude pilote

Contrast enhanced Echography in Endoleak Prosthesis Analysis : CEEPA

Thèse dirigée par Philippe LACROIX

Examineurs :

M. le Professeur Philippe LACROIX, CHU de Limoges

Mme. le Professeur Anne LONG, CHU de Lyon

M. le Professeur Aymeric ROUCHAUD, CHU de Limoges

M. le Docteur Francis PESTEIL, CHU de Limoges

Mme. le Docteur Lucie CHASTAINGT, CHU de Limoges

Président

Juge

Juge

Juge

Juge



Doyen de la Faculté

Monsieur le Professeur **Pierre-Yves ROBERT**

Assesseurs

Madame le Professeur **Marie-Cécile PLOY**

Monsieur le Professeur **Jacques MONTEIL**

Monsieur le Professeur **Laurent FOURCADE**

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

ABOYANS Victor	CARDIOLOGIE
ACHARD Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
AJZENBERG Daniel	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
ALAIN Sophie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
AUBARD Yves	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
AUBRY Karine	O.R.L.
BALLOUHEY Quentin	CHIRURGIE INFANTILE
BERTIN Philippe	THERAPEUTIQUE
BOURTHOUMIEU Sylvie	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE
CAIRE François	NEUROCHIRURGIE
CHRISTOU Niki	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE
CLAVERE Pierre	RADIOTHERAPIE
CLEMENT Jean-Pierre	PSYCHIATRIE D'ADULTES
CORNU Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
COURATIER Philippe	NEUROLOGIE
DAVIET Jean-Christophe	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
DESCAZEAUD Aurélien	UROLOGIE

DRUET-CABANAC Michel	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL
DURAND Karine	BIOLOGIE CELLULAIRE
DURAND-FONTANIER Sylvaine	ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE)
FAUCHAIS Anne-Laure	MEDECINE INTERNE
FAUCHER Jean-François	MALADIES INFECTIEUSES
FAVREAU Frédéric	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
FEUILLARD Jean	HEMATOLOGIE
FOURCADE Laurent	CHIRURGIE INFANTILE
GAUTHIER Tristan	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
GUIGONIS Vincent	PEDIATRIE
HANTZ Sébastien	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
HOUETO Jean-Luc	NEUROLOGIE
JACCARD Arnaud	HEMATOLOGIE
JACQUES Jérémie	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
JAUBERTEAU-MARCHAN M. Odile	IMMUNOLOGIE
JESUS Pierre	NUTRITION
JOUAN Jérôme	CHIRURGIE THORACIQUE ET VASCULAIRE
LABROUSSE François	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
LACROIX Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
LAROCHE Marie-Laure	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
LOUSTAUD-RATTI Véronique	HEPATOLOGIE
LY Kim	MEDECINE INTERNE
MAGNE Julien	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
MAGY Laurent	NEUROLOGIE
MARCHEIX Pierre-Sylvain	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
MARQUET Pierre	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE

MATHONNET Muriel	CHIRURGIE DIGESTIVE
MELLONI Boris	PNEUMOLOGIE
MOHTY Dania	CARDIOLOGIE
MONTEIL Jacques	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
MOUNAYER Charbel	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
NUBUKPO Philippe	ADDICTOLOGIE
OLLIAC Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
PARAF François	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE
PLOY Marie-Cécile	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
PREUX Pierre-Marie	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
ROBERT Pierre-Yves	OPHTALMOLOGIE
ROUCHAUD Aymeric	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
SALLE Jean-Yves	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
STURTZ Franck	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
TCHALLA Achille	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT
TEISSIER-CLEMENT Marie-Pierre	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES
TOURE Fatouma	NEPHROLOGIE
VALLEIX Denis	ANATOMIE
VERGNENEGRE Alain	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
VERGNE-SALLE Pascale	THERAPEUTIQUE
VIGNON Philippe	REANIMATION
VINCENT François	PHYSIOLOGIE
YARDIN Catherine	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE

Professeurs Associés des Universités à mi-temps des disciplines médicales

BRIE Joël	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE
------------------	---

KARAM Henri-Hani MEDECINE D'URGENCE

MOREAU Stéphane EPIDEMIOLOGIE CLINIQUE

Maitres de Conférences des Universités – Praticiens Hospitaliers

COMPAGNAT Maxence MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION

COUVE-DEACON Elodie BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE

DELUCHE Elise CANCEROLOGIE

DUCHESNE Mathilde ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES

ESCLAIRE Françoise BIOLOGIE CELLULAIRE

FAYE Pierre-Antoine BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE

FREDON Fabien ANATOMIE/CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE

LALOZE Jérôme CHIRURGIE PLASTIQUE

LE GUYADER Alexandre CHIRURGIE THORACIQUE ET
CARDIOVASCULAIRE

LIA Anne-Sophie BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE

PASCAL Virginie IMMUNOLOGIE

RIZZO David HEMATOLOGIE

SALLE Henri NEUROCHIRURGIE

SALLE Laurence ENDOCRINOLOGIE

TERRO Faraj BIOLOGIE CELLULAIRE

WOILLARD Jean-Baptiste PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE

YERA Hélène PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE (mission
temporaire)

P.R.A.G.

GAUTIER Sylvie ANGLAIS

Maitre de Conférences des Universités associé à mi-temps

BELONI Pascale SCIENCES INFIRMIERES

Professeur des Universités de Médecine Générale

DUMOITIER Nathalie (Responsable du département de Médecine Générale)

Professeur associé des Universités à mi-temps de Médecine Générale

HOUDARD Gaëtan (du 01-09-2019 au 31-08-2025)

Maitres de Conférences associés à mi-temps de médecine générale

BUREAU-YNIESTA Coralie (du 01-09-2022 au 31-08-2025)

LAUCHET Nadège (du 01-09-2020 au 31-08-2023)

SEVE Léa (du 01-09-2021 au 31-08-2024)

Professeurs Emérites

ADENIS Jean-Paul du 01-09-2017 au 31-08-2021

ALDIGIER Jean-Claude du 01-09-2018 au 31-08-2022

BESSEDE Jean-Pierre du 01-09-2018 au 31-08-2022

BUCHON Daniel du 01-09-2019 au 31-08-2022

DARDE Marie-Laure du 01-09-2021 au 31-08-2023

DESSPORT Jean-Claude du 01-09-2020 au 31-08-2022

MABIT Christian du 01-09-2022 au 31-08-2024

MERLE Louis du 01-09-2017 au 31-08-2022

MOREAU Jean-Jacques du 01-09-2019 au 31-08-2023

NATHAN-DENIZOT Nathalie du 01-09-2022 au 31-08-2024

TREVES Richard du 01-09-2021 au 31-08-2023

TUBIANA-MATHIEU Nicole du 01-09-2018 au 31-08-2021

VALLAT Jean-Michel du 01-09-2019 au 31.08.2023

VIROT Patrice du 01-09-2021 au 31-08-2023

Assistants Hospitaliers Universitaires

ABDALLAH Sahar	ANESTHESIE REANIMATION
APPOURCHAUX Evan	ANATOMIE CHIRURGIE DIGESTIVE
BUSQUET Clémence	HEMATOLOGIE
HAZELAS Pauline	BIOCHIMIE
LABRIFFE Marc	PHARMACOLOGIE
LADES Guillaume	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
LOPEZ Stéphanie	MEDECINE NUCLEAIRE
MARTIN ép. DE VAULX Laury	ANESTHESIE REANIMATION
MEYER Sylvain	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE HYGIENE
MONTMAGNON Noëlie	ANESTHESIE REANIMATION
PLATEKER Olivier	ANESTHESIE REANIMATION
ROUX-DAVID Alexia	ANATOMIE CHIRURGIE DIGESTIVE
SERVASIER Lisa	CHIRURGIE OPTHOPEDIQUE

Chefs de Clinique – Assistants des Hôpitaux

ABDELKAFI Ezedin	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
AGUADO Benoît	PNEUMOLOGIE
ALBOUYS Jérémie	HEPATO GASTRO ENTEROLOGIE
ASLANBEKOVA Natella	MEDECINE INTERNE
BAUDOUIN Maxime	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
BEAUJOUAN Florent	CHIRURGIE UROLOGIQUE
BLANCHET Aloïse	MEDECINE D'URGENCE
BLANQUART Anne-Laure	PEDIATRIE (REA)
BOGEY Clément	RADIOLOGIE

BONILLA Anthony	PSYCHIATRIE
BOSCHER Julien	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
BURGUIERE Loïc	SOINS PALLIATIFS
CHASTAINGT Lucie	MEDECINE VASCULAIRE
CHAUBARD Sammara	HEMATOLOGIE
CHROSCIANY Sacha	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
COLLIN Rémi	HEPATO GASTRO ENTEROLOGIE
COUMES-SALOMON Camille	PNEUMOLOGIE ALLERGOLOGIE
CURUMTHAULEE Faiz	OPHTALMOLOGIE
DARBAS Tiffany	ONCOLOGIE MEDICALE
DU FAYET DE LA TOUR Anaïs	MEDECINE LEGALE
DUPIRE Nicolas	CARDIOLOGIE
FESTOU Benjamin	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES
FORESTIER Géraud	RADIOLOGIE
FRACHET Simon	NEUROLOGIE
GIOVARA Robin	CHIRURGIE INFANTILE
LADRAT Céline	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
LAGOUEYTE Benoit	ORL
LAPLACE Benjamin	PSYCHIATRIE
LEMACON Camille	RHUMATOLOGIE
MEYNARD Alexandre	NEUROCHIRURGIE
MOI BERTOLO Emilie	DERMATOLOGIE
MOHAND O'AMAR ép. DARI Nadia	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
NASSER Yara	ENDOCRINOLOGIE
PAGES Esther	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE
PARREAU Simon	MEDECINE INTERNE

RATTI Nina	MEDECINE INTERNE
ROCHER Maxime	OPHTALMOLOGIE
SALLEE Camille	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
SEGUY ép. REBIERE Marion	MEDECINE GERIATRIQUE
THEVENOT Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
TORDJMAN Alix	GYNECOLOGIE MEDICALE
TRAN Gia Van	NEUROCHIRURGIE
VERNAT-TABARLY Odile	OPHTALMOLOGIE

Chefs de Clinique – Médecine Générale

BOURGAIN Clément
HERAULT Kévin
RUDELLE Karen

Praticiens Hospitaliers Universitaires

HARDY Jérémie	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
LAFON Thomas	MEDECINE D'URGENCE
TRICARD Jérémy	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE MEDECINE VASCULAIRE

A mes grands-parents

Remerciements

A Monsieur le Professeur Philippe Lacroix
Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
Chef de service de Chirurgie vasculaire et Médecine vasculaire du CHU de Limoges

Je vous remercie infiniment de présider et juger cette thèse.

Votre implication et passion pour la médecine vasculaire ne peuvent être que le meilleur des exemples pour tous les internes qui ont eu la chance de vous côtoyer.

Un grand merci pour votre bienveillance, votre disponibilité et votre investissement au cours de ma formation.

Veillez croire en l'expression de ma plus haute considération.

A Madame la Professeur Anne Long
Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
Service de Médecine vasculaire du CHU de Lyon

C'est un honneur de vous compter parmi les membres de ce jury et une preuve de la collaboration inter centres de la médecine vasculaire.

Soyez assurée de ma sincère reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Aymeric Rouchaud
Professeur des Universités, Praticien Hospitalier
Service de Radiologie et Imagerie médicale du CHU de Limoges

Merci d'avoir accepté de participer à ce jury afin d'apporter la vision et l'expertise radiologique indispensable à ce sujet.

Trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur Francis Pesteil
Praticien Hospitalier, Chirurgien vasculaire
Service de Chirurgie vasculaire et Médecine vasculaire du CHU de Limoges

Pour le modèle d'exigence et de passion que vous représentez qui fait honneur à la chirurgie. Merci pour vos pontages alambiqués à contrôler à l'écho doppler qui ne peuvent qu'améliorer notre apprentissage.

Soyez assuré de ma sincère admiration.

A Madame le Docteur Lucie Chastaingt,
Chef de clinique
Service de Chirurgie vasculaire et Médecine vasculaire du CHU de Limoges

Merci d'avoir accepté d'être membre de ce jury, cela me tenait très à cœur, ainsi que d'avoir encadré ce travail de thèse.

Merci pour ta disponibilité et tes précieux conseils lors de mon semestre au doppler. Je suis ravie de travailler de nouveau en novembre avec toi. (PS : j'ai prévu les sandwiches au poulet)

Trouve ici l'expression de ma profonde admiration.

A mes **grands-parents**, pour ces souvenirs d'enfance immuables et pourtant lointains à St Caprais, les balades en 2CV, les cueillettes de champignons, les préparations de gâteaux, les jeux de bataille, Okapi... Cette thèse vous est dédiée.

A ma **mère**, pour m'avoir soutenue pendant ces longues études et depuis toujours quels qu'aient été les événements ou les étapes. A tous ces magnifiques souvenirs de voyages ensemble. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi.

A mon **oncle** et ma **tante**, pour tous ces souvenirs à St Caprais ou à Campardon, à Tata pour m'avoir transmis le goût de l'art, merci d'avoir toujours été là pour moi.

A **Didi** et **Philippe**, pour tous ces moments que l'on a partagé depuis mon stage au cabinet véto, en passant par St Caprais et jusqu'en Chine à manger des asticots grillés. Et bien sûr pour avoir créé mes zouaves de petits-cousins préférés **Ambre** et **Mathis**.

A **Pierre**, merci d'être toujours là pour moi, de me soutenir dans mes moments de doute et d'hésitation (et on sait qu'ils sont nombreux). A tous ces voyages que l'on a fait ensemble et ceux à venir, à ta tentative de me convertir à l'œnologie.
A notre passion commune pour le piano, hâte de revenir à Toulouse qu'on finisse enfin cette fantaisie de Schubert.

A la famille vasculaire :

A **Marie-Laure**, **Yse**, **Kevin senior**, **Alexandre**, **Kevin junior** et **Matthieu** ralliés par cette « passion vaisseaux » commune. A **Yse** et **Kevin senior** pour m'avoir recommandé la med vasc avant les choix de spécialité.

A **Hela**, merci pour ta disponibilité pendant mon premier semestre au doppler et tes précieux conseils pour l'utilisation de Vuebox.

A **Elise** et **Maeva**, le duo inséparable et complémentaire.

A **Saad** pour son humour et sa bonne humeur communicative, merci de ta disponibilité et de ta pédagogie pendant mon premier semestre au doppler.

A **Sandrine** et **Sophie**, les figures indispensables du Doppler, pour leur bienveillance chaleureuse et leur gentillesse.

A tous les med vasc Toulousains : **Camille**, **Timothée**, **Justine**, **Antoine**, **Céline**, **Lucie**, **Coralia**, **Ghali** et **Florent**

Au **Pr Bura-Rivière**, au **Dr Lapébie** et à toute l'équipe de médecine vasculaire du CHU de Toulouse, merci pour ces 6 mois très enrichissants.

Aux chir vasc :

Au **Dr Romain Chauvet**, et son célèbre cri de ralliement « A poil », merci pour ta sympathie et ta gentillesse, un peu moins pour ton nouvel engouement pour les endoprothèses non échogènes.

Au **Dr Rami El Hage**, pour ta gentillesse et tes conseils avisés.

A **Raphael**, A **Loïc**, à la fois prof de Salsa, expert en ti'punch et monuments parisiens.

A **Pierre F**, notre référent international Bilharziose et chir vasc refoulé.

A tous les habitants de l'internat de Limoges, pour cette grande coloc qu'a été ce 1^{er} semestre de confinement avec ces inoubliables Mardis Fous : **Tabata, Safia, Lina, Pauline, Fantine, Elodie, Manon, Gege, Marco, Bertille, Clara, Cynthia, Guillaume, Jules, Myriam, Nicolas, Thibault, Jonathan...**

A **Anne-Claire B.** et **Antonin** mes tout premiers co internes en chir vasc.

Aux med vasc Périgourdins :

A **Emilie**, pour avoir accompagné mes premiers pas à l'écho à Périgueux, toujours un plaisir de venir te voir au doppler.

A **Alain M**, merci pour ta gentillesse et ta pédagogie et de m'avoir accordé de ton temps pour me former à l'endo veineux, je suis ravie de pouvoir poursuivre avec toi le semestre prochain.

Merci à toute **l'équipe de dermatologie** et **l'équipe d'endocrino-diabéto du CH de Périgueux** pour ces deux semestres de hors-filière qui me seront d'une grande aide dans ma pratique future.

A **la coloc de la Guinguette**, pour cet inoubliable semestre passé ensemble, le meilleur de mon internat :

A **Chloé**, organisatrice d'exception du « planning sorties » et des soirées de La Guinguette, qui a tenté d'initier la coloc à l'astrologie (sans grand succès...) et périgourdine d'adoption grâce à Arnaud.

A nos futures soirées limochoises.

A **Marguerite** et **Iris** notre duo infernal préféré tant pour leurs essais culinaires, que leur « Brigade anti sommeil » sans qui la coloc revenait à un fond sonore de 15dB hors séance de yoga. Notre couple de gallinacées préféré comme dirait Flo.

A **Flo**, cardiologue, sportif, roux, tant de qualités en un seul breton, capable de confectionner des cannes télescopiques pour récupérer des écouteurs perdus tout comme des galettes bretonnes, suivant l'humeur du jour.

A **Ouss**, la force tranquille de la coloc, toujours une oreille attentive aux autres.

A **Guillaume S**, roi des pâtes carbo, cardiologue de son état mais pouvant revêtir des déguisements très divers tout en regardant Roland Garros dans le bureau, à tous ces après-midi d'imitations dans le bureau de cardio.

A **Yemi**, pour ta bonne humeur qui a égayé ce semestre partagé en coloc.

A **Charlotte**, entre coloc et co interne, la dermato nous a rapprochées. On aura beaucoup bitché (on taira bien sûr la spécialité) pendant ce semestre. Bon courage pour tes prochaines astreintes pustules. Hâte de venir te voir à Bordeaux et déguster des plats pimentés ou des Dunes (je crois que tu as une petite préférence).

A **Léa** et **Loïse**, j'espère que vous ne nous en voudrez pas d'avoir un peu influencé vos choix de spé avec Charlotte, mais ce sera forcément un meilleur choix que ceux de Loïse concernant le code la route à Périgueux.

Hâte de vous revoir pour des séances de dégustation rocamadour, ratafia, millionnaire et conseils en crèmes dermato.

A **Marion**, la meilleure rencontre de cet interchu toulousain beaucoup trop court. Tes chaussons brodés « Dr Poq » t'attendent à l'appart avec des bonbons au miel et tu n'as testé que 80% de ta liste de restau donc un retour à Toulouse me semble indispensable (PS : les chaussures pour hommes avec des semelles comme tu aimes il n'y en a qu'à Toulouse).

Aux amis de l'externat :

A **Cholé et Mélanie**, les danseuses du groupe, A **Mélanie** pour nous avoir fait découvrir les traditions péruviennes et courir en pleine rue avec un sac à dos un 31 décembre à minuit, aux souvenirs des soirées Enac.

A **Laure**, à nos 4 mains au piano improvisés, depuis notre stage en neurochir à faire des touchers cérébraux le temps a passé mais c'est toujours un grand plaisir de venir te voir à Paris.

Aux deux Mathilde, Mathilde Z pour tes pâtisseries incroyables, je t'en dois une d'ailleurs pour ta contribution à cette thèse sans qui il manquerait une iconographie.

A **Céline**, reine incontestée de Vovinam.

A **Edouard**, à nos innombrables sessions de cas cliniques, un soutien indéfectible pendant cette longue année de D4, dommage que tu sois parti dans ces contrées nordiques si lointaines.

A **Clara**, pour avoir choisi la meilleure des spé un an après moi, hâte que tu reviennes à Toulouse.

A **Anne-Claire T**, espèce rare le Donkeychotte de plus d'1m80, à toutes nos soirées ensemble, nos essais culinaires et voyages et à nos sorties en double sur la Garonne quand tu as enfin essayé ce sport incroyable qu'est l'aviron.

A **Louise, Diane et Justine**, pour tous ces moments partagés depuis la P2 jusqu'à notre voyage au Vietnam.

A **Léo**, assis sur le même banc depuis la Paces, ensemble en TD, les souvenirs de ces premières années de médecine sont nombreux, à toutes nos longues discussions ayant forgé une amitié durable.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Liste des abréviations

AAA : Anévrisme de l'aorte abdominale

EF : Endofuite

EVAR : Endovascular Aortic Repair – chirurgie endovasculaire aortique

NaCl : Chlorure de Sodium

PE : Peak Enhancement – Pic de rehaussement

ROI : Region Of Interest – region d'intérêt

RT : Rise Time – temps de montée

TTP : Time To Peak – temps au pic d'intensité

Vmax : Vitesse systolique maximale

WiAUC : Wash-in Area Under the Curve – Aire sous la courbe durant la phase de remplissage

Table des matières

Introduction	22
I.1. L'anévrisme de l'aorte abdominale : Généralités.....	22
I.2. Prise en charge d'un AAA.....	22
I.2.1. La chirurgie ouverte.....	22
I.2.2. La chirurgie endovasculaire (EVAR : <i>Endo Vascular Aortic Repair</i>).....	23
I.3. Complications post EVAR	23
I.4. Suivi post EVAR.....	24
I.4.1. Imagerie	24
I.4.1.1. Angioscanner	24
I.4.1.2. Echographie doppler	24
I.4.1.3. Echographie doppler avec injection de produit de contraste.....	25
I.4.2. Recommandations.....	25
I.5. Rationnel de l'étude	25
II. Matériel et Méthode.....	27
II.1. Population.....	27
II.2. Imagerie.....	27
II.2.1. Echographie doppler	27
II.2.2. Echographie doppler avec injection de produit de contraste	27
II.2.3. Analyse Vuebox	28
II.3. Imagerie scanographique.....	29
III. Résultats	30
III.1. Population étudiée	30
III.2. Description des cas analysés.....	30
III.2.1. Cas 1.....	30
III.2.2. Cas 2.....	33
III.2.3. Cas 3.....	35
III.2.4. Cas 4.....	37
III.2.5. Cas 5.....	40
III.2.6. Synthèse des caractéristiques des patients.....	43
III.3. Description des cas non exploitables	43
III.4. Description des données obtenues	44
IV. Discussion	45
Conclusion	48
Références bibliographiques	49
Serment d'Hippocrate.....	52

Table des illustrations

Figure 1 - Classification des endofuites.	24
Figure 2 - Coupe transversale échographique d'endoprothèse au niveau de l'aorte abdominale.....	28
Figure 3 - Paramètres Vuebox lors d'une injection de produit de contraste.	29
Figure 4 - Diagramme de flux de la population étudiée.....	30
Figure 5 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 1 : deux jambages de l'endoprothèse et présence d'une EF I (flèche blanche).....	31
Figure 6 - Echographie de contraste cas 1.....	31
Figure 7 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type Ia et signal intra endoprothèse cas 1.....	32
Figure 8 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 2.....	33
Figure 9 - Echographie de contraste cas 2.....	34
Figure 10 - Analyse Vuebox du signal de contraste de l'EF type IIb et signal de contraste intra prothétique cas 2.....	34
Figure 11 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 3.....	36
Figure 12 - Echographie de contraste cas 3.....	36
Figure 13 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type IIb et signal intra endoprothèse cas 3.....	37
Figure 14 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 4 : endoprothèse et EF II.....	38
Figure 15 - Echographie de contraste cas 4.....	39
Figure 16 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type IIa et signal intra endoprothèse cas 4.....	39
Figure 17 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 5.....	41
Figure 18 - Echographie de contraste cas 5.....	41
Figure 19 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type IIb et signal intra endoprothèse cas 5.....	42

Table des tableaux

Tableau 1 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 1.....	32
Tableau 2 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 2.....	35
Tableau 3 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 3.....	37
Tableau 4 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 4.....	40
Tableau 5 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 5.....	42
Tableau 6 - Synthèse des données quantitatives obtenues par analyse Vuebox des échographies de contraste des 5 patients.	43

Introduction

I.1. L'anévrisme de l'aorte abdominale : Généralités

L'anévrisme de l'aorte abdominale (AAA) sous rénale est une pathologie secondaire à une atteinte de la média. Ceci entraîne une perte localisée et permanente de parallélisme des parois aortiques et une majoration du diamètre en regard, pour certains auteurs à plus de 30mm, pour d'autres à au moins 1.5 fois le diamètre infra ou supra rénal du patient.

Les principaux facteurs de risque de développer un AAA sont le sexe masculin, l'âge supérieur à 60 ans, les antécédents familiaux d'AAA, l'origine ethnique, le tabagisme, l'athérosclérose, l'hypertension artérielle (HTA). (1) Le diabète quant à lui semblerait être un facteur protecteur. (2) (3)

L'incidence des cas diagnostiqués en France est d'environ 5000/an (4). Cette pathologie est plus fréquente après 60 ans ; dans cette tranche d'âge, la prévalence pour les AAA >30mm est d'environ 5,3% chez l'homme et 1,3% chez la femme ; pour les AAA >40 mm : 2% chez l'homme et 0,3% chez la femme ; pour les AAA >50mm : 0,6% chez l'homme, 0,2% chez la femme

Son risque évolutif principal est la rupture, avec dans la majorité des cas une absence de symptômes précurseurs. La mortalité est alors supérieure à 80% (4). En 2013, 11600 personnes (83% d'hommes et 17% de femmes) ont été hospitalisés pour AAA, dont 9,5% pour AAA rompus (5). Selon Santé Publique France, le nombre de décès par an pour AAA s'élève à 2000.

Compte tenu de la morbi-mortalité importante de cette pathologie, la HAS recommande la mise en place d'un dépistage ciblé des anévrismes de l'aorte abdominale en France pour les patients entre 65 et 75 ans avec antécédent de tabagisme chronique actif ou sevré, ainsi que pour les patients entre 50 et 75 ans avec antécédent familial d'AAA. (6)

I.2. Prise en charge d'un AAA

Les recommandations de la société européenne de chirurgie vasculaire (ESVS) et de la société américaine de cardiologie (AHA) concernant le seuil chirurgical admis, est de 55 mm pour les hommes et 50 mm pour les femmes (7), (1). Ce seuil a été établi en fonction du risque de rupture corrélé au diamètre anévrisimal (1).

Les autres critères de prise en charge chirurgicale sont un AAA symptomatique ou un AAA avec croissance du sac anévrisimal supérieure ou égale à 1cm/an.

Plusieurs types de prise en charge chirurgicale sont possibles :

I.2.1. La chirurgie ouverte

Cette approche est appelée mise à plat-greffe. Elle consiste en une reconstruction par pontage prothétique entre les extrémités saines de l'anévrisme.

Cette technique est considérée comme à haut risque ; la mortalité cardio vasculaire est supérieure ou égale à 5% dans les 30 jours post opératoire, contre 1 à 5% pour la technique endovasculaire. (1)

Elle est en général proposée aux patients avec peu de comorbidités, ou anatomiquement inéligibles à l'endovasculaire.

I.2.2. La chirurgie endovasculaire (EVAR : *Endo Vascular Aortic Repair*)

Il s'agit d'une intervention peu invasive, consistant à introduire une prothèse auto expansible par voie endovasculaire au niveau de l'AAA, avec certains critères anatomiques indispensables.

Plusieurs études se sont attachées à comparer la chirurgie ouverte à l'EVAR (EVAR1, ACE Trial, DREAM, OVER).

La technique endovasculaire est associée à une mortalité opératoire plus faible que la chirurgie ouverte, mais aucune différence significative n'est observée sur la mortalité à long terme, avec un taux augmenté de complications liées à l'endoprothèse et 20% de ré interventions liées aux endofuites de type 2. (8)

La méta analyse d'Antoniou et al, qui comparait la chirurgie ouverte versus EVAR, retrouvait une mortalité à 6 mois inférieure à la chirurgie ouverte ; cependant, à 8 ans, le risque était supérieur avec l'EVAR. (9)

I.3. Complications post EVAR

La principale complication de la technique endovasculaire repose sur la survenue d'endofuite (EF), qui correspond à la présence de flux sanguin dans le sac anévrisimal en dehors de la lumière de l'endoprothèse. Différents types d'EF existent et certaines se résolvent spontanément sans ré intervention (10).

Les EF de type I sont caractérisées par un défaut d'apposition de l'endoprothèse couverte au niveau du collet aortique proximal ou distal ; elles relèvent d'une réintervention rapide.

Les EF de type II, les plus fréquentes, sont dues à un flux rétrograde provenant de vaisseaux collatéraux (IIa si flux provenant de l'artère mésentérique inférieure (AMI) ou IIb si provenant des artères lombaires) réalimentant le sac anévrisimal. Environ 10% des patients après EVAR développent une EF type 2, dont 35% se résolvent spontanément et <1% entraînent une rupture (10) . Les facteurs de risque identifiés dans l'occurrence des EF de type 2 sont la perméabilité et le diamètre de l'artère mésentérique inférieure, le nombre d'artères lombaires ≥ 4 et leur diamètre $> 2.4\text{mm}$, et le diamètre de l'artère sacrale médiane (11)

Les EF de type III sont dues soit à une déconnexion d'un des jambages, soit secondaire à une détérioration du tissu de l'endoprothèse couverte; elles relèvent d'une réintervention rapide.

Les EF de type IV sont dues à la porosité de l'endoprothèse couverte ; elles ne sont plus rencontrées avec les matériaux prothétiques actuels.

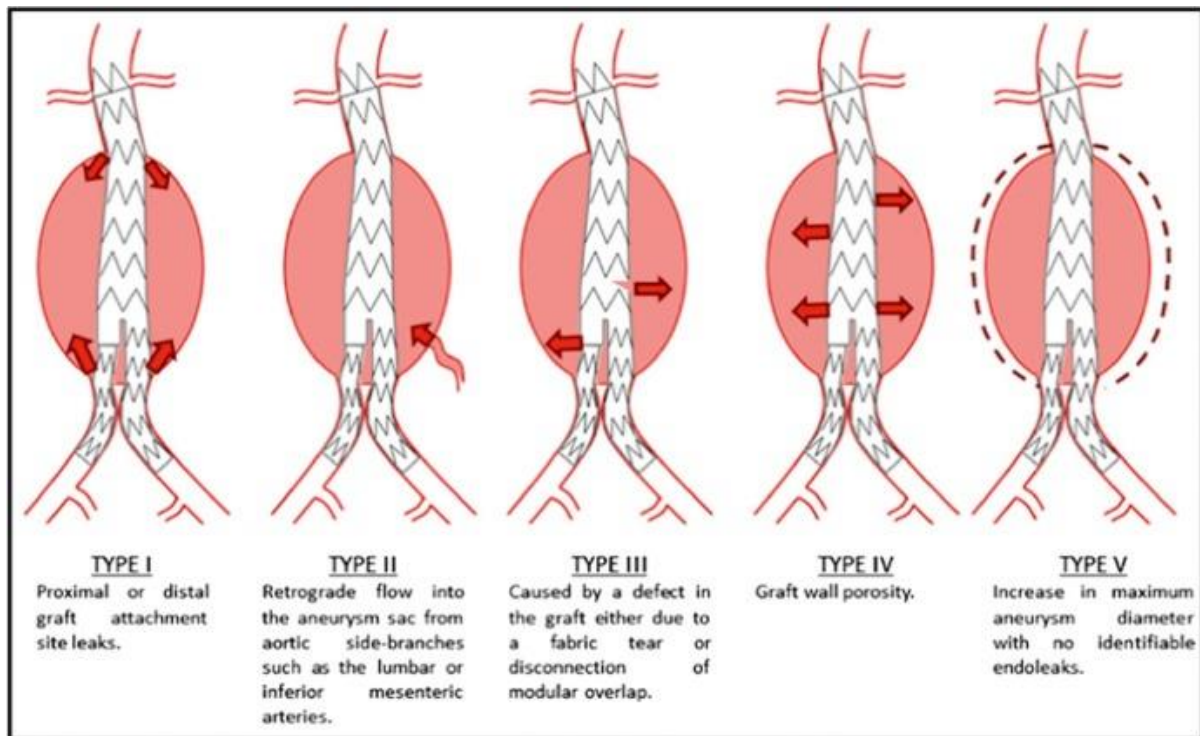


Figure 1 - Classification des endofuites.

Ulster Med J. 2013 Jan; 82(1): 3–10 Endovascular Aortic Aneurysm Repair (EVAR)

Andrew England and Richard Mc Williams

Les autres complications pouvant survenir après EVAR sont la migration prothétique, l'occlusion de jambage, l'infection et la rupture. (1)

I.4. Suivi post EVAR

Compte tenu du risque d'endofuite à distance de la chirurgie, les endoprothèses aortiques justifient d'un suivi régulier par imagerie.

I.4.1. Imagerie

I.4.1.1. Angioscanner

L'imagerie par tomodensitométrie avec injection de produit de contraste (angioTDM) est à l'heure actuelle l'examen *Gold standard* dans le suivi des endoprothèses.

Cependant, avec l'augmentation du nombre de patients traités par EVAR, des problématiques soulevées par le recours systématique à l'angioTDM se posent : néphrotoxicité des produits de contraste iodés, exposition aux rayonnements ionisants, coût. Cependant, cette modalité d'imagerie reste un examen accessible en routine et non sujet à la variabilité inter-opérateur.

I.4.1.2. Echographie doppler

L'examen par écho-doppler pour le suivi post EVAR apparaît comme une méthode sûre car sans exposition aux radiations ionisantes, pouvant être répétée fréquemment, avec un coût plus faible que l'angioTDM ; elle reste cependant opérateur dépendant et soumise aux caractéristiques morphologiques du patient (obésité, interpositions digestives).

Par rapport au scanner, ces examens permettent d'obtenir aussi bien des informations statiques d'imagerie (présence ou absence de fuite, diamètre du sac anévrismal) que dynamique à travers les études doppler et éventuellement cinétique.

I.4.1.3. Echographie doppler avec injection de produit de contraste

L'échographie de contraste consiste en l'injection d'une préparation stabilisée de microbulles d'Hexafluorure de soufre (Sonovue® Bracco). Ce produit, à élimination respiratoire, permet d'améliorer l'échogénicité du sang et a l'avantage de ne pas contenir d'iode, d'être non néphrotoxique et non radioactif, avec un taux d'effets indésirables rapporté inférieur ou similaire à ceux rapportés avec les produits de contraste scanographiques ou IRM (imagerie par résonance magnétique) (12).

I.4.2. Recommandations

L'ESVS recommande la réalisation d'une première imagerie de surveillance post-opératoire précoce, dans les 30 jours ; elle doit comporter un angioscanner, complété ou non par une échographie doppler. Par la suite, une stratification des patients en 3 groupes est réalisée en fonction de leur risque :

- Groupe à bas risque : pas d'EF à l'imagerie post opératoire et endoprothèse appliquée à la paroi aortique sur plus de 10 mm au niveau des collets proximal et distal. Une nouvelle imagerie est recommandée à 5 ans.
- Groupe à risque intermédiaire : EF type II à l'imagerie post-opératoire et application correcte de l'endoprothèse au niveau des collets. Un suivi annuel par échographie-doppler est recommandé.
- Groupe à haut risque : EF type I ou III nécessitant une réintervention. Si application inadéquate de l'endoprothèse au niveau des collets sans EF un suivi par angioscanners répétés est recommandé(1).

I.5. Rationnel de l'étude

La place de l'endovasculaire dans la prise en charge des anévrismes de l'aorte abdominale est de plus en plus importante (13) (14). Cette technique nécessite un suivi régulier par la suite, afin de ne pas méconnaître la survenue d'une de ses principales complications : les endofuites.

L'angioscanner, expose à un risque d'irradiations répétées et de néphrotoxicité, avec par ailleurs un coût élevé.

L'écho doppler de contraste apparaît donc comme une alternative intéressante, permettant une détection satisfaisante des endofuites, avec une spécificité et sensibilité supérieure à 0.90. (15).

Jusqu'à présent, les études conduites avec injection de SONOVUE se sont attachées à fournir des informations qualitatives (présence ou absence de fuite) ; aucune n'a analysé les données quantitatives pouvant être obtenues avec cette modalité d'imagerie. Le logiciel Vuebox (BRACCO software application Genève Suisse) permet d'analyser le profil des courbes de perfusion du produit de contraste. Ce type d'analyse est déjà effectuée au niveau des reins, du parenchyme hépatique, voire des plaques d'athérosclérose. L'apport de l'analyse de la cinétique d'apparition du contraste dans la poche anévrismale et de son intensité pour dissocier les différents types de fuite et préciser leur importance n'a pas été précisé.

Nous formulons l'hypothèse que les cinétiques d'apparition du contraste dans la poche anévrysmale varient suivant les types d'endofuite et que les densités de contraste sont variables suivant l'importance des endofuites.

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer les capacités de l'échographie avec analyse de contraste à identifier les différents types d'endofuite.

Le critère de jugement principal repose sur l'analyse de la concordance des données obtenues en échographie de contraste avec les données du scanner pour déterminer le type d'endofuite (I et III vs II).

L'objectif secondaire consistait à évaluer les capacités de l'échographie avec analyse de contraste à quantifier l'importance des endofuites de type II.

II. Matériel et Méthode

II.1. Population

Cette étude pilote prospective multicentrique a été menée entre juin 2022 et juillet 2023 au sein des services de médecine vasculaire du Centre Hospitalier Universitaire de Limoges et de Toulouse.

Le protocole d'étude a été approuvé par le comité d'éthique local n° 567-2022-223 et l'étude a été conduite dans le respect de la déclaration d'Helsinki et du règlement général sur la protection des données.

Tous les patients ayant bénéficié d'un EVAR avec endofuite objectivée par écho doppler de contraste au cours de leur suivi étaient inclus avec recueil des images écho doppler de contraste.

Les critères de non inclusion étaient la présence d'une contre-indication au produit de contraste Sonovue (hypersensibilité à l'hexafluorure de soufre, cardiopathie ischémique récente ou instable, patient porteur d'un shunt droit-gauche, hypertension artérielle pulmonaire, hypertension systémique non contrôlée, syndrome de détresse respiratoire, grossesse)(16), l'absence d'endofuite à l'échographie de contraste, les patients mineurs et les patients majeurs sous mesure de protection.

Etant donné son caractère préliminaire, cette étude n'a pas fait l'objet de calcul du nombre de sujets nécessaires.

II.2. Imagerie

L'échographie doppler de contraste était réalisée sur un échographe EPIQ 7G (Philips, medical System) à Limoges et sur un Sequoia (Siemens) à Toulouse, par le biais d'une sonde C5-1 selon un protocole standardisé.

Les paramètres échographiques étaient optimisés avant l'enregistrement, sans modification durant l'enregistrement. L'index mécanique était faible (0,06) afin d'éviter la destruction prématurée des microbulles.

Différents opérateurs expérimentés ont réalisé les examens, selon le protocole standardisé ci-dessous.

II.2.1. Echographie doppler

Un enregistrement était tout d'abord réalisé en mode 2D, avec une analyse morphologique en coupes transversale et longitudinale, permettant une mesure du diamètre antéro postérieur du sac anévrismal, et analyse de l'aspect des zones d'application des jambages. On passait ensuite en mode doppler couleur, en vérifiant la perméabilité de l'endoprothèse et des jambages, l'absence de rehaussement du sac anévrismal en dehors de la lumière de l'endoprothèse, et l'absence de sténose au niveau des zones d'application des jambages. L'enregistrement de la vitesse systolique maximale (Vmax) de l'EF était effectué par tir doppler si celle-ci était visualisée en doppler couleur.

II.2.2. Echographie doppler avec injection de produit de contraste

Une première injection de 2.5cc de Sonovue par cathéter veineux périphérique était réalisée afin de localiser l'endofuite.

En cas de présence d'endofuite, 10mL de NaCl 0.9% étaient injectés afin de rincer la tubulure, puis une nouvelle injection de 2.5cc de Sonovue avec un enregistrement des images dès l'injection du produit de contraste en coupe transversale fixe centrée sur l'endofuite était réalisée pendant 120 secondes.

Une 3^e injection de 2.5cc de Sonovue était effectuée après rinçage par 10mL de NaCl afin de réaliser une acquisition en coupe longitudinale fixe centrée sur l'endofuite pendant encore 120 secondes.

II.2.3. Analyse Vuebox

Le logiciel Vuebox permet d'analyser différents paramètres quantitatifs tels que le temps d'ascension (*Rise Time - RT*), le temps au pic (*Time To Peak-TTP*), le pic d'intensité (*Peak Enhancement-PE*), l'aire sous la courbe en phase de remplissage (*Wash In Area Under the Curve-WiAUC*) ou d'élimination (*Wash Out Area Under the Curve-WiAUC*), à partir des images acquises par échographie de contraste après injection de Sonovue au niveau de régions anatomiques d'intérêt (*Region Of Interest : ROI*).

Ces ROI étaient placées manuellement ; une première ROI englobant l'ensemble de la zone à analyser était centrée sur l'aorte, puis une deuxième ROI était placée dans l'endoprothèse, et une troisième au niveau de l'endofuite.

La fonction « compensation du mouvement » du logiciel était utilisée pour minimiser les mouvements liés à la respiration ou les mouvements de la sonde par l'examineur.

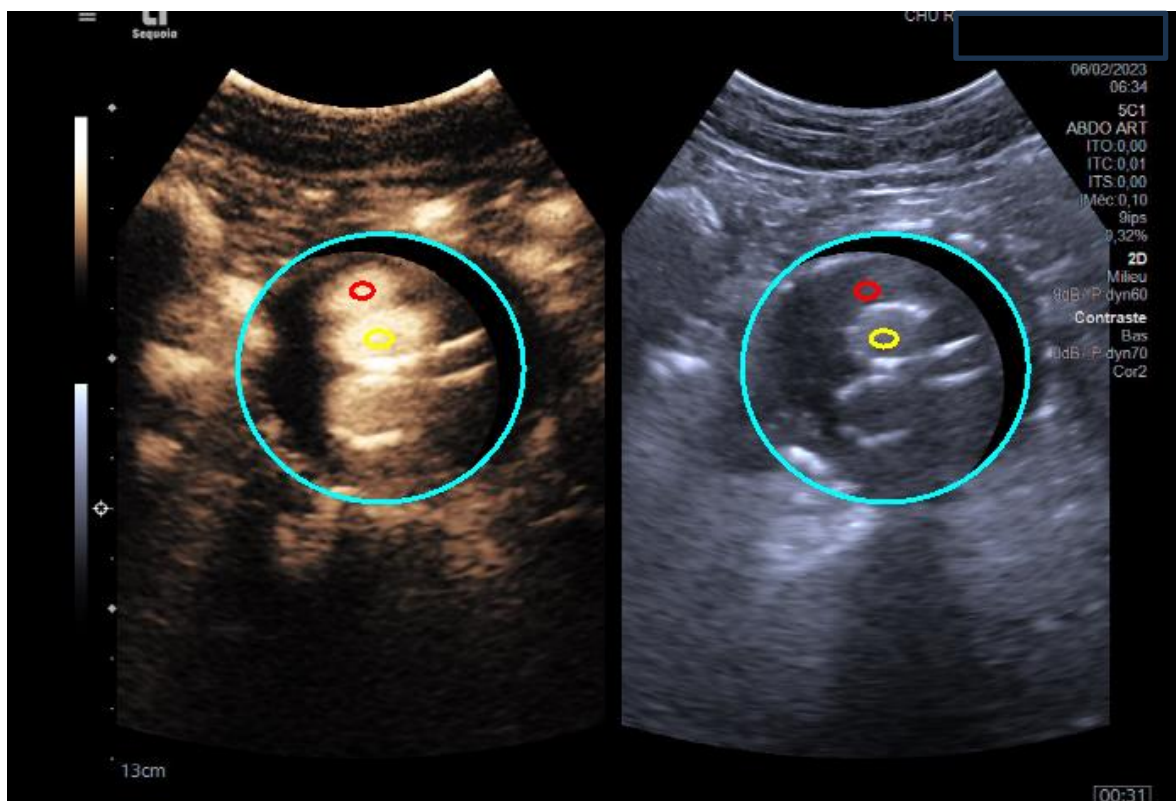


Figure 2 - Coupe transversale échographique d'endoprothèse au niveau de l'aorte abdominale.

A gauche : image par échographie de contraste SONOVUE (ROI bleue : délimitation de la zone analysée ; ROI jaune : jambage de l'endoprothèse ; ROI rouge : endofuite). A droite : échographie 2D.

Une estimation de la perfusion sous forme de courbe temps-intensité était obtenue par conversion des données vidéo en données d'écho power dont les valeurs sont directement proportionnelles à la concentration d'agent de contraste à un instant donné.

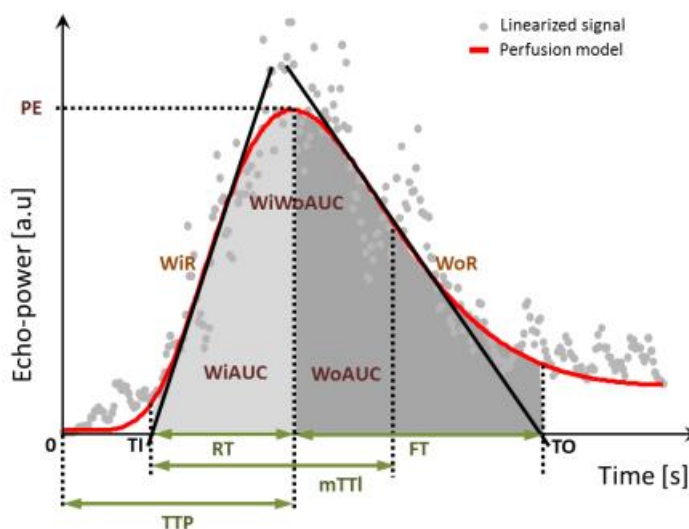


Figure 3 - Paramètres Vuebox lors d'une injection de produit de contraste.

Le temps 0 correspond à la détection des premières microbulles de Sonovue dans la structure étudiée.

Ont été analysés dans cette étude : le temps de montée (*Rise Time* – RT) ; le temps au pic d'intensité, temps entre la première apparition de contraste et le pic d'intensité (*Time to Peak* - TTP) ; le Pic de rehaussement (*Peak enhancement* - PE) ; l'aire sous la courbe durant la phase de remplissage (*Wash-in Area Under the Curve* – WiAUC).

Pour déterminer la cinétique d'arrivée du produit de contraste entre les deux différentes régions d'intérêt, un 3^e paramètre était nécessaire à calculer : le différentiel entre le TTP et le RT dans l'EF. Ceci a permis de comparer la cinétique d'apparition de contraste entre l'EF et l'endoprothèse.

II.3. Imagerie scanographique

Si la fonction rénale du patient le permettait, un angioscanner de l'aorte abdominale était réalisé dans les 6 mois avant ou après l'échographie chez tous les patients

Deux données principales étaient relevées sur cette imagerie : le diamètre antéro-postérieur maximal du sac anévrysmal ainsi que le type d'EF.

III. Résultats

III.1. Population étudiée

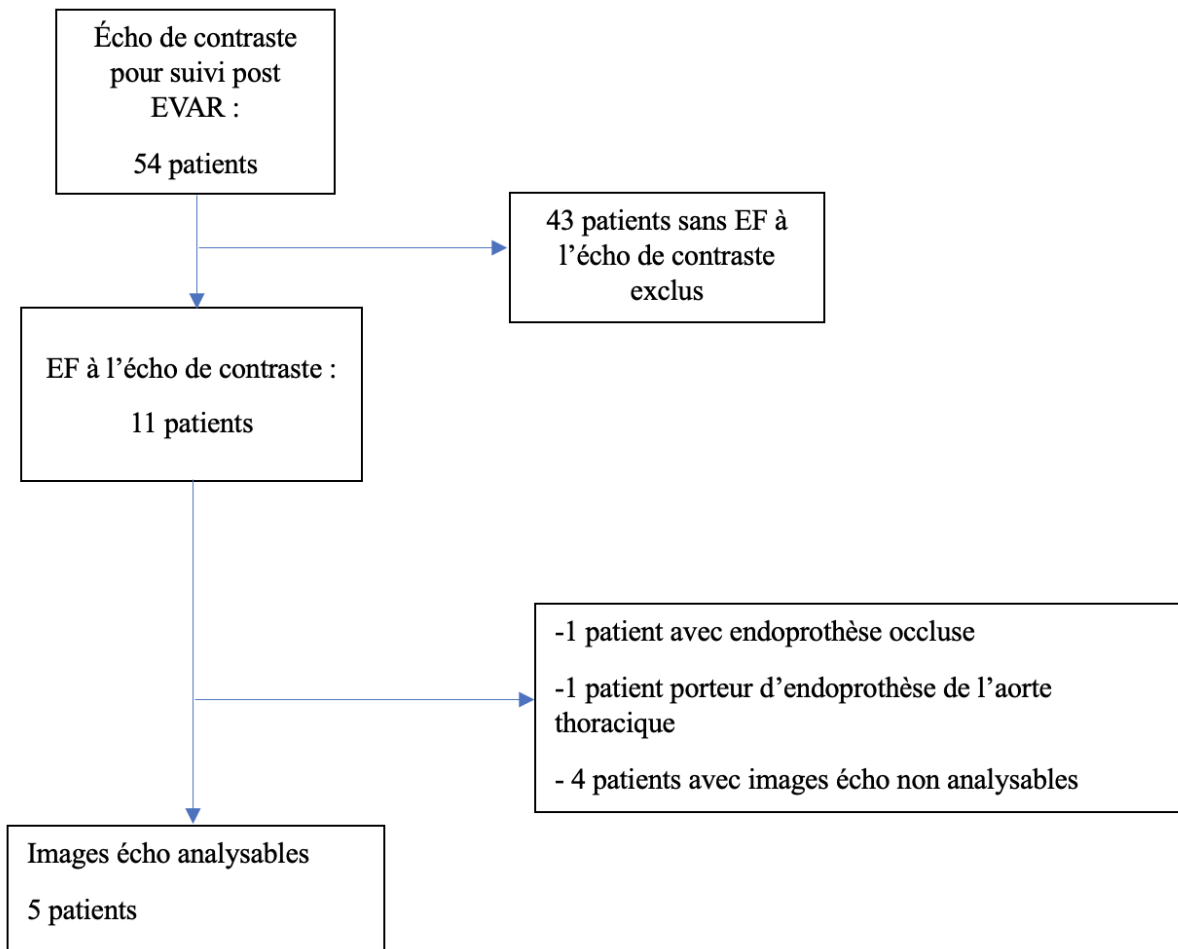


Figure 4 - Diagramme de flux de la population étudiée.

La population analysée se composait de 5 patients ; 4 du CHU de Limoges et 1 du CHU de Toulouse. Cette population avait bénéficié d'un EVAR entre 2018 et 2022 au CHU de Limoges ou Toulouse. Elle était composée exclusivement de patients de sexe masculin.

III.2. Description des cas analysés

III.2.1. Cas 1

Il s'agit d'un homme de 75 ans. Ses antécédents comprennent un tabagisme sévère, un surpoids avec un indice de masse corporelle (IMC) à 28 kg/m², une hypertension, une dyslipidémie, un diabète, une bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), une artériopathie, une insuffisance rénale chronique, une cardiopathie ischémique.

Il a été opéré en 2018 d'un AAA de 49 mm avec mise en place d'une endoprothèse bifurquée aorto-bi-iliaque Medtronic Endurant II (référence ETBF2816145EE).

Il a bénéficié de plusieurs imageries de suivi :

- AngioTDM (05/2022) : sac anévrismal mesuré à 58mm, présence d'une EF de type I au pôle supérieur de la prothèse

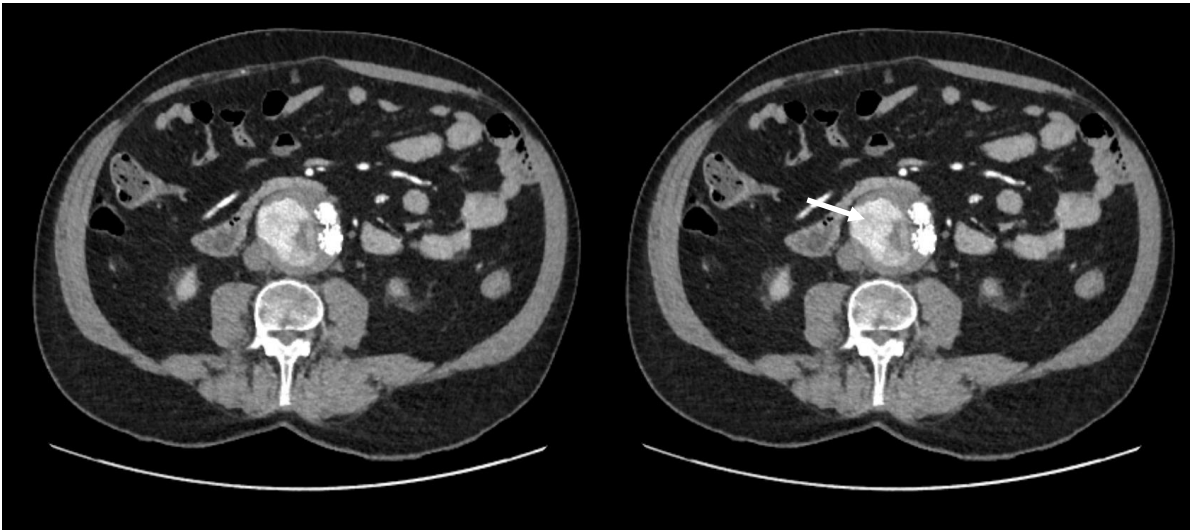


Figure 5 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 1 : deux jambages de l'endoprothèse et présence d'une EF I (flèche blanche).

- Echographie de contraste (10/2022) : EF de type I en regard de la zone d'application des jambages, sac anévrismal mesuré à 57mm.

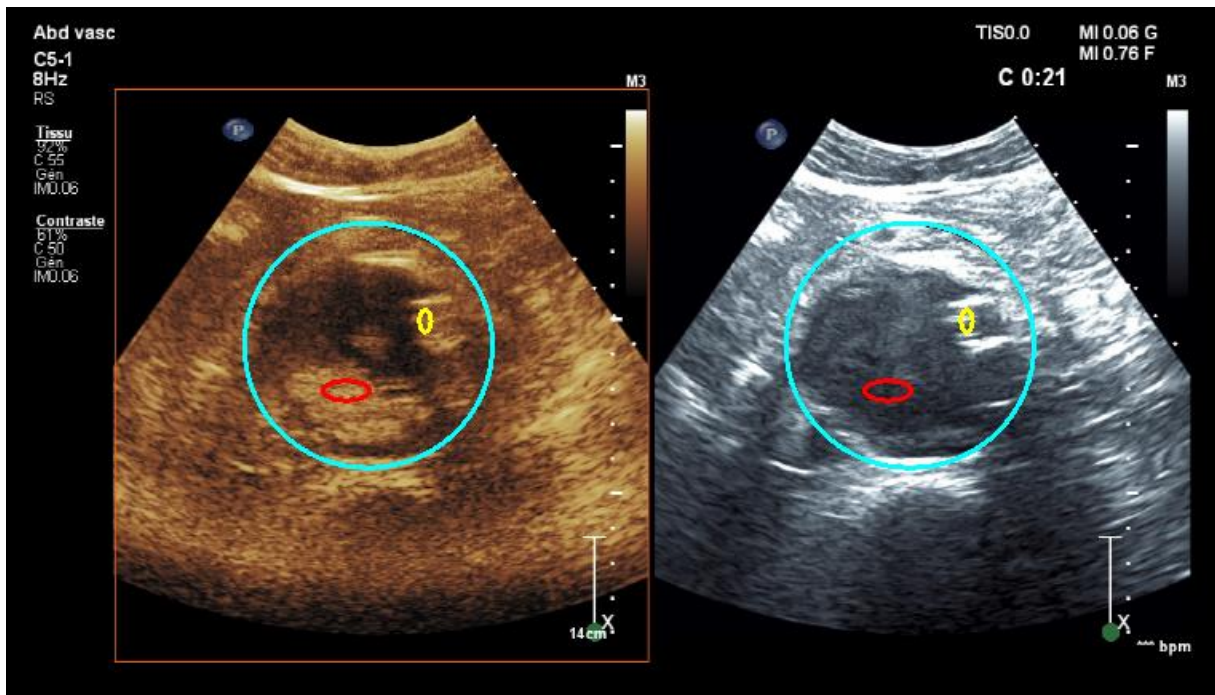


Figure 6 - Echographie de contraste cas 1.

Image de gauche : Echographie de contraste en coupe transversale aorte abdominale, ROI jaune dans l'endoprothèse, ROI rouge au niveau de l'EF. Image de droite : Echographie doppler 2D.

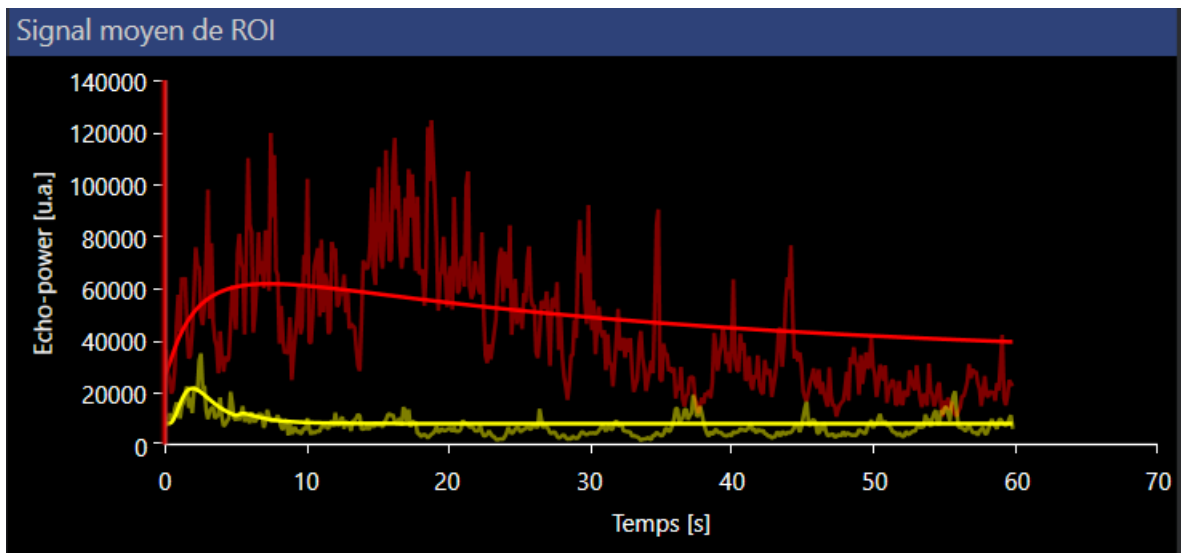


Figure 7 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type Ia et signal intra endoprothèse cas 1.
En rouge : signal EF, en jaune : endoprothèse.

Tableau 1 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 1.

Rise Time RT en secondes, Time To Peak TTP en secondes, Peak enhancement PE en unités arbitraires, Wash In Area Under Curve en unités arbitraires

	RT (s)	TTP (s)	TTP-RT (s)	PE (ua)	WI AUC (ua)
prothèse	1.5	2		13 553	12 604
EF	7.3	7.4	0.1	34 805	198 004

On constate dans ce cas que l'apparition du contraste est quasiment concomitante au niveau de l'EF et de l'endoprothèse. En effet, le paramètre TTP-RT dans l'EF, représentant le délai d'apparition du contraste dans l'EF par rapport à son arrivée dans l'endoprothèse, est à 0.1 seconde.

Les valeurs de temps d'ascension RT et de temps au pic TTP sont environ égales que ce soit dans l'EF ou dans l'endoprothèse.

Le temps d'ascension RT est plus long que dans l'endoprothèse d'environ 6 secondes.

Le temps au pic TTP est plus long que dans l'endoprothèse d'environ 6 secondes.

La valeur du pic de rehaussement (PE) est environ 2.5 fois plus élevée dans l'EF que dans l'endoprothèse (34800 unités arbitraires (ua) contre 13553 ua dans l'endoprothèse).

La valeur de l'aire sous la courbe en phase de remplissage (Wi AUC) est environ 15 fois plus élevée dans l'EF que dans l'endoprothèse (198004 ua contre 12604 ua).

III.2.2. Cas 2

Il s'agit d'un homme de 76 ans. Ses antécédents comprennent un tabagisme sévère, une obésité avec un IMC à 35 kg/m², une dyslipidémie.

Il a été opéré en 2021 avec mise en place d'une endoprothèse bifurquée aorto bi iliaque Gore (référence RLT281416) pour un AAA de 53mm.

Il a bénéficié de plusieurs imageries de suivi :

- AngioTDM en 03/2023 : retrouvant une EF IIb, un sac anévrismal mesuré à 54mm.

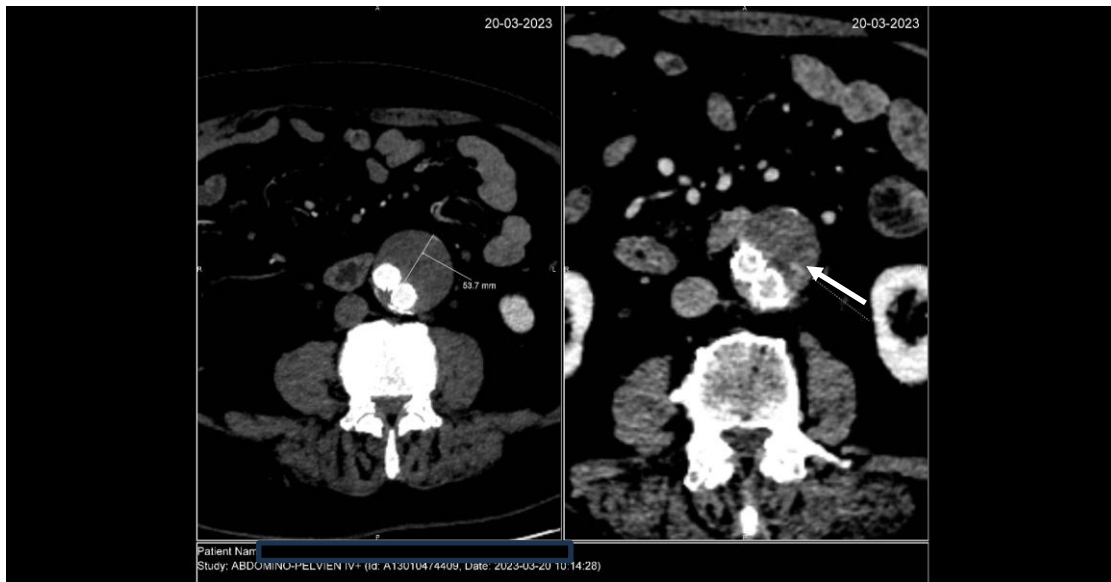


Figure 8 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 2.

Deux jambages de l'endoprothèse et présence d'une EF IIb (flèche blanche), sac anévrismal mesuré à 54mm.

- Echographie de contraste Sonovue en 03/2023 retrouvant une sac anévrismal mesuré à 52 mm et la présence d'une EF type IIb, Vmax de l'EF mesurée à 70cm/s.

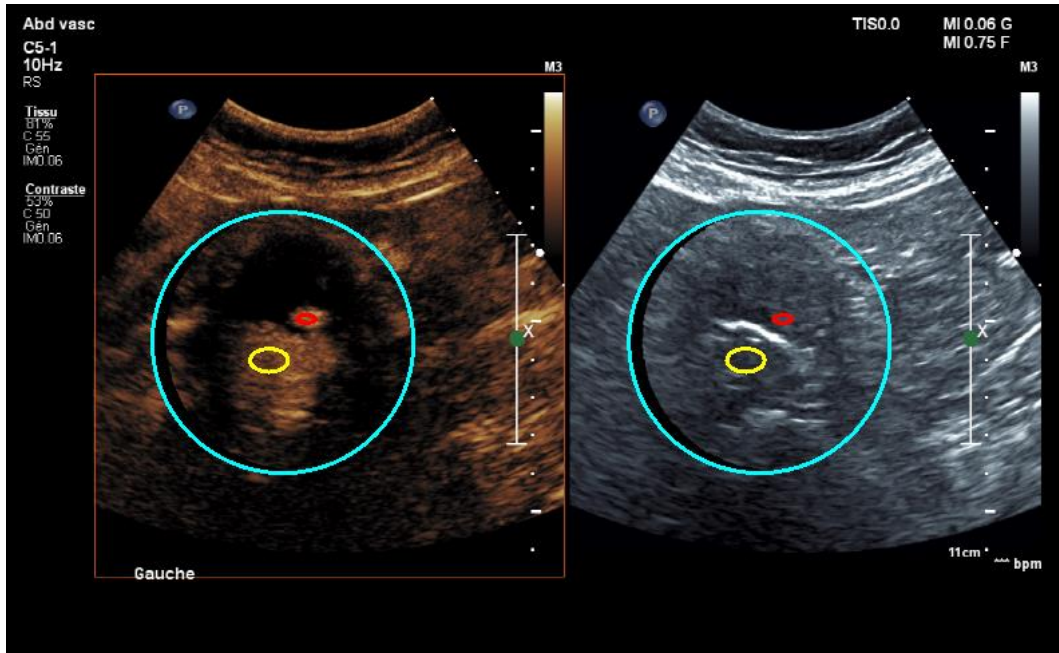


Figure 9 - Echographie de contraste cas 2.

Image de gauche : Echographie de contraste en coupe transversale aorte abdominale, ROI jaune dans l'endoprothèse, ROI rouge au niveau de l'EF. Image de droite : Echographie doppler 2D.

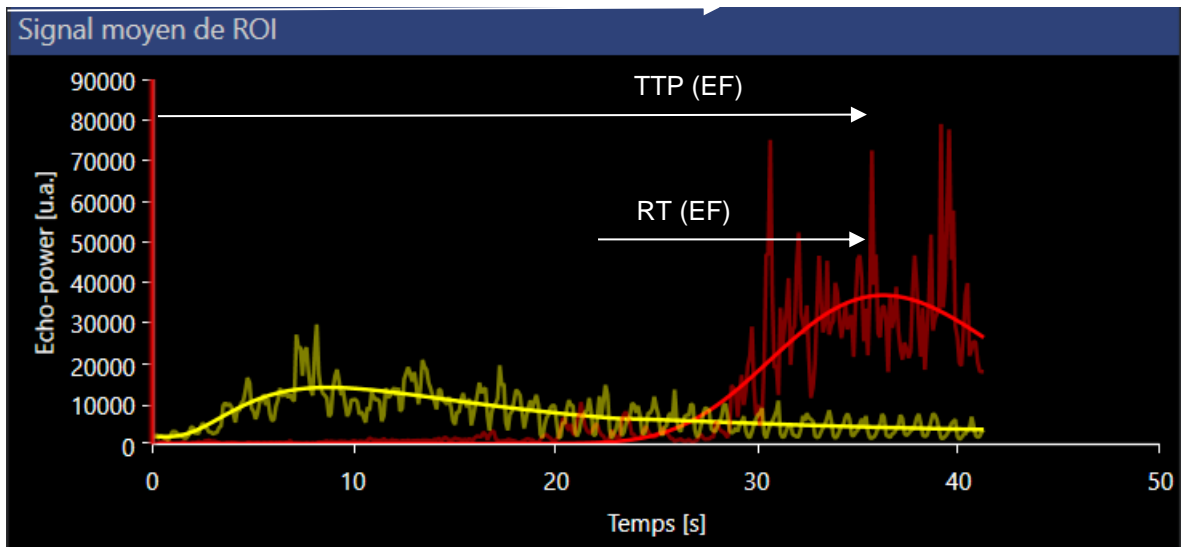


Figure 10 - Analyse Vuebox du signal de contraste de l'EF type IIb et signal de contraste intra prothétique cas 2.

En rouge : signal EF, en jaune : endoprothèse.
 TTP(EF) Time To Peak dans l'EF ; RT(EF) Rise Time dans l'EF

Tableau 2 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 2.

Rise Time RT en s, Time To Peak TTP en s, Peak enhancement PE en unités arbitraires, Wash In Area Under Curve en unités arbitraires

	RT (s)	TTP (s)	TTP-RT (s)	PE (ua)	WI AUC (ua)
prothèse	7	8.7		12 162	56 962
EF	10.1	36	25.9	36 603	225 760

On constate dans ce cas que l'apparition du produit de contraste dans l'EF est retardée de 25.9 secondes par rapport à sa détection dans l'endoprothèse.

Le temps d'ascension RT est 3 secondes plus long que dans l'endoprothèse.

Le temps au pic TTP est plus long dans l'EF, car il débute au temps 0, et l'apparition du contraste est plus tardive sur cette EF type II.

La valeur du pic d'intensité (PE) est environ 3 fois plus élevée que dans l'endoprothèse (36603 ua contre 12162 ua). La valeur de l'aire sous la courbe en phase de remplissage (Wi AUC) est environ 4 fois plus élevée que dans l'endoprothèse (225760 contre 56962 ua).

III.2.3. Cas 3

Il s'agit d'un patient de sexe masculin âgé de 68 ans. Ses antécédents comprennent un surpoids avec un IMC 25 kg/m², un tabagisme sévère, une dyslipidémie.

Il a été opéré en 2021 d'un AAA de 51mm par mise en place d'une endoprothèse bifurquée aorto bi iliaque Gore (référence RLT281414)

Il a bénéficié de plusieurs imageries de suivi :

- AngioTDM en 01/2023 : sac anévrismal mesuré à 53 mm, présence d'une EF de type IIb au niveau de la partie postérieure du jambage gauche.



Figure 11 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 3.

Deux jambages de l'endoprothèse et présence d'une EF IIb.

- Echographie de contraste en 10/2022 : EF de type IIb, sac anévrismal mesuré à 55 mm, Vmax de l'EF à 50 cm/s.

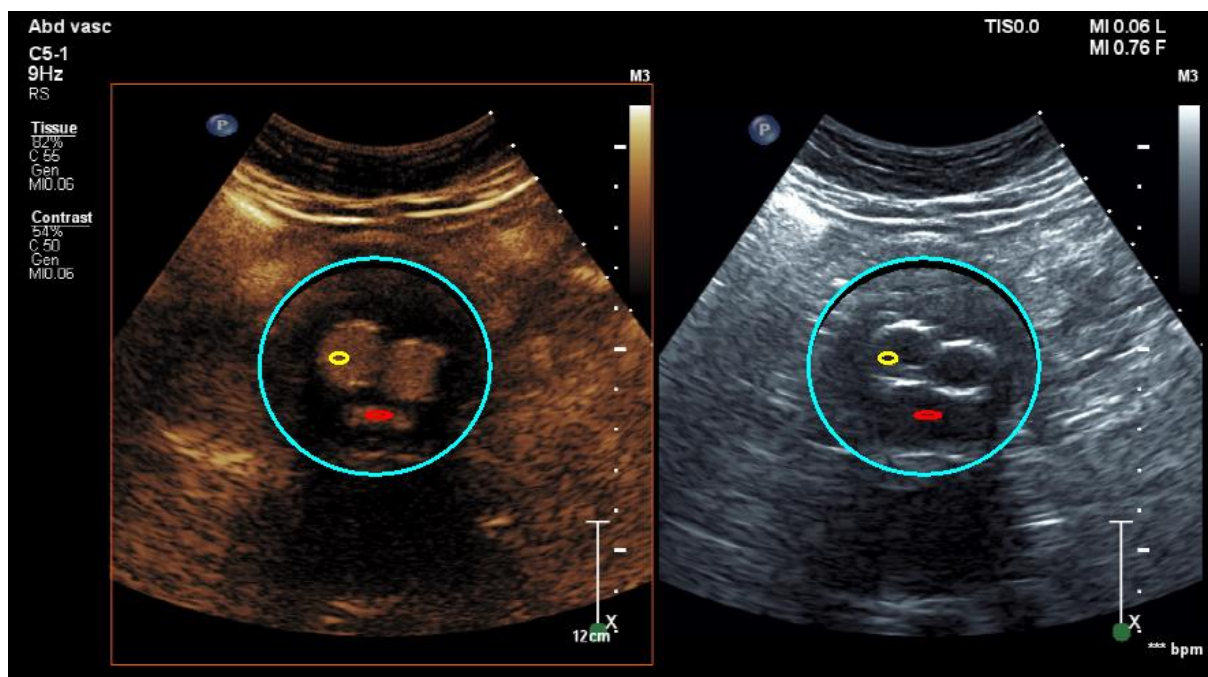


Figure 12 - Echographie de contraste cas 3.

Image de gauche : Echographie de contraste en coupe transversale aorte abdominale, ROI jaune dans l'endoprothèse, ROI rouge au niveau de l'EF. Image de droite : Echographie doppler 2D

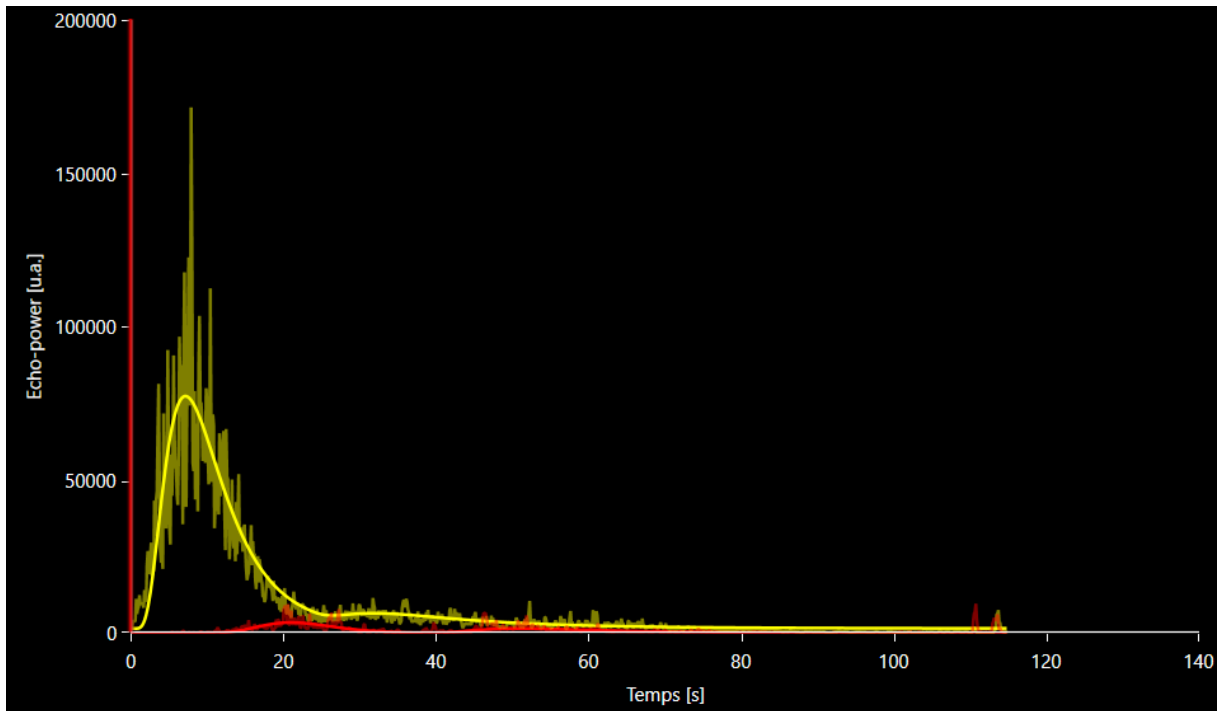


Figure 13 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type IIb et signal intra endoprothèse cas 3.

En rouge : signal EF, en jaune : endoprothèse.

Tableau 3 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 3.

Rise Time RT en s, Time To Peak TTP en s, Peak enhancement PE en unités arbitraires, Wash In Area Under Curve en unités arbitraires

	RT(s)	TTP(s)	TTP-RT(s)	PE(ua)	WI AUC(ua)
prothèse	5	7.2		75 780	246 607
EF	8.2	21	12.8	3 522	17 773

On constate dans ce cas d'EF type IIb que l'apparition du produit de contraste dans l'EF est retardée de 12.8 secondes par rapport à sa détection dans l'endoprothèse. Le temps d'ascension RT est environ 3 secondes plus long que dans l'endoprothèse. Le temps au pic TTP est plus long car il débute au temps 0 et l'apparition du contraste est plus tardive sur cette EF de type II. La valeur du pic d'intensité (PE) au niveau de l'EF est environ 21 fois plus faible que dans l'endoprothèse (3522 ua contre 75780 dans l'endoprothèse). La valeur de l'aire sous la courbe en phase de remplissage (Wi AUC) est 14 fois plus faible que dans l'endoprothèse (17773 ua contre 246607 ua).

III.2.4. Cas 4

Il s'agit d'un patient de 61 ans, présentant un tabagisme sévère, une dyslipidémie, une hypertension artérielle, une cardiopathie ischémique, et une BPCO. Il a été opéré en 2022

d'un AAA de 56 mm par mise en place d'une endoprothèse bifurquée aorto-bi-iliaque couverte Gore Excluder.

Analyse de l'imagerie de suivi :

- AngioTDM en 12/2022 : présence d'une EF de type II, sac anévrismal mesuré à 52mm.



Figure 14 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 4 : endoprothèse et EF II.

- Echographie de contraste en 02/2023 : EF de type IIa aux dépens de l'artère mésentérique inférieure, sac anévrismal mesuré à 60 mm

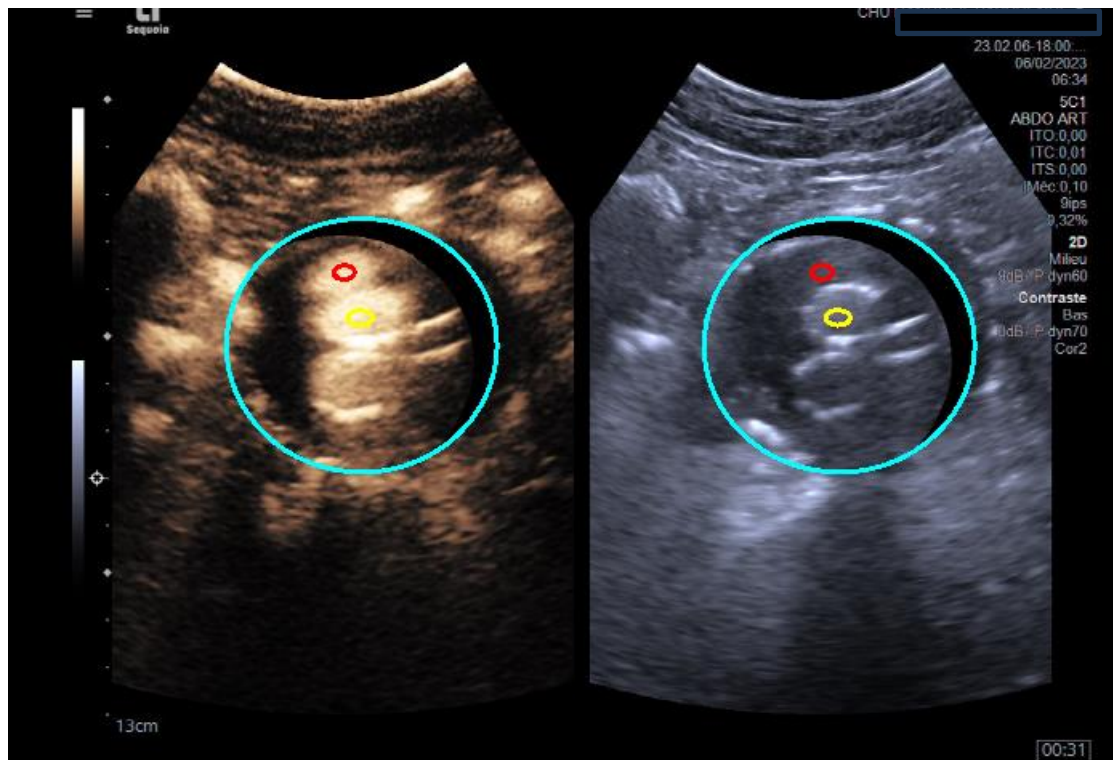


Figure 15 - Echographie de contraste cas 4.

Image de gauche : Echographie de contraste en coupe transversale aorte abdominale, ROI jaune dans l'endoprothèse, ROI rouge au niveau de l'EF. Image de droite : Echographie doppler 2D.

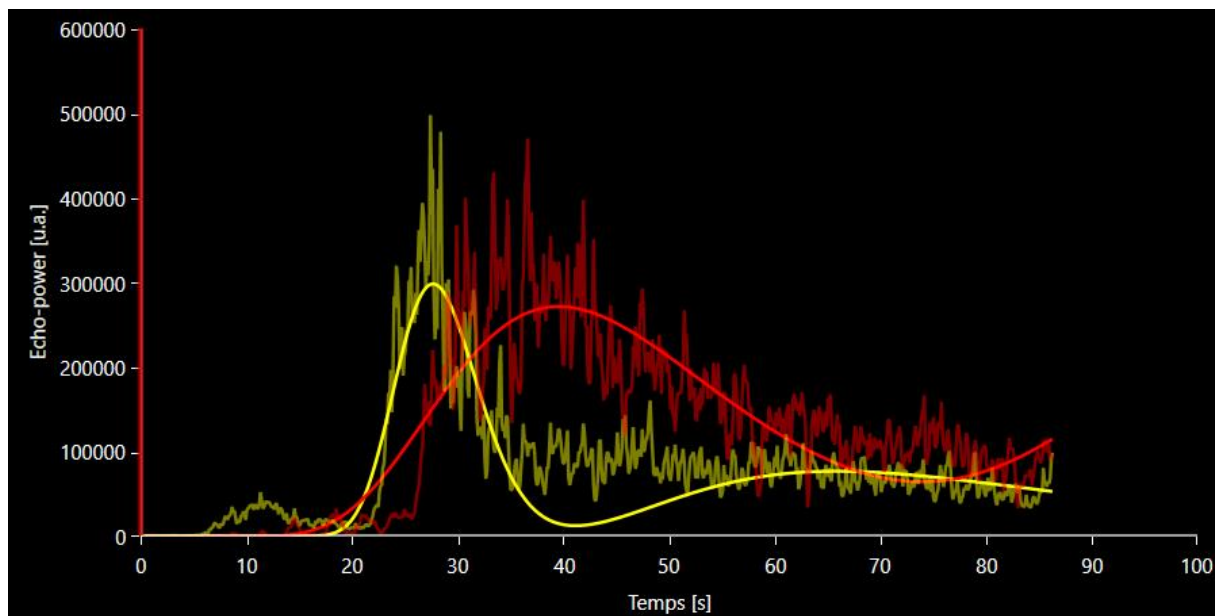


Figure 16 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type IIa et signal intra endoprothèse cas 4.

En rouge : signal EF, en jaune : endoprothèse.

Tableau 4 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 4.

Rise Time RT en s, Time To Peak TTP en s, Peak enhancement PE en unités arbitraires, Wash In Area Under Curve en unités arbitraires.

	RT(s)	TTP(s)	TTP-RT(s)	PE(ua)	WI AUC(ua)
prothèse	7	27.7		298 062	1 256 188
EF	20.6	40	19.4	272 155	3 455 048

On constate ici que l'apparition du produit de contraste dans l'EF est retardée de 19.4 secondes par rapport à sa détection dans l'endoprothèse. Le temps d'ascension RT est 13 secondes plus long que dans l'endoprothèse. Le temps au pic TTP est plus long car il débute au temps 0 et l'apparition du contraste est plus tardive sur cette EF type II. La valeur du pic d'intensité (PE) en unités arbitraires est légèrement plus faible dans l'EF que dans l'endoprothèse. La valeur de l'aire sous la courbe en phase de remplissage (Wi AUC) est environ 2.7 fois plus élevée dans l'EF que dans l'endoprothèse.

III.2.5. Cas 5

Il s'agit d'un patient de 72 ans, porteur d'une cardiopathie ischémique compliquée d'insuffisance cardiaque, des antécédents de fibrillation atriale, valvulopathie aortique, hypertension, surpoids avec IMC à 28 kg/m², sans antécédent de tabagisme ; opéré en 2022 d'un AAA sous rénal de 67 mm par mise en place d'une endoprothèse aorto bi iliaque Gore (référence CXT261412E)

Il a bénéficié d'une embolisation d'une EF II aux dépens de l'artère mésentérique inférieure avec augmentation du sac anévrisimal de 3mm en 3 mois, par voie trans artérielle mésentérique en radiologie interventionnelle en 02/2023.

Analyse de l'imagerie de suivi :

- AngioTDM en 12/2022 avant embolisation : EF type II, diamètre sac anévrisimal 66.7mm

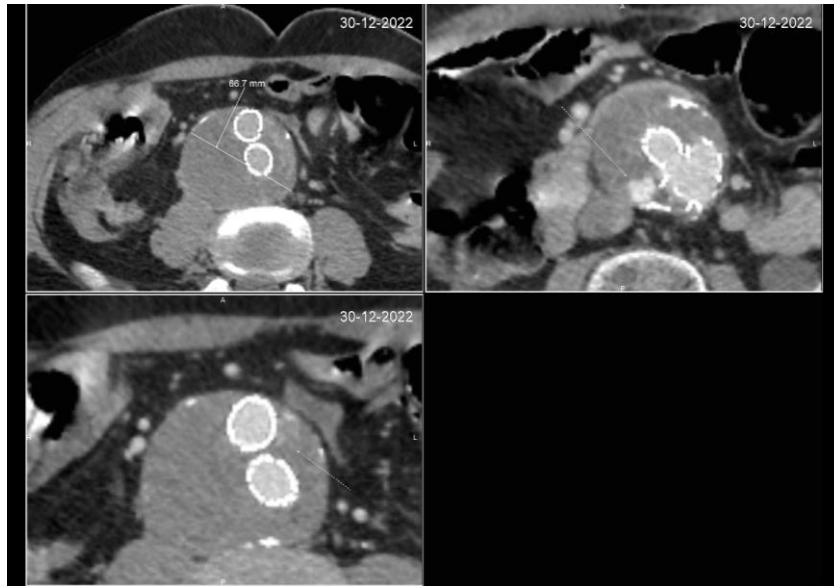


Figure 17 - AngioTDM en coupe transversale au niveau de l'aorte abdominale cas 5.
Deux jambages de l'endoprothèse et présence d'une EF II (trait blanc).

- Echographie de contraste en 06/2023 post embolisation : présence d'une EF type IIb, diamètre du sac anévrysmal à 50mm.

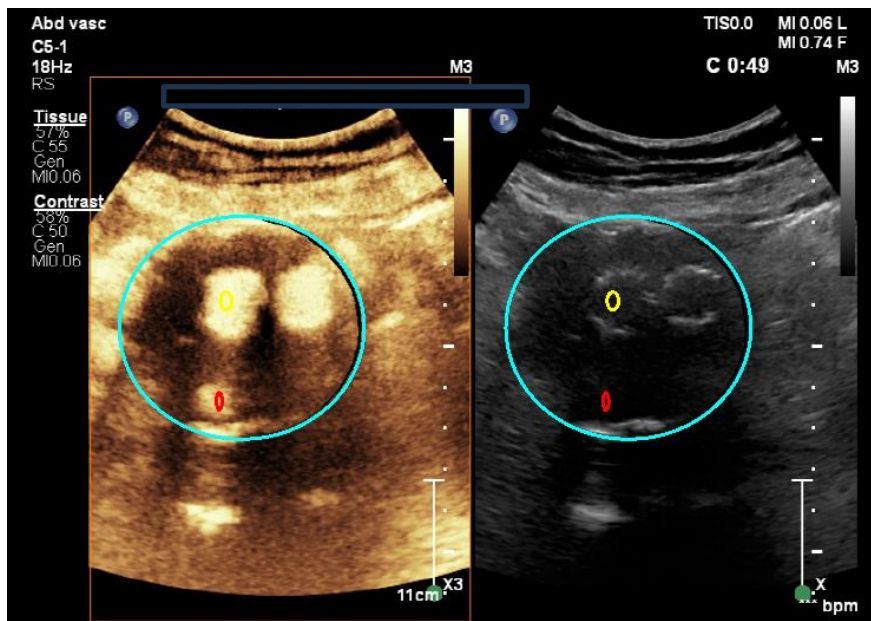


Figure 18 - Echographie de contraste cas 5.

Image de gauche : Echographie de contraste en coupe transversale aorte abdominale, ROI jaune dans l'endoprothèse, ROI rouge au niveau de l'EF. Image de droite : Echographie doppler 2D.

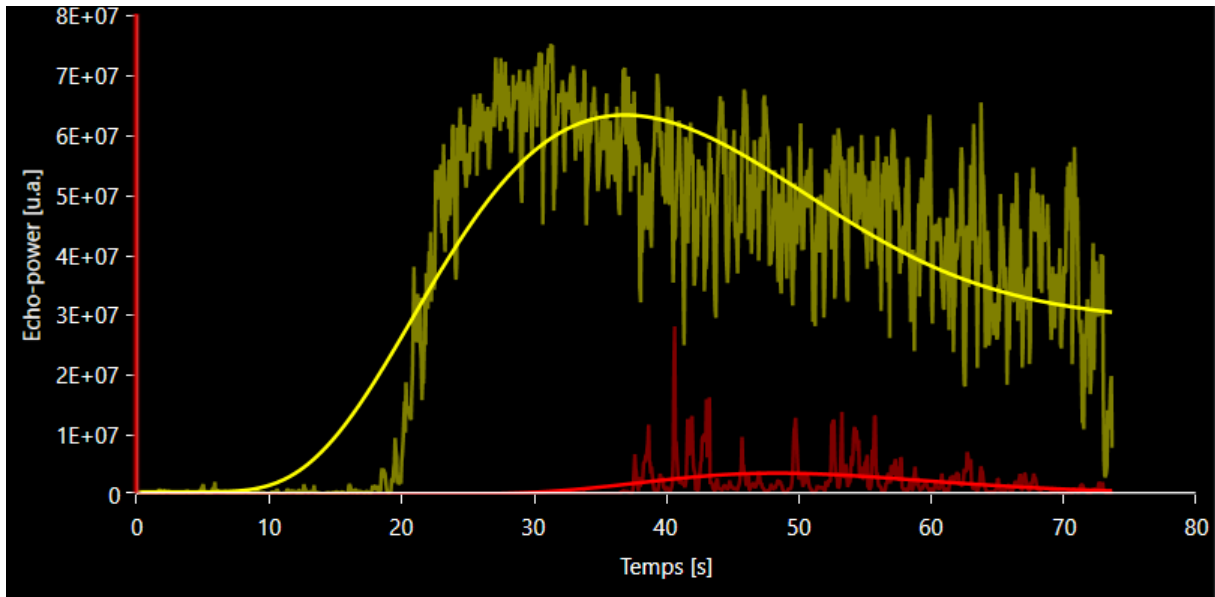


Figure 19 - Analyse Vuebox du signal de contraste d'une EF type IIb et signal intra endoprothèse cas 5.

En rouge : signal EF, en jaune : endoprothèse.

Tableau 5 - données quantitatives issues de l'analyse via Vuebox de l'imagerie échographique de contraste cas 5.

Rise Time RT en s, Time To Peak TTP en s, Peak enhancement PE en unités arbitraires, Wash In Area Under Curve en unités arbitraires.

	RT(s)	TTP(s)	TTP-RT(s)	PE(ua)	WI AUC(ua)
prothèse	27.4	39.1		71 532 680	126 229 900
EF	16.9	46.4	29.5	4 264 076	44 164 530

Dans ce cas, l'apparition du produit de contraste dans l'EF est retardée de 29.5 secondes par rapport à sa détection dans l'endoprothèse. Le temps d'ascension RT est environ 10 secondes plus court que dans l'endoprothèse. Le temps au pic TTP est plus long de 7 secondes dans l'EF. La valeur du pic d'intensité (PE) est environ 17 fois plus faible dans l'EF que dans l'endoprothèse en unités arbitraires. La valeur de l'aire sous la courbe en phase de remplissage (Wi AUC) est environ 2.8 fois plus élevée dans l'endoprothèse que dans l'EF.

III.2.6. Synthèse des caractéristiques des patients

Tableau 6 - Synthèse des données quantitatives obtenues par analyse Vuebox des échographies de contraste des 5 patients.

Diamètre du sac anévrisimal en mm, type d'EF, Vitesse systolique maximale Vmax dans l'EF Vmax EF en cm/s, Rise Time dans l'endoprothèse RT(pth) en secondes, Rise Time dans l'EF RT(EF) en secondes, Time To Peak dans l'endoprothèse TTP(pth) en secondes, Time To Peak dans l'EF TTP(EF) en secondes, cinétique d'arrivée du contraste entre l'endoprothèse et l'EF différentiel TTP – RT dans l'EF TTP-RT(EF) en secondes, Peak Enhancement dans l'endoprothèse PE(pth) en unités arbitraires, Peak Enhancement dans l'EF PE(EF), Aire sous la courbe en phase de remplissage dans l'endoprothèse WiAUC (pth) en unités arbitraires, Aire sous la courbe en phase de remplissage dans l'EF WiAUC (EF) en unités arbitraires

*cas n°5 : données angioTDM avant embolisation EF II aux dépens AMI, données écho post embolisation EF II

cas	TDM : -sac anévrismal(mm) -type EF	Echo : -sac anévrismal (mm) -type EF -Vmax EF (cm/s)	RT (pth)	TTP (pth)	TTP- RT (EF)	PE (pth)	WiAUC (pth)
			RT (EF)	TTP (EF)		PE (EF)	WiAUC (EF)
1	58 Type I	57 Type I	1.5	2	0.1	13 553	12 604
			7.3	7.4		34 805	198 004
2	54 Type IIb	52 Type IIb 70	7	8.7	25.9	12 162	56 962
			10.1	36		36 603	225 760
3	53 Type IIb	55 Type IIb 50	5	7.2	12.8	75 780	246 607
			8.2	21		3 522	17 773
4	52 Type II	60 Type IIa	7	27.7	19.4	298 062	1 256 188
			20.6	40		272 155	3 455 048
5*	66 Type II	50 Type IIb	27.4	39.1	29.5	71 532 680	126 229 900
			16.9	46.4		4 264 076	44 164 530

III.3. Description des cas non exploitables

Certaines images échographiques n'ont pu être exploitées.

Dans certains cas, ceci était opérateur-dépendant par mouvements de balayage de la zone d'intérêt sans image fixe sur l'EF lors de l'enregistrement, rendant l'analyse de cinétique d'apparition impossible.

Certaines contraintes étaient liées au patient, et notamment une mauvaise échogénicité due à une obésité, à la présence d'interpositions digestives, ou à un patient non à jeun.

Enfin, certains enregistrements présentaient un problème d'acquisition de contraste, en raison d'une trop faible intensité de ce dernier ou à l'inverse d'une rémanence de celui-ci avant l'enregistrement d'une nouvelle boucle d'échographie.

III.4. Description des données obtenues

Les courbes de perfusion obtenues représentant l'évolution de la concentration de produit de contraste au cours du temps dans l'EF ou l'endoprothèse sont oscillantes du fait de la pulsativité artérielle ; le logiciel Vuebox permet leur linéarisation.

Sur les cas analysés, on constate une différence notable dans la cinétique d'apparition du produit de contraste selon le type d'EF I ou II. En effet les différentiels de temps au pic (TTP) entre l'endoprothèse et l'endofuite sont plus élevés au niveau des EF de type II avec une durée entre l'apparition du contraste dans l'endoprothèse et dans l'endofuite compris entre 12 et 29 secondes, versus une apparition quasi concomitante dans l'EF I.

Le temps de montée (RT) est de 7 secondes dans l'EF I, dans les EF type II il est compris entre environ 8 et 20 secondes, il est plus long que dans l'endoprothèse dans les cas 1, 2, 3, 4.

Le pic de rehaussement (PE), exprimé en unités arbitraires, dans l'EF est supérieur à celui dans l'endoprothèse dans le cas d'EF type I. Dans les EF II les données sont variables, avec une intensité de contraste supérieure ou inférieure à celle dans l'endoprothèse selon les cas.

L'aire sous la courbe en phase de remplissage (Wi AUC) dans l'EF type I est supérieure à celle dans l'endoprothèse ; dans les EF de type II, elle est supérieure ou inférieure à celle dans l'endoprothèse selon les cas.

La vitesse systolique maximale (Vmax) au niveau de l'EF n'a pu être relevée que dans 2 des 5 cas analysés au niveau d'EF de type IIb à 50 et 70cm/s.

Il a été décidé d'exclure les images de fin de boucle d'enregistrement en cas de mouvements importants de l'image en fin d'acquisition, permettant ainsi l'analyse des images d'un plus grand nombre de patients et de se focaliser sur les paramètres liés à l'apparition du contraste. Donc les données quantitatives du temps de descente (FT) et de l'aire sous la courbe en phase d'élimination (WO AUC) n'ont pas été relevées.

IV. Discussion

Cette étude préliminaire sur un nombre de sujets restreint a permis de différencier différents types d'EF (I et II) grâce au recueil de données quantitatives par analyse d'images échographiques de contraste.

A ce jour il n'existe dans la littérature que des études descriptives et qualitatives sur l'échographie de contraste dans le suivi des endoprothèses, d'où l'originalité de notre étude, qui est à notre connaissance la seule à analyser des paramètres quantitatifs.

Elle présente les avantages d'être prospective et multicentrique.

Sur les cas analysés, il existe une stricte concordance sur le type d'EF entre l'angioscanner et l'échographie de contraste.

Concernant l'analyse quantitative des données obtenues avec l'échographie de contraste, on constate que la détection des microbulles d'Hexafluorure de Soufre après injection d'un bolus intra veineux au niveau d'une EF la est plus précoce qu'en cas d'EF II. Ces cinétiques d'apparition observées corroborent les dynamiques de flux décrites dans la littérature selon le type d'EF. (15)

Au niveau de l'EF, les valeurs de temps d'ascension RT étaient allongés par rapport à ceux dans l'endoprothèse dans 4 cas sur 5 quel que soit le type d'EF.

Concernant le pic de rehaussement et l'aire sous la courbe en phase de remplissage, on observe une corrélation des valeurs entre ces deux paramètres : un PE au niveau d'une EF plus faible que dans l'endoprothèse est en lien avec une aire sous la courbe en phase de remplissage au niveau de l'EF plus faible que dans l'endoprothèse. La valeur du PE dans l'endoprothèse variant pour chaque cas, il est difficile d'interpréter ce paramètre seul.

Les vitesses systoliques maximales (Vmax) au niveau des EF n'ont pu être relevées que pour deux patients ayant une EF de type II à 50 et 70 cm/s. La raison de cet échec n'a pas été précisée sur les compte rendus d'examen mais il pourrait être dû à une absence de visualisation de l'EF en mode doppler couleur.

Dans la littérature, sur une étude rétrospective incluant 23 sujets, Maximus et al (17) ont précisé l'intérêt de l'analyse des vitesses Doppler dans la surveillance des endofuites de type II. Les endofuites dont les vitesses systoliques maximales (Vmax) seraient supérieures à 1 m/s présenteraient un potentiel évolutif plus défavorable. D'après Arko et al, une Vmax de l'EF type II inférieure à 80cm/s était liée à une résolution spontanée de l'EF (18). Une autre étude, avec utilisation de l'IRM 4D dans le but de prédire l'expansion du sac anévrismal, retrouvait également une différence significative pour la Vmax.(19)

Enfin, selon l'étude rétrospective de Beeman et al, la présence de multiples EF II et un flux bidirectionnel seraient les facteurs les plus importants pour prédire l'augmentation du sac (20).

La corrélation de la Vmax avec le pic de rehaussement, l'aire sous la courbe en phase de remplissage et l'évolution du diamètre anévrismal au niveau des EF de type II pourrait être intéressante à analyser dans une étude complémentaire. Ceci afin d'apprécier l'importance de la fuite et de déterminer les patients à haut risque, éligibles à une réintervention.

Il y a cependant plusieurs limites à notre étude, inhérentes à son caractère préliminaire.

Les examens échographiques ont été conduits par des opérateurs multiples, en absence d'aveugle vis-à-vis des résultats de l'angioscanner lorsque celui-ci a eu lieu avant la réalisation de l'échodoppler de contraste, notamment pour les cas 1, 2, 4 et 5.

Par ailleurs, peu de sujets ont été inclus compte tenu de la durée relativement courte de l'étude, du faible nombre d'endofuites et des difficultés techniques rencontrées.

Ces dernières sont tout d'abord liées aux problèmes d'acquisition et de traitement des images échographiques par Vuebox :

- En cas de balayage transversal par l'opérateur, sans stabilisation sur l'EF avant l'arrivée du produit de contraste, le signal de contraste au niveau de la ROI étant trop inconstant, entraînant une incapacité d'analyse par le logiciel Vuebox.
- L'intensité de contraste était trop faible pour certaines EF, rendant impossible la détection de produit de contraste dans la région d'intérêt, et ce malgré la standardisation de la dose injectée de Sonovue.
- Compte tenu de l'absence d'études de même type sur les endofuites, le placement des ROI était arbitraire dans les deux zones d'intérêt, sans notion de taille minimale. Les ROI ont été repositionnées manuellement au niveau des zones avec le pic de rehaussement le plus élevé, en réduisant leur surface au minimum afin de s'affranchir de la paroi de l'endoprothèse ; en effet, son caractère hyperéchogène était analysée par le logiciel comme une densité importante de produit de contraste.

Certains patients n'ont pas pu être inclus car ils présentaient une échogénicité médiocre, ou encore des mouvements de l'image dus aux mouvements respiratoires trop importants pour être corrigés par la fonction de compensation du mouvement du logiciel Vuebox.

La reproductibilité de l'échographie de contraste reste à améliorer, notamment par l'utilisation systématique d'un protocole standardisé d'injection du Sonovue, qui n'est pas déterminé par les recommandations à l'heure actuelle. Ainsi, les volumes injectés varient entre 1 et 2.5 mL selon les études (15) (21) (22). Certains auteurs ont également utilisé la perfusion continue pour la détection d'EF tardives ou minimales (23). Les volumes de rinçage avec une solution de NaCl 0.9% varient eux de 5 à 10mL selon les études (21) (24). La durée d'injection du produit de contraste est également un facteur pouvant influencer les données quantitatives d'écho de contraste. Il en est de même pour la tension artérielle, qui augmente le taux de disparition de contraste, ou encore pour la filtration pulmonaire, qui modifie la concentration et taille des microbulles.(25)

Le paramètre de rehaussement est donc soumis à de nombreux facteurs et doit donc être interprété avec précaution.

La rémanence du produit de contraste est également problématique compte tenu de la nécessité de réaliser plusieurs injections de Sonovue dans le protocole. Il serait intéressant d'utiliser des tirs doppler successifs avec augmentation de l'index mécanique (à 1, comme décrit dans des études utilisant le Sonovue pour l'analyse de la perfusion rénale), afin de valider la possibilité de détruire l'intégralité des microbulles restantes entre deux injections dans le cas de l'analyse des endofuites. (26) (27)

Tout ceci amène à une nécessité de modification de notre protocole.

S'agissant de l'acquisition en échographie doppler, nous proposons la réalisation d'un enregistrement en coupe transversale et longitudinale en mode 2D, avec analyse morphologique comprenant mesure du diamètre antéro postérieur du sac anévrisimal, aspect des zones d'application des jambages. On passera ensuite en mode doppler couleur, en vérifiant la perméabilité de l'endoprothèse et des jambages, l'absence de sténose au niveau des zones d'application des jambages et en recherchant un rehaussement du sac anévrisimal en dehors de la lumière de l'endoprothèse, avec enregistrement de la vitesse systolique maximale (V_{max}) de l'EF si visualisée en doppler couleur pour les EF type II.

On réalisera ensuite une acquisition avec contraste : on injectera une première dose de 2.5cc de Sonovue par cathéter veineux périphérique afin de localiser l'endofuite par des mouvements de balayage en transversal ou longitudinal selon la meilleure visibilité de l'EF.

En cas de présence d'endofuite, une injection de 10mL de NaCl 0.9% sera réalisée afin de rincer la tubulure, puis on effectuera des tirs doppler avec augmentation de l'index mécanique à 1 au niveau de la zone d'intérêt, afin de détruire l'intégralité des microbulles de Sonovue.

Il sera ensuite réalisé une nouvelle injection de 2.5cc de Sonovue avec enregistrement des images dès l'injection du produit de contraste en coupe transversale ou longitudinale fixe, centrée sur l'endofuite. L'enregistrement sera stoppé dès que le pic de rehaussement sera atteint et qu'il y aura une diminution de la densité de contraste au niveau de l'endofuite.

Enfin ; on procédera à une analyse des acquisitions avec le logiciel Vue box, en utilisant le mode perfusion « bolus » et en délimitant la zone d'intérêt autour de l'aorte abdominale.

On repérera l'EF sur la boucle d'enregistrement, et on placera sur la même image une première ROI de taille minimale dans l'EF, une deuxième ROI dans un des jambages ou corps de l'endoprothèse selon la localisation de l'EF. On utilisera la fonction « compensation du mouvement » du logiciel, en remplaçant ou en modifiant la forme de la ROI de l'EF en fonction des mouvements pour éviter d'englober la paroi de l'endoprothèse. Enfin, les données quantitatives seront extraites en appliquant la fonction « analyse ».

En pratique, d'autres limites pourraient se poser. Tout d'abord, la faisabilité dans l'exercice quotidien de l'analyse différée de ces données sur le logiciel (Vuebox), à l'heure actuelle non embarqué sur les échographes. Une application intégrée dans l'appareil permettrait d'obtenir un gain de temps pour l'analyse.

Concernant les matériaux utilisés pour les endoprothèses, une limite à l'échographie doppler risque d'apparaître avec l'utilisation nouvelle d'endoprothèses de marque Gore en polytetrafluoroéthylène expansé (ePTFE) empêchant toute visualisation du flux intra prothétique par absence d'échogénicité.

La détermination du type d'EF I et III versus II est primordiale. En effet, les types I et III relèvent d'une réintervention rapide et peuvent apparaître à tout moment dans la surveillance post opératoire. La prise en charge des EF type II reste beaucoup plus discutée, avec comme seul critère reconnu l'augmentation du diamètre du sac anévrismal au cours du suivi, qui à l'heure actuelle reste difficile à prédire.

Pour leur détection, l'angioscanner et l'échographie de contraste restent des examens qualitatifs et le suivi des endoprothèses aortiques par angioscanner entraîne une dose cumulée d'irradiation non négligeable, notamment pour les patients jeunes.

Cependant, l'apport d'une analyse quantitative de paramètres échographiques de contraste comme étudié ici, si elle était menée sur une durée de suivi plus longue, pourrait permettre d'améliorer le diagnostic des EF et d'en prédire l'évolution sans nécessité de recours au scanner. Il apparaît ainsi nécessaire de poursuivre le travail d'étude CEEPA à plus grande échelle avec un suivi prospectif long. Ceci afin de préciser les cinétiques d'apparition pour chaque type d'EF et leur potentielle évolution en cas de progression en taille du sac anévrismal, et de déterminer l'existence de paramètres quantitatifs significatifs liés à un risque de rupture et donc à la nécessité de réintervention.

Conclusion

L'échographie de contraste présente de nombreux avantages dans le suivi post EVAR des endofuites comme alternative à l'angioscanner. Dans cette étude préliminaire de caractérisation des paramètres quantitatifs obtenus grâce à cette modalité d'imagerie, il apparaît que ceux-ci diffèrent selon les types d'EF et semblent permettre de les différencier.

L'application de ce protocole d'analyse sur une étude complémentaire pourrait aboutir à une meilleure caractérisation des paramètres distinctifs des différents types d'EF afin de prédire leur risque évolutif et aider à la décision de réintervention.

Références bibliographiques

1. Wanhainen A, Verzini F, Van Herzelee I, Allaire E, Bown M, Cohnert T, et al. Editor's Choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical Practice Guidelines on the Management of Abdominal Aorto-iliac Artery Aneurysms. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. janv 2019;57(1):8-93.
2. Blanchard JF, Armenian HK, Friesen PP. Risk Factors for Abdominal Aortic Aneurysm: Results of a Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology*. 15 mars 2000;151(6):575-83.
3. Lederle FA. The Strange Relationship between Diabetes and Abdominal Aortic Aneurysm. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. mars 2012;43(3):254-6.
4. Constans J, Lacroix P. *Traité de médecine vasculaire*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2021.
5. Maëlle Robert, Yves Juillièrre, Amélie Gabet, Serge Kownator, Valérie Olié. Anévrismes de l'aorte abdominale et dissections aortiques : patients hospitalisés et mortalité, France, 2000-2013. *Santé Publique France Bulletin épidémiologique hebdomadaire*; 2015.
6. Haute Autorité de Santé HAS. Pertinence de la mise en place d'un programme de dépistage des anévrismes de l'aorte abdominale en France [Internet]. Saint-Denis La Plaine; 2012. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_1358519/fr/pertinence-de-la-mise-en-place-d-un-programme-de-depistage-des-anevrismes-de-l-aorte-abdominale-en-france
7. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* [Internet]. 13 déc 2022 [cité 17 juin 2023];146(24). Disponible sur: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001106>
8. Powell JT, Sweeting MJ, Ulug P, Blankensteijn JD, Lederle FA, Becquemin JP, et al. Meta-analysis of individual-patient data from EVAR-1, DREAM, OVER and ACE trials comparing outcomes of endovascular or open repair for abdominal aortic aneurysm over 5 years. *British Journal of Surgery*. 3 févr 2017;104(3):166-78.
9. Antoniou GA, Antoniou SA, Torella F. Editor's Choice – Endovascular vs. Open Repair for Abdominal Aortic Aneurysm: Systematic Review and Meta-analysis of Updated Peri-operative and Long Term Data of Randomised Controlled Trials. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. mars 2020;59(3):385-97.
10. Sidloff DA, Stather PW, Choke E, Bown MJ, Sayers RD. Type II endoleak after endovascular aneurysm repair. *British Journal of Surgery*. 12 août 2013;100(10):1262-70.
11. Couchet G, Pereira B, Carrieres C, Maumias T, Ribal JP, Ben Ahmed S, et al. Predictive Factors for Type II Endoleaks after Treatment of Abdominal Aortic Aneurysm by Conventional Endovascular Aneurysm Repair. *Annals of Vascular Surgery*. nov 2015;29(8):1673-9.
12. Piscaglia F, Bolondi L. The safety of Sonovue® in abdominal applications: Retrospective analysis of 23188 investigations. *Ultrasound in Medicine & Biology*. sept 2006;32(9):1369-75.

13. Suckow BD, Goodney PP, Columbo JA, Kang R, Stone DH, Sedrakyan A, et al. National trends in open surgical, endovascular, and branched-fenestrated endovascular aortic aneurysm repair in Medicare patients. *Journal of Vascular Surgery*. juin 2018;67(6):1690-1697.e1.
14. Lilja F, Mani K, Wanhainen A. Editor's Choice – Trend-break in Abdominal Aortic Aneurysm Repair With Decreasing Surgical Workload. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. juin 2017;53(6):811-9.
15. Kapetanios D, Kontopodis N, Mavridis D, McWilliams RG, Giannoukas AD, Antoniou GA. Meta-analysis of the accuracy of contrast-enhanced ultrasound for the detection of endoleak after endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*. janv 2019;69(1):280-294.e6.
16. Haute Autorité de Santé HAS. SONOVUE 8 µl/ml, poudre et solvant pour dispersion injectable (Boîte de 1 flacon) [Internet]. Saint-Denis La Plaine; 2005. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_400248/en/sonovue-8-l/ml-poudre-et-solvant-pour-dispersion-injectable-boite-de-1-flacon
17. Maximus S, Skelly C, Milner R. Velocities of Type II Endoleaks on Doppler Ultrasound Predict Outcome. *Journal of Vascular Surgery*. sept 2018;68(3):e49-50.
18. Arko FR, Filis KA, Siedel SA, Johnson BL, Drake AR, Fogarty TJ, et al. Intrasac flow velocities predict sealing of type II endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*. janv 2003;37(1):8-15.
19. Katahashi K, Sano M, Takehara Y, Inuzuka K, Sugiyama M, Alley MT, et al. Flow dynamics of type II endoleaks can determine sac expansion after endovascular aneurysm repair using four-dimensional flow-sensitive magnetic resonance imaging analysis. *Journal of Vascular Surgery*. juill 2019;70(1):107-116.e1.
20. Beeman BR, Murtha K, Doerr K, McAfee-Bennett S, Dougherty MJ, Calligaro KD. Duplex ultrasound factors predicting persistent type II endoleak and increasing AAA sac diameter after EVAR. *Journal of Vascular Surgery*. nov 2010;52(5):1147-52.
21. Millen A, Canavati R, Harrison G, McWilliams RG, Wallace S, Vallabhaneni SR, et al. Defining a role for contrast-enhanced ultrasound in endovascular aneurysm repair surveillance. *Journal of Vascular Surgery*. juill 2013;58(1):18-23.
22. Dietrich C, Averkiou M, Nielsen M, Barr R, Burns P, Calliada F, et al. How to perform Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS). *Ultrasound Int Open*. janv 2018;04(01):E2-15.
23. Henao EA, Hodge MD, Felkai DD, McCollum CH, Noon GP, Lin PH, et al. Contrast-enhanced Duplex surveillance after endovascular abdominal aortic aneurysm repair: Improved efficacy using a continuous infusion technique. *Journal of Vascular Surgery*. févr 2006;43(2):259-64.
24. Gürtler VM, Sommer WH, Meimarakis G, Kopp R, Weidenhagen R, Reiser MF, et al. A comparison between contrast-enhanced ultrasound imaging and multislice computed tomography in detecting and classifying endoleaks in the follow-up after endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*. août 2013;58(2):340-5.
25. Tang MX, Mulvana H, Gauthier T, Lim AKP, Cosgrove DO, Eckersley RJ, et al. Quantitative contrast-enhanced ultrasound imaging: a review of sources of variability. *Interface Focus*. 6 août 2011;1(4):520-39.

26. Schneider AG, Hofmann L, Wuerzner G, Glatz N, Maillard M, Meuwly JY, et al. Renal perfusion evaluation with contrast-enhanced ultrasonography. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 1 févr 2012;27(2):674-81.
27. Harrois A, Grillot N, Figueiredo S, Duranteau J. Acute kidney injury is associated with a decrease in cortical renal perfusion during septic shock. *Crit Care*. déc 2018;22(1):161.

Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Apport de l'échographie de contraste dans l'analyse des endofuites : étude pilote

Objectif : La caractérisation des endofuites (EF) survenant après chirurgie par voie endovasculaire des anévrismes de l'aorte abdominale est indispensable afin de déterminer leur suivi et leur prise en charge. L'angioscanner est à l'heure actuelle recommandé pour le suivi. Cependant il expose aux rayonnements ionisants et aux effets indésirables des produits de contraste iodés. L'objectif de cette étude préliminaire est d'évaluer les capacités de l'échographie de contraste à identifier et caractériser les différents types d'endofuite par des paramètres quantitatifs.

Méthodes : Cette étude prospective, multicentrique a été menée dans 2 services de Médecine vasculaire (Centre Hospitalier Universitaire de Limoges et Toulouse) entre juillet 2022 et juillet 2023. Un angioscanner de l'aorte et une échographie de contraste étaient réalisés chez tous les patients dans leur suivi après prise en charge endovasculaire. Les paramètres de temps de montée (RT), temps au pic (TTP), pic de rehaussement (PE), aire sous la courbe (AUC) ont été analysés. Les valeurs des diamètres aortiques et des paramètres des EF ont été comparés.

Résultats: Durant cette période 11 patients avec EF ont été identifiés, 5 imageries par échographie de contraste ont pu être analysées (4 type II et 1 type I). Le TTP était différé dans les cas d'EF de type II par rapport au cas d'EF I. Le RT de l'EF était allongé dans 4 cas sur 5. Concernant les autres critères (PE, AUC), il n'a pas été objectivé de différence entre les types d'EF.

Conclusion : Nos résultats suggèrent que l'échographie de contraste permet une différenciation précise entre les EF de type I et II. Dans le cas d'EF de type II, l'aire sous la courbe et le pic de rehaussement pourraient être confrontés aux vitesses doppler et à l'évolution du diamètre anévrisimal durant le suivi afin de mieux identifier les patients à haut risque.

Mots-clés : [échographie de contraste, endofuites, endoprothèse aortique, anévrisme de l'aorte abdominale]

Contrast Enhanced Echography in Endoleak prosthesis Analysis : CEEPA

Objectives : The characterization of the endoleaks occurring after EVAR is important in order to follow and treat them. A follow up by Computed Tomography (CT) is recommended. However CT is associated with irradiation and contrast agent side effects. This preliminary study attempted to determine the contrast enhanced ultrasound (CEUS) criteria for endoleaks identification and characterization.

Methods : This prospective, multi-center study, was conducted in 2 Vascular Medicine departments (University Hospitals of Limoges and Toulouse) between July 2022 and July 2023. Aorta scan with CEUS were performed on all the consecutive patients admitted for EVAR follow-up. The following parameters of maximum intensity (IMAX), rise time (RT), time to peak (TTP) and area under the curve (AUC) were derived and analyzed. The values between aorta lumen and the endoleak were compared.

Results : During this period 11 patients with endoleaks were identified, 5 CEUS could be analyzed (4 type II endoleaks and 1 type I). TTP were delayed in type II endoleaks cases compared with type I case. Endoleak RT was prolonged in 4 cases. Regarding the other criteria (IMAX, AUC) we did not document any difference between the endoleak types.

Conclusion : Our results suggest that CEUS allows accurate distinction between type I and II endoleaks. In case of type II endoleak, AUC and IMAX might be confronted to endoleak doppler speed and the evolution of aneurysm diameters during follow up in order to identify high risk cases.

Keywords : [contrast enhanced echography, endoleaks, aortic prosthesis, abdominal aortic aneurysm]

