

Université de Poitiers
Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2020

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(Décret du 16 janvier 2004)

Présentée et soutenue publiquement

Le 21 octobre 2020 à Poitiers

Par Vincent BERGERE, né le 11/12/1991 à Libourne (33)

Evaluation de la performance diagnostique du scanner cardiaque non injecté pour la détection des anomalies de naissance des artères coronaires.

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Luc-Philippe CHRISTIAENS

Membres : Madame la Professeure Claire BOULETI

Monsieur le Professeur Pierre CORBI

Monsieur le Docteur Benjamin ALOS

Directeur : Monsieur le Professeur Luc-Philippe CHRISTIAENS



Le Doyen,

Année universitaire 2020 - 2021

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en disponibilité**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOU Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation

- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie (**retraite 01/03/2021**)
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique (**en mission 2020/21**)
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie (**en cours d'intégration PH**)
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire (**en mission 1 an à/c nov.2020**)
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne
- PALAZZO Paola, neurologie (**en dispo 1 an**)
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

Professeurs associés de médecine générale

- BIRAULT François
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry
- VICTOR-CHAPLET Valérie

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- JEDAT Vincent

Enseignants d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié

Professeures émérites

- CARRETIER Michel, chirurgie générale (08/2021)
- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (08/2021)
- GUILHOT-GAUDEFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2021)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (08/2021)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2022)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2021)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

Remerciements

A Monsieur le Professeur CHRISTIAENS, vous me faites l'honneur de présider et juger cette thèse, veuillez recevoir le témoignage de mon profond respect et de ma profonde reconnaissance. Vous m'avez fait l'honneur de me confier ce sujet de thèse et d'encadrer ce travail. Je vous remercie de m'avoir guidé tout au long de sa réalisation, pour votre disponibilité, vos conseils et votre bienveillance.

A Madame la Professeure BOULETI, vous me faites l'honneur de juger cette thèse. Veuillez recevoir mes remerciements et ma gratitude pour votre soutien et votre aide dans ce travail.

A Monsieur Le professeur CORBI, vous me faites l'honneur de juger cette thèse. Veuillez recevoir l'expression de ma sincère reconnaissance pour l'intérêt que vous avez bien voulu porter à mon travail.

Au Docteur Benjamin ALOS, tu me fais l'honneur de juger cette thèse. Je te remercie de l'intérêt que tu portes à mon travail et pour tes conseils quotidiens.

A mes co-internes, Nicolas et Geoffrey, deux grands amis.

Marine, Arthur et Abdoulaye. Pour leur soutien. Que d'amitié !

A ceux de la dernière ligne droite, Marine, Gaël et Nadir, que de bons moments !

A Valentin, Clara et Thomas.

A tous mes autres co-internes de cardiologie.

A Loïc, Sophie, et Camille pour leur amitié et leur soutien constant.

A Alexandre Gamet, avec tout mon respect, mon admiration et ma reconnaissance, je te remercie pour tout ce que tu m'as apporté.

A Pauline Becat, pour son soutien quotidien et pour la réalisation de cette thèse, qui sans toi, n'est pas possible.

A Corinne Beaufort et Pascale Raud Raynier, des modèles chacun dans leur genre, j'espère vous satisfaire.

A Elisa Larrieu et Sébastien Levesque, deux médecins inspirants.

A Margaux, Nicolas et Pierre, et à Benjamin Stordeur, Mathieu Lesbordes et Quentin Labarre, pour leur soutien en début d'internat.

A toute l'équipe médicale de cardiologie du CHU de Poitiers.

A l'équipe de chirurgie cardio thoracique et de réanimation cardio thoracique.

Au Dr Véronique Lucke et à toute l'équipe de cardiologie du CH d'Angoulême.

Aux équipes médicales et paramédicales de la néphrologie et de la réanimation du CH d'Angoulême, qui m'ont beaucoup apporté médicalement et humainement et sans qui rien n'est possible aujourd'hui.

Aux équipes aides-soignantes et infirmières des soins intensifs de cardiologie pour leur humanité, leur bienveillance, leur bonne humeur et leur professionnalisme. Des explorations non invasives pour leur soutien. Des étages pour leur courage.

Aux secrétaires et coordinatrices, sans qui rien ne serait possible au quotidien.

Et enfin, à ma famille, notamment Alice pour son aide dans ce travail, et mes amis les plus proches, Léa, Marine, pour leur soutien sans faille et exceptionnel. A ma mère, à mon père et à mon frère. Ils sont tout ce qui importe et ce pourquoi je suis là.

Table des matières

I.	INTRODUCTION	9
1)	LES ARTERES CORONAIRES :	9
2)	LES ANOMALIES DE NAISSANCE DES ARTERES CORONAIRES, ou ANOCOR.....	11
A)	INCIDENCE.....	11
B)	ANATOMIE	11
C)	IMPACT FONCTIONNEL ET CLINIQUE.....	12
D)	PRISE EN CHARGE RECOMMANDEE	14
i)	Diagnostic.....	14
ii)	Thérapeutique.....	15
3)	LE SCANNER CARDIAQUE.....	18
A)	TECHNIQUE	19
B)	LE SCANNER CARDIAQUE INJECTE OU COROSCANNER	19
C)	LE SCANNER CARDIAQUE NON INJECTE	20
II.	METHODES	23
1)	OBJECTIFS	23
2)	DEFINITIONS.....	23
3)	DESIGN.....	23
4)	CRITERES INCLUSION ET EXCLUSION	23
5)	POPULATION ETUDIEE.....	24
6)	TEST A EVALUER/ TEST DE REFERENCE	24
7)	CRITERES DE JUGEMENTS	25
8)	ANALYSES STATISTIQUES	25
III.	RESULTATS.....	27
1)	POPULATION.....	27
2)	CARACTERISTIQUES DES ANOMALIES	31
3)	ANALYSE PRINCIPALE : PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE DU SCANNER NON INJECTE.....	33
A)	VALIDITE/ PERFORMANCE INTERNE.....	35
B)	VALIDITE/PERFORMANCE EXTERNE	37
C)	FIABILITE	37
4)	ANALYSES SECONDAIRES	38
A)	RESULTATS INCERTAINS.....	38
B)	PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE EN FONCTION DU TYPE D'ANOCOR.....	40
IV.	DISCUSSION	43
V.	CONCLUSION	46
VI.	BIBLIOGRAPHIE.....	47
VII.	RESUME	50

Abréviations

AHA : *American Heart Association* (société américaine de cardiologie)

ANOCOR : anomalie de connexion des artères coronaires, synonyme d'anomalies de naissance

CD : Artère coronaire droite

CHU : centre hospitalier universitaire

CMI : cardiomyopathie ischémique

Cx : Artère coronaire circonflexe

DT2 : diabète de type 2

ECG : électrocardiogramme

ESC : *European Society of Cardiology* (société européenne de cardiologie)

ETT : échographie trans-thoracique

FC : fréquence cardiaque

HTA : Hypertension artérielle

IMC : indice de masse corporelle

IVA : Artère coronaire interventriculaire antérieure

IVP : artère coronaire interventriculaire postérieure

RAC : rétrécissement aortique calcifié

RVN : rapport de vraisemblance négatif

RVP : artère coronaire rétro ventriculaire postérieure

RVP : rapport de vraisemblance positif

SC : surface corporelle

SCC : score calcique coronaire

SNC : sinus non coronaire

TAVI : *Transcatheter aortic valve implantation* (implantation percutanée de valve aortique)

TC : Tronc commun coronaire

TDM : Tomodensitométrie

VD : ventricule droit

VG : ventricule gauche

VPN : valeur prédictive négative

VPP : valeur prédictive positive

I. INTRODUCTION

1) LES ARTERES CORONAIRES :

Les artères coronaires sont les artères nourricières du cœur.

Leur distribution normale peut être schématisée en anse antérieure, située dans les sillons interventriculaires où cheminent l'IVA et l'IVP, et en couronne postérieure, située dans les sillons atrio ventriculaires, où cheminent la coronaire droite et sa branche terminale RVP, et la coronaire circonflexe.

Leur naissance normale à partir de l'aorte se fait à travers des ostias situés respectivement dans le sinus antéro droit pour la coronaire droite, sinus antéro gauche pour le tronc gauche, le sinus postéro droit est un sinus non coronaire qui ne donne pas naissance à un tronc coronaire (**figure 1**)

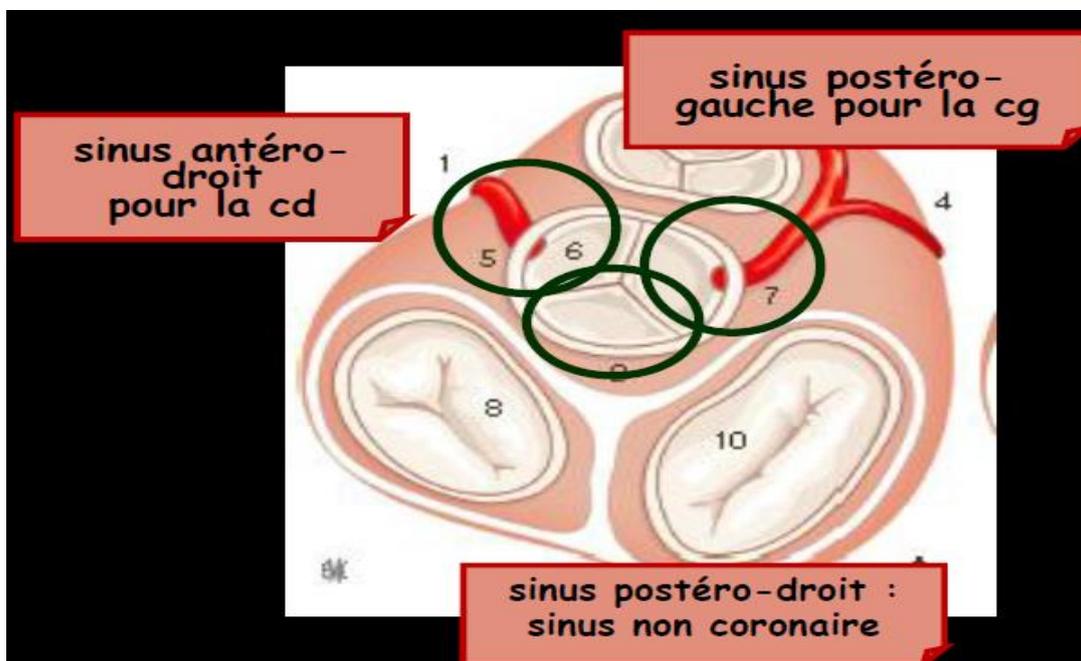


Figure 1 : orifices normaux des artères coronaires depuis l'aorte

Cd : artère coronaire droite / cg : artère coronaire gauche

(Imagerie non invasive des artères coronaires. k.Warin-Fresse. emc 2013.)

Les artères présentent ensuite, depuis les ostias jusqu'à la périphérie, des subdivisions progressives, impliquant une diminution graduelle de leur diamètre, la partie la plus distale des artères coronaires (artérioles) aboutissent au système capillaire, le principal site des échanges métaboliques, ces segments micro-vasculaires constituent le site le plus important des résistances vasculaires du système coronaire et de sa modulation physiologique.

D'un point de vue embryologique, la vasculogénèse coronaire débute par des sinusoïdes embryonnaires situées dans les sillons interventriculaires et auriculoventriculaires.

Les anneaux aortique et pulmonaire initialement joints vont se séparer avec la formation du septum sous-aortique et du septum sous-pulmonaire.

Ce dernier éloigne les artères coronaires en développement, alors que le septum sous-aortique les attire. La connexion au niveau de l'aorte se fait par pénétration dans les sinus aortiques antérodroit et antérogauche, appelés aussi sinus coronaires.

La théorie actuellement retenue d'un développement coronaire centripète par rapport à l'aorte implique de parler de connexion coronaire plutôt que de naissance ou d'origine coronaire.

Plusieurs ébauches vasculaires peuvent se connecter, mais seules les deux principales persisteront. La position des troncs artériels et leurs rapports entre eux jouent un rôle important dans la connexion des artères coronaires. Le mécanisme précis d'une connexion anormale d'une artère coronaire, en l'absence de cardiopathie congénitale structurale, reste inconnu.

Leur **anatomie normale de naissance et de trajet** peut donc être définie comme suit :

- Le tronc commun gauche naît du sinus coronaire gauche et se divise en artère interventriculaire antérieure et en artère circonflexe.
 - L'IVA a un trajet postérieur au tronc de l'artère pulmonaire puis chemine au sein du sillon interventriculaire, elle donne les branches septales et diagonales.
 - La Cx a un trajet postérieur dans le sillon atrio-ventriculaire postérieur, elle donne au moins une branche marginale.
- L'artère coronaire droite naît du sinus coronaire droit et a un trajet antérieur dans le sillon atrio-ventriculaire droit, elle donne au moins une branche marginale droite.

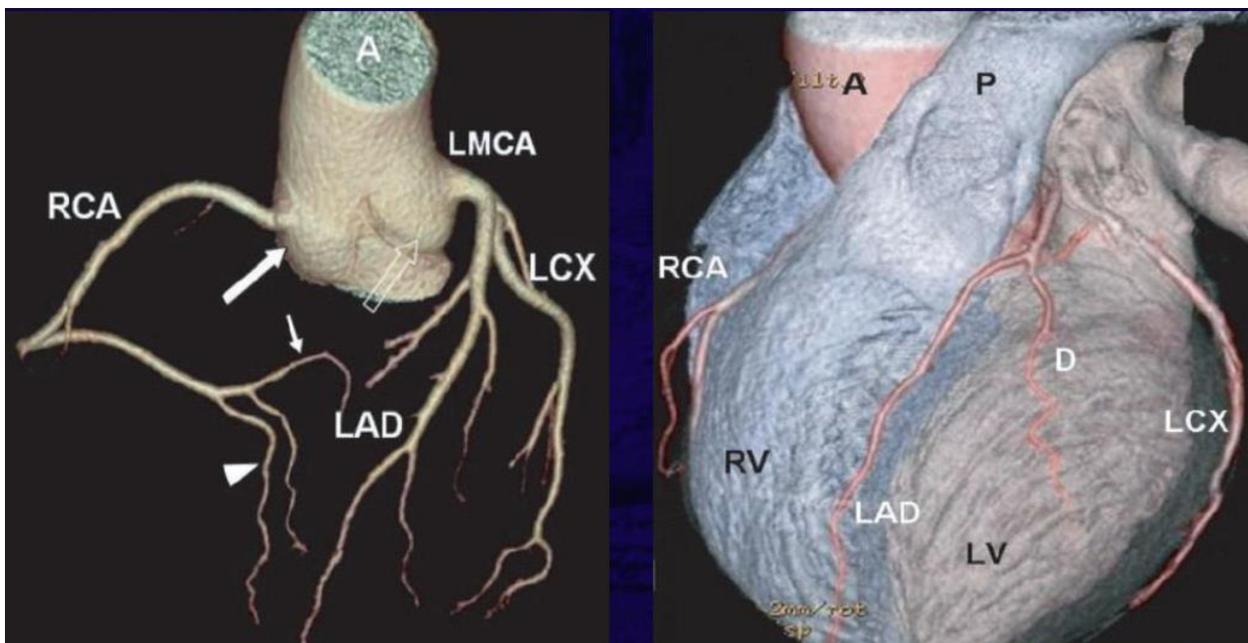


Figure 2 : naissance et trajet normale des troncs coronaires en imagerie scannographique 3D

RCA : coronaire droite / LAD : interventriculaire antérieure / LCX : artère circonflexe / LMCA : tronc commun gauche / A : aorte / P : tronc de l'artère pulmonaire / D : branche diagonale (issue de l'IVA) / RV : ventricule droit / LV : ventricule gauche

The British Journal of Radiology, 82 (2009), 254–261

On note parfois la présence d'une branche normale attendue ou supplémentaire du réseau Cx ou IVA naissant précocement de la division du tronc commun : l'artère bissectrice.

L'IVA et la circonflexe partagent dans la plupart des cas (98%) un tronc commun (tronc gauche).

L'absence de tronc commun partagé par l'IVA et la Cx avec deux ostias séparés au niveau du sinus antéro gauche constitue une variation.

2) LES ANOMALIES DE NAISSANCE DES ARTERES CORONAIRES, ou ANOCOR

A) INCIDENCE

Elles sont parmi les plus fréquentes des anomalies congénitales cardiaques, mais restent rares.

Elles ont une prévalence angiographique de 5/1000 coronarographies et tomographiques de 13/1 000 scanners cardiaques avec une fréquence dans la population générale estimée entre 0.5% et 1.2% selon les études.¹²³⁴⁵

B) ANATOMIE

On distingue anatomiquement les anomalies de naissance et les anomalies de trajet, souvent associées.

Les anomalies de naissance regroupent :

- variation de naissance sur le sinus adéquat : situation haute, basse, commissurale de l'ostium sur le sinus de Valsalva habituel.
- naissance coronarienne anormale d'un sinus non habituel, la plus fréquente (ANOCOR)
 - coronaire gauche naissant du sinus antéro-droit
 - coronaire droite naissant du sinus postéro-gauche
 - artère coronaire unique naissant du sinus postéro-gauche ou antéro-droit avec un ostium unique pour la totalité du réseau coronarien
 - coronaire droite ou gauche naissant d'un sinus non coronaire
- naissance coronarienne d'une artère pulmonaire

Ces anomalies de naissance sont souvent associées à des anomalies de trajets proximaux dont on distingue 4 grandes types.

Les anomalies de trajets proximaux regroupent :

- Inter artériel (inter-aorto-pulmonaire)
- Pré pulmonaire
- Intra-septal ou sous pulmonaire
- Rétro-aortique

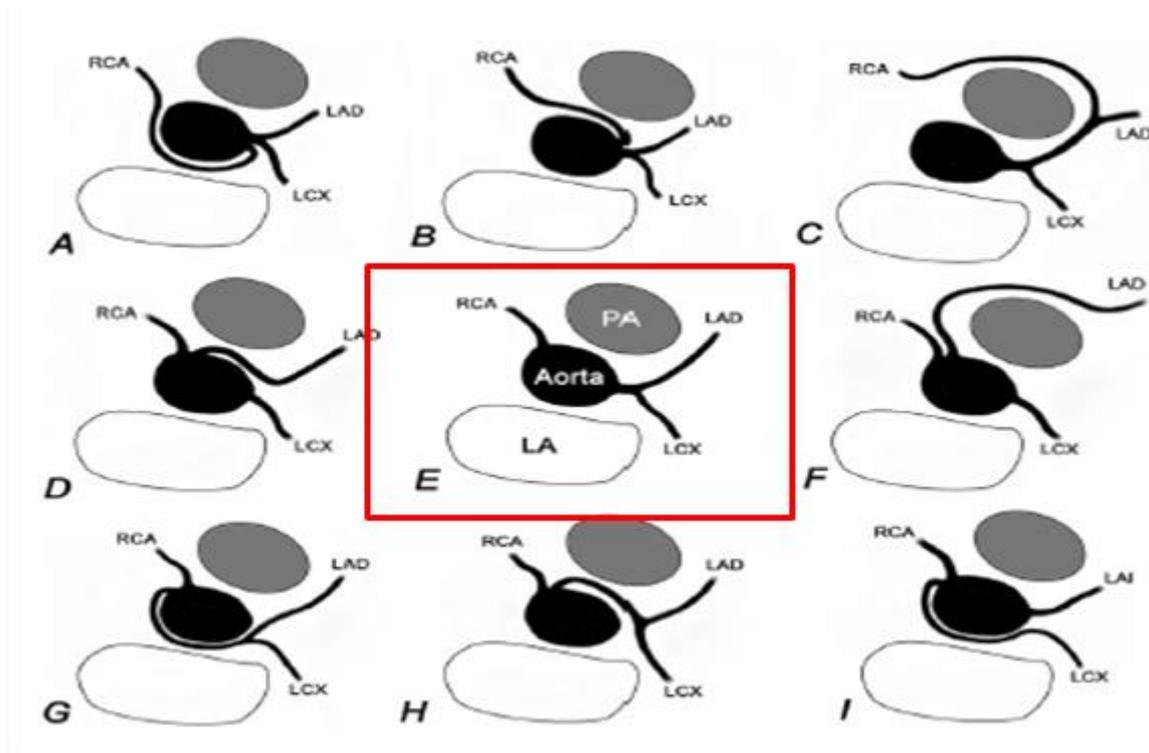


Figure 3 : représentation schématique des différentes anomalies de connexion coronaires et de leur trajet proximal
L'anatomie normale est schématisée panel E.

RCA : artère coronaire droite / LAD : artère coronaire gauche / Artère circonflexe / Aorta : Aorte / PA : artère pulmonaire /
 LA : oreillette gauche

<p>A : CD naissant du sinus gauche avec trajet rétro aortique</p> <p>B : CD naissant du sinus gauche avec trajet inter aortico pulmonaire</p> <p>C : coronaire gauche unique avec trajet pré pulmonaire</p> <p>D : coronaire gauche naissant du sinus droit avec trajet inter aortico pulmonaire</p> <p>E : anatomie coronaire normale</p> <p>F : coronaire gauche naissant du sinus droit avec trajet pré pulmonaire</p> <p>G : coronaire gauche naissant du sinus droit avec trajet rétro aortique</p> <p>H : coronaire gauche naissant du sinus droit avec trajet inter aortico pulmonaire</p> <p>I : Circonflexe naissant du sinus droit avec trajet rétro aortique</p>
--

C) IMPACT FONCTIONNEL ET CLINIQUE

Dans un article fondamental de 1974, Cheitlin et Al ont mis en lumière le rôle des anomalies de naissance des artères coronaires dans l'association avec une fréquence plus élevée de mort subite, notamment durant un effort intense, dans une population de jeunes soldats américains.⁷

Plus récemment, les anomalies de naissance des artères coronaires ont été considérées comme des causes possibles de symptômes ischémiques, incluant douleurs angineuses, notamment à l'effort, dyspnée, troubles du rythme et syncopes, et ce notamment chez les jeunes adultes avec des études de cas s'intéressant aux sportifs et aux recrues militaires.

Chez ces patients jeunes subissant une mort subite, les anomalies de naissance des coronaires sont la seconde cause de mortalité, jusqu'à 33% dans une grande série autopsique sur des militaires américains, entre 15 et 20% selon d'autres études sur des athlètes.⁷

Toute la difficulté a été d'établir des critères objectifs pouvant définir les porteurs à risques en termes de type d'anomalie, de critères anatomiques de connexion et de trajet, de retentissement fonctionnel (symptômes cliniques et ischémie en imagerie fonctionnelle).

Le principal risque des ANOCOR est donc ischémique, avec la restriction du flux coronaire, notamment à l'effort, et son cortège de symptômes, jusqu'à la mort subite.

Nous disposons des recommandations américaines de l'AHA de 2018 qui synthétisent les études dressant les facteurs pouvant définir un profil à risque du porteur d'ANOCOR.⁸

Les recommandations européennes de l'ESC datent d'août 2020.⁵

Plusieurs caractéristiques font figure de « drapeaux rouges » et doivent alerter sur le caractère à risque d'un porteur, elles sont les suivantes :

- **Anatomie de l'ostium et du trajet proximal de l'artère :**
 - Angle aigu de raccordement de la coronaire avec l'aorte
 - Orifice de raccordement entre l'aorte et l'artère en forme de « fente »
 - Trajet initial de la coronaire intra mural dans la media de l'aorte
 - Trajet inter artériel de la coronaire entre l'artère pulmonaire et l'aorte (inter-aortico pulmonaire)
 - Trajet initial hypoplasique avec sténose autonome du trajet intra mural

- **Origine de l'anomalie :**
 - Anomalies de connexion du tronc gauche sur le sinus droit (ANOCOR gauche)

- **Symptômes ischémiques (douleurs thoraciques, dyspnée, syncope),** probablement par modification des rapports anatomiques lors de l'effort

- **Ischémie objective :**
 - Fibrose myocardique en IRM ou autopsique
 - Ischémie en imagerie de perfusion

Chacune des anomalies anatomiques décrites offre un mécanisme physiopathologique pour une ischémie chronique répétitive et intermittente, lors des situations de haut débit cardiaque et/ou de pression intramurale aortique importante, typiquement lors d'un effort.

En découle les éventuelles cicatrices fibrotiques myocardiques mais également la possibilité d'une hypo perfusion myocardique brutale et majeure à l'origine probable de la mort subite.

Les anomalies de connexion du Tronc gauche émergeant du sinus coronaire droit (ANOCOR gauches) sont moins fréquentes que les anomalies de la coronaire droite émergeant du sinus gauche (ANOCOR droites) mais sont plus souvent retrouvées dans les séries autopsiques de mort subite (ratio de 5:1 à 6 :1).¹

Cela suggère leur rôle prédisposant, ceci pouvant être dû au fait que les anomalies anatomiques à risque décrites plus haut sont plus souvent retrouvées dans les ANOCOR gauches mais aussi au fait que le territoire d'irrigation myocardique du tronc gauche est plus important que le territoire relevant de la coronaire droite.

Les patients se plaignant de symptômes sont plus fréquents chez les porteurs d'ANOCOR gauche et semblent marquer un profil à risque de mort subite.

D) PRISE EN CHARGE RECOMMANDÉE

i) Diagnostic

Les recommandations américaines quant au diagnostic et à la prise en charge de ces anomalies datent de 2018.⁸

Les dernières recommandations européennes datent d'août 2020 et sont plus succinctes mais vont dans le même sens.⁵

COR	LOE	Recommendations
Diagnostic		
I	C-LD	1. Coronary angiography, using catheterization, CT, or CMR, is recommended for evaluation of anomalous coronary artery. ^{S4.4.7.1-1–S4.4.7.1-3}
I	C-LD	2. Anatomic and physiological evaluation should be performed in patients with anomalous aortic origin of the left coronary from the right sinus and/or right coronary from the left sinus. ^{S4.4.7.1-4–S4.4.7.1-9}

Figure 6 : Recommandations 2018 de l'AHA pour le diagnostic des ANOCOR

2018 AHA/ACC Guideline for the Management of Adults with Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol 2018;Aug 16

Le scanner, l'IRM et l'angiographie par coronarographie peuvent toutes permettre le diagnostic des ANOCOR et ont le même grade de recommandation quant au diagnostic de ces anomalies.

Le scanner apparaît comme la méthode préférentielle du fait de sa résolution spatiale et temporelle plus importante et est la technique de choix aussi bien dans les recommandations américaines qu'européennes.

Les recommandations européennes préconisent de réaliser un test d'ischémie non invasif chez tous les patients porteur d'ANOCOR (Scintigraphie myocardique de perfusion, IRM de stress ou Echographie d'effort) en grade I/A.

ii) Thérapeutique

Les recommandations américaines quant à la prise en charge de ces anomalies sont les suivantes :

Une prise en charge chirurgicale est recommandée chez tous les patients se plaignant de symptômes attribuables à l'anomalie, de même que chez tous les patients où une ischémie en lien avec l'ANOCOR est détectée en imagerie fonctionnelle, ces deux éléments étant marqueurs d'un porteur à risque. C'est une recommandation de Grade I.

La détection de troubles du rythme peut engendrer une prise en charge chirurgicale en grade IIa, les auteurs notent la nécessité d'individualiser le raisonnement dans ce contexte, l'attribution des troubles du rythme à une ischémie secondaire à l'ANOCOR devant être bien pesée.

Une prise en charge chirurgicale est recommandée chez les patients présentant une ANOCOR du tronc gauche, même en l'absence de symptômes ou d'ischémie documentée, ces anomalies étant plus fréquemment retrouvées dans les séries autopsiques de mort subite chez les patients jeunes et à l'effort. C'est une recommandation de grade IIa.

Une prise en charge est également recommandée, mais en grade IIb, chez les patients présentant une ANOCOR droite/ et ou gauche en l'absence de symptômes ou d'ischémie documentée, s'ils présentent les caractéristiques anatomiques potentiellement à haut risque évoquées plus haut. Un manque de données concordantes est à noter quant à ces sujets et à leur risque réel de souffrir de symptômes ou mort subite.

Enfin, une surveillance active est également possible chez les patients présentant une ANOCOR droite qui ne relève d'aucun marqueur de risque sus cités (symptômes ischémiques et troubles du rythme, ischémie documentée en lien avec l'ANOCOR, critères anatomiques de haut risque).

Cette attitude semble également possible pour les ANOCOR gauche, avec le même grade, IIB, mais plus de vigilance.

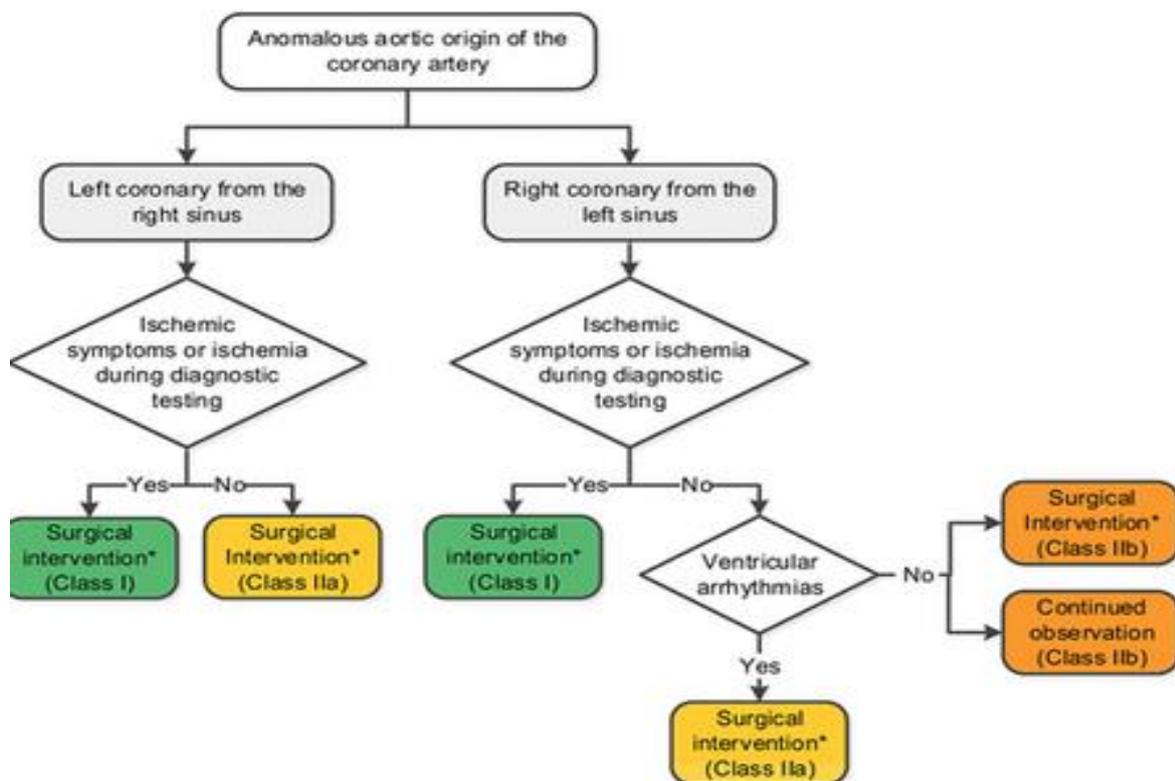


Figure 7 : Arbre décisionnel pour la prise en charge des ANOCOR, Recommandations 2018 de l'AHA

2018 AHA/ACC Guideline for the Management of Adults With Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol 2018;Aug 16:

COR	LOE	Recommendations
Therapeutic		
I	B-NR	1. Surgery is recommended for AAOCA from the left sinus or AAOCA from the right sinus for symptoms or diagnostic evidence consistent with coronary ischemia attributable to the anomalous coronary artery. ^{54.4.7.2-1-54.4.7.2-3}
IIa	C-LD	2. Surgery is reasonable for anomalous aortic origin of the left coronary artery from the right sinus in the absence of symptoms or ischemia. ^{54.4.7.2-4-54.4.7.2-6}
IIa	C-EO	3. Surgery for AAOCA is reasonable in the setting of ventricular arrhythmias.
IIb	B-NR	4. Surgery or continued observation may be reasonable for asymptomatic patients with an anomalous left coronary artery arising from the right sinus or right coronary artery arising from the left sinus without ischemia or anatomic or physiological evaluation suggesting potential for compromise of coronary perfusion (eg, intramural course, fish-mouth-shaped orifice, acute angle). ^{54.4.7.2-4-54.4.7.2-6}

Figure 8 : Recommandations AHA 2018 pour la prise en charge chirurgicale des ANOCOR

2018 AHA/ACC Guideline for the Management of Adults With Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol 2018;Aug 16: [Epub ahead of print]

Les recommandations européennes d'août 2020 préconisent la chirurgie chez tous les patients symptomatiques avec ischémie en imagerie fonctionnelle en lien avec l'anomalie ou avec des caractéristiques anatomiques à haut risque (trajet intramural, orifice en forme de fente, angle aigu de raccordement de l'orifice avec l'aorte, orifice > 1cm de la jonction sino tubulaire), en grade I/C/.

La chirurgie devrait être considérée (grade II/A/) chez les porteurs asymptomatiques avec une ischémie en imagerie fonctionnelle quelque soit le type d'ANOCOR, et chez les porteurs asymptomatiques avec ANOCOR gauche et haut risque anatomique.

La chirurgie peut être considérée (grade II/B) chez les porteurs symptomatiques même sans preuve d'ischémie en imagerie fonctionnelle ou caractéristiques anatomiques à haut risque. Elle peut également être considérée chez les porteurs asymptomatiques d'ANOCOR gauche sans ischémie en imagerie fonctionnelle ni caractéristiques anatomiques à haut risque, s'ils ont moins de 35 ans.

La chirurgie n'est pas recommandé chez les porteurs d'ANOCOR droite asymptomatiques, sans ischémie en imagerie fonctionnelle ni caractéristiques à haut risque anatomique.

Anomalous aortic origin of the coronary artery		
Surgery is recommended for AAOCA in patients with typical angina symptoms who present with evidence of stress-induced myocardial ischaemia in a matching territory or high-risk anatomy. ^c	I	C
Surgery should be considered in <i>asymptomatic</i> patients with AAOCA (right or left) and evidence of myocardial ischaemia.	IIa	C
Surgery should be considered in <i>asymptomatic</i> patients with AAOLCA and no evidence of myocardial ischaemia but a high-risk anatomy. ^c	IIa	C
Surgery may be considered for symptomatic patients with AAOCA even if there is no evidence of myocardial ischaemia or high-risk anatomy. ^c	IIb	C
Surgery may be considered for <i>asymptomatic</i> patients with AAOLCA without myocardial ischaemia and without high-risk anatomy ^c when they present at young age (<35 years).	IIb	C
Surgery is not recommended for AAORCA in asymptomatic patients without myocardial ischaemia and without high-risk anatomy. ^c	III	C

Figure 9 : recommandations ESC 2020 pour la prise en charge des ANOCOR

Baumgartner et al., « 2020 ESC Guidelines for the Management of Adult Congenital Heart Disease The Task Force for the Management of Adult Congenital Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) ».

3) LE SCANNER CARDIAQUE

Comme nous l'avons vu, le scanner cardiaque centré sur l'étude des coronaires ou Coroscaner est la technique recommandée en première intention dans les recommandations aussi bien américaines qu'européennes, pour le diagnostic et la prise en charge des ANOCOR.

Sa résolution temporo spatiale bien supérieure permet un diagnostic plus précis et l'étude de critères anatomiques rentrant en compte dans la détection des porteurs à risque et donc dans la prise en charge. Sa réalisation est donc quasi systématique, même après diagnostic par une autre méthode.

Sur une étude prospective de 2004, la coronarographie n'identifiait que 53% des ANOCOR contre 100% pour le scanner cardiaque.¹⁰

A) TECHNIQUE

Il existe deux grandes modalités de scanner cardiaque : le scanner cardiaque avec ou sans injection.

Dans le cadre du scanner cardiaque avec injection, il existe deux modes d'acquisition des images.

Le mode rétrospectif

La première génération de scanners multi coupes synchronisés à l'ECG utilise un mode de reconstruction rétrospectif. L'acquisition rétrospective consiste à délivrer des rayons X pendant tout le cycle cardiaque. La dose habituelle de rayonnement moyen avec l'acquisition rétrospective est de 15-20mSv. Ce mode est donc intéressant pour une analyse des valves, prothèse valvulaires cardiaques, des volumes des cavités cardiaques et des fractions d'éjection.

Le mode prospectif

L'irradiation en scanner cardiaque a beaucoup diminuée sur les scanners les plus récents utilisant une méthode d'acquisition prospective, méthode qui réduit considérablement le temps d'exposition aux rayons X, donc la dose délivrée. Avec la nouvelle technique d'acquisition prospective, la diastole est sélectionnée à l'avance et tout le rayonnement émis est ainsi utilisé pour la reconstruction de l'image. L'économie de dose peut donc atteindre 75 % par rapport au mode rétrospectif, sans perte de qualité d'image. En revanche, seule l'image en diastole est obtenue et donc il n'est pas possible d'évaluer les autres phases, donc la fonction cardiaque, mais il est adapté pour visualiser les coronaires de façon fiable.

Le mode prospectif a été validé pour des rythmes cardiaques lents et réguliers (< 65 battements par minute). L'irradiation en scanner cardiaque en mode prospectif varie de 1 à 5 mSv, soit moins en moyenne que l'irradiation délivrée en coronarographie diagnostique (3 à 6 mSv).

B) LE SCANNER CARDIAQUE INJECTE OU COROSCANNER

Depuis plusieurs années, le scanner cardiaque constitue une avancée technologique majeure en cardiologie.

Les sociétés savantes, ont pu dresser ses principales indications.

Les indications sont fondées d'une part sur l'excellente visualisation dans l'espace des différentes structures anatomiques, d'autre part, sur l'excellente valeur prédictive négative dans la détection de la maladie coronaire athéromateuse, modélisant deux grands groupes d'indications.

- Ses indications actuelles sont donc : ¹¹¹²¹³¹⁴¹⁵

La pathologie coronarienne athéromateuse

- les patients symptomatiques à probabilité faible à intermédiaire de syndrome coronarien chronique tel que défini dans les recommandations ESC 2019 (classe IB)

- les patients avec une discordance entre la clinique et le résultat de tests ischémiques ou des tests ischémiques non concluants (classe IIa)

- le syndrome coronaire aigu à faible risque (pas de modification notable de l'ECG et de la troponine, stabilité clinique et rythmique) (classe IIa)
- pré opératoire de chirurgie valvulaire (analyse coronarienne)
- bilan de cardiopathie dilatée
- bilan de pontages aorto-coronariens

Avec les équipements actuels, la sensibilité du coroscaner pour la détection des sténoses significatives (> 50 %) se situe autour de 96 % à l'échelle du patient, en revanche, la spécificité reste modérée (74 %).

L'excellente valeur prédictive négative (94 %) permet d'envisager la réalisation du Coro scanner dans les groupes à faible risque où la probabilité de maladie coronaire est faible à intermédiaire, mais où le clinicien souhaite exclure la maladie avec une quasi-certitude, pour éviter le recours à un examen invasif.⁶

Bilan morphologique précis des structures cardiaques

- pré interventionnel de TAVI, occlusion de l'auricule gauche, prothèse mitrale percutanée
- pré opératoire et caractérisation de masse intra cardiaque
- pré ablation de Fibrillation atriale (thrombus dans l'auricule gauche, cartographie veineuse pulmonaire)
- surveillance des prothèses valvulaires (suspicion de thrombus, d'endocardite)
- bilan de Communication inter atriale, de Communication inter ventriculaire
- **bilan d'anomalie de naissance des artères coronaires.**

C) LE SCANNER CARDIAQUE NON INJECTE

Cet examen ne nécessite pas l'administration d'un produit de contraste iodé ; la visualisation des calcifications des artères coronaires permet de déterminer un score proportionnel à la quantité de plaques calcifiées présentes sur les artères coronaires. Ce score est exprimé en unités arbitraires (score d'Agatston).

Coronary calcification grading			
Absolute values		Adjusted values (sex and age)	
Values	Calcification grade	Percentile	Calcification grade
0	No calcification	0	No calcification
0-10	Minimum	0-25	Minimum
11-100	Mild	26-50	Mild
101-400	Moderate	51-75	Moderate
401-1000	Severe	76-90	Severe
>1000	Very severe	>90	Very severe

Figure 10 : Score d'Agatston : proportionnel à la quantité de plaques calcifiées présentes sur les artères coronaires en scanner non injecté

Rationale and design of the Measuring Athlete's Risk of Cardiovascular events (MARC) study, Netherlands Heart journal, 2015

L'évaluation du risque cardiovasculaire et son impact pronostic à partir du coro-scanner non injecté par la mesure du score calcique coronaire est la principale application validée à ce jour.

La mesure du score calcique coronaire est indiquée en cas de risque coronaire faible à modéré chez des patients asymptomatiques (recommandation de classe IIB) et chez les patients diabétiques asymptomatiques à risque modéré .

En l'absence de calcification coronaire avec donc un score calcique coronaire égal à zéro, et même en présence de facteurs de risque traditionnels, le risque d'événement cardiovasculaire dans les 5 ans est très faible.

A l'inverse un score supérieur à 300 ou au 75e percentile pour l'âge, le sexe et l'ethnie, est considéré comme à haut risque d'événement cardiovasculaire.

La même technique est utilisée couramment pour mesurer le score calcique de la valve aortique en cas de rétrécissement aortique.

Les calcifications péricardiques sont également bien quantifiées en scanner non injecté, trouvant un rôle dans les suspicions de pathologies péricardiques, notamment chroniques.

Le potentiel du scanner cardiaque non injecté dans le diagnostic des anomalies de naissance des artères coronaires n'a jamais été étudié. La rapidité d'exécution, le caractère non injecté, le faible coût et la très faible irradiation de l'examen seraient intéressants, si celui-ci se montrait performant pour le diagnostic des ANOCOR.

L'étude suivante, que nous avons menée s'est donc intéressée à l'évaluation de la performance diagnostique du scanner cardiaque non injecté pour la détection des anomalies de naissance des artères coronaires.

II. METHODES

1) OBJECTIFS

L'objectif principal de l'étude était de déterminer l'efficacité du scanner cardiaque non injecté pour le dépistage d'anomalie de naissance coronaire.

L'objectif secondaire était de déterminer s'il existait un type d'anomalie pour lesquelles le scanner non injecté était plus performant pour leur diagnostic.

2) DEFINITIONS

Une anatomie coronaire de naissance et de trajet normal était définie comme suivant dans notre étude :

– Le tronc commun gauche naît du sinus coronaire gauche et se divise en artère interventriculaire antérieure et en artère circonflexe.

- L'IVA a un trajet postérieur au tronc de l'artère pulmonaire puis chemine au sein du sillon interventriculaire, elle donne les branches septales et diagonales.
- La Cx a un trajet postérieur dans le sillon atrio-ventriculaire postérieur, elle donne au moins une branche marginale.

– L'artère coronaire droite naît du sinus coronaire droit et a un trajet antérieur dans le sillon atrio-ventriculaire droit, elle donne au moins une branche marginale droite.

Nous n'avons pas retenu comme anomalies de naissance les patients présentant un double ostium gauche ni les variations de hauteur des ostias coronaires.

Toute déviation de la définition ci-dessus était considérée comme une anatomie coronaire anormale.

3) DESIGN

Notre étude est une étude d'évaluation de performance d'un test diagnostique, rétrospective et observationnelle, contrôlée, mono centrique, menée au CHU de Poitiers.

Il s'agit d'une étude cas témoins.

Le scanner injecté faisant lieu de Test de référence et le scanner non injecté de test à évaluer.

Cette étude strictement observationnelle ne modifiait en rien la relation médecin-patient ni la prise en charge médicale habituelle ou le suivi du patient. Aucune requête auprès d'un Comité de protection des Personnes (CPP) n'a été nécessaire.

4) CRITERES INCLUSION ET EXCLUSION

Les critères d'inclusion en tant que cas étaient : les patients ayant bénéficié de scanner non injecté et injecté, dont les images étaient disponibles, et sur lesquelles avait été diagnostiquée une anomalie de naissance des coronaires.

Les critères d'exclusion étaient : les patients porteurs d'ANOCOR qui n'avaient pas bénéficié du test à évaluer et du test de référence, ou dont les images n'étaient pas retrouvables sur notre serveur PACS ou disponibles en CD-ROM importables sur le PACS.

5) POPULATION ETUDIEE

Nous disposons au 09/05/2020 d'une base de données de 25 215 scanners cardiaques référencés entre janvier 2006 et juin 2020, population intra hospitalière et ambulatoire, adressée en scanner cardiaque au CHU de Poitiers.

Les cas et les témoins sont issus de cette même population.

Parmi ces 25 215 scanners cardiaques, 22 094 étaient injectés.

100 scanners injectés ont permis le diagnostic d'anomalies de naissance (interprétés par 7 cardiologues expérimentés à l'interprétation du scanner cardiaque dont 2 chefs de clinique entre janvier 2006 et juin 2020).

Ils étaient incluables en tant que cas. Parmi eux, 23 ont rencontré des critères d'exclusions.

Nous avons donc inclus un groupe de cas de 77 patients dont le diagnostic d'ANOCOR avait été porté sur le test de référence : le scanner cardiaque injecté, et qui avaient bénéficié du test à évaluer dans la même séquence d'examen : le scanner non injecté.

Nous avons alors sélectionné par randomisation un groupe témoins dans un ratio 2/1 avec les cas inclus, soit 154 patients, dont le diagnostic d'ANOCOR avait été écarté par le scanner injecté, et qui avaient bénéficié eux aussi du scanner non injecté.

Les témoins ont été appariés aux cas dans un ratio 2/1 avec un appariement sur les deux critères pouvant influencer le plus la performance du test à évaluer : l'appareil utilisé (deux machines différentes entre 2006 et 2020) et le score calcique coronaire.

Regroupant donc au total 231 patients inclus et analysés. **(Figure 1)**

6) TEST A EVALUER/ TEST DE REFERENCE

Le scanner non injecté était le test à évaluer et le scanner injecté, le test de référence.

Les scanners non injectés de tous les patients inclus (231 scanners dont 77 cas et 154 témoins) ont été lus par 2 cardiologues expérimentés et indépendants du service, en insu du test de référence, et par ordre alphabétique.

Leurs réponses ont été colligées dans un tableur indépendant pour chaque lecteur qui était standardisé et devait stipuler :

- la présence d'une ANOCOR ou pas
- si une ANOCOR était vue : le type d'ANOCOR et son trajet initial
- leur degré de certitude de cette évaluation (standardisée à 70-80-90 et 100% de certitude).

Les Critères de positivité des deux tests étaient définis a priori comme toute variation à la définition citée en II/2/.

La procédure de réalisation des coupes non injectées et des coupes injectées est standardisée et reproductible, comparable à la pratique quotidienne du CHU de Poitiers et aux recommandations de réalisation d'un scanner cardiaque, impliquant deux grands modes d'acquisition comme décrits en I/3/.

La lecture par les deux lecteurs de chaque scanner non injecté a été faite sur le même logiciel PACS, logiciel dispositif médical de classe I (avec fonctions de mesure) fabriqué par NEHS DIGITAL, permettant l'analyse et le stockage des données radiologiques, disposant des mêmes outils, les deux lecteurs étaient habitués à ce logiciel, de pratique quotidienne.

Deux scanners différents ont été utilisés entre 2006 et 2020.

De décembre 2006 à janvier 2017 : utilisation de LightSpeed VCT 64, GE Healthcare mis en service en janvier 2006, 100Kv de tension de tube.

De janvier 2017 à juin 2020 : utilisation de Toshiba Aquilion One GENESIS mis en service le 9/1/2017, 120kV de tension de tube, 35mAS de courant de tube, variable en fonction du poids du patient.

Lors des scanners avec injection, une injection de produit de contraste, hors patients allergiques, IOMERON 400 Bolus IV entre 57.5 et 77.5ml en fonction du poids du patient, dans 40ml de NaCl 0.9% était réalisée.

Les patients reçoivent de l'atenolol IV si leur fréquence cardiaque est supérieure à 70bpm et une bouffée de trinitrine si leur tension est supérieure à 120/80mmHg pour une meilleure qualité des images.

Les images finales sont reconstituées en utilisant des coupes de 0.5mm tous les 0.25mm (incrément) pour le scanner injecté et non injecté.

7) CRITERES DE JUGEMENTS

Le critère de jugement principal répondant à l'objectif principal était les paramètres de performance diagnostique du scanner non injecté pour la détection des anomalies de connexion (sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positives et négatives).

Le critère de jugement secondaire était ces mêmes paramètres en fonction de chacune des anomalies de connexion.

8) ANALYSES STATISTIQUES

Les variables pour les analyses principales ont été considérées comme suivant une loi normale au vu de l'effectif (N=231).

Tous les patients inclus ont été analysés dans l'analyse principale qui répondait au critère de jugement principal.

Les moyennes des variables continues des cas et des témoins ont été comparées avec le test t de Student pour échantillons indépendants.

Les proportions des variables qualitatives et indépendantes pour des effectifs $N > 5$ ont été comparées avec un test du χ^2 . Les proportions des variables qualitatives pour un effectif $N < 5$ ont été comparées avec un test de Fisher.

Les performances diagnostiques des coupes non injectées pour la détection des anomalies de naissance et de trajet initial, comme définies plus hauts, ont été obtenues à partir des tableaux de contingence présentés, pour les anomalies de connexion et de trajets initiaux, obtenues à partir des lectures en aveugle des deux lecteurs indépendants, et sont présentées en terme de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive, négative et précision diagnostique, les rapports de vraisemblance positifs et négatifs ont été calculés.

Ces proportions dans chaque analyse sont données avec un intervalle de confiance à 95% calculées par la méthode de Wilson avec correction de continuité pour un risque alpha de 5%.

Par ailleurs, un test modifié du χ^2 (Khi carré) a été réalisé pour chaque lecteur et est présent dans les tableaux des résultats en terme de performance diagnostique, montrant la liaison statistiquement significative entre la présence d'une anomalie sur les coupes injectées et le fait que l'anomalie soit vue sur les coupes non injectées avec un risque alpha < 0.001 pour un degré de liberté à 1 (Khi carré modifié > 23).

De la même manière, le coefficient Q de Yule a été calculé, c'est une mesure d'association permettant de quantifier la liaison entre deux variables qualitatives à 2 modalités chacune.

Plus le Q de Yule est proche de 1 et plus forte est l'intensité de la liaison entre les deux variables. Et inversement, plus le coefficient s'approche de 0, plus la liaison est faible.

III. RESULTATS

1) POPULATION

Nous disposions de **25 215** scanners cardiaques réalisés entre décembre 2006 et juin 2020, interprétés par 7 cardiologues expérimentés du service dont 2 chefs de clinique successifs.

Parmi ceux-ci, **22 094 scanners cardiaques étaient injectés.**

100 scanners avec coupes injectées avaient permis le diagnostic d'une anomalie de naissance ce qui représente **0.45%** de la population adressée en scanner cardiaque sur la période.

Parmi ces **100 scanners**, **23 ont été exclus** de notre étude, car les images injectées et/ou non injectées n'étaient plus disponibles sur le logiciel PACS et non retrouvables en CD-ROM.

Restaient alors **77 scanners** avec coupes injectées et coupes non injectées dont le diagnostic d'anomalies de naissance avait été porté sur les coupes injectées, ceux-ci ont été **inclus comme cas.**

A ces **77 cas**, nous avons **randomisés 154 témoins** qui n'avaient pas d'anomalies de naissance ou de trajet des coronaires et dont l'absence était confirmée par le test de référence, le scanner injecté.

Ils ont été **appariés** aux cas sur **2 critères** : la machine utilisée, dont les caractéristiques techniques sont décrites au paragraphe II/6/ et le score calcique coronaire évalué par la méthode d'Agatston, décrite au paragraphe I/3/ et standardisée.

Il s'agissait donc au total de **231 scanners non injectés qui ont été inclus et analysés** en terme d'anomalie de naissance et de trajet pour le critère de jugement principal (**figure 1**).

Figure 1 : diagramme de flux

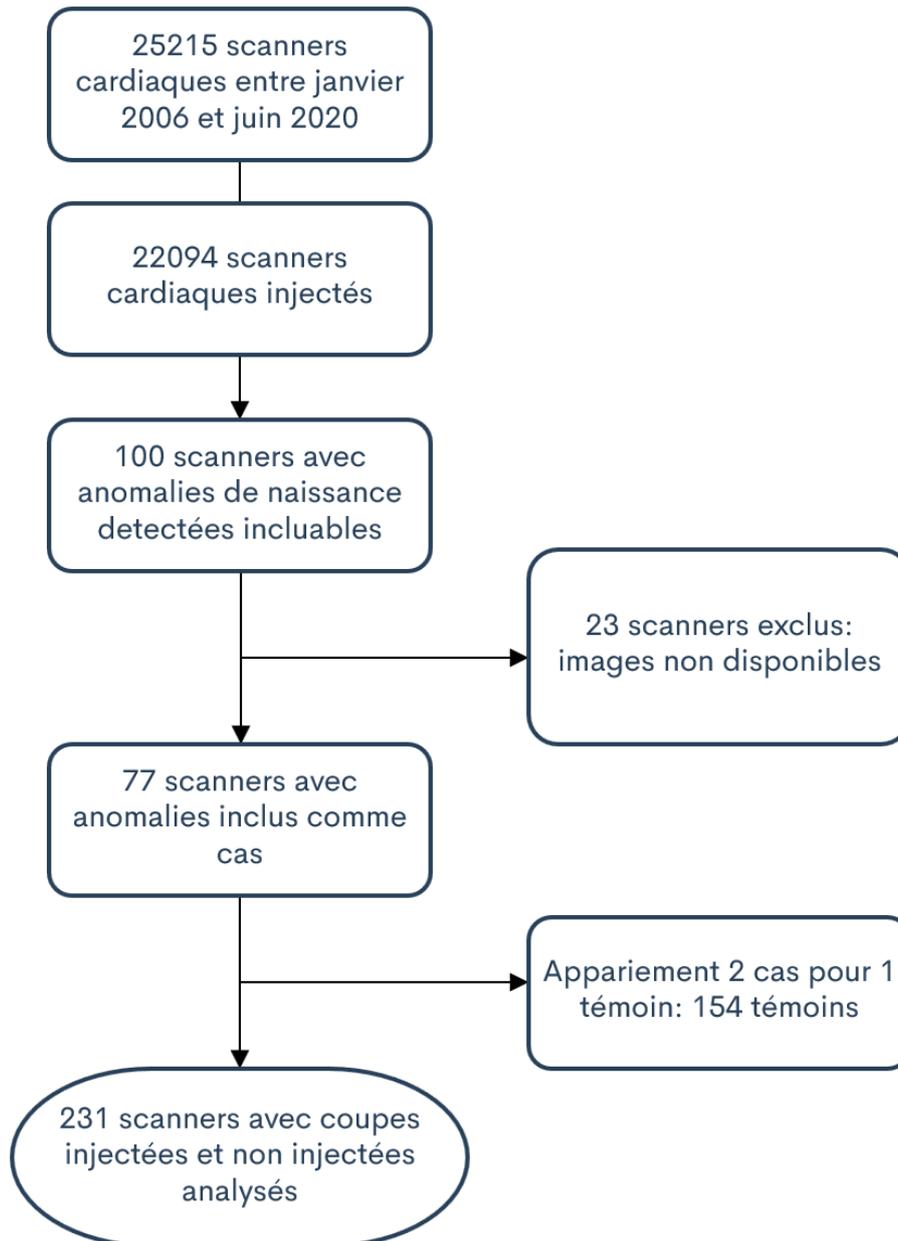


Figure 1 : diagramme de flux

Les caractéristiques de la population des cas et des témoins ainsi que les motifs de réalisation du scanner chez les cas et les témoins, sont décrits en **(tableaux 1 et 2)**.

Les cas et les témoins étaient appariés sur le type de machine et le score calcique qui ne diffèrent pas statistiquement.

Ils ne sont pas différents statistiquement en terme de fréquence cardiaque au moment de l'examen avec des fréquences cardiaques optimisées pour la réalisation du scanner cardiaque (60.6bpm de moyenne chez les cas ,62.7bpm de moyenne chez les témoins, ($p=0.13$)).

Les Indice de masse corporelle et Surface corporelle qui sont des déterminants majeurs de la qualité et donc de l'analyse des coupes non injectées et injectées, ne diffèrent pas statistiquement entre les

cas et les témoins. (IMC moyen à 26.74kg/m² chez les cas, IMC moyen à 26.45kg/m² chez les témoins (p=0.56) ; surface corporelle moyenne à 1.9m² chez cas, 1.88m² chez les témoins (p=0.53)).

Ils ne sont pas différents statistiquement en terme de facteurs de risque cardio-vasculaires, d'âge et de sexe. **(Tableau 1)**

A noter une différence statistiquement significative quant à la présence d'un rétrécissement aortique calcifié chez les cas (9.09% chez les cas, aucun cas chez les témoins (p=0.003)), et à la présence d'une cardiopathie ischémique pouvant influencer sur le score calcique coronaire (22.07% de cardiopathie ischémique chez les cas, 8.44% chez les témoins (p=0.04)), le biais étant limité grâce à l'appariement sur le score calcique coronaire dont la différence n'est pas statistiquement significative avec une moyenne de 217.55 chez les cas et 210.54 chez les témoins (p=0.92). **(Tableau 1)**

Il n'y a pas de différence significative quant aux motifs de réalisation du scanner et des symptômes qui ont mené à la réalisation du scanner entre les populations des cas et des témoins. **(Tableau 2)**

On peut noter que la plupart des scanners avaient été demandés pour des patients symptomatiques (68.81% chez les cas, 62.96% chez les témoins (p=0.40)), à type de douleurs thoraciques (57.14% chez les cas et 53.24% chez les témoins (p=0.60)), spontanées dans la plupart des cas, ou suite à des examens fonctionnels. Mais également dans une moindre mesure devant une dyspnée, des troubles du rythme ou des syncopes (11.67% chez les cas, 9.72% chez les témoins (p=0.60)). **(Tableau 2).**

CARACTERISTIQUES DES PATIENTS							
		CAS	TEMOINS			CAS	TEMOINS
		N=77	N=154			N=77	N=154
machine (p=0,80)	toshiba	15(19,5%)	30(19,5%)	sexe (p=0,6)	M	53(69%)	102(66%)
	GE	62(80,5%)	124(80,5%)		F	24(31%)	52(34%)
	missing	0(0%)	0(0%)		missing	0(0%)	0(0%)
score calcique(p=0,92)	mean	217,55	210,54	age (p=0,40)	mean	61,4	60
	median	46	41		median	61	63
	mean max	(0-1623)	(0-1717)		min max	(29-87)	(22-89)
	missing	0	0		missing	0	0
				HTA(p=0,58)	OUI	29(37,66%)	67(43,50%)
IMC(p=0,66)	mean	26,74	26,45		missing	11	5
	median	26,8	25,59				
	mean max	(17,6-41,52)	(16,61-41,51)	DT2(p=0,87)	OUI	6(7,79%)	23(14,93%)
	missing	6	0		missing	11	5
				FUMEUR(p=0,81)	OUI	15(19,48%)	27(17,53%)
FC (p=0,13)	mean	60,6	62,7		missing	11	5
	median	60	60				
	mean max	(42-86)	(45-97)	DYSLIP(p=0,70)	OUI	19 (24,67%)	48(31,16%)
	missing	22	0		missing	11	5
				CMI(p=0,04)**	OUI	17(22,07%)	13(8,44%)
SC(p=0,53)	mean	1,9	1,88		missing	0	0
	median	1,88	1,87				
	mean max	(1,39-2,88)	(1,45-2,46)	RAC (p=0,003)**	OUI	7(9,09%)	0(0%)
	missing	10	0		missing	0	0

Tableau 1 : caractéristiques des patients

IMC : indice de masse corporelle / FC : fréquence cardiaque / SC : surface corporelle / HTA : hypertension artérielle / DT2 : diabète de type 2 / Dyslip : Dyslipidémie / CMI : cardiomyopathie ischémique connue / RAC : rétrécissement aortique calcifié / Toshiba : scanner utilisé entre janvier 2017 et juin 2020, GE : scanner utilisé entre janvier 2006 et janvier 2017.

** : différences statistiquement significatives : présence d'une cardiopathie ischémique (p=0.04) et d'un rétrécissement aortique calcifié (p=0.003), plus fréquents chez les cas que chez les témoins.

MOTIFS DU SCANNER	CAS	TEMOINS	p-value
	N=77	N=154	
ASYMPTOMATIQUES	19(24,67%)	57(37,01%)	p=0,67
BILAN FDRCV	6(7,79%)	19(12,33%)	
PRE ABLATION FA	4(5,19%)	10(6,49%)	
PRE OPERATOIRE	5(6,49%)	14(9,09%)	
BICUSPIDIE/DILAT AORTE	1(1,29%)	10(6,49%)	
insufisance tricuspide	0	1(0,64%)	
COARCTATION	0	1(0,64%)	
ENDOCARDITE	2(2,59%)	2(1,29%)	
AUTRE	2(2,59%)	0	
BILAN FE ALTEREE	4(5,19%)	14(9,0,9%)	
SYMPTOMATIQUES	53(68,81%)	97(62,96%)	p=0,40
DOULEURS	44(57,14%)	82(53,24%)	p=0,60
SPONTANEEES	38(49,35%)	70(45,45%)	
Epreuve effort douteuse	3(3,89%)	10(6,49%)	
ETT Dobutamine douteuse	2(2,59%)	1(0,64%)	
Scintigraphie douteuse	3(3,89%)	1(0,64%)	
DYSPNEE	2(2,59%)	5(3,24%)	p=1
TROUBLES DU RYTHME DETECTES	6(7,79%)	9(5,84%)	p=0,78
SYNCOPE /LIPOTHYMIE	1(1,29%)	1(0,64%)	p=1
DONNEES MANQUANTES	5	0	

Tableau 2 : Motifs de réalisation du scanner

ETT : échographie trans-thoracique

Pas de différence statistiquement significative.

Les indications chez les patients asymptomatiques (24.67% chez les cas et 37.01% chez les témoins (p=0.67)) recouvrent essentiellement des bilans pré opératoire ou pré interventionnel ou encore s'inscrivent dans le cadre de bilans de facteurs de risque cardiovasculaires.

Ces indications recouvrent bien les indications du scanner cardiaque en population générale comme recommandées et décrites en Introduction.

2) CARACTERISTIQUES DES ANOMALIES

Le **tableau 3** résume les caractéristiques des anomalies de connexion et de trajet associées des cas inclus (N=77).

Les proportions observées de chaque anomalie sont détaillées ci-après.

On peut noter une prédominance d'ANOCOR droite (Coronaire droite naissant du sinus gauche ou du tronc commun) dans un ratio 2 :1 avec les ANOCOR gauches (tronc commun ou IVA naissant du sinus non coronaire ou de la coronaire droite).

On note donc :

- **33.70% d'ANOCOR droite**, la coronaire droite naissant du sinus coronaire gauche ou du tronc commun (respectivement 25 et 1 cas)
- **36.30% d'ANOCOR impliquant la circonflexe**, la circonflexe naissant du sinus droit ou de la coronaire droite (respectivement 8 et 21 cas)
- **15.50% d'ANOCOR impliquant le tronc gauche ou l'IVA** : tronc gauche naissant du sinus non coronaire, IVA naissant de la coronaire droite, IVA et Cx naissant de la coronaire droite (respectivement 6 cas, 5 cas et 1 cas)
- **10.38% de coronaire droite unique, 2.59% de coronaire gauche unique** (8 cas et 2 cas, respectivement)

On note également, concernant les trajets associés :

- **45.45% de trajet inter artériel** (35 cas dont 25 cas impliquant une ANOCOR droite : coronaire droite naissant du sinus coronaire gauche ou du tronc commun)
- **41.55% de trajet rétro aortique** (32 cas dont 29 cas impliquant une naissance du sinus droit ou de la coronaire droite de la circonflexe)
- **7.79% de trajet pré pulmonaire** (6 cas)
- **3.89% de trajet transeptal** (3 cas)
- **1.29% de trajet normal** (1 cas)

ANOMALIE NAISSANCE	ANOMALIES TRAJET						TOTAL
	INTERARTERIEL	RETRO AORTIQUE	PRE PULMONAIRE	TRANSEPTAL	NORMAL		
CD UNIQUE	3	2	3	0	0	N=8(10,38%)	12,98%
CG UNIQUE	1	0	0	0	1	N=2(2,59%)	
CD NAISSANT SINUS GAUCHE	25	0	0	0	0	N=25(32,46%)	33,70%
CD NAISSANT DU TC	1	0	0	0	0	N=1(1,29%)	
CX NAISSANT DE LA CD	0	21	0	0	0	N=21(25,97%)	36,30%
CX NAISSANT SINUS DROIT	0	8	0	0	0	N=8(10,38%)	
CG NAISSANT SNC	3	1	1	1	0	N=6(7,79%)	15,50%
IVA ET CX NAISSANT DE LA CD	0	0	0	1	0	N=1(1,29%)	
IVA NAISSANT DE LA CD	2	0	2	1	0	N=5(6,49%)	
TOTAL	N=35(45,45%)	N=32(41,55%)	N=6(7,79%)	N=3(3,89%)	N=1(1,29%)	N=77(100%)	100%

Tableau 3 : caractéristiques des ANOCOR dans notre population

CD : coronaire droite / CG : coronaire gauche / TC : tronc commun / CX : artère circonflexe / SNC : sinus non coronaire / IVA : interventriculaire antérieure.

3) ANALYSE PRINCIPALE : PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE DU SCANNER NON INJECTE

Dans l'analyse principale, toutes les anomalies de naissance et de trajet ayant été vues et correctement classées selon le type d'ANOCOR ou de trajet associé, ont été considérées comme vues et bien classées, quel que soit le degré de certitude, et l'absence d'anomalie de naissance ou de trajet vue ou une anomalie vue mais non correctement classée selon le type d'ANOCOR ou de trajet associé, a été considérée comme non vue quel que soit le degré de certitude de l'évaluation.

Les 231 scanners non injectés inclus initialement ont donc été lus et inclus dans l'analyse principale.

Les analyses présentent les tableaux de contingence pour les anomalies de naissance et de trajet initial (**tableaux 4-5-6 et 7**) qui ont permis d'obtenir les résultats en terme de performance diagnostique pour chaque lecteur concernant les anomalies de naissance (**tableau 8**) et les anomalies de trajet associées (**tableau 9**) ainsi que les tableaux de concordance inter observateurs. (**Tableaux 10 et 11**)

- La **validité** (interne et externe) du scanner non injecté est évaluée en termes de sensibilité, spécificité, précision diagnostique, rapports de vraisemblance positifs et négatifs et Indice de Youden, pour l'étude de la validité interne. Et en termes de valeurs prédictives positives et négatives pour l'étude de la validité externe.
- La **fiabilité** du scanner non injecté est évaluée en termes de concordance inter observateur entre les deux lecteurs (coefficient Kappa).

ANOMALIE NAISSANCE LECTEUR 1				ANOMALIE NAISSANCE LECTEUR 2			
	ANOMALIES	PAS ANOMALIE	TOTAL		ANOMALIES	PAS ANOMALIE	TOTAL
ANOMALIE VUE	47	4	51	ANOMALIE VUE	56	9	65
ANOMALIE NON VUE	30	150	180	ANOMALIE NON VUE	21	145	166
TOTAL	77	154	231	TOTAL	77	154	231

ANOMALIE TRAJET LECTEUR 1				ANOMALIE TRAJET LECTEUR 2			
	ANOMALIES	PAS ANOMALIE	TOTAL		ANOMALIES	PAS ANOMALIE	TOTAL
ANOMALIE VUE	44	4	48	ANOMALIE VUE	55	9	64
ANOMALIE NON VUE	33	150	183	ANOMALIE NON VUE	22	145	167
TOTAL	77	154	231	TOTAL	77	154	231

Tableaux 4, 5, 6 et 7 : tableaux de contingence pour le lecteur 1 et le lecteur 2 pour les anomalies de naissance et de trajet

« Anomalie vue » : par le lecteur sur le scanner non injecté

« Anomalie non vue » : par le lecteur sur le scanner non injecté

« Anomalies » : anomalie présente sur le scanner injecté

« Pas anomalie » : anomalie absente sur le scanner injecté

NAISSANCE (lecteur 1 et lecteur 2)	LECTEUR 1	LECTEUR2
SENSIBILITE (IC 95%)	61,04(49,2-71,1)	72,73(61,2-82)
SPECIFICITE (IC 95%)	97,40(93,1-99,2)	94,16(88,9-97,1)
Precision diagnostique (IC95%)	85,28(79,9-89,5)	87,00(81,8-90,9)
Valeur prédictive positive (IC 95%)	92,16(80,3-97,5)	86,15(74,8-93,1)
Valeur prédictive négative (IC 95%)	83,33(76,9-88,3)	87,35(81,1-91,8)
Rapport de vraisemblance positif	23,47	12,45
Rapport de vraisemblance negatif	0,4	0,28
Taux de faux positif chez les individus chez qui une anomalie est vue	7,84	13,85
Taux de faux négatif chez les individus chez qui une anomalie n'est pas vue	16,67	12,65
Indice de YAUDEN	0,58	0,67
Coefficient K de YULE	0,97	0,95
Test du KHI CARRE	101,91	113,56

Tableau 8 : performance diagnostic du scanner non injecté pour la détection des anomalies de naissance, pour le lecteur 1 et le lecteur 2

TRAJET (lecteur 1 et lecteur 2)	LECTEUR 1	LECTEUR 2
SENSIBILITE(IC 95%)	57,14(45,4-68,9)	71,43(59,8-89)
SPECIFICITE(IC 95%)	97,40(93,1-99,2)	94,16(88,9-97,1)
Precision diagnostique (IC 95%)	83,98 (78,5-88,3)	86,58(81,3-90,6)
Valeur prédictive positive(IC 95%)	91,67(79,1-97,3)	85,94(74,5-93,0)
Valeur prédictive négative(IC 95%)	81,97(81,7-82,2)	86,83(80,5-91,4)
Rapport de vraisemblance positif	21,91	12,23
Rapport de vraisemblance negatif	0,44	0,303
Taux de faux positif chez les individus chez qui une anomalie est vue	8,33	14,06
Taux de faux négatif chez les individus chez qui une anomalie n'est pas vue	18,03	13,17
Indice de YAUDEN	0,55	0,66
Coefficient K de YULE	0,96	0,95
Test du KHI CARRE	92,78	110,24

Tableau 9 : performance diagnostic du scanner non injecté pour la détection des anomalies de trajet, pour le lecteur 1 et le lecteur 2

A) VALIDITE/ PERFORMANCE INTERNE

La validité (ou performance) intrinsèque (ou interne) d'un test diagnostic est mesurée par sa sensibilité et sa spécificité.

Ces deux proportions sont indépendantes de la prévalence de la maladie dans la population étudiée et sont donc le reflet direct de la validité du test à évaluer.

- La sensibilité est la capacité à détecter les cas, c'est la probabilité d'avoir un test positif quand on est atteint.

On observe dans notre étude des sensibilités correctes du scanner non injecté avec respectivement pour les lecteurs 1 et 2 des **sensibilités de 61.4% (49.2-71.1) et 72.73% (61.2-82)**. **(Tableau 8), à mettre en lien avec une fraction de faux négatifs variant donc entre 27.7 et 38.6% selon les lecteurs.**

Les sensibilités sont discrètement moins bonnes si on s'intéresse aux trajets initiaux à 57.14% et 71.43% respectivement pour les lecteurs 1 et 2.

- La spécificité est la capacité à identifier correctement les individus indemnes, c'est la probabilité d'avoir un test négatif quand on n'est pas atteint.

On observe dans notre étude des spécificités excellentes du scanner non injecté avec respectivement pour les lecteurs 1 et 2 des **spécificités de 97.40% (93.1-99.2) et 94.16% (88.9-97.01)** pour les anomalies de naissance **(Tableau 8), à mettre en lien avec une fraction de faux positifs très faible entre 2.6 et 5.84% selon les lecteurs.**

Les sensibilités et spécificités du test peuvent être regroupées en un seul indicateur, le rapport de vraisemblance, qui est la capacité du test à distinguer les malades des non malades et donc à bien classer les individus. Il est indépendant de la prévalence de la maladie et est donc un bon reflet de l'efficacité du test quel que soit le groupe de population auquel celui-ci est appliqué.

Dans notre étude, pour la détection des anomalies de naissance, on note un **rapport de vraisemblance positif excellent à 23.47 et 12.45** pour les lecteurs 1 et 2, c'est-à-dire qu'il y a respectivement 23.47 et 12.45 fois plus de chance que le scanner non injecté voit l'ANOCOR si cette ANOCOR est bien présente, que si elle est absente. **(Tableau 8)**

De la même manière, les **rapports de vraisemblance négatifs sont à 0.4 et 0.28**, c'est-à-dire qu'il y a respectivement 2.5 et 3.5 fois plus de chance que le scanner non injecté ne voit pas l'ANOCOR si cette ANOCOR est absente, que si elle présente. **(Tableau 8)**

L'analyse des rapports de vraisemblance est intéressante pour déterminer l'utilité clinique du test, elle schématise l'impact qu'a le test sur la modification de la probabilité post test (**Figure 2**)

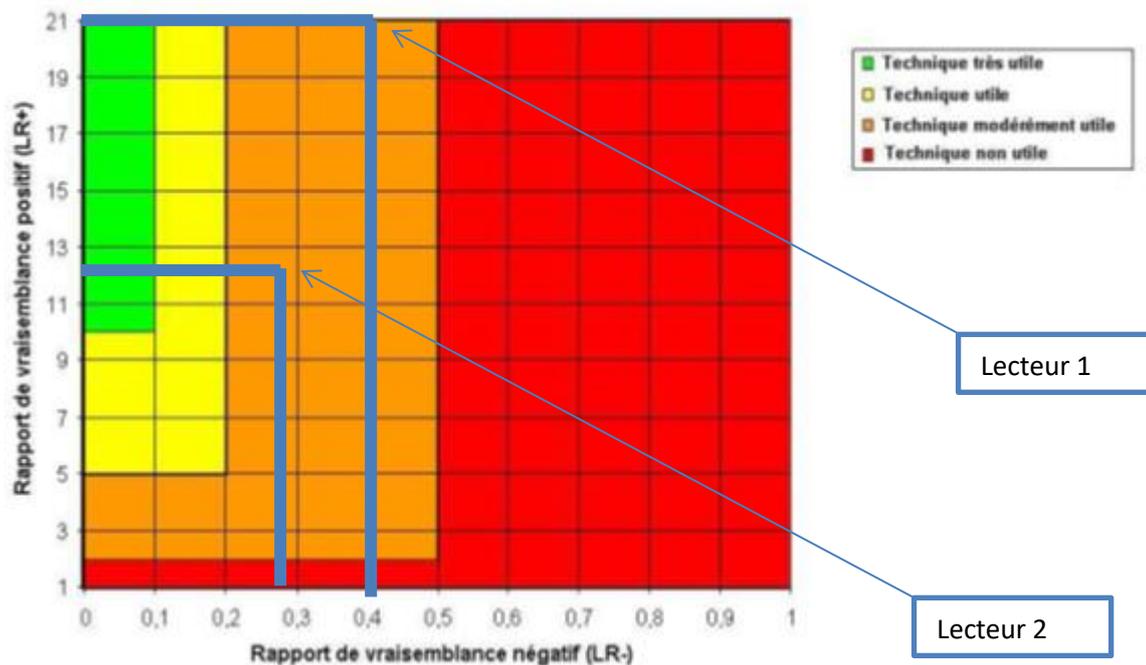


Figure 2 : schématisation de l'utilité diagnostique du scanner injecté pour le diagnostic des ANOCOR par les rapports de vraisemblance, pour chaque lecteur

En abscisse : rapport de vraisemblance négatif

En ordonnée : rapport de vraisemblance positif

- L'efficacité diagnostique est la proportion de résultats corrects dans l'ensemble des résultats du test.

Les résultats corrects sont les personnes dont le diagnostic posé suite au test correspond à leur statut ; il s'agit donc des vrais positifs et des vrais négatifs.

Dans notre étude, on note une bonne efficacité diagnostique avec respectivement **85.28% et 87%** pour chacun des lecteurs de résultats corrects lors du test, concernant les anomalies de connexion et **83.98% et 86.58%** pour les anomalies de trajet, respectivement.

- L'index de Youden (Y) est une mesure de la précision de la méthode de diagnostic. Il dépend de la spécificité et de la sensibilité du test mais pas de la prévalence de la maladie.

L'index de Youden est compris entre 0 (la méthode de diagnostic n'est pas efficace) et 1 (la méthode est parfaite).

Dans notre étude, les index sont satisfaisants à 0.58 et 0.67, et 0.55 et 0.66 pour chaque lecteur respectivement, pour les anomalies de naissance et de trajet (**tableaux 8 et 9**).

B) VALIDITE/PERFORMANCE EXTERNE

La validité (ou performance) extrinsèque (ou externe) d'un test diagnostique est mesurée par ses valeurs prédictives positives et négatives, c'est-à-dire sa performance dans la population « in vivo ».

Cette probabilité est aussi appelée probabilité a posteriori ou probabilité post-test. Elle dépend des caractéristiques du test (sensibilité et spécificité) et de la probabilité à priori (probabilité pré-test) que la personne ait une maladie, c'est-à-dire de la prévalence de la maladie dans la population considérée.

- La valeur prédictive positive (VPP) est la probabilité d'être atteint lorsque le test est positif, la proportion de vrais positifs.

On observe dans notre étude des **valeurs prédictives positives à 92.16%** (80.3-97.5) **et 86.15%** (74.8-93.1) et 91.67% et 85.84%, respectivement pour les lecteurs 1 et 2 pour les anomalies de naissance et de trajet, c'est-à-dire que la proportion de **vrais positifs** est excellente (**tableaux 8 et 9**).

- La valeur prédictive négative (VPN) est la probabilité d'être sain lorsque le test est négatif, la proportion de vrais négatifs.

On observe dans notre étude des **valeurs prédictives négatives à 83.33%** (76.9-88.3) **et 87.35%** (81.1-91.8) pour la détection des anomalies de naissance pour chacun des lecteurs, 81.97% et 86.83% pour la détection des anomalies de trajet associées, elles sont discrètement moins bonnes que les valeurs prédictives positives, la proportion de **vrais négatifs** est importante mais moins bonne que de vrais positifs.

C) FIABILITE

La fiabilité d'un test doit s'apprécier par sa capacité à donner des résultats reproductibles, ou concordants.

L'analyse du scanner injecté quant à la détection des anomalies de naissance et de trajet apparaît fiable car concordant avec une concordance inter-observateur excellente dans l'analyse principale avec un coefficient Kappa à 0.841 pour la détection des anomalies de naissance et à 0.812 pour les anomalies de trajet (**tableaux 10 et 11**).

Pour l'essentiel, ce coefficient peut s'interpréter comme la proportion d'accord (ou de jugements concordants) c'est-à-dire la proportion d'éléments classés de la même manière par les deux juges.

Cet indice traduit un niveau d'accord (de concordance) d'autant plus élevé que sa valeur est proche de 1 (**tableau 12**).

CONCORDANCE INTER OBSERVATEUR NAISSANCE			
L1/L2	ANOMALIE	AS ANOMALI	TOTAL
ANOMALIE	51	0	51
PAS ANOMALIE	14	166	180
TOTAL	65	166	231
COEFFICIENT KAPPA 0,841			
CONCORDANCE INTER OBSERVATEUR TRAJET			
L1/L2	ANOMALIE	AS ANOMALI	TOTAL
ANOMALIE	48	16	64
PAS ANOMALIE	0	167	167
TOTAL	48	183	231
COEFFICIENT KAPPA 0,812			

Tableaux 10 et 11 : concordance inter observateur en scanner non injecté pour la détection des anomalies de naissance et pour la détection des anomalies de trajet associées aux ANOCOR

Coefficient Kappa	Interprétation
< 0	Très mauvais (Poor)
0-0,20	Mauvais (Slight)
0,21-0,40	Passable (Fair)
0,41-0,60	Moyenne (Moderate)
0,61-0,80	Bonne (Substantial)
0,81-1,00	Très bonne (Almost perfect)

Tableau 12 : Interprétation des valeurs du coefficient Kappa

4) ANALYSES SECONDAIRES

A) RESULTATS INCERTAINS

Dans l'analyse principale, toutes les anomalies de naissance et de trajet ayant été vues et correctement classées, ont été considérées comme vues et bien classées, quel que soit le degré de certitude, et l'absence d'anomalie de trajet et naissance vue ou une anomalie vue mais non correctement classée, a été considérée comme non vue quel que soit le degré de certitude (Degré de certitude comme défini en II/2/).

Dans cette première analyse secondaire, nous avons considéré uniquement les résultats certains pour les ANOCOR (à savoir un degré de certitude > 80% indiqué par l'observateur dans le tableau de recueil standardisé comme décrit au II/6/).

Cette approche consiste à déterminer la sensibilité et la spécificité sans tenir compte des résultats incertains mais en précisant la proportion de résultats certains (rendements).

Le lecteur 1 avait un degré de certitude < 80% et était donc considéré comme « incertain » pour 54 scanners non injectés (dont 19 cas et 35 témoins) et le lecteur 2 était incertain pour 40 scanners non injectés (dont 16 cas et 24 témoins) (**tableaux 13 et 14**).

L'incertitude pouvait être due à la mauvaise qualité des images (17 scanners pour le lecteur 1, 10 scanners pour le lecteur 2, décrits comme « flous ») ou à une incertitude quant au diagnostic de présence ou d'absence lui-même (37 scanners pour le lecteur 1, 30 scanners pour le lecteur 2).

La sensibilité est accompagnée de la valeur du rendement positif du test. Ce rendement correspond au rapport entre le nombre de résultats certains chez les malades et l'ensemble des personnes malades.

La spécificité est accompagnée de la valeur du rendement négatif du test. Ce rendement correspond au rapport entre le nombre de résultats certains chez les personnes saines et l'ensemble des personnes saines.

Le **tableau 13** illustre les résultats obtenus à partir des tableaux de contingences.

En ne prenant en compte que les diagnostics certains pour les paramètres de performance diagnostique décrits en analyse principale, on note que pour le lecteur 1 la sensibilité, la valeur prédictive négative et l'efficacité diagnostique sont meilleures et très bonnes (respectivement 84.48% vs 61.04% ($p < 0.02$), 94.23% vs 83.33% ($p < 0.02$), 93.22% vs 85.28% ($p < 0.01$)) sans perdre en spécificité et VPP qui restent similaires et excellentes.

Pour le lecteur 2, tous les paramètres restent non différents statistiquement (**tableau 13**).

Les rendements positifs et négatifs sont comparables entre chaque lecteur respectivement 75.3% et 77.27% pour le lecteur 1 et 79.22% et 84.41% pour le lecteur 2 ($p > 0.9$).

NAISSANCE (lecteur 1 et lecteur 2)	LECTEUR 1	LECTEUR 2
SENSIBILITE (IC 95%)	84,48(72,1-92,2)*	73,77(60,7-83,8)
SPECIFICITE (IC 95%)	97,48(92,3-99,3)	95,38(89,8-98,1)
Precision diagnostique (IC95%)	93,22(88,2-96,3)*	88,48(82,8-92,4)
Rendement positif (taux de positifs certains)	75,3	79,22
Rendement negatif (taux de négatifs certains)	77,27	84,41
Valeur prédictive positive (IC 95%)	94,23(83,1-98,5)	88,24(75,4-95,1)
Valeur prédictive négative (IC 95%)	92,8(86,4-96,4)*	88,57(81,8-93,1)
Rapport de vraisemblance positif	33,511	15,984
Rapport de vraisemblance negatif	0,159	0,275
Taux de faux positif chez les individus chez qui une anomalie est vue	5,77	11,76
Taux de faux négatif chez les individus chez qui une anomalie n'est pas vue	7,2	11,43
Indice de YODEN	0,82	0,69
Coefficient K de YULE	0,99	0,97
Test du KHI CARRE : (p<0,001)	126,6	101,15

Tableau 13 : paramètres de performance diagnostique ne prenant en compte que les résultats certains avec taux de rendements associés

« * » : Résultats pour lesquels la différence est statistiquement significative lorsque on ne prend en compte que les résultats certains versus tous les résultats (analyse principale). Pour le lecteur 1 uniquement, sensibilité, valeur prédictive négative et précision diagnostique sont meilleures ($p < 0.02$, < 0.02 et < 0.01 respectivement). Pour le lecteur 2, pas de différences statistiquement significatives.

« IC95% » : intervalle de confiance à 95%

B) PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE EN FONCTION DU TYPE D'ANOCOR

Dans la deuxième analyse secondaire, nous nous sommes intéressés à la performance diagnostique du scanner non injecté en fonction du type d'ANOCOR et les avons comparés en termes de sensibilité, spécificité, VPP, VPN et performance diagnostique.

Nous avons regroupés (comme détaillés en II)2) :

- **les ANOCOR du réseau droit** : la coronaire droite naissant du sinus coronaire gauche ou du tronc commun (respectivement 25 et 1 cas)
- **les ANOCOR impliquant l'IVA et le tronc commun** : tronc gauche naissant du sinus non coronaire, IVA naissant de la coronaire droite, IVA et Cx naissant de la coronaire droite (respectivement 6 cas, 5 cas et 1 cas)
- **les ANOCOR impliquant la circonflexe** : la circonflexe naissant du sinus droit ou de la coronaire droite (respectivement 8 et 21 cas).

Les résultats des paramètres de performance diagnostic pour chacune des trois catégories d'ANOCOR, pour chacun des lecteurs, sont présentés dans les **tableaux 14,15 et 16**.

NAISSANCE ANOCOR DROITE	LECTEUR 1	LECTEUR2
SENSIBILITE (IC 95%)	69,23(48,9-84,4)	92,31(74,3-98,5)
SPECIFICITE (IC 95%)	100(97,7-100)	96,59(92,8-98,5)
Precision diagnostique (IC95%)	96,54(93,0-98,4)	96,1(92,5-98,1)
Valeur prédictive positive (IC 95%)	100(78,1-100)	77,4(58,5-89,7)
Valeur prédictive négative (IC 95%)	96,24(92,5-98,2)	99(96,1-99,8)
Rapport de vraisemblance positif	NC	27,033
Rapport de vraisemblance negatif	0,308	0,08
Taux de faux positif chez les individus chez qui une anomalie est vue	0	22,58
Taux de faux négatif chez les individus chez qui une anomalie n'est pas vue	3,76	1
Indice de YODEN	0,692	0,89
Coefficient K de YULE	1	0,99
Test du KHI CARRE	153,92	156,92
KAPPA DE COHEN	0,8	0,82
Test de MCNEMAR	8	2,778

Tableau 14 : paramètres de performance diagnostique pour la détection des ANOCOR droites

NC : donnée non calculable

NAISSANCE ANOCOR GAUCHE	LECTEUR 1	LECTEUR2
SENSIBILITE (IC 95%)	38,46(15,1-67,7)	53,85(26,1-79,6)
SPECIFICITE (IC 95%)	100(97,8-100)	100(97,8-100)
Precision diagnostique (IC95%)	96,54(96-98,4)	97,4(94,2-98,9)
Valeur prédictive positive (IC 95%)	100(46,3-98,1)	100(56,1-100)
Valeur prédictive négative (IC 95%)	96,46(92,2-98,3)	97,32(94-98,9)
Rapport de vraisemblance positif	NC	NC
Rapport de vraisemblance negatif	0,615	0,462
Taux de faux positif chez les individus chez qui une anomalie est vue	0	0
Taux de faux négatif chez les individus chez qui une anomalie n'est pas vue	3,54	2,68
Indice de YODEN	0,385	0,54
Coefficient K de YULE	1	1
Test du KHI CARRE	85,7	121,05

Tableau 15 : paramètres de performance diagnostique pour la détection des ANOCOR gauches

NC : donnée non calculable

NAISSANCE ANOCOR CX	LECTEUR 1	LECTEUR 2
SENSIBILITE (IC 95%)	57,14(36,7-75,6)	64,29(44,1-80,7)
SPECIFICITE (IC 95%)	98,52(95,4-99,6)	98,52(95,4-99,6)
Precision diagnostique (IC95%)	93,51(89,3-96,2)	94,37(90,3-96,8)
Valeur prédictive positive (IC 95%)	84,21(59,5-95,8)	85,71(62,6-96,2)
Valeur prédictive négative (IC 95%)	94,34(90,1-96,9)	95,24(91,2-97,6)
Rapport de vraisemblance positif	38,667	43,5
Rapport de vraisemblance négatif	0,435	0,362
Taux de faux positif chez les individus chez qui une anomalie est vue	15,79	14,29
Taux de faux négatif chez les individus chez qui une anomalie n'est pas vue	5,66	4,76
Indice de YAUDEN	0,557	0,63
Coefficient K de YULE	0,978	0,98
Test du KHI CARRE	101	117,45

Tableau 16 : paramètres de performance diagnostique pour la détection des ANOCOR de la circonflexe

Les tableaux 17 et 18 présentent, pour chaque lecteur, la comparaison des indices diagnostiques en fonction du type d'ANOCOR, on note une différence statistiquement significative uniquement pour le lecteur 2 avec une meilleure sensibilité pour la détection des ANOCOR droites que les gauches et les circonflexes, une meilleure spécificité pour les ANOCOR gauche que pour les ANOCOR droite et une meilleure valeur prédictive négative pour les ANOCOR droite que pour les ANOCOR circonflexe.

On note les mêmes tendances chez le lecteur 1 sans significativité statistique.

LECTEUR 2	ANOCOR DROITE	ANOCOR CX	ANOCOR GAUCHE	comparaisons		
SENSIBILITE	92,31	64,29	53,85	P<0,02	p<0,01	P>0,09
SPECIFICITE	96,59	98,52	100	P>0,1	p<0,01	p>0,05
PERFORMANCE	96,1	94,39	97,4	p>0,09	p>0,1	p>0,09
VPP	77,42	85,71	100	p>0,1	p>0,1	p>0,1
VPN	99	95,24	97,32	p<0,03	P>0,09	P>0,09

Tableau 17 : comparaison des paramètres de performance diagnostique en fonction du type d'ANOCOR par le lecteur 2

VPP : valeur prédictive positive / VPN : valeur prédictive négative / ANOCOR : anomalie de naissance des artères coronaires / Cx : artère circonflexe

LECTEUR 1	ANOCOR DROITE	ANOCOR CX	ANOCOR GAUCHE	comparaisons		
SENSIBILITE	69,23	57,14	38,46	P>0,09	P>0,06	P>0,09
SPECIFICITE	100	98,52	100	P>0,08	NP	P>0,07
PERFORMANCE	96,54	93,51	96,54	p>0,09	NP	P>0,09
VPP	100	84,21	100	P>0,07	NP	P>0,1
VPN	96,24	94,34	96,46	p>0,1	p>0,1	p>0,1

Tableau 18 : comparaison des paramètres de performance diagnostique en fonction du type d'ANOCOR par le lecteur 1

VPP : valeur prédictive positive / VPN : valeur prédictive négative / ANOCOR : anomalie de naissance des artères coronaires / Cx : artère circonflexe

IV. DISCUSSION

Nos résultats suggèrent que le scanner non injecté est un examen fiable et modérément performant pour la détection des anomalies de naissance des artères coronaires.

La sensibilité est bonne et varie entre 61 et 72% selon les lecteurs. La spécificité est excellente entre 94 et 97%, on note d'excellentes valeurs prédictives positives à 92.16% et 86.15%, de bonnes valeurs prédictives négatives avec 83.33% et 87.35%. Une bonne efficacité diagnostique avec respectivement 85.28 et 87% pour chacun des lecteurs.

On note un rapport de vraisemblance positif excellent à 23.47 et 12.45 pour les lecteurs 1 et 2, les rapports de vraisemblance négatifs sont à 0.4 et 0.28.

L'analyse des rapports de vraisemblance (**figure 2**) met en lumière une utilité modérée du scanner non injecté.

L'utilité apparaît grevée dans notre étude par les rapports de vraisemblance négatifs, en lien avec un manque de sensibilité alors que les rapports de vraisemblance positifs sont excellents, en lien avec l'excellente spécificité.

Le scanner non injecté est très rarement positif en l'absence d'ANOCOR, si une anomalie est vue sur le scanner non injecté, le patient est très probablement porteur.

Indiquant l'intérêt de sa positivité pour le diagnostic : si une anomalie est vue sur le scanner non injecté, celle-ci est très probablement présente, sa positivité permet d'établir le diagnostic.

Il est moins performant et donc semble moins utile en terme de sensibilité et de rapport de vraisemblance négatif : sa négativité ne permet pas d'exclure complètement le diagnostic.

Il est important de noter que la plupart des erreurs diagnostiques sur les coupes non injectées reposaient sur des scanners où le lecteur se déclarait incertain quant au résultat, qui ont été inclus dans les résultats de l'analyse principale.

Le lecteur 1 avait un degré de certitude <80% et était donc considéré comme « incertain » pour 54 scanners non injectés (dont 19 cas et 35 témoins) soit 23.37% des scanners et le lecteur 2 était incertain pour 40 scanners non injectés (dont 16 cas et 24 témoins) soit 17.31% des scanners.

L'incertitude était due à la mauvaise qualité des images pour 17 scanners pour le lecteur 1, 10 scanners pour le lecteur 2, décrits comme « flous » soit respectivement 7.35% des scanners et 4.32%, les scores calciques de bonne qualité représentant donc entre 92.65% et 95.68% des scanners, la mauvaise qualité des scores calciques pouvant s'expliquer par des critères morphologiques du patient (obésité), mouvements du patient, respiration intempestive.

Il n'existe pas à notre connaissance d'étude précédente s'étant intéressée au scanner non injecté pour la détection des anomalies de naissance.

Une étude de 2017¹⁶ s'intéressant à l'imagerie multimodale dans le cadre du diagnostic des anomalies de naissance évoque le rôle de l'échographie cardiaque. Une étude a montré que les ostias peuvent être reconnus dans 90% des cas et que l'identification d'un ostium anormal est très spécifique si l'ETT est faite par un opérateur expérimenté avec une bonne qualité d'image, mais là aussi un manque de sensibilité, limité notamment par les images de mauvaise qualité, l'analyse des trajets, dans des études comparatives avec l'ETO, par ailleurs, la variabilité inter observateur limite son rôle clinique quotidien dans la détection des anomalies de naissance.

Dans la première analyse secondaire, on note qu'en excluant toutes les images où le lecteur est incertain, pour le lecteur 1 la sensibilité, la valeur prédictive négative et l'efficacité diagnostique sont meilleures et très bonnes (respectivement 84.48% vs 61.04% ($p < 0.02$), 94.23% vs 83.33% ($p < 0.02$), 93.22% vs 85.28% ($p < 0.01$)) sans perdre en spécificité et VPP qui restent similaires statistiquement et excellentes.

Dans la seconde analyse secondaire, si on s'intéresse aux paramètres de performance diagnostique en fonction du type d'anomalie de naissance, on note une différence statistiquement significative uniquement pour un des deux lecteurs avec une meilleure sensibilité pour la détection des ANOCOR droites que les gauches et les circonflexes, une meilleure spécificité pour les ANOCOR gauche que pour les ANOCOR droites et une meilleure valeur prédictive négative pour les ANOCOR droite que pour les ANOCOR circonflexes.

On note les mêmes tendances chez le lecteur 1 sans significativité statistique.

Leur interprétation est difficile du fait de l'effectif réduit et on ne peut conclure quant à une supériorité du scanner non injecté pour la détection d'un type d'anomalies de naissance.

Les cas et les témoins issus de la même population, à savoir la population adressée en scanner cardiaque et étaient comparables d'un point de vue du profil clinique. **(Tableau 1)**

Ils étaient appariés sur le type de machine et le score calcique coronaire qui nous semblait les deux facteurs principaux pouvant influencer sur la détection des anomalies. **(Tableau 1)**

Ils étaient par ailleurs comparables sur les autres critères cliniques pouvant influencer la qualité et l'interprétation du scanner à savoir l'IMC, la surface corporelle, la fréquence cardiaque au moment de l'examen. **(Tableau 1)**

A noter une différence significative entre les cas et les témoins concernant la présence d'un Rétrécissement aortique serré et d'une cardiopathie ischémique, tous deux plus fréquents chez les cas que chez les témoins. **(Tableau 1)**

La présence d'un rétrécissement aortique implique généralement un score calcique valvulaire plus élevé pouvant limiter la perception des anomalies de connexion sur le scanner non injecté.

La présence d'une cardiopathie ischémique implique généralement un score calcique coronaire plus élevé, mais l'appariement des cas et des témoins sur ce paramètre limitait dans notre étude ce facteur de confusion.

Les motifs de réalisation du scanner et la présentation clinique, n'étaient pas différentes statistiquement entre les cas et les témoins. **(Tableau 2)**

La prévalence des anomalies de naissance détectées en scanner dans notre population depuis 2006 faisait état de 0.45% de patients présentant une anomalie, ce qui correspond aux proportions retrouvées dans les autres études s'intéressant aux anomalies de connexion et aux estimations dans la population générale.⁷

L'incidence des anomalies de naissance dans les séries autopsiques, coronarographiques et scannographiques varie entre 0.5 et 1.2%.⁸ La plus grande série angiographique (126 595 patients) de Yamanaka and Hobbs rapporte une incidence de 1.2%.¹⁷

Les différences d'incidence entre les études peuvent en partie s'expliquer par la variation des définitions utilisées et les critères d'inclusion qui en résultent (allant jusqu'à 7% dans des séries incluant la présence d'un ostium gauche IVA et Cx séparé, les trajets intra myocardiques, les anomalies de terminaison (fistule), les naissances de l'artère pulmonaire).

La répartition des anomalies comme indiquée **(Tableau 3)** est là aussi concordante avec la plupart des études descriptives des anomalies, avec plus d'anomalies de naissance du tronc droit et moins d'anomalies de naissance du tronc gauche, mais dans une proportion moins importante qu'estimée dans la population générale avec dans notre étude (33.75% Vs 16%) ratio de 2:1 versus des ratios de 4:1 à 5:1 estimées dans la population générale.⁸

La principale limitation de l'étude est son caractère cas témoins, de grade III à faible niveau de preuve scientifique selon l'HAS, mais ce schéma d'étude, pour une pathologie très rare, est le plus adapté.

Nous n'avons pas procédé à une deuxième lecture des scanners non injectés pour chaque lecteur qui ne permet pas d'analyses concernant la reproductibilité intra opérateur.

Nous avons présenté les résultats en fonction de chaque lecteur avec des analyses de concordance inter observateur, nous aurions pu procéder à un comité d'adjudication entre les deux lecteurs qui se seraient mis d'accord avec relecture des scanners non injectés où il y a désaccord formant une « troisième lecture ».

L'outil à évaluer (coupes non injectées) et l'outil de référence (coupes injectées) partageaient certaines caractéristiques techniques (même machine) pouvant constituer un biais d'incorporation et limiter la validité des résultats.

Les indices de dispersion (intervalles de confiance) quant aux résultats des paramètres de performance diagnostiques sont larges donc assez imprécis, en lien avec le faible effectif.

Ceci est d'autant plus vrai dans les analyses secondaires faites en fonction du type d'ANOCOR avec des effectifs réduits limitant la pertinence clinique des résultats.

A noter que la plupart des erreurs diagnostiques sur les coupes non injectées reposaient sur la mauvaise qualité des images, qui ont été incluses dans l'analyse principale.

Et on note dans les analyses secondaires qu'en excluant toutes les images considérées comme floues par un des deux opérateurs, la précision diagnostique des coupes non injectées est encore meilleure.

Nous ne pouvions analyser l'impact du score calcique et de la machine utilisée sur la performance diagnostique des coupes non injectées, les cas et les témoins étant appariés sur ce critère.

V. CONCLUSION

Le scanner non injecté semble donc constituer un examen modérément performant dans le diagnostic des anomalies de naissance des coronaires.

Son intérêt semble résider dans sa spécificité: si une anomalie est vue sur le scanner non injecté, celle-ci est très probablement présente, sa positivité permet d'établir le diagnostic.

Sa performance est grevée en terme de sensibilité: sa négativité ne permet pas d'exclure complètement le diagnostic.

VI. BIBLIOGRAPHIE

1. Angelini P. Coronary artery anomalies--current clinical issues: definitions, classification, incidence, clinical relevance, and treatment guidelines. *Tex Heart Inst J.* 2002;29(4):271-8. PMID: 12484611; PMCID: PMC140289.
2. Amado J, Carvalho M, Ferreira W, Gago P, Gama V, Bettencourt N. Coronary arteries anomalous aortic origin on a computed tomography angiography population: prevalence, characteristics and clinical impact. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2016 Jun;32(6):983-90. doi: 10.1007/s10554-016-0849-5. Epub 2016 Feb 6. PMID: 26852241.
3. Cheezum MK, Ghoshhajra B, Bettencourt MS, Hulten EA, Bhatt A, Mousavi N, Shah NR, Valente AM, Rybicki FJ, Steigner M, Hainer J, MacGillivray T, Hoffmann U, Abbara S, Di Carli MF, DeFaria Yeh D, Landzberg M, Liberthson R, Blankstein R. Anomalous origin of the coronary artery arising from the opposite sinus: prevalence and outcomes in patients undergoing coronary CTA. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017 Feb;18(2):224-235. doi: 10.1093/ehjci/jev323. Epub 2016 Feb 3. PMID: 26848152; PMCID: PMC6279103.
4. Opolski MP, Pregowski J, Kruk M, Witkowski A, Kwiecinska S, Lubienska E, Demkow M, Hryniewiecki T, Michalek P, Ruzyllo W, Kepka C. Prevalence and characteristics of coronary anomalies originating from the opposite sinus of Valsalva in 8,522 patients referred for coronary computed tomography angiography. *Am J Cardiol.* 2013 May 1;111(9):1361-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.01.280. Epub 2013 Feb 11. PMID: 23411107
5. Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, de Haan F, Deanfield JE, Galie N, Gatzoulis MA, Gohlke-Baerwolf C, Kaemmerer H, Kilner P, Meijboom F, Mulder BJ, Oechslin E, Oliver JM, Serraf A, Szatmari A, Thaulow E, Vouhe PR, Walma E; Task Force on the Management of Grown-up Congenital Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC); Association for European Paediatric Cardiology (AEPC); ESC Committee for Practice Guidelines (CPG). ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010). *Eur Heart J.* 2010 Dec;31(23):2915-57. doi: 10.1093/eurheartj/ehq249. Epub 2010 Aug 27. PMID: 20801927
6. Graidis C, Dimitriadis D, Karasavvidis V, Dimitriadis G, Argyropoulou E, Economou F, George D, Antoniou A, Karakostas G. Prevalence and characteristics of coronary artery anomalies in an adult population undergoing multidetector-row computed tomography for the evaluation of coronary artery disease. *BMC Cardiovasc Disord.* 2015 Oct 2;15:112. doi: 10.1186/s12872-015-0098-x. PMID: 26431696; PMCID: PMC4592552.
7. Ghadri JR, Kazakauskaite E, Braunschweig S, Burger IA, Frank M, Fiechter M, Gebhard C, Fuchs TA, Templin C, Gaemperli O, Lüscher TF, Schmied C, Kaufmann PA. Congenital coronary anomalies detected by coronary computed tomography compared to invasive coronary angiography. *BMC Cardiovasc Disord.* 2014 Jul 8;14:81. doi: 10.1186/1471-2261-14-81. PMID: 25004927; PMCID: PMC4118645
8. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosn JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, Crumb SR, Dearani JA, Fuller S, Gurvitz M, Khairy P, Landzberg MJ, Saidi A, Valente AM, Van Hare GF. 2018 AHA/ACC Guideline for the Management of Adults With Congenital Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on

Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2019 Apr 2;73(12):1494-1563. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.1028. Epub 2018 Aug 16. Erratum in: *J Am Coll Cardiol.* 2019 May 14;73(18):2361. PMID: 30121240.

9. Angelini P, Cheong BY, Lenge De Rosen VV, Lopez A, Uribe C, Masso AH, Ali SW, Davis BR, Muthupillai R, Willerson JT. High-Risk Cardiovascular Conditions in Sports-Related Sudden Death: Prevalence in 5,169 Schoolchildren Screened via Cardiac Magnetic Resonance. *Tex Heart Inst J.* 2018 Aug 1;45(4):205-213. doi: 10.14503/THIJ-18-6645. PMID: 30374227; PMCID: PMC6183627.
10. Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ, Hoffmann MH. Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol.* 2004 Dec;14(12):2172-81. doi: 10.1007/s00330-004-2490-2. Epub 2004 Oct 15. PMID: 15490179
11. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, Prescott E, Storey RF, Deaton C, Cuisset T, Agewall S, Dickstein K, Edvardsen T, Escaned J, Gersh BJ, Svitil P, Gilard M, Hasdai D, Hatala R, Mahfoud F, Masip J, Muneretto C, Valgimigli M, Achenbach S, Bax JJ; ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J.* 2020 Jan 14;41(3):407-477. doi: 10.1093/eurheartj/ehz425. PMID: 31504439
12. Schmermund A, Eckert J, Schmidt M, Magedanz A, Voigtländer T. Coronary computed tomography angiography: a method coming of age. *Clin Res Cardiol.* 2018 Aug;107(Suppl 2):40-48. doi: 10.1007/s00392-018-1320-5. Epub 2018 Jul 4. PMID: 29974195
13. Pérez de Isla L, Alonso R, Muñoz-Grijalvo O, Díaz-Díaz JL, Zambón D, Miramontes JP, Fuentes F, Gómez de Diego JJ, González-Estrada A, Mata N, Saltijeral A, Barreiro M, Tomás M, de Andrés R, Argüeso R, Serrano Gotarredona MP, Navarro Herrero S, Perea Palazón RJ, de Caralt TM, Suárez de Centi LA, Zhilina S, Espejo Pérez S, Padró T, Mata P; SAFEHEART investigators. Coronary computed tomographic angiography findings and their therapeutic implications in asymptomatic patients with familial hypercholesterolemia. Lessons from the SAFEHEART study. *J Clin Lipidol.* 2018 Jul-Aug;12(4):948-957. doi: 10.1016/j.jacl.2018.04.003. Epub 2018 Apr 17. PMID: 29753733.
14. Authors/Task Force Members, Rydén L, Grant PJ, Anker SD, Berne C, Cosentino F, Danchin N, Deaton C, Escaned J, Hammes HP, Huikuri H, Marre M, Marx N, Mellbin L, Ostergren J, Patrono C, Seferovic P, Uva MS, Taskinen MR, Tendera M, Tuomilehto J, Valensi P, Zamorano JL; ESC Committee for Practice Guidelines (CPG), Zamorano JL, Achenbach S, Baumgartner H, Bax JJ, Bueno H, Dean V, Deaton C, Erol C, Fagard R, Ferrari R, Hasdai D, Hoes AW, Kirchhof P, Knuuti J, Kolh P, Lancellotti P, Linhart A, Nihoyannopoulos P, Piepoli MF, Ponikowski P, Sirnes PA, Tamargo JL, Tendera M, Torbicki A, Wijns W, Windecker S; Document Reviewers, De Backer G, Sirnes PA, Ezquerra EA, Avogaro A, Badimon L, Baranova E, Baumgartner H, Betteridge J, Ceriello A, Fagard R, Funck-Brentano C, Gulba DC, Hasdai D, Hoes AW, Kjekshus JK, Knuuti J, Kolh P, Lev E, Mueller C, Neyses L, Nilsson PM, Perk J, Ponikowski P, Reiner Z, Sattar N, Schächinger V, Scheen A, Schirmer H, Strömberg A, Sudzhaeva S, Tamargo JL, Viigimaa M, Vlachopoulos C, Xuereb RG. ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD: the Task Force on

diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and developed in collaboration with the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Eur Heart J*. 2013 Oct;34(39):3035-87. doi: 10.1093/eurheartj/eh108. Epub 2013 Aug 30. Erratum in: *Eur Heart J*. 2014 Jul 14;35(27):1824. PMID: 23996285

15. Mach F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, Chapman MJ, De Backer GG, Delgado V, Ference BA, Graham IM, Halliday A, Landmesser U, Mihaylova B, Pedersen TR, Riccardi G, Richter DJ, Sabatine MS, Taskinen MR, Tokgozoglu L, Wiklund O; ESC Scientific Document Group. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk. *Eur Heart J*. 2020 Jan 1;41(1):111-188. doi: 10.1093/eurheartj/ehz455. PMID: 31504418
16. Gräni C, Buechel RR, Kaufmann PA, Kwong RY. Multimodality Imaging in Individuals With Anomalous Coronary Arteries. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017 Apr;10(4):471-481. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.02.004. PMID: 28385257
17. Yamanaka O, Hobbs RE. Coronary artery anomalies in 126,595 patients undergoing coronary arteriography. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1990 Sep;21(1):28-40. doi: 10.1002/ccd.1810210110. PMID: 2208265.

VII. RESUME

INTRODUCTION : Les anomalies de naissance des coronaires (ANOCOR) sont une pathologie rare mais potentiellement grave. Le scanner cardiaque injecté est recommandé en première intention pour le diagnostic et la caractérisation de ces anomalies. Nous nous sommes interrogés sur la performance diagnostique du scanner cardiaque non injecté pour le diagnostic des ANOCOR, plus rapide, moins coûteux, moins à risque.

MATERIEL ET METHODES : Nous avons mené une étude d'évaluation de performance d'un test diagnostique, rétrospective et observationnelle, contrôlée, mono centrée, menée au CHU de Poitiers. Il s'agit d'une étude cas témoins. Nous avons inclus 77 cas porteurs d'ANOCOR appariés à 154 témoins non porteurs d'ANOCOR dont le diagnostic avait été porté sur le scanner injecté, la référence. Les 231 scanners non injectés des cas et des témoins ont été relus en aveugle par deux observateurs indépendants et expérimentés pour établir pour chaque lecteur les paramètres de performance diagnostique du scanner non injecté pour la détection des ANOCOR.

RESULTATS : Le scanner non injecté apparaît modérément performant avec des bonnes sensibilités et des spécificités excellentes pour chaque lecteur (respectivement 61.04% et 72.73% pour les sensibilités et 97.40% et 94.16% pour les spécificités) menant à une précision diagnostique de 85.28% et 87% pour chaque lecteur. De très bonnes valeurs prédictives positives et négatives dans notre population (92.16% et 86.15% pour les VPP, 83.33% et 87.35% pour les VPN). Il apparaît fiable avec une reproductibilité inter observateur excellente (Coefficient Kappa a 0.840). Il n'est pas possible de conclure à une différence de performance du scanner non injecté en fonction du type d'ANOCOR.

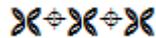
CONCLUSION : Le scanner non injecté semble donc constituer un examen modérément performant et fiable dans le diagnostic des anomalies de naissance des coronaires. Il apparaît modérément utile, étant très spécifique mais moins sensible : sa positivité permet presque d'établir le diagnostic mais sa négativité ne permet pas d'exclure complètement le diagnostic.

MOTS CLEFS : ANOCOR/SCANNER



Faculté de Médecine et de
Pharmacie

SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans 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 le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

