

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTES DE MEDECINE

ANNEE 2014

2014 TOU3 1598

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE
MEDECINE SPECIALISEE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement
par

Thomas GIRAUDMAILLET
Interne des Hôpitaux

le 22 octobre 2014

**Estimation de la fonction du ventricule droit
à l'IRM cardiaque, facteurs responsables d'une
augmentation de la variabilité inter-observateur**

Directeur de thèse : Madame le docteur Marie-Agnès Marachet

JURY

Monsieur le Professeur H. ROUSSEAU
Monsieur le Professeur F. BONNEVILLE
Monsieur le Professeur M. GALINIER
Madame le docteur L. CORREGE
Madame le docteur S. GELLEE

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur
Suppléant



TABLEAU du PERSONNEL HU
des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier
au 1^{er} septembre 2013

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Y.	Professeur Honoraire	Mme PUEL J.
Doyen Honoraire	M. CHAP H.	Professeur Honoraire	M. GOUZI
Professeur Honoraire	M. COMMANAY	Professeur Honoraire associé	M. DUTAU
Professeur Honoraire	M. CLAUX	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE	Professeur Honoraire	M. PASCAL
Professeur Honoraire	Mme ENJALBERT	Professeur Honoraire	M. SALVADOR M.
Professeur Honoraire	M. GEDEON	Professeur Honoraire	M. BAYARD
Professeur Honoraire	M. PASQUIE	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE
Professeur Honoraire	M. RIBAUT	Professeur Honoraire	M. FABIE
Professeur Honoraire	M. SARRASIN	Professeur Honoraire	M. BARTHE
Professeur Honoraire	M. ARLET J.	Professeur Honoraire	M. CABARROT
Professeur Honoraire	M. RIBET	Professeur Honoraire	M. DUFFAUT
Professeur Honoraire	M. MONROZIES	Professeur Honoraire	M. ESCAT
Professeur Honoraire	M. DALOUS	Professeur Honoraire	M. ESCANDE
Professeur Honoraire	M. DUPRE	Professeur Honoraire	M. PRIS
Professeur Honoraire	M. FABRE J.	Professeur Honoraire	M. CATHALA
Professeur Honoraire	M. DUCOS	Professeur Honoraire	M. BAZEX
Professeur Honoraire	M. GALINIER	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE
Professeur Honoraire	M. LACOMME	Professeur Honoraire	M. CARLES
Professeur Honoraire	M. BASTIDE	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ
Professeur Honoraire	M. COTONAT	Professeur Honoraire	M. VAYSSE
Professeur Honoraire	M. DAVID	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE
Professeur Honoraire	Mme DIDIER	Professeur Honoraire	M. GUITARD
Professeur Honoraire	M. GAUBERT	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES F.
Professeur Honoraire	M. GUILHEM	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE
Professeur Honoraire	Mme LARENG M.B.	Professeur Honoraire	M. CERENE
Professeur Honoraire	M. BES	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. HOFF
Professeur Honoraire	M. GARRIGUES	Professeur Honoraire	M. REME
Professeur Honoraire	M. REGNIER	Professeur Honoraire	M. FAUVEL
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. FREXINOS
Professeur Honoraire	M. REGIS	Professeur Honoraire	M. CARRIERE
Professeur Honoraire	M. ARBUS	Professeur Honoraire	M. MANSAT M.
Professeur Honoraire	M. PUJOL	Professeur Honoraire	M. BARRET
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	M. RUMEAU	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT
Professeur Honoraire	M. BESOMBES	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC
Professeur Honoraire	M. GUIRAUD	Professeur Honoraire	M. RIBOT
Professeur Honoraire	M. SUC	Professeur Honoraire	M. DELSOL
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE	Professeur Honoraire	M. ABBAL
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE	Professeur Honoraire	M. DURAND
Professeur Honoraire	M. PONTONNIER	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER
Professeur Honoraire	M. CARTON	Professeur Honoraire	M. RAILHAC

Professeurs Émérites

Professeur JUSKIEWENSKI	Professeur J.L. ADER
Professeur LARROUY	Professeur Y. LAZORTHES
Professeur ALBAREDE	Professeur L. LARENG
Professeur CONTE	Professeur F. JOFFRE
Professeur MURAT	Professeur J. CORBERAND
Professeur MANELFE	Professeur B. BONEU
Professeur LOUVET	Professeur H. DABERNAT
Professeur SARRAMON	Professeur M. BOCCALON
Professeur CARATERO	Professeur B. MAZIERES
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL	Professeur E. ARLET-SUAU
Professeur COSTAGLIOLA	Professeur J. SIMON

P.U. - P.H.

Classe Exceptionnelle et 1ère classe

M. ADOUE D.	Médecine Interne, Gériatrie
M. AMAR J.	Thérapeutique
M. ARNE J.L. (C.E)	Ophthalmologie
M. ATTAL M. (C.E)	Hématologie
M. AVET-LOISEAU H	Hématologie, transfusion
M. BLANCHER A.	Immunologie (option Biologique)
M. BONNEVILLE P.	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.
M. BOSSAVY J.P.	Chirurgie Vasculaire
M. BRASSAT D.	Neurologie
M. BROUSSET P. (C.E)	Anatomie pathologique
M. BUGAT R. (C.E)	Cancérologie
M. CARRIE D.	Cardiologie
M. CHAP H. (C.E)	Biochimie
M. CHAUVEAU D.	Néphrologie
M. CHOLLET F. (C.E)	Neurologie
M. CLANET M. (C.E)	Neurologie
M. DAHAN M. (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DEGUINE O.	O. R. L.
M. DUCOMMUN B.	Cancérologie
M. FERRIERES J.	Epidémiologie, Santé Publique
M. FRAYSSE B. (C.E)	O.R.L.
M. IZOPET J. (C.E)	Bactériologie-Virologie
Mme LAMANT L.	Anatomie Pathologique
M. LANG T.	Biostatistique Informatique Médicale
M. LANGIN D.	Nutrition
M. LAUQUE D.	Médecine Interne
M. LIBLAU R.	Immunologie
M. MAGNAVAL J.F	Parasitologie
M. MALAVALD B.	Urologie
M. MANSAT P.	Chirurgie Orthopédique
M. MARCHOU B.	Maladies Infectieuses
M. MONROZIES X	Gynécologie Obstétrique
M. MONTASTRUC J.L. (C.E)	Pharmacologie
M. MOSCOVICI J.	Anatomie et Chirurgie Pédiatrique
Mme MOYALE.	Cancérologie
Mme NOURHASHEMI F.	Gériatrie
M. OLIVES J.P. (C.E)	Pédiatrie
M. OSWALD E.	Bactériologie-Virologie
M. PARINAUD J.	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.
M. PERRET B (C.E)	Biochimie
M. POURRAT J	Néphrologie
M. PRADERE B.	Chirurgie générale
M. QUERLEU D (C.E)	Cancérologie
M. RASCOLO.	Pharmacologie
M. RISCHMANN P. (C.E)	Urologie
M. RIVIERE D. (C.E)	Physiologie
M. SALES DE GAUZY J.	Chirurgie Infantile
M. SALLES J.P.	Pédiatrie
M. SERRE G. (C.E)	Biologie Cellulaire
M. TELMON N.	Médecine Légale
M. VINEL J.P. (C.E)	Hépatogastro-entérologie

P.U. - P.H.

2ème classe

Mme BEYNE-RAUZY O.	Médecine Interne
M. BIRMES Ph.	Psychiatrie
M. BROUCHET L.	Chirurgie thoracique et cardio-vascul
M. BUREAU Ch	Hépatogastro-entéro
M. CALVAS P.	Génétique
M. CARRERE N.	Chirurgie Générale
Mme CASPER Ch.	Pédiatrie
M. CHAIX Y.	Pédiatrie
Mme CHARPENTIER S.	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. COGNARD C.	Neuroradiologie
M. DE BOISSEZON X.	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. FOURCADE O.	Anesthésiologie
M. FOURNIE B.	Rhumatologie
M. FOURNIÉ P.	Ophthalmologie
M. GEERAERTS T.	Anesthésiologie et réanimation chir.
Mme GENESTAL M.	Réanimation Médicale
M. LAROCHE M.	Rhumatologie
M. LAUWERS F.	Anatomie
M. LEOBON B.	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. MAZIERES J.	Pneumologie
M. MOLINIER L.	Epidémiologie, Santé Publique
M. PARANT O.	Gynécologie Obstétrique
M. PARIENTE J.	Neurologie
M. PATHAK A.	Pharmacologie
M. PAUL C.	Dermatologie
M. PAYOUX P.	Biophysique
M. PAYRASTRE B.	Hématologie
M. PORTIER G.	Chirurgie Digestive
M. PERON J.M.	Hépatogastro-entérologie
M. RECHER Ch.	Hématologie
M. RONCALLI J.	Cardiologie
M. SANS N.	Radiologie
Mme SELVES J.	Anatomie et cytologie pathologiques
M. SOL J-Ch.	Neurochirurgie

P.U.

M. OUSTRIC S. Médecine Générale

Professeur Associé de Médecine Générale
Dr. POUTRAIN J.Ch
Dr. MESTHÉ P.
Professeur Associé de Médecine du Travail
Dr NIEZBORALA M.

P.U. - P.H.

Classe Exceptionnelle et 1ère classe

M. ACAR Ph.	Pédiatrie
M. ALRIC L.	Médecine Interne
M. ARLET Ph. (C.E)	Médecine Interne
M. ARNAL J.F.	Physiologie
Mme BERRY I.	Biophysique
M. BOUTAULT F. (C.E)	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale
M. BUSCAIL L.	Hépatogastro-entérologie
M. CANTAGREL A.	Rhumatologie
M. CARON Ph. (C.E)	Endocrinologie
M. CHAMONTIN B. (C.E)	Thérapeutique
M. CHAVOIN J.P. (C.E)	Chirurgie Plastique et Reconstructive
M. CHIRON Ph.	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
Mme COURTADE SAIDI M.	Histologie Embryologie
M. DELABESSE E.	Hématologie
Mme DELISLE M.B. (C.E)	Anatomie Pathologie
M. DIDIER A.	Pneumologie
M. ESCOURROU J. (C.E)	Hépatogastro-entérologie
M. FOURTANIER G. (C.E)	Chirurgie Digestive
M. GALINIER M.	Cardiologie
M. GERAUD G.	Neurologie
M. GLOCK Y.	Chirurgie Cardio-Vasculaire
M. GRAND A. (C.E)	Epidémiol. Eco. de la Santé et Prévention
Mme HANAIRE H.	Endocrinologie
M. LAGARRIGUE J. (C.E)	Neurochirurgie
M. LARRUE V.	Neurologie
M. LAURENT G. (C.E)	Hématologie
M. LEVADE T.	Biochimie
M. MALECAZE F. (C.E)	Ophthalmologie
Mme MARTY N.	Bactériologie Virologie Hygiène
M. MASSIP P.	Maladies Infectieuses
M. PESSEY J.J. (C.E)	O. R. L.
M. PLANTE P.	Urologie
M. RAYNAUD J-Ph.	Psychiatrie Infantile
M. REME J.M.	Gynécologie-Obstétrique
M. RITZ P.	Nutrition
M. ROCHE H. (C.E)	Cancérologie
M. ROSTAING L. (C.E)	Néphrologie
M. ROUGE D. (C.E)	Médecine Légale
M. ROUSSEAU H.	Radiologie
M. SALVAYRE R. (C.E)	Biochimie
M. SAMI E K. (C.E)	Anesthésiologie Réanimation
M. SCHMITT L. (C.E)	Psychiatrie
M. SENARD J.M.	Pharmacologie
M. SERRANO E. (C.E)	O. R. L.
M. SOULIE M.	Urologie
M. SUC B.	Chirurgie Digestive
Mme TAUBER M.T.	Pédiatrie
M. VELLAS B. (C.E)	Gériatrie

P.U. - P.H.

2ème classe

M. ACCADBLE F.	Chirurgie Infantile
Mme ANDRIEU S.	Epidémiologie
M. ARBUS Ch.	Psychiatrie
M. BERRY A.	Parasitologie
M. BONNEVILLE F.	Radiologie
M. BROUCHET L.	Chir. Thoracique et cardio-vasculaire
M. BUJAN L.	Uro-Andrologie
Mme BURA-RIVIERE A.	Médecine Vasculaire
M. CHAYNES P.	Anatomie
M. CHAUFOUR X.	Chirurgie Vasculaire
M. CONSTANTIN A.	Rhumatologie
M. DELOBEL P.	Maladies Infectieuses
M. COURBON	Biophysique
M. DAMBRIN C.	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
M. DE BOISSEZON X.	Médecine Physique et Réadaptation
M. DECRAMER S.	Pédiatrie
M. DELORD JP.	Cancérologie
M. ELBAZ M.	Cardiologie
M. GALINIER Ph.	Chirurgie Infantile
M. GARRIDO-STOWHAS I.	Chirurgie Plastique
Mme GOMEZ-BROUCHET A.	Anatomie Pathologique
M. GOURDY P.	Endocrinologie
M. GROLLEAU RAOUX J.L.	Chirurgie plastique
Mme GUIMBAUD R.	Cancérologie
M. HUYGHE E.	Urologie
M. KAMAR N.	Néphrologie
M. LAFOSSE JM.	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. LEGUEVAQUE P.	Chirurgie Générale et Gynécologique
M. MARQUE Ph.	Médecine Physique et Réadaptation
Mme MAZEREEUW J.	Dermatologie
M. MINVILLE V.	Anesthésiologie Réanimation
M. MUSCARI F.	Chirurgie Digestive
M. OTAL Ph.	Radiologie
M. ROLLAND Y.	Gériatrie
M. ROUX F.E.	Neurochirurgie
M. SAILLER L.	Médecine Interne
M. SOULAT J.M.	Médecine du Travail
M. TACK I.	Physiologie
M. VAYSSIERE Ch.	Gynécologie Obstétrique
M. VERGEZ S.	O.R.L.
Mme URO-COSTE E.	Anatomie Pathologique

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE-PURPAN
37, allées Jules Guesde – 31062 Toulouse Cedex

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE- RANGUEIL
133, route de Narbonne - 31062 TOULOUSE cedex

M.C.U. - P.H.

M. APOIL P. A.	Immunologie
Mme ARNAUD C.	Epidémiologie
M. BIETH E.	Génétique
Mme BONGARD V.	Epidémiologie
Mme CASPAR BAUGUIL S.	Nutrition
Mme CASSAING S.	Parasitologie
Mme CONCINA D.	Anesthésie-Réanimation
M. CONGY N.	Immunologie
Mme COURBON	Pharmacologie
Mme DAMASE C.	Pharmacologie
Mme de GLISEZENSKY I.	Physiologie
Mme DELMAS C.	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme DE-MAS V.	Hématologie
M. DUBOIS D.	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme DUGUET A.M.	Médecine Légale
Mme DULY-BOUHANICK B.	Thérapeutique
M. DUPUI Ph.	Physiologie
Mme FAUVEL J.	Biochimie
Mme FILLAUX J.	Parasitologie
M. GANTET P.	Biophysique
Mme GENNERO I.	Biochimie
Mme GENOUX A.	Biochimie et biologie moléculaire
M. HAMD I.	Biochimie
Mme HITZEL A.	Biophysique
M. IRIART X.	Parasitologie et mycologie
M. JALBERT F.	Stomato et Maxillo Faciale
M. KIRZIN S.	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE M.	Pharmacologie
M. LAURENT C.	Anatomie Pathologique
Mme LE TINNIER A.	Médecine du Travail
M. LOPEZ R.	Anatomie
M. MONTOYA R.	Physiologie
Mme MOREAU M.	Physiologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
M. PILLARD F.	Physiologie
Mme PRERE M.F.	Bactériologie Virologie
Mme PUISSANT B.	Immunologie
Mme RAGAB J.	Biochimie
Mme RAYMOND S.	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme SABOURDY F.	Biochimie
Mme SAUNE K.	Bactériologie Virologie
M. SOLER V.	Ophthalmologie
M. TAFANI J.A.	Biophysique
M. TREINER E.	Immunologie
Mme TREMOLIERES F.	Biologie du développement
M. TRICOIRE J.L.	Anatomie et Chirurgie Orthopédique
M. VINCENT C.	Biologie Cellulaire

M.C.U. - P.H.

Mme ABRAVANEL F.	Bactério. Virologie Hygiène
Mme ARCHAMBAUD M.	Bactério. Virologie Hygiène
M. BES J.C.	Histologie - Embryologie
M. CAMBUS J.P.	Hématologie
Mme CANTERO A.	Biochimie
Mme CARFAGNA L.	Pédiatrie
Mme CASSOL E.	Biophysique
Mme CAUSSE E.	Biochimie
M. CHASSAING N.	Génétique
Mme CLAVE D.	Bactériologie Virologie
M. CLAVEL C.	Biologie Cellulaire
Mme COLLIN L.	Cytologie
M. CORRE J.	Hématologie
M. DEDOUIT F.	Médecine Légale
M. DELPLA P.A.	Médecine Légale
M. EDOUARD T.	Pédiatrie
Mme ESQUIROL Y.	Médecine du travail
Mme ESCOURROU G.	Anatomie Pathologique
Mme GALINIER A.	Nutrition
Mme GARDETTE V.	Epidémiologie
M. GASQ D.	Physiologie
Mme GRARE M.	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme GUILBEAU-FRUGIER C.	Anatomie Pathologique
Mme INGUENEAU C.	Biochimie
M. LAHARRAGUE P.	Hématologie
M. LEANDRI R.	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LEPAGE B.	Biostatistique
M. MARCHEIX B.	Chirurgie Cardio Vasculaire
Mme MAUPAS F.	Biochimie
M. MIEUSSET R.	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme PERIQUET B.	Nutrition
Mme PRADDAUDE F.	Physiologie
M. RIMAILHO J.	Anatomie et Chirurgie Générale
M. RONGIERES M.	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme SOMMET A.	Pharmacologie
M. TKACZUK J.	Immunologie
M. VALLET P.	Physiologie
Mme VEZZOSI D.	Endocrinologie

M.C.U.

M. BISMUTH S.	Médecine Générale
Mme ROUGE-BUGAT ME	Médecine Générale

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr STILLMUNKES A.
Dr BRILLAC Th.
Dr ABITTEBOUL Y.

Dr ESCOURROU B.
Dr BISMUTH M.
Dr BOYER P.
Dr ANE S.

Septembre 2013

A notre Maître et Président du Jury,

Monsieur le Professeur Hervé Rousseau,

C'est un grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider notre jury de thèse.

Nous vous sommes reconnaissants de votre disponibilité et pour votre enseignement notamment dans le domaine des explorations vasculaires.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre plus grande reconnaissance.

A notre Maître et Juge,

Monsieur le Professeur Fabrice Bonneville,

Nous vous remercions de votre participation dans notre jury et pour votre implication dans notre formation, particulièrement dans le domaine de la neuroradiologie.

Nous vous avons toujours connu disponible et excellent pédagogue. Nous avons eu beaucoup de plaisir à travailler avec vous.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre plus grande admiration.

A notre Maître et Juge,

Monsieur le Professeur Michel Galinier,

Nous sommes particulièrement honorés que vous ayez accepté de juger notre travail.

Veillez trouver ici la marque de notre profonde et sincère gratitude.

A notre directrice de thèse,

Madame le Docteur Marie-Agnès Marachet,

Je ne saurais jamais assez te remercier pour ton implication dans ce travail.

Tu es un exemple pour moi de ce que doit être un radiologue accompli.

J'aurais eu un très grand plaisir d'apprendre l'imagerie cardiaque avec toi et je t'en serais toujours reconnaissant.

A notre Juge,

Madame le Docteur Stéphane Gellée,

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

Tu as été un chef de clinique très disponible auprès de tes internes et j'ai eu beaucoup de plaisir à travailler avec toi.

Je retiendrai également de toi ta gentillesse et ton implication dans notre formation.

A notre Juge,

Madame le Docteur Laurie Correge,

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

Je n'ai toujours pas eu l'honneur de travailler avec toi en tant que chef de clinique mais tu as été une formidable co-interne, toujours de bonne humeur et très professionnelle.

A tous nos autres Maîtres,

Monsieur le Professeur Philippe Otal,

Merci pour votre enseignement très apprécié en radiologie digestive, soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Professeur Nicolas Sans,

Merci pour votre enseignement en radiologie ostéo-articulaire ainsi que pour les fameux karaokés.

Monsieur le Professeur Christophe Cognard,

Aux Docteurs,

Mokhtar Ait-Benamara (merci de m'avoir si bien accueilli pour mon tout premier semestre en radiologie), Christiane Baunin, Hélène Chiavassa-Gandois, Julie Vial, Jacques Giron (pour ses fameuses histoires), Philippe Tall, Annick Sevely, Marie-Charlotte Delchier, David Labarre, Franck Lapègue, Christophe Lions, Samia Collot, Guillaume Moskovitch, Hervé Dumas.

A mes anciens ou actuels Chefs de Clinique,

Fatima Mokrane, Séverine Lagarde, Marie Faruch, Antoine Ponsot, Marie-aurélié Bayol, Céline Brun, Raluca Gramada, Sophie Combelles, Jeannine Manuela Kamsu, Vanessa Cazzola.

Je vous dois toute ma formation en radiologie diagnostique et en radiologie interventionnelle.

**A l'ensemble du personnel des services de radiologie des CHU de Rangueil,
de Purpan, de Larrey, des Urgences et de la Radiopédiatrie.**

Merci à tous les manipulateurs, les secrétaires, les infirmières et les aides-soignantes sans qui nous ne pourrions pas faire notre travail.

A ma famille,

A mes parents, vous m'avez donné tout l'amour que l'on peut donner à un fils. Je ne vous remercierai jamais assez pour m'avoir soutenu dans mes études et dans les moments de doute.

Je vous dois en grande partie ma réussite.

A ma sœur Sophie, avec toute mon affection je te souhaite beaucoup de bonheur malgré nos différends.

A papy Jeannot, mamie Annie et mamie Léone, merci pour tous ces bons moments que nous avons pu passer ensemble. Avec tout mon amour.

A pépé, je sais que tu aurais aimé être là.

A Elodie,

Je me rappellerai toujours notre première rencontre dans ce bus en direction du week-end d'intégration et la longue attente avant d'avoir pu enfin sortir avec toi !

Je ne saurai jamais assez t'exprimer tout mon amour : je t'aime pour ta gentillesse, ta gaité et ta joie de vivre ainsi que pour ton caractère affirmé de landaise. Heureusement que tu as été là pour me supporter dans la réalisation de ce travail.

Vivement que nous soyons enfin réunis en Martinique après ces quatre années d'internat!

A mes beaux-parents,

Merci d'être là pour me soutenir aujourd'hui.

Je ne pouvais pas avoir des beaux-parents plus sympas que vous. Je vous remercie pour m'avoir mis à l'aise dès le départ. Comme je vous l'ai déjà dit « J'espère que c'est le début d'une longue histoire qui ne fait que commencer ! ».

A mes co-internes de promo,

4 ans déjà depuis le début l'internat, le temps passe vite.

A Geoffroy (Perroncel avec deux R hein!), j'espère qu'on retournera chasser le tapir dans le Corcovado. Quand est-ce que tu nous remets ton super slip Borat ?

A Oubada, j'espère que tu ne vas pas t'endormir pendant ma présentation ;).

A Cédric, le toulousain pure souche, avec lui pas de problème « tout est sympa ».

A Louise, la seule fille de la promo, j'espère que ça n'a pas été très trop dur de supporter toutes nos bêtises. Vive Beurk et le maroual chti biloute !

A Antoine, le motard casse-cou, fait gaffe quand même sur la route!

A Omar.

A mes co-internes de radiopédiatrie,

A Zoé, avec qui je me serai bien marré ce semestre.

A Sophie, l'interne que j'aurais le plus embêté.

A tous mes autres co-internes avec qui j'ai eu grand plaisir de travailler,

A Romain, mon pote béarnais qui n'a de cesse de courir devant les taureaux à Pampelune.

Jean (j'attends toujours de goûter ton fameux chili con carne), Christophe (alias kiki le nîmois copain de bar exemplaire à Dax), Sarah, merci pour ce super stage partagé purpanais radio/baby-foot.

Marine F., pour m'avoir donné envie de partir à la Martinique.

Olivier, Marjorie, Nicolas, Marion, Pierre (PDDP, spécialiste en relation internationale, Monaco, France, Suisse), Hubert, Marine B., Olivia, Louis-David (David-Luiz), Alexia, Léa.

A tous les « jeunes » avec qui je n'ai pas encore pu travailler.

A mes co-internes d'Albi,

Laurent Dercle plus connu sous le nom de Dark Lolo, l'homme qui maniait le côté Technétium de la Force et sans qui je n'aurais pas pu faire cette thèse.

Nicolas Zalay, l'interne mi-anesthésiste mi-chirurgien digestif, non tu ne toucheras pas à ma vésicule biliaire !

Gaël, Lotie, Sarah, Bertille, Aurélie et les autres.

A mes copains bordelais,

Edouard, mon frère de cœur avec qui je me serais bien marré pendant l'externat et j'espère pour un long moment encore. Vive les Criteriums de médecine !

Elodie P., c'est quand tu veux pour retourner aux States.

Juliette, l'arracheuse de dent, bientôt championne de wakeboard.

A Geoffrey et Olivier.

Résumé

Objectif : L'estimation de la fraction d'éjection ventriculaire droite (FEVD) implique un contournage endocardique manuel du ventricule droit (VD) expliquant une plus grande variabilité intra et inter-observateur des mesures comparativement au ventricule gauche (VG). Cette étude avait pour objectif principal d'étudier la reproductibilité des paramètres fonctionnels du VD à partir de la séquence ciné petit axe du ventricule gauche (PAVG) chez des patients présentant une cardiopathie acquise ou congénitale. Les objectifs secondaires étaient d'étudier l'intérêt de l'acquisition d'un petit axe du ventricule droit (PAVD) par rapport au PAVG et de rechercher les facteurs cliniques, anatomiques, fonctionnels et étiologiques associés à une augmentation de la variabilité inter-observateur (VIO) relative de la FEVD, du volume télédiastolique (VTD) et du volume télésystolique (VTS) du VD.

Matériels et méthodes : 94 patients ont été inclus prospectivement et ont bénéficié d'une IRM cardiaque pour l'évaluation de leur cardiopathie. Tous les examens comportaient un PAVG, parallèle au plan de la valve mitrale. Pour 20 patients, il a été réalisé une séquence petit axe du ventricule droit (PAVD), parallèle au plan de la valve tricuspide. Un radiologue sénior et un radiologue junior ont mesuré les volumes et les fractions d'éjection (FE) des ventricules à l'aide du logiciel Argus (Siemens). La méthode de contournage était strictement manuelle pour le VD et semi-automatique avec correction manuelle pour le ventricule gauche (VG). Le junior a réalisé deux séries de mesures, la première sur 63 patients et la deuxième sur 94 patients. Le radiologue sénior a réalisé une seule série de mesure sur les 94 patients. Les caractéristiques cliniques (âge, sexe, poids), anatomiques (diamètres télédiastolique et télésystolique), fonctionnelles (FEVG, FEVD, volumes), l'étiologie de la cardiopathie et la présence d'une régurgitation droite ou gauche visible sous la forme d'un vide de flux sur les séquences ciné étaient recueillis. La VIO relative était définie comme la différence entre les mesures des observateurs divisée par leur moyenne puis exprimée en pourcentage.

Résultats : La moyenne des différences absolues et les coefficients de corrélation inter-observateur entre la deuxième série de mesure du junior et le sénior étaient respectivement pour la FEVD, le VTDVD et le VTSVD : $5.4 \pm 5.2\%$ (0.84), $15.6 \pm 19.7\text{mL}$ (0.9) et $13.5 \pm 18.7\text{mL}$ (0.9).

Il n'y avait pas de différence statistique significative en moyenne pour la FEVD, le VTSVD et le VTDVD entre le PAVD et le PAVG pour les deux observateurs.

La VIO relative moyenne pour la FEVD était de $12 \pm 14\%$ ($n=94$). Les facteurs responsables d'une augmentation de la VIO relative pour la FEVD étaient la présence d'une régurgitation droite ($20 \pm 18\%$; $n=27$), d'une cardiomyopathie dilatée ($20 \pm 20\%$; $n=24$), d'une FEVD $< 45\%$ ($20 \pm 18\%$; $n=32$), d'un DTSVG $> 41\text{mm}$ ($17 \pm 19\%$; $n=30$), ou d'une régurgitation gauche ($17 \pm 20\%$; $n=27$).

Conclusion : La mesure des paramètres fonctionnels du VD à partir du PAVG est reproductible.

Il n'y a pas d'intérêt à réaliser un PAVD pour estimer la FEVD et les volumes ventriculaires droits par rapport au PAVG.

La VIO relative pour la FEVD augmente lorsqu'il existe une régurgitation droite ou gauche, une cardiomyopathie dilatée ou une dysfonction systolique du ventricule droit ou gauche. Dans ces situations, une attention plus importante est nécessaire dans la mesure et l'interprétation des paramètres fonctionnels du ventricule droit.

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS	19
INTRODUCTION	20
PATIENTS ET METHODES	22
POPULATION D'ETUDE	22
PARAMETRES TECHNIQUES	23
ANALYSE DES IMAGES	24
ANALYSE STATISTIQUE	26
RESULTATS	27
CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION	27
TEMPS DE POST-TRAITEMENT	29
DIFFERENCES ABSOLUES ET COEFFICIENTS DE CORRELATION INTRA ET INTER-OBSERVATEUR	29
COURBE D'APPRENTISSAGE	31
COMPARAISON ENTRE LES ACQUISITIONS PAVG ET PAVD	32
FACTEURS ASSOCIES A UNE AUGMENTATION DE LA VARIABILITE INTER-OBSERVATEUR RELATIVE DE LA FEVD ET DES VOLUMES DU VENTRICULE DROIT	34
DISCUSSION	36
INTERET DE LA SEQUENCE PAVD	36
COURBE D'APPRENTISSAGE	37
VARIABILITE INTRA ET INTER-OBSERVATEUR GLOBALE	38
VARIABILITE INTER-OBSERVATEUR RELATIVE	38
CONCLUSION	42
ANNEXES	43
RAPPELS ANATOMIQUES	43
RAPPELS SUR LA CONTRACTION DU VENTRICULE DROIT	46
INTERETS D'UNE MESURE FIABLE ET REPRODUCTIBLE DES PARAMETRES FONCTIONNELS DU VENTRICULE DROIT	47
REVUE DE LA LITTERATURE SUR LA VARIABILITE DE L'ESTIMATION DES PARAMETRES FONCTIONNELS DU VENTRICULE DROIT A L'IRM CARDIAQUE	50
BIBLIOGRAPHIE	51

Liste des abréviations

FE : fraction d'éjection

DTD : diamètre télédiastolique

DAVD : dysplasie arythmogène du ventricule droit

DS : déviation standard

DTS : diamètre télésystolique

HTAP : hypertension artérielle pulmonaire

IMC : indice de masse corporelle

IRM : imagerie par résonance magnétique

PA : petit axe

PAS : pression artérielle systolique

PAD : pression artérielle diastolique

VD : ventricule droit

VG : ventricule gauche

VE : volume d'éjection

TAPSE : tricuspid annular plane systolic excursion

VIO : variabilité inter-observateur

VTD : volume télédiastolique

VTS : volume télésystolique

Introduction

La quantification des volumes télédiastolique (VTD) et télésystolique (VTS) et de la fraction d'éjection du ventricule droit (FEVD) est importante dans l'évaluation et le suivi des pathologies affectant le cœur droit en particulier dans la dysplasie arythmogène du ventricule droit (DAVD) (1, 2), l'hypertension artérielle pulmonaire (3, 4) et les cardiopathies congénitales (5-8).

Les paramètres fonctionnels du VD présentent tout d'abord un intérêt diagnostique. Dans la DAVD, la dysfonction systolique du VD et l'élévation du VTD s'intègrent dans les critères diagnostics mineurs ou majeurs de la Task Force modifiée.

Ils ont également une implication pronostique dans l'insuffisance cardiaque chronique, la cardiopathie ischémique et la cardiomyopathie dilatée (9-13). Une dysfonction systolique ventriculaire droite était associée à une probabilité d'événements cardio-vasculaires plus importante dans ces populations.

Ils permettent enfin de poser l'indication de thérapeutique spécialisée et d'en vérifier l'efficacité (8, 14, 15). L'indication du remplacement de la valve pulmonaire dans les tétralopies de Fallot opérées repose en grande partie sur l'IRM cardiaque. De même, l'estimation de la fonction cardiaque droite est nécessaire dans la discussion avant implantation d'un système d'assistance mono-ventriculaire gauche. Le suivi de traitement spécialisé comme la fermeture des communications inter-atriales par voie endo-vasculaire ou les traitements ciblés de l'hypertension artérielle pulmonaire peut se faire sur les données de l'IRM cardiaque.

Pour le suivi au long cours de ces pathologies, plusieurs modalités d'imagerie sont disponibles mais toutes présentent des limites. Les cliniciens ont besoin d'une technique d'imagerie reproductible avec une faible variabilité intra et inter-observateur dans le suivi des patients. L'IRM cardiaque est actuellement considérée comme la technique de référence dans l'estimation des paramètres fonctionnels du VD (16-18) car il s'agit d'une technique d'imagerie non irradiante, non invasive et multiplanare, éliminant la nécessité de toute hypothèse géométrique dans le calcul des volumes.

L'échocardiographie bidimensionnelle, facilement accessible, permet une première évaluation du cœur droit (fraction de raccourcissement, TAPSE) mais elle peut être mise en défaut par une faible fenêtre acoustique, la mauvaise visualisation de l'apex liée à la position sous

sternale de la paroi antérieure du VD, ou le mauvais contraste pour délimiter l'endocarde. D'autre part, l'estimation des volumes à l'aide de la formule de Simpson basée sur une hypothèse ellipsoïde ne s'applique pas à la forme complexe du VD (19).

L'échocardiographie tridimensionnelle donne de meilleurs résultats, car elle permet comme l'IRM d'estimer des volumes en dehors de toute hypothèse géométrique, mais souffre par ailleurs des mêmes contraintes techniques que l'échocardiographie 2D (19, 20).

La ventriculographie isotopique aux globules rouges marqués par le technétium à l'équilibre est fiable pour l'estimation de la fraction d'éjection du ventricule droit comparativement à l'IRM mais les volumes ventriculaires et le débit cardiaque sont sous-estimés. D'autre part, la ventriculographie isotopique est irradiante et le manque de rapport anatomique peut également mettre en défaut cette technique (21).

Le scanner cardiaque est également une nouvelle technique disponible du fait de l'amélioration de la résolution temporelle mais elle implique une irradiation non négligeable et nécessite une injection de produit de contraste iodé (22).

Pour autant, l'IRM cardiaque présente également des défauts. Dans la littérature, plusieurs critiques sont fréquemment rapportées dans l'estimation des paramètres quantitatifs du VD à partir des coupes petite axe du cœur, en particulier, la nécessité d'un contourage endocardique manuel, la difficulté du repérage de la valve tricuspide et la sélection de la coupe basale. Ces difficultés expliquent que la variabilité intra et inter-observateur des mesures est plus importante pour le ventricule droit comparativement au ventricule gauche pour lequel les mesures sont semi-automatisées (18). Les séquences ciné en écho de gradient, le plan d'acquisition et l'expérience de l'opérateur influencent également la variabilité des mesures (23-25). Les paramètres cliniques (genre, âge, surface corporelle) ont également une influence sur les valeurs normales des volumes ventriculaires et de la FEVD (26, 27).

Cependant, dans le cadre d'une procédure de mesure standardisée, il est probable que d'autres facteurs, étiologiques, anatomiques, cliniques ou fonctionnels, interviennent dans la variabilité inter-observateur des paramètres fonctionnels du VD, surtout dans une population de patients présentant une cardiopathie acquise ou congénitale.

L'objectif principal était d'étudier la reproductibilité de la mesure des paramètres fonctionnels du VD chez des patients présentant une cardiopathie acquise ou congénitale sur le petit axe du ventricule gauche (PAVG). Les objectifs secondaires étaient d'étudier l'intérêt du petit axe du

ventricule droit (PAVD) par rapport au PAVG et d'identifier les facteurs responsables d'une augmentation de la variabilité inter-observateur.

Patients et méthodes

Population d'étude

Quatre-vingt-quatorze patients adressés par le service de cardiologie de notre institution ont été inclus prospectivement entre février 2012 et juillet 2014.

L'indication de l'IRM, le diagnostic final de la cardiopathie, le traitement et le suivi étaient supervisés par un cardiologue sénior.

Les critères d'inclusion consistaient en différentes cardiopathies acquises ou congénitales avec ou sans dysfonction systolique (Figure 1).

Les critères d'exclusion comprenaient les contre-indications classiques de l'IRM (pacemaker, défibrillateur automatique implantable) et les troubles du rythme non traités, ne permettant pas d'obtenir des images interprétables.

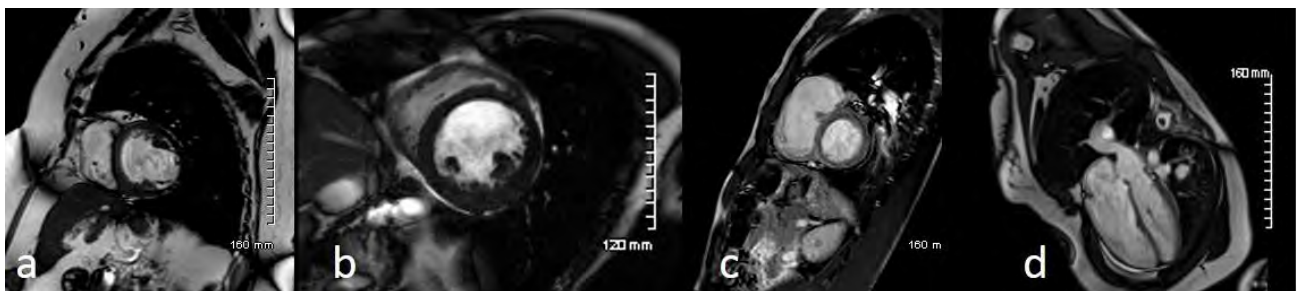


Figure 1. Séquences ciné MR, exemples de cardiopathie incluse dans l'étude : cardiopathie ischémique avec séquelle non viable dans le territoire de l'artère circonflexe (a), cardiomyopathie dilatée à coronaires saines (b), tétralogie de Fallot opérée avec dyskinésie de l'infundibulum pulmonaire (c), communication inter-atriale de type ostium secundum (d).

Les paramètres cliniques (âge, sexe, indice de masse corporelle, les facteurs de risque cardiovasculaires) et l'étiologie de la cardiopathie ont été recueillis pour tous les patients.

Le consentement éclairé pour la réalisation de l'IRM a été obtenu pour tous les patients.

Paramètres techniques

Les examens ont été réalisés sur deux IRM 1,5 Tesla : Siemens Magnetom Avanto (Erlangen, Allemagne) ou Philips Ingenia (Eindhoven , Pays-bas).

Les images ont été obtenues avec des patients en décubitus dorsal, en utilisant des antennes corps multiphasées, avec des apnées répétées en inspiration et une synchronisation au rythme cardiaque de manière prospective.

Après les séquences de repérage, la séquence ciné petit axe du ventricule gauche (PAVG) a été acquise par 10 à 12 séries de coupes jointives parallèles à la valve mitrale, couvrant les cavités ventriculaires en diastole, en utilisant une séquence de type « Steady State Free Precession pulse sequence » (SSFP) : Single-Breath-Hold-True-FISP sequence, Siemens, field of view=380mm, slice thickness=8mm, gap=0mm, TR=24.96msec, TE=1.56msec, flip angle 80°, 40 phases/cardiac cycle; Balanced Turbo-Field-Echo sequence, Philips, field of view=320mm, slice thickness=8mm, gap=0mm, TR=3msec, TE=1.51msec, TFE factor=16, flip angle=60°, 35 phases/cardiac cycle.

La séquence SSFP est actuellement la séquence recommandée pour la mesure des paramètres fonctionnels du fait de l'excellent contraste entre le sang intra-cavitaire et la paroi ventriculaire, et sa meilleure reproductibilité (23).

Pour 20 patients de l'échantillon total, une séquence petit axe du ventricule droit (PAVD) avec les mêmes paramètres d'acquisition a été réalisée mais de façon parallèle au plan de la valve tricuspide (Figure 2).

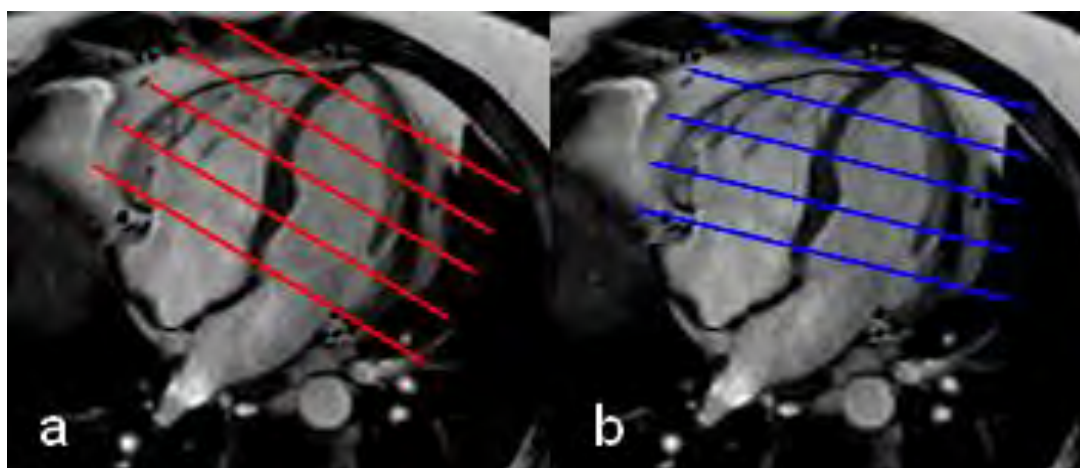


Figure 2. Séquence ciné dans le plan quatre cavités : principe du positionnement des coupes pour la série petit axe ventricule gauche de façon parallèle au plan de la valve mitrale (a) et pour la série petit axe ventricule droit de façon parallèle au plan de la valve tricuspide (b).

Analyse des images

Les images ont été analysées avec le logiciel Argus (Siemens, v 4.02) pour calculer les volumes ventriculaires, le débit cardiaque et la fraction d'éjection des deux ventricules.

Les volumes étaient calculés selon la technique de la sommation des disques. La fraction d'éjection était calculée selon la formule $(VTDVD-VTSVD)/VTDVD$, exprimée en pourcentage.

La télédiastole correspondait à la première phase dans le logiciel. La télésystole était visuellement définie par l'opérateur comme la phase avec la plus petite surface (28). La systole ventriculaire droite et la systole ventriculaire gauche n'étaient pas forcément obtenues sur la même phase.

La méthode de contourage endocardique était semi-automatique pour le ventricule gauche avec correction manuelle si nécessaire et strictement manuelle pour le ventricule droit (Figure 3).

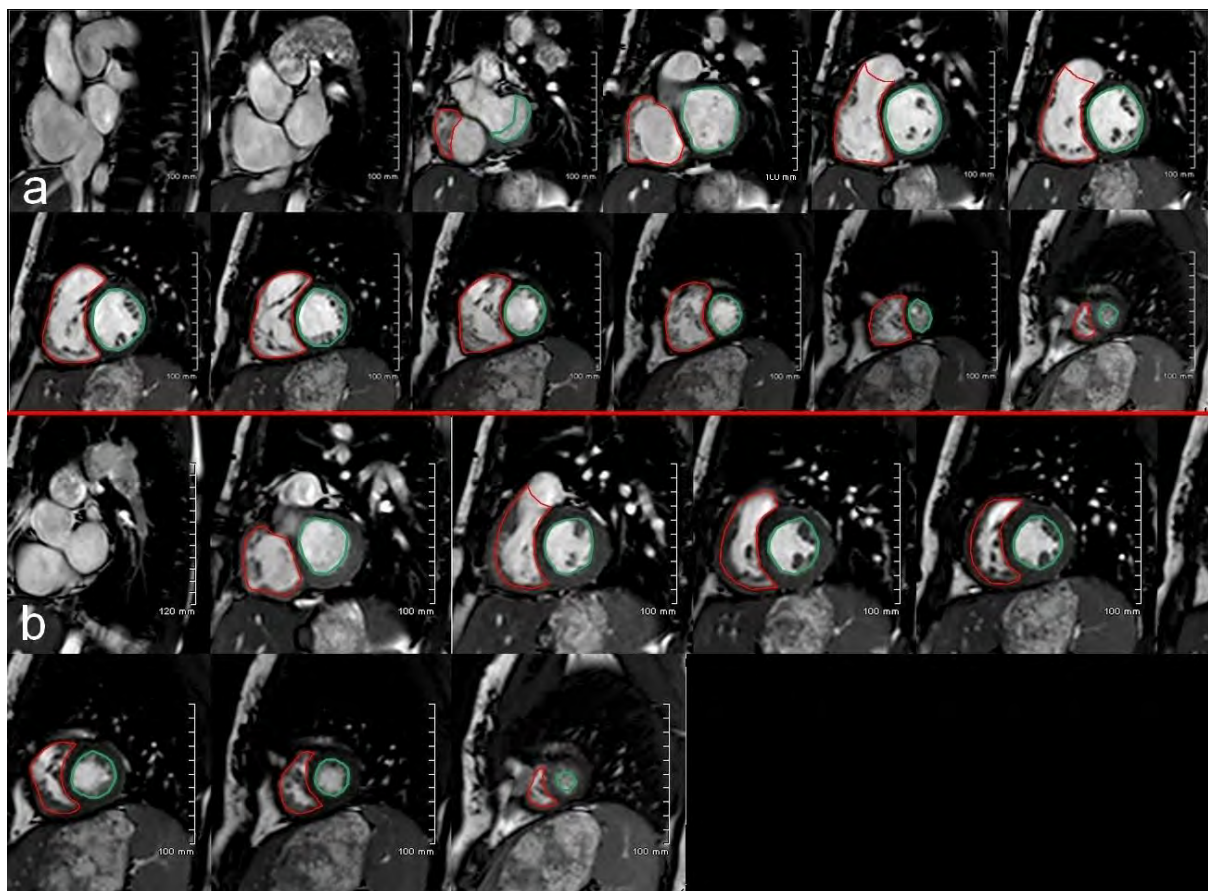


Figure 3. Exemple d'un contourage endocardique manuel du ventricule droit avec le logiciel Argus en télédiastole (a) et en télésystole (b), chez un patient avec une tétralogie de Fallot opérée.

Concernant la coupe basale, sur le PAVG ou le PAVD, seule la partie de l'infundibulum pulmonaire sous le plan de la valve pulmonaire devait être incluse dans le contourage. Pour la chambre de remplissage du VD, seule la portion trabéculée devait être incluse. En effet, le volume délimité par une paroi lisse non trabéculée était considérée comme étant dans l'atrium droit. La coupe apicale était définie comme la dernière coupe contenant du sang dans la cavité.

Les trabéculations pour le ventricule droit et les muscles papillaires pour les deux ventricules ont été inclus dans le volume ventriculaire afin d'améliorer la reproductibilité des mesures (29).

La présence d'une régurgitation droite ou gauche visible sous la forme d'un vide de flux sur les séquences ciné a été recueillie (Figure 4).

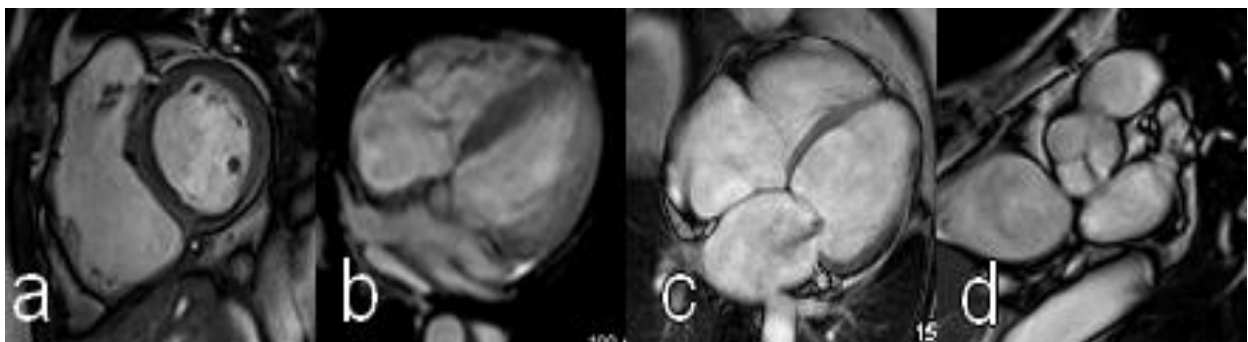


Figure 4. Séquences ciné. Artéfact de vide de flux en hyposignal traduisant la présence d'une régurgitation : insuffisance pulmonaire (a), insuffisance tricuspide (b), insuffisance mitrale (c) et insuffisance aortique (d).

Les diamètres télédiastolique et télésystolique ont été mesurés sous le plan des valves mitrale et tricuspide dans leur plus grand diamètre. L'excursion systolique de l'anneau tricuspide (TAPSE) était mesurée sur le plan quatre cavités et définie comme la distance en millimètre entre la position de l'anneau tricuspide en télédiastole et en télésystole (Figure 5).

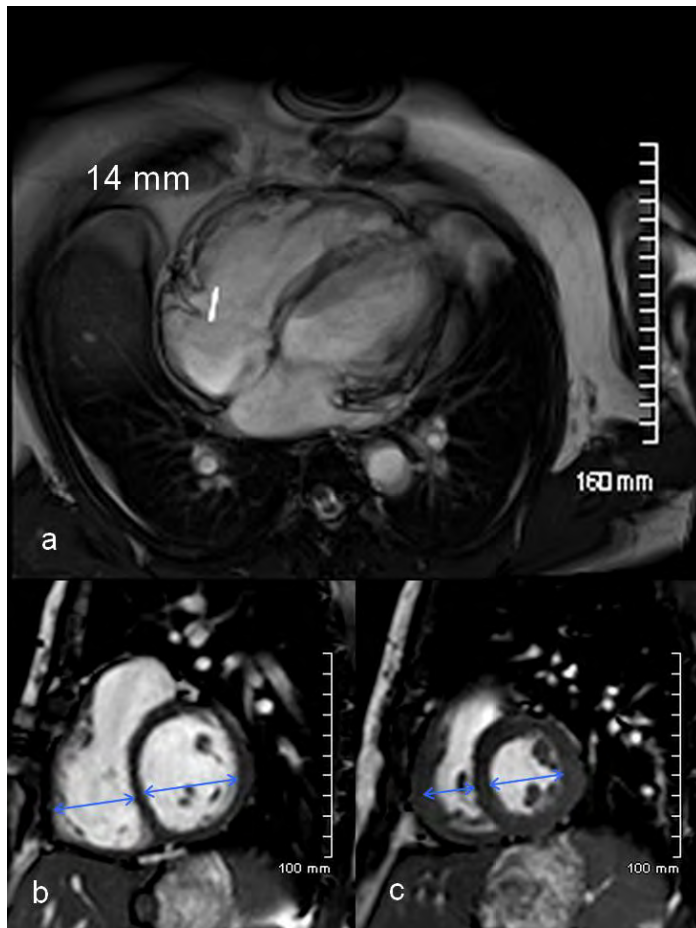


Figure 5. Séquences ciné dans les plans petit axe et quatre cavités : superposition des coupes télédiastolique et télésystolique dans le plan quatre cavités permettant la mesure de l'excursion systolique de l'anneau tricuspide (a), mesure des diamètres ventriculaires en télédiastole (b) et en télésystole (c).

Analyse statistique

Les mesures des paramètres fonctionnels sur le PAVG et le PAVD étaient réalisées en aveugle par deux radiologues, un junior et un senior.

Le radiologue sénior a effectué une seule mesure sur l'effectif total des 94 patients, et il était considéré comme la référence pour les tests statistiques.

Le radiologue junior a effectué deux séries de mesures, une première mesure sur un effectif de 63 patients (mesure junior «peu expérimenté») puis une deuxième mesure sur l'effectif total de 94 patients (mesure junior « expérimenté») avec un temps minimal entre les deux mesures de 15 jours. Ces deux séries de mesure permettaient d'une part, de calculer la variabilité intra-observateur et d'autre part, d'étudier l'existence d'une courbe d'apprentissage en recherchant

une amélioration ou non des coefficients de corrélation inter-observateur par rapport au sénior.

Les mesures effectuées sur le PAVD ont été réalisées une seule fois par les deux radiologues sur un effectif de 20 patients puis comparées aux mesures obtenues sur le PAVG.

Les variables quantitatives sont exprimées en moyenne et déviation standard et les variables qualitatives en pourcentage. Les coefficients de corrélation intra et inter-observateur étaient calculés avec le test de Spearman (r).

La différence absolue correspondait à la moyenne des différences absolues des paramètres fonctionnels entre les deux observateurs.

La variabilité inter-observateur relative était calculée selon la formule suivante pour chaque patient : différence absolue entre les deux mesures des opérateurs divisée par leur moyenne puis exprimée en pourcentage.

Le test de Bland et Altman a été utilisé pour comparer les mesures des paramètres fonctionnels du VD entre les deux opérateurs et entre les acquisitions PAVG et PAVD.

Une valeur $p < 0.05$ était statistiquement significative, calculée selon un test bilatéral.

Les statistiques ont été réalisées avec le logiciel STATA 12.0 (StataCorp), 2011, Stata Statistical Software : Release 12. College Station, TX : StataCorp LP.

Résultats

Caractéristiques de la population

Les caractéristiques de la population de l'étude ont été résumées dans le tableau 1.

	Minimum	Maximum	Moyenne	DS
Paramètres fonctionnels VD				
FE %	15	78	50	13
VTs mL	16	346	88	55
VTd mL	48	483	167	70
VE mL	31	177	79	27
Débit L/min	3	13	5	2
Paramètres fonctionnels VG				
FE %	12	80	52	16
VTs mL	17	332	85	66
VTd mL	58	376	160	70
VE ml	21	144	75	26
Débit L/min	2	12	5	2
Autres paramètres IRM recueillis				
TAPSE mm	5	36	20	7
DTDVD mm	25	95	43	9
DTSVD mm	13	80	32	10
DTDVG mm	31	74	51	10
DTSVG mm	19	70	38	12
Régurgitation gauche			29%	
Régurgitation droite			29%	
Caractéristiques cliniques				
Age (années)	8	86	45	19
Index de masse corporelle	14	44	25	5
PAS mmHg	8	17	13	2
PAD mmHg	4	10	7	1
FC	41	173	69	18
Facteurs de risques cardio-vasculaires				
Sexe masculin			69%	
Tabac			41%	
Hypertension artérielle			20%	
Diabète			10%	
Dyslipidémie			21%	
Etiologie des cardiopathies				
Cardiopathie congénitale (dont TOF n=15, CIA n=11)			31%	
Myocardiopathie dilatée			26%	
Cardiopathie ischémique			17%	
Trouble du rythme ventriculaire traité (dont DAVD n=11)			14%	
Myocardite			7%	
Cardiopathie d'hyperdébit (protocole de recherche cirrrose)			10%	
Divers (HTAP, hémochromatose, CMH, cardiopathie avec dysfonction diastolique)			10%	

Tableau 1. Caractéristiques de la population de l'étude.

Temps de post-traitement

Le temps moyen pour le contournage endocardique des deux ventricules chronométré par le radiologue junior était de **9 minutes et 12 secondes**. Le temps nécessaire pour l'estimation de la fonction bi-ventriculaire est donc relativement chronophage en pratique clinique.

Différences absolues et coefficients de corrélation intra et inter-observateur

La moyenne des différences absolues et les coefficients de corrélation intra-observateur sur 63 patients étaient respectivement pour la FEVD, le VTSVD et le VTDVD : **4.8±5.1% (0.88)**, **15.2±18.9mL (0,91)** et **11.4±14.9mL (0.95)**.

Le tableau 2 résume les caractéristiques de la variabilité intra-observateur des paramètres fonctionnels du VD.

N=63	Junior peu expérimenté	Junior expérimenté	Différence Absolue	Coefficient de corrélation
FE %	48.5±16.1	50.5±15.1	4.8±5.1	0.88 (p=0.001)
VTD mL	156.2±56.6	148.2±8.9	15.2±18.9	0.91 (p=0.001)
VTS mL	85.4±51	76.9±42.8	11.4±14.9	0.95 (p=0.001)
VE mL	70.8±26.5	71.1±25.5	10±10.9	
Débit L/min	4.9±1.7	4.9±1.7	0.7±0.7	

Tableau 2. Caractéristiques de la variabilité intra-observateur des paramètres fonctionnels du ventricule droit établies entre les deux séries de mesure du radiologue junior sur 63 patients.

La moyenne des différences absolues et les coefficients de corrélation inter-observateur sur 94 patients entre la deuxième série de mesure du junior et la mesure du sénior étaient respectivement pour la FEVD, le VTSVD et le VTDVD : **5.4±5.2% (0.84)**, **15.6±19.7mL (0.9)**, et **13.5±18.7mL (0.9)**.

Le tableau 3 résume les caractéristiques de la variabilité inter-observateur des paramètres fonctionnels du VD.

N=94	Junior expérimenté	Sénior	Différence Absolue	Coefficient de corrélation
FE %	49.1±14	51.4±12.4	5.4±5.2	0.84 (p=0.001)
VTD mL	165.5±72.5	168±68.9	15.6±19.7	0.90 (p=0.001)
VTs mL	89.2±59.5	86±53	13.5±18.7	0.90 (p=0.001)
VE mL	75.9±27.7	81.8±27.4	12.8±9.8	
Débit L/min	5.2±1.9	5.6±1.9	0.9±0.7	

Tableau 3. Caractéristiques de la variabilité inter-observateur des paramètres fonctionnels du ventricule droit établies entre la deuxième série de mesure du radiologue junior et le radiologue sénior sur 94 patients.

La moyenne des différences absolues intra et inter-observateur sur l'échantillon total était cliniquement non significative, d'environ 5% pour la FEVD et entre 10 et 15mL pour les volumes ventriculaires droits. Les coefficients de corrélation intra et inter-observateurs étaient élevés en faveur de la bonne reproductibilité des mesures sur le PAVG.

Le graphique de Bland et Altman ne montrait pas de biais systématique pour les volumes et la FEVD entre les deux opérateurs. La moyenne arithmétique des différences était de +2.6 ml pour le VTD, de -3.1 ml pour le VTS, de +5,9 ml pour le volume d'éjection et de +2,3% pour la FEVD (tableau 4).

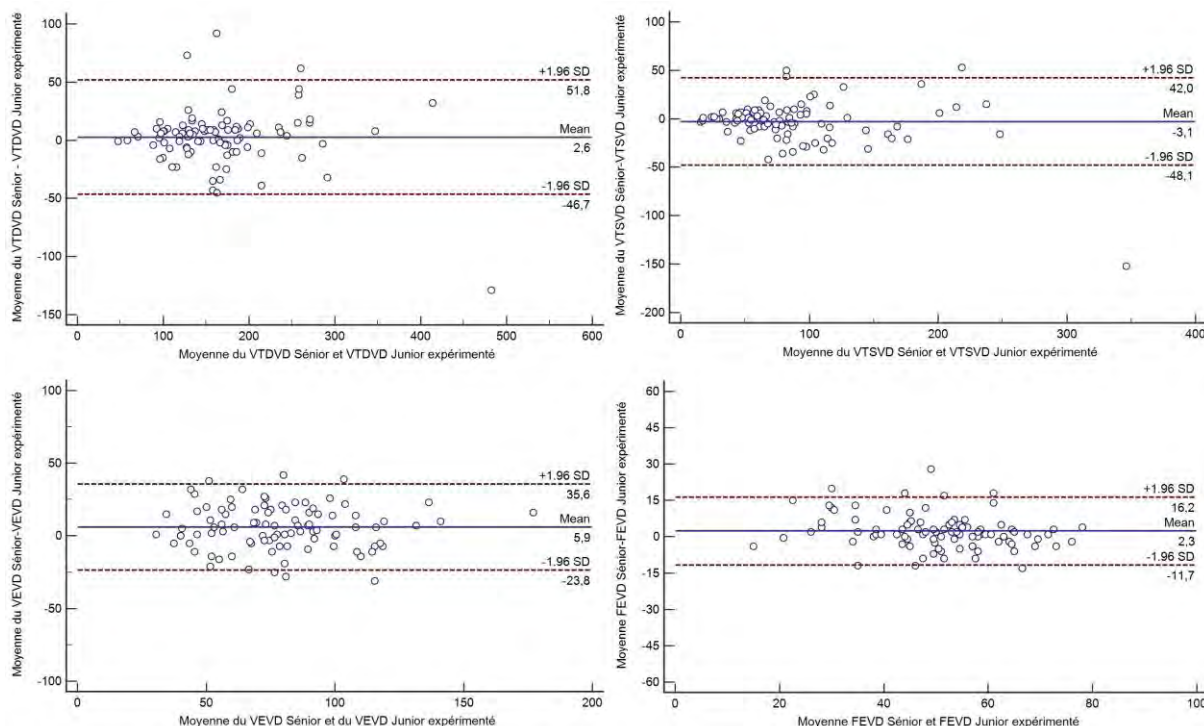


Tableau 4 Représentation graphique selon la méthode de Bland et Altman des mesures de la FEVD et des volumes du ventricule droit entre le sénior et le junior expérimenté sur 94 patients.

Courbe d'apprentissage

Les coefficients de corrélation inter-observateur étaient plus élevés lorsque le junior était expérimenté. En effet, les coefficients de corrélation inter-observateur pour le junior expérimenté/non expérimenté par rapport au sénior étaient 0.84/0.78 pour la FEVD, 0.9/0.86 pour le VTDVD et 0.9/0.85 pour le VTSVD.

Il y avait également une diminution significative de la variabilité inter-observateur relative pour la FEVD lorsque le junior était expérimenté en comparaison avec le junior peu expérimenté: $12 \pm 14\%$ versus $17 \pm 12\%$ ($p=0.02$).

Le graphique de Bland et Altman montrait également que le biais et les limites d'agrément étaient moins importants lorsque le junior était plus expérimenté (tableau 5).

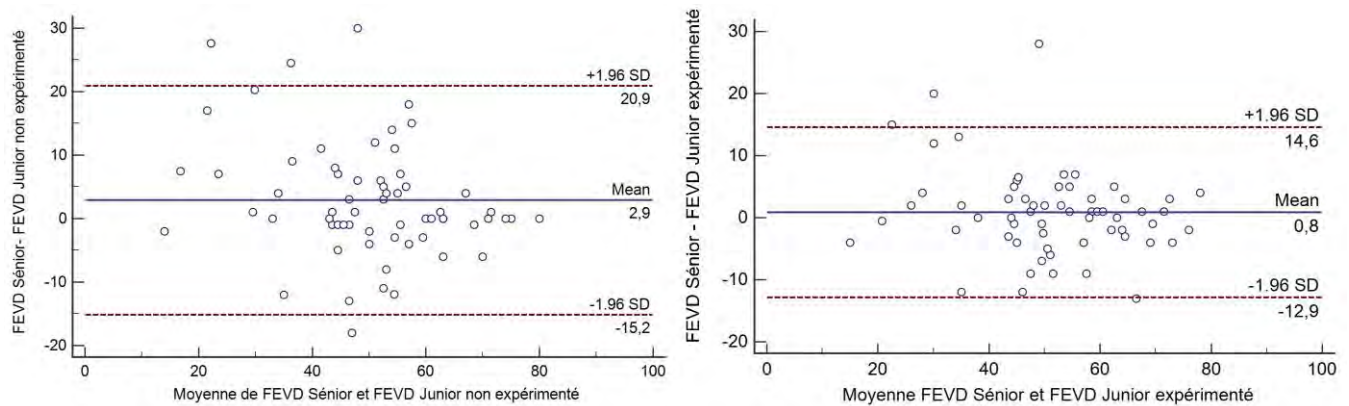


Tableau 5. Représentation graphique selon la méthode de Bland et Altman des mesures de la FEVD lorsque le junior est peu expérimenté puis expérimenté par rapport au sénior.

Comparaison entre les acquisitions PAVG et PAVD

Il n'y avait pas de différence statistique significative en moyenne pour les mesures de la FEVD, du VTSVD et du VTDVD entre l'acquisition PAVD et PAVG (tableau 6).

Les coefficients de corrélations de la FEVD, du VTSVD et du VTDVD entre le PAVD et le PAVG étaient respectivement de 0.78/0.94/0.96 pour le radiologue sénior et de 0.78/0.97/0.97 pour le radiologue junior.

n=20	Senior				Junior			
	PAVD	PAVG	différence absolue	CC	PAVD	PAVG	différence absolue	CC
FE %	56.6±6.6	56.3±6.7	3.2±3 (p=0.76)	0.78	55.9±6.8	54.8±6	3.3±2.8 (p=0.26)	0.78
VTS mL	63.9±25.7	66.8±30.5	8.3±7.6 (p=0.26)	0.94	67.9±31.3	69.8±30.3	5.9±5.1 (p=0.27)	0.97
VTD mL	147.5±56.4	150.2±59.5	11.3±12.7 (p=0.48)	0.96	150±58.5	152.7±59.5	11.8±8,3 (p=0.41)	0.97
VE mL	83.4±33.3	83.3±31.2	7.4±7.6 (p=0.97)	0.95	82.3±29.2	83.1±31.3	8.7±9.2 (p=0.78)	0,91

Tableau 6. Moyennes, différences absolues et coefficients de corrélation (CC) de la FEVD et des volumes ventriculaires droits pour le sénior et le junior entre le PAVD et le PAVG.

Le graphique de Bland et Altman ne montrait pas de biais systématique pour les volumes et la FEVD. La moyenne des différences était faible, estimée à +0.9% pour la FEVD, -0.3 ml pour le VTDVD et à -0.7 ml pour le VTSVD. Les limites de concordance étaient raisonnables, entre -6.8 et +8.5% pour la FEVD, entre -20.6 et +20 ml pour le VTDVD et entre -15.3 et +14 ml pour le VTSVD, en faveur de l'interchangeabilité des méthodes de mesure (tableau 7).

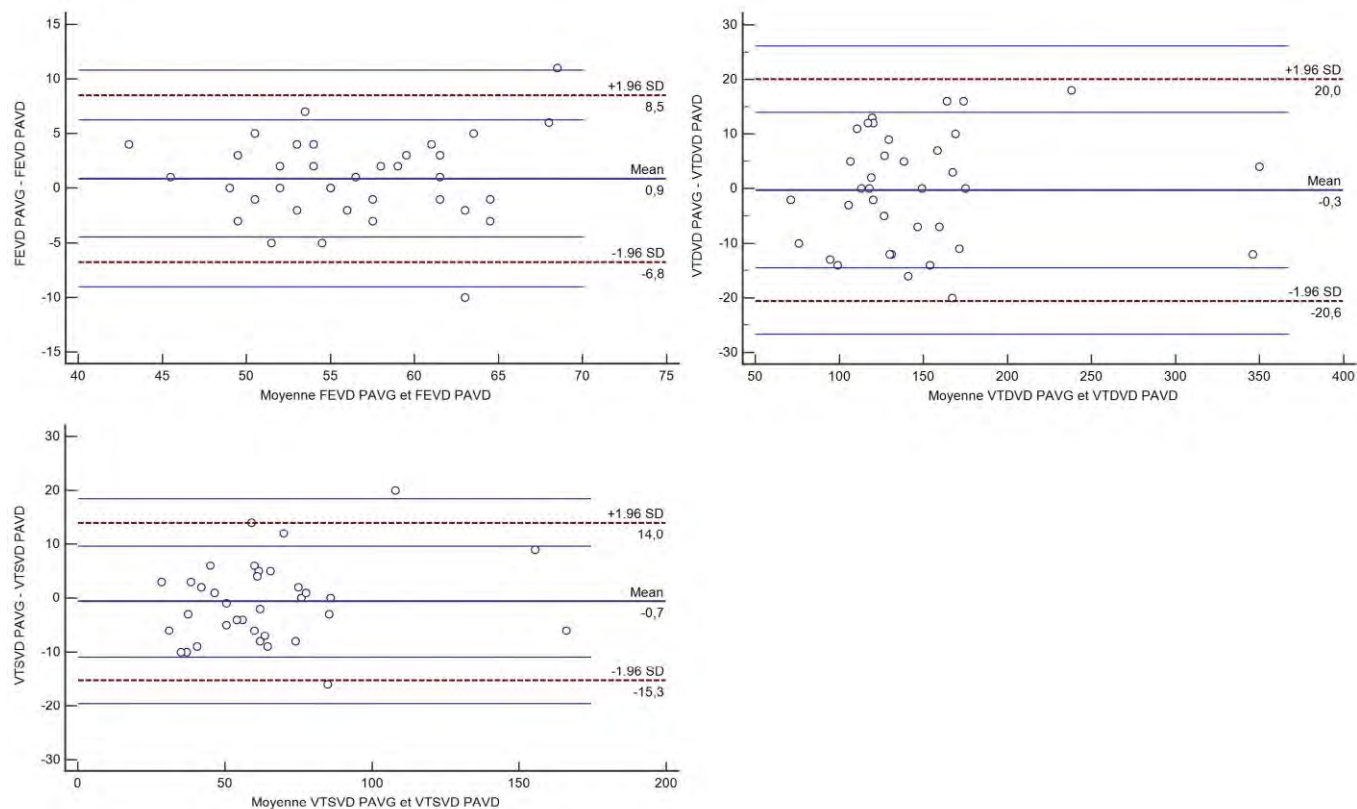


Tableau 7 Représentation graphique selon la méthode de Bland et Altman des mesures de la FEVD et des volumes du ventricule droit entre l'acquisition PAVG et l'acquisition PAVD sur 20 patients.

Facteurs associés à une augmentation de la variabilité inter-observateur relative de la FEVD et des volumes du ventricule droit

La VIO relative pour la FEVD sur l'effectif total était de $12\pm 14\%$ ($n=94$). Les facteurs responsables d'une augmentation de la VIO relative pour la FEVD étaient la présence d'une régurgitation droite ($20\pm 18\%$; $n=27$), d'une cardiomyopathie dilatée ($20\pm 20\%$; $n=24$), d'une FEVD $<45\%$ ($20\pm 18\%$; $n=32$), d'un DTSVG $>41\text{mm}$ ($17\pm 19\%$; $n=30$), d'une régurgitation gauche ($17\pm 20\%$; $n=27$), d'une FEVG $<45\%$ ($17\pm 18\%$; $n=33$), ou d'un TAPSE $<15\text{mm}$ ($17\pm 14\%$; $n=20$).

La VIO relative était modérément augmentée dans les cardiopathies congénitales (15% ; $n=29$) ou lorsque le VD était dilaté (14% ; $n=38$). La VIO relative était moins importante dans les sous-groupes des cardiopathies d'hyperdébit (4% ; $n=9$) ou des myocardites (10% ; $n=7$).

Les cardiopathies ischémiques et rythmiques et les paramètres cliniques n'étaient pas associés à une augmentation de la VIO relative pour la FEVD.

La VIO relative sur l'effectif total était plus importante pour le VTSVD que pour le VTDVD: $15\pm 13\%$ versus $9\pm 10\%$.

La présence d'une cardiomyopathie dilatée, d'une dysfonction systolique gauche ou droite, d'une fréquence cardiaque élevée, d'une régurgitation gauche ou droite était associée à une VIO relative plus importante à la fois pour le VTSVD et le VTDVD. La VIO relative dans ces sous-groupes était plus élevée pour le VTSVD comparativement au VTDVD. Les cardiopathies congénitales étaient associées à une VIO relative plus importante uniquement pour le VTSVD.

Le tableau 8 résume l'ensemble des facteurs étudiés avec leur VIO relative.

	FEVD		VTDVD		VTSVD		
	VIO (%)	DS	VIO (%)	DS	VIO (%)	DS	N
Effectif total	12	14	9	10	15	13	94
Paramètres anatomiques							
DTDVD >40mm	14	16	9	8	14	11	59
DTSVD >30mm	14	16	9	8	15	11	51
DTDVG >54mm	16	18	10	13	16	17	34
DTSVG >41mm	17	19	11	14	17	17	30
DTDVD/DTDVG>1	11	12	10	7	13	10	33
Régurgitation gauche	17	20	10	12	14	13	27
Régurgitation droite	20	18	10	9	17	11	27
Paramètres fonctionnels							
FEVG<50%	17	18	10	13	16	17	33
FEVD<45%	20	18	11	11	16	12	32
TAPSE <15mm	17	14	9	8	13	9	20
VTDVD>167mL	14	16	8	7	13	10	38
VTDVG>148mL	14	16	10	12	15	15	47
Paramètres cliniques							
Age >55 ans	14	17	8	6	12	7	29
Sexe masculin	10	10	9	7	11	10	65
IMC>26	12	15	9	7	13	14	43
Tabac	11	14	8	7	10	10	39
HTA	7	4	8	6	10	11	19
Diabète	8	5	7	8	12	13	9
Dyslipidémie	14	18	7	6	12	13	20
PAS>13mmHg	11	12	8	10	13	14	45
PAD>8mmHg	11	12	10	13	15	17	34
FC>70/min	13	14	12	13	19	16	39
Paramètres étiologiques							
Cardiomyopathie dilatée	20	20	11	15	17	18	24
Cardiopathie congénitale	15	13	9	8	18	13	29
Cardiopathie ischémique	12	11	9	14	15	16	16
Trouble du rythme ventriculaire	6	5	9	6	10	8	13
Myocardite	10	8	6	3	12	5	7
Cardiopathie d'hyperdébit	4	3	6	9	8	6	9

Tableau 8. Variabilité inter-observateur relative (%) par sous-groupe selon les paramètres anatomiques, fonctionnels, cliniques et étiologiques. Les résultats en rouge sont les sous-groupes pour lesquels la VIO relative est augmentée.

Discussion

Intérêt de la séquence PAVD

Le PAVD, permettant d'acquérir des coupes strictement perpendiculaires au grand axe du VD, permettrait de mieux visualiser le plan des valves pulmonaire et tricuspide ainsi que l'endocarde. Il y aurait donc un intérêt théorique à réaliser une acquisition supplémentaire centrée sur le VD pour mesurer les paramètres fonctionnels du cœur droit.

Cependant, l'absence de différence significative en moyenne pour la FEVD, le VTDVD et le VTSVD et les coefficients de corrélation élevés entre les acquisitions PAVG et PAVD montrent qu'il n'est pas nécessaire en pratique courante de réaliser une acquisition supplémentaire centrée de façon optimale sur le ventricule droit. **Ce résultat est intéressant car l'évaluation de la fonction bi-ventriculaire peut ainsi se faire sur la seule acquisition du petit axe du ventricule gauche, ce qui représente un gain de temps non négligeable sur la durée totale de l'examen.** Pour autant, il n'est pas sûr que l'on puisse généraliser ces résultats car l'échantillon de 20 patients était relativement faible.

Le plan d'acquisition optimal pour la mesure de la fonction ventriculaire droite fait toujours débat dans la littérature. Dans l'étude de Strugnell, l'acquisition d'un petit axe du ventricule droit avec des coupes perpendiculaires à un axe rejoignant le centre de la valve pulmonaire à l'apex du ventricule droit, permettant de mieux délimiter la chambre d'éjection du ventricule droit et la valve tricuspide, était associée à une meilleure reproductibilité des mesures, et ce chez trois opérateurs (30). Alfakih propose d'utiliser le plan axial strict car il dégage mieux le plan de la valve tricuspide d'où une meilleure reproductibilité des mesures, mais ce plan est responsable d'un volume partiel avec la paroi inférieure du VD et la délimitation de l'infundibulum pulmonaire reste difficile (25). D'autre part, cette étude portait uniquement sur des sujets sains et l'échantillon de 20 patients était relativement faible. Atalay a également mis en évidence que le plan axial strict était associé à une meilleure reproductibilité des mesures par rapport au plan petit axe ou au plan quatre cavités chez des patients présentant une cardiopathie chronique acquise (31). Cependant l'échantillon était également faible, avec 20 patients. Jorstig propose quant à lui l'utilisation d'un logiciel dédié permettant le repérage automatique de la valve tricuspide sur la séquence petit axe à partir des séquences cinés long axe et quatre cavités (32). Inversement, dans l'étude de Clarke, comparant le petit axe et le plan axial strict chez 250 sujets atteints d'une cardiopathie congénitale, seule la mesure du VTSVD était statistiquement associée à une meilleure corrélation inter-observateur dans le

plan axial strict. Les différences observées entre les deux méthodes de mesures étaient jugées cliniquement non significatives, et les auteurs conseillaient de garder le plan petit axe pour l'estimation de la fonction droite (16).

Courbe d'apprentissage

L'amélioration des coefficients de corrélation inter-observateur pour la FEVD et pour les volumes ainsi que la diminution de la variabilité inter-observateur relative de la FEVD entre la première et la deuxième série de mesures effectuées par le junior par rapport au sénior est en faveur d'une courbe d'apprentissage.

Dans l'étude de Caudron, les coefficients de corrélation pour le VTSVD, le VTDVD et la FEVD étaient également plus élevés chez un opérateur avec trois ans d'expérience en IRM cardiaque comparativement à des opérateurs avec un an d'expérience ou moins (24). D'autre part, dans cette même étude, la probabilité de sélectionner la même coupe basale et la même télésystole entre deux séries de mesures était également plus importante chez l'observateur expérimenté.

Ce résultat est important car les mesures de la fonction ventriculaire droite effectuées par un opérateur peu expérimenté peuvent être moins fiables, d'où une possible perte de chance pour le patient.

Dans notre étude, les erreurs du radiologue junior sur les premiers examens après analyse rétrospective des dossiers problématiques étaient en particulier, l'inclusion ou l'exclusion inappropriée d'une coupe basale sur la télédiastole ou la télésystole et le mauvais choix de la phase télésystolique. L'inclusion d'une coupe basale en TD ou TS supplémentaire augmente de manière importante le VTDVD ou le VTSVD car il s'agit de la coupe avec la plus grande surface, responsable de variations importantes pour la FEVD. Le mauvais choix de la télésystole se traduit par une augmentation du VTSVD, mais le retentissement sur la FEVD était moindre car la variation de volume est généralement plus faible. Un moyen relativement simple de juger de la pertinence de la mesure des volumes et des FE est de confronter les volumes d'éjection et les débits cardiaques des deux ventricules. En effet, en dehors de toute situation de shunt (CIA, CIV) ou de valvulopathies, les volumes d'éjection et les débits cardiaques doivent être comparables (33). Le contourage par excès de l'infundibulum pulmonaire au-delà du plan de la valve pulmonaire était également une erreur fréquente, ce qui pouvait augmenter les volumes ventriculaires. Enfin, le contourage par défaut des trabécules en télésystole pouvait diminuer le volume télésystolique.

Variabilité intra et inter-observateur globale

Les coefficients de corrélation intra et inter-observateur élevés montrent que l'IRM cardiaque est une technique reproductible.

D'autres études ont déjà validé la reproductibilité des mesures des paramètres de l'IRM cardiaque chez les sujets sains ou dans les cardiopathies congénitales sans ou avec dilatation ventriculaire droite (16, 17).

Les moyennes des différences absolues inter-observateur dans notre étude étaient estimées entre 10 et 15mL pour les volumes et de 5% pour la FEVD.

En pratique clinique, la modification d'un VTDVD ou d'un VTSVD d'environ 10 à 15mL ou la modification d'une FEVD de 5% durant le suivi d'une cardiopathie liée à la variabilité de la mesure entre deux observateurs ne modifiera pas la prise en charge thérapeutique du patient.

Variabilité inter-observateur relative

L'objectif secondaire de notre étude était d'identifier des sous-groupes où l'on observe une augmentation de la variabilité inter-observateur sur les paramètres fonctionnels du ventricule droit.

Les cardiomyopathies dilatées et l'augmentation du diamètre du ventricule gauche ($DTDVG > 54\text{mm}$, $DTSVG > 41\text{mm}$) influençaient la VIO relative sur la FEVD et le VTSVD. La modification très importante de l'anatomie des ventricules avec un bombement anormal du septum inter-ventriculaire dans la cavité ventriculaire droite ainsi que la modification de la contraction du ventricule droit par le phénomène de l'interdépendance ventriculaire expliquent la plus grande difficulté pour obtenir un contourage endocardique optimal. Rétrospectivement, dans les dossiers de cardiomyopathies dilatées, la sélection de la coupe basale était nettement plus difficile pour les deux opérateurs (Figure 6).

Inversement, la présence d'une dilatation ventriculaire droite ($VTDVD > 167\text{mL}$) n'était pas spécialement associée à plus grande VIO relative des paramètres du VD. Ce résultat est très intéressant car il confirme l'importance de l'IRM cardiaque dans le suivi des tétralogies de Fallot opérées et des communications inter-atriales. Contrairement à nos résultats, dans l'étude de Mooij (17), les coefficients de variabilité du VTSVD et du VTDVD mesurés sur le PAVG étaient significativement plus importants chez des patients avec une tétralogie de

Fallot opérée présentant une dilation du VD. Cependant, les mesures étaient réalisées par des étudiants en médecine sans aucune expérience en IRM cardiaque au début de cette étude.

Le sous-groupe des cardiopathies congénitales était associé à une VIO relative plus importante pour le VTSVD. En effet, dans les tétralogies de Fallot, l'hypertrophie pariétale rend plus difficile la délimitation des contours endocardiques, particulièrement en télésystole. D'autre part, les remaniements post-opératoires de l'infundibulum pulmonaire dont l'orientation est très modifiée, ou le développement d'anévrysme, rendent également plus complexe la délimitation de cette région (Figure 7).

Les sous-groupes des patients avec un trouble du rythme ventriculaire traité ou des patients avec une cardiopathie à haut débit étaient associés à une diminution de la VIO relative sur les paramètres du VD. Dans la cirrhose, le ventricule droit est hyperkinétique permettant une plus grande facilité dans la sélection de la télésystole. D'autre part, la morphologie des ventricules étaient tout à fait comparable avec des patients sains. Les patients explorés pour un trouble du rythme ventriculaire grave étaient traités efficacement au moment de l'IRM et il y avait également très peu de patients avec des remaniements architecturaux de la paroi du VD, d'où les meilleurs résultats observés comparativement aux autres cardiopathies.

La présence d'une régurgitation gauche ou droite visible lors de la réalisation de l'IRM sous la forme d'un vide de flux était très significativement associée à une augmentation de la VIO relative pour la FEVD. Dans notre échantillon, les régurgitations étaient secondaires à des insuffisances aortique, tricuspide, mitrale et pulmonaire. La régurgitation chronique et les modifications physiopathologiques qu'elle engendre notamment la dilatation ou l'hypertrophie ventriculaire sont probablement responsables en partie de ces résultats. D'autre part, il était plus difficile dans ces conditions de juger de la pertinence des mesures car les volumes d'éjection ventriculaire ne pouvaient plus être superposables (33, 34). Nous n'avons pas pu au vu du faible effectif par sous-groupe évaluer clairement l'implication de chaque régurgitation.

La dysfonction systolique du ventricule droit ($FEVD < 45\%$, $TAPSE < 15\text{mm}$) ou gauche ($FEVG < 50\%$) était également un facteur influençant la VIO relative pour les volumes et la FEVD. Dans les cardiopathies hypokinétiques, le choix de la télésystole était plus difficile malgré l'importance du nombre de phases disponibles dans le logiciel Argus (Figure 8). D'autre part, la systole ventriculaire droite et la systole ventriculaire gauche étaient plus souvent obtenues sur des phases différentes, rendant plus complexe l'estimation des volumes.

Les autres paramètres cliniques (IMC, âge, sexe) ou les facteurs de risque cardio-vasculaires n'avaient quant à eux pas d'influence particulière sur la VIO relative.

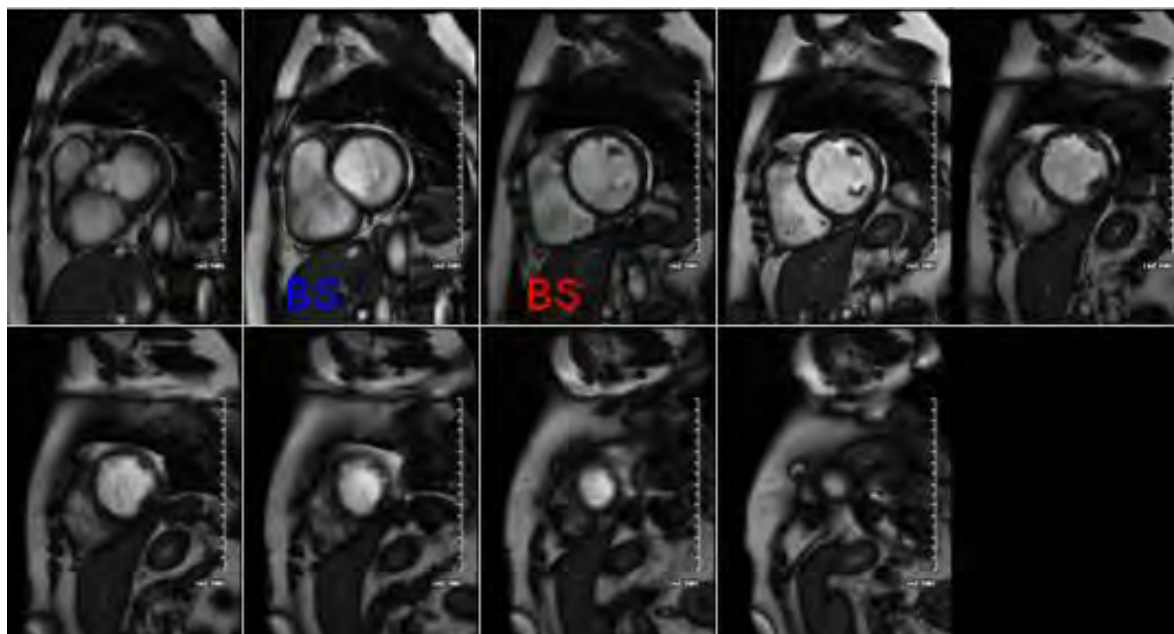


Figure 6. Analyse rétrospective d'un dossier de cardiomyopathie dilatée avec présence d'une insuffisance tricuspide et d'une insuffisance mitrale fonctionnelle. La sélection de la coupe basale (BS : basal slice) était plus difficile en télédiastole pour le junior (bleue) et pour le sénior (rouge).

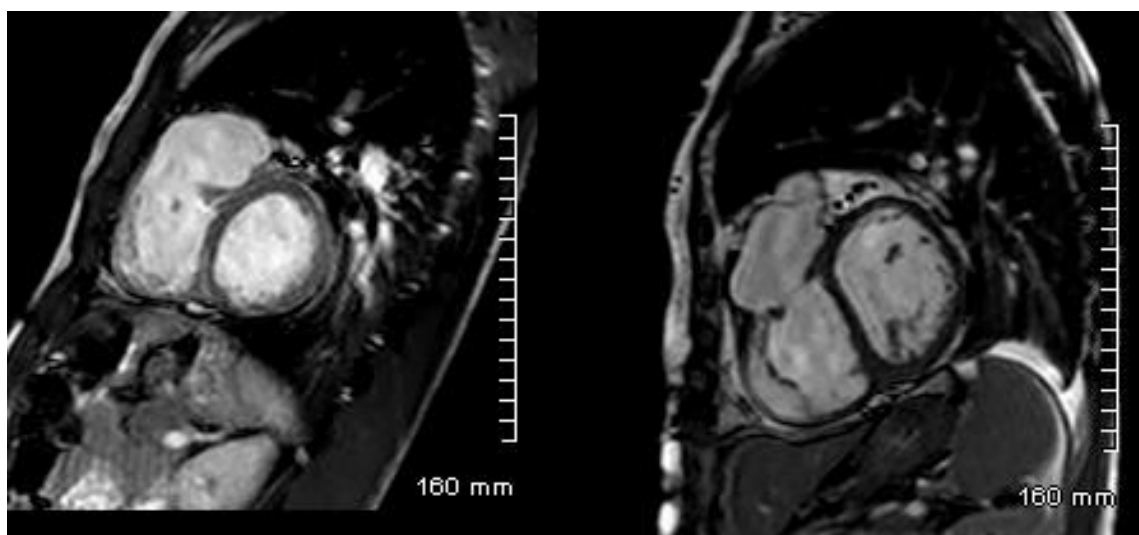


Figure 7. Analyse rétrospective de deux patients avec antécédent de tétralogie de Fallot opérée. Modification très importante de l'anatomie de l'infundibulum pulmonaire, compliquant le contourage endocardique.

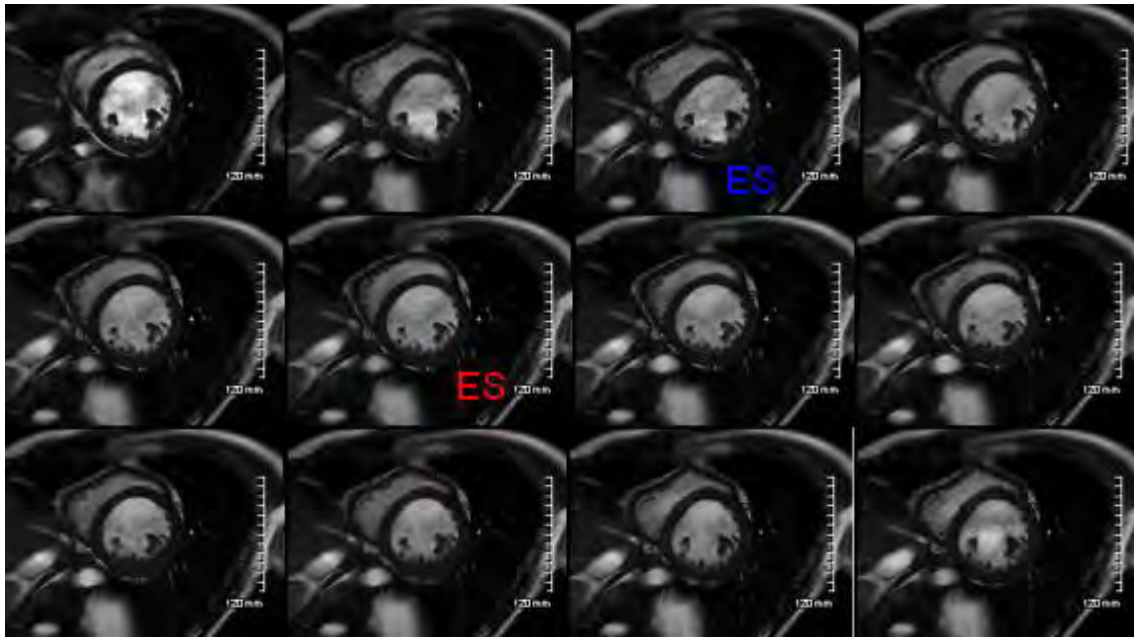


Figure 8. Analyse rétrospective d'un dossier de cardiomyopathie dilatée avec dysfonction systolique ventriculaire droite et gauche. La sélection de la télésystole (ES : end-systole) était différente entre le junior (bleue) et le sénior (rouge).

Conclusion

La mesure des paramètres fonctionnels du ventricule droit à partir de la séquence ciné PAVG est reproductible entre deux observateurs. La différence absolue en moyenne est cliniquement non significative.

Il n'y a pas d'intérêt à réaliser un petit axe du ventricule droit pour estimer les paramètres fonctionnels du VD en pratique clinique par rapport au PAVG.

La variabilité inter-observateur relative pour la FEVD était moins importante lorsque le junior était expérimenté.

La variabilité inter-observateur relative augmente lorsqu'il existe une régurgitation droite ou gauche, une cardiomyopathie dilatée ou une dysfonction systolique ventriculaire. Dans ces situations, une attention plus importante est nécessaire dans la mesure et dans l'interprétation d'une modification des paramètres fonctionnels du ventricule droit pendant le suivi.

L'utilisation d'un logiciel de post-traitement semi-automatique plus sophistiqué permettrait certainement une meilleure reproductibilité et un gain de temps dans la mesure de la fonction ventriculaire droite, surtout chez un opérateur peu expérimenté.

Vu permis d'imprimer
Le Doyen de la Faculté
De Médecine Rangueil

E. SERRANO

Le Président du Jury



SERVICE D'IMAGERIE
Pr Hervé ROUSSEAU
CHU RANGUEIL
1, Avenue Jean Poulhès
TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex 9

Annexes

Rappels anatomiques

Une bonne connaissance de l'anatomie du ventricule droit est nécessaire pour comprendre comment mesurer de manière optimale les volumes ventriculaires car sa morphologie est complexe (Figure 9).



Figure 9. Angiographie MR centrée sur le ventricule droit, reconstruction MIP (maximum intensity projection) montrant la forme complexe du ventricule droit.

Les critères morphologiques qui permettent de distinguer classiquement le ventricule droit du ventricule gauche sont :

- la position plus antérieure de l'anneau tricuspide par rapport à l'anneau mitral,
- la présence d'une bandelette modératrice,
- l'existence de plus de trois muscles papillaires,
- la configuration tricuspide de la valve atrio-ventriculaire,
- le caractère très trabéculé.

Le VD est situé immédiatement sous le sternum et c'est habituellement la chambre cardiaque la plus antérieure

Il est délimité par une base, un apex et quatre parois (antérieure, latérale, inférieure et septale) et présente une forme pyramidale en coupe quatre cavités et semi-lunaire en coupe petit axe. Il peut également être séparé en trois compartiments : la chambre de remplissage

correspondant à l'ostium de la valve atrio-ventriculaire, la chambre d'éjection correspondant à l'infundibulum pulmonaire et la chambre apicale (Figure 10).

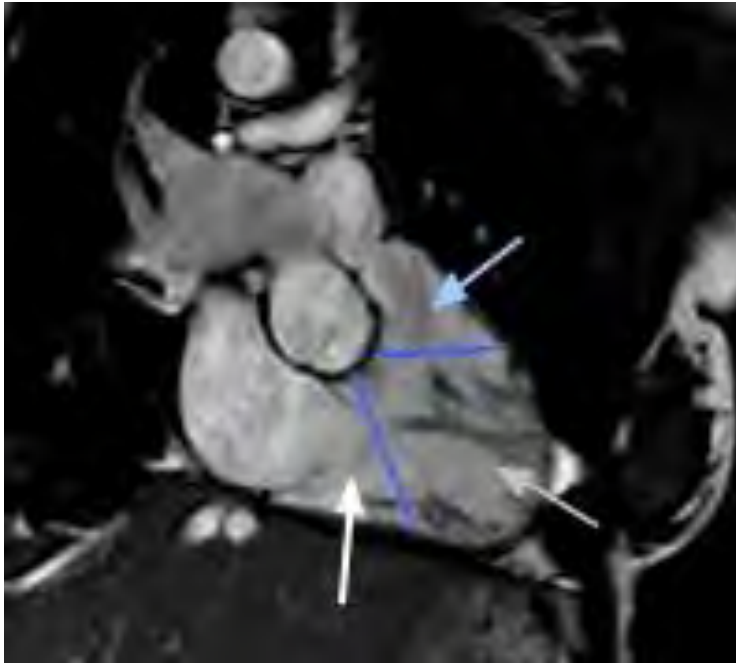


Figure 10. Séquence ciné MR dans le plan de la chambre d'éjection du ventricule droit. Le ventricule droit est séparé en chambre de remplissage (flèche blanche), chambre apicale (flèche grise) et chambre d'éjection (flèche bleue).

Les parois inférieure et antérieure sont légèrement concaves en dedans, d'épaisseur inférieure à 5mm et sur lesquelles s'insèrent respectivement les muscles papillaires antérieur et postérieur.

La paroi septale correspond au septum inter-ventriculaire, convexe en dedans, dont l'épaisseur est de 10mm environ. Elle présente à sa partie postéro-supérieure une saillie musculaire horizontale, la crête supra-ventriculaire. Plusieurs muscles papillaires septaux viennent s'insérer sur cette paroi dont le plus important est le muscle papillaire du conus artériel.

La bandelette modératrice est une colonne charnue de deuxième ordre renforçant la paroi septale, prolongeant la crête supraventriculaire puis rejoignant le muscle papillaire antérieur (Figure 11).

Les trabéculations doivent être incluses dans la mesure des volumes ventriculaires pour une meilleure reproductibilité (29).

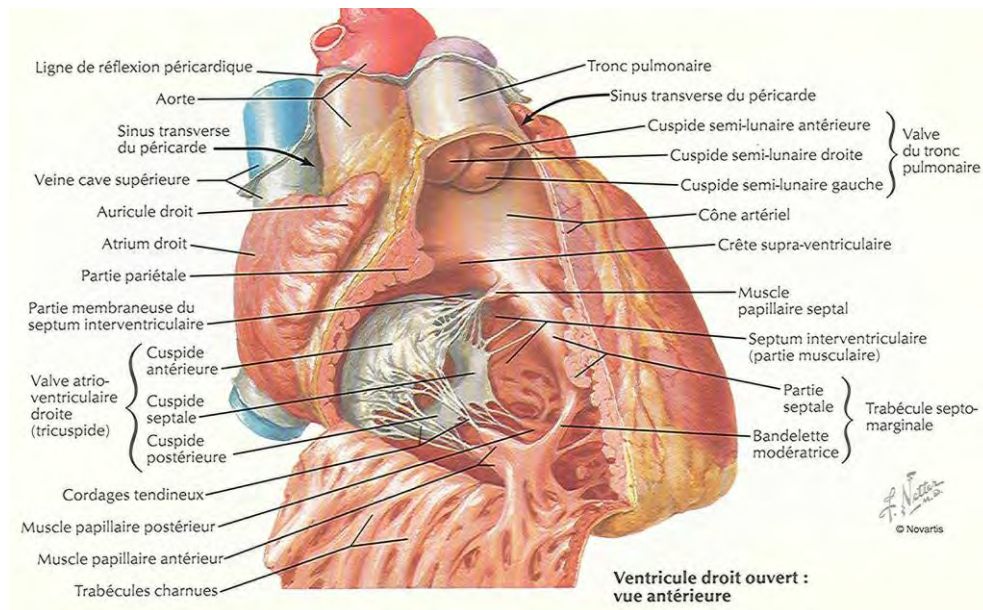


Figure 11. Vue anatomique antérieure du ventricule droit ouvert d'après F. Netter.

La base du VD est occupée par l'ostium atrio-ventriculaire orienté verticalement et l'ostium pulmonaire orienté en haut en arrière et à gauche.

La valve atrio-ventriculaire comprend trois cuspidés, antérieure, postérieure et septale, correspondant aux trois parois du ventricule droit. Les cuspidés reçoivent les cordages tendineux issus des piliers respectifs. L'anneau tricuspide mesure entre 25 et 28mm. Pour délimiter la valve tricuspide sur les coupes en petit axe, le plan quatre cavités est utile car le sillon atrio-ventriculaire dans lequel passe l'artère coronaire droite est facilement repérable.

La valve tricuspide ne doit pas être incluse dans le contourage endocardique car elle ne fait pas partie de la cavité ventriculaire.

Contrairement à la paroi ventriculaire qui est très trabéculée, la paroi de l'atrium droit apparaît lisse (Figure 12).

L'infundibulum pulmonaire ou conus artériel est la chambre d'éjection du ventricule droit. Il s'agit d'une structure tubulaire et musculaire qui est limitée à sa partie supérieure par la valve pulmonaire. Il est séparé de la valve atrio-ventriculaire par le muscle papillaire du cône artériel et la crête supra-ventriculaire. **L'infundibulum pulmonaire doit être inclus dans la mesure des volumes** car il représente une part non négligeable du volume du ventricule droit. Il peut être difficile à délimiter particulièrement dans les cardiopathies congénitales opérées, du fait de la modification de son orientation, et de la mauvaise visualisation de la valve pulmonaire (35).

La valve pulmonaire comprend trois cuspides semi-lunaires, antérieure, postérieure droite et postérieure gauche. L'anneau pulmonaire mesure entre 20 et 22mm. La valve pulmonaire, du fait de son orientation, est souvent difficile à visualiser sur les coupes petit axe. **Il est important de s'attacher à bien repérer la valve pulmonaire pour ne pas inclure à tort le tronc de l'artère pulmonaire dans le contourage endocardique sur les coupes basales.**

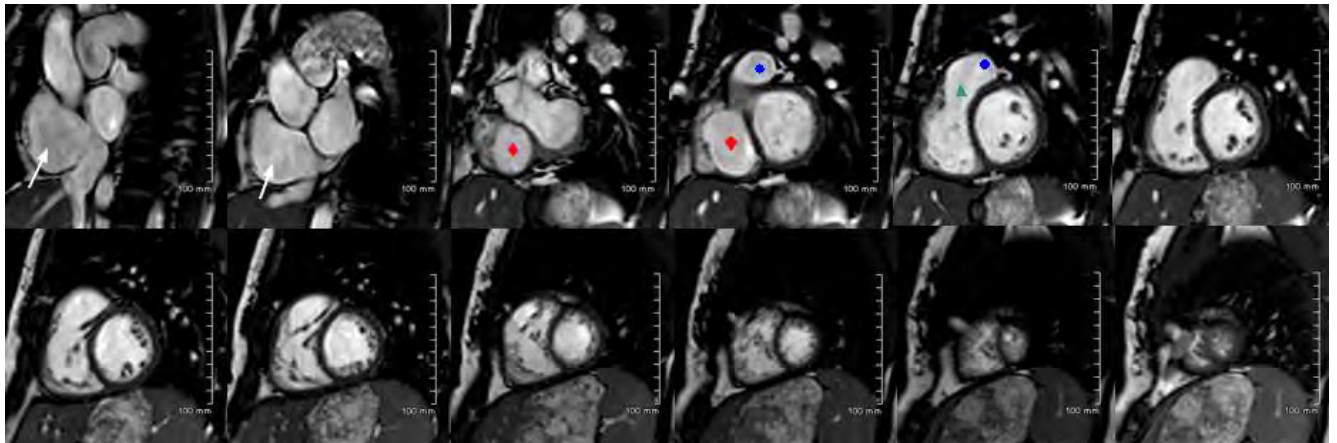


Figure 12. Séquence ciné dans le plan petit axe du ventricule gauche en télédiastole. L'atrium droit (flèche blanche) présente une paroi lisse. La valve tricuspide (losange rouge), le tronc de l'artère pulmonaire (rond bleu), et l'infundibulum pulmonaire (triangle vert) sont bien visualisables. Notez le caractère très trabéculé du ventricule droit.

Rappels sur la contraction du ventricule droit

La fonction principale du ventricule droit est de pomper le sang veineux systémique dans l'artère pulmonaire. Dans une situation normale, le ventricule droit assure un débit cardiaque identique à celui du ventricule gauche (33).

L'organisation des myocytes dans le myocarde du ventricule droit est complexe. On distingue une couche superficielle ou sous-épicaudique avec des fibres globalement concentriques et parallèles au plan de la valve atrio-ventriculaire, et une couche profonde ou sous-endocardique dont les fibres sont orientées longitudinalement (36). Les fibres superficielles sont responsables de la contraction radiale et les fibres profondes de la contraction longitudinale.

La continuité entre les différentes couches musculaires des deux ventricules explique en partie l'interdépendance ventriculaire et la traction du mur libre du ventricule droit lors de la contraction du ventricule gauche.

La contraction longitudinale est la composante la plus importante du ventricule droit, responsable d'une avancée de l'anneau tricuspide vers l'apex qui est fixe.

Le déplacement de la paroi latérale du ventricule droit vers l'intérieur est moins important comparativement au ventricule gauche pour avoir le même volume d'éjection.

Intérêts d'une mesure fiable et reproductible des paramètres fonctionnels du ventricule droit

Dysplasie arythmogène du ventricule droit

La DAVD est une cardiomyopathie d'origine génétique caractérisée par un remplacement fibreux et graisseux du myocarde du ventricule droit. Le diagnostic repose sur un faisceau d'arguments cliniques, électriques, histologiques, génétiques et sur l'imagerie cardiaque. Une mise à jour des critères diagnostiques de la Task Force de 1994 a été proposée récemment, incluant de nouveaux critères diagnostiques notamment pour l'IRM (1, 2). L'association entre une anomalie de la contraction régionale du ventricule droit (akinésie ou dyskinésie) et d'un volume télédiastolique normalisé supérieur à 110mL/m² (homme) ou 100mL/m² (femme) ou d'une fraction d'éjection ventriculaire droite inférieure ou égale à 40% est un critère diagnostique majeur de la DAVD.

Hypertension artérielle pulmonaire

L'HTAP primitive ou secondaire est caractérisée par des lésions obstructives des vaisseaux dans la circulation pulmonaire, responsable d'une augmentation des résistances vasculaires et des pressions dans l'artère pulmonaire. L'adaptation chronique du ventricule droit se traduit par une hypertrophie pariétale et une dilatation. Progressivement, les mécanismes d'adaptation sont dépassés et l'augmentation trop importante de la pré-charge entraîne une insuffisance cardiaque droite létale à court terme. Les paramètres quantitatifs ont un impact pronostique particulièrement important dans l'HTAP (4, 37). En effet, un faible volume d'éjection (<25ml/m²) et une élévation du volume télédiastolique du ventricule droit (>84ml/m²) au moment de la première évaluation de l'HTAP à l'IRM cardiaque étaient associés à une mortalité plus importante à un an dans l'étude de Van Wolferen portant sur 64 patients avec une hypertension artérielle pulmonaire idiopathique (3).

D'autre part, le suivi de l'efficacité de thérapeutique spécialisée peut être en partie jugé sur l'amélioration des paramètres fonctionnels du ventricule droit (14).

Tétralogie de Fallot opérée

Le traitement chirurgical de la tétralogie de Fallot implique des remaniements anatomiques de l'infundibulum et de la valve pulmonaire. La gestion d'une régurgitation pulmonaire chronique est devenue d'une importance capitale chez les survivants dit « tardifs » car elle est responsable d'une dilatation progressive du ventricule droit longtemps asymptomatique et bien tolérée (5). Lorsque les mécanismes de compensation sont dépassés, les symptômes cliniques de l'insuffisance cardiaque droite apparaissent, mais la capacité de récupération en cas de remplacement valvulaire à ce stade apporte peu de bénéfices. La principale difficulté est donc de sélectionner correctement les patients à partir d'un certain seuil de dilatation pour lequel le remplacement valvulaire permet une amélioration ou une prévention de la dégradation de la fonction cardiaque droite. Le seuil généralement admis dans la littérature pour décider d'un remplacement valvulaire est généralement un VTDVD normalisé supérieur ou égal à 160 ml/m² et un VTSVD normalisé supérieur ou égal à 80ml/m² (6, 38).

D'autre part, dans l'étude de Knauth portant sur 88 adultes opérés dans l'enfance d'une tétralogie de Fallot, l'association d'un VTDVD élevé et d'une dysfonction systolique ventriculaire droite (<45%) ou gauche (<50%) était un facteur prédictif indépendant d'évènement cardiaque grave (décès, tachycardie ventriculaire soutenue, progression de l'insuffisance cardiaque vers la classe NYHA III ou IV) (7).

Communication inter-atriale

Les communications inter-atriales représentent environ 10% des cardiopathies congénitales. Elles sont responsables d'un shunt gauche/droit avec dilatation progressive du ventricule droit bien tolérée jusque vers la troisième décennie. Les communications inter-atriales de type ostium secundum sont largement prédominantes. L'IRM cardiaque a un rôle important dans le bilan d'opérabilité pour sa localisation et sa taille et l'association d'un retour veineux pulmonaire anormal. Elle permet de quantifier le shunt en calculant le rapport Qp/Qs et d'évaluer la sévérité de dilatation du ventricule droit. Elle permet enfin de juger de l'efficacité du traitement chirurgical ou percutané en surveillant la diminution progressive des volumes ventriculaires (8, 39).

Cardiomyopathie dilatée

La dysfonction systolique du ventricule droit présente un intérêt pronostique majeur dans la myocardiopathie dilatée. En effet dans l'étude d'Ankur portant sur 250 patients avec une myocardiopathie dilatée non ischémique, la dysfonction systolique du ventricule droit (<45%) était relativement fréquente (34%) et elle était un critère prédictif indépendant de décès toute cause confondue ou de transplantation cardiaque (13).

Cardiopathie ischémique et insuffisance cardiaque chronique

Dans l'étude de Zornoff, la dysfonction systolique du ventricule droit à l'échocardiographie (fraction de raccourcissement <32.2%) chez des patients ayant présenté un infarctus du myocarde et avec une dysfonction systolique gauche modérée, était un facteur prédictif indépendant de décès ou de développement d'une insuffisance cardiaque chronique (11).

Des résultats similaires ont été rapportés par l'équipe de Larose. Dans cette étude sur 147 patients présentant un infarctus du myocarde datant de plus de 30 jours, la présence d'une FEVD inférieure à 40% mesurée à l'IRM cardiaque était un facteur prédictif indépendant de mortalité (12).

Dans l'insuffisance cardiaque chronique, une fraction d'éjection ventriculaire droite conservée à la ventriculographie isotopique était associée à une survie plus importante (9, 10).

Revue de la littérature sur la variabilité de l'estimation des paramètres fonctionnels du ventricule droit à l'IRM cardiaque

STUDY	PARAMETERS	AXIS VIEW and OBSERVERS	POPULATION	RESULTS: parameters responsible for an increase of variability/decrease reproducibility
Alfakih and al.	Comparison of RV volumes between gradient-echo (TGE) and steady-state free precession (SSFP) imaging	Short axis Two experienced observers	31 subjects: - 21 healthy - 10 ischemic heart diseases	SSFP had lower inter-observer variability (SSFP mean bias for EDV -10.1 ± 11.6 versus TGE mean bias for EDV -6.2 ± 18.5) and intra-observer variability (SSFP mean bias for EDV -2.0 ± 6.3 versus TGE mean bias for EDV -6.1 ± 14.8)
Alfakih and al.	Comparison of RV volumes between short and axial axis with SSFP imaging	Short and axial axis Two observers	20 healthy subjects	The axial method had lower intra- and inter-observer variability than the short axis view. Mean bias for volumes and limits of agreement were systematically lower with the axial axis.
Atalay and al.	Comparison of transaxial orientation (TA) short axis (SA) and horizontal axis (HLA) in determining RV volumes and RVEF with piecewise smooth subdivision surface method (PSSS)	TA, SA and HLA were compared Three observers	22 patients with various acquired heart disease	The intraclass correlation coefficients among the 3 readers for EDV, ESV, and EF were 0.92, 0.82, and 0.42 for SA, 0.95, 0.92, and 0.67 for TA, and 0.85, 0.93, and 0.69 for HLA. There were no differences in assessment of RV parameters between TA and PSSS method while HLA underestimated EDV and SA overestimated ESV and had poor interrater reliability for EF.
Clarke and al.	Comparison of axial orientation and short axis in determining RV volumes and RVEF. SV was compared to contrast phase imaging (PCI) in the pulmonary trunk	Short and axial axis Two observers	50 children with congenital heart disease (tetralogy of Fallot, pulmonary stenosis, partial anomalous pulmonary venous return)	Inter-observer reliability for RVESV was better with axial axis, but the magnitude of measurements differences between the two observers was small, -2.8 mL/m^2 . There was no difference in terms of intra-observer reliability. In a subgroup of dilated right ventricle $\text{RVEDV} > 150 \text{ mL/m}^2$, RV SV yielded better agreement with PCI in the pulmonary trunk.
Caudron and al.	Evaluation of intra- and inter-observer variability in the assessment of RV parameters	Short axis Three observers with respectively 3 years' experience, 1 year experience and less than 1 year experience in CMR	60 patients with acquired heart disease	Experience strongly influences the intra- and inter-observer variability in assessment of volumes. Selection of the basal slice and delineation of the endocardial border were major determinants in the variability.
Mooij and al.	Reproducibility of RV and LV volumes and EF in patients with normal and dilated right ventricle	Short axis Two medical student	60 subjects: -20 healthy -20 unrepaired atrial septal defect or partial anomalous pulmonary return -20 repaired TOF	High intra-class correlation coefficients were found for inter-observer (ICC 0.94-0.99) and intra-observer (ICC 0.96-0.99) comparisons of RV and L volume. RV and LV EF measurements were less reproducible (ICC 0.79 - 0.87). The coefficient of variability was higher for RVEDV and RVESV in patients with dilated ventricle in comparison with normal ventricle.
Winter and al.	Evaluation of the inclusion or exclusion of trabeculations and papillary muscles in the assessment of RV volumes	Short axis Two observers	29 patients with right systemic ventricle	The inclusion of papillary muscles and trabeculations was responsible for higher RVEDV and RVESV but a lower coefficient of inter-observer variability for volumes.

Bibliographie

1. Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, Basso C, Bauce B, Bluemke DA, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the task force criteria. *Circulation*. 2010;121(13):1533-41.
2. Tandri H, Macedo R, Calkins H, Marcus F, Cannom D, Scheinman M, et al. Role of magnetic resonance imaging in arrhythmogenic right ventricular dysplasia: insights from the North American arrhythmogenic right ventricular dysplasia (ARVD/C) study. *American heart journal*. 2008;155(1):147-53.
3. van Wolferen SA, Marcus JT, Boonstra A, Marques KM, Bronzwaer JG, Spreeuwenberg MD, et al. Prognostic value of right ventricular mass, volume, and function in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *European heart journal*. 2007;28(10):1250-7.
4. Benza R, Biederman R, Murali S, Gupta H. Role of cardiac magnetic resonance imaging in the management of patients with pulmonary arterial hypertension. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(21):1683-92.
5. Geva T. Repaired tetralogy of Fallot: the roles of cardiovascular magnetic resonance in evaluating pathophysiology and for pulmonary valve replacement decision support. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2011;13:9.
6. Lee C, Kim YM, Lee CH, Kwak JG, Park CS, Song JY, et al. Outcomes of pulmonary valve replacement in 170 patients with chronic pulmonary regurgitation after relief of right ventricular outflow tract obstruction: implications for optimal timing of pulmonary valve replacement. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;60(11):1005-14.
7. Knauth AL, Gauvreau K, Powell AJ, Landzberg MJ, Walsh EP, Lock JE, et al. Ventricular size and function assessed by cardiac MRI predict major adverse clinical outcomes late after tetralogy of Fallot repair. *Heart*. 2008;94(2):211-6.
8. Teo KS, Dundon BK, Molaee P, Williams KF, Carbone A, Brown MA, et al. Percutaneous closure of atrial septal defects leads to normalisation of atrial and ventricular volumes. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2008;10:55.
9. Di Salvo TG, Mathier M, Semigran MJ, Dec GW. Preserved right ventricular ejection fraction predicts exercise capacity and survival in advanced heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 1995;25(5):1143-53.
10. de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C, Nogue O, Marchandise X, Ducloux G, et al. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 1998;32(4):948-54.
11. Zornoff LA, Skali H, Pfeffer MA, St John Sutton M, Rouleau JL, Lamas GA, et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;39(9):1450-5.
12. Larose E, Ganz P, Reynolds HG, Dorbala S, Di Carli MF, Brown KA, et al. Right ventricular dysfunction assessed by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts poor prognosis late after myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(8):855-62.
13. Gulati A, Ismail TF, Jabbour A, Alpendurada F, Guha K, Ismail NA, et al. The prevalence and prognostic significance of right ventricular systolic dysfunction in nonischemic dilated cardiomyopathy. *Circulation*. 2013;128(15):1623-33.
14. Peacock AJ, Crawley S, McLure L, Blyth K, Vizza CD, Poscia R, et al. Changes in right ventricular function measured by cardiac magnetic resonance imaging in patients receiving pulmonary arterial hypertension-targeted therapy: the EURO-MR study. *Circulation Cardiovascular imaging*. 2014;7(1):107-14.

15. Frigiola A, Giamberti A, Chessa M, Di Donato M, Abella R, Foresti S, et al. Right ventricular restoration during pulmonary valve implantation in adults with congenital heart disease. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2006;29 Suppl 1:S279-85.
16. Clarke CJ, Gurka MJ, Norton PT, Kramer CM, Hoyer AW. Assessment of the accuracy and reproducibility of RV volume measurements by CMR in congenital heart disease. *JACC Cardiovascular imaging*. 2012;5(1):28-37.
17. Mooij CF, de Wit CJ, Graham DA, Powell AJ, Geva T. Reproducibility of MRI measurements of right ventricular size and function in patients with normal and dilated ventricles. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*. 2008;28(1):67-73.
18. Sugeng L, Mor-Avi V, Weinert L, Niel J, Ebner C, Steringer-Mascherbauer R, et al. Multimodality comparison of quantitative volumetric analysis of the right ventricle. *JACC Cardiovascular imaging*. 2010;3(1):10-8.
19. Kjaergaard J, Petersen CL, Kjaer A, Schaadt BK, Oh JK, Hassager C. Evaluation of right ventricular volume and function by 2D and 3D echocardiography compared to MRI. *European journal of echocardiography : the journal of the Working Group on Echocardiography of the European Society of Cardiology*. 2006;7(6):430-8.
20. Jenkins C, Chan J, Bricknell K, Strudwick M, Marwick TH. Reproducibility of right ventricular volumes and ejection fraction using real-time three-dimensional echocardiography: comparison with cardiac MRI. *Chest*. 2007;131(6):1844-51.
21. Derclé L, Giraudmillet T, Pascal P, Lairez O, Chisin R, Marachet MA, et al. Is TOMPOOL (gated blood-pool SPECT processing software) accurate to diagnose right and left ventricular dysfunction in a clinical setting? *Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology*. 2014.
22. Huang X, Pu X, Dou R, Guo X, Yan Z, Zhang Z, et al. Assessment of right ventricular function with 320-slice volume cardiac CT: comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2012;28 Suppl 2:87-92.
23. Alfakih K, Thiele H, Plein S, Bainbridge GJ, Ridgway JP, Sivananthan MU. Comparison of right ventricular volume measurement between segmented k-space gradient-echo and steady-state free precession magnetic resonance imaging. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*. 2002;16(3):253-8.
24. Caudron J, Fares J, Lefebvre V, Vivier PH, Petitjean C, Dacher JN. Cardiac MRI assessment of right ventricular function in acquired heart disease: factors of variability. *Academic radiology*. 2012;19(8):991-1002.
25. Alfakih K, Plein S, Bloomer T, Jones T, Ridgway J, Sivananthan M. Comparison of right ventricular volume measurements between axial and short axis orientation using steady-state free precession magnetic resonance imaging. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*. 2003;18(1):25-32.
26. Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *European heart journal*. 2006;27(23):2879-88.
27. Chang SA, Choe YH, Jang SY, Kim SM, Lee SC, Oh JK. Assessment of left and right ventricular parameters in healthy Korean volunteers using cardiac magnetic resonance imaging: change in ventricular volume and function based on age, gender and body surface area. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2012;28 Suppl 2:141-7.
28. Edwards R, Shurman A, Sahn DJ, Jerosch-Herold M, Kilner PJ, Sheehan FH. Determination of right ventricular end systole by cardiovascular magnetic resonance imaging: a standard method of selection. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2009;25(8):791-6.
29. Winter MM, Bernink FJ, Groenink M, Bouma BJ, van Dijk AP, Helbing WA, et al. Evaluating the systemic right ventricle by CMR: the importance of consistent and reproducible delineation of the cavity. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2008;10:40.

30. Strugnell WE, Slaughter I R, Riley RA, Trotter AJ, Bartlett H. Modified RV short axis series--a new method for cardiac MRI measurement of right ventricular volumes. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2005;7(5):769-74.
31. Atalay MK, Chang KJ, Grand DJ, Haji-Momenian S, Machan JT, Sheehan FH. The Transaxial Orientation Is Superior to Both the Short Axis and Horizontal Long Axis Orientations for Determining Right Ventricular Volume and Ejection Fraction Using Simpson's Method with Cardiac Magnetic Resonance. *ISRN cardiology*. 2013;2013:268697.
32. Jorstig SH, Kahari A, Emilsson K, Thunberg P. Calculation of right ventricular stroke volume in short-axis MR images using the equation of the tricuspid plane. *Clinical physiology and functional imaging*. 2012;32(1):5-11.
33. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation*. 2008;117(11):1436-48.
34. Haddad F, Doyle R, Murphy DJ, Hunt SA. Right ventricular function in cardiovascular disease, part II: pathophysiology, clinical importance, and management of right ventricular failure. *Circulation*. 2008;117(13):1717-31.
35. Saremi F, Ho SY, Cabrera JA, Sanchez-Quintana D. Right ventricular outflow tract imaging with CT and MRI: Part 1, Morphology. *AJR American journal of roentgenology*. 2013;200(1):W39-50.
36. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart*. 2006;92 Suppl 1:i2-13.
37. McLure LE, Peacock AJ. Cardiac magnetic resonance imaging for the assessment of the heart and pulmonary circulation in pulmonary hypertension. *The European respiratory journal*. 2009;33(6):1454-66.
38. Oosterhof T, van Straten A, Vliegen HW, Meijboom FJ, van Dijk AP, Spijkerboer AM, et al. Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2007;116(5):545-51.
39. Weber C, Weber M, Ekinici O, Neumann T, Deetjen A, Rolf A, et al. Atrial septal defects type II: noninvasive evaluation of patients before implantation of an Amplatzer Septal Occluder and on follow-up by magnetic resonance imaging compared with TEE and invasive measurement. *European radiology*. 2008;18(11):2406-13.

AUTEUR : Giraudmaillet Thomas

DIRECTEUR DE THESE : Docteur Marie-Agnès Marachet

LIEU ET DATE DE SOUTENANCE : Toulouse le 22/10/2014

TITRE en FRANCAIS : Estimation de la fonction du ventricule droit à l'IRM cardiaque : facteurs responsables d'une augmentation de la variabilité inter-observateur

RESUME en FRANCAIS

Objectif : identifier les facteurs responsables d'une augmentation de la variabilité inter-observateur (VIO) de la FEVD à l'IRM cardiaque chez des patients présentant une cardiopathie chronique acquise ou congénitale.

Patients et méthodes : 94 patients ont été inclus. La FEVD était mesurée par contourage endocardique manuel pour le ventricule droit par deux radiologues en aveugle. Les caractéristiques cliniques, fonctionnelles, anatomiques et étiologiques étaient recueillies. La VIO relative était définie comme la différence entre les mesures des deux observateurs divisée par leur moyenne et exprimée en pourcentage.

Résultats : La VIO relative moyenne pour la FEVD était $12\pm 14\%$ (n=94). Les facteurs responsables d'une augmentation significative de la VIO relative étaient la présence d'une régurgitation droite (20%; n=27), d'une myocardiopathie dilatée (20%; n=24), une FEVD<45% (20%; n=32), un DTSVG>41mm (18%; n=30), ou d'une régurgitation gauche (18%; n=27).

Conclusion: Pour le suivi des cardiopathies acquises ou congénitales, un changement de la FEVD doit être interprété avec précaution du fait d'une augmentation de la VIO relative quand il existe une valvulopathie droite ou gauche, une dilatation du VG ou une dysfonction systolique.

TITRE en ANGLAIS : Estimation of right ventricular function on cardiac MRI: factors responsible for an increased inter-observer variability

RESUME en ANGLAIS

Purpose: identify the parameters responsible for an increased inter-observer variability (IOV) of the RVEF in a cohort of patients with acquired or congenital heart diseases.

Materials and Methods: 94 were included and performed cardiac MRI. Two blinded radiologists calculated RVEF with manual endocardial contouring method. The IOV was estimated in various subgroup based on morphological, clinical, functional and etiological characteristics. IOV was defined as the difference between the two calculated measurements normalized to their average and expressed as a percentage.

Results: RVEF mean IOV was $12\pm 14\%$ (n=94). The factors that most influence the IOV were right valve heart disease (20%; n=27), dilated cardiomyopathy (20%; n=24), RVEF<45% (20%; n=32), EDDVG>41mm (18%; n=30) and left valve heart disease (18%; n=27).

Conclusion: For the follow-up of patient with acquired or congenital heart diseases, a change in RVEF should be interpreted cautiously due to a significant relative IOV, especially in case of non-experimented-observer, valve disease, altered ejection fraction and enlargement of the left ventricle.

MOTS-CLES : IRM cardiaque, fraction d'éjection, ventricule droit, variabilité

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Radiodiagnostic et Imagerie Médicale

UNIVERSITE TOULOUSE III-Paul SABATIER, Faculté de Médecine Toulouse-Purpan-37, Allées Jules Guesdes-BP 7202-31073 Toulouse Cedex 7