



**HAL**  
open science

# Évaluation du strain longitudinal global rapide du ventricule droit en IRM cardiaque pour la quantification de la fraction d'éjection dans la cardiomyopathie dilatée

Andy Rakotoarisolo

## ► To cite this version:

Andy Rakotoarisolo. Évaluation du strain longitudinal global rapide du ventricule droit en IRM cardiaque pour la quantification de la fraction d'éjection dans la cardiomyopathie dilatée. Médecine humaine et pathologie. 2023. <dumas-04145352>

**HAL Id: dumas-04145352**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04145352v1>**

Submitted on 29 Jun 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License



UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

**FACULTE DE MEDECINE**

Année 2023

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Evaluation du strain longitudinal global rapide du ventricule droit en IRM cardiaque pour la quantification de la fraction d'éjection dans la cardiomyopathie dilatée**

N° 2023 - 20

RADIOLOGIE ET D'IMAGERIE MEDICALE

Présentée et soutenue publiquement le 20 Mars 2023 en salle des thèses

**Par Andy RAKOTOARISOLO**

**JURY**

**Président :**

Monsieur le Professeur Gabriel CHOUKROUN

**Assesseurs :**

Monsieur le Professeur Thierry YZET

Monsieur le Docteur Jérémie VIAL

**Directeur de thèse :**

Monsieur le Docteur Cédric RENARD



# Remerciements

Au Président du jury,

**Monsieur le Professeur Gabriel CHOUKROUN,**

*Professeur des Universités-Praticien Hospitalier (Néphrologie)*

*Doyen, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche de Médecine d'AMIENS*

*Chef du service de Néphrologie, Médecine interne, Dialyse, Transplantation (Pôle D.R.I.M.E)*

Vous me faites le grand honneur de juger mon travail et de présider le jury de cette thèse.

Merci pour votre investissement et votre engagement dans la formation des étudiants en médecine d'Amiens.

Veillez trouver ici la marque de ma gratitude et de mon profond respect.

**À Monsieur le Professeur Thierry Yzet,**

*Professeur Associé de Radiologie*

*CHU AMIENS*

Vous me faites l'honneur de siéger à mon jury de thèse et de juger mon travail.

Recevez mes plus sincères remerciements et ma profonde gratitude.

**À Monsieur le Docteur Jérémie Vial,**

*Praticien Hospitalier au CHU AMIENS,*

*(Radiologie)*

Je te remercie de m'avoir fait l'honneur de siéger à mon jury de thèse et de juger mon travail.

Reçois l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À mon directeur de Thèse,

**Monsieur le Docteur Cédric Renard,**

*Praticien Hospitalier*

*(Radiologie et Imagerie médicale)*

*Imagerie cardiaque, thoracique et vasculaire,*

Je te remercie de m'avoir fait l'honneur de m'encadrer pour ce travail de thèse.

Merci d'avoir toujours été disponible pour m'orienter et m'aider.

Reçois l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance :

**À Fy,**

Tu seras le dernier à lire cette thèse. Mais tu es le premier à être remercié aujourd'hui. Je t'aime. Nous y sommes presque.

**À mes parents,**

Merci de tout ce que vous avez fait pour Fy et de l'amour dont vous faites preuve. Profitez de la lecture de ce travail que j'ai fait en pensant tout particulièrement à vous. J'espère avoir plus de temps pour vous lors des prochains mois.

**À Mirana et Mihamina,**

Merci de la générosité dont vous faites preuve. Vous avez toujours été là dans les moments les plus difficile et cette thèse c'est aussi un peu la vôtre.

**À Pierre-Evan,**

Merci mon pépère de me faire rire en toute circonstance. Ne lâche rien, quoi qu'en dise les autres. Ecoute ta maman, elle t'aime comme la prunelle de ses yeux.

**À Jo,**

Merci de t'occuper aussi bien de Mihamina et Pierre-Evan, de ta générosité et de tes conseils toujours avisés.

**À Assia.**

**À Malek, mon frère,**

Merci de m'avoir porté jusqu'ici. Peu de mots mais une très grande reconnaissance.

**À l'ensemble des médecins avec qui j'ai pu travailler, de Paris à Amiens en passant par Saint-Quentin, Compiègne et Soissons :**

Merci de m'avoir fait grandir en tant que médecin mais aussi en tant que personne.

**À Monsieur Bouzerar,**

Pour votre aide tout au long de ce travail.

**À l'ensemble de mes camarades de fac, de Paris et d'Amiens,**

Merci d'avoir été présents tous les jours que ce soit à la BU, à la fac ou à l'hôpital. Mes stages n'auraient pas été les mêmes sans vous.

**À l'ensemble de mes co-internes à Amiens,**

Merci à tous pour ces 4 dernières années, pour les fous rires, les cafés et les moments passés ensemble.



# Abréviations

<b>CHU</b>	Centre Hospitalier Universitaire
<b>CMD</b>	Cardiomyopathie dilatée
<b>DCM</b>	<i>Dilated cardiomyopathy</i>
<b>ECG</b>	Electrocardiogramme
<b>ESC</b>	European Society of Cardiology
<b>ETT</b>	Echographie trans-thoracique
<b>FAC</b>	<i>Fractionnal Area Change</i>
<b>FEVD</b>	Fraction d'éjection du ventricule droit
<b>FEVG</b>	Fraction d'éjection ventriculaire gauche
<b>FGLS</b>	<i>Fast Global Longitudinal Strain</i>
<b>FRS</b>	Fraction de Raccourcissement en Surface
<b>HNDC</b>	Cardiomyopathie Hypokinétique Non Dilatée
<b>hsCRP</b>	<i>High sensibility C Reactive Proteine</i>
<b>IMC</b>	Indice de Masse Corporelle
<b>IRM</b>	Imagerie par résonance magnétique
<b>ROI</b>	<i>Region of interest</i> = Région d'intérêt
<b>RVEF</b>	<i>Right Ventricular Ejection Fraction</i>
<b>STD</b>	Surface télédiastolique
<b>STS</b>	Surface télésystolique
<b>TAD</b>	<i>Tricuspid Annular Displacement</i>
<b>TAPSE</b>	<i>Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion</i>
<b>TMAD</b>	<i>Tissue Motion annular displacement</i>
<b>TSH</b>	<i>Thyroid Stimulating Hormone</i>
<b>TTE</b>	<i>Transthoracic echocardiography</i>
<b>VD</b>	Ventricule droit
<b>VIH</b>	Virus d'Immunodéficience Humaine
<b>VTD</b>	Volume télédiastolique
<b>VTS</b>	Volume télésystolique

# Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>15</b>
1 Introduction générale.....	15
2 Cardiomyopathie dilatée .....	15
2.1 Généralités .....	15
2.2 Physiopathologie .....	16
2.3 Tableau clinique .....	16
2.4 Examens d'imagerie .....	17
2.4.1 Radiographie de thorax .....	17
2.4.2 Echographie trans-thoracique.....	17
2.4.3 IRM cardiaque.....	18
2.4.4 Tomographie par Emission de Positons (TEP) .....	18
2.4.5 Coronarographie.....	18
2.5 Autres examens complémentaires .....	18
2.6 Etiologies .....	19
2.7 Prise en charge.....	20
2.7.1 Traitement étiologique .....	20
2.7.2 Traitement médical de l'insuffisance cardiaque.....	20
2.7.3 Défibrillateur implantable et resynchronisation.....	21
2.7.4 Transplantation cardiaque .....	21
2.8 Complications.....	21
2.9 Pronostic .....	21
3 Rappels anatomiques sur le ventricule droit et sa contraction .....	21
3.1 Anatomie du ventricule droit.....	21
3.2 Contraction du ventricule droit.....	23
4 Techniques d'évaluation de la FEVD .....	23

4.1	Echocardiographie .....	23
4.1.1	Fraction de raccourcissement en surface (FRS) du ventricule droit .....	23
4.1.2	Excursion Systolique du Plan de l'anneau Tricuspidé (TAPSE) .....	24
4.1.3	Pic de l'onde S à l'anneau tricuspide en mode Doppler tissulaire pulsé.....	25
4.1.4	Mesure du déplacement de l'anneau tricuspide .....	25
4.2	IRM cardiaque .....	26
4.3	Limites des différentes techniques .....	27
5	Objectifs .....	27
<b>Matériel et méthodes .....</b>		<b>29</b>
1	Population de l'étude.....	29
1.1	Critères d'inclusion.....	29
1.2	Critères d'exclusion secondaire.....	29
2	Critères de jugement.....	30
2.1	Critère de jugement principal .....	30
2.2	Critères de jugement secondaires .....	30
3	Acquisition IRM.....	30
4	Analyse des données .....	31
4.1	FEVD selon la technique de référence .....	31
4.2	Mesures du strain longitudinal global rapide du VD et du TAD.....	32
4.3	Fraction de Raccourcissement en Surface (FRS) du ventricule droit.....	33
5	Analyse statistique.....	34
<b>Résultats .....</b>		<b>35</b>
1	Description de la population .....	35
2	Evaluation semi-quantitative de la FEVD en IRM .....	36
3	Comparaison de la mesure des volumes et de la fraction d'éjection du ventricule droit .	39
<b>Discussion.....</b>		<b>41</b>
1	Mesure du FGSL .....	41

2	Analogie avec le ventricule gauche.....	43
3	Mesure du TAD.....	44
4	Autres méthodes semi-quantitatives.....	45
5	Limites.....	46
	<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>
	<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>50</b>
	<b>Liste des figures .....</b>	<b>51</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>53</b>



# Introduction

## 1 Introduction générale

La cardiomyopathie dilatée (CMD) est une des causes les plus fréquentes d'insuffisance cardiaque et reste la première cause de transplantation cardiaque [1]. Des études ont montré que la dégradation de la fraction d'éjection du ventricule droit (FEVD) est un facteur pronostic péjoratif dans l'évolution de la maladie [2].

La mesure de la FEVD a toujours été complexe, du fait de la géométrie particulière du ventricule droit (VD), de sa position anatomique mais aussi de l'importance des trabéculations ventriculaires qui rendent sa délimitation parfois difficile et ce, quelle que soit la technique d'imagerie utilisée [3].

L'échographie cardiaque trans-thoracique (ETT) reste l'imagerie la plus accessible. Plusieurs techniques d'estimation semi-quantitative de la FEVD ont été développées en pratique courante [4].

L'IRM cardiaque est quant à elle la technique d'imagerie de référence, que ce soit pour l'analyse des fonctions ventriculaires ou pour l'analyse pariétale. Néanmoins, la technique de référence de la mesure de la FEVD en IRM cardiaque présente tout de même quelques limites comme les biais de mesure liés au contourage manuel par l'opérateur ou le temps important nécessaire à la réalisation des mesures [5,6]. Il peut être intéressant de trouver une méthode d'évaluation rapide de la FEVD en IRM, corrélée à la mesure volumétrique de référence.

## 2 Cardiomyopathie dilatée

### 2.1 Généralités

La cardiomyopathie dilatée est définie par une dilatation du ventricule gauche ou biventriculaire associée à une dysfonction ventriculaire en l'absence de pathologie coronarienne ou de conditions de charge anormales [7].

La dilatation ventriculaire est définie par un volume ou un diamètre télédiastolique supérieur à deux écarts types par rapport à la normale, selon les normes corrigées par la surface corporelle et le sexe [8].

Depuis 2016, l'European Society of Cardiology (ESC) propose l'ajout des cardiomyopathies hypokinétiques non dilatées (HNDC). Elles correspondent à une dysfonction systolique globale ventriculaire ou bi-ventriculaire sans dilatation. Elles ne sont pas expliquées par des conditions de charge anormales ou par une maladie coronarienne. Ces patients présentent un phénotype typique de CMD en dehors de la dilatation [8].

Par ailleurs, la CMD a une prévalence estimée entre 1/250 et 1/500 dans la population générale selon l'ESC [7]. Selon plusieurs études, il existe un risque plus élevé chez les hommes noirs comparativement aux hommes blancs de développer cette maladie [9].

## **2.2 Physiopathologie**

Dans le cadre d'une CMD, il n'est ainsi pas retrouvé de troubles pouvant provoquer une dilatation ventriculaire secondaire, comme une coronaropathie grave, une hypertension artérielle ou une valvulopathie [10].

Ainsi, quelle que soit la cause de l'atteinte myocardique, la contractilité ventriculaire diminuera, réduisant ainsi le volume d'éjection, qui sera à l'origine d'une dilatation ventriculaire, avec ou sans amincissement de paroi en compensation.

L'ensemble de ce tableau peut être secondairement à l'origine d'une insuffisance valvulaire et/ou d'une dilatation atriale.

L'atteinte est bi-ventriculaire chez la plupart des patients, et dans de rares cas uni-ventriculaire gauche ou droite [2].

## **2.3 Tableau clinique**

La CMD est habituellement progressive, en dehors de rares cas de CMD aiguë.

La dysfonction du ventricule gauche est à l'origine d'une dyspnée d'effort et d'une asthénie secondaire à une diminution du débit cardiaque. Par ailleurs, certains patients se plaignent de douleurs thoraciques atypiques [11].

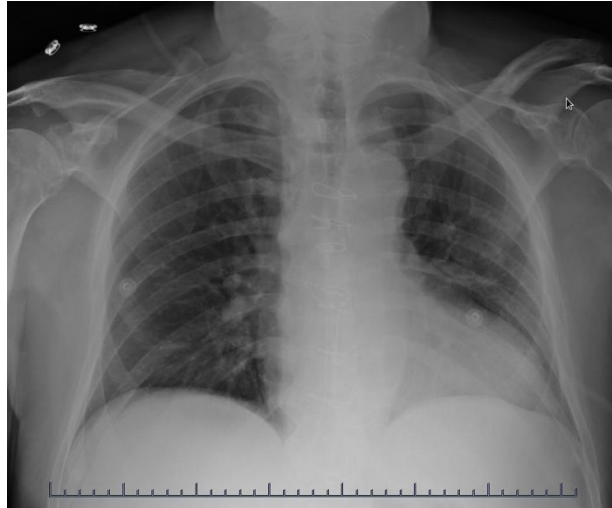
De plus, l'insuffisance ventriculaire droite cause des œdèmes périphériques ainsi qu'une turgescence des veines jugulaires. Dans le cadre d'une atteinte prédominante ventriculaire droite (patients jeunes surtout), les troubles du rythme auriculaire ainsi que la mort subite secondaire à des tachyarythmies ventriculaires malignes sont alors possibles.

## 2.4 Examens d'imagerie

### 2.4.1 Radiographie de thorax

La radiographie de thorax de face montre des signes de cardiomégalie globale (Figure 1).

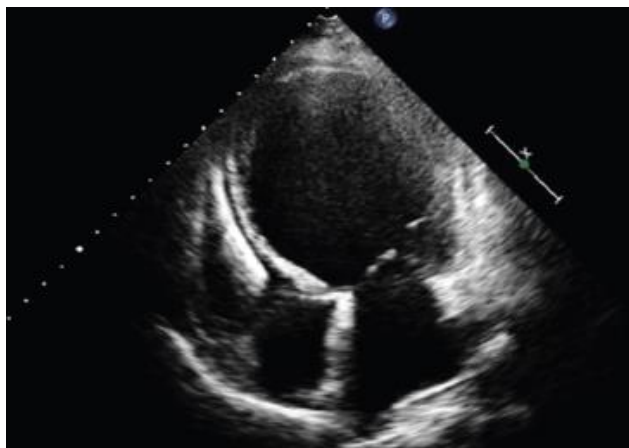
Un épanchement pleural est souvent associé aux signes d'hypertension veineuse pulmonaire et d'œdème interstitiel [7].



*Figure 1: Radiographie de thorax de face : cardiomégalie*

### 2.4.2 Echographie trans-thoracique

L'ETT retrouve habituellement une hypokinésie du ventricule gauche et/ou des deux ventricules qui sont dilatés et élimine une anomalie valvulaire primaire. Une atteinte inégalement répartie de la CMD peut être à l'origine d'anomalies segmentaires du mouvement ventriculaire. L'échographie peut également retrouver un thrombus mural au sein de l'un des deux ventricules [12,13].



*Figure 2 : Echographie trans-thoracique : Dilatation du ventricule gauche (d'après [14])*

### **2.4.3 IRM cardiaque**

L'IRM cardiaque est utile pour la caractérisation détaillée de la morphologie et de la fonction des cavités cardiaques. L'étude des séquences de rehaussement tardif apporte des informations dans le bilan étiologique mais aussi pronostique à la recherche d'une fibrose de remplacement [7].

L'IRM est l'examen de référence pour la mesure des volumes et fractions d'éjection ventriculaires droite et gauche ainsi que pour leur analyse segmentaire.

Dans la CMD, la fonction ventriculaire droite est un des facteurs pronostique [5]. L'IRM cardiaque est recommandée dans le bilan d'évaluation initiale de toute CMD [7].

### **2.4.4 Tomographie par Emission de Positons (TEP)**

La tomographie par émission de positons est essentiellement utile dans le diagnostic de sarcoïdose cardiaque [15].

### **2.4.5 Coronarographie**

Une coronarographie peut être réalisée pour éliminer une atteinte coronaire comme cause de la dysfonction ventriculaire gauche en cas de doute diagnostic. L'examen sera réalisé préférentiellement chez les patients présentant des douleurs thoraciques ou plusieurs facteurs de risque cardiovasculaire [7].

## **2.5 Autres examens complémentaires**

En cas de CMD sans cause retrouvée, l'anamnèse familiale est importante. Il faut identifier les membres de la famille qui ont, ou ont eu : une maladie cardiaque, une insuffisance cardiaque, une mort subite. Un dépistage des membres de la famille du premier degré peut être réalisé à la recherche d'une anomalie cardiaque (ETT par exemple). La CMD est ensuite considérée comme familiale s'il existe deux autres cas au sein de la famille (1<sup>er</sup> ou 2<sup>ème</sup> degré), ou si il est constaté une mort subite chez un membre de la famille au 1<sup>er</sup> degré à moins de 50 ans (avec autopsie prouvant le diagnostic) [7].

De plus, certaines explorations biologiques sont réalisées dans le cadre du bilan étiologique et pronostique. Les marqueurs cardiaques sont systématiquement mesurés, surtout en cas de symptômes aigus ou de douleurs thoraciques. Le taux du peptide natriurétique de type B (BNP) est souvent élevé du fait de l'insuffisance cardiaque. La ferritine sérique et la capacité de fixation du fer ainsi que les taux de TSH (*Thyroid Stimulating Hormone*) sont aussi mesurés. Il

faut aussi réaliser une mesure du débit de filtration glomérulaire ainsi qu'un bilan hépatique et une numération formule sanguine. Un bilan auto-immun est également réalisé : hsCRP (*high sensibility C Reactive Protein*), anticorps antinucléaires [7].

Afin de diagnostiquer les causes spécifiques apparentes qui peuvent être potentiellement traitées, des recherches infectiologiques comme des tests sérologiques (*Trypanosoma cruzi*, Cocksackievirus, virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et échovirus entre autres) peuvent être effectués dans les cas suspects [7].

Par ailleurs, l'ECG permet la recherche d'une tachycardie sinusale ou d'extrasystoles ventriculaires. Parfois, des ondes Q pathologiques sont visualisées dans les dérivations antérieures. Un bloc de branche gauche et une fibrillation auriculaire sont fréquents.

Il est aussi recommandé de réaliser un holter-ECG de 24 à 48h [7].

## 2.6 Etiologies

Les étiologies connues des CMD sont multiples et peuvent être catégorisées en [7] :

- Mutations génétiques : hémochromatose par exemple ;
- Désordres neuro-musculaires : myopathie de Duchenne notamment ;
- Désordres syndromiques : maladies liées à l'X, mitochondriales ;
- Maladies acquises : infections, maladies auto-immunes, toxiques, médicaments, grossesse ;
- Idiopathique.

Ainsi, plus de 20 virus sont reconnues comme étiologies possible de CMD :

- Régions tempérées : le virus coxsackie B est le plus fréquent ;
- Amérique Centrale et du Sud : *Trypanosoma cruzi* est la plus fréquente (maladie de Chagas) ;
- Infection par le VIH.

Parmi les substances toxiques, sont retrouvées en particulier l'alcool, certains solvants organiques, le fer mais aussi certains médicaments de chimiothérapies (cyclines, trastuzumab).

Des facteurs génétiques jouent également un rôle jusqu'à 40% des cas, avec plus de 60 gènes et loci impliqués [7].

En 2019, l'ESC a proposé une classification étiologique de la CMD (Figure 3).

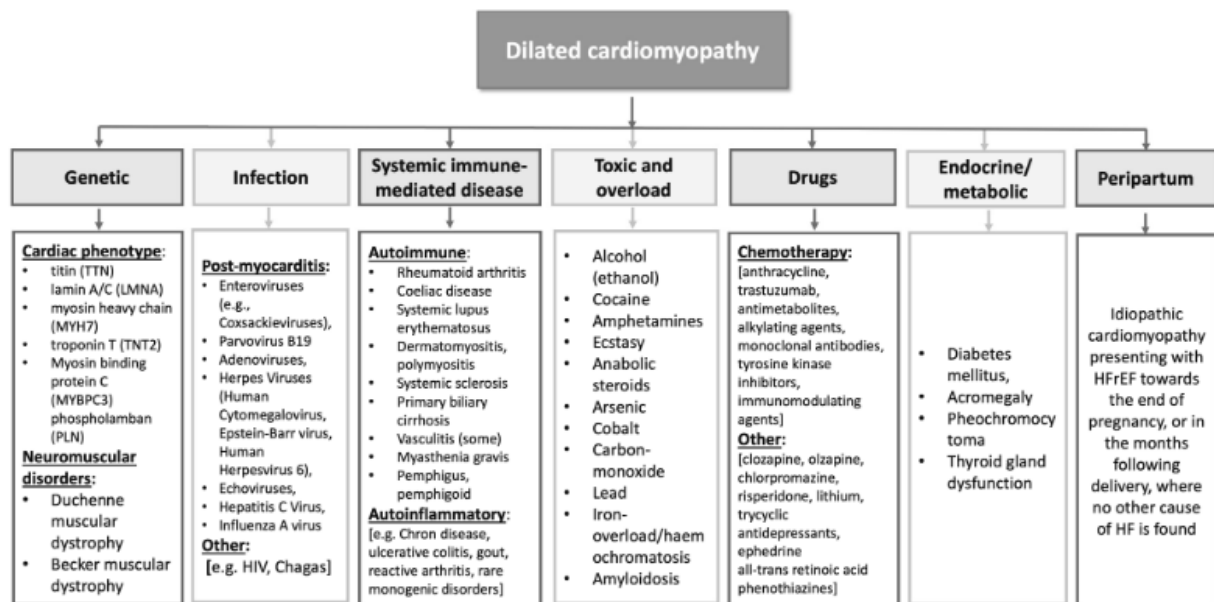


Figure 3 : Classification étiologique de la CMD proposée par l'ESC en 2019 (d'après [16])

## 2.7 Prise en charge

### 2.7.1 Traitement étiologique

Il est important de le mettre en place lorsque cela est possible comme par exemple dans la maladie de Chagas, la thyrotoxicose, ou encore le bérubéri. Les patients infectés par le VIH doivent avoir un traitement antirétroviral selon les recommandations [16,17].

Les immunosuppresseurs sont indiqués dans le cadre des myocardites à cellules géantes, à éosinophiles ou de la sarcoïdose cardiaque [16].

### 2.7.2 Traitement médical de l'insuffisance cardiaque

Le traitement est le même que celui des autres causes d'insuffisance cardiaque avec l'utilisation de bêtabloquants, d'antiagrégants plaquettaires, de statines, d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion, d'inhibiteurs des récepteurs de l'angiotensine II, d'inhibiteurs de la protéine sodium glucose cotransporteur 2 et de diurétiques.

Le contrôle des autres facteurs de risque cardio-vasculaires est aussi primordial dans la prise en charge des patients.

Il est à noter que les patients atteints de CMD sont globalement de bons répondeurs aux traitements standards de l'insuffisance cardiaque [7].

### **2.7.3 Défibrillateur implantable et resynchronisation**

Le défibrillateur implantable est indiqué chez les patients qui continuent de présenter une fraction d'éjection réduite (FEVG < 35%) malgré un traitement médical optimal. La resynchronisation cardiaque est envisagée si le patient présente un intervalle QRS élargi avec FEVG basse (< 35%) et des symptômes sévères malgré un traitement médical optimisé [7].

### **2.7.4 Transplantation cardiaque**

Les patients atteints d'insuffisance cardiaque réfractaire malgré le traitement peuvent être candidats à une transplantation cardiaque. Les critères d'éligibilité sont l'absence de troubles psychiatriques et de maladies générales associées. Les patients jeunes sont souvent priorités au vu du faible nombre de donneurs [18].

## **2.8 Complications**

Suite à la stase sanguine provoquée par une importante dilatation et au dysfonctionnement ventriculaire, des thrombus muraux peuvent se former. Des troubles du rythme ventriculaire compliquent souvent la myocardite aiguë et les formes tardives chroniques. Ils peuvent être à l'origine d'une mort subite.

En cas de dilatation de l'oreillette gauche, une fibrillation atriale est fréquente.

L'ensemble des complications liées à l'insuffisance cardiaque sont ainsi possibles (œdème aigu pulmonaire par exemple) [11].

## **2.9 Pronostic**

Il est globalement mauvais dans la CMD, bien qu'en amélioration grâce aux traitements de l'insuffisance cardiaque. Au cours de la première année, la mortalité est estimée à 25-30% avec une survie à 5 ans estimée à 50% [19].

## **3 Rappels anatomiques sur le ventricule droit et sa contraction**

### **3.1 Anatomie du ventricule droit**

Le ventricule droit présente une forme complexe, triangulaire en grand axe, en forme de croissant sur son petit axe et qui s'enroule autour du ventricule gauche. Sa position est plus antérieure comparativement au ventricule gauche. Il est positionné en sous-sternal. Il est séparé

du ventricule gauche par le septum interventriculaire, qui est physiologiquement convexe dans le ventricule droit lors du cycle cardiaque [3].

La cavité ventriculaire droite peut être divisée en deux parties : la chambre d'admission (ou de remplissage) et la chambre de chasse (conus). La chambre d'admission et le conus sont séparés par l'éperon de Wolff.

Sous l'anneau tricuspide est localisée la chambre d'admission, de forme pyramidale. Elle est à l'origine de plus de 85 % du volume d'éjection et est responsable de la pression motrice.

En avant de la chambre d'admission du ventricule gauche, la chambre de chasse passe verticalement et se termine par la valve pulmonaire. C'est un conduit riche en récepteurs bêta-adrénergiques, qui permet de réguler l'entrée de la circulation pulmonaire.

Les piliers musculaires sont localisés sur les parois de la chambre d'admission, sur lesquels s'attachent les cordages tendineux des trois valves tricuspides (Figure 4).

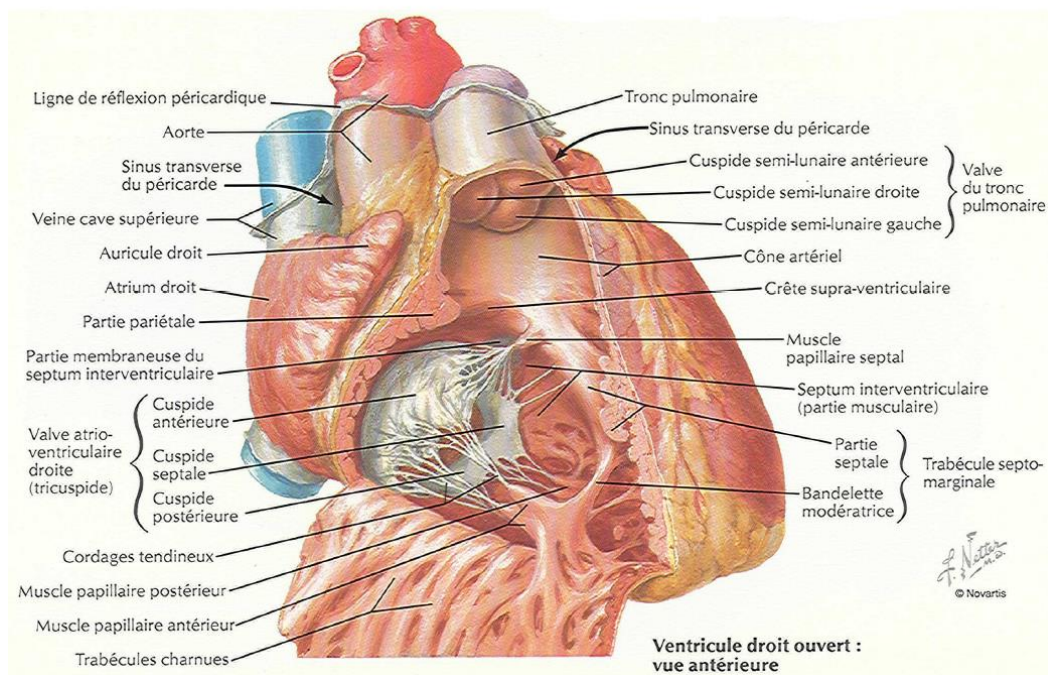


Figure 4 : Anatomie du ventricule droit (d'après [20])

## 3.2 Contraction du ventricule droit

La contraction du ventricule droit est considérée comme péristaltique ou séquentielle. Une transmission de pressions trop élevées au niveau pulmonaire est évitée par ce mécanisme [3].

La contraction des fibres musculaires longitudinales au niveau de la chambre de remplissage est initiatrice de la contraction ventriculaire droite. Au cours de la contraction de la chambre d'admission, une dilatation de la chambre de chasse ainsi que de la portion initiale de l'artère pulmonaire sont observées. Cette partie représente 80% de la contraction à elle seule.

Par la suite, la chambre de chasse se contracte par propagation avec un délai de 30 à 50 millisecondes. Ce dernier varie selon la stimulation vagale (augmentation du délai) ou sympathique (diminution du délai).

De plus, au cours de la systole, il est visualisé un raccourcissement du ventricule droit en petit axe. Il est majoritairement secondaire à la contraction du ventricule gauche mais aussi à une petite contraction de la paroi libre du ventricule droit vers le septum interventriculaire.

Par ailleurs, la rotation anti-horaire de 20 à 25 degrés du ventricule droit joue aussi un rôle dans la contraction mais il est beaucoup moins important comparativement au ventricule gauche [21].

## 4 Techniques d'évaluation de la FEVD

### 4.1 Echocardiographie

#### 4.1.1 Fraction de raccourcissement en surface (FRS) du ventricule droit

Elle est réalisable sur une coupe apicale 4 cavités, en mesurant la surface télédiastolique (STD) et télésystolique (STS) selon la formule :

$$FRS (\%) = \frac{(STD - STS) \times 100}{STD}$$

Sa valeur normale est de 46 +/- 7% (Figure 5).

En ETT, elle a montré une bonne corrélation avec la FEVD mesurée selon la technique de référence en IRM cardiaque. Une FRS (ou FAC pour Fractional Area Change) mesurée à moins de 39% est considérée comme pathologique. La principale limite de la FRS en échographie est sa reproductibilité inter-observateur [4].

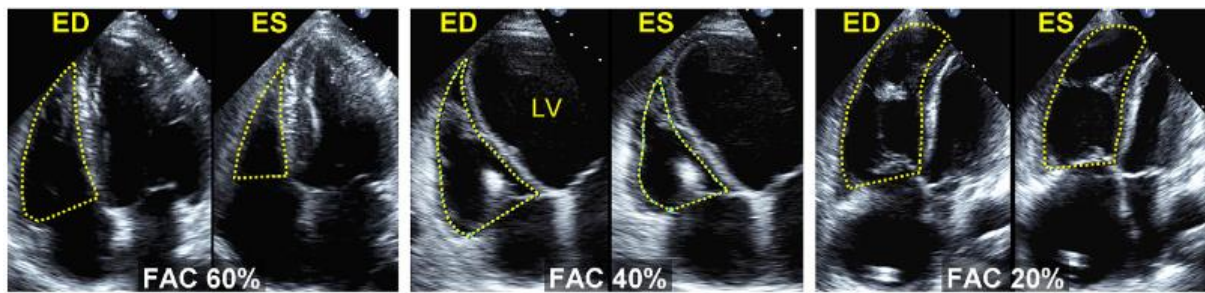


Figure 5 : Mesure de la FRS en ETT. Exemples de mesure de la FRS (Fractionnal Area Change : FAC) par contourage endocardique en télésystole (ES) et télédiastole (ED) chez 3 patients avec des FRS à 20, 40 et 60% (d'après [4])

#### 4.1.2 Excursion Systolique du Plan de l'anneau Tricuspide (TAPSE)

Elle correspond au déplacement longitudinal du bord latéral de la valve tricuspide vers l'apex du ventricule droit. En ETT, sa mesure se fait entre l'apex et l'insertion latérale de l'anneau tricuspide sur une coupe apicale quatre cavités (Figure 6). Une valeur inférieure à 17 mm est corrélée à une dysfonction systolique du ventricule droit. La TAPSE est une technique dépendante de l'angle de mesure qui peut être à l'origine de variations significatives [4].

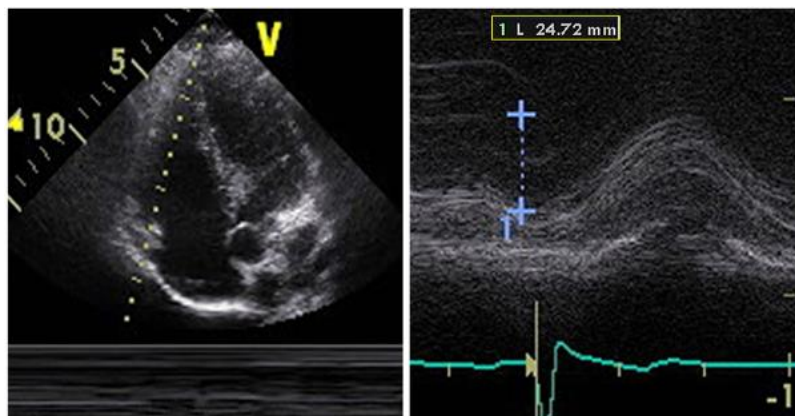


Figure 6 : Mesure du TAPSE en ETT (d'après [4]) : Repérage de l'apex du VD et de l'insertion latérale de l'anneau tricuspide en vue apicale 4 cavités puis mesure du TAPSE en mode TM.

### 4.1.3 Pic de l'onde S à l'anneau tricuspide en mode Doppler tissulaire pulsé

Le pic de l'onde S à l'anneau tricuspide est mesuré en mode Doppler tissulaire pulsé sur une coupe apicale quatre cavités au niveau du segment basal de la paroi libre du ventricule droit (Figure 7). La mesure est facile et reproductible. Une vitesse inférieure à 9,5 cm/sec indique une dysfonction ventriculaire droite. Ce paramètre a pour principale limite son angle dépendance lors de la mesure.

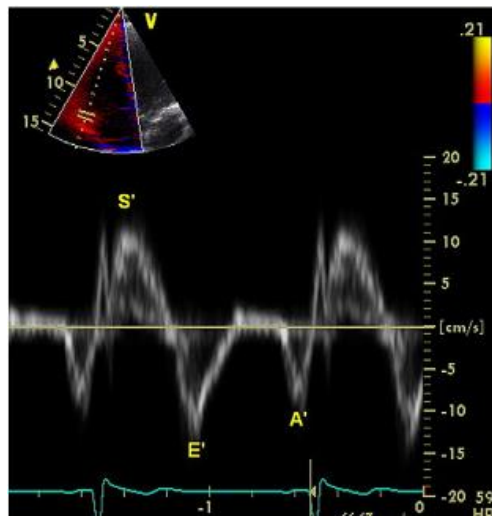


Figure 7 : Mesure du pic de l'onde S à l'anneau tricuspide en mode Doppler tissulaire pulsé (d'après [4])

### 4.1.4 Mesure du déplacement de l'anneau tricuspide

Le TMAD (*Tissue Motion Annular displacement*) ou TAD (*Tricuspid annular Displacement*) est un indice échographique plus récent qui permet de mesurer le déplacement de l'anneau tricuspide.

En ETT, la mesure du TMAD est réalisée sur une coupe apicale quatre cavités en positionnant trois régions d'intérêt (ROI) : une à l'apex du ventricule droit, la deuxième à l'insertion latérale de l'anneau tricuspide et la dernière à l'insertion septale de l'anneau. Le logiciel de l'échographe suit automatiquement le déplacement des points placés sur l'insertion de l'anneau tricuspide. Il calcule le déplacement du milieu du segment reliant le bord septal et le bord latéral de l'anneau tricuspide. Parmi les avantages de cette technique, il faut souligner une acquisition facile à réaliser en pratique courante, très reproductible ainsi qu'un résultat rapide à obtenir, avec une durée de traitement de moins d'une minute. Ainsi, une valeur du TMAD échographique inférieure à 14 mm est corrélée à une fraction d'éjection ventriculaire droite inférieure à 40 % en IRM cardiaque [22].

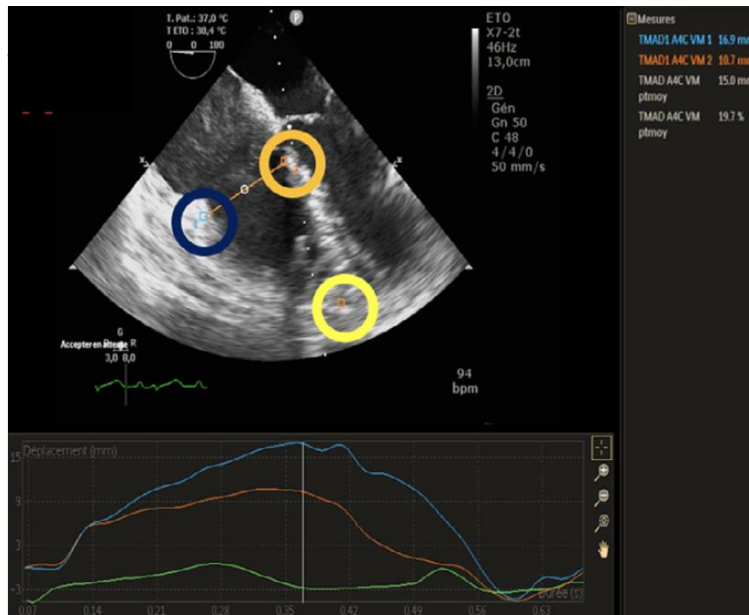


Figure 8 : Mesure du TMAD en ETT (d'après [23]). Le rond jaune marque l'apex du VD, le rond bleu l'insertion latérale et le rond orange l'insertion septale de l'anneau tricuspide.

## 4.2 IRM cardiaque

C'est la technique de référence pour l'évaluation de la FEVD. Des séquences de cine-IRM 2D bSSFP, avec synchronisation cardiaque en petit axe couvrant les deux ventricules, sont réalisées. Elles permettent une analyse dynamique de la contractilité [5].

En télésystole puis en télédiastole, la surface du ventricule droit est délimitée sur chaque coupe par contourage de l'endocarde du VD puis multipliée par l'épaisseur de coupe. La somme de l'ensemble des disques réalisés permet une estimation des volumes télésystolique (VTS) et télédiastolique (VTD) par méthode de Simpson modifiée (Figure 9). La FEVD peut être calculée selon la formule suivante :

$$FEVD (\%) = \frac{(VTD - VTS) \times 100}{VTD}$$

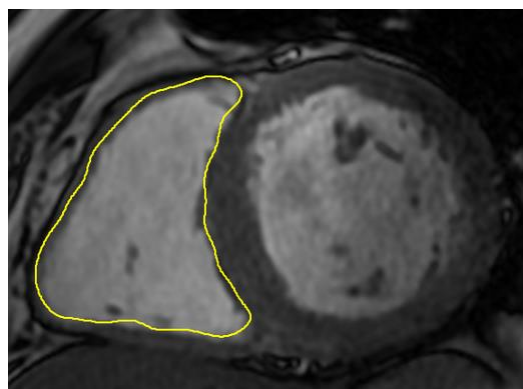


Figure 9 : Mesure de la FEVD en IRM cardiaque. Contourage de l'endocarde du VD en coupe petit axe.

### 4.3 Limites des différentes techniques

En ETT, la limite principale est anatomique. Du fait de sa position sous-sternale, l'ensemble du ventricule droit n'est pas toujours visualisé. L'anatomie particulière de ce dernier est aussi une limite à l'analyse de données, menant à de nombreux biais de mesure. Sa contraction, liée majoritairement aux fibres longitudinales, rend son analyse plus complexe que celle du ventricule gauche. Enfin, il ne faut pas oublier que l'échographie reste un examen opérateur-dépendant avec une reproductibilité intra et inter-observateur limitée [21].

En IRM, la limite principale est celle de la disponibilité. Les autres sont associées aux contre-indications de l'examen (qui n'existent pas ou peu en ETT) ainsi qu'aux facteurs liés aux patients (claustrophobie, non compliance, arythmie). L'analyse de l'ensemble du parenchyme cardiaque est cependant possible contrairement à l'ETT. Les mesures réalisées par l'opérateur peuvent aussi être sujettes à la difficulté de délimiter correctement le ventricule droit, notamment à la base. Enfin, la réalisation de l'ensemble des mesures reste chronophage [5,6].

## 5 Objectifs

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la performance d'une technique récente d'évaluation rapide de la FEVD en IRM, le strain longitudinal globale rapide (FGLS), par rapport à la technique de référence, dans l'évaluation de la FEVD chez les patients atteints de CMD.

L'objectif secondaire est de comparer cette performance à celle de la FRS et du TAD latéral en IRM cardiaque.



# Matériel et méthodes

## 1 Population de l'étude

Une étude rétrospective, non-interventionnelle, monocentrique a été réalisée au sein du Centre Hospitalier et Universitaire (CHU) Amiens Picardie.

Cette étude a été agréée par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Identifiant : PI2020\_843\_0009).

L'ensemble des données ayant été récupérées dans le cadre du soin courant, sans intervention supplémentaire, cette étude sortait du cadre de la Loi Jardé sur les études cliniques. Il n'a donc pas été nécessaire d'obtenir un avis d'un Comité de Protection des Personnes.

Les patients ayant bénéficié d'une IRM cardiaque et d'une ETT pour le bilan initial ou de suivi d'une CMD au CHU Amiens Picardie entre le 01/01/2015 et le 31/12/2021 ont été inclus dans l'étude.

### 1.1 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion des patients étaient :

- Âge supérieur ou égal à 18 ans lors des examens ;
- Être suivi pour une CMD ;
- Avoir eu une IRM cardiaque ainsi qu'une ETT au sein du CHU Amiens Picardie avec un délai de réalisation inférieur à 12 mois entre les deux examens.

### 1.2 Critères d'exclusion secondaire

Les critères d'exclusion retenus étaient :

- Protocole IRM inadéquat pour l'analyse complète du ventricule droit.
  - Séquence 4 cavités et/ou petit axe 2DbSSFP manquantes;
  - Ventricule droit non visualisé entièrement sur les coupes petit axe ;
- Artefacts ne permettant pas l'analyse correcte du ventricule droit : arythmie, respiration, artefacts métalliques.

## 2 Critères de jugement

### 2.1 Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal était la valeur du coefficient de corrélation entre la mesure du strain longitudinal rapide du ventricule droit et la mesure de la fraction d'éjection ventriculaire droite par la technique de référence en IRM cardiaque.

### 2.2 Critères de jugement secondaires

Les critères de jugement secondaires étaient la valeur des coefficients de corrélation entre la mesure de la FRS et du TAD latéral et la mesure de la fraction d'éjection ventriculaire droite par technique volumique en IRM cardiaque.

## 3 Acquisition IRM

Les acquisitions ont été réalisées sur une IRM 1,5 Tesla (Optima MR450W GEM, GE Healthcare®, Milwaukee, WI), avec une antenne cardiaque dédiée (C-Body 30 Small, huit éléments).

Le protocole d'IRM standard, réalisé au sein du CHU Amiens-Picardie, pour le bilan d'une CMD comprenait :

- Des séquences de repérage (axial, sagittal, coronal et petit axe du cœur) ;
- Des séquences ciné 2D bSSFP avec synchronisation cardiaque (séquences monocoupes multiphasiques) :
  - Dans le plan du grand axe du ventricule gauche ;
  - Dans le plan des quatre cavités cardiaques ;
  - 16 à 24 coupes dans le petit axe du cœur, de la base à l'apex, pour la mesure des fonctions ventriculaires.
- Une séquence de perfusion en echo de gradient T1 dans le plan petit axe après injection de 0,2 mL/kg de produit de contraste à un débit de 4 mL/s par voie intraveineuse.
- Une séquence de rehaussement tardif dans les plans petit axe, 4 cavités et 2 cavités ventriculaire gauche, au moins dix minutes après l'injection de produit de contraste, en écho de gradient T1 avec inversion-récupération.

*Tableau 1 : Caractéristiques des séquences de cine-IRM petit axe et 4 cavités*

	bSSFP petit axe	bSSFP 4 cavités
Champ de vue (mm)	350 - 400	350 - 400
Matrice	224 x 256	224 x 256
Nombre de coupes	16 à 24	1
Facteur d'accélération	2	1
TR (ms)	3,4 - 4,3	3,4 - 4,3
TE (ms)	1,5 à 2	1,5 à 2
Angle de bascule	75	60
Épaisseur de coupe (mm)	8	8
Phases par cycle cardiaque	30	30

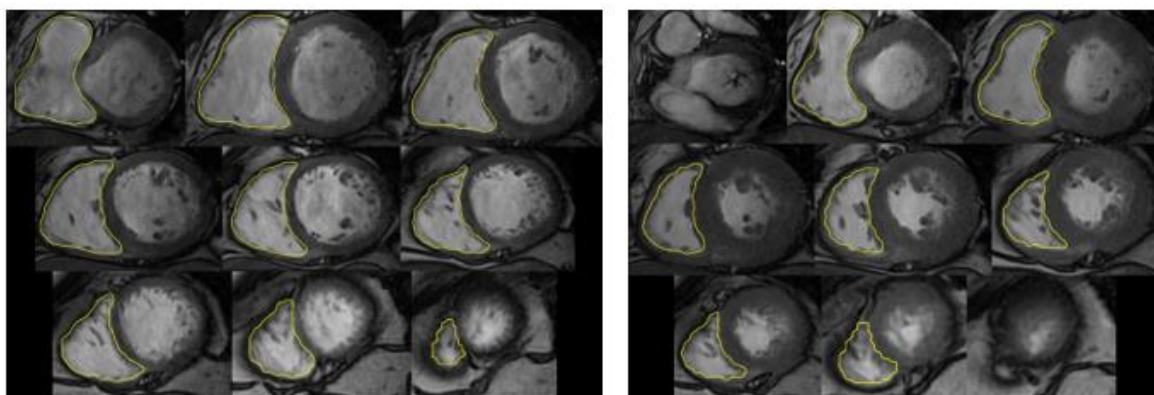
## 4 Analyse des données

Toutes les séquences ont été anonymisées puis transférées sur une console d'interprétation et analysées grâce au logiciel commercial CVI42 MR version 5.9 (Circle Cardiovascular Imaging, Calgary, Canada).

### 4.1 FEVD selon la technique de référence

Le calcul de la FEVD, selon la méthode de Simpson modifiée adaptée à l'IRM a été réalisée par un radiologue junior avec 4 ans d'expérience (opérateur 1) ainsi que par un radiologue senior avec 20 ans d'expérience en imagerie cardiaque (opérateur 2).

En télédiastole puis en télésystole, la surface du ventricule droit a été délimitée par l'opérateur sur chaque coupe en petit axe en incluant les trabéculations. La détermination des phases de télésystole, de télédiastole ainsi que des limites de coupes apicale et basale étaient laissées à l'appréciation de l'opérateur (Figure 10).



*Figure 10 : Délimitation des contours endocardiques du ventricule droit (en jaune) en diastole (à gauche) et en systole (à droite) sur les coupes ciné petit axe*

Les contourages du VD ont été effectués en télésystole puis en télédiastole. Le logiciel calculait alors automatiquement les VTD et VTS du VD, permettant de calculer la FEVD selon la formule :

$$FEVD (\%) = \frac{(VTD - VTS) \times 100}{VTD}$$

Le calcul de la FEVD par le radiologue senior a été défini comme mesure de référence pour la FEVD.

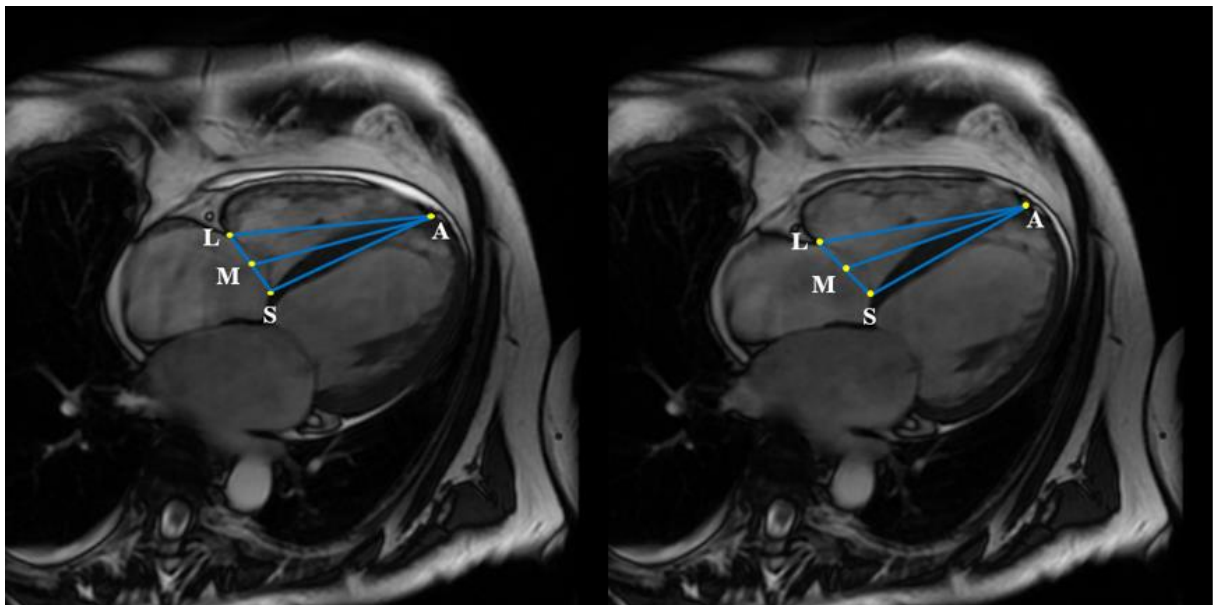
## 4.2 Mesures du strain longitudinal global rapide du VD et du TAD

Trois points ont été positionnés sur une coupe cine IRM 4 cavités en télésystole puis en télédiastole :

- A : le point correspondant à l'apex du ventricule droit ;
- L : le point correspondant à l'insertion latérale de l'anneau tricuspide ;
- S : le point correspondant à l'insertion septale de l'anneau tricuspide.

Les distances entre ces trois points ont ensuite été mesurées en télésystole et télédiastole.

Un 4<sup>ème</sup> point (M) a été positionné au milieu du segment [LS] et une mesure de la distance entre ce point et le point A a été réalisée en télésystole et télédiastole. La Figure 11 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** illustre le positionnement des points.



*Figure 11 : Positionnement des points de référence pour la mesure du FGLS et du TAD en systole (gauche) et en diastole (droite) sur une coupe ciné 4 cavités*

Le strain longitudinal global rapide du ventricule droit est défini selon les formules suivantes :

- $FGLS\ médial\ (\%) = \frac{(AM\ diastole - AM\ systole) \times 100}{AM\ diastole}$
- $FGLS\ septal\ (\%) = \frac{(AS\ diastole - AS\ systole) \times 100}{AS\ diastole}$
- $FGLS\ latéral\ (\%) = \frac{(AL\ diastole - AL\ systole) \times 100}{AL\ diastole}$

Le déplacement de l'anneau tricuspide (TAD) a été défini selon les formules suivantes :

- $TAD\ septal\ (mm) = AS\ diastole - AS\ systole$
- $TAD\ médial\ (mm) = AM\ diastole - AM\ systole$ , correspondant au TMAD en ETT.
- $TAD\ latéral\ (mm) = AL\ diastole - AL\ systole$ , correspondant au TAPSE.

#### 4.3 Fraction de Raccourcissement en Surface (FRS) du ventricule droit

Les contours endocardiques du ventricule droit ont été délimités sur les coupes télédiastolique et télésystolique sur une coupe en quatre cavités (Figure 12) permettant le calcul des STD et STS ainsi que de la FRS selon la formule dédiée :

$$FRS\ (\%) = \frac{(STD - STS) \times 100}{STD}$$

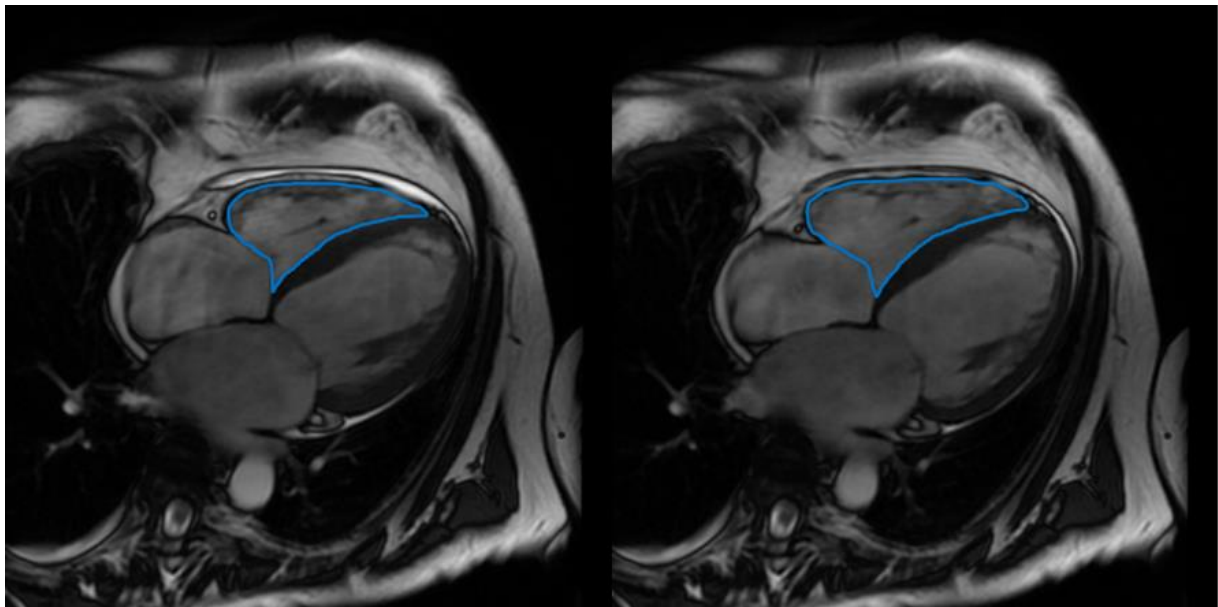


Figure 12 : Mesure de la FRS du VD en IRM en télésystole (à gauche) et télédiastole (à droite) sur une coupe ciné 4 cavités

## 5 Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel RStudio version 1.3.1093 (R version 4.0.2).

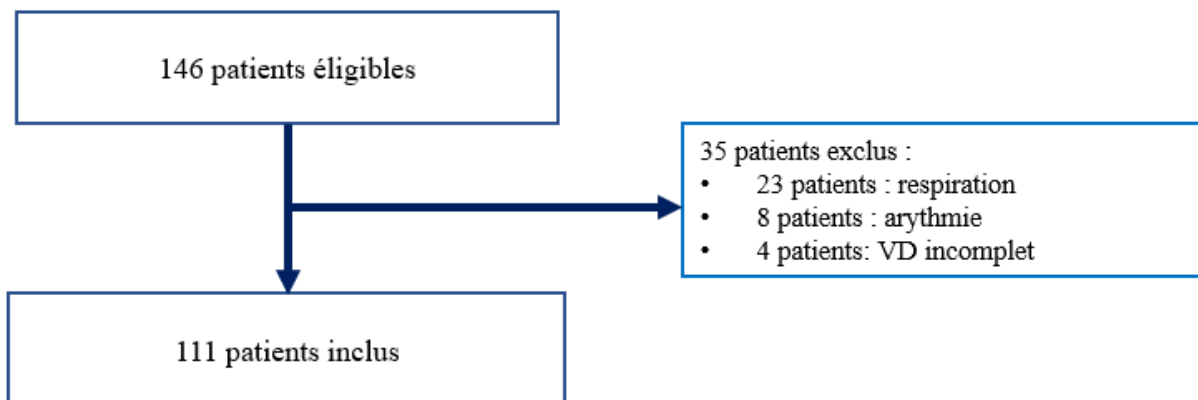
Les données de mesure ont été exprimées en moyenne +/- écart type. Les degrés de corrélation entre la fraction d'éjection et les autres paramètres mesurés ont été évalués par le test de corrélation de Pearson. Le seuil de significativité était fixé à 5%.

# Résultats

## 1 Description de la population

146 patients étaient éligibles pour l'étude. Après application des critères d'exclusion, 35 patients ont été exclus pour un total de 111 patients finalement inclus dans l'étude :

- 8 patients ont été exclus en raison d'une arythmie rendant l'analyse des images non exploitable.
- 4 patients ont été exclus car le ventricule droit n'était pas couvert entièrement sur les coupes petit axe, ce qui aurait faussé l'analyse volumétrique.
- 23 patients ont été exclus en raison d'importants artefacts respiratoires qui ne permettaient pas de réaliser des mesures fiables.



*Figure 13 : Diagramme de flux de l'étude*

La population de l'étude était composée de 71 femmes et 40 hommes avec un âge moyen de 61,1 +/- 13,9 ans et un IMC moyen de 26,7 +/- 5,8 avec 28 patients en surpoids (IMC > 25), 20 patients en obésité modérée (IMC 30-35), 8 patients en obésité sévère (IMC 35-40) et 3 patients en obésité morbide (IMC > 40). Les caractéristiques de la population de l'étude sont décrites dans le Tableau 2.

*Tableau 2 : Caractéristiques de la population étudiée*

Caractéristiques	Résultats
<i>Femmes</i>	71 (64%)
<i>Hommes</i>	40 (36%)
<i>Age (ans)</i>	61,1 ± 13,9
<i>IMC</i>	26,7 ± 5,78
<i>Fréquence cardiaque (bpm)</i>	76,3 ± 17,9
<i>Données cliniques</i>	
Tabac	61 (55%)
HTA	46 (41%)
Diabète	23 (21%)
Dyslipidémie	38 (34%)
BPCO	13 (12%)

*Valeurs exprimées en moyenne ± écart type et nombre (%)*

## 2 Evaluation semi-quantitative de la FEVD en IRM

Il existait une corrélation significative entre la FEVD mesurée en IRM selon la méthode de référence et le strain longitudinal global rapide (FGLS) notamment en ce qui concerne le FGLS médial ( $r = 0,661$ ,  $p < 0,001$ ) et le FGLS latéral ( $r = 0,688$ ,  $p < 0,001$ ) (Tableau 3).

*Tableau 3 : Corrélation entre le FGLS et la FEVD*

Mesures	Moyenne	r	IC 95%	p
<i>FGLS (%)</i>				
Septal	13,2 +/- 10,8	0,565	0,423-0,680	<0,001
Médial	16,5 +/- 11,1	0,661	0,541-0,754	<0,001
Latéral	18,3 +/- 11,5	0,688	0,575-0,775	<0,001

*Valeurs exprimées en moyenne ± écart type*

Les graphes de corrélation entre le FGLS médial et le FGLS latéral avec la FEVD en IRM sont présentés dans la Figure 14.

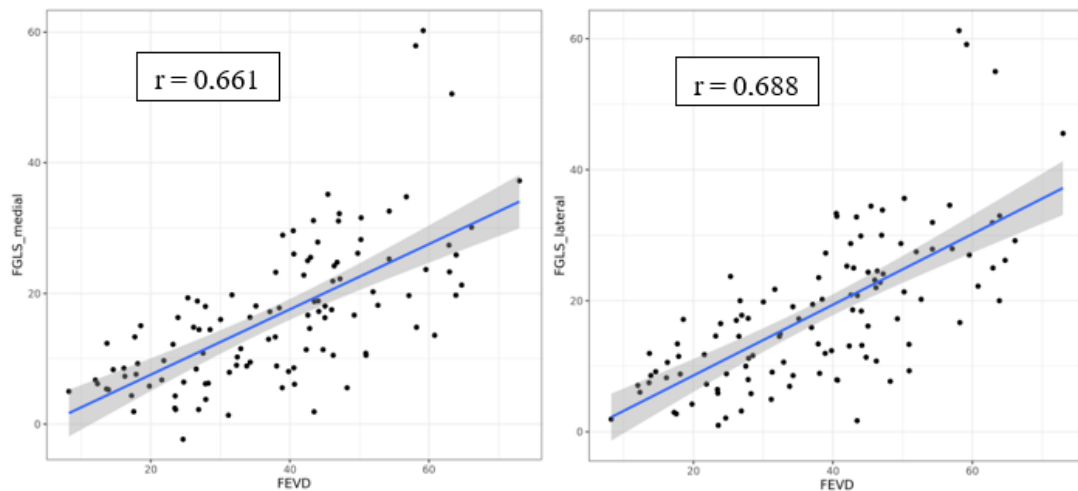


Figure 14 : Corrélation entre la mesure du FGLS médial et du FGLS latéral avec la mesure de la FEVD en IRM

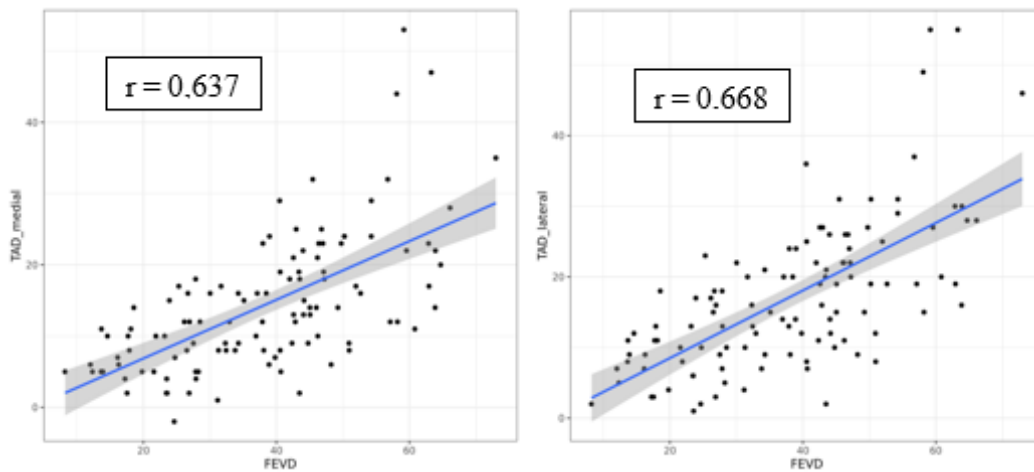
De même, les corrélations étaient significatives pour la mesure du déplacement de l'anneau tricuspide (TAD) notamment pour le TAD médial ( $r = 0,637$ ,  $p < 0,001$ ) et le TAD latéral ( $r = 0,668$ ,  $p < 0,001$ ) (Tableau 4).

Tableau 4 : Corrélation entre le TAD et la FEVD

Mesures	Moyenne	r	IC 95%	p
<i>TAD (mm)</i>				
Septal	10,9 +/- 9,0	0,529	0,380-0,651	<0,001
Médial	14,3 +/- 9,5	0,637	0,511-0,736	<0,001
Latéral	17,1 +/- 10,5	0,668	0,550-0,759	<0,001

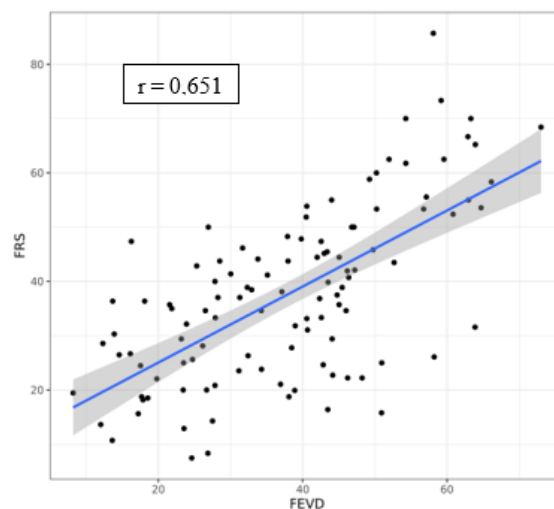
Valeurs exprimées en moyenne  $\pm$  écart type

Les graphes de la corrélation entre le TAD médial et le TAD latéral avec la FEVD en IRM sont présentés dans la Figure 15.



*Figure 15 : Corrélation entre la mesure du TAD médial (à gauche) et du TAD latéral (à droite) avec la mesure de la FEVD en IRM.*

La fraction de raccourcissement surfacique (FRS) moyenne du ventricule droit était mesurée à 37,6 +/-15,8%. La corrélation entre la mesure de la FEVD et celle de la FRS du ventricule droit était également significative ( $r = 0,651$ , IC 95% [0,529-0,747],  $p < 0,001$ ). Le graphe de la corrélation entre la FRS et la FEVD en IRM est présenté dans la Figure 16.



*Figure 16 : Corrélation entre la mesure de la FRS et de la FEVD en IRM.*

### 3 Comparaison de la mesure des volumes et de la fraction d'éjection du ventricule droit

Il existait une corrélation significative et forte pour la mesure de la FEVD ( $r = 0,82$ ,  $p < 0,001$ ), du volume télédiastolique du VD ( $r = 0,936$ ,  $p < 0,001$ ) et du volume télésystolique du VD ( $r = 0,934$ ,  $p < 0,001$ ) entre les deux opérateurs (Tableau 5).

*Tableau 5 : Corrélation pour la FEVD, le VTDVD et le VTSVD entre les deux opérateurs*

Mesures	Opérateur 1	Opérateur 2	r	IC 95%	p
<i>FEVD (%)</i>	29,2 +/- 14,6	37,97 +/- 14,68	0,82	0,747-0,873	<0,001
<i>VTDVD (mL)</i>	177,3 +/- 66,6	188,8 +/- 69,9	0,936	0,908-0,956	<0,001
<i>VTSVD (mL)</i>	127,8 +/- 60,0	120,7 +/- 61,5	0,934	0,905-0,955	<0,001

*Valeurs exprimées en moyenne  $\pm$  écart type*



# Discussion

## 1 Mesure du FGLS

Le but de cette étude était d'évaluer la performance d'une technique d'évaluation semi-quantitative de la FEVD en IRM, le strain longitudinal global rapide en comparaison de la technique de référence en IRM par méthode volumique, chez des patients atteints d'une CMD. Les mesures du FGLS médial et du FGLS latéral étaient significativement corrélées à la FEVD calculée par la méthode de référence ( $r = 0,661$  et  $0,688$  respectivement). La corrélation du FGLS septal était également significative mais moins forte que pour les autres mesures ( $r = 0,565$ ). Ceci s'explique par l'influence de la FEVG sur cette mesure, habituellement altérée dans cette population de patients atteints de CMD, du fait de la contribution importante du ventricule gauche (30 à 40%) à la fonction systolique du ventricule droit liée à l'épaississement du septum interventriculaire qui sépare les deux cavités. Les mesures du déplacement de l'anneau tricuspide étaient également corrélées à la FEVD et suivaient la même distribution de performance que le FGLS en fonction de la localisation avec une meilleure performance pour la mesure latérale. Cependant, les corrélations avec la FEVD étaient globalement un peu moins fortes que pour le FGLS. Ceci s'explique par l'influence importante du volume ventriculaire droit sur cette mesure de différence de distance : un ventricule droit dilaté avec une FEVD altérée peut avoir un TAD proche d'un ventricule droit de taille normale avec une meilleure FEVD. Le FGLS correspond à un rapport de distance, moins influencé par ce paramètre.

En 2011, Caudron et al ont évalué la performance et la reproductibilité de 3 méthodes semi-quantitatives pour évaluer la fonction systolique du ventricule droit en IRM en comparaison de la FEVD mesurée par la technique de référence [6]. 60 patients atteints de cardiopathies acquises diverses ont été inclus dans cette étude. Seulement 6 patients étaient atteints de CMD. Chaque mesure semi-quantitative a été réalisée 2 fois par 3 observateurs avec peu d'expérience en imagerie cardiaque (deux observateurs avec 3 ans et 1 an d'expérience et un observateur sans aucune expérience) afin d'évaluer la variabilité intra- et inter-observateur. Chaque observateur a mesuré la FRS du ventricule droit, le TAPSE (correspondant au TAD latéral dans notre étude) et le RVFS (Right Ventricular Fractional-Shortening) correspondant au FGLS latéral de notre étude. Cette étude a montré une bonne corrélation de la FRS avec la FEVD

quelle que soit l'expérience de l'observateur ( $r = 0,716$  à  $0,741$ ) et une moins bonne corrélation des deux autres mesures avec une variabilité importante en fonction de l'expérience ( $r = 0,534$  à  $0,720$  pour le RVFS et  $r = 0,482$  à  $0,646$  pour le TAPSE). L'influence de l'expérience sur ces mesures est étonnante car ces trois mesures sont réalisées sur la même coupe et les mêmes phases. Dans notre étude, ces 3 mesures ont également une corrélation significative avec la FEVD mais globalement similaire entre elles avec une corrélation plus forte pour le FGLS latéral ( $r = 0,688$ ). Toutes les mesures semi-quantitatives de notre étude n'ont été réalisées que par un seul opérateur avec 4 ans d'expérience en radiologie et 1 an d'expérience en imagerie cardiaque. La supériorité de la FRS n'a pas été retrouvée dans notre étude. Il est néanmoins souligné le faible nombre de patients ayant une dysfonction ventriculaire droite dans l'étude de Caudron et al. (10 patients sur 60), ce qui relativise sans doute les résultats.

En 2021, Leng et al ont évalué une méthode semi-automatisée pour l'étude de la fonction longitudinale du ventricule droit chez des patients atteints de tétralogie de Fallot ou d'hypertension artérielle pulmonaire [24]. 225 patients ont été inclus dans cette étude : 75 atteints d'une tétralogie de Fallot, 75 patients atteints d'une hypertension artérielle pulmonaire et 75 sujets sains. La FEVD a d'abord été mesurée selon la technique de référence en IRM. Par la suite, les observateurs ont mesuré le FGLS du ventricule droit qui correspondait au déplacement de la valve tricuspide à la fin de la systole, en positionnant 3 marqueurs en télédiastole : un sur chaque insertion de la valve tricuspide et le dernier à l'apex du VD, avec un suivi automatique de ces 3 points au cours du cycle cardiaque. Le FGLS global, dans cette étude, correspondait à la moyenne du FGLS septal et latéral de notre étude. Enfin, un observateur a mesuré le strain longitudinal du ventricule droit à l'aide d'un logiciel de feature tracking. Pour 30 sujets, la durée de mesure pour chaque technique a été enregistrée. 30 sujets (10 sujets sains, 10 patients atteints de Tétralogie de Fallot et 10 patients atteints d'hypertension pulmonaire) ont été étudiés pour la variabilité inter et intra-observateur. Cette étude a montré une forte corrélation entre le FGLS et le strain longitudinal du ventricule droit mesuré à l'aide d'un logiciel de feature tracking sur l'ensemble de la population étudiée ( $r = 0,92$ ,  $p < 0,001$ ), ce qui est globalement superposable avec l'étude de 2019 de ces mêmes auteurs sur le ventricule gauche [25]. Une corrélation plus modeste existait entre le FGLS et la FEVD mesurée selon la méthode de référence ( $r = 0,71$ ,  $p < 0,001$ ). L'étude en sous-groupe a mis en évidence une valeur significativement plus faible du FGLS chez les patients atteints de tétralogie de Fallot ou d'hypertension artérielle pulmonaire par rapport aux sujets sains. Chez les patients atteints

de tétralogie de Fallot, il a aussi été mis en évidence que les patients qui avaient une capacité d'exercice réduite présentaient un FGLS significativement plus bas comparativement aux patients qui avaient une capacité d'exercice normale (18,5 +/- 2,3% chez les patients avec capacité d'exercice normale versus 21,2 +/- 1,6 % pour les patients avec capacité d'exercice réduite). Avec un seuil à 19,3%, le FGLS avait même une meilleure performance (AUC = 0,822) pour prédire la réduction de la capacité d'exercice que la FEVD (AUC = 0,44) et le strain longitudinal (AUC = 0,557). Il en est de même pour le risque de décompensation hémodynamique chez les patients atteints d'hypertension pulmonaire (AUC = 0,72 avec un seuil à 14,6%). Le temps de mesure était significativement plus bas pour le FGLS (32 +/- 8 secondes) comparativement au strain longitudinal (75 +/- 12 secondes).

## 2 Analogie avec le ventricule gauche

Si peu d'études ont évalué la performance de la mesure du FGLS du ventricule droit pour estimer la fonction systolique du ventricule droit, d'autres études ont auparavant étudié cette mesure appliquée au ventricule gauche pour estimer la fonction systolique du ventricule gauche. En 2015, Riffel et al ont évalué la performance de 4 techniques semi-quantitatives d'estimation de la fonction longitudinale du ventricule gauche en IRM en comparaison du strain longitudinal, mesuré par feature tracking [26]. 165 sujets ont été inclus dans cette étude : 125 patients ayant une indication clinique à réaliser une IRM cardiaque et 40 volontaires sains. Parmi ces 125 patients, 60 avaient un diagnostic de CMD. Chaque observateur a mesuré le LAS (Long Axis Strain) avec 4 approches différentes : une mesure de la variation de la distance entre le bord épicardique de l'apex du ventricule gauche et le milieu d'une ligne reliant les insertions septale et latérale de la valve mitrale (LAS-epi/mid) et une mesure de la variation de la distance entre le bord épicardique de l'apex du ventricule gauche et la perpendiculaire à la ligne reliant les insertions septale et latérale de la valve mitrale (LAS-epi/perp). Les deux autres techniques correspondaient aux mêmes mesures mais avec comme référence le bord endocardique de l'apex du ventricule gauche (LAS-endo/mid et LAS-endo/perp respectivement). Cette étude a montré une corrélation forte du LAS-epi/mid avec le strain longitudinal ( $r = 0,85$ ) mais aucune corrélation n'a été faite avec la FEVG. Le LAS-epi/mid a montré la meilleure performance pour discriminer les patients des sujets sains avec une sensibilité de 81,6% et une spécificité de 97,5% (AUC = 0,95), même meilleure que la FEVG (Delta AUC = 0,11). La variabilité intra et inter-observateur était faible pour les quatre techniques et notamment pour le LAS epi/mid (5,6 +/- 4,2% et 6,3 +/- 4,2% respectivement). Les temps de mesure du LAS epi/mid étaient

également significativement plus faibles que pour le strain longitudinal (67+/-8 secondes contre 180+/-14 respectivement).

### 3 Mesure du TAD

En 2012, Speisser et al ont étudié la performance du MRI-TAPSE, qui correspond au TAD latéral de notre étude, pour évaluer rapidement la fonction ventriculaire droite en IRM en comparaison de la FEVD mesurée par la méthode de référence [27]. 76 patients ont été inclus dans l'étude dont 57 présentaient une FEVD inférieure à 50%. Aucun patient n'avait de CMD dans cette étude. Chaque observateur a mesuré en IRM la FEVD selon la technique de référence ainsi que le MRI-TAPSE. Chaque sujet a également bénéficié d'une ETT réalisée par un observateur expérimenté afin de mesurer le TAPSE. Comme attendu, il existait une corrélation forte entre le MRI-TAPSE et le TAPSE en ETT ( $r = 0,85$ ,  $p < 0,001$ ). Cette étude a aussi montré une bonne corrélation entre le MRI-TAPSE et la FEVD ( $r = 0,72$ ,  $p < 0,001$ ). Ce résultat est tout à fait comparable à celui retrouvé dans notre étude malgré une population différente. Une analyse de Bland-Altman a été réalisée pour comparer les valeurs du MRI-TAPSE et de la FEVD par la technique de référence en multipliant par 3 la valeur du MRI-TAPSE. Il a été retrouvé un biais de 13% qui est en faveur d'une surestimation de la fonction ventriculaire droite par le MRI-TAPSE, ce qui corrobore les études sur le TAPSE en ETT. La variabilité inter et intra-observateur de la mesure du MRI-TAPSE était faible, respectivement de 3,1 et 1,8%.

En 2019, Zhao et al ont évalué l'impact du volume télédiastolique indexé du ventricule droit (VTDVDi) sur une méthode semi-quantitative d'évaluation de la fonction systolique du VD en IRM, le CMR-TAPSE [28]. 188 patients ont été inclus dans cette étude. Parmi ces patients, 68 étaient atteints d'une cardiomyopathie sans qu'il soit précisé le type de cardiomyopathie. Les volumes ventriculaires droits et la FEVD ont été mesurés selon la technique de référence en IRM. Le CMR-TAPSE a ensuite été mesuré comme étant la différence de la distance perpendiculaire de l'anneau tricuspide à l'apex du VD en systole et en diastole, ce qui est différent de la mesure habituelle du TAPSE en IRM. Cette étude a montré une bonne corrélation du CMR-TAPSE avec la FEVD ( $r = 0,69$ ,  $p < 0,001$ ). La corrélation est par contre faible entre le CMR-TAPSE et VTDVDi ( $r = 0,21$ ,  $p = 0,014$ ) chez les patients sans dysfonction ventriculaire droite et une absence de corrélation chez les patients avec une dysfonction ventriculaire droite. L'analyse ROC a montré qu'un CMR-TAPSE inférieur ou égal à 20 mm avait une sensibilité de 59% et une spécificité de 95% pour prédire une dysfonction

ventriculaire droite avec une FEVD < 47%. Une analyse en sous-groupe chez les patients présentant une dilatation modérée du VD (VTDVDi entre 80 et 110 mL/m<sup>2</sup>) a montré qu'un CMR-TAPSE inférieur ou égal à 24 mm avait une sensibilité de 80% et une spécificité de 67%. Cette étude a donc conclu que si le CMR-TAPSE est corrélé à la FEVD, il existe une dépendance de celui-ci vis-à-vis du VTDVDi notamment chez les patients avec un volume ventriculaire droit modérément augmenté, comme cela est le cas chez les patients atteints de CMD dans notre étude.

## 4 Autres méthodes semi-quantitatives

En 2014, Vermes et al ont évalué la performance d'une méthode semi-quantitative d'évaluation de la fonction systolique du ventricule droit en IRM, en comparaison avec la FEVD mesurée par la technique de référence [29]. 300 patients ont été inclus rétrospectivement dans cette étude, quelle que soit l'indication de l'IRM cardiaque, avec une faible proportion de patients ayant une dysfonction ventriculaire droite (50 sur 300). Les observateurs ont mesuré les diamètres transverses du ventricule droit à la base et en médioventriculaire en télésystole et télédiastole afin d'obtenir les Fractionnal Basal et Mid Diameter Change (FBDC et FMDC) qui correspondent au pourcentage de variation du diamètre entre la systole et la diastole respectivement à la base du ventricule droit (FBDC) et en médioventriculaire (FMDC). Ils ont aussi mesuré le TAPSE (TAD latéral de notre étude). Cette étude a montré une corrélation significative de la FBDC et FMDC avec la FEVD ( $r = 0,54$  pour les deux méthodes) mais une corrélation plus faible du TAPSE avec la FEVD ( $r = 0,43$ ). Une analyse ROC a été réalisée sur la FBDC et la FMDC pour évaluer leur performance diagnostique pour détecter une diminution de la FEVD inférieure 40%. Une FMDC inférieure à 20% s'est avérée très spécifique (88%) et sensible (68%) avec une valeur prédictive négative de 93%. La corrélation des mesures du raccourcissement du diamètre du ventricule droit réalisées dans cette étude avec la FEVD est plus faible que l'ensemble des mesures de FGLS de notre étude ( $r = 0,54$  contre  $r = 0,565$  à  $0,688$ ), de même que pour la mesure du TAPSE ( $r = 0,43$  contre  $r = 0,668$ ).

En 2014, Zakeri et al ont évalué la performance et la reproductibilité d'une technique semi-quantitative d'évaluation de la fonction longitudinale du ventricule droit en IRM [30]. 40 patients ont été inclus dans cette étude : 10 patients témoins et 30 patients avec des degrés divers de dysfonction ventriculaire droite. Parmi ces patients, seuls 5 présentaient une CMD. Les observateurs ont mesuré la FEVD selon la technique de référence, les angles annulo-apicaux du ventricule droit en télésystole et télédiastole (qui correspondent aux 3 angles formés par le

triangle ALS de notre étude) ainsi que le TAPSE, qui correspondait au TAD latéral de notre étude. Cette étude a montré une bonne corrélation du TAPSE avec la FEVD mesurée selon la technique de référence ( $r = 0.74$ ,  $p < 0,001$ ) ce qui confirme les résultats de notre étude. Il existe aussi une bonne corrélation de la variation absolue ou en pourcentage des angles annulo-apicaux et notamment de l'angle LAS à l'apex, noté  $\theta$  ( $r = -0,77$ ,  $p < 0,001$ ) avec la FEVD. Une analyse par courbe ROC a été réalisée pour l'angle  $\theta$ . Un seuil de  $-25,5\%$  avait une sensibilité de 97% et une spécificité de 91% pour une FEVD  $\leq 50\%$ . La corrélation intra et inter-observateur est bonne pour la mesure du TAPSE ( $r = 0,98$  et  $0,87$  respectivement) ainsi que pour la variation en pourcentage de l'angle  $\theta$  ( $r = 0,96$  et  $0,94$  respectivement).

En 2016, Arenja et al ont évalué quatre méthodes semi-quantitatives de mesure du déplacement de l'anneau tricuspide (RV-LAS) [31] chez 217 patients atteints de CMD et 200 sujets sains : le RV-LAS Ins/peri et le RV-LAS Ins/mid correspondant respectivement au FGLS latéral et médial de notre étude et le RV-LAS LVapex/peri et le RV-LAS LVapex/mid correspondant aux mêmes mesures mais avec comme sommet l'apex du ventricule gauche et non celui le ventricule droit. Chaque mesure a été comparée à la FEVD mesurée selon la technique de référence, au TAPSE correspondant au TAD latéral de notre étude et au strain longitudinal global du ventricule droit mesuré par feature tracking. Seul le RV-LAS LVapex/mid a montré une corrélation significative avec la FEVD ( $r = -0,65$ ,  $p < 0,0001$ ) et le TAPSE ( $r = -0,48$ ,  $p < 0,0001$ ) et une faible corrélation avec le strain longitudinal global ( $r = 0,28$ ,  $p < 0,001$ ). La mesure RV-LAS LVapex/mid est également le paramètre avec la meilleure performance diagnostique pour discriminer les patients atteints de CMD des témoins avec une performance significativement supérieure à la FEVD, au TAPSE et au strain longitudinal global. Le temps de mesure du RV-LAS LVapex/mid était aussi significativement plus court que celui de la FEVD ( $80 \pm 7$  secondes versus  $142 \pm 35$  secondes). Seule la mesure du TAPSE restait plus courte ( $24 \pm 3$  secondes).

## 5 Limites

Il existe quelques limites à cette étude. Il s'agit d'une étude monocentrique rétrospective mais qui a inclus les données de 111 patients, ce qui correspond à la taille d'échantillon habituelle des études de ce type. Seuls les patients atteints de CMD ont été inclus dans cette étude car l'évaluation de la fonction ventriculaire droite est un facteur pronostique essentiel dans cette population. Il serait intéressant d'étudier la performance de la mesure du FGLS dans d'autres

pathologies pouvant entraîner des dysfonction ventriculaires droites et dont le diagnostic est également important pour le pronostic de la maladie (hypertension pulmonaire par exemple).

Il faut aussi remarquer que la géométrie ventriculaire droite est complexe. Il est difficile, voire impossible de retranscrire avec une mesure réalisée dans un seul plan, la contraction de l'ensemble de la cavité. Ainsi, si le FGLS est un bon indicateur de la contraction longitudinale, il ne donne aucune information sur la contraction transversale ni sur celle de l'infundibulum pulmonaire. Il est sans doute probable que la performance de cette mesure serait moindre chez des patients atteints de dysplasie arythmogène du ventricule droit ou chez les patients aux antécédents de tétralogie de Fallot opérée, où l'atteinte infundibulaire peut être isolée.

Même si les données ont déjà été rapportées dans la littérature, les variabilités inter et intra-observateurs de ces mesures semi-automatiques d'estimation de la FEVD n'ont pas été évaluées dans cette étude. Il serait également intéressant de comparer la performance de ces techniques avec des opérateurs d'expériences différentes afin d'évaluer l'influence de l'expérience sur les différentes techniques de mesure.

Enfin, bien qu'il semble évident que la mesure du TAD et du FGLS est plus rapide que celle de la FRS et de la mesure de référence de la FEVD sur les coupes petit axe, les temps de mesure des différentes techniques n'ont pas été évalués.



# Conclusion

Notre étude a montré que la mesure du FGLS notamment du FGLS latéral apparaît mieux corrélée à la FEVD mesurée par la technique de référence que les mesures semi-quantitatives habituellement utilisées en IRM (comme le TAD et la FRS) pour l'estimation rapide de la fonction systolique du ventricule droit chez les patients atteints de CMD. Compte tenu de sa rapidité de réalisation, une mesure systématique du FGLS en IRM cardiaque pourrait avoir un intérêt en pratique clinique pour dépister une dysfonction ventriculaire droite chez les patients atteints de CMD.

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des séquences de cine-IRM petit axe et 4 cavités.....	31
Tableau 2 : Caractéristiques de la population étudiée.....	36
Tableau 3 : Corrélation entre le FGLS et la FEVD.....	36
Tableau 4 : Corrélation entre le TAD et la FEVD .....	37
Tableau 5 : Corrélation pour la FEVD, le VTDVD et le VTSVD entre les deux opérateurs ..	39

# Liste des figures

Figure 1 : Radiographie de thorax de face : cardiomégalie.....	17
Figure 2 : Echographie trans-thoracique : Dilatation du ventricule gauche.....	17
Figure 3 : Classification étiologique de la CMD proposée par l'ESC en 2019 .....	20
Figure 4 : Anatomie du ventricule droit .....	22
Figure 5 : Mesure de la FRS en ETT .....	24
Figure 6 : Mesure du TAPSE en ETT .....	24
Figure 7 : Mesure du pic de l'onde S à l'anneau tricuspide en mode Doppler tissulaire pulsé	25
Figure 8 : Mesure du TMAD en ETT .....	26
Figure 9 : Mesure de la FEVD en IRM cardiaque .....	26
Figure 10 : Délimitation des contours endocardiques du ventricule droit .....	31
Figure 11 : Positionnement des points de référence pour la mesure du FGLS et du TAD .....	32
Figure 12 : Mesure de la FRS du VD en IRM en télésystole.....	33
Figure 13 : Diagramme de flux de l'étude .....	35
Figure 14 : Corrélation entre la mesure du FGLS médial et du FGLS latéral .....	37
Figure 15 : Corrélation entre la mesure du TAD médial et du TAD latéral .....	38
Figure 16 : Corrélation entre la mesure de la FRS et de la FEVD en IRM.....	38



# Bibliographie

- [1] Cowie M. Incidence and aetiology of heart failure; a population-based study. *Eur Heart J* 1999;20:421–8.
- [2] 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;128:1623–33.
- [3] Sanz J, Sánchez-Quintana D, Bossone E, Bogaard HJ, Naeije R. Anatomy, Function, and Dysfunction of the Right Ventricle. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:1463–82.
- [4] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685–713.
- [5] Goetschalckx K, Rademakers F, Bogaert J. Right ventricular function by MRI. *Curr Opin Cardiol* 2010;25:451–5.
- [6] Caudron J, Fares J, Vivier P-H, Lefebvre V, Petitjean C, Dacher J-N. Diagnostic accuracy and variability of three semi-quantitative methods for assessing right ventricular systolic function from cardiac MRI in patients with acquired heart disease. *Eur Radiol* 2011;21:2111–20.
- [7] McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J* 2021;42:3599–726.
- [8] Pinto YM, Elliott PM, Arbustini E, Adler Y, Anastasakis A, Böhm M, et al. Proposal for a revised definition of dilated cardiomyopathy, hypokinetic non-dilated cardiomyopathy, and its implications for clinical practice: a position statement of the ESC working group on myocardial and pericardial diseases. *Eur Heart J* 2016;37:1850–8.
- [9] Manolio TA, Baughman KL, Rodeheffer R, Pearson TA, Bristow JD, Michels VV, et al. Prevalence and etiology of idiopathic dilated cardiomyopathy (summary of a National Heart, Lung, and Blood Institute Workshop). *Am J Cardiol* 1992;69:1458–66.
- [10] Japp AG, Gulati A, Cook SA, Cowie MR, Prasad SK. The Diagnosis and Evaluation of Dilated Cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2016;67:2996–3010.
- [11] Jefferies JL, Towbin JA. Dilated cardiomyopathy. *The Lancet* 2010;375:752–62.
- [12] Shah PM. Echocardiography in Congestive or Dilated Cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr* 1988;1:20–30.
- [13] Faggiano A, Avallone C, Gentile D, Provenzale G, Toriello F, Merlo M, et al. Echocardiographic Advances in Dilated Cardiomyopathy. *J Clin Med* 2021;10:5518.
- [14] Merlo M, Cannatà A, Gobbo M, Stolfo D, Elliott PM, Sinagra G. Evolving concepts in dilated cardiomyopathy: Evolving concepts in DCM. *Eur J Heart Fail* 2018;20:228–39.
- [15] Sgard B, Djelbani S, Pop G, Valeyre D, Soussan M. Valeur de la TEP au FDG et de l'IRM cardiaque pour le diagnostic et le suivi thérapeutique de la sarcoïdose cardiaque. *Médecine Nucl* 2017;41:147.

- [16] Seferović PM, Polovina M, Bauersachs J, Arad M, Ben Gal T, Lund LH, et al. Heart failure in cardiomyopathies: a position paper from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail* 2019;21:553–76.
- [17] Pilly E., Chirouze C, Épaulard O, Le Berre R. *Maladies infectieuses et tropicales*. 27e édition. Paris: Édition Alinéa Plus; 2019.
- [18] Tsirka AE, Trinkaus K, Chen S-C, Lipshultz SE, Towbin JA, Colan SD, et al. Improved outcomes of pediatric dilated cardiomyopathy with utilization of heart transplantation. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:391–7.
- [19] Weintraub RG, Semsarian C, Macdonald P. Dilated cardiomyopathy. *The Lancet* 2017;390:400–14.
- [20] Netter FH. *Atlas of human anatomy*. 5th ed. Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier; 2011.
- [21] 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;117:1436–48.
- [22] Hugues T, Ducreux D, Bertora D, Berthier F, Lemoigne F, Padovani B, et al. Évaluation de la fraction d'éjection ventriculaire droite par la mesure du déplacement de l'anneau tricuspide via l'utilisation du tricuspid annular displacement (TAD). *Ann Cardiol Angéiologie* 2010;59:61–6.
- [23] Beyls C, Bohbot Y, Huette P, Booz T, Daumin C, Abou-Arab O, et al. Usefulness of Right Ventricular Longitudinal Shortening Fraction to Detect Right Ventricular Dysfunction in Acute Cor Pulmonale Related to COVID-19. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2021;35:3594–603.
- [24] Leng S, Tan R-S, Guo J, Chai P, Zhang G, Teo L, et al. Cardiovascular magnetic resonance-assessed fast global longitudinal strain parameters add diagnostic and prognostic insights in right ventricular volume and pressure loading disease conditions. *J Cardiovasc Magn Reson* 2021;23:38.
- [25] Leng S, Tan R-S, Zhao X, Allen JC, Koh AS, Zhong L. Fast long-axis strain: a simple, automatic approach for assessing left ventricular longitudinal function with cine cardiovascular magnetic resonance. *Eur Radiol* 2020;30:3672–83.
- [26] Riffel JH, Andre F, Maertens M, Rost F, Keller MGP, Giusca S, et al. Fast assessment of long axis strain with standard cardiovascular magnetic resonance: a validation study of a novel parameter with reference values. *J Cardiovasc Magn Reson* 2015;17:69.
- [27] Speiser U, Hirschberger M, Pilz G, Heer T, Sievers B, Strasser RH, et al. Tricuspid annular plane systolic excursion assessed using MRI for semi-quantification of right ventricular ejection fraction. *Br J Radiol* 2012;85:e716–21.
- [28] Zhao H, Kang Y, Pickle J, Wang J, Han Y. Tricuspid annular plane systolic excursion is dependent on right ventricular volume in addition to function. *Echocardiography* 2019;36:1459–66.
- [29] Vermes E, Rebotier N, Piquemal M, Pucheux J, Delhommiais A, Alison D, et al. Accuracy of a new method for semi-quantitative assessment of right ventricular ejection fraction by cardiovascular magnetic resonance: Right ventricular fractional diameter changes. *Eur J Radiol* 2014;83:130–4.
- [30] Zakeri SA, Panayotova R, Borg AN, Miller CA, Schmitt M. Cardiovascular magnetic resonance validation of fractional changes in annulo-apical angles and tricuspid annular

plane systolic excursion for rapid assessment of right ventricular systolic function: Rapid Assessment of RV Function by AAs. *J Magn Reson Imaging* 2014;40:133–9.

- [31] Arenja N, Riffel JH, Djiokou CN, Andre F, Fritz T, Halder M, et al. Right ventricular long axis strain—validation of a novel parameter in non-ischemic dilated cardiomyopathy using standard cardiac magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol* 2016;85:1322–8.

## Evaluation du strain longitudinal global rapide du ventricule droit en IRM cardiaque pour la quantification de la fraction d'éjection dans la cardiomyopathie dilatée

**Objectif :** Evaluer la performance d'une technique semi-quantitative d'évaluation rapide de la fonction systolique du ventricule droit (VD) en IRM cardiaque, le strain longitudinal global rapide (FGLS), chez des patients atteints de cardiomyopathie dilatée (CMD).

**Matériel et méthodes :** 111 patients (71 femmes et 40 hommes, âge moyen  $61,1 \pm 13,9$  ans) atteints de CMD ont été inclus dans cette étude rétrospective. Tous les patients ont bénéficié d'une échographie cardiaque trans-thoracique (ETT) et d'une IRM cardiaque, dans un intervalle de 12 mois. La fraction d'éjection du VD (FEVD) a été mesurée par la technique de référence en IRM sur des coupes ciné petit axe par deux opérateurs. Les mesures du FGLS, du déplacement de l'anneau tricuspide (TAD) ainsi que de la fraction de raccourcissement en surface (FRS) du VD ont été réalisées sur une coupe ciné 4 cavités. La corrélation avec la FEVD a été réalisée pour chacune de ces techniques.

**Résultats :** Il existait une corrélation forte entre la FEVD et le FGLS notamment médial ( $r = 0,661$ ,  $p < 0,001$ ) et latéral ( $r = 0,688$ ,  $p < 0,001$ ). De même, la corrélation était significative pour la mesure du TAD notamment médial ( $r = 0,637$ ,  $p < 0,001$ ) et latéral ( $r = 0,668$ ,  $p < 0,001$ ). La corrélation entre la FEVD et la FRS du VD était également significative ( $r = 0,651$ ,  $p < 0,001$ ). Il existait une corrélation forte pour la mesure de la FEVD ( $r = 0,82$ ,  $p < 0,001$ ) par la technique de référence entre les deux opérateurs.

**Conclusion :** La mesure du FGLS notamment latéral apparaît mieux corrélée à la FEVD que les mesures semi-quantitatives habituelles (TAD et FRS) pour l'estimation rapide de la fonction systolique VD chez les patients atteints de CMD.

**Mots-clés :** Cardiomyopathie dilatée, ventricule droit, fraction d'éjection ventriculaire, ciné-IRM, imagerie par résonance magnétique.

**Objective:** To evaluate the performance of a semi-quantitative technique for rapid assessment of right ventricular (RV) systolic function on cardiac MRI, fast global longitudinal strain (FGLS), in patients with dilated cardiomyopathy (DCM).

**Material and methods:** 111 patients (71 women and 40 men, mean age  $61.1 \pm 13.9$  years) with DCM were included in this retrospective study. All patients underwent transthoracic echocardiography (TTE) and cardiac MRI within 12 months. RV ejection fraction (RVEF) was measured by gold standard MRI technique on short-axis cine images by 2 operators. Measurements of FGLS, tricuspid annular displacement (TAD) and RV fractional area change (RVFAC) were performed on a 4-chamber cine view. Correlation with FEVD was performed for each of these techniques.

**Results:** There was a strong correlation between RVEF and FGLS especially medial ( $r=0.661$ ,  $p<0.001$ ) and lateral ( $r=0.688$ ,  $p<0.001$ ). Similarly, the correlation was significant for the measurement of TAD notably medial ( $r=0.637$ ,  $p<0.001$ ) and lateral ( $r=0.668$ ,  $p<0.001$ ). The correlation between FEVD and RVFAC was also significant ( $r=0.651$ ,  $p<0.001$ ). There was a strong correlation between the two operators for RVEF measurement with the reference method ( $r=0.82$ ,  $p<0.001$ ).

**Conclusion:** Measurement of FGLS, particularly lateral FGLS, appears to correlate better with RVEF than the usual semiquantitative measurements (TAD and RVFAC) for rapid estimation of RV systolic function in patients with DCM.

**Keywords:** Dilated cardiomyopathy, right ventricle, ventricular ejection fraction, cine MRI, magnetic resonance imaging.