

Valeur pronostique des paramètres de la fonction systolique du ventricule droit dans les cardiomyopathies dilatées

Right ventricular systolic echocardiographic parameters in dilated cardiomyopathy and prognosis

Ihsen Zairi, Khadija Mzoughi, Mariem Jabeur, Zouhaier Jnifene, Fethia Ben Moussa, Sofiène Kamoun, Sana Fennira, Sondas Kraiem.

Service de cardiologie Hôpital Habib Thameur Tunis / Faculté de médecine de Tunis,

R É S U M É

Introduction : La dysfonction ventriculaire droite est un facteur pronostique dans la cardiomyopathie dilatée (CMD) non ischémique. Plusieurs paramètres échographiques de la fonction systolique du ventricule droit (VD) ont été proposés comme marqueurs pour détecter les patients à risque.

Objectifs : Comparer la valeur pronostique des différents paramètres échographiques de la fonction systolique du VD chez les patients ayant une CMD non ischémique.

Méthodes : Quarante patients atteints de cardiomyopathie dilatée non ischémique ont été inclus. La fonction systolique ventriculaire droite a été évaluée par une échocardiographie Doppler standard (fraction de raccourcissement du ventricule droit (FRVD), indice de Tei, L'excursion systolique du plan de l'anneau tricuspide (TAPSE) et dp/dt), La vitesse de l'onde systolique à l'anneau tricuspide (onde S) en doppler tissulaire (DTI) et Strain 2-D longitudinal des parois septale et latérale du VD. Le critère primaire de jugement était la survenue d'un événement cardiovasculaire majeur. La durée moyenne du suivi était de 6,2 mois $\pm$ 2,49.

Résultats : Dix-huit patients ont présentés au cours du suivi un événement cardiovasculaire majeur. Le TAPSE (HR 0.86 [0.74-0.99], $p=0.04$), l'onde S (HR 0.77 [0.62-0.95], $p=0.01$), l'indice de Tei (HR 1.06 [1.01-1.12], $p=0.02$) et le strain latéral du VD (HR 1.13 [1.04-1.23], $p=0.004$) ont été retrouvés comme facteurs pronostiques indépendants de la survenue d'événement cardio-vasculaire majeur. Les valeurs seuils, par l'analyse des courbes de ROC (Receiver Operating Characteristic), sont respectivement 12,5mm ; 8,5cm/s ; 0,55 et -12.

Conclusion : Le TAPSE, l'onde S, l'indice de Tei et le strain latéral du VD sont des facteurs pronostiques indépendants de la survenue d'événement cardio-vasculaire majeur.

M o t s - c l é s

Cardiomyopathie dilatée, ventricule droit, échocardiographie, strain 2D, pronostic

S U M M A R Y

Background: Right ventricular (RV) dysfunction is associated with poor prognosis in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy. Several RV echocardiographic parameters have been proposed as sensitive markers to detect patients at risk.

Objective: To compare the predictive value of echographic parameters of RV systolic function for adverse outcomes in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy.

Methods: Forty patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy were included. Right ventricular systolic function assessed by Doppler echocardiography standard (RV fractional area change, Tei index, TAPSE and dp/dt), tissue Doppler (peak systolic velocity (Sa)) and Strain 2D of the RV. The primary endpoint was the occurrence of a major cardiovascular event. The follow-up extended for 6.2 months $\pm$ 2.49.

Results: Eighteen patients reached the primary endpoint. TAPSE (HR 0.86 [0.74-0.99], $p=0.04$), Sa (HR 0.77 [0.62-0.95], $p=0.01$), Tei index (HR 1.06 [1.01-1.12], $p=0.02$) and strain of the lateral wall of the RV (HR 1.13 [1.04-1.23], $p=0.004$) were found to be independent predictors of major cardiovascular event. The cut-off thresholds for TAPSE, Sa, Tei index and strain of the lateral wall of the RV, defined using ROC curves were respectively 12,5mm ; 8,5cm/s ; 0,55 et -12.

Conclusion: TAPSE, Sa, Tei index and strain of the lateral wall of the RV are independent predictors of major cardiovascular event in non ischemic dilated cardiomyopathy.

Key - words

Dilated cardiomyopathy, right ventricle, echocardiography, strain, prognosis

La CMD non ischémique est la cardiomyopathie la plus commune dans le monde entier, avec une importante mortalité [1]. Malgré les progrès dans le diagnostic et le traitement, le pronostic des patients ayant une CMD non ischémique reste réservé [2,3]. Il est donc important d'établir un moyen fiable pour identifier les patients à haut risque.

La dysfonction systolique du VD est un facteur pronostique puissant chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque [4]. L'échocardiographie a permis une évaluation rapide et non invasive de la fonction systolique du VD. Initialement, la dysfonction systolique du VD était mesurée principalement par le TAPSE [5,6] qui fournit une estimation approximative de la fonction longitudinale de la paroi libre du VD. Récemment, le rôle de l'imagerie, en DTI et le strain 2-D, a été démontré pour évaluer objectivement la fonction systolique globale et segmentaire du VD.

OBJECTIFS

L'objectif de notre étude était de comparer la valeur pronostique des paramètres échocardiographiques de la fonction systolique du VD chez les patients ayant une CMD non ischémique.

METHODES

Population étudiée

Il s'agit d'une étude prospective et analytique type étude de suivi. Quarante patients, hospitalisés dans le Service de Cardiologie de l'Hôpital Habib Thameur de Tunis pour une CMD non-ischémique entre Janvier 2014 et Juin 2014, ont été inclus dans cette étude. Les critères d'inclusion étaient la dyspnée $\geq$ stade II de la classification de New York Heart Association (NYHA), fraction d'éjection du VG (FEVG) $< 45\%$ et le Diamètre télédiastolique du VG $> 32 \text{ mm/m}^2$ [7]. Les critères de non inclusion étaient l'arythmie complète par fibrillation auriculaire, les patients porteurs de pacemaker, l'insuffisance coronaire (sténose $> 50\%$), les patients ayant une valvulopathie et/ou une cardiopathie congénitale et la mauvaise échogénicité.

Etude échocardiographique :

Une échocardiographie transthoracique en utilisant un échographe Vivid 9 a été pratiquée pour tous nos patients. Plusieurs paramètres échocardiographiques du VG ont été étudiés : le diamètre télédiastolique (DTD) de VG, le diamètre télésystolique (DTS) du VG, le volume télédiastolique (VTD) du VG, le volume télésystolique (VTS) du VG, la FEVG par la méthode Simpson biplan, l'intégrale temps vitesse (ITV) sous aortique et le débit cardiaque. La FRVD a été calculée en utilisant la formule

(surface télédiastolique du VD – surface télésystolique du VD) / surface télédiastolique * 100. Le TAPSE a été mesurée en incidence apicale 4C, en positionnant le curseur de mode TM à la jonction de l'anneau tricuspide et de la paroi latérale du VD. L'indice de Tei a été calculé par la formule $(a-b)/b$ où a : est l'intervalle entre la fin et le début du flux de remplissage tricuspide et b : est la durée du flux d'éjection pulmonaire. L'onde S a été mesurée à la partie latérale de l'anneau tricuspide. Le dp/dt du VD a été calculé à partir du flux de l'insuffisance tricuspide. L'analyse du strain 2D a été faite par un cardiologue expérimenté.

Le strain longitudinal a été analysé dans les segments d'intérêt (segments basal, médian et apical) des parois latérale et basale du VD. La valeur du pic de contraction en strain est une valeur négative. L'uniformité (ou le synchronisme) de contraction a été étudiée. Le principe consiste à quantifier les écarts de temps de contraction entre les différents segments myocardiques du VD.

Suivi clinique

Le suivi moyen des patients était de $6,2 \text{ mois} \pm 2,49$ avec des extrêmes de 3 et 12 mois. Les données cliniques ont été recueillies à partir des dossiers des patients ou par contact téléphonique. Le critère primaire de jugement était la survenue d'évènement cardiovasculaire majeur : le décès, l'hospitalisation pour une décompensation cardiaque et la survenue d'un trouble du rythme ventriculaire grave.

Analyse statistique

Le logiciel SPSS version 20.0 a été utilisé comme moyen pour l'analyse statistique des données. Les variables quantitatives continues ont été exprimées en moyenne $\pm$ déviation standard. Les patients sans évènement cardiaque majeur ont été comparés aux patients avec évènement majeur durant leur suivi. L'analyse univariée a été réalisée par un test T de Student pour la comparaison des moyennes des variables quantitatives, la comparaison des variables qualitatives a été faite par le test du χ^2 . L'analyse multivariée a ensuite été réalisée par la méthode de régression logistique pas à pas de Cox en incluant tous les facteurs avec un $p < 0.10$.

Les valeurs seuils permettant la prédiction d'évènement majeur ont été déterminées à partir de l'analyse des courbes ROC pour les principaux paramètres pronostiques de la fonction systolique du VD. La valeur seuil a été choisie à partir du point de la courbe le plus éloigné de la diagonale. Pour tous ces tests statistiques, la différence est significative lorsque $p < 0.05$.

RESULTATS

Caractéristiques générales de la population

L'étude a inclus 40 patients atteints de CMD non ischémique. La durée moyenne de suivi était de six

virgule deux mois ($6,2\text{mois} \pm 2,49$) avec des extrêmes de 3 et 12 mois. Dix-huit (18) patients (45%) ont présenté un événement cardiovasculaire majeur dont zéro décès, zéro trouble du rythme ventriculaire et 18 hospitalisations pour décompensation cardiaque. Ainsi le groupe 1 (pas d'évènement cardiovasculaire) était formé de 22 patients, le groupe 2 (survenue d'évènement cardiovasculaire) était formé de 18 patients.

Les données démographiques et les caractéristiques cliniques des patients ont été détaillées dans le tableau I. Les patients ayant eu un événement cardiovasculaire majeur avaient une incidence plus élevée de dyspnée stade III-IV NYHA et de diabète. Ils ont également utilisé plus de Furosémide et de spironolactone.

Tableau 1 : Les caractéristiques générales de la population

	Évènement (n=18)	Pas d'évènement (n=22)	P
Age (ans)	60,5 $\pm$ 10,5	60 $\pm$ 9,7	0,18
BMI (m2)	19,2 $\pm$ 0,4	18,9 $\pm$ 0,2	0,25
PAS (mmHg)	110 $\pm$ 12	121 $\pm$ 11,8	0,31
PAD (mmHg)	78 $\pm$ 6	80,3 $\pm$ 4	0,12
Sexe			
Masculin	14 (77,7%)	15(68%)	0,56
Féminin	4 (22,2%)	7(31,8%)	0,24
NYHA III-IV	8 (44,4%)	4(18,1%)	0,000
HTA	9 (50%)	10(45,4%)	0,34
Tabac	11(61,1%)	13(59%)	0,57
Diabète	9 (50%)	3(13,6%)	0,000
Bétabloquant	14 (77,7%)	18(81,8%)	0,32
IEC	13 (72,2%)	16(72,7%)	0,17
Furosémide	16(88,8%)	9(40,9%)	0,03
Spironolactone	9 (50%)	4(18,1%)	0,002

BMI: Indice de masse corporelle; PAS; Pression artérielle systolique, PAD: Pression artérielle diastolique; IEC: Inhibiteur de l'enzyme de conversion.

Paramètres échocardiographiques

Les paramètres échocardiographiques des patients avec ou sans événement cardiovasculaire ont été résumés dans le tableau II. Pour les paramètres échographiques du VG, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes.

Concernant les paramètres échographiques du VD ; le TAPSE, l'onde S, la FRVD et le dp/dt du VD ont été significativement plus bas chez les patients ayant présenté un événement cardiovasculaire. L'indice de Tei a été significativement plus élevé chez les patients avec événement cardiovasculaire.

Les valeurs absolues du Strain global et latéral du VD, ont été significativement plus basses chez les patients ayant présenté un événement majeur et ce de façon très significative.

Il n'existait pas de différence significative entre les 2 groupes en ce qui concerne le Strain de la paroi septale. Le nombre de patients ayant une uniformité de

contraction des différents segments du VD était significativement plus élevé dans le groupe des patients sans événement cardiovasculaire.

Tableau 2 : Les paramètres échocardiographiques

Les paramètres du VG	Évènement (n=18)	Pas d'évènement (n=22)	P
DTDVG (mm)	66,5 $\pm$ 7	67 $\pm$ 7,4	0,40
DTSVG (mm)	54,2 $\pm$ 9	52,6 $\pm$ 9,2	0,13
VTVDG (ml)	170,1 $\pm$ 45,3	167 $\pm$ 49	0,06
VTSVG (ml)	105 $\pm$ 36	107 $\pm$ 37,1	0,10
FEVG (%)	35,4 $\pm$ 9	36 $\pm$ 9,6	0,07
ITV sous aortique (cm)	13 $\pm$ 3,8	15 $\pm$ 3,2	0,11
Débit cardiaque (ml/min)	3,2 $\pm$ 0,4	4 $\pm$ 0,4	0,28
Les paramètres du VD			
FRVD (%)	36,4 $\pm$ 3,1	38,7 $\pm$ 4,4	0,008
TAPSE (mm)	15,3 $\pm$ 1,7	20 $\pm$ 5,3	0,000
Indice de Tei	0,54 $\pm$ 0,09	0,38 $\pm$ 0,13	0,000
Onde S (cm/s)	8,3 $\pm$ 2,9	11,5 $\pm$ 2,3	0,000
Dp/dt (mmHg/s)	600 $\pm$ 144,4	1094,1 $\pm$ 422,6	0,000
Strain global VD	-8,9 $\pm$ 5,1	-13,9 $\pm$ 3,2	0,000
Strain de la paroi latérale	-12,6 $\pm$ 8,9	-18,9 $\pm$ 6,1	0,000
Strain de la paroi septale	-11 $\pm$ 4	-11,7 $\pm$ 3,9	0,4
Uniformité de contraction	4	8	0,02

Analyse multivariée des paramètres de la fonction systolique du ventricule droit

Parmi les paramètres de fonction systolique du VD : TAPSE, FRVD, indice de Tei VD, l'onde S, dp/dt du VD, Strain global du VD, strain de la paroi latérale du VD, strain de la paroi septale du VD ; seuls le TAPSE (HR 0.86 [0.74-0.99], p=0.04), l'onde S (HR 0.77 [0.62-0.95], p=0.01), l'indice de Tei (HR 1.06 [1.01-1.12], p=0.02) et le strain latéral du VD (HR 1.13 [1.04-1.23], p=0.004) ont été retrouvés comme facteurs pronostiques indépendants de la survenue d'évènement cardio-vasculaire majeur.

Détermination des valeurs seuils à partir des courbes de ROC

Les valeurs seuils, par l'analyse des courbes de ROC du TAPSE, l'onde S, l'indice de Tei et le strain de la paroi latérale étaient respectivement 12,5mm ; 8,5cm/s ; 0,55 et -12. Le tableau III montre les principaux résultats obtenus à partir des courbes ROC.

Tableau 3 : Valeurs seuils déterminées par les courbes ROC

Paramètres	AUC	Significativité asymptotique	Valeur seuil	Sensibilité	Spécificité
TAPSE	0,84	0,000	12,5	83%	81%
Onde S	0,82	0,000	8,5	94%	77%
Indice de Tei	0,89	0,001	0,55	98%	82%
Strain de la paroi latérale	0,92	0,01	-12	91%	80%

DISCUSSION

Dans notre étude, le TAPSE, l'onde S, l'indice de Tei et le strain latéral du VD étaient des facteurs pronostiques indépendants de la survenue d'événement cardio-vasculaire majeur chez les patients ayant une CMD non ischémique.

Parfois appelé «le ventricule oublié», le VD a une valeur pronostique importante chez les patients atteints de CMD [8]. En raison de sa forme et son volume, l'évaluation de la fonction VD peut s'avérer difficile et non reproductible [9]. En conséquence, diverses techniques pour l'évaluation de la fonction VD ont été utilisées, y compris la ventriculographie invasive, l'échocardiographie conventionnelle, l'imagerie nucléaire et l'imagerie par résonance magnétique [10]. L'échocardiographie transthoracique est, d'une façon générale, la technique la plus couramment employée pour l'évaluation de routine du VD.

Des études récentes ont démontré que l'échocardiographie avec ses nouvelles applications telles que le DTI et le strain peuvent être des techniques utiles pour évaluer la fonction VD, en particulier chez les patients atteints de CMD [7].

Chez les patients atteints de CMD non ischémique, la dysfonction ventriculaire droite peut prédire la survenue d'événement cardio-vasculaire [11]. Et dans notre étude, plusieurs paramètres échographiques de l'étude de la fonction VD ont été retrouvés comme facteurs prédictifs de survenue d'événement cardio-vasculaire.

Dans notre étude, l'âge moyen des patients était de 60,5 ± 10,5 ans. La durée moyenne du suivi était de 6,2 mois ± 2,49. Au cours du suivi, 18 patients (45%) ont été hospitalisés pour une décompensation cardiaque.

En analyse multivariée, seuls le TAPSE (HR 0.86 [0.74-0.99], p=0.04), l'onde S (HR 0.77 [0.62-0.95], p=0.01), l'indice de Tei (HR 1.06 [1.01-1.12], p=0.02) et le strain latéral du VD (HR 1.13 [1.04-1.23], p=0.004) ont été retrouvés comme facteurs pronostiques indépendants de la survenue d'événement cardio-vasculaire majeur.

Par l'analyse des courbes de ROC, les valeurs seuils ont été déterminées : 12,5mm pour le TAPSE, 8,5cm/s pour l'onde S, 0,55 pour l'indice de Tei et -12 pour le strain de la paroi latérale du VD.

Polack et al. [12] ont fourni la première preuve de l'importance pronostique de la FRVD chez 34 patients ayant une CMD avec FEVG <40%. Ceci a été suivi par l'étude de Baker et al. [13] faite chez 25 patients atteints de CMD, qui a montré une corrélation entre la capacité d'exercice et la fonction ventriculaire droite. Mais, ce paramètre (FRVD) n'a pas été retrouvé, dans notre étude, comme facteur pronostic indépendant de survie.

Le TAPSE est largement reconnu, comme marqueur de la dysfonction VD utile et faisable. Cependant, il n'est pas spécifique de la fonction ventriculaire droite, car il a été

fortement influencé par la dysfonction systolique du VG [14] et l'asynchronisme biventriculaire [15]. Le TAPSE a été prouvé par Ghio et al comme ayant une valeur prédictive chez les patients atteints de CMD [4]. Cette valeur pronostique a aussi été prouvée dans notre étude. En effet, Le TAPSE a été retrouvé, dans notre étude, comme étant un facteur pronostique dans la CMD non ischémique (p=0,000).

Dans notre étude, le TAPSE a été retrouvé aussi comme facteur prédictif indépendant de survie avec une valeur seuil de 12,5mm similaire à celle retrouvée dans la littérature.

En raison de son temps d'acquisition rapide, son reproductibilité, et sa facilité ; le DTI donne des paramètres supplémentaires qui pourraient être utiles pour l'évaluation de la fonction VD [16]. L'onde S a été retrouvée comme paramètre pour quantifier la fonction systolique du VD [17] mais aussi pour évaluer le pronostic chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque sévère. Toutefois, la valeur de S est également influencée par la post-charge. Concernant l'étude de l'onde S en DTI, notre étude a montré que la diminution de ce paramètre a été bien corrélée à la survenue d'événement cardio-vasculaire (p= 0,01). Ce paramètre a été aussi retrouvé comme facteur pronostic indépendant dans l'analyse multivariée pour un cut off de 8,5 cm/s. Les auteurs ont retrouvé des valeurs seuils très proches de celle retrouvée dans notre étude. En effet, Damy et al. [18] ont étudié 136 patients ayant une insuffisance cardiaque stable avec une FEVG < 35% et ils ont démontré que l'onde S du VD est un facteur prédictif de mortalité dans l'insuffisance cardiaque avec une valeur seuil de 9,5 cm/s. L'indice de Tei a été retrouvé comme facteur pronostic indépendant dans notre étude pour une valeur seuil de 0,55. Ce qui n'a pas été le cas dans d'autres études notamment une étude menée au CHU de Nice sur les facteurs pronostiques échographiques des CMD incluant 65 patients [19].

La mesure de la déformation longitudinale systolique maximale par Strain 2D des segments basal, médian et apical des parois latérale et septale du VD a été utilisée pour mesurer la performance du VD. Ont été aussi utilisés, le strain global et l'uniformité de contraction.

En effet, le strain 2D semble être la méthode la plus fiable et la plus précise pour évaluer la performance du VD, car il est moins dépendant de la pression artérielle pulmonaire et des conditions de surcharge [20].

Donal et al ont récemment rapporté que le strain longitudinal systolique du VD était un indice pronostique plus puissant que l'épreuve d'effort cardio-pulmonaire et le peptide natriurétique cérébral chez les patients atteints de CMD avec une dysfonction ventriculaire gauche sévère qui sont stables sous traitement médical et en l'absence d'hypertension artérielle pulmonaire [21].

Dans notre étude, seul le strain latéral du VD a été retrouvé comme facteur prédictif indépendant de

survenue d'évènement cardiovasculaire majeur. Ceci peut être expliqué par le fait que le strain de la paroi latérale du VD permet une évaluation de l'atteinte propre du VD indépendamment de l'altération de sa fonction secondaire à la dysfonction de la paroi septale partagée avec le VG.

L'analyse des courbes de ROC a permis d'identifier la valeur seuil de -12 pour la paroi latérale ; comme valeurs prédictives d'évènement cardiovasculaire majeur dans la CMD. Ces valeurs sont inférieures (en valeur absolue) à celles retrouvées dans l'étude de Donal et al. (-18) [21]. Il est également possible que de nouveaux indices de l'étude de la fonction VD, telles que l'accélération isovolumique et isovolumétrique, peuvent permettre une meilleure prédiction de survenue d'évènement cardiovasculaire [20,22]. Ces paramètres ne sont pas évalués dans notre étude.

Références

1. Jefferies JL, Towbin JA: Dilated cardiomyopathy. *Lancet* 2010; 375(9716):752-762.
2. Solomon SD, Anavekar N, Skali H, McMurray JJ, Swedberg K, Yusuf S, et al. Influence of ejection fraction on cardiovascular outcomes in a broad spectrum of heart failure patients. *Circulation* 2005;112:3738-44.
3. Shah MR, Hasselblad V, Gheorghiade M, Adams Jr KF, Swedberg K, Califf RM, et al. Prognostic usefulness of the sixminute walk in patients with advanced congestive heart failure secondary to ischemic or nonischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2001;88:987-93.
4. Ghio S, Gavazzi A, Campana C, et al. Independent and additive prognostic value of right ventricular systolic function and pulmonary artery pressure in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 37: 183-188.
5. Karatasakis GT, Karagounis LA, Kalyvas PA, et al. Prognostic significance of echocardiographically estimated right ventricular shortening in advanced heart failure. *Am J Cardiol* 1998; 82: 329-334.
6. Ghio S, Recusani F, Klersy C, et al. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2000; 85: 837-842.
7. Thomas DE, Wheeler R, Youssef ZR, Masani ND. The role of echocardiography in guiding management in dilated cardiomyopathy. *Eur J Echocardiogr*, 2009, 10 : 15-21.
8. Rigolin VH, Robiolio PA, Wilson JS, Harrison JK, Bashore TM. The forgotten chamber: The importance of the right ventricle. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1995; 35:18-28.
9. Tulevski II, Romkes H, Dodge-Khatami A, van der Wall EE, Groenink M, van Veldhuisen DJ, Mulder B. Quantitative assessment of the pressure and volume overloaded right ventricle: Imaging is a real challenge. *Int J Cardiovasc Imaging* 2002; 18:41-51.
10. Andrea A, Salerno G, Scarafilo R et al. Right Ventricular Myocardial Function in Patients with Either Idiopathic or Ischemic Dilated Cardiomyopathy Without Clinical Sign of Right Heart Failure: Effects of Cardiac Resynchronization Therapy. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2009 Aug;32(8):1017-29.
11. Vizzardi E, D'Aloia A, Caretta G, et al. Long-Term Prognostic Value of Longitudinal Strain of Right Ventricle in Patients with Moderate Heart Failure. *Hellenic J Cardiol* 2014; 55: 150-155.
12. Polak JF, Holman BL, Wynne J, Colucci WS. Right ventricular ejection fraction: an indicator of increased mortality in patients with congestive heart failure associated with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2:217-224.
13. Baker BJ, Wilen MM, Boyd CM, Dinh H, Franciosa JA. Relation of right ventricular ejection fraction to exercise capacity in chronic left ventricular failure. *Am J Cardiol* 1984; 54:596-599.
14. López-Candales A, Rajagopalan N, Saxena N, Gulyasy B, Edelman K, Bazaz R. Right ventricular systolic function is not the sole determinant of tricuspid annular motion. *Am J Cardiol*. 2006; 98: 973-977.
15. Gupta S, Khan F, Shapiro M, Weeks SG, Litwin SE, Michaels AD. The associations between tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), ventricular dyssynchrony, and ventricular interaction in heart failure patients. *Eur J Echocardiogr*. 2008; 9: 766-771.
16. Meluzin J, Spinarova L, Hude P, Krejci J, Kincel V, Panovsky R. Prognostic importance of various echocardiographic right ventricular functional parameters in patients with symptomatic heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18:435-444.
17. Meluzin J, Spinarová L, Bakala J, et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion; a new, rapid, and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function. *Eur Heart J*. 2001; 22: 340-348.
18. Damy T, Viallet C, Lairez O, Deswarte G, Pavlino A, Maison P, et al. Comparison of four right ventricular systolic echocardiographic parameters to predict adverse outcomes in chronic heart failure. *Eur J Heart Fail* 2009; 11:818-24.
19. Thèse de doctorat en médecine soutenue par Hadi Khachab en Septembre 2011: Interêt pronostique de l'échographie cardiaque dans la cardiomyopathie dilatée. Université Henri Poincaré, Nancy 1.
20. Missant C, Rex S, Claus P, Mertens L, Wouters PF. Load sensitivity of regional tissue deformation in the right ventricle: isovolumic versus ejection-phase indices of contractility. *Heart*. 2008; 94: e15.
21. Donal E, Roulaud M, Raud-Raynier P, et al. Echocardiographic right ventricular strain analysis in chronic heart failure. *Eur J Echocardiogr*. 2007; 8: 449-456.
22. Vogel M, Schmidt MR, Kristiansen SB, et al. Validation of myocardial acceleration during isovolumic contraction as a novel noninvasive index of right ventricular contractility: comparison with ventricular pressure-volume relations in an animal model. *Circulation*. 2002; 105: 1693-1699.

Les limites de l'étude

La principale limite est le faible effectif de la population étudiée. Mais aussi l'absence d'un suivi clinique et échographique à long terme. Les limites techniques sont aussi à noter. En effet l'étude du strain dépend du taux et du cadre de résolution de l'image. L'augmentation de la fréquence d'image réduit la densité de lignes de balayage ce qui réduit par conséquent la résolution de l'image. Dans la présente étude, le strain radial du VD n'a pas été calculé parce que les parois du VD étaient trop minces pour être correctement analysées.

CONCLUSION

Cette étude a montré que le TAPSE, l'onde S, l'indice de Tei et le strain latéral du VD sont des facteurs pronostiques indépendants de la survenue d'évènement cardio-vasculaire majeur dans la CMD non ischémique.