



HAL
open science

L'imagerie cardiovasculaire dans l'insuffisance cardiaque

Pascal Nhan, Stéphane Ederhy, Laurie Soulat-Dufour, Yann Ancedy, Marion Chauvet-Droit, Saroumadi Adavane-Scheublé, Rim Ben Said, Mathieu Lajus, Franck Boccara, Ariel Cohen

► To cite this version:

Pascal Nhan, Stéphane Ederhy, Laurie Soulat-Dufour, Yann Ancedy, Marion Chauvet-Droit, et al.. L'imagerie cardiovasculaire dans l'insuffisance cardiaque. La Presse Médicale, 2019, 48, pp.1406 - 1415. 10.1016/j.lpm.2019.09.052 . hal-03488829

HAL Id: hal-03488829

<https://hal.science/hal-03488829v1>

Submitted on 21 Jul 2022

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 Attribution - NonCommercial 4.0 International License

L'imagerie cardiovasculaire dans l'insuffisance cardiaque

Cardiovascular imaging in heart failure

Pascal Nhan, Stéphane Ederhy, Laurie Soulat-Dufour, Yann Ancedy, Marion Chauvet-Droit, Saroumadi Adavane-Scheublé, Rim Ben Said, Mathieu Lajus, Franck Boccara, Ariel Cohen

AP-HP, hôpital Saint-Antoine, Sorbonne Université, service de cardiologie, 184, rue du faubourg Saint-Antoine, 75571 Paris cedex 12, France

Décompte du nombre de signes du corps du texte (espaces compris) :

22128 signes

Correspondance :

Professeur Ariel Cohen, AP-HP, hôpital Saint-Antoine, Sorbonne Université, service de cardiologie, 184, rue du faubourg Saint-Antoine, 75571 Paris cedex 12, France.

ariel.cohen@aphp.fr

Déclaration de liens d'intérêts :

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts en rapport avec cet article

Liste des abréviations

BNP	Peptide natriurétique de type B
CMD	Cardiomyopathie dilatée
CMH	Cardiomyopathie hypertrophique
CMR	Cardiomyopathie restrictive
DAG	Dilatation auriculaire gauche
DAVD	Dysplasie arythmogène du ventricule droit
ETT	Echocardiographie transthoracique
FEVG	Fraction d'éjection du ventricule gauche
HVG	Hypertrophie ventriculaire gauche
IRM	Imagerie par résonance magnétique
NT-proBNP	Partie N-terminale du pro-peptide natriurétique de type B
OG	Oreillette gauche
OD	Oreillette droite
PRVG	Pressions de remplissage du ventricule gauche
TAPSE	Excursion systolique de l'anneau tricuspide

Points essentiels

- **L'échocardiographie transthoracique** demeure l'examen d'imagerie de première intention pour le diagnostic, la prise en charge et le dépistage de l'insuffisance cardiaque, quel que soit son phénotype (insuffisance cardiaque à FEVG altérée, modérément altérée, ou préservée). Elle permet l'évaluation de la structure anatomique, des fonctions systolique et diastolique des deux ventricules, de l'hémodynamique intracardiaque, ainsi que l'évaluation qualitative et quantitative des valvulopathies et de leur retentissement.
- **L'imagerie de déformation myocardique (strain)** est indiquée chez les patients porteurs d'insuffisance cardiaque dans l'évaluation de la fonction systolique des ventricules, le diagnostic étiologique de certaines cardiopathies spécifiques, et le dépistage d'une dysfonction myocardique préclinique chez les patients à risque ou exposés à un traitement cardiotoxique. Le strain longitudinal global possède également une valeur pronostique dans l'insuffisance cardiaque.
- **L'IRM cardiaque** est recommandée dans l'insuffisance cardiaque pour l'évaluation de la structure et de la fonction myocardique chez les patients anéchogènes ou porteurs de cardiopathie congénitale complexe, pour distinguer une origine ischémique d'une origine ischémique devant un tableau de cardiopathie dilatée, et pour la caractérisation du tissu myocardique en cas de suspicion de cardiomyopathie spécifique.

Key points

- **Transthoracic echocardiography** remains the first-line cardiac imaging for diagnosis, management and screening of heart failure, whatever its phenotype (heart

failure with reduced, mid-range and preserved ejection fraction). It allows anatomic characterization, systolic and diastolic functions of left and right ventricles assessment, intracardiac hemodynamic evaluation and for the assessment of valve disease.

- **Myocardial deformation imaging (strain)** is indicated in patients with heart failure for the assessment of systolic ventricles function and the diagnosis of specific heart diseases. Strain is indicated for the screening of preclinical myocardial dysfunction in patients at risk or exposed to cardiotoxic treatment. Altered global longitudinal strain is associated with a poor prognosis in heart failure.
- **Cardiac magnetic resonance** is recommended for the assessment of myocardial structure and function in subjects with poor acoustic window and patients with complex congenital heart diseases, in order to distinguish between ischemic and non-ischemic myocardial damage in patients with dilated cardiomyopathy and to characterize myocardial tissue in case of suspected specific heart disease.

1- Place de l'échocardiographie dans l'insuffisance cardiaque

En raison de son accessibilité, son faible coût, et son caractère peu invasif, l'échocardiographie transthoracique (ETT) est devenue un outil quotidien indispensable dans la prise en charge des patients atteints d'une cardiopathie. Les dernières recommandations de la Société Européenne de Cardiologie ont réaffirmé le rôle central de l'ETT dans le diagnostic, le traitement, mais également le dépistage de l'insuffisance cardiaque [1].

Chez un patient présentant une insuffisance cardiaque, étayée par l'anamnèse, l'examen physique ou l'électrocardiogramme, il est recommandé dans un premier temps de réaliser un dosage des peptides natriurétiques. En cas d'élévation de ces derniers (NT-proBNP \geq 125 pg/mL ou BNP \geq 35 pg/mL), une ETT doit être réalisée pour confirmer le diagnostic d'insuffisance cardiaque, en précisant le phénotype (insuffisance cardiaque à fraction d'éjection réduite, modérément réduite ou préservée) et éventuellement la cause. A l'inverse, en l'absence d'élévation des peptides natriurétiques, le diagnostic d'insuffisance cardiaque peut être raisonnablement exclu en dehors de situations particulières pouvant aboutir à des faux négatifs (obésité par exemple, œdème aigu du poumon flash). Cependant, en pratique courante, le dosage des peptides natriurétiques n'est pas toujours réalisé et l'ETT est fréquemment prescrite d'emblée, au moins dans notre pays [1].

Les rôles de l'ETT dans le traitement et le suivi de l'insuffisance cardiaque sont multiples (Tableau I).

Elle constitue l'examen de première intention pour l'évaluation de la fraction d'éjection ventriculaire (FEVG) et des pressions de remplissage ventriculaire gauche (PRVG), permettant d'établir le diagnostic d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée, modérément altérée, ou préservée. Cette classification identifie les patients porteurs d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée éligibles à un traitement pharmacologique et/ou à un appareillage (resynchronisation ventriculaire, défibrillateur automatique implantable). L'ETT est l'examen

de référence pour l'évaluation de toute valvulopathie et de son retentissement hémodynamique (notamment sur les dimensions et les fonctions ventriculaires gauche et droite, ainsi que sur les pressions pulmonaires).

L'ETT contribue à orienter fréquemment le diagnostic étiologique de l'insuffisance cardiaque, et donc la stratégie thérapeutique.

cet examen est de plus en plus utilisé comme outil de dépistage chez les patients à risque de développer une insuffisance cardiaque, soit parce qu'ils sont porteurs de pathologies à risque d'évolution vers l'insuffisance cardiaque, soit parce qu'ils ont été ou sont exposés à des traitements cardiotoxiques. Wan [2] a rappelé l'histoire naturelle des patients atteints d'insuffisance cardiaque à FEVG préservée, en reprenant la classification en 4 stades d'insuffisance cardiaque proposée par les sociétés savantes américaines (Figure 1). Dans cette classification, le stade A comprend les patients présentant des facteurs de risque de développer une dysfonction cardiaque diastolique. Le stade B intègre les patients asymptomatiques présentant une dysfonction diastolique asymptomatique. Enfin, les stades C et D intègrent les patients symptomatiques d'insuffisance cardiaque. Si le pronostic des patients symptomatiques (stade C et D) est connu et s'altère après l'entrée dans la maladie, la durée des stades précliniques (A et B) est inconnue et doit être explorée activement et prospectivement [2]. Le dépistage à un stade préclinique des complications cardiovasculaires induites par les thérapies cardiotoxiques (notamment les chimiothérapies) – parfois mortelles – doit faire partie des préoccupations de tout médecin en charge des patients exposés. L'évaluation échocardiographique régulière et rapprochée de la structure et de la fonction myocardique – notamment par l'imagerie de déformation myocardique – doit ainsi être réalisée chez tout patient exposé.

Fonction systolique ventriculaire gauche

La fonction systolique ventriculaire gauche est évaluée en ETT par de multiples paramètres validés, parmi lesquels : FEVG par la méthode Simpson biplan (Figure 2), strain global longitudinal, cinétique segmentaire, volumes télédiastolique et télésystolique, débit cardiaque. Plus récemment, l'ETT tridimensionnelle donne accès à des mesures plus précises et plus reproductibles que l'ETT bidimensionnelle, notamment dans l'évaluation des volumes et de la FEVG (Figure 3), permettant une meilleure corrélation avec l'IRM cardiaque [3].

Fonction diastolique ventriculaire gauche

L'évaluation de la fonction diastolique et des PRVG reste difficile en ETT, et doit reposer sur une approche multiparamétrique (Tableau II). Les sociétés d'échocardiographie américaine et européenne ont proposé en 2016 un nouvel algorithme tiré des travaux de Nagueh [4], précisant la présence ou non d'une élévation des PRVG à partir d'une série de paramètres à recueillir (rapport des vitesses des ondes E et A, temps de décélération de l'onde E, rapport des vitesses des ondes E et e' en latéral et septal, vitesse de la régurgitation tricuspide, volume de l'oreillette gauche). Cet algorithme est cependant imparfait et a fait l'objet de nombreuses critiques [5,6].

Etat valvulaire

L'échocardiographie dans ses différentes modalités demeure l'examen de référence pour l'évaluation des différentes valvulopathies [7]. Elle permet non seulement de quantifier la sévérité des valvulopathies, mais également d'en apprécier les conséquences hémodynamiques (dilatations cavitaires, hypertrophies ventriculaires, PRVG, pressions pulmonaires). Ces paramètres ont été validés pour prédire le risque d'événements cardiovasculaires et déterminent les indications opératoires de réparation ou de remplacement valvulaire. L'ETT tridimensionnelle constitue un apport considérable dans l'évaluation des

valvulopathies. Elle est recommandée dans l'évaluation de l'anatomie mitrale et de la sténose mitrale, l'évaluation d'une sténose aortique et pour préciser les mécanismes de l'insuffisance aortique. Elle est également recommandée pour guider les procédures valvulaires percutanées (implantation d'une valve aortique par voie transcutanée, valvuloplastie mitrale par voie percutanée).

Exploration du cœur droit et interactions entre ventricules gauche et droit

L'ETT est l'examen de première intention pour l'évaluation du cœur droit et des interactions entre ventricules gauche (VG) et droit (VD). L'exploration de la fonction systolique du cœur droit repose également sur une analyse multiparamétrique [3]: paramètres de fonction systolique longitudinale (TAPSE et onde systolique Sa à l'anneau tricuspide), indice de performance myocardique de Tei, fraction de raccourcissement de surface, strain longitudinal en 4 cavités. L'ETT tridimensionnelle de la fraction d'éjection du VD permet une évaluation plus précise de la fonction systolique, notamment car il s'agit de la seule modalité prenant en compte l'ensemble du VD (chambre d'admission, région apicale et chambre de chasse). Elle possède une bonne corrélation avec l'évaluation par IRM cardiaque, bien que son utilisation soit limitée par la nécessité d'images transthoraciques d'excellente qualité [3]. La fonction diastolique ventriculaire droite est moins accessible en pratique courante, et sera évaluée par l'étude conjointe des paramètres suivants : profil tricuspide en diastole en doppler pulsé, rapport E/e' tricuspide, profil pulmonaire en diastole en doppler continu, taille de l'oreillette droite (OD). L'évaluation des pressions dans l'OD repose essentiellement sur le diamètre de la veine cave inférieure et sa compliance à l'inspiration. Les interactions entre VD et VG jouent un rôle majeur dans la fonction cardiaque. Ces interactions sont liées à leur disposition en série et au partage de structures communes, dont le péricarde et le septum interventriculaire. L'échocardiographie reste l'examen de choix pour caractériser ces

interactions, à partir d'indices géométriques, de l'anatomie et du mouvement du septum, des flux Doppler, du strain et des pressions de remplissage.

2- Autres modalités diagnostiques

Strain ventriculaire gauche et droit

L'imagerie de déformation myocardique ou *strain* est un outil échocardiographique reposant sur l'étude de la variation de dimension de structures myocardiques régionales, définies par des marqueurs acoustiques naturels distribués de manière homogène dans le myocarde (les *speckles*), au cours du cycle cardiaque : c'est le principe du *speckle tracking*, soit le suivi du déplacement des *speckles*. Le *strain rate* correspond à la vitesse à laquelle cette déformation survient, et présente l'intérêt d'être mieux corrélé aux indices de contractilité intrinsèque du myocarde tels que l'élastance. Contrairement à l'échocardiographie bidimensionnelle, le strain permet l'étude de chaque composante de la contraction myocardique : longitudinale, radiale et circonférentielle [8].

L'imagerie de déformation myocardique a l'avantage d'être une méthode reproductible et indépendante de l'angle d'incidence. Ses applications principales résident dans l'évaluation de la fonction systolique des ventricules gauche et droit, le dépistage précoce d'une dysfonction myocardique infraclinique et dans le diagnostic de certaines pathologies telles que l'amylose cardiaque. Au-delà de ces applications diagnostiques, le strain longitudinal global biventriculaire pourrait également avoir un intérêt dans l'évaluation pronostique [9].

IRM cardiaque

L'IRM cardiaque a pris une place croissante dans la prise en charge des patients atteints d'insuffisance cardiaque. Les recommandations européennes ont rappelé ses principales

indications dans la prise en charge diagnostique, mais également thérapeutique (Tableau III) [1].

Sur le plan diagnostique, les travaux de McCrohon avaient mis en avant la capacité discriminative de l'IRM cardiaque pour différencier, devant un tableau d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée, une origine ischémique d'une cardiomyopathie dilatée (à partir notamment de la répartition sous-endocardique ou transmurale du rehaussement tardif au gadolinium, propre à la cardiopathie ischémique) [10]. Abbasi [11] a étudié de façon prospective l'impact de l'IRM cardiaque dans la prise en charge diagnostique et thérapeutique de 150 patients atteints d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée (inférieure ou égale à 50%). Celle-ci a permis de redresser le diagnostic chez 30% des patients (principalement dans la distinction des cardiopathies ischémiques et non ischémiques, ainsi que dans la présence ou non de thrombus intraventriculaire). Au total, les résultats de l'IRM ont induit une modification thérapeutique dans 52% des cas [12].

Sur le plan pronostique, Puntmann [11] a étudié la capacité des indices de mapping en T1 et du rehaussement tardif au gadolinium pour prédire la mortalité dans la cardiomyopathie dilatée non ischémique, à partir d'une étude multicentrique, prospective et observationnelle ayant réuni 637 patients consécutifs.

En analyses multivariées, les indices de mapping T1 étaient indépendamment prédictifs de la mortalité toute cause (hazard ratio 1,1 ; intervalle de confiance à 95% = 1,06 – 1,15 ; $p < 0,001$) et des événements liés à une insuffisance cardiaque (hazard ratio 1,1 ; intervalle de confiance à 95% = 1,05 – 1,1 ; $p < 0,001$).

Au-delà du diagnostic étiologique et du pronostic dans l'insuffisance cardiaque, l'IRM cardiaque pourrait également permettre de prédire la compliance ventriculaire gauche et d'en préciser le mécanisme à partir de la fraction de volume extracellulaire [13], en distinguant une augmentation de la rigidité myocardique d'une hypertension réactive à l'effort sur un trouble

de la relaxation active du VG. Ces observations réalisées sur une trentaine de patients devront cependant être confirmées sur des populations plus larges.

3- Quelle modalité d'imagerie pour quel patient ?

Les principales modalités d'imagerie utilisées dans l'insuffisance cardiaque diffèrent par de nombreux aspects : accessibilité, coût, tolérance par les patients, reproductibilité, résolutions spatiale et temporelle, accès à l'évaluation hémodynamique du cœur, ... Ainsi, il n'existe pas une seule modalité d'imagerie pour un patient donné, mais une association de modalités complémentaires, explorant chacune une ou plusieurs interrogations en fonction de la situation clinique : c'est l'essence même de l'imagerie multi-modalité.

De par son accessibilité et ses performances diagnostiques, l'ETT demeure l'examen à réaliser en première intention chez tout patient présentant une suspicion d'insuffisance cardiaque [1]. En fonction des premières constatations cliniques et données échographiques, d'autres examens d'imagerie pourront être envisagés.

Par exemple, l'exploration d'une hypertrophie ventriculaire gauche, associée ou non à une infiltration myocardique, nécessite une imagerie disposant d'une haute résolution spatiale. L'IRM cardiaque constitue alors l'examen de choix dans cette indication. A l'inverse, la recherche d'un asynchronisme inter- ou intraventriculaire impose une haute résolution temporelle, qui est permise en échocardiographie par le doppler tissulaire et l'imagerie de déformation myocardique. L'évaluation des volumes cavitaires sera réalisée préférentiellement par une IRM cardiaque ou une échocardiographie de contraste, en raison de leur haute résolution de contraste. Enfin, le dépistage d'une cardiomyopathie à un stade infraclinique sera réalisé par le strain en raison de sa sensibilité pour des dysfonctions myocardiques mineurs, accessible en ETT mais également mais de façon moins routinière, en IRM.

4- Imagerie multimodalité dans les cardiomyopathies

Le terme « cardiomyopathie » réunit un ensemble d'entités hétérogènes de pathologies du muscle cardiaque. Cinq entités distinctes ont été définies : la cardiomyopathie dilatée (CMD), la cardiomyopathie hypertrophique (CMH), la cardiomyopathie restrictive (CMR), la cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit (DAVD), et les cardiomyopathies non classées (dont le syndrome de Takotsubo et la non-compaction ventriculaire gauche) qui ne seront pas traitées dans ce chapitre [14]. L'imagerie multimodalité est devenue incontournable dans le diagnostic, l'évaluation, la stratification du risque et la prise en charge des patients atteints de cardiomyopathies.

4-1- Cardiomyopathie dilatée

La cardiomyopathie dilatée est définie par une atteinte structurelle et fonctionnelle du muscle cardiaque non liée à une coronaropathie, une valvulopathie, une hypertension artérielle sévère ou une cardiopathie congénitale [14]. Les critères diagnostiques comprennent une dysfonction ventriculaire gauche systolique (FEVG < 45%) et une dilatation du VG (dimensions télédiastoliques supérieures à 2 dérivations standard) [15]. L'ETT demeure l'examen diagnostique de première intention pour l'évaluation de la FEVG et des dimensions du VG sur les incidences apicales par la méthode de Simpson biplan. L'ETT de contraste et l'échocardiographie tridimensionnelle améliorent significativement la précision et la reproductibilité des mesures de volumes et de FEVG [16]. L'ETT recueille également les épaisseurs pariétales, les paramètres de fonction diastolique, les dimensions et la fonction ventriculaire droite, le débit cardiaque, ainsi que les pressions et résistances pulmonaires. Elle joue un rôle important dans l'évaluation du pronostic (FEVG, dimension du VG et de l'OG, index cardiaque, pressions pulmonaires, strain global longitudinal) et reste l'examen de

première intention dans le suivi des patients. Cependant, la caractérisation du tissu myocardique n'est pas spécifique en ETT, et limite sa capacité à discriminer les différentes causes. L'IRM cardiaque est recommandée pour l'évaluation des dimensions et de la fonction ventriculaires gauches en cas de fenêtre acoustique non satisfaisante, et pour caractériser le tissu myocardique en fonction des causes suspectées (Tableau III) [1]. Elle permettra notamment d'orienter le diagnostic étiologique, d'apprécier l'étendue de l'œdème ou de la fibrose myocardique, de déterminer la présence d'une inflammation myocardique. En pratique, la réalisation de l'IRM doit être systématique dans le bilan étiologique d'une cardiomyopathie dilatée, en l'absence de contre-indication. En cas de suspicion de sarcoïdose cardiaque, la tomographie par émission de positons (TEP) est recommandée pour détecter l'inflammation myocardique, guider le traitement immunosuppresseur et surveiller la réponse au traitement [17].

4-2- Cardiomyopathie hypertrophique

La CMH est définie par une hypertrophie asymétrique du myocarde (épaisseur ≥ 15 mm en cas de forme sporadique et ≥ 13 mm en cas de forme familiale) non expliquée par les conditions de charge [18]. L'ETT et l'IRM cardiaque permettent l'évaluation de l'anatomie (distribution de l'hypertrophie, extension au VD, anomalie de la valve mitrale et de l'appareil sous-valvulaire) et de la fonction cardiaque. La description, le mécanisme et la présence et la sévérité d'une obstruction intraventriculaire gauche doivent être précisées par l'ETT. L'obstruction intraventriculaire gauche est considérée comme significative en cas de gradient maximal supérieur à 30 mmHg au repos ou après manœuvre de Valsalva. L'IRM cardiaque est plus performante pour l'évaluation de la fonction cardiaque en cas d'échogénicité limitée ou d'hypertrophie localisée à l'apex ou prédominant sur une paroi [19]. Elle précisera la localisation et l'extension de la fibrose myocardique, qui est un facteur de mauvais pronostic.

Le suivi recommandé des patients stables atteints de CMH comporte une échocardiographie annuelle et une IRM cardiaque tous les 5 ans [18].

4-3- Cardiomyopathie restrictive

Les cardiomyopathies restrictives (CMR) représentent les formes les moins communes de maladies primitives du muscle cardiaque. Elles sont caractérisées par des phénomènes infiltratifs et non infiltratifs, par des pathologies de surcharge et des désordres endomyocardiques [20]. La fonction systolique ventriculaire gauche est le plus souvent conservée, l'épaisseur des parois est normale ou augmentée, et la rigidité ventriculaire est augmentée, entraînant une dysfonction diastolique. Les causes les plus fréquentes sont myocardiques (amylose cardiaque, maladies infiltratives, inflammatoires dont la sarcoïdose, de surcharge dont l'hémochromatose, la maladie de Fabry...), et endomyocardiques [20]. Le diagnostic est évoqué en ETT devant une insuffisance cardiaque à fonctions systoliques gauche et droite conservée, une dilatation des oreillettes et un profil de remplissage ventriculaire de type restrictif. L'IRM cardiaque permet la caractérisation du tissu myocardique (fibrose, inflammation, œdème, infiltration) et aide ainsi à orienter le diagnostic étiologique [21]. Dans le cas de l'amylose cardiaque, la scintigraphie osseuse permet de différencier les amyloses AL des amyloses à transthyréline [22].

4-4- Cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit

La cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit est une pathologie rare caractérisée par le remplacement progressif des myocytes par du tissu adipeux et de la fibrose, pouvant être responsables de troubles du rythme ventriculaire et d'insuffisance cardiaque. Les critères diagnostiques comportent un trouble de la cinétique segmentaire du VD associé à une dysfonction et/ou une dilatation ventriculaire droite. Ceux-ci peuvent être recueillis en ETT et

en IRM. L'IRM permet une exploration plus précise de l'anatomie et de la fonction ventriculaire droite, et de quantifier la fibrose myocardique [23].

5- De la dysfonction diastolique à l'insuffisance cardiaque symptomatique : impact pronostique

Existe-t-il une indication à dépister une dysfonction diastolique asymptomatique ? Quelques éléments de réponse ont été proposés par Roger [24]. Pour qu'un dépistage soit utile, l'anomalie dépistée doit avoir une performance intrinsèque satisfaisante (sensibilité, spécificité, reproductibilité), être cliniquement pertinente (prédiction de la morbi-mortalité, potentiellement responsable d'une augmentation du coût des soins de santé) et aboutir à un traitement efficace.

Wan [2] a rapporté une revue de la littérature s'intéressant au pronostic de la dysfonction diastolique asymptomatique (ou préclinique). L'incidence du développement d'une insuffisance cardiaque symptomatique est significativement plus importante chez les patients porteurs d'une dysfonction diastolique préclinique. Malheureusement, à l'heure actuelle, aucun traitement médicamenteux ou non médicamenteux spécifique n'a fait la preuve de son efficacité dans la morbi-mortalité des patients atteints d'insuffisance cardiaque à FEVG préservée. Cependant, ces données devraient pousser à traiter plus précocement et de manière plus active les facteurs de risque à développer une dysfonction diastolique préclinique, puis une insuffisance cardiaque à FEVG préservée.

6- Vers l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle

Les innovations technologiques ne cessent d'évoluer et d'améliorer les performances diagnostiques des différentes modalités d'imagerie. En échocardiographie, l'imagerie de déformation myocardique et l'imagerie tridimensionnelle sont aujourd'hui intégrés dans la pratique quotidienne des examens. D'autres innovations technologiques en cours d'évaluation modifieront probablement notre future pratique.

Sanchez-Martinez [25] a étudié la capacité d'un algorithme d'apprentissage automatique à différencier des patients atteints d'insuffisance cardiaque à FEVG préservée et des patients souffrant d'une dyspnée de cause non cardiovasculaire. Les résultats sont prometteurs, mais devront être confirmés à plus grande échelle avant de tirer des conclusions [25].

Une autre révolution technologique a par ailleurs déjà fait ses preuves : l'impression 3D. De nombreux groupes ont déjà rapporté des cas d'utilisation de cette technique dans la modélisation du cœur de patients insuffisants cardiaques afin de mieux appréhender des procédures interventionnelles [26].

Déclaration de liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Titres et légendes des figures

Figure 1. Pronostic de l'insuffisance cardiaque à FEVG préservée en fonction de l'évolutivité. [2]

DDP = dysfonction diastolique préclinique

Figure 2. Evaluation de la fraction d'éjection du ventricule gauche en échocardiographie transthoracique bidimensionnelle selon la méthode Simpson Biplan.

Mesures en 4 cavités en diastole (A) et en systole (B). Mesures en 2 cavités en diastole (C) et en systole (D). FEVG évaluée en Simpson biplan à 62,9%

Figure 3. Evaluation de la fraction d'éjection du ventricule gauche en échocardiographie transthoracique tridimensionnelle.

Représentation tridimensionnelle du ventricule gauche par segments en diastole (A) et en systole (B). FEVG évaluée à 61,2%.

Figure 4. Cardiomyopathie hypertrophique sarcomérique.

A : coupe 3 cavités ciné IRM en diastole montrant une hypertrophie du septum interventriculaire

B et C : coupe petit axe basale avec ciné IRM en diastole (B) puis rehaussement tardif dix minutes après l'injection de chélate de gadolinium (C) montrant une prise de contraste, patchy, dans la zone hypertrophiée.

Figure 1

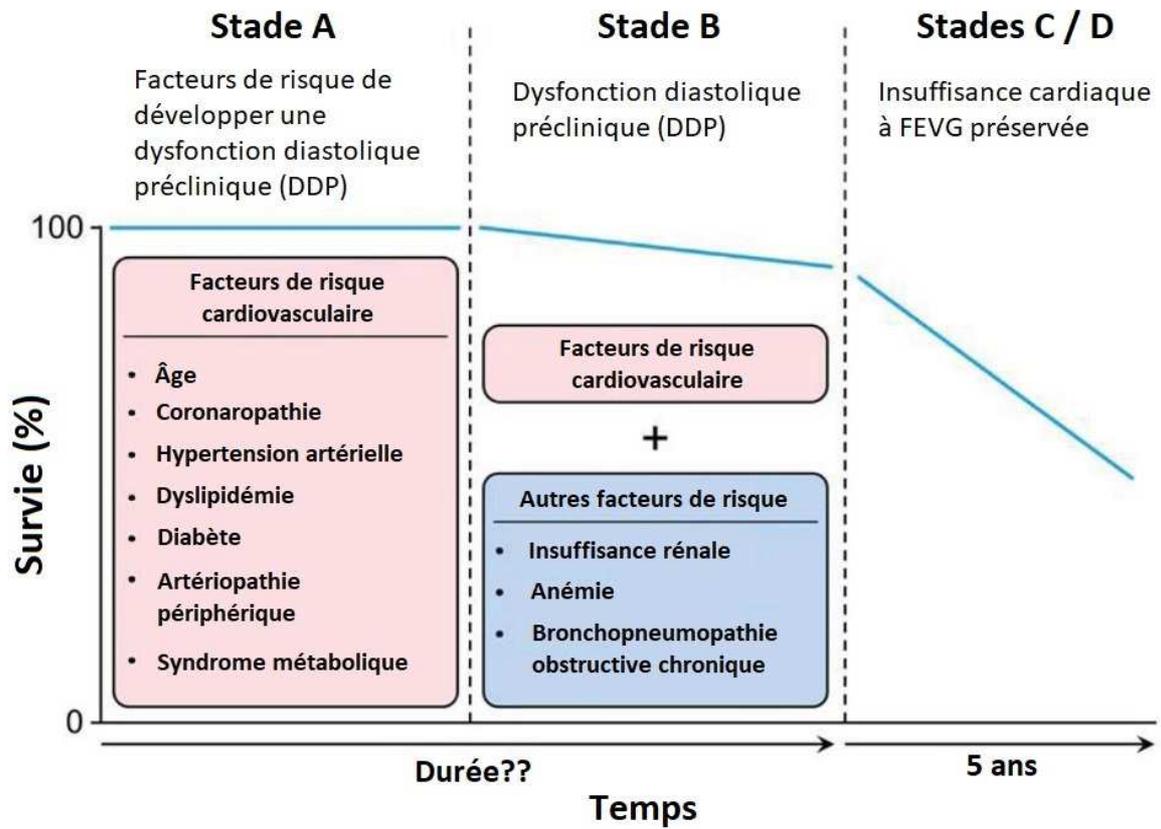


Figure 2

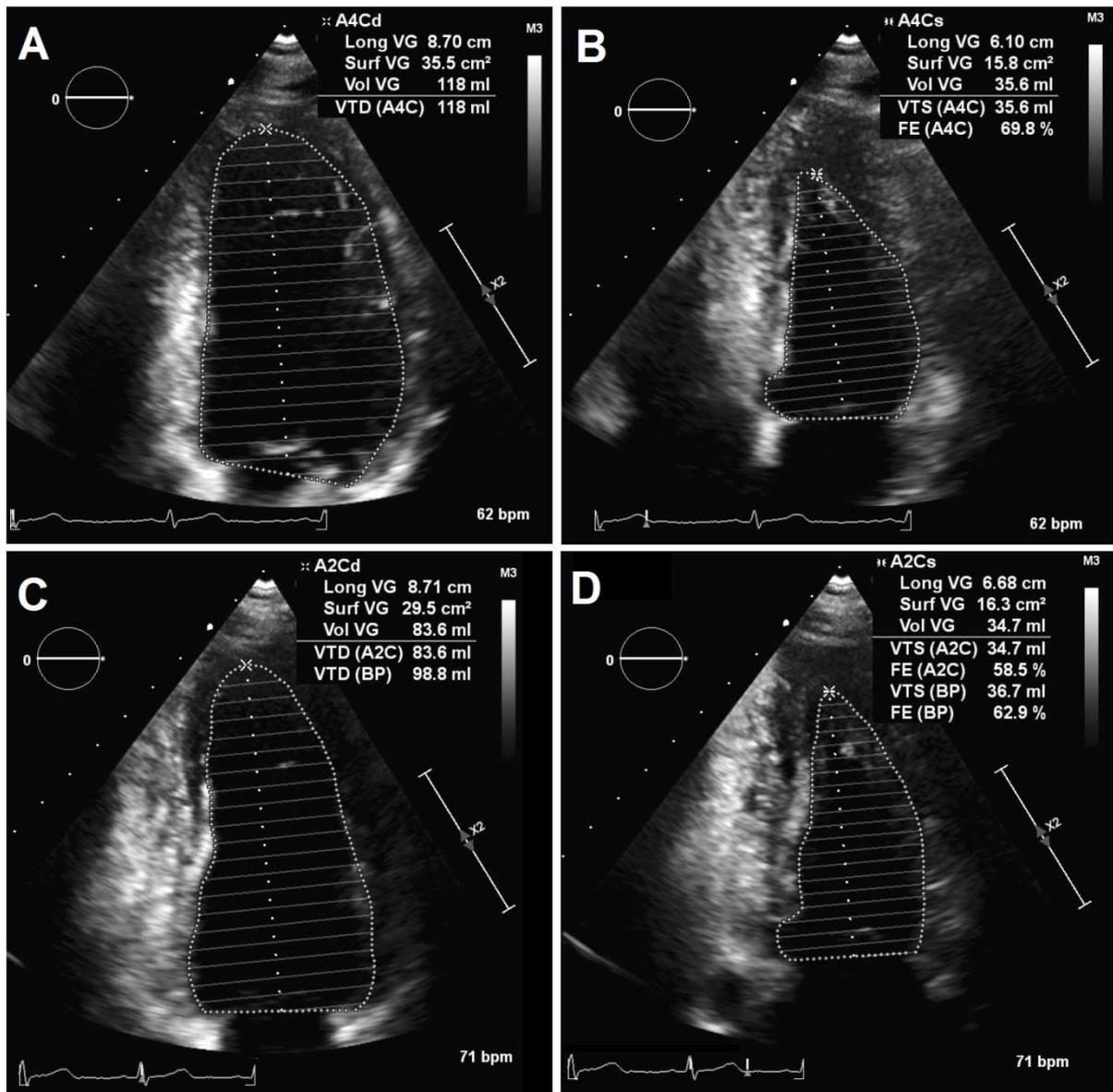


Figure 3

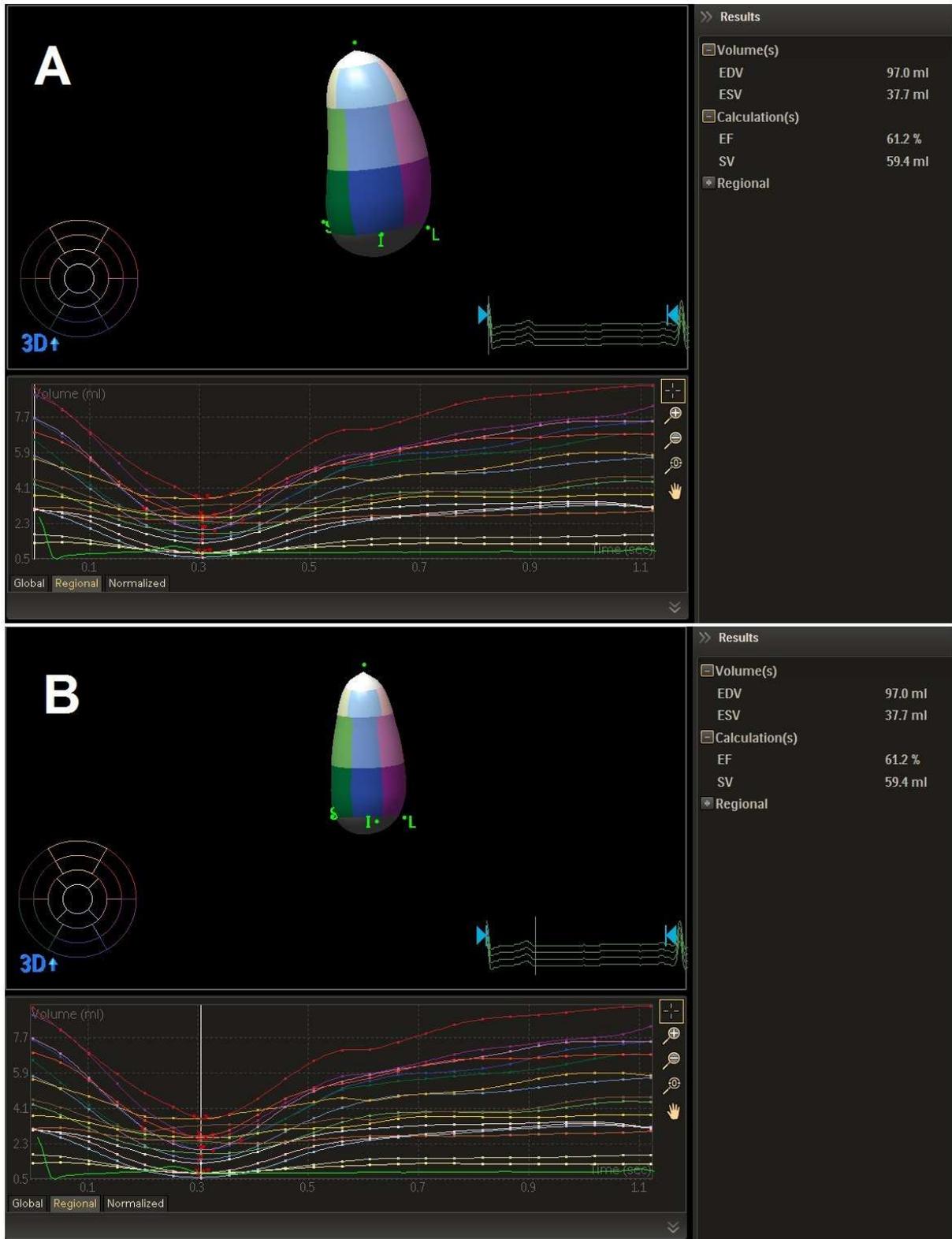
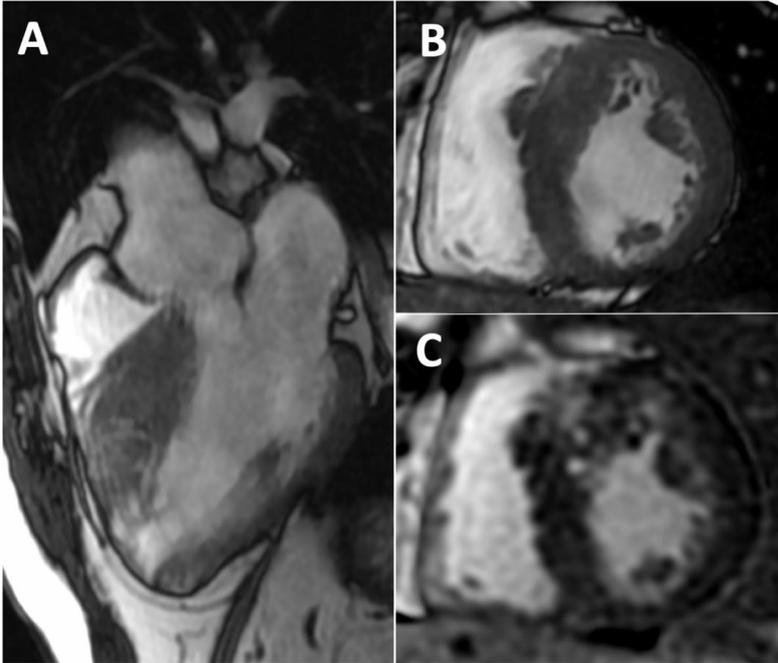


Figure 4



Recommandations	Classe	Niveau
L'ETT est recommandée pour l'évaluation de la structure et la fonction myocardique chez les sujets avec suspicion d'insuffisance cardiaque afin d'établir le diagnostic d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée, modérément altérée ou préservée.	I	C
L'ETT est recommandée pour évaluer la FEVG afin d'identifier les patients atteints d'insuffisance cardiaque qui seraient éligibles aux traitements médicamenteux et non médicamenteux (défibrillateur automatique implantable, resynchronisation) validés dans le traitement de l'insuffisance cardiaque à FEVG altérée.	I	C
L'ETT est recommandée pour l'évaluation d'une valvulopathie, de la fonction ventriculaire droite et des pressions pulmonaires chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée, modérément altérée ou préservée, afin d'identifier ceux qui seraient éligibles à une correction de la valvulopathie.	I	C
L'ETT est recommandée pour l'évaluation de la structure et de la fonction myocardique chez les sujets exposés à des traitements potentiellement cardiotoxiques (par exemple une chimiothérapie)	I	C

Tableau I. Recommandations des principales utilisations de l'ETT dans l'insuffisance cardiaque. [1]

ETT = échocardiographie transthoracique ; FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche

Paramètres	Anomalies	Implications cliniques
e'	Abaissé (e' septal < 8 cm/s, e' lateral < 10 cm/s, or e' moyen < 9 cm/s)	Relaxation VG retardée
Rapport moyen E/e'	Elevé (> 14)	PRVG augmentées
	Bas (< 8)	PRVG normales
	Intermédiaire (8–15)	Zone grise (paramètres supplémentaires nécessaires)
Rapport mitral E/A	Aspect restrictif (> 2)	PRVG augmentées Surcharge volumique
	Trouble de la relaxation (< 1)	Relaxation VG retardée PRVG normales
	Normal (1–2)	Non concluant (“peut être pseudo-normal”)
Flux mitral durant une manœuvre de Valsalva	Modification de l’aspect pseudo-normal vers un aspect de trouble de la relaxation (avec une diminution du rapport E/A $\geq 0,5$)	PRVG augmentées (démasquées par le Valsalva)
Durée (Ap – Am)	> 30 ms	PRVG augmentées

Tableau II. Paramètres échocardiographiques validés pour évaluation la fonction diastolique ventriculaire gauche.

Am = durée de l’onde A sur le flux mitral ; Ap = durée de l’onde A sur le flux veineux pulmonaire ; PRVG = pressions de remplissage du ventricule gauche ; VG = ventricule gauche

Recommandations	Classe	Niveau
L'IRM est recommandée pour l'évaluation de la structure et de la fonction myocardique (y compris du cœur droit) chez les sujets dont l'échogénicité est limitée et les patients porteurs de cardiopathies congénitales complexes (en prenant en considération les mises en garde et contre-indications de l'IRM cardiaque)	I	C
L'IRM cardiaque avec évaluation du rehaussement tardif au gadolinium doit être considérée chez les patients porteurs de cardiopathie dilatée afin de distinguer une atteinte ischémique ou non ischémique en cas de données cliniques ou d'imagerie équivoques.	IIa	C
L'IRM cardiaque est recommandée pour la caractérisation du tissu myocardique en cas de suspicion de myocardite, amylose, sarcôïdose, maladie de Chagas, maladie de Fabry, cardiomyopathie de non compaction et d'hémochromatose (en prenant en considération les mises en garde et contre-indications de l'IRM cardiaque).	I	C
L'imagerie de stress non invasive (IRM cardiaque, échocardiographie de stress, tomographie monophotonique d'émission, PET-scanner) peut être considérée dans l'évaluation de l'ischémie myocardique et la viabilité chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque et d'une maladie coronaire (éligibles à une revascularisation coronaire) avant la décision de revascularisation.	IIb	B

Tableau III. Recommandations des principales utilisations de l'IRM cardiaque dans l'insuffisance cardiaque. [1]

IRM = imagerie par résonance magnétique ; PET-scanner = tomographie par émissions de positons

Références

- [1] Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 2016;37:2129–200. doi:10.1093/eurheartj/ehw128.
- [2] Wan S-H, Vogel MW, Chen HH. Pre-clinical diastolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:407–16. doi:10.1016/j.jacc.2013.10.063.
- [3] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2015;28:1-39.e14. doi:10.1016/j.echo.2014.10.003.
- [4] Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2016;29:277–314. doi:10.1016/j.echo.2016.01.011.
- [5] Sharifov OF, Schiros CG, Aban I, Denney TS, Gupta H. Diagnostic Accuracy of Tissue Doppler Index E/e' for Evaluating Left Ventricular Filling Pressure and Diastolic Dysfunction/Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc* 2016;5. doi:10.1161/JAHA.115.002530.
- [6] Abergel E, Lafitte S, Mansencal N. Evaluation of left ventricular filling pressure: Updated recommendations lack new evidence and have severe interpretation issues. *Arch Cardiovasc Dis* 2018;111:707–11. doi:10.1016/j.acvd.2018.09.002.
- [7] Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2017;38:2739–91. doi:10.1093/eurheartj/ehx391.
- [8] Cohen Ariel, Guéret Pascal. Manuel d'échocardiographie clinique. Paris: Lavoisier; 2012.
- [9] Park J-H, Park JJ, Park J-B, Cho G-Y. Prognostic Value of Biventricular Strain in Risk Stratifying in Patients With Acute Heart Failure. *J Am Heart Assoc* 2018;7:e009331. doi:10.1161/JAHA.118.009331.
- [10] McCrohon JA, Moon JCC, Prasad SK, McKenna WJ, Lorenz CH, Coats AJS, et al. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2003;108:54–9. doi:10.1161/01.CIR.0000078641.19365.4C.
- [11] Puntmann VO, Carr-White G, Jabbour A, Yu C-Y, Gebker R, Kelle S, et al. T1-Mapping and Outcome in Nonischemic Cardiomyopathy: All-Cause Mortality and Heart Failure. *JACC Cardiovasc Imaging* 2016;9:40–50. doi:10.1016/j.jcmg.2015.12.001.
- [12] Abbasi SA, Ertel A, Shah RV, Dandekar V, Chung J, Bhat G, et al. Impact of cardiovascular magnetic resonance on management and clinical decision-making in heart failure patients. *J Cardiovasc Magn Reson* 2013;15:89. doi:10.1186/1532-429X-15-89.
- [13] Rommel K-P, von Roeder M, Latuscynski K, Oberueck C, Blazek S, Fengler K, et al. Extracellular Volume Fraction for Characterization of Patients With Heart Failure and Preserved Ejection Fraction. *J Am Coll Cardiol* 2016;67:1815–25. doi:10.1016/j.jacc.2016.02.018.

- [14] Elliott P, Andersson B, Arbustini E, Bilinska Z, Cecchi F, Charron P, et al. Classification of the cardiomyopathies: a position statement from the European Society Of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J* 2008;29:270–6. doi:10.1093/eurheartj/ehm342.
- [15] Silva Marques J, Pinto FJ. Clinical use of multimodality imaging in the assessment of dilated cardiomyopathy. *Heart* 2015;101:565–72. doi:10.1136/heartjnl-2013-304539.
- [16] Thavendiranathan P, Liu S, Verhaert D, Calleja A, Nitinunu A, Van Houten T, et al. Feasibility, accuracy, and reproducibility of real-time full-volume 3D transthoracic echocardiography to measure LV volumes and systolic function: a fully automated endocardial contouring algorithm in sinus rhythm and atrial fibrillation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:239–51. doi:10.1016/j.jcmg.2011.12.012.
- [17] Writing group, Document reading group, EACVI Reviewers: This document was reviewed by members of the EACVI Scientific Documents Committee for 2014–2016 and 2016–2018. A joint procedural position statement on imaging in cardiac sarcoidosis: from the Cardiovascular and Inflammation & Infection Committees of the European Association of Nuclear Medicine, the European Association of Cardiovascular Imaging, and the American Society of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2017;18:1073–89. doi:10.1093/ehjci/jex146.
- [18] Authors/Task Force members, Elliott PM, Anastasakis A, Borger MA, Borggrefe M, Cecchi F, et al. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the Task Force for the Diagnosis and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2014;35:2733–79. doi:10.1093/eurheartj/ehu284.
- [19] Cardim N, Galderisi M, Edvardsen T, Plein S, Popescu BA, D’Andrea A, et al. Role of multimodality cardiac imaging in the management of patients with hypertrophic cardiomyopathy: an expert consensus of the European Association of Cardiovascular Imaging Endorsed by the Saudi Heart Association. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015;16:280. doi:10.1093/ehjci/jeu291.
- [20] Pereira NL, Grogan M, Dec GW. Spectrum of Restrictive and Infiltrative Cardiomyopathies: Part 1 of a 2-Part Series. *J Am Coll Cardiol* 2018;71:1130–48. doi:10.1016/j.jacc.2018.01.016.
- [21] Habib G, Bucciarelli-Ducci C, Caforio ALP, Cardim N, Charron P, Cosyns B, et al. Multimodality Imaging in Restrictive Cardiomyopathies: An EACVI expert consensus document In collaboration with the “Working Group on myocardial and pericardial diseases” of the European Society of Cardiology Endorsed by The Indian Academy of Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2017;18:1090–121. doi:10.1093/ehjci/jex034.
- [22] Gillmore JD, Maurer MS, Falk RH, Merlini G, Damy T, Dispenzieri A, et al. Nonbiopsy Diagnosis of Cardiac Transthyretin Amyloidosis. *Circulation* 2016;133:2404–12. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021612.
- [23] Gandjbakhch E, Redheuil A, Pousset F, Charron P, Frank R. Clinical Diagnosis, Imaging, and Genetics of Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy/Dysplasia: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol* 2018;72:784–804. doi:10.1016/j.jacc.2018.05.065.
- [24] Asymptomatic Left Ventricular Dysfunction | Elsevier Enhanced Reader n.d. doi:10.1016/j.jchf.2015.12.007.
- [25] Sanchez-Martinez S, Duchateau N, Erdei T, Kunszt G, Aakhus S, Degiovanni A, et al. Machine Learning Analysis of Left Ventricular Function to Characterize Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging* 2018;11:e007138. doi:10.1161/CIRCIMAGING.117.007138.

- [26] Shrestha S, Sengupta PP. Imaging Heart Failure With Artificial Intelligence: Improving the Realism of Synthetic Wisdom. *Circ Cardiovasc Imaging* 2018;11:e007723. doi:10.1161/CIRCIMAGING.118.007723.