

■ Revues générales

L'IRM est-elle indispensable pour l'évaluation du ventricule droit ?

RÉSUMÉ : Le ventricule droit a une forme complexe expliquant les difficultés d'analyse de l'échocardiographie. Grâce à une approche tridimensionnelle sans modélisation géométrique, l'IRM cardiaque permet une mesure précise de la fonction ventriculaire droite.

En pratique clinique, l'IRM cardiaque est utile voire indispensable dans le bilan des cardiomyopathies avec dysfonction ventriculaire droite et notamment dans le diagnostic et le suivi de la dysplasie arythmogène du VD, dans le diagnostic et le suivi des cardiomyopathies dilatées et des cardiopathies hypertrophiques, dans le suivi de certaines cardiopathies congénitales de l'adulte, dans la prise en charge des hypertensions pulmonaires et dans le diagnostic des masses cardiaques en regard du VD.



A. FURBER

Service de Cardiologie, CHU d'ANGERS
UMR CNRS 6015 – INSERM
U1083 Equipe Physiopathologie
Cardiovasculaire, UFR Santé, ANGERS.

L'IRM est une technique particulièrement adaptée à l'imagerie du ventricule droit (VD) pour trois raisons essentielles :

- la qualité de l'image, le contraste, la bonne résolution spatiale et temporelle ;
- la possibilité de caractériser les tissus, permettant de différencier certains d'entre eux en fonction de leurs propriétés de relaxation magnétique ;
- des acquisitions simplifiées et standardisées permettant une approche volumique tridimensionnelle du ventricule droit sans approximation géométrique.

Le ventricule droit a une forme complexe, une paroi mince et de nombreuses trabéculations expliquant les difficultés d'analyse de l'échocardiographie. Grâce à une approche tridimensionnelle sans modélisation géométrique, l'IRM cardiaque permet avec précision de quantifier les volumes du VD et sa fonction systolique. L'IRM permet également une quantification des flux utile dans l'analyse des fuites pulmonaires et tricuspidales. La fraction d'éjection ventriculaire droite est un indice pronostique majeur de beaucoup de cardiopathies. En pratique clinique, l'IRM cardiaque est

utile, voire indispensable, dans le bilan des cardiomyopathies avec dysfonction ventriculaire droite et notamment de la dysplasie arythmogène du VD, dans le suivi de certaines cardiopathies congénitales de l'adulte, dans la prise en charge des hypertensions pulmonaires et dans le diagnostic des masses cardiaques en regard du VD [1].

■ L'analyse de la fonction ventriculaire droite en IRM

La forme complexe du VD, triangulaire, en forme de croissant ou pyriforme, ne se prête pas à une modélisation comme pour le ventricule gauche et rend nécessaire l'utilisation de la méthode de sommation de Simpson afin de quantifier de façon précise les volumes ventriculaires droits télé-diastoliques et télé-systoliques.

L'acquisition IRM commence par des séquences de repérage SSFP, en apnée dans les trois plans orthogonaux puis dans les plans obliques afin de déterminer les vrais axes anatomiques du cœur. Puis les séquences suivantes sont acquises :

Revue générale

– des séquences ciné-IRM SSFP en apnée, synchronisée à l'ECG, en coupe petit axe couvrant l'ensemble des deux ventricules. Le choix de la première coupe basale est important et parfois difficile du fait de la finesse de la paroi VD, rendant la distinction entre le VD et l'oreillette droite compliquée. Par ailleurs du fait du déplacement important de la base du VD vers l'apex pendant la systole, la première coupe basale doit être positionnée en télédiastole. Il est nécessaire d'inclure l'*infundibulum* pulmonaire dans l'analyse du VD ;

– des séquences ciné-IRM SSFP en apnée en coupe grand axe 2 et 4 cavités ;

– des séquences ciné-IRM SSFP en apnée en coupe 2 cavités droites et dans le plan de l'*infundibulum* pulmonaire.

Il est important de faire ces différentes acquisitions en apnée en expiration afin d'éviter une manœuvre de valsalva en inspiration forcée pouvant induire une surestimation des volumes ventriculaires droits.

La fraction d'éjection VD peut être calculée en utilisant les coupes petit axe. Il est également possible d'utiliser des coupes axiales strictes, plus précises et plus reproductibles, notamment lorsque le VD est dilaté (volume télédiastolique > 150 mL/m²).

Pour calculer la FE du VD, le contour endocardique du ventricule doit être tracé manuellement (**fig. 1 et 2**), les logiciels de détection automatique des contours n'étant pas très performants. Le TAPSE (Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion), paramètre intéressant pour l'analyse de la fonction VD, se calcule en mesurant la variation de longueur du VD entre la diastole et la systole en coupe 4 cavités. Des séquences de ciné-IRM en temps réel acquises en respiration libre permettent l'analyse du couplage interventriculaire en visualisant l'excursion du *septum* interventriculaire vers la cavité ventriculaire gauche. Cette approche est utile pour différencier une péricardite restrictive d'une cardiomyopathie restrictive.

Les masses ventriculaires droites [1, 2]

La découverte d'une tumeur du ventricule droit lors de la réalisation d'une échocardiographie conduit le plus souvent à demander une IRM cardiaque. L'IRM est en effet l'examen de référence, le plus performant pour la caractérisation tissulaire conduisant parfois à la caractérisation de la lésion. Elle permet une analyse précise de la tumeur et de

ses rapports anatomiques. L'IRM permet également de rechercher des arguments en faveur d'une tumeur maligne et de différencier une tumeur cardiaque d'un thrombus.

Le protocole d'acquisition des images comprend :

- des séquences IRM sang noir pondérées en T1 et T2. La séquence T1 sang noir est réalisée sans puis avec saturation de la graisse, permettant d'analyser la composante graisseuse de la tumeur. La séquence T2 permet de rechercher la présence d'un œdème ou d'une éventuelle composante liquidienne ;
- des séquences de ciné-IRM SSFP qui permettent de bien définir la morphologie de la tumeur, son éventuelle implantation endocavitaire et qui analysent le retentissement possible sur la fonction ventriculaire droite ;
- des séquences de perfusion au 1^{er} passage après injection de gadolinium, particulièrement utiles en présence d'une suspicion de tumeur maligne ;
- des séquences de rehaussement tardif acquises 10 minutes après l'injection de gadolinium. Ces séquences sont parfois précédées par l'acquisition de séquences de rehaussement précoce 2 minutes après l'injection de gadolinium, en cas de suspicion de thrombus du VD, le thrombus apparaissant en hyposignal [3].

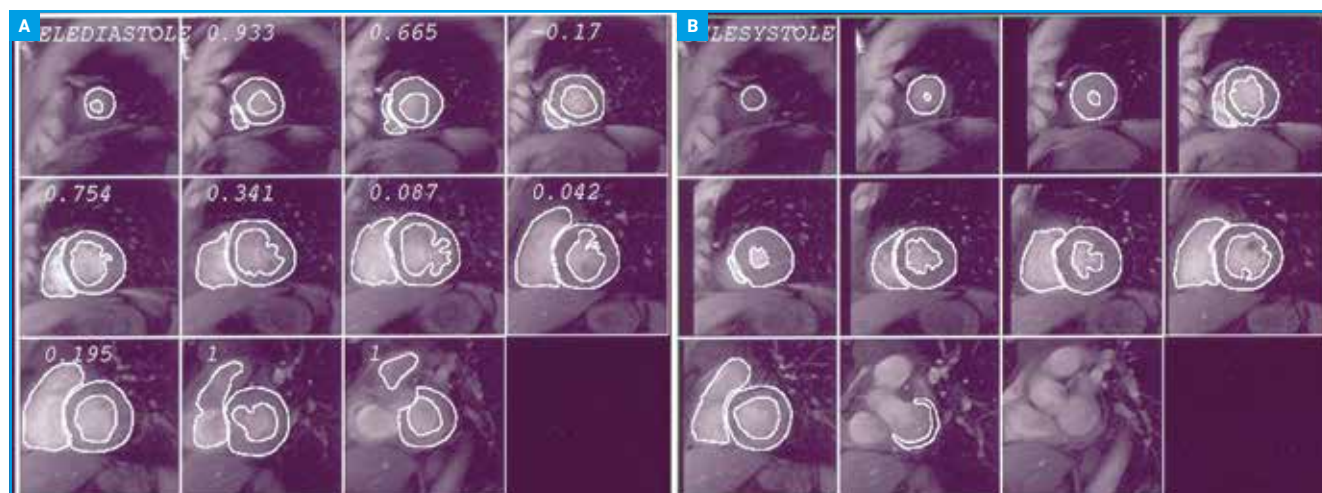


Fig. 1A et 1B: Ciné-IRM en coupe petit axe. Détection manuelle des contours endocardiques du ventricule droit. (A) en télédiastole et (B) en télésystole. Détection automatique avec correction manuelle des contours endocardiques et épicaudiques du ventricule gauche.

Les tumeurs cardiaques du VD sont rares. Chez l'adulte, les tumeurs ventriculaires droites les plus fréquentes sont les lymphomes primitifs et les métastases des tumeurs rénales, abdominopelviennes et des carcinomes hépatocellulaires. Les critères de malignité en IRM sont importants à prendre en compte : la taille de la tumeur > 5 cm, des localisations multiples en cas de métastases, les contours irréguliers de la tumeur, le caractère hétérogène de la tumeur notamment en rehaussement tardif, l'envahissement du péricarde (épanchement péricardique) ou de la plèvre (épanchement pleural). Le lymphome primitif apparaît en IRM sous différents aspects allant d'une masse VD infiltrative mal définie à une tumeur polypoïde, bien limitée.

Les cardiopathies avec atteinte du VD

1. L'infarctus du ventricule droit est fréquent

Le protocole d'acquisition des images comprend des séquences STIR pondérées T2 permettant de visualiser l'œdème myocardique, des séquences de ciné-IRM de type SSFP explorant les deux ventricules et acquises dans les plans long axe 2 cavités, 4 cavités et petit axe, des séquences de perfusion de 1^{er} passage et des séquences de rehaussement tardif acquises 10 minutes après injection de gadolinium.

Après un infarctus inférieur récent, la prévalence d'un infarctus du VD diagnostiqué par IRM est élevée, variant de 50 à 60 % et ceci alors que dans plus de la moitié des cas l'ECG et l'échocardiographie ne retrouvent pas d'arguments en faveur d'une atteinte du VD. L'IRM visualise l'atteinte ventriculaire droite sous forme d'un œdème myocardique sur les séquences pondérées T2 et d'un hypersignal en rehaussement tardif [4] (fig. 2). Cette atteinte ischémique du VD est associée à une dysfonction VD régionale ou globale (fig. 3). L'atteinte du VD

est également présente dans 10 à 30 % des infarctus antérieurs. Au cours du suivi, la persistance d'un hypersignal ventriculaire droit en rehaussement tardif est rare mais est associée à un mauvais pronostic (remodelage ventriculaire droit délétère et dysfonction du VD).

2. La dysplasie arythmogène du VD : l'IRM est indispensable à un diagnostic précoce

Le protocole d'acquisition des images comprend des séquences de ciné-IRM de type SSFP explorant les deux ventri-

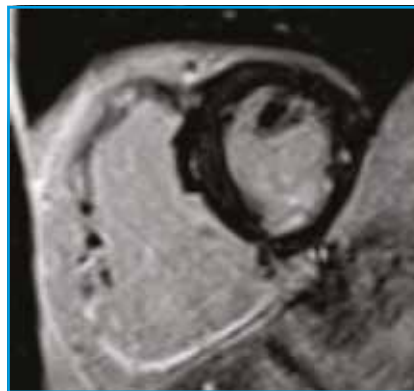


Fig. 2 : Infarctus du ventricule droit chez un patient présentant un infarctus inférieur aigu reperfusé par angioplastie avec succès. Coupe petit axe médio-ventriculaire en rehaussement tardif, visualisant la présence d'hypersignaux au niveau des parois antérieure et postéro-inférieure du ventricule droit. Il existe un hypersignal sous-endocardique au niveau de la paroi inférieure du ventricule gauche.

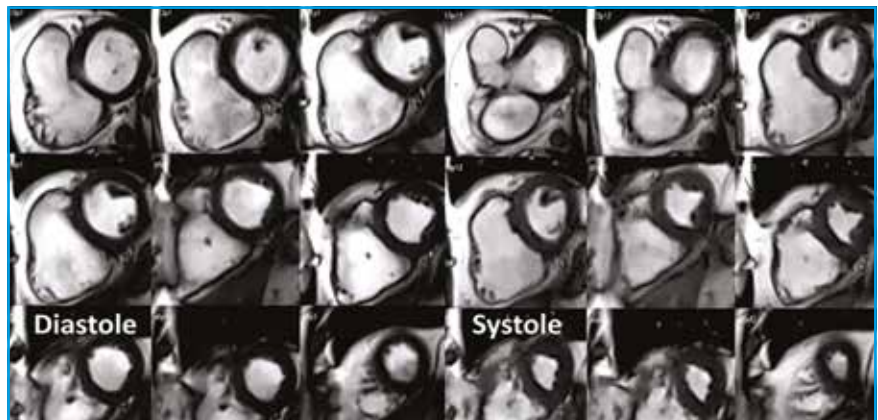


Fig. 3 : Infarctus du ventricule droit chez un patient présentant un infarctus inférieur aigu reperfusé par angioplastie avec succès. Coupes ciné-IRM petit axe SSFP avec images en diastole et en systole mettant en évidence une dilatation du ventricule droit, une akinesie de la paroi libre du ventricule droit et une discrète hypokinésie de la paroi inférieure du ventricule gauche.

cules et acquises dans les plans grand axe 2 cavités, 4 cavités et petit axe. Des coupes spécifiques au VD permettent de rechercher des dyskinésies localisées : coupes grand axe 2 cavités alignées sur le flux tricuspide, coupes sagittales à travers la valve pulmonaire pour analyser la chambre de chasse du VD, coupes axiales ou grand axe 4 cavités acquises de la valve pulmonaire à la paroi postéro-inférieure du VD. Des séquences de rehaussement tardif acquises 10 minutes après injection de gadolinium complètent le protocole d'imagerie. La principale limite de l'IRM repose sur la présence d'un rythme cardiaque irrégulier (ESV nombreuses, fibrillation atriale) induisant des artefacts rendant parfois difficile voire impossible l'analyse de la cinétique segmentaire.

La dysplasie arythmogène du ventricule droit, maladie héréditaire à transmission autosomique dominante, est caractérisée par le remplacement du myocarde normal du ventricule droit par du tissu fibro-adipeux. Chez ces patients, le pronostic vital potentiellement engagé à l'effort impose un diagnostic précoce. Ce diagnostic est difficile, principalement dans les formes débutantes, et s'appuie sur des critères diagnostiques qualifiés de critères majeurs et mineurs incluant les données de l'IRM cardiaque [5]. Un critère majeur en IRM doit associer :

Revue générale

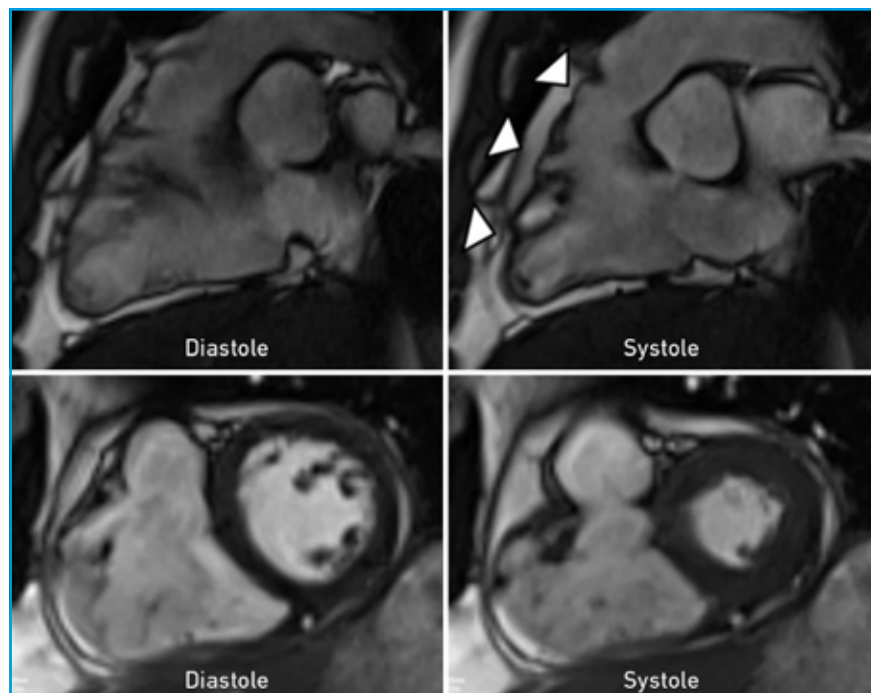


Fig. 4 : Dysplasie arythmogène du ventricule droit. En haut : ciné-IRM SSFP en coupes sagittales à travers la valve pulmonaire avec image en diastole et en systole mettant en évidence des dyskinésies focales au niveau de la paroi libre du ventricule droit et de l'*infundibulum* pulmonaire. En bas : ciné-IRM SSFP en coupes petit axe avec image en diastole et en systole visualisant une akinésie étendue de la paroi libre du ventricule droit, une dilatation du ventricule droit VD et une FE VD altérée à 36 %.

- une dyskinésie ou une akinésie localisée du VD (**fig. 4**) ou un asynchronisme de contraction du VD ;
- une fraction d'éjection VD $\leq 40\%$ ou un volumetélédiastolique du VD $\geq 100 \text{ mL/m}^2$ chez la femme et $\geq 110 \text{ mL/m}^2$ chez l'homme.

L'association d'une dyskinésie ou d'une akinésie localisée du VD ou d'un asynchronisme de contraction du VD et d'une fraction d'éjection VD $> 40\%$ et $\leq 45\%$ ou d'un volume télédiastolique du VD $\geq 90 \text{ mL/m}^2$ et $< 100 \text{ mL/m}^2$ chez la femme et $\geq 100 \text{ mL/m}^2$ et $< 110 \text{ mL/m}^2$ chez l'homme, constitue un critère mineur.

L'introduction d'une analyse quantitative du volume et de la fonction ventriculaire droite dans les critères diagnostiques de dysplasie arythmogène du VD permet d'améliorer de façon significative les sensibilités et spécificités de l'IRM cardiaque. Des structures trabéculaires dysplasiques sont fréquemment retrouvées, correspon-

dant à l'aspect "en piles d'assiettes" décrit dans les études angiographiques.

Le ventricule gauche peut également être atteint. Les séquences de rehaussement tardif permettent de mettre en évidence le remplacement fibro-adipeux sous forme d'un hypersignal (**fig.5**).

Bien que cela ne soit pas considéré comme un critère diagnostique, ces

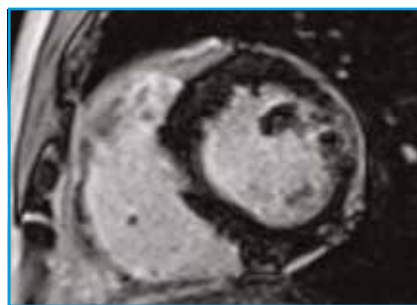


Fig. 5 : Dysplasie arythmogène du ventricule droit. Coupe petit axe médioventriculaire en rehaussement tardif visualisant la présence d'hypersignaux au niveau de la paroi libre du ventricule droit.

séquences permettent d'écarter les principaux diagnostics différentiels de la dysplasie arythmogène du VD, notamment l'infarctus du VD, une cardiomyopathie dilatée ou une hypertension artérielle pulmonaire. La présence d'un amincissement pariétal localisé, d'un microanévrisme pariétal ou d'une infiltration graisseuse des parois du VD (séquences spin-écho pondérées T1 avec et sans suppression de graisse), ne font plus partie des critères diagnostiques. Cette approche a en effet plusieurs limites : les effets de volumes partiels créés par la graisse épicaudique ou les trabéculations du VD ou la présence physiologique de graisse dans la paroi du VD chez le sujet sain et chez les sujets âgés.

3. Les cardiomyopathies hypertrophiques et l'atteinte du ventricule droit

La cardiomyopathie hypertrophique (CMH) sarcomérique est la plus fréquente des cardiopathies d'origine génétique. Il ne faut cependant pas méconnaître les CMH secondaires associées à une maladie infiltrative telle que l'amylose, une maladie métabolique (maladie de Fabry) ou endocrinienne (phéochromocytome, acromégalie), une maladie neuromusculaire (ataxie de Friedreich), ou une maladie mitochondriale.

Les séquences d'acquisition comprennent des séquences de ciné-IRM de type SSFP explorant les deux ventricules et acquises dans le plan petit axe permettant de faire les différentes mesures. Des coupes de ciné-IRM sont également acquises dans les plans grand axe 2 cavités, 4 cavités et 3 cavités. Des séquences de rehaussement tardif sont acquises 15 minutes après injection de gadolinium à la recherche de zones de fibrose de remplacement. D'autres séquences sont parfois acquises mais surtout pour étudier le ventricule gauche (T2 sang noir, séquences de T1 et de T2 mapping, vélocimétrie par contraste de phase).

La CMH est définie (en l'absence d'HTA ou de rétrécissement aortique) par une épaisseur de la paroi myocardique en télédiastole en coupe petit axe ≥ 13 mm dans la CMH familiale et ≥ 15 mm dans la CMH non familiale. Si le diagnostic de cardiomyopathie hypertrophique repose sur l'échocardiographie, certaines situations doivent inciter l'échographiste à demander une IRM cardiaque pour compléter l'analyse du ventricule droit :

- dans le diagnostic d'une CMH focale localisée au ventricule droit (10 % des CMH) ;
- lorsque le patient n'est pas très écho-gène, faire la part entre une hypertrophie septale et une bande modératrice du VD particulièrement développée, n'est pas toujours possible. L'IRM redresse facilement le diagnostic ;
- dans le bilan étiologique d'une CMH, l'IRM cardiaque est à la fois plus sensible et plus spécifique que l'échocardiographie (hypertrophie ventriculaire gauche, aspects spécifiques en rehaussement tardif) et permet de confirmer le diagnostic d'hypertrophie ventriculaire droite orientant vers un diagnostic de CMH secondaires telle l'amylose cardiaque ou la maladie de Fabry.

L'IRM a une place importante dans l'évaluation du pronostic de ces patients (sévérité de l'hypertrophie ventriculaire gauche, présence et étendue du rehaussement tardif). Concernant spécifiquement le ventricule droit, si la sévérité de l'hypertrophie ventriculaire droite (**fig. 6**) est un facteur pronostique, la présence d'un rehaussement tardif isolé au point d'insertion du ventricule droit ne semble pas associée à un risque accru de complications.

4. Les cardiomyopathies dilatées et l'atteinte du ventricule droit

Dans le bilan étiologique des cardiomyopathies dilatées, l'IRM cardiaque est très utile. L'altération de la FE ventriculaire droite est un facteur pronostique indépendant puissant de survenue d'évènements CV.

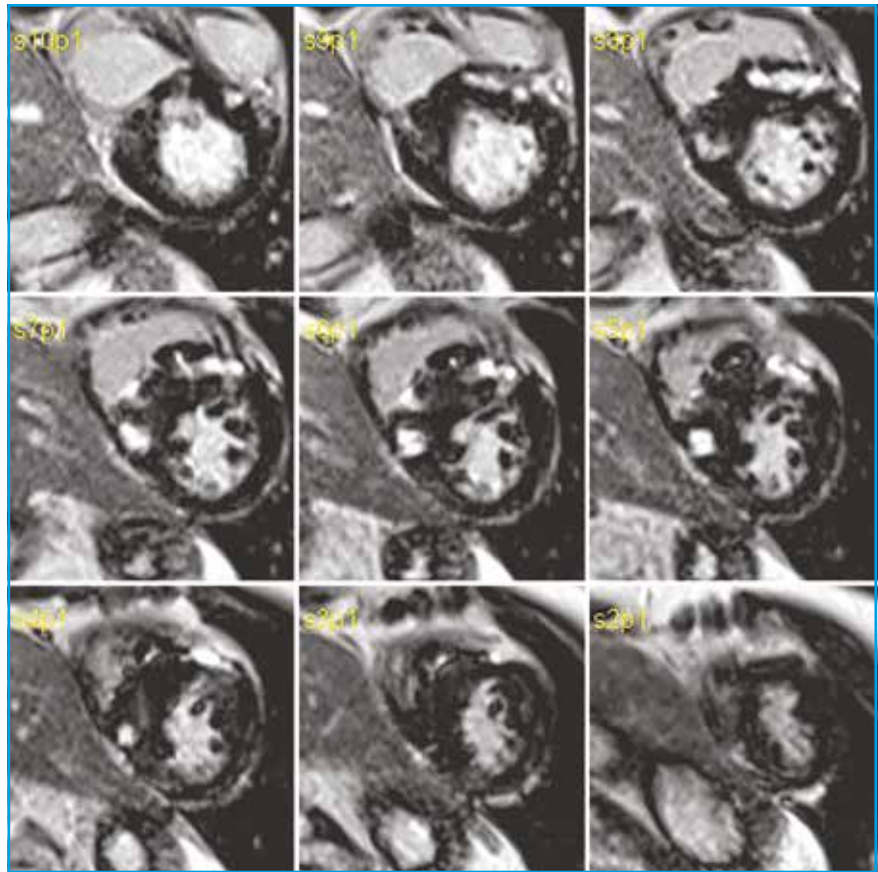


Fig. 6 : Cardiomyopathie hypertrophique : séquences de rehaussement tardif en coupes petit axe, allant de la base à l'apex, visualisant la présence d'hypersignaux au niveau du septum et de la paroi antérieure, ainsi qu'une hypertrophie ventriculaire gauche dans le même territoire. Il existe une hypertrophie ventricule droite associée.

Le suivi de la tétralogie de Fallot opérée

L'IRM est en effet l'examen de référence dans le suivi d'une tétralogie de Fallot. La tétralogie de Fallot associe une dextroposition de l'aorte, une communication interventriculaire, une sténose pulmonaire et une hypertrophie ventriculaire droite.

La chirurgie réparatrice proposée dès la première année associe la fermeture de la communication interventriculaire à l'élargissement de la voie pulmonaire infundibulaire par patch sans mise en place de valve. À long terme, la survenue d'une insuffisance pulmonaire est fréquente, conduisant progressivement en présence d'une insuffisance pulmo-

naire sévère à une dilatation puis à une dysfonction du VD et à la survenue de troubles du rythme ventriculaire sévères. Les patients sont également soumis à la survenue de resténose sur l'ensemble de la voie pulmonaire.

Les séquences classiques de ciné-IRM et de rehaussement tardif à la recherche de fibrose étendue sont associées à :

- une séquence d'angiographie volumique permettant l'analyse de l'arbre pulmonaire ;
- une séquence volumique SSFP monophasique permettant l'analyse des rapports anatomiques, notamment celui des artères coronaires ;
- une séquence en contraste de phase 2D au niveau de l'aorte et de l'artère pulmonaire permettant de quantifier la

Revue générale

POINTS FORTS

- Grâce à une approche tridimensionnelle sans modélisation géométrique, l'IRM cardiaque permet une mesure précise et reproductible de la fonction ventriculaire droite.
- Un critère diagnostique majeur de DAVD en IRM doit associer une dyskinésie ou une akinésie localisée du VD ou un asynchronisme de contraction du VD et une fraction d'éjection VD $\leq 40\%$ ou un volume télédiastolique du VD $\geq 100 \text{ mL/m}^2$ chez la femme et $\geq 110 \text{ mL/m}^2$ chez l'homme.
- Dans les cardiopathies hypertrophiques, certaines situations doivent inciter l'échographiste à demander une IRM cardiaque : CMH focale localisée au ventricule droit ; pour faire la part entre une hypertrophie septale et une bande modératrice du VD particulièrement développée ; dans le bilan étiologique des CMH.
- L'IRM est l'examen de référence dans le suivi d'une tétralogie de Fallot.

fuite pulmonaire et de calculer le rapport du débit pulmonaire sur le débit systémique.

L'IRM permet de suivre la dilatation du VD, l'altération de la FE VD et de quantifier l'insuffisance pulmonaire (IP) (IP sévère fraction de régurgitation $> 40\%$, IP moyenne fraction de régurgitation comprise entre 20 et 40 %) (fig. 7).

Ces critères quantitatifs aident au choix du moment idéal pour proposer un remplacement valvulaire pulmonaire surtout chez les patients peu symptomatiques ou asymptomatiques. Les critères récemment publiés [6] retiennent chez le patient asymptomatique avec IP sévère, sans dysfonction ventriculaire sévère, une indication de valvulation en présence d'un des critères suivants :

- une dysfonction ventriculaire droite progressive ;
- une dilatation VD sévère (volume télédiastolique du VD $\geq 160 \text{ mL/m}^2$ ou volumetélésystolique du VD $\geq 80 \text{ mL/m}^2$;
- une pression systolique du VD $> 80 \text{ mmHg}$ secondaire à une obstruction de la voie d'éjection pulmonaire ;
- une réduction progressive de la tolérance à l'effort. L'hypertrophie ventriculaire droite est également un facteur prédictif de troubles du rythme ventriculaire sévères et de mortalité.

Les séquences de rehaussement tardif mettent fréquemment en évidence des hypersignaux sur les zones de jonction entre le VD et le VG. Elles permettent ainsi de quantifier la fibrose myocardique, facteur prédictif de survenue de troubles du rythme ventriculaire et de mort subite. L'IRM permet également d'analyser l'anatomie de la voie d'éjection pulmonaire (anévrisme ou rétrécissement résiduel, taille de l'anneau pulmonaire) et l'arbre artériel pulmonaire (sténose pulmonaire).

Les facteurs de risque de mortalité et de troubles du rythme ventriculaire soutenus sont l'hypertrophie ventriculaire droite, la dysfonction ventriculaire droite, la dysfonction ventriculaire gauche et les tachyarythmies [7]. En l'absence de symptômes ou de complications, l'IRM est réalisée tous les 3 ans. En présence d'une anomalie, l'IRM est réalisée tous les 1 à 2 ans, en fonction de la sévérité des anomalies.

Les hypertension pulmonaires

Dans un premier temps, l'IRM permet de s'assurer de l'absence de retour veineux pulmonaire anormal ou de *shunt* intracardiaque. L'angioscanner pulmonaire est également important et l'examen de base pour diagnostiquer une hypertension pulmonaire liée à une maladie thromboembolique chronique.

Le protocole d'acquisition comprend des séquences de ciné-IRM acquises dans les

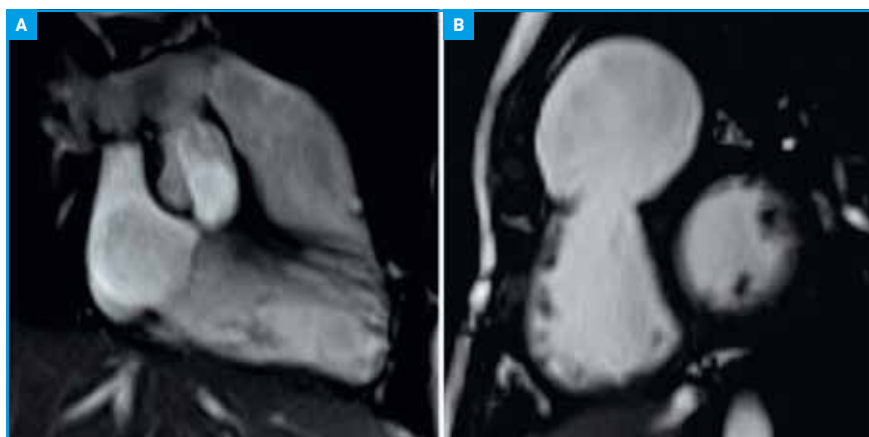


Fig. 7 : Tétralogie de Fallot opérée. A Coupes ciné-IRM SSFP long axe centré sur le ventricule droit (A) et petit axe (B). Dilatation du ventricule droit avec déformation anévrysmale de l'infundibulum pulmonaire. FE VD 31 %, Volume télédiastolique du VD 192 mL/m^2 , Volume télésystolique du VD 131 mL/m^2 .

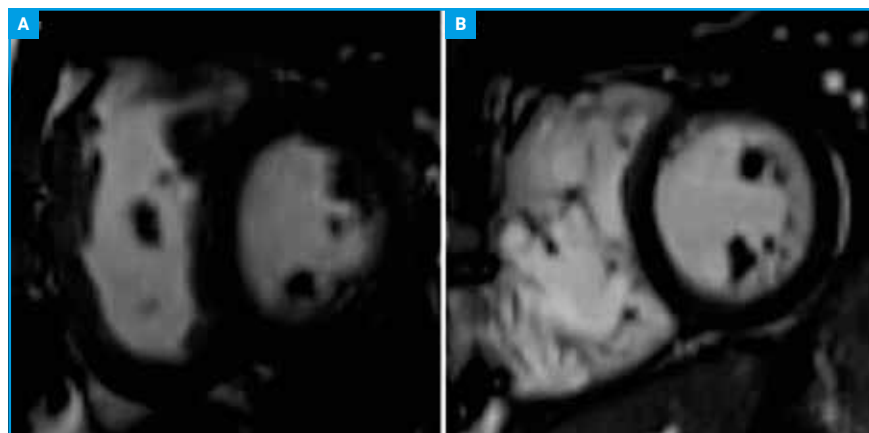


Fig. 8 : Hypertension artérielle pulmonaire. Coupe ciné-IRM SSFP petit axe visualisant (A) une hypertrophie ventriculaire droite sans altération de la fonction VD ; (B) une dilatation du VD avec amincissement de la paroi VD et altération de la FE VD.

plans petit axe, 4 cavités et axial strict, des séquences d'angiographie et de rehaussement tardif dans les mêmes plans.

L'IRM analyse précisément le remodelage ventriculaire droit lié à l'augmentation des pressions pulmonaires [8] : hypertrophie VD définie par une épaisseur de la paroi libre > 4 mm (**fig. 8**) puis dilatation du VD, aplatissement ou déviation vers la gauche du septum interventriculaire. La dilatation de l'artère pulmonaire (> 30 mm sur les coupes axiales) n'est pas, à elle seule, un marqueur d'hypertension pulmonaire. Par contre l'association d'un rapport artère pulmonaire segmentaire/bronche adjacente > 1 à une dilatation de l'artère pulmonaire a une spécificité élevée pour le diagnostic d'hypertension artérielle pulmonaire. L'IRM est la méthode de référence pour quantifier la défaillance VD : baisse de la fraction d'éjection VD (dysfonction VD modérée lorsque la FE

VD < 45 %), excursion systolique du plan de l'anneau tricuspide (TAPSE) < 18 mm dans les dysfonctions VD modérées et < 8,5 mm dans les dysfonctions VD sévères. La défaillance du VD est souvent associée à une dilatation de l'oreillette droite et de la veine cave inférieure. La présence en rehaussement tardif d'hypersignaux au site d'insertion du VD sur le septum interventriculaire est peu spécifique d'hypertension pulmonaire, mais représente un marqueur pronostique important en plus des paramètres fonctionnels VD. Enfin l'IRM est de plus en plus utilisée pour évaluer l'impact des traitements de l'hypertension pulmonaire sur le remodelage ventriculaire droit inverse, en lien avec l'amélioration fonctionnelle et la survie [8].

BIBLIOGRAPHIE

1. LAISSY JP ET FURBER A. Société française de radiologie, Société française de car-

diologie. Imagerie cardiaque -Imagerie en coupes: tomодensitométrie, IRM. Paris: Elsevier Masson; janvier 2021.

2. ESPOSITO A, DE COBELLI F, IRONI G *et al.* CMR in the assessment of cardiac masses: primary malignant tumors. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014;7: 1057-1061.
3. PAZOS-LOPEZ P, POZO E, SIQUEIRA ME *et al.* Value of CMR for the differential diagnosis of cardiac masses. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014;7:896-905.
4. MASCI PG, FRANCONI M, DESMET W *et al.* Right ventricular ischemic injury in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: characterization with cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*, 2010;122:1405-1412.
5. MARCUS FI, MCKENNA WJ, SHERRILL D *et al.* Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the task force criteria. *Circulation*, 2010;121: 1533-1541.
6. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease. The Task Force for the management of adult congenital heart disease of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 2021;42: 563-645.
7. VALENTE AM, GAUVREAU K, ASSENZA GE *et al.* Contemporary predictors of death and sustained ventricular tachycardia in patients with repaired tetralogy of Fallot enrolled in the INDICATOR cohort. *Heart*, 2014;100:247-253.
8. GOERNE H, BATRA K, RAJIAH P. Imaging of pulmonary hypertension: an update. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2018;8:279-296.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.