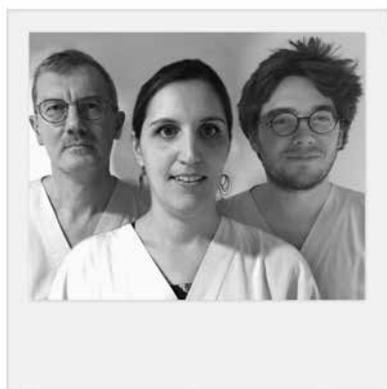


LE DOSSIER

Étude du VD en pratique

Analyse du ventricule droit par l'IRM

RÉSUMÉ : La fonction ventriculaire droite constitue un indice pronostique indépendant important dans l'hypertension pulmonaire, l'insuffisance cardiaque, la maladie coronaire et les cardiopathies congénitales [1]. L'IRM est considérée comme l'outil de référence pour la mesure des volumes cardiaques et s'avère bien adaptée à l'analyse du ventricule droit (VD), car l'imagerie en coupe permet de s'affranchir de toute modélisation géométrique. En outre, l'IRM offre une quantification des flux très utile pour estimer les fuites pulmonaires ou tricuspides, et pour quantifier le rapport des débits Qp/Qs. Les applications cliniques essentielles concernent la dysplasie du VD, l'hypertension pulmonaire, l'infarctus du VD, les masses pathologiques et les cardiopathies congénitales de l'adulte altérant le VD.



→ PH. GERMAIN,
S. EL-GHANNUDI-ABDO,
TH. CASPAR
Services de Cardiologie et de
Radiologie, Nouvel Hôpital Civil,
STRASBOURG.

Aspects du VD en IRM

Pour l'étude du VD, les principales incidences de coupe sont illustrées sur la **fig. 1**. L'orifice tricuspide communique avec la chambre de remplissage du VD, qui se prolonge vers le bas et l'avant par la région apicale. Les reliefs musculo-tendineux sont nombreux. On distingue :

- de multiples trabéculations apicales ;
- 3 piliers où s'amarrent les cordages des 3 feuillets tricuspidiens ;
- une plus épaisse trabéculation septo-marginale se prolongeant en bandelette ansiforme, naissant d'un relief curviligne, la crête supraventriculaire qui sépare la chambre de remplissage (*en bas*) de l'infundibulum (*en haut*).

Les ventricules "suivent leur valve auriculo-ventriculaire" (VD sous la tricuspide et VG sous la mitrale). C'est ainsi que le VD peut se trouver à gauche du VG dans la transposition corrigée des gros vaisseaux ou double discordance (**fig. 1D**).

1. Quantification des volumes VD

La quantification des volumes diastolique et systolique s'effectue avec la

méthode des disques de Simpson, qui consiste à additionner les volumes élémentaires correspondant à une pile de 10 à 12 coupes couvrant tout le VD. Sur chaque coupe, un contourage manuel de l'endocarde est réalisé, ce qui nécessite une dizaine de minutes de post-traitement pour extraire les volumes et la fraction d'éjection du VD (FEVD). Le diamètre du VD apparaît inférieur au diamètre du VG en incidence "4 cavités", mais le volume du VD est en fait un peu supérieur à celui du VG (et sa fraction d'éjection est plus faible que celle du VG).

Les deux principales approches proposées pour la quantification des volumes du VD (volumétrie) diffèrent par l'orientation de la pile de coupes : soit petit axe (comme pour le VG), soit axiale stricte (**fig. 2**). Le problème principal avec l'incidence petit axe porte sur les difficultés de contourage des coupes basales, car il est malaisé de savoir si la coupe passe dans l'oreillette droite ou dans le VD en systole (effet de sortie de coupe dû au déplacement vers le bas de l'anneau tricuspide). Le recours à l'incidence axiale supprime ce problème en montrant bien le plan tricuspide en tous les instants du cycle cardiaque. En

LE DOSSIER

Étude du VD en pratique

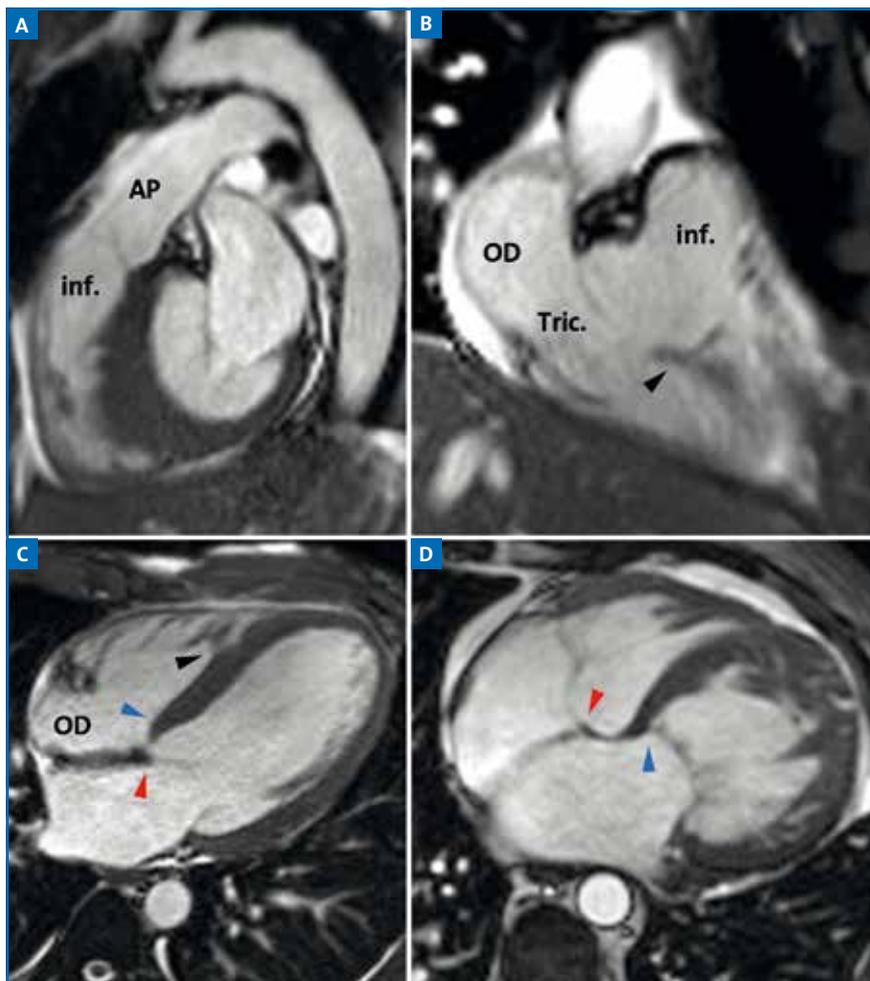


FIG. 1 : Principales incidences de coupe du VD en IRM. La coupe sagittale (A) montre l'infundibulum, la valve pulmonaire et le tronc de l'artère pulmonaire (AP). L'incidence "verticale grand axe" du VD (B) permet de distinguer 1) la partie basse du VD avec la chambre de remplissage sous-tricuspidienne et l'apex fortement trabéculé (tête de flèche); 2) la partie haute ou infundibulum. Sur la coupe "4 cavités" (C), on retrouve les trabéculations apicales et la bandelette ansiforme (tête de flèche noire), et on distingue les zones d'insertion septales des valves auriculo-ventriculaires (AV). L'insertion de la valve mitrale (flèche rouge) est plus postérieure que l'insertion de la valve tricuspide (flèche bleue). En cas de transposition aorto-ventriculaire (D), l'insertion de la valve AV située à droite est plus postérieure que celle située à gauche; il s'agit donc d'une valve mitrale s'ouvrant vers un VG situé à droite (double discordance ici).

pratique, les deux approches conduisent à des résultats similaires pour le VD et pour le VG [2, 3], l'important étant d'être constant et consciencieux dans sa manière de procéder.

2. Valeurs normales et fiabilité des mesures de volumes du VD

Le **tableau I** rapporte les normes de volumes VD. Comme pour le VG, rappelons qu'il est usuel d'inclure les trabéculations musculaires dans le volume cavitaire lors des mesures.

Ces normes de volumes VD, qui sont un peu supérieures à celles du VG, sont modulées par le sexe, l'âge (valeurs maximales vers 20-40 ans), le groupe ethnique et l'entraînement sportif (volumes supérieurs chez le sportif). Dans un souci de simplification, on retiendra en pratique que la valeur normale habituellement reconnue – et qui constitue également un des critères de la *Task Force* pour établir le diagnostic de dysplasie du VD [4] – est un volume diastolique du VD < 100 mL/m² chez la femme et 110 mL/m² chez l'homme. La FEVD normale doit être > 50 %. L'épaisseur normale de la paroi VD ne doit pas dépasser 5 mm et la masse myocardique du VD mesurée au niveau de la paroi libre (en excluant le septum) est environ 3 fois moindre que celle du VG, avec un seuil de normalité < 30 à 40 g/m² [5, 6]. Chez l'enfant, les

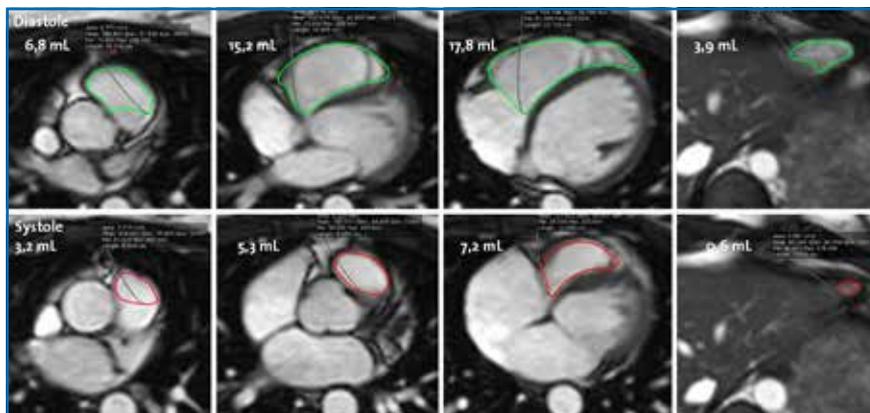


FIG. 2 : Illustration du contourage du VD en diastole (ligne du haut) et en systole (ligne du bas) à partir de coupes axiales (4 niveaux de coupes sur 12 sont présentés ici). Les contours du VD et le plan tricuspide sont aisément identifiables. La difficulté concerne les coupes extrêmes supérieure et inférieure où le plan de la valve pulmonaire (images de gauche) et les limites du plancher VD (images de droite) peuvent être difficiles à identifier (mais les erreurs marginales réalisées alors sont moins importantes que sur la coupe basale avec l'approche petit axe).

Ventricule droit Volumes indexés	n	H/F	Ciné écho de gradient IVTD (mL/m ²)	FE (%)	Ciné SSFP IVTD (mL/m ²)
Alfakhi <i>JMRI</i> , 2003 [2]	30	H	78 ± 14 (N < 106)	55 ± 4 (N > 48)	86 ± 14 (N < 114)
	30	F	67 ± 13 (N < 93)	60 ± 5 (N > 50)	75 ± 14 (N < 103)
Maceira <i>Europ H J</i> , 2006 [5]	60	H		66 ± 6 (N > 53)	83 ± 12 (N < 106)
	60	F		66 ± 6 (N > 54)	77 ± 11 (N < 98)

TABLEAU I : Normes de volumes VD observées chez des sujets témoins sains par différentes équipes. n : nombre de patients étudiés ; H : hommes ; F : femmes ; FE : fraction d'éjection ; IVTD : index de volume télédiastolique (en mL/m²). Les valeurs entre parenthèses expriment le seuil de normalité. NB : les normes rapportées par Maceira dépendent de l'âge. Les chiffres indiqués ici concernent la tranche 50-60 ans.

normogrammes indexés sur l'âge ou sur la surface corporelle montrent des valeurs plus faibles qui s'accroissent à mesure que l'on se rapproche de l'âge adulte. Par exemple, la limite supérieure de la normale de l'index de volume télédiastolique du VD (IVTD) est de l'ordre de 70 mL/m² chez le nourrisson de 1 an et monte à 120 mL/m² vers 18 ans.

La *variabilité des mesures* du VD est fortement conditionnée par l'expérience de l'opérateur et par la sélection de la coupe basale [7]. L'intervalle de confiance (IC) à 95 % entre 2 mesures de volumes est de l'ordre de 15 % pour le VD et de 10 % pour le VG (chiffres similaires pour les mesures de flux pulmonaires et aortiques). Les mesures de volumes VD réalisées sur des piles de coupes axiales conduisent à des variabilités inter et intra-observateurs significativement meilleures que si l'on utilise des coupes petit axe [8].

3. Analyse de la cinétique segmentaire du VD

Actuellement, l'analyse de la cinétique régionale du VD s'effectue de manière visuelle, subjective, et il importe d'être prudent et réservé avant d'affirmer l'existence d'une akinésie segmentaire. En effet, plusieurs travaux ont montré qu'il existe un aspect naturellement hypo- ou akinétique de la paroi libre antérieure du VD, près de l'apex, dans la zone d'insertion de la bandelette ansiforme. Il ne faut donc considérer comme anormaux que des akinésies larges ou des mouvements franchement dyskinétiques afin de ne pas surdiagnostiquer une éventuelle

dysplasie du VD [9]. L'importance de la fonction longitudinale pour le VD (quantifiée, par exemple, par le TAPSE comme en échographie, mais aussi par le *tagging* qui donne les valeurs de *strain*) est une question controversée, certains travaux plaident pour une plus grande contribution de la fonction transversale [10].

4. Fluximétrie pulmonaire

La quantification du flux pulmonaire grâce aux séquences de cartographie des vitesses est un complément précieux à l'étude du VD. La mesure du flux pulmonaire renseigne sur une éventuelle sténose valvulaire pulmonaire, sur le débit (et le rapport Qp/Qs si on y ajoute le flux aortique), et permet de mesurer l'insuffisance pulmonaire. La comparaison entre volumétrie VD et fluximétrie de l'artère pulmonaire (AP) permet également d'estimer l'importance d'une fuite tricuspide.

Évaluation du VD pathologique

L'IRM étant considérée comme un examen de référence pour l'analyse morphologique et cinétique du VD, sa contribution est importante dans plusieurs pathologies du VD. Elle permet notamment d'établir le diagnostic différentiel entre cardiomyopathie restrictive et péricardite constrictive où l'imagerie temps-réel révèle l'inversion caractéristique de la courbure septale, qui s'enfonce vers le ventricule gauche en début d'inspiration. L'appréciation morphologique du VD par l'IRM apporte

également des renseignements précieux dans le retentissement droit des fuites mitrales chirurgicales (*cf. annuloplastie tricuspide*), dans les atteintes droites des cardiomyopathies hypertrophiques, dans les sténoses pulmonaires (valvulaires et sous-valvulaires), en cas de maladie d'Ebstein, ainsi que dans le bilan de retentissement cardiaque des déformations thoraciques comme le *pectus excavatum* (index de Haller).

1. Dysplasie arythmogène du VD

L'imagerie n'est qu'un des éléments du diagnostic de dysplasie arythmogène du VD (DAVD) dont les critères ont été précisés dans le rapport de la *Task Force* en 2010 [4], qui inclut l'anamnèse, les antécédents familiaux, l'aspect ECG, les troubles du rythme. Un critère majeur en IRM doit conjuguer :

- akinésie ou dyskinésie localisée du VD ;
- IVTD > 100 mL/m² chez la femme et > 110 mL/m² chez l'homme ou FEVD < 40 %.

On considère comme critère mineur une akinésie/dyskinésie localisée associée à un IVTD compris entre 90 et 100 chez la femme, 100 et 110 chez l'homme ou une FEVD entre 40 et 45 %. Le diagnostic de DAVD est retenu en présence de 2 critères majeurs, ou 1 majeur et 2 mineurs. On peut y rattacher l'aspect en accordéon des contours ventriculaires, qui correspond à l'ancienne description "en pile d'assiettes" des angiographistes. À moins que le VD ne soit de toute évidence de petite taille et normokinétique à la simple inspection visuelle, un bon

LE DOSSIER

Étude du VD en pratique

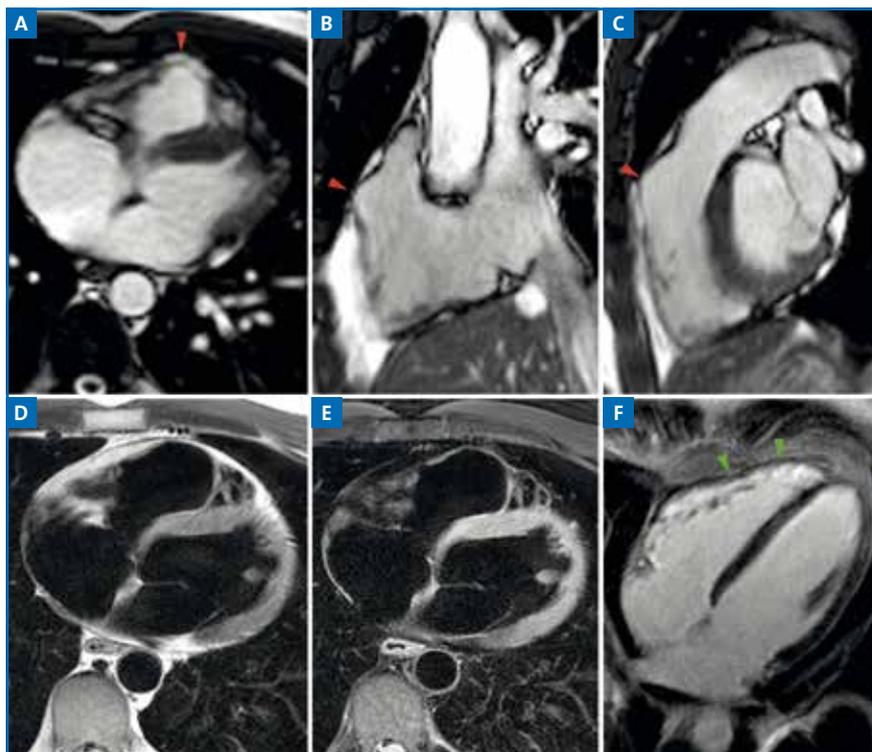


FIG. 3 : Exemple typique de dysplasie du VD chez un patient de 35 ans, aux antécédents d'orages rythmiques et d'ablation de tachycardie ventriculaire (IVTD 116 mL/m², FEVD 45 %). Une déformation (vousseure, *bulging*) avec dyskésie systolique est visible au niveau infundibulaire (flèches rouges en **A**, **B** et **C**). Une infiltration adipeuse de la paroi libre du VD est objectivée en séquence d'écho de spin (**D**), disparaissant après saturation des graisses (**E**). Après injection de gadolinium, il apparaît un rehaussement tardif intense de la paroi VD (flèches vertes).

examen IRM doit donc comporter une quantification des volumes. Les aspects d'amincissement ou d'infiltration graisseuse des parois du VD (hypersignal T1 s'éteignant sur les séquences de suppression de graisses (**fig. 3**) ne doivent

être retenus qu'avec circonspection compte tenu du risque de surdiagnostic lié aux fenêtrages très subjectifs des échelles de gris. Le rehaussement tardif des parois du VD après injection de gadolinium est également une question

discutée en raison de la minceur des parois myocardiques.

2. Hypertension pulmonaire

En cas d'hypertension pulmonaire (PAP moyenne > 25 mmHg), le premier rôle de l'IRM est de s'assurer qu'il n'existe pas de *shunt* intracardiaque ou de retour veineux pulmonaire anormal. Dans l'HTP, les volumes VD augmentent (mais moins que dans les surcharges volumétriques), la FEVD diminue et les parois du VD ainsi que les trabéculations s'épaississent. Une déformation septale (septum aplati ou concave vers l'avant) apparaît en fin de systole (**fig. 4**), traduisant l'élévation des pressions droites qui perturbe le remplissage VG et le débit cardiaque [11]. Il est habituel d'observer des hypersignaux post-gadolinium aux points d'insertion haut et bas du VD sur le septum (**fig. 5**), d'autant plus marqués que le VD est distendu et dysfonctionnel [12].

Il n'est malheureusement pas possible d'estimer la PAP systolique à partir du flux de fuite tricuspide comme on le fait en écho-Doppler, car il s'agit d'un jet régurgitant dispersé avec d'importants mouvements d'entrée et de sortie de coupe du plan tricuspide contrariant la mesure de la vitesse maximale en IRM. D'autres approches ont été proposées, grâce aux indices listés au **tableau II** ou avec des combinaisons d'indices, qui offrent également une valeur pronostique.

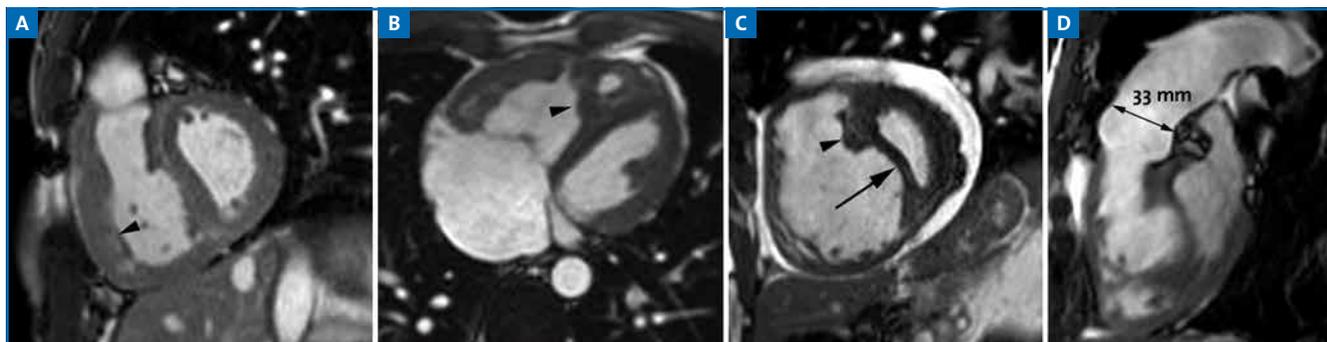


FIG. 4 : Aspects caractéristiques de l'hypertension pulmonaire en IRM. L'hypertrophie des parois myocardiques (têtes de flèches noires) prédomine à la paroi libre antérieure (**A**), sur la bandelette ansiforme (**B**) et le trabécule septo-marginal (**C**). En fin de systole, un aplatissement septal (**A**), voire une incurvation septale concave vers l'avant (flèche longue en **C**) apparaissent, en proportion du degré d'HTP. L'artère pulmonaire est dilatée (**D**).

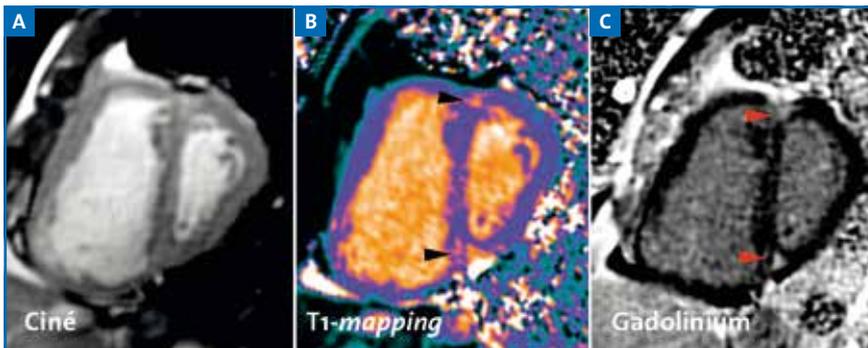


FIG. 5 : Rétention pathologique de gadolinium dans l'HTP. Un rehaussement tardif post-gadolinium apparaît généralement aux zones d'insertion haute et basse du VD contre le septum interventriculaire (flèches rouges en C). Ces lésions fibreuses peuvent aussi être identifiées avec les séquences de T1-mapping (flèches noires en B) mais avec une fiabilité moindre qu'en imagerie post-gadolinium.

Indice	Description	Seuils et signification
Dilatation VD	Moins que si surcharge volumétrique	N < 100 F ou 110 H
Hypertrophie VD	Masse VD Index masse VD/masse VG Trabéculations septo-marginales	N < 30-60 g/m ² N < 0,55 Épaissie
FEVD		< 50 %
Courbure septale TS	Plat ou concave vers l'avant en TS	Suggère PAP m > 40
Dilatation de l'AP	Diamètre transverse	N < 30 (peu spécifique)
Distensibilité de l'AP	Variation de surface systolo-diastolique	N > 15-40 % selon les auteurs
Vitesse de flux pulmonaire	Vitesse moyenne dans l'AP	HTP si < 12 cm/s
Hypersignaux post-gadolinium	Aux points de raccordement du VD avec le septum	Habituels dans l'HTP et valeur pronostique
Volume TD VG	Réduction = signe de gravité	N > 40 mL/m ²
Débit éjecté	Réduction = signe de gravité	N > 25 mL/m ²

TABLEAU II : Indices indirects d'hypertension pulmonaire en IRM.



FIG. 6 : Patient de 45 ans avec infarctus inférieur sur occlusion de la coronaire droite avec pic de troponines I à 9 ng/mL, VG non dilaté à 86 mL/m² et FEVG conservée à 62 %. L'extension de l'infarctus au plancher du VD est nette en ciné (akinésie). Lors de l'examen (J 13), il persiste encore un œdème myocardique du plancher VG et VD, visible en imagerie STIR (flèche rouge). L'imagerie post-gadolinium montre un rehaussement tardif de la paroi inférieure du VG, s'étendant largement au VD (flèche rouge).

3. Infarctus du VD

L'analyse du VD en imagerie de rehaussement tardif après injection de gadolinium a révélé une forte prévalence, jusqu'alors insoupçonnée, de l'extension au VD en cas d'infarctus (fig. 6). En se basant sur les anomalies de contraction segmentaire et sur le rehaussement tardif post-gadolinium des parois du VD, il a été montré que 57 % des patients ayant eu un infarctus inférieur récent présentaient une extension de l'infarctus au VD, alors que les données cliniques, ECG et échographiques n'indiquaient cette extension que chez 16 à 35 % des patients [13]. D'autres études ont montré que l'atteinte du VD pouvait être observée non seulement après un infarctus inférieur, mais aussi en cas d'atteinte dans le territoire antérieur, conduisant alors à un pronostic clinique plus défavorable à 32 mois.

4. Masses pathologiques du VD

Les principales tumeurs impliquant le VD chez l'adulte sont les lymphomes primitifs et les extensions des carcinomes hépatocellulaires, des tumeurs abdomino-pelviennes ou rénales (fig. 7). Plus rares sont les fibroélastomes (tricuspides), l'angiosarcome ou les syndromes carcinoïdes (épaississement valvulaire avec fuite tricuspide, métastases pariétales). Comme pour les autres cavités cardiaques, l'IRM apporte également des avantages par rapport à l'échographie dans l'identification des thrombi du VD (cf. l'amylose).

5. Surcharge du VD dans les cardiopathies congénitales

>>> Shunt gauche-droite

Il n'est pas rare que l'examen IRM, demandé en raison d'une dilatation des cavités droites en échographie, fasse découvrir une communication interauriculaire (CIA) ou un retour veineux pulmonaire anormal (RVPA) [14]. C'est pourquoi il est recommandé de com-

LE DOSSIER

Étude du VD en pratique

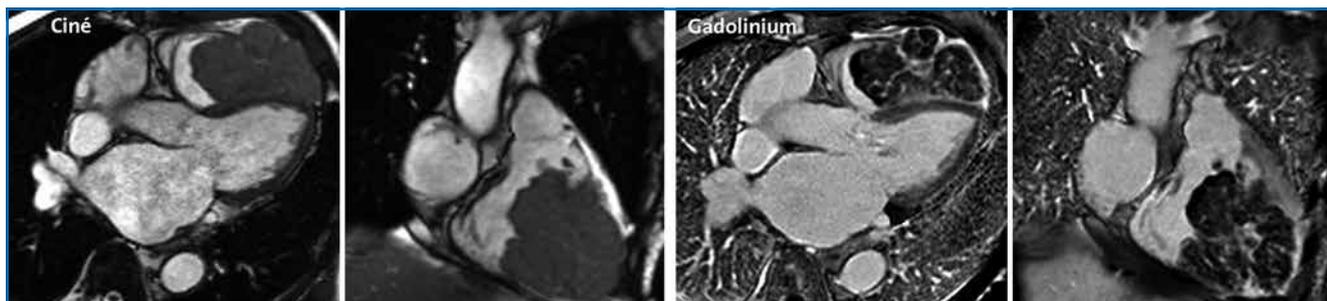


Fig. 7 : Patient de 83 ans aux antécédents de néphrectomie pour carcinome à cellules rénales claires, 18 mois auparavant. Bilan pour douleurs abdominales ayant conduit à trouver une volumineuse masse polylobée obstruant les 3/4 du VD et envahissant les parois du VD. Le rehaussement tardif post-gadolinium apparaît très hétérogène, avec multiples septa séparant des zones nécrotiques. Les biopsies ont révélé qu'il s'agissait d'une extension de la tumeur rénale primitive.

mencer l'examen IRM dans ce contexte par la mesure du rapport de débit Qp/Qs. En cas de distension de l'OD et du VD avec parois myocardiques minces (surcharge volumétrique) et rapport Qp/Qs supérieur à 1,2 ou 1,3 (limite de précision des mesures), il faut alors chercher un jet de *shunt* gauche-droite (car-

tographie des flux *in plane*) ou un RVPA (séquences 3D avec navigateur ou angio-IRM avec injection de gadolinium).

>>> Tétralogie de Fallot opérée

Dans cette affection, le principal problème évolutif porte sur les consé-

quences de l'atteinte valvulaire pulmonaire consécutive à la section transannulaire, avec élargissement infundibulaire par *patch*, effectuée lors de la correction chirurgicale. La fuite pulmonaire entraîne une surcharge volumétrique du VD (**fig. 8**) pouvant conduire à une dysfonction

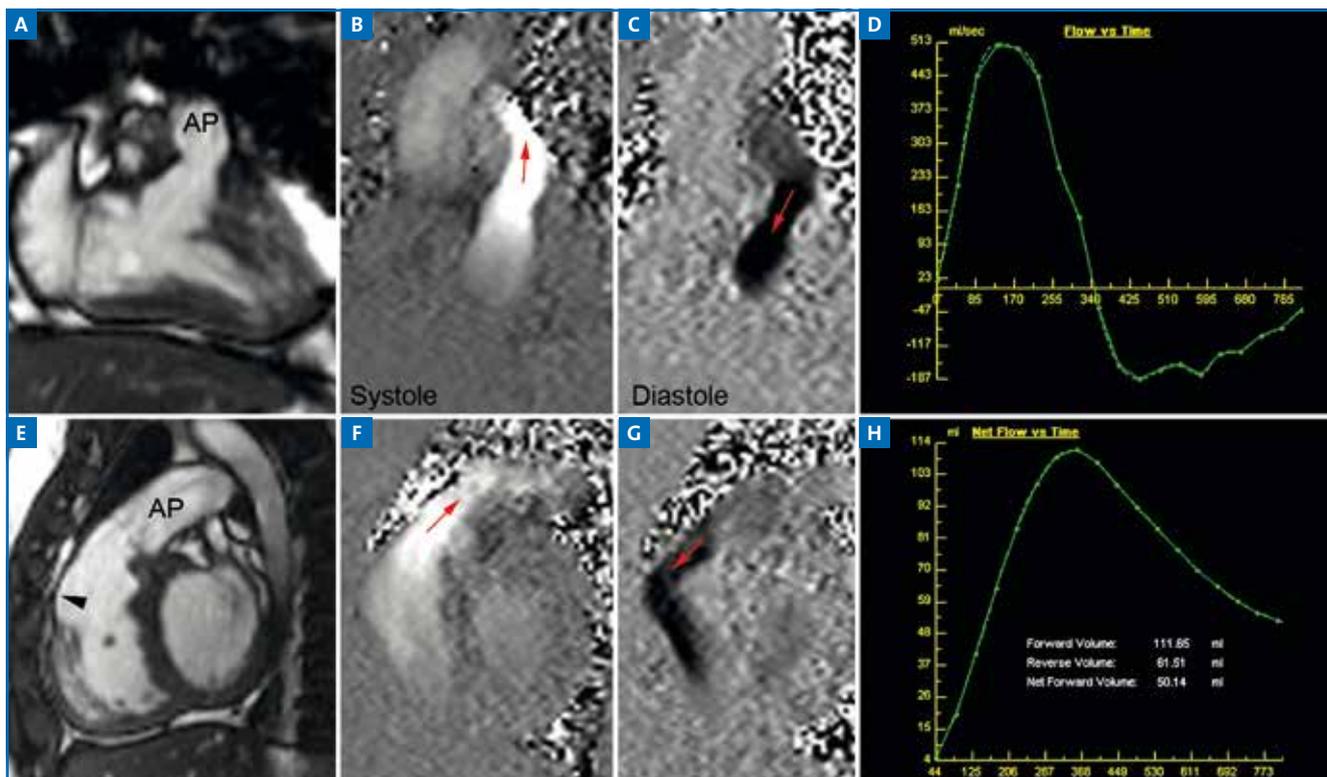


Fig. 8 : Aspect caractéristique de fuite pulmonaire sévère consécutive à une intervention avec résection transannulaire pour tétralogie de Fallot chez un patient de 19 ans. Le VD est dilaté à 124 mL/m² avec voussure infundibulaire liée à la présence d'un *patch* d'élargissement (flèche en E), FEVD 60 %. Les coupes frontales (ligne du haut) et sagittales (ligne du bas) montrent – en cartographie de phase – le flux pulmonaire accéléré systolique (B et F) et l'important reflux diastolique (C et G) qui est ici de 62 mL/112 mL.

systolique et à des troubles du rythme ventriculaires qui conditionnent le pronostic. Il se pose alors le problème d'une éventuelle valvulation pulmonaire. Plusieurs travaux prospectifs ont montré l'importance des volumes VD (plus que de la régurgitation pulmonaire) pour guider cette indication. Si le volume télédiastolique indexé du VD est supérieur à 163 mL/m^2 ou si le volume télésystolique indexé du VD est supérieur à 80 mL/m^2 , il sera alors peu probable d'observer une régression notable de la distension VD [15]. Par ailleurs, l'importance des lésions de fibrose myocardique du VD observées en imagerie de rehaussement tardif comporte une valeur pronostique péjorative liée aux troubles du rythme ventriculaires et à la tolérance aux efforts. L'examen IRM (volumétrie, fluximétrie et gadolinium) occupe donc ici une place significative dans la conduite thérapeutique de ces patients.

>>> Ventricule droit systémique

Cette situation, où le VD en position sous-aortique est soumis à des pressions systémiques, existe en cas de transposition des gros vaisseaux traitée par les anciennes procédures de redirection atriale (Senning, Mustard) (fig. 9) ou en cas de transposition corrigée des gros vaisseaux (double discordance). Il en résulte une hypertrophie myocardique du VD et un mouvement systolique septal dirigé vers le centre du VD qui peuvent être partiellement compensateurs avant la survenue d'une dysfonction systolique progressive, malheureusement peu sensible aux bêtabloquants et aux IEC. Des hypersignaux de rehaussement tardif du VD sont observés chez 61 % des patients, d'autant plus que ceux-ci sont âgés et que le VD est dilaté et hypokinétique, avec élargissement des QRS et augmentation des troubles du rythme ventriculaires. La disposition des fibres myocardiques, différente de celles du VG comme l'ont montré les travaux d'histologie et de tractographie, pour-

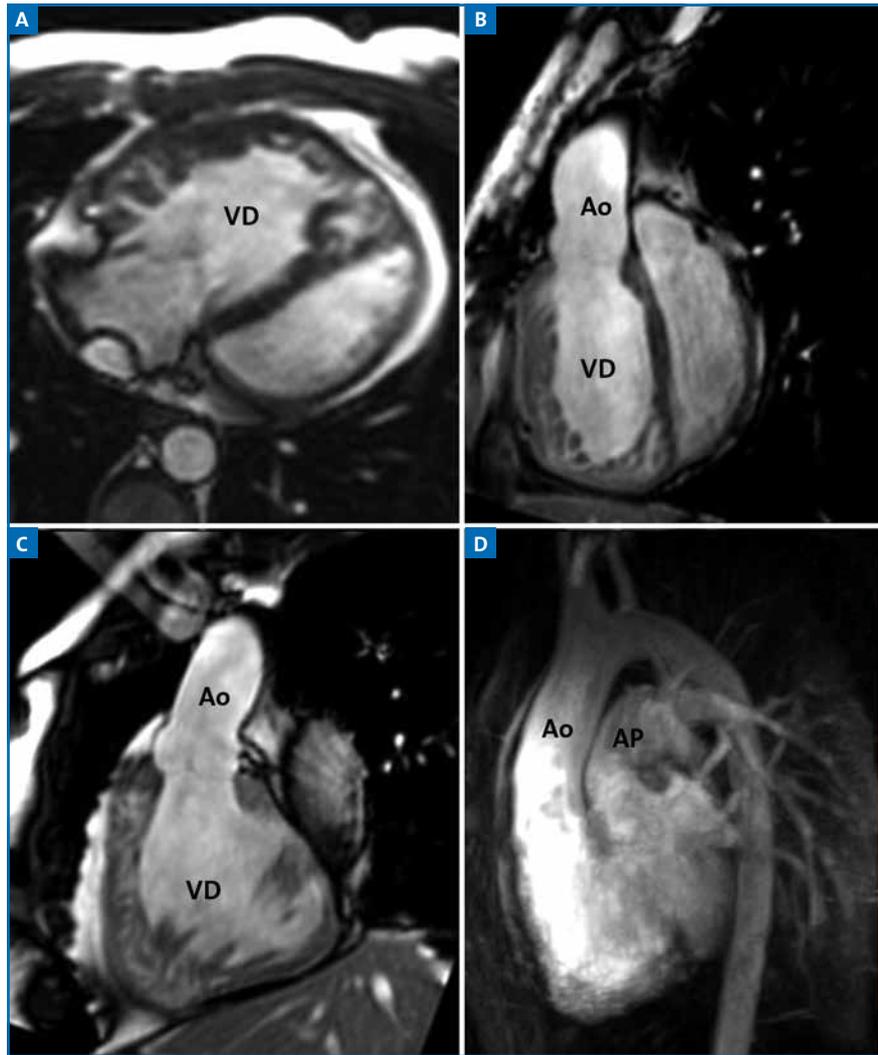


FIG. 9 : Gros VD systémique (sous-aortique) chez un patient de 37 ans traité par redirection des flux selon Senning pour transposition des gros vaisseaux. Le VD est dilaté à 148 mL/m^2 , avec FFVD médiocre à 42 %. Noter, sur l'image d'angio-IRM en D, l'aspect typique en "canon de fusil" de l'aorte antérieure et de l'artère pulmonaire postérieure, cheminant parallèlement.

rait expliquer l'adaptation insuffisante du VD à un régime de pression élevé.

Le rôle délétère des fuites tricuspides dans ces cardiopathies congénitales doit aussi être souligné. L'IRM s'avère ici être un outil très intéressant de quantification, par la différence entre le volume éjecté du VD (volumétrie) et le volume d'éjection systolique dans l'aorte (fluximétrie), sachant que la justesse de cette estimation est limitée (environ $\pm 20 \%$).

Au total

L'IRM est un excellent instrument d'analyse du VD, en seconde intention après l'échocardiographie Doppler. Le seuil de normalité pour le volume télédiastolique indexé du VD est de 100 mL/m^2 chez la femme et de 110 mL/m^2 chez l'homme. L'incertitude sur la mesure est un peu supérieure à celle du ventricule gauche, mais reste satisfaisante. Les applications cliniques principales concernent

LE DOSSIER

Étude du VD en pratique

la dysplasie arythmogène du VD, l'hypertension pulmonaire, l'infarctus du VD, les cardiopathies congénitales avec surcharge volumétrique du VD ou avec VD systémique.

Bibliographie

1. TADIC M. Multimodality Evaluation of the Right Ventricle: An Updated Review. *Clin Cardiol*, 2015;38:770-776.
2. ALFAKIH K, PLEIN S, THIELE H *et al*. Normal human left and right ventricular dimensions for MRI as assessed by turbo gradient echo and steady-state free precession imaging sequences. *J Magn Reson Imaging*, 2003;17:323-329.
3. JAMES SH, WALD R, WINTERSPERGER BJ *et al*. Accuracy of Right and Left Ventricular Functional Assessment by Short-Axis vs Axial Cine Steady-State Free-Precession Magnetic Resonance Imaging: Inpatient Correlation with Main Pulmonary Artery and Ascending Aorta Phase-Contrast Flow Measurements. *Can Assoc Radiol J*, 2013;64:213-219.
4. 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
5. MACEIRA AM, PRASAD SK, KHAN M *et al*. Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J*, 2006; 27:2879-2888.
6. KAWEL-BOEHM N, MACEIRA A, VALSANGIACOMO-BUECHEL ER *et al*. Normal values for cardiovascular magnetic resonance in adults and children. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2015;17:29.
7. CAUDRON J, FARES J, LEFEBVRE V *et al*. Cardiac MRI assessment of right ventricular function in acquired heart disease: factors of variability. *Acad Radiol*, 2012;19: 991-1002.
8. FRATZ S, SCHUBHAECK A, BUCHNER C *et al*. Comparison of accuracy of axial slices versus short-axis slices for measuring ventricular volumes by cardiac magnetic resonance in patients with corrected tetralogy of fallot. *Am J Cardiol*, 2009;103:1764-1769.
9. SIEVERS B, ADDO M, FRANKEN U *et al*. Right ventricular wall motion abnormalities found in healthy subjects by cardiovascular magnetic resonance imaging and characterized with a new segmental model. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2004;6:601-608.
10. KIND T, MAURITZ GJ, MARCUS JT *et al*. Right ventricular ejection fraction is better reflected by transverse rather than longitudinal wall motion in pulmonary hypertension. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2010;12:35
11. PEACOCK AJ, VONK NOORDEGRAAF A. Cardiac magnetic resonance imaging in pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir Rev*, 2013;22:526-534.
12. McCANN GP, GAN CT, BEEK AM *et al*. Extent of MRI delayed enhancement of myocardial mass is related to right ventricular dysfunction in pulmonary artery hypertension. *AJR Am J Roentgenol*, 2007; 188:349-355
13. KUMAR A, ABDEL-ATY H, KRIEDEMANN I *et al*. Contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance imaging of right ventricular infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2006;48:1969-1976.
14. KAFKA H, MOHIADDIN RH. Cardiac MRI and pulmonary MR angiography of sinus venosus defect and partial anomalous pulmonary venous connection in cause of right undiagnosed ventricular enlargement. *AJR Am J Roentgenol*, 2009;192:259-266.
15. GEVA T. Repaired tetralogy of Fallot: the roles of cardiovascular magnetic resonance in evaluating pathophysiology and for pulmonary valve replacement decision support. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2011;13:9

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

SPIMED-IC²

Le Dr J.-F. Paul et l'Institut Mutualiste Montsouris organisent les 19 et 20 mai 2016 le SPIMED-IC², qui est devenu le rendez-vous annuel des spécialistes de l'imagerie cardiaque en coupes. Deux thèmes seront particulièrement développés cette année: l'imagerie cardiaque 4D *flow* en IRM et l'apport du scanner cardiaque en 1 battement. Des sessions pratiques "Comment je fais?" seront proposées avec des questions-réponses entre l'assistance et les spécialistes.

Le lieu du congrès est l'Institut Mutualiste Montsouris au 42, boulevard Jourdan à Paris (14^e).

Un bulletin d'inscription peut être téléchargé sur le site spimed-ic2.com de même que le programme. Le bulletin d'inscription sera envoyé à SPIMED-IC² au 15, rue Caumartin, 75009 Paris.

Pour tout renseignement :

Tél.: 01 53 79 05 05 et fax : 01 53 79 26 88.