

Plans de Coupe en IRM Cardiaque

JN Dachet (1,2), G Gahide (1,2), E Gerbaud (1,3), C Varin (2), A Manrique (1,4) et JP Laissy (5)

Abstract

Section Planes for Cardiac MRI

J Radiol 2004;85:11-6

The recent developments of synchronized cardiac MRI are a unique opportunity for the Radiology Community to integrate cardiac imaging. This educational article aims to help radiologists and technicians to obtain cardiac planes comparable to those of cardiac ultrasound and gated SPECT. Of course, cardiac planes described herein for MRI also apply to multi-detector CT.

Key words: Heart. MRI. Anatomy.

Résumé

L'avènement récent de l'IRM cardiaque synchronisée constitue une chance unique pour la communauté radiologique de s'impliquer en imagerie cardiaque. Cet article didactique a pour but de guider les radiologues et les manipulateurs à réaliser dès leurs premiers examens des plans de coupe comparables à ceux des autres modalités d'imagerie en coupe, l'échographie et la tomoscintigraphie synchronisée. Bien sûr, les plans de coupe ici décrits en IRM sont également applicables à la tomographie multi coupes.

Mots-clés : Cœur. IRM. Anatomie.

L'imagerie non invasive du cœur vit actuellement un essor important lié au développement de l'imagerie synchronisée IRM et TDM multi détecteurs. Les radiologues peu accoutumés de par leur formation à l'imagerie cardiaque doivent trouver dans cette évolution l'occasion de réintégrer une discipline dont ils s'étaient peu à peu trouvés exclus par le passé. Le but de cet article didactique est d'aider radiologues et manipulateurs à réaliser dès leurs premiers examens des coupes utilisables en pratique courante et comparables aux images produites en échographie et médecine nucléaire (tomoscintigraphie cardiaque synchronisée). Nous n'envisagerons en détail ni les indications, ni les séquences ou les protocoles d'injection de produit de contraste. Les plans de coupe de référence décrits ici en IRM sont applicables par reconstruction et selon les mêmes règles en TDM multi coupes.

Anatomie (1)

Le cœur est un organe médio thoracique d'autant plus vertical que le sujet est lon-

giline et d'autant plus horizontal, posé sur le diaphragme, que le sujet est bréviligne. Les anomalies d'orientation du cœur peuvent être congénitales (hétérotaxie) ou induites (rupture diaphragmatique traumatique, pneumonectomie...) et constituent de remarquables indications de l'IRM, l'échocardiographie étant souvent prise en défaut pour des raisons de fenêtre acoustique.

Le cœur est constitué de 3 tuniques (endocarde, myocarde, péricarde) et de 6 cavités (2 oreillettes, 2 auricules et 2 ventricules). Il possède une vascularisation originale coronarienne essentiellement diastolique.

- L'oreillette gauche (OG) est la plus postérieure et la plus haut située des cavités. Elle est développée dans un plan coronal en contact avec la portion thoracique de l'œsophage. Elle reçoit les veines pulmonaires usuellement au nombre de 4. L'auricule gauche est un appendice trabéculé, long, tubulaire et borgne de l'OG développé au contact et en avant de la veine pulmonaire supérieure gauche. L'OG est séparée de l'oreillette droite par le septum inter auriculaire si mince qu'il n'est plus visible au niveau du foramen ovale. Elle s'évacue dans le ventricule gauche (VG) par la valve mitrale.

- L'oreillette droite (OD) reçoit les deux veines caves et le sinus coronaire et communique avec l'auricule droite large et triangulaire développée en avant. Elle communique avec le ventricule droit (VD) par la valve tricuspide. L'OD est séparée du VD par le sillon atrio-ventriculaire antérieur où chemine l'artère coronaire droite. L'endocarde de sa paroi

libre est parfois marqué par le relief de la crête terminale.

- Le VD est la cavité la plus antérieure. Il possède une géométrie complexe bien évaluée par l'imagerie en coupe. Il s'entoure littéralement autour du ventricule gauche dont il est séparé par le septum inter ventriculaire. Il se poursuit par l'infundibulum et le tronc de l'artère pulmonaire développés dans un plan quasi sagittal. La lumière du VD est particulièrement trabéculée.

- Le VG est une cavité cylindrique, orientée selon une obliquité triple de haut en bas, de droite à gauche et d'avant en arrière. La réalisation du plan « petit axe » (PA) impose d'avoir parfaitement repéré ces 3 directions. Ce plan PA est primordial dans la mesure où il est à la base du diagnostic dans les autres modalités. Le relief des muscles papillaires antérieur et postérieur indique la région médio ventriculaire.

- Les deux ventricules sont séparés par le sillon inter ventriculaire où chemine l'artère inter ventriculaire antérieure. L'artère circonflexe chemine dans le sillon atrio-ventriculaire postérieur qui sépare le VG de l'OG.

Les préalables techniques

La salle d'examen doit être équipée de matériel de sécurité (chariot d'urgence, défibrillateur) et de fluides médicaux. Un injecteur automatique de qualité est indispensable. On vérifie l'absence de contre indication (en insistant en milieu cardiologique sur le

(1) Laboratoire Quant-If, Faculté de Médecine-Pharmacie, Rouen. (2) Service de Radiologie, (3) Service de Cardiologie, Hôpital Charles Nicolle, CHU de Rouen. (4) Service de Médecine Nucléaire, CRLCC Henri Becquerel, Rouen. (5) Service de Radiologie, Hôpital Bichat, Paris
Correspondance : JN Dachet, Laboratoire Quant-If, UFR Médecine-Pharmacie, 22 boulevard Gambetta, F-76183 Rouen Cedex 01.
E-mail : jean-nicolas.dachet@chu-rouen.fr



Fig. 1 : Coupe axiale pondérée T1 de l'arche aortique : repérage de l'obliquité sagittale de la crosse de l'aorte.

Fig. 1: *T1-weighted axial scan of the aortic arch: the oblique plane of the arch is displayed.*

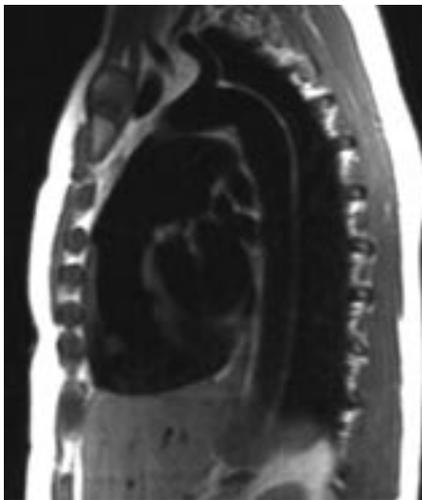


Fig. 3 : Coupe sagittale pondérée T1 passant par la voie d'éjection pulmonaire chez une patiente porteuse d'une sténose valvulaire pulmonaire. Notez l'épaississement pariétal du VD et la dilatation du tronc de l'artère pulmonaire.

Fig. 3: *T1-weighted sagittal scan showing the right outflow tract in a woman with pulmonary stenosis. Note the thickened wall of the right ventricle and the dilation of the main pulmonary artery.*

pacemaker et le défibrillateur implanta- ble). Le patient est perfusé si une injection est prévue, entraîné à la pratique de l'ap- née. Il est utile de faire reproduire systé- matiquement le même mouvement de blocage du diaphragme. Celui-ci ne doit pas occasionner d'effort important. L'oxy- gène nasal est exceptionnellement utile. La réalisation d'un examen satisfaisant passe par une installation confortable du patient. À ce titre nous préférons le décu-



Fig. 2 : Coupe axiale pondérée T1 passant par l'aorte, le tronc de l'artère pul- monaire, sa branche droite et la veine cave supérieure.

Fig. 2: *T1-weighted axial scan showing the aorta, the pulmonary artery and its right main branch, and the superior vena cava.*

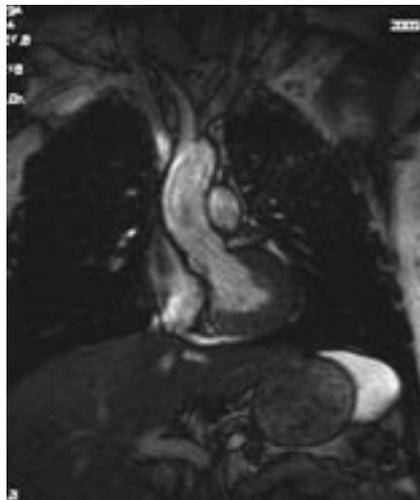


Fig. 4 : Coupe coronale légèrement obli- que dans le plan de l'aorte ascen- dante (séquence True Fisp seg- mentée) montrant la chambre d'éjection du VG et la portion ini- tiale de l'aorte ascendante.

Fig. 4: *Slightly oblique coronal scan (segmented True-Fisp sequence) showing the left ventricular out- flow tract and the initial portion of the thoracic aorta.*

bitus dorsal avec les genoux soutenus en demi flexion par une cale en mousse.

Le signal ECG doit être de parfaite qualité. On utilise soit le module ECG commercialisé avec l'IRM soit un modu- le externe blindé. Les électrodes sont ins- tallées selon les consignes du construc- teur et on choisit la dérivation qui produit une onde R positive la plus ample possible. Il faut connaître (et expliquer aux médecins correspondants) que la

croissance de l'onde T est artificielle. On se gardera de poser tout diagnostic sur une courbe électrocardiographique obtenue en salle d'IRM.

Après avoir soigneusement expliqué au patient les contraintes de l'examen, lui avoir protégé les oreilles par un casque antibruit, avoir placé des électrodes tho- raciques et vérifié la qualité de la courbe ECG, l'examen peut débuter par une ba- nale séquence de repérage du massif car- diaque sans synchronisation.

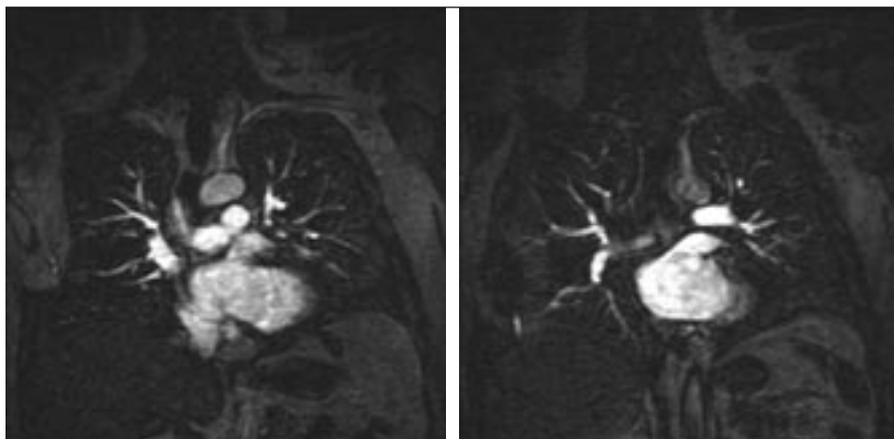
Le déroulement de l'examen

Plans anatomiques conventionnels

Les plans anatomiques conventionnels (axial, coronal et sagittal) sont essentiels à l'exploration des patients (enfants ou adultes) porteurs de cardiopathies congé- nitales. Ces plans peuvent aussi être utili- sés électivement pour l'analyse de certai- nes structures (2).

Plan axial

Le plan axial strict n'a pas d'intérêt pour l'analyse du cœur à proprement parler. Il est en revanche utile au repérage de l'obliquité de la crosse de l'aorte dans le plan antéro postérieur (*fig. 1*). Ce plan est également intéressant pour l'étude du tronc de l'artère pulmonaire et de la portion initiale de ses branches droite et gauche (*fig. 2*). Il sera largement utilisé en ARM des vaisseaux pulmonaires et de l'aorte pour la détection de l'arrivée du bolus de Gadolinium. On voit s'opacifier successivement sur cette coupe la veine



a|b

Fig. 5 :

- a** Coupe coronale (séquence en écho de gradient 3D après injection d'un bolus de Gadolinium) passant par l'oreillette et l'auricule gauches (à ne pas confondre avec la veine pulmonaire supérieure gauche).
- b** Chez le même patient, au cours du même examen, coupe légèrement plus postérieure passant par la veine pulmonaire supérieure gauche.

Fig. 5:

- a** Coronal scan (gradient echo 3D sequence with injection of gadolinium) at the level of the left atrium and left atrial appendage (which should not be mistaken for the left superior pulmonary vein).
- b** In the same patient, during the same examination, slightly more posterior scan at the level of the left superior pulmonary vein.

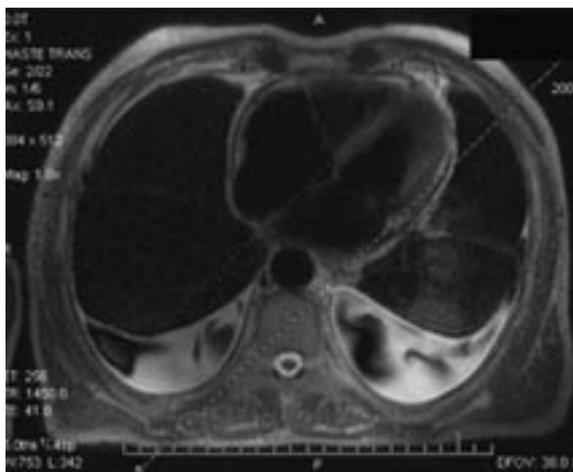


Fig. 6 : Coupe axiale (séquence HASTE) montrant l'orientation du septum inter ventriculaire.

Fig. 6: Axial scan (HASTE sequence) showing the axis of the inter-ventricular septum.

Plans spécifiques du cœur

Les plans spécifiques du cœur sont au nombre de trois (orthogonaux deux à deux) et doivent être acquis avec un soin tout particulier (3). Le repérage de n'importe lequel de ces plans spécifiques peut se faire en combinant les deux autres. On travaille ici par référence au(x) dernier(s) plan(s) obtenus et non par rapport au topogramme comme habituellement en IRM. On démarre par une acquisition synchronisée axiale centrée sur le massif cardiaque (fig. 6).

Plan long axe VG (LAVG ou 2 cavités)

Il est sagittal oblique et obtenu à partir du plan axial (fig. 6) en suivant l'orientation du septum inter ventriculaire. Il permet la visualisation d'arrière en avant de l'OG, de la valve mitrale et du VG (fig. 7). Sur cette coupe, on projette une bissectrice joignant le milieu de la paroi postérieure de l'OG à l'apex (fig. 7). Ce plan définit la coupe axiale 4 cavités (fig. 8).

Plan axial 4 cavités (ou horizontal long axe HLA)

Il passe par les 4 cavités principales du cœur. La coupe axiale 5 cavités (également dénommée « LVOT » axiale pour left ventricle outflow tract) est un petit peu plus haut située selon le même axe et inclut la racine de l'aorte thoracique ascendante (fig. 9).

Certains préconisent de repérer directement le plan PA du cœur sur le long axe du VG en l'orientant perpendiculairement à la bissectrice précédemment décrite (fig. 7). Nous préférons orienter le

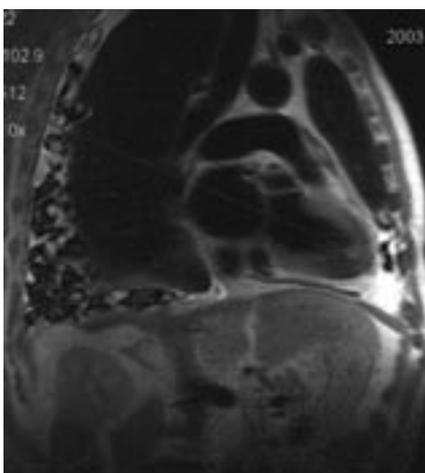


Fig. 7 : Coupe (séquence HASTE) selon le long axe vertical du VG. Le plan axial 4-cavités du cœur est indiqué.

Fig. 7: Vertical Long Axis scan (HASTE sequence). Positioning of the axial 4-chamber view.

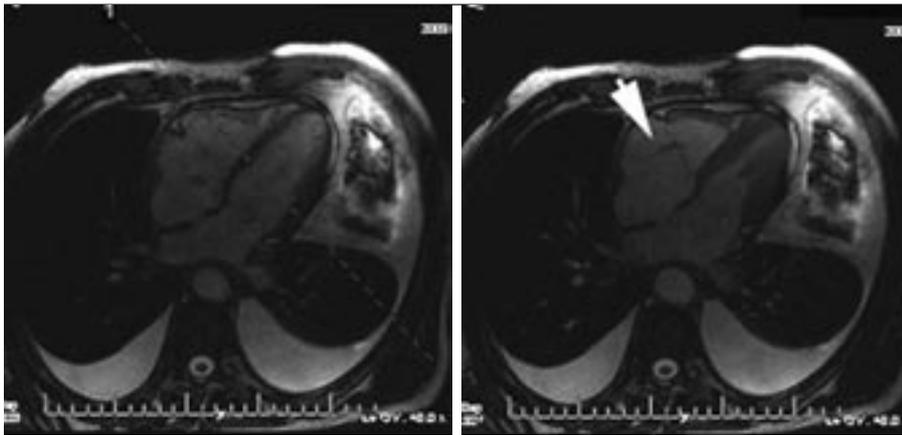
cave supérieure, les artères pulmonaires et l'aorte. Enfin, ce plan axial strict est le préalable à toute étude anatomique du cœur car il permet de repérer l'orientation du septum inter ventriculaire.

Plan sagittal

Il est intéressant pour l'analyse de la racine de l'aorte et de la voie d'éjection pulmonaire (fig. 3).

Plan coronal

Il est utilisé pour l'étude de la voie d'éjection du ventricule gauche (fig. 4), pour l'analyse de l'oreillette gauche et des veines pulmonaires (fig. 5). Le développement des techniques d'ablation de fibrillation auriculaire a rendu routinière l'imagerie pré et post procédurale de l'abouchement atrial des veines pulmonaires.



a|b

Fig. 8 :

a Coupe transversale 4-cavités en télédiastole (séquence True-Fisp segmentée). Le plan petit axe est indiqué.
b La même coupe en télésystole: Régurgitation de la valve tricuspide (flèche).

Fig. 8:

a End diastole axial 4-chamber view (segmented True-Fisp sequence). Positioning of the Short Axis plane is shown.
b The same scan at end systole: Regurgitation of the tricuspid valve (arrow)

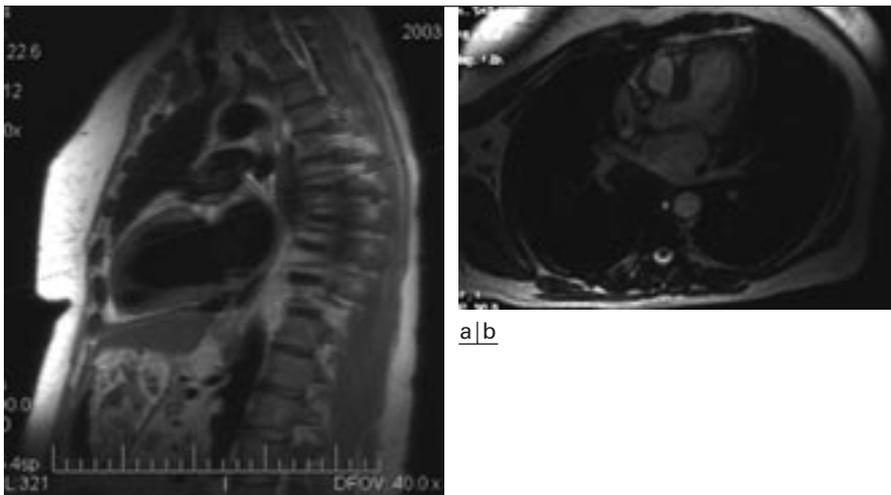


Fig. 9 :

a Coupe (séquence HASTE) selon le long axe vertical du VG. Le plan axial 5 cavités du cœur est indiqué.
b Coupe axiale 5 cavités (séquence True-Fisp segmentée) montrant la chambre de chasse du VG dans le plan axial.

Fig. 9:

a Vertical Long Axis scan (HASTE sequence). Positioning of the axial left ventricular outflow tract.
b Axial left ventricular outflow tract (segmented True-Fisp sequence).

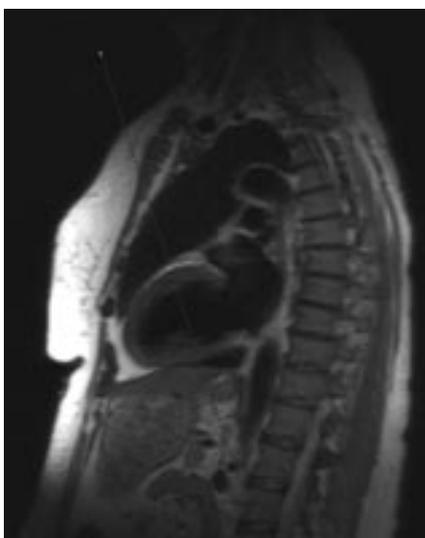
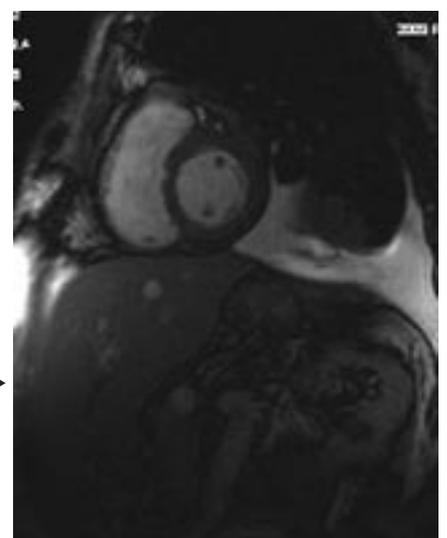


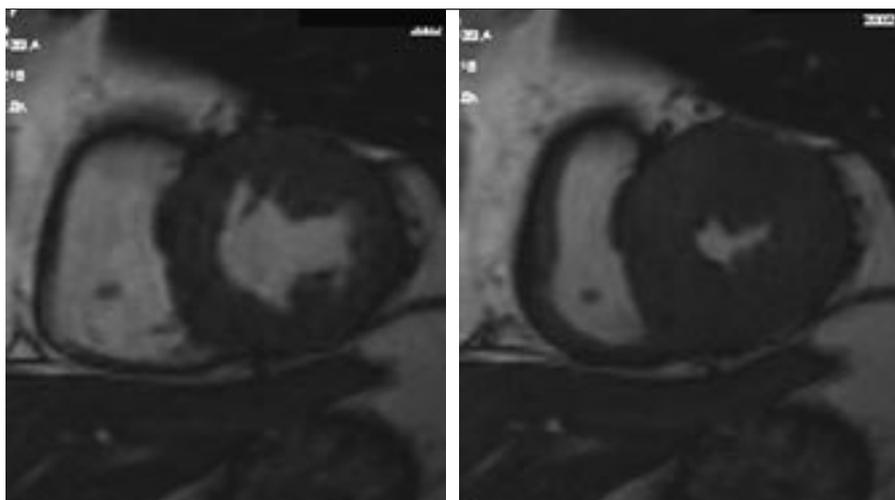
Fig. 10 : Coupe (séquence HASTE) selon le long axe vertical du VG. L'orientation du plan petit axe est indiqué.

Fig. 10: Vertical Long Axis scan (HASTE sequence). Positioning of the short axis.

Fig. 11 : Coupe selon le petit axe (séquence True-Fisp segmentée) passant par la base du ventricule gauche.

Fig. 11: Short axis scan (segmented True-Fisp sequence) at the level of the base of the left ventricle.





a|b

Fig. 12 : Coupe petit axe (séquence True-Fisp segmentée) passant par le plan médio ventriculaire du VG chez un patient porteur d'une cardiopathie hypertrophique.

a En télédiastole ;
b en télésystole.

Fig. 12: *Short axis scan (segmented True-Fisp sequence) at the level of the mid left ventricle in a patient with hypertrophic cardiopathy.*

a At end diastole ;
b at end systole.

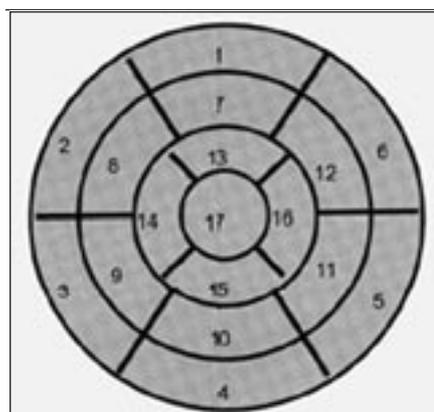


Fig. 13 : Vue en œil de bœuf du cœur montrant la segmentation internationale (de 1 à 6 base ; 1-antérieur ; 2-antéro septal, 3-inféro septal, 4-inférieur, 5-inféro latéral, 6-antéro latéral ; de 7 à 12 secteur médio ventriculaire ; 7-antérieur ; 8- antéro septal ; 9- inféro septal ; 10-inférieur, 11-inféro latéral, 12-antéro latéral ; de 13 à 16 secteur apical ; 13-antérieur ; 14-septal ; 15-inférieur ; 16-latéral ; 17 pointe du cœur).

Fig. 13: *Bull's eye view of the heart showing the international segmentation (from 1 to 6 basal: 1-anterior; 2-anteroseptal, 3-inferoseptal, 4-inferior, 5-inferolateral, 6-antero-lateral; from 7 to 12 mid: 7-anterior; 8-anteroseptal, 9-inferoseptal, 10-inferior, 11-inferolateral, 12-antero-lateral; from 13 to 16 apical: 13-anterior; 14-septal; 15-inferior; 16-lateral; 17 apex)*

plan PA à partir des vues « long axe VG » et « axiale 4 cavités ». Le plan est orienté perpendiculairement à la bissectrice « OG-mitrale-apex » dans le plan « long axe VG » (fig. 7 et 10) et perpendiculairement au septum inter ventriculaire dans le plan axial 4 cavités (fig. 8a).

Plan Petit Axe

Ce plan de coupe (fig. 11) est essentiel car il sert de socle à la quantification de la fonction VG. Les résultats obtenus en IRM sur ce plan peuvent être directement confrontés à ceux obtenus en échographie et en tomoscintigraphie. De multiples coupes repérées selon cette obliquité complexe seront répétées depuis le plan valvulaire mitral jusqu'au à l'apex du VG. Ces séquences serviront à la mesure de l'épaisseur télésystolique et télédiastolique de la paroi latérale du VG et du septum (fig. 12), à celle des volumes télésystolique et télédiastolique du VG, à la mesure de la masse du VG ainsi qu'à l'appréciation de la fraction d'éjection.

Il existe un consensus (4) international pour une segmentation cardiaque en 17 segments. La vue en « œil de bœuf »

(fig. 13) est une perspective du cœur vu depuis son apex. Quatre coupes se succèdent d'avant en arrière : l'apex (un segment, le n° 17), la coupe apicale (4 segments, du n° 13 au n° 16), la coupe médio ventriculaire (6 segments, du n° 7 au n° 12) et la coupe basale (6 segments, du n° 1 au n° 6).

L'analyse du ventricule droit

Elle est délicate du fait de la géométrie complexe de cette cavité. L'IRM a un potentiel intéressant dans l'analyse morphologique et dynamique de cette cavité très antérieure à paroi fine mal explorée par l'échographie. L'application essentielle est la recherche de stigmates évocateurs de dysplasie arythmogène. Le ventricule droit est exploré par la coupe sagittale passant par sa chambre de chasse et l'infundibulum (fig. 3), par la coupe axiale 4 cavités (fig. 8) et les coupes PA (fig. 11). On peut également réaliser à partir de la coupe axiale stricte ou axiale 4 cavités une coupe « long axe VD » (fig. 14). Celle-ci est orientée initialement selon le plan du septum interventriculaire. Afin de passer par l'apex du VD qui est situé au contact de la



Fig. 14 : Coupe selon le long axe du ventricule droit (séquence True-Fisp segmentée).

Fig. 14: *Long axis plane of the right ventricle (segmented True-Fisp sequence).*

pointe du coeur, on effectue une rotation d'une dizaine de degrés de la portion antérieure du plan vers l'apex.

Imagerie dynamique

Elle repose essentiellement sur des séquences en écho de gradient segmenté de type balanced FFE (True FISP, FIES-TA). Une première série d'acquisitions fixes des trois plans orthogonaux PA, LAVG, axial quatre cavités (HLA) offre un repérage de qualité pour la réalisation d'un examen dynamique. Le plan qui souffre le moins d'approximation d'orientation est le plan PA où l'œil corrige facilement un défaut de rotation ; il est souhaitable de l'acquérir en premier lieu.

La séquence Ciné IRM en HLA est repérée sur les plans PA et LAVG. Sur le PA, on vérifie que l'on coupe bien les parois sagittale et latérales en leur milieu. Sur le vertical long axe, on vérifie que le plan passe bien de la mitrale à l'apex.

Le Ciné IRM vertical long axe (LAVG) est acquis en se réparant sur le plan axial quatre cavités (HLA) et sur le PA. Sur l'image HLA, le plan de coupe chemine de l'entonnoir mitral à l'apex. Sur le PA, le plan est perpendiculaire aux parois antérieure et inférieure. Le plan est programmé décalé vers le SIV pour ne pas être gêné par un artefact de volume partiel créé par la paroi latérale du cœur, artefact lui-même favorisé par le mouvement de translation du cœur lors de son cycle.

Références

1. Netter FH. Atlas of Human Anatomy. Masson édit., 1997, 200-15.
2. Rademakers FE, Bogaert J. Cardiac anatomy. Magnetic Resonance of the Heart and Great Vessels. Springer-Verlag, édit, Berlin Heidelberg New York, 1999, 29-38.
3. Maier R, Furnäü G, Wonisch M, Fruhwald FM, Klein W, Watzinger N. Kardiale Magnetresonanztomographie - Anatomie und Planung. J Kardiol 2003;10:3-7.
4. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. Circulation. 2002;105:539-42.