



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

www.em-consulte.com



FICHES TECHNIQUES EN IMAGERIE THORACIQUE

IRM et thorax

MRI and the thorax

M. Lederlin^{a,*,b}, O. Corneloup^a, V. Latrabe^a,
M. Montaudon^{a,b}, F. Laurent^{a,b}

^a Service d'imagerie thoracique et cardiovasculaire, hôpital cardiologique,
CHU de Bordeaux, avenue de Magellan, 33600 Pessac, France

^b Université Victor-Segalen Bordeaux II, 146, rue Léo-Saignat, 33076 Bordeaux, France

Reçu le 7 octobre 2009 ; accepté le 16 novembre 2009

Disponible sur Internet le 24 mars 2010

Coordonnées par G. Ferretti

MOTS CLÉS

IRM ;
Thorax ;
Médiastin ;
Plèvre ;
Imagerie

KEYWORDS

MRI ;
Thorax ;
Mediastinum ;
Pleura ;
Imaging

Résumé Si l'IRM, imagerie des protons de l'eau, ne permet pas d'explorer de façon fiable le parenchyme pulmonaire en routine clinique, ses indications sont en revanche bien établies dans la pathologie pleurale, médiastinale et vasculaire thoracique. L'excellent contraste tissulaire spontané de l'IRM est mis à profit pour la caractérisation tissulaire des formations tumorales, mais également pour l'étude de l'envahissement des organes de voisinage ou de la paroi thoracique avant un geste chirurgical. En pathologie vasculaire thoracique, le caractère non irradiant de l'IRM autorise la réalisation d'examens itératifs, notamment pour la surveillance des anévrismes ou dissections aortiques. Le prescripteur se doit de connaître les contre-indications de l'IRM ainsi que les effets indésirables liés à l'injection de gadolinium.

© 2010 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary In the field of thoracic pathology, the indications for MRI are well established in pleural, mediastinal and vascular disease. Compared to CT, MRI, with its superior contrast resolution, allows better tissue characterization of tumours, as well as an accurate assessment of mediastinal or parietal invasion prior to surgery. MRI is a non-ionizing imaging technique, which can be repeated for the follow-up of aortic diseases such as dissections or aneurysms. Clinicians should be aware of the contraindications to MRI and the adverse effects of gadolinium.

© 2010 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : mathieu.lederlin@chu-bordeaux.fr (M. Lederlin).

Dans le champ de l'imagerie thoracique, il faut d'emblée faire la distinction entre l'imagerie du parenchyme pulmonaire, qui est du ressort quasi exclusif du scanner, et l'imagerie extraparenchymateuse (plèvre, médiastin, cœur et vaisseaux) où scanner et IRM sont concurrents ou complémentaires selon les indications.

Nous nous proposons de dresser un bref panorama des possibilités offertes par l'IRM dans la pathologie pleurale, médiastinale et vasculaire thoracique, en excluant l'IRM cardiaque qui est une technique d'imagerie bien spécifique requérant un équipement particulier.

Principe de formation de l'image

Les principes de base de l'IRM font l'objet de multiples ouvrages [1] et il ne s'agit pas ici de les détailler. Nous nous contenterons de quelques rappels très succincts. L'IRM repose sur la technique de résonance magnétique nucléaire appliquée aux protons. Sous l'effet d'un champ magnétique statique puis d'un champ magnétique tournant, ces protons vont subir successivement une polarisation, une mise en résonance, puis une relaxation. Ce retour à l'équilibre est mesurable sous la forme d'un signal capté par une antenne réceptrice. La localisation spatiale du signal est obtenue à l'aide de gradients de champ magnétique, et l'image finale est reconstruite par une transformée de Fourier inverse.

En routine clinique, la plupart des examens IRM sont réalisés sur des aimants de 1,5 Tesla, ce qui équivaut à 30 000 fois le champ magnétique terrestre.

Après mise en place d'une voie veineuse périphérique (18 ou 21 G), le patient est allongé en décubitus dorsal sur la table d'examen. Une antenne en réseau phasé couvrant tout le thorax est fixée sur la cage thoracique (Fig. 1). En début d'examen, des séquences dites « localiseurs » sont programmées et permettront le positionnement précis des volumes d'acquisition. Au cours de l'examen, différentes séquences sont réalisées (pondération T1, T2...) qui permettent de faire apparaître différents contrastes en fonction de la nature de chaque tissu. Les produits de contraste comme les chélates de gadolinium renforcent le signal sur les séquences



Figure 1. Installation d'un patient sur la table d'examen avec mise en place de l'antenne d'émission-réception sur le thorax.

pondérées en T1. Ils permettent ainsi de rehausser certaines structures normales ou pathologiques selon qu'elles captent ou non le gadolinium. Le gadolinium peut également être injecté lors des séquences d'angiographie (angio-IRM). Celles-ci sont réalisées à l'aide de séquences d'écho de gradient rapides, en une seule apnée, couplées à l'injection intraveineuse de gadolinium lors de son premier passage intravasculaire.

Avantages et inconvénients

Ce sont les avantages liés aux qualités intrinsèques de l'IRM, au premier rang desquels l'excellent contraste spontané entre les différents tissus (eau, graisse, muscle, os, vaisseaux, etc.). Contrairement à l'échographie, il n'y a pas de « patient non échogène ». Ce contraste tissulaire spontané est par exemple très utile pour le diagnostic des formations kystiques. Les structures liquidiennes sont en effet difficiles à distinguer des structures tissulaires en scanner, alors que leur reconnaissance est évidente en IRM grâce à leur franc hypersignal T2 (Fig. 2).

L'IRM bénéficie d'un grand champ de vue pouvant couvrir l'ensemble du volume thoracique depuis la base du cou jusqu'à la partie supérieure de l'abdomen. L'acquisition des images peut être réalisée dans n'importe quel plan (axial, frontal, sagittal ou oblique), ce qui est précieux dans l'étude des rapports d'une tumeur par exemple.

À côté de l'analyse morphologique, la technique IRM autorise des explorations fonctionnelles : mesure des vitesses et des débits intravasculaires par contraste de phase, étude perfusionnelle des tumeurs ou du parenchyme pulmonaire, analyse de la cinétique cardiaque si synchronisation à l'ECG...

Rappelons enfin que l'IRM est un examen non irradiant, ce qui permet de multiplier les passages à différents temps après injection, ou encore de relancer des acquisitions supplémentaires si besoin (séquence artefactée, incidentalome...).

Si, contrairement aux produits de contraste iodés, les chélates de gadolinium ne sont pas néphrotoxiques, leur utilisation doit désormais tenir compte du risque de fibrose néphrogénique systémique (FNS). Depuis 2006 et la première description de cas de FNS faisant suite à des injections de gadolinium chez des patients insuffisants rénaux [2], la prudence est de mise en cas d'insuffisance rénale sévère. Cette maladie, bien que rare, peut être sévère, voire mortelle, et certains produits sont contre-indiqués en cas de clairance de la créatinine inférieure à 30 ml par minute : Omniscan® (gadodiamide, GE Healthcare, Milwaukee, Wi, États-Unis) et Magnevist® (Gd-DTPA, Bayer Schering Pharma, Berlin, Allemagne).

Les inconvénients de l'IRM pour le patient sont mineurs : la durée d'examen parfois longue, entre 15 et 45 minutes, l'immobilité indispensable pendant cette période et le bruit intense des gradients de champ magnétique nécessitant un casque de protection auditive.

En pathologie thoracique, l'inconvénient majeur de l'IRM est son inaptitude à explorer le parenchyme pulmonaire, cela pour deux raisons : le faible signal disponible, l'IRM étant l'imagerie des protons de l'eau et les artefacts de susceptibilité magnétique propres au parenchyme pulmo-

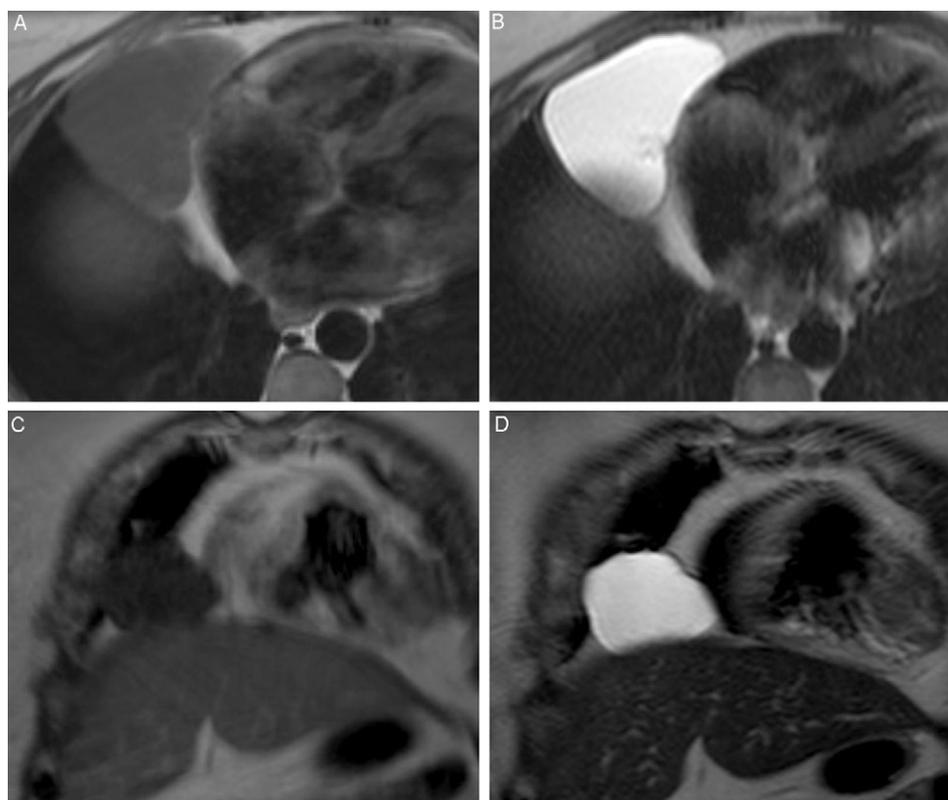


Figure 2. Patient de 46 ans. IRM thoracique demandé dans le bilan d'une image paracardiacque droite découverte fortuitement sur un cliché thoracique. A. Coupe axiale en T1. Formation en isosignal T1 homogène, située dans l'angle cardiophrénique antérieur droit. B. coupe axiale en T2. L'hypersignal T2 intense et homogène ainsi que la localisation sont typiques d'un kyste pleuropéricardique. C. Coupe frontale en T1. D. coupe frontale en T2.

naire. Pour cette raison, l'IRM thoracique est généralement un examen de deuxième intention, réalisée après le scanner.

Enfin il faut rappeler que la résolution spatiale de l'IRM est inférieure à celle du scanner, de l'ordre de 1,5 mm.

- L'IRM, dépourvue d'irradiation, permet des examens itératifs
- Au cours de l'examen, les contrastes différents permettent une caractérisation tissulaire
- Les produits de contraste comme les chélates de gadolinium permettent de rehausser certaines structures
- L'IRM permet des études fonctionnelles

Applications cliniques principales

Pathologie pleurale

Les performances de l'IRM dans l'imagerie de la plèvre et de la paroi thoracique sont bien établies [3] et concernent essentiellement la pathologie tumorale : tumeurs pleurales primitives, localisations secondaires à la plèvre, ou envahissement pleural par une tumeur de voisinage, pulmonaire le plus souvent. Dans toutes ces indications, l'IRM est réalisée généralement après un scanner et/ou un TEP-

scan, afin de planifier un éventuel geste chirurgical. Selon une publication récente ayant comparé l'IRM 3T avec le TEP-scan pour l'établissement du TNM préopératoire des cancers bronchiques non à petites cellules, l'IRM permettrait une évaluation correcte du T dans 86% des cas contre 82% pour le TEP-scan [4]. L'IRM est particulièrement indiquée dans les tumeurs de l'apex, l'excellent contraste entre les différentes structures anatomiques permettant d'apprécier au mieux l'envahissement tumoral avant résection chirurgicale (Fig. 3). Dans le mésothéliome malin, l'analyse de l'extension à la paroi, au médiastin et au poumon est fondamentale (Fig. 4). C'est au terme de ce bilan que sera éventuellement envisagée une pleuropneumectomie élargie, considérée actuellement comme le traitement de référence du mésothéliome [5].

Pathologie médiastinale

Il s'agit là encore essentiellement de pathologie tumorale, incluant les kystes et malformations. Si avec l'avènement du scanner volumique multidétecteurs, les deux techniques peuvent désormais proposer des vues multiplanaires, l'IRM conserve pour elle l'originalité de son signal. C'est incontestablement l'examen de choix dans les tumeurs du médiastin postérieur. Les acquisitions multiplanaires permettent d'établir très précisément les rapports de la tumeur avec le rachis, les foramen de conjugaison et les structures canalaies (Fig. 5). En outre l'analyse du signal en T1 et en

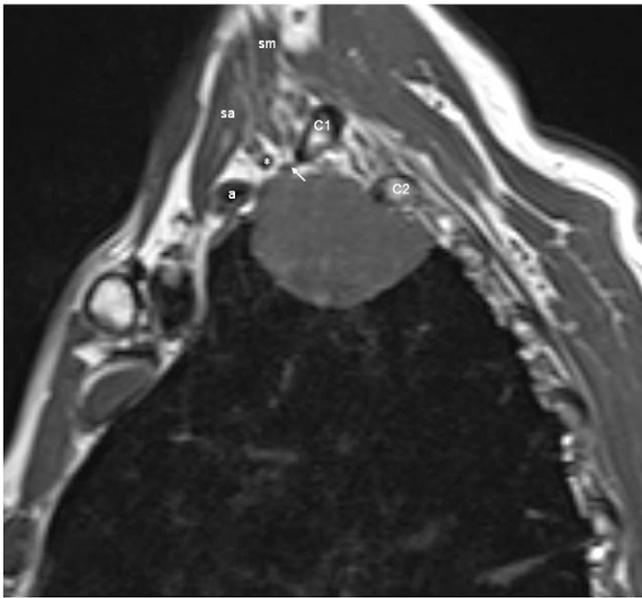


Figure 3. Patiente de 52 ans chez laquelle a été découvert un carcinome épidermoïde de l'apex. L'IRM est demandée en complément du scanner afin de préciser les rapports tumoraux avant chirurgie. Sur cette séquence sagittale T1, la masse tissulaire se situe au contact de l'arc postérieur de la deuxième côte (C2) sans ostéolyse à ce niveau. Elle présente une petite extension dans l'espace interscalénique où elle vient quasiment au contact de l'artère sous-clavière (a) sans l'envahir. La racine T1 du plexus brachial (flèche) est discrètement refoulée vers le haut par la tumeur, tandis que la racine C8 reste à distance (*). Il n'y a pas d'adénopathie pré-scalénique qui contre-indiquerait la chirurgie. sa : scalène antérieur ; sm : scalène moyen.

T2 ainsi que de la prise de contraste sont très informatifs pour l'orientation étiologique.

L'IRM est intéressante pour le diagnostic et pour évaluer la résecabilité des tumeurs thymiques, même si elle

est concurrencée par le scanner dans cette indication [6]. Les deux techniques ont des performances équivalentes pour différencier les thymomes des carcinomes thymiques, en revanche l'IRM serait supérieure au scanner pour distinguer les thymomes de bas-grade (types A, AB, et B1) des thymomes de haut-grade (types B2 et B3). Par ailleurs, les séquences basées sur l'étude du déplacement chimique permettraient de distinguer les hyperplasies thymiques des tumeurs thymiques [7].

Enfin, les kystes du médiastin (kystes bronchogéniques, kystes pleuropéricardiques, lymphangiomes kystiques...) sont parfaitement mis en évidence sur les séquences pondérées en T2 (Fig. 2).

Pathologie vasculaire thoracique

Le scanner reste l'examen de première intention dans les syndromes aortiques aigus (dissection, hématome de paroi, ulcère pariétal pénétrant). L'IRM est réalisée de façon différée pour surveiller l'étendue d'une dissection aortique opérée (type A) ou non (type B) et rechercher d'éventuelles complications (évolution anévrysmale, thromboses...). C'est également un excellent outil de mesure du diamètre des anévrysmes de l'aorte, quelle que soit leur localisation (Fig. 6). L'IRM permet de réaliser un bilan précis des coarctations aortiques (ou des hypoplasies de la crosse) en appréciant précisément la longueur et la sévérité de la sténose, la collatéralité et les éventuelles malformations associées (Fig. 7). Enfin, en cas de suspicion d'aortite, l'IRM est l'examen de choix en montrant la prise de contraste de la paroi traduisant l'inflammation vasculaire.

Dans l'embolie pulmonaire, l'IRM est une alternative au scanner et peut être pratiquée en cas d'antécédent allergique à un produit iodé ou d'insuffisance rénale sévère (en gardant à l'esprit le risque potentiel de FNS). Selon les auteurs, la sensibilité de l'angio-IRM des artères pulmonaires pour la détection du thrombus est de 81–100% à

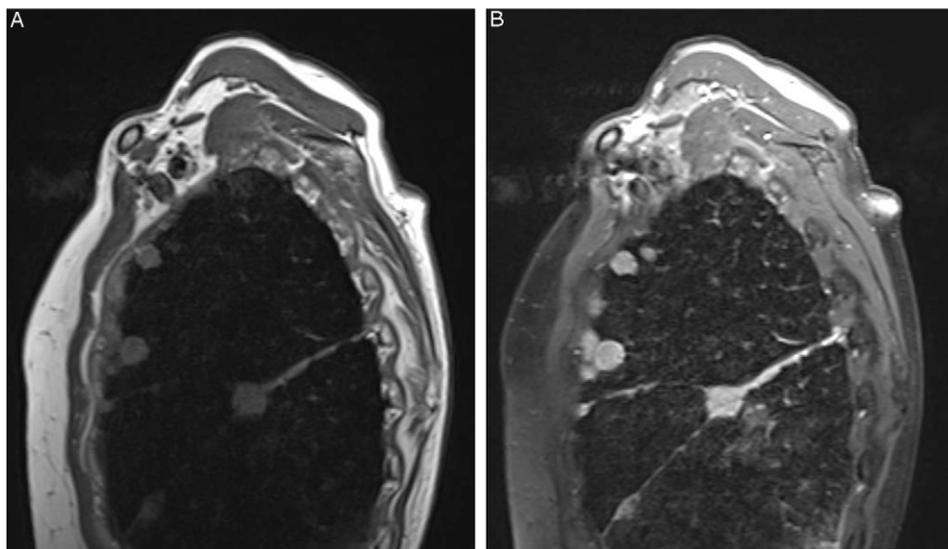


Figure 4. Patiente de 64 ans porteuse d'un mésothéliome malin multifocal. Bilan morphologique avant une éventuelle pleuropneumectomie. A. Coupe sagittale en T1 avant injection. Multiples formations nodulaires pleurales et scissurales en isosignal T1. B. Même plan de coupe en T1 après injection de gadolinium et saturation du signal de la graisse. Rehaussement marqué de l'ensemble des formations nodulaires traduisant leur caractère tissulaire. Au terme du bilan, la patiente n'a finalement pas été opérée.

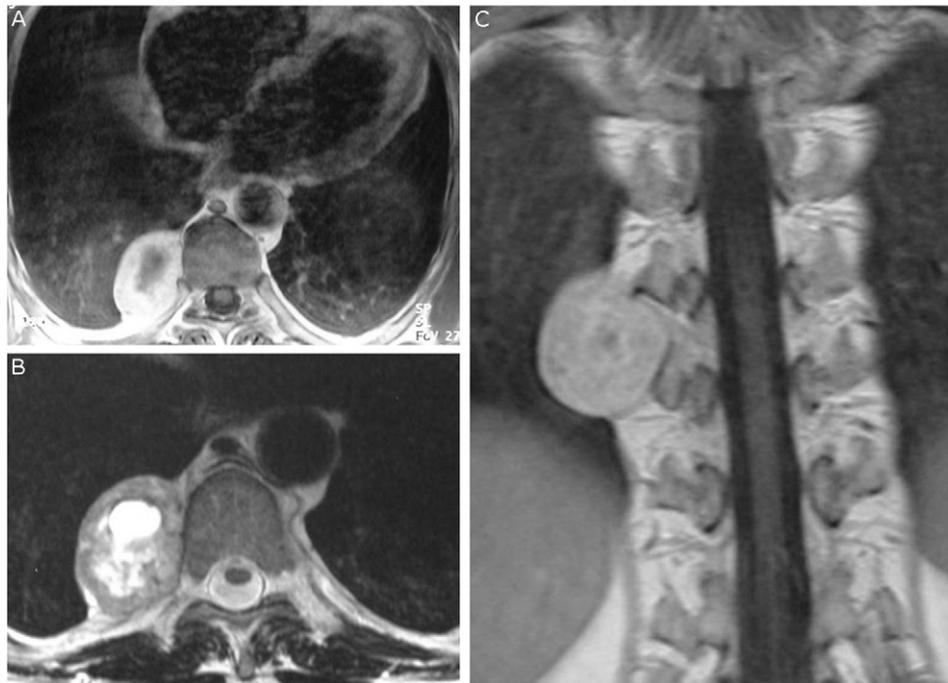


Figure 5. Patient de 55 ans sans antécédent se plaignant de névralgies intercostales droites depuis quelques semaines. L'examen anatomopathologique après résection chirurgicale a révélé qu'il s'agissait d'un schwannome kystique. A. Coupe axiale transverse en T1. Masse bien limitée de la gouttière costovertébrale droite, présentant un discret hypersignal T1 périphérique et un hyposignal central. B. Coupe axiale transverse en T2. La périphérie est en isosignal tandis que le centre apparaît en franc hypersignal T2 du fait de remaniements nécroticocystiques. C. Coupe frontale en T1 après injection de gadolinium. Prise de contraste relativement homogène de la tumeur qui s'insinue dans le foramen de conjugaison.

l'étage lobaire, 80–87 % à l'étage segmentaire et 40–55 % à l'étage sous-segmentaire [8–10].

Dans l'hypertension artérielle pulmonaire, l'IRM a suscité beaucoup d'espérances de par ses potentialités angiographiques, vélocimétriques et fonctionnelles cardiaques [11]. Plusieurs articles ont ainsi montré la possibilité de déterminer de façon non invasive la pression artérielle pulmonaire grâce à des séquences de vélocimétrie en contraste de phase [12]. Force est cependant de constater qu'en 2010 cette technique n'est toujours pas entrée dans la prise en charge de routine des patients souffrant d'HTAP.

Il en va de même pour l'IRM de perfusion et de ventilation du parenchyme pulmonaire qui restent encore en dehors de la sphère clinique.

Au niveau de la plèvre et du médiastin, l'IRM est surtout intéressante dans l'étude de la pathologie tumorale.

Dans le médiastin, l'analyse du signal en T1 et en T2 et la prise de contraste sont très informatifs pour l'orientation étiologique.

Le scanner reste l'examen de première intention dans les syndromes aortiques aigus et dans l'embolie pulmonaire, puis on recourt secondairement à l'IRM.

Pièges et contraintes

Les contraintes spécifiques à l'imagerie thoracique sont liées aux rythmes biologiques que sont la respiration et

les mouvements cardiaques. L'acquisition des images se fait le plus souvent en apnée. Pour les patients qui ne peuvent tenir l'apnée, une possibilité est l'utilisation d'un échonavigateur centré sur le diaphragme qui permet de synchroniser l'acquisition aux mouvements respiratoires. Cet artifice n'est cependant pas applicable aux séquences angiographiques qui nécessitent un temps d'acquisition court lors du premier passage du gadolinium avant le retour veineux.

Les mouvements cardiaques ne compromettent pas la qualité des examens thoraciques hormis ceux intéressant la racine de l'aorte. Celle-ci est en effet animée d'un mouvement pulsatile dû à la transmission des mouvements cardiaques et au passage de la colonne sanguine en systole. La synchronisation à l'ECG peut être une solution pour permettre une mesure précise des diamètres de l'aorte initiale (Fig. 6).

Les contre-indications classiques de l'IRM sont les stimulateurs cardiaques ou défibrillateurs automatiques implantables, les implants cochléaires, les clips vasculaires ferromagnétiques intracrâniens, les corps étrangers métalliques intraoculaires, ainsi que la prothèse valvulaire de Starr pre-6000 (que l'on ne rencontre pratiquement plus en France). Depuis quelques années, plusieurs travaux ont montré la possibilité de réaliser des IRM chez les patients porteurs de stimulateurs ou même de défibrillateurs implantables, sous réserve de sécuriser au maximum la réalisation de l'acte (surveillance cardiologique avec monitoring ECG pendant l'examen, reprogrammation au décours de l'examen). Cette pratique est cependant à réserver aux indications vitales d'IRM.

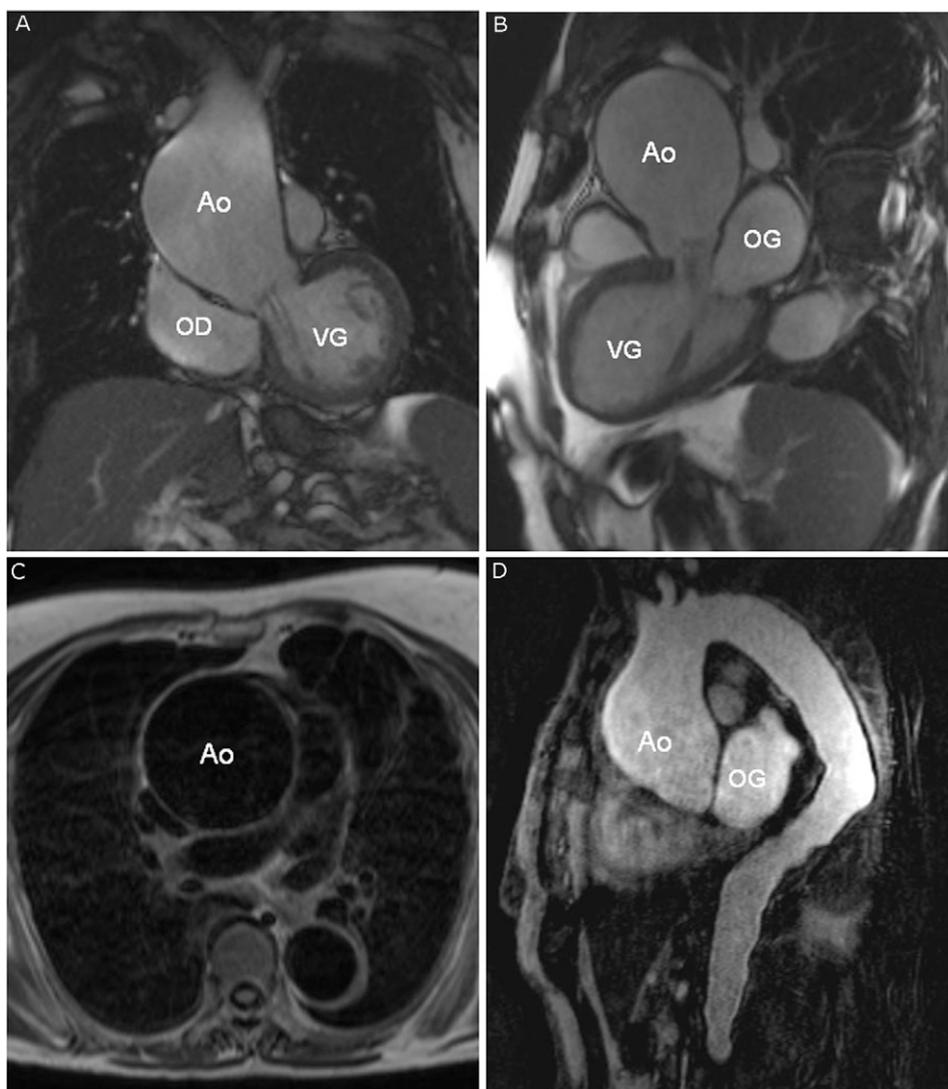


Figure 6. Patiente de 81 ans. IRM de l'aorte réalisée pour bilan d'un anévrisme de l'aorte ascendante avec insuffisance aortique découverts à l'occasion d'un OAP massif. A. Coupe frontale en pondération T2 avec synchronisation à l'ECG. Dilatation très marquée de la racine de l'aorte (Ao). OD : oreillette droite ; VG : ventricule gauche. B. Coupe oblique (incidence « 3 cavités ») en pondération T2 avec synchronisation à l'ECG. OG : oreillette gauche. C. Coupe axiale transverse en T1 à « sang noir » avec synchronisation à l'ECG. D. Angiographie réalisée après injection de gadolinium en incidence sagittale oblique. C'est cette séquence qui permet les mesures de diamètre les plus précises.

Les contre-indications relatives de l'IRM sont les trois premiers mois de grossesse, la claustrophobie, la présence d'éclats métalliques sous-cutanés (risque de déplacement ou échauffement) ou de tatouages (risque de brûlures) et l'obésité morbide empêchant le patient d'entrer dans l'anneau.

Comme on l'a vu, l'injection de chélates de gadolinium ne peut se prévaloir d'une innocuité totale, notamment chez les patients insuffisants rénaux sévères où l'injection ne sera réalisée qu'en cas d'absolue nécessité. Par ailleurs, même si en routine la tolérance du gadolinium est excellente, des réactions anaphylactiques graves ont été décrites avec tous les chélates de gadolinium commercialisés. La prémédication antiallergique possède une efficacité non démontrée et n'empêche pas les réactions sévères.

Les contre-indications aux chélates de gadolinium sont les antécédents de réaction antérieure au même produit, la grossesse et l'allaitement qui doit être suspendu

transitoirement. Comme pour les produits de contraste iodés, la survenue d'une réaction doit être signalée et documentée par des tests allergiques afin de déterminer la possibilité d'une injection ultérieure avec un autre produit.

- La respiration et les mouvements cardiaques peuvent perturber l'acquisition des images IRM
- Les contre-indications de l'IRM sont dues à la présence de matériel ferreux (stimulateurs cardiaques, défibrillateurs automatiques implantables, implants cochléaires, clips vasculaires, etc.)
- Les contre-indications aux chélates de gadolinium sont les antécédents de réaction antérieure au même produit, la grossesse et l'allaitement



Figure 7. Patient de 29 ans. Découverte d'une hypertension artérielle contrastant avec une absence de pouls fémoraux. A. Séquence T1 à « sang noir » en incidence sagittale oblique. Sténose très serrée de l'isthme aortique (flèche) avec dilatation poststénotique modérée de l'aorte descendante (Ao D). On remarque également une dilatation de l'aorte ascendante (Ao A). B. angiographie après injection de gadolinium, reconstruction MIP en incidence sagittale oblique. Outre la coarctation isthmique (flèche), cette reconstruction montre bien l'importante circulation collatérale développée notamment au niveau des artères mammaires internes (mi), périscapulaires (ps), et intercostales (ic) qui apparaissent dilatées et flexueuses.

POINTS ESSENTIELS

- Un des gros avantages de l'IRM est son excellent contraste tissulaire spontané.
- L'IRM donne des images d'une même structure pondérées en T1 et T2.
- On peut, avec l'IRM, obtenir des images structurelles et fonctionnelles.
- L'IRM a peu de contre-indications (présence de matériel ferreux) et peu d'effets indésirables

Conflit d'intérêt

Les auteurs ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Références

- [1] Kastler B, Vetter D, Patay Z, Germain P. Comprendre l'IRM : manuel d'auto-apprentissage. 6^e édition Paris: Masson; 2006, 382 pages.
- [2] Grobner T. Gadolinium—a specific trigger for the development of nephrogenic fibrosing dermopathy and nephrogenic systemic fibrosis? *Nephrol Dial Transplant* 2006;21: 1104–8.
- [3] Tateishi U, Gladish GW, Kusumoto M, Hasegawa T, Yokoyama R, Tsuchiya R, et al. Chest wall tumors: radiologic findings and pathologic correlation. *Radiographics* 2003;23: 1477–508.
- [4] Yi CA, Shin KM, Lee KS, Kim BT, Kim H, Kwon OJ, et al. Non-small cell lung cancer staging: efficacy comparison of integrated PET/CT versus 3.0-T whole-body MR imaging. *Radiology* 2008;248:632–42.
- [5] Greillier L, Scherpereel A, Astoul P, Société de Pneumologie de Langue Française sur le Mésothéliome Pleural. Pleural mesothelioma: impact of the staging for therapeutic strategy. *Rev Mal Respir* 2007;24(6):S146–56.
- [6] Sadohara J, Fujimoto K, Müller NL, Kato S, Takamori S, Ohkumaa K, et al. Thymic epithelial tumors: comparison of CT and MR imaging findings of low-risk thymomas, high-risk thymomas, and thymic carcinomas. *Eur J Radiol* 2006;60: 70–9.
- [7] Inaoka T, Takahashi K, Mineta M, Yamada T, Shuke N, Okizaki A, et al. Thymic hyperplasia and thymus gland tumors: differentiation with chemical shift MR imaging. *Radiology* 2007;243:869–76.
- [8] Kluge A, Mueller C, Strunk J, Lange U, Bachmann G. Acute pulmonary embolism to the subsegmental level: diagnostic accuracy of three MRI techniques compared with 16-MDCT. *Am J Roentgenol* 2006;186:1686–96.
- [9] Oudkerk M, van Beek EJ, Wielopolski P, van Ooijen PM, Brouwers-Kuyper EM, Bongaerts AH, et al. Comparison of contrast-enhanced magnetic resonance angiography and conventional pulmonary angiography for the diagnosis of pulmonary embolism: a prospective study. *Lancet* 2002;359:1643–7.

- [10] Gupta A, Frazer CK, Ferguson JM, Kumar AB, Davis SJ, Fallon MJ, et al. Acute pulmonary embolism: diagnosis with MR angiography. *Radiology* 1999;210:353–9.
- [11] Kreitner KF, Ley S, Kauczor HU, Mayer E, Kramm T, Pitton MB, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: pre- and postoperative assessment with breath-hold MR imaging techniques. *Radiology* 2004;232:535–43.
- [12] Laffon E, Laurent F, Bernard V, De Boucaud L, Ducassou D, Marthan R. Noninvasive assessment of pulmonary arterial hypertension by MR phase-mapping method. *J Appl Physiol* 2001;90:2197–202.