



Imagerie cardiovasculaire par IRM et scanner : quoi de neuf ?

J. GAROT
Service d'Imagerie Cardiovasculaire par Résonance Magnétique
Institut Hospitalier Jacques Cartier, Institut Cardiovasculaire Paris Sud, MASSY.

L'année 2008 a été riche dans le domaine de l'imagerie cardiovasculaire. De nombreux travaux intéressants ont marqué l'année dans le domaine de l'IRM cardiaque et du scanner coronaire.

IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE

1. – IRM de stress

L'IRM de stress est réaffirmée comme une technique de choix en deuxième ligne après l'épreuve d'effort si celle-ci est sous-maximale, non contributive ou impossible, pour mettre en évidence, localiser, et préciser l'étendue d'une ischémie myocardique réversible (*fig. 1*). L'efficacité diagnostique et la valeur pronostique de l'IRM de stress sont largement validées. La détermination de l'étendue de l'ischémie est un facteur crucial dans la prise en charge des patients coronariens pour décider ou non d'une revascularisation coronaire. La valeur pronostique de l'IRM de stress

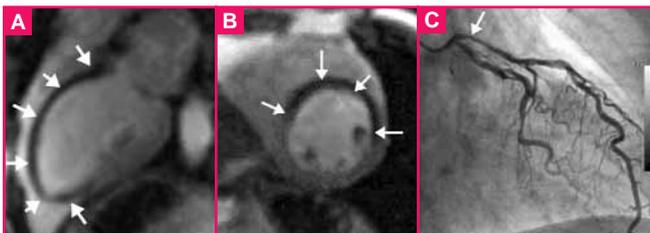


Fig. 1 : Hyposignal en territoire antérieur étendu sur les images de perfusion myocardique au cours du stress (dipyridamole), témoin d'une ischémie myocardique provoquée en territoire antérieur (A, B, flèches). Lésion serrée correspondante de l'IVA (C, flèche).

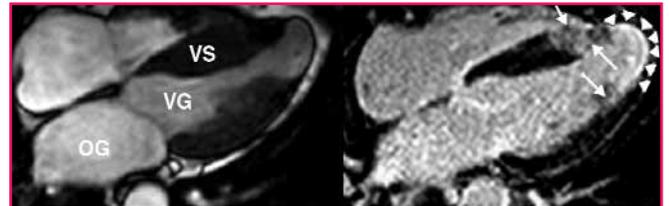


Fig. 2 : CMH avec anévrisme apical. Rehaussement tardif transmural au niveau de la zone anévrysmale (flèches).

(perfusion de premier passage, rehaussement tardif, fonction VG) est également confirmée.

2. – Etude morphologique des CMH et pronostic

Sur une impressionnante série de 1299 patients présentant une CMH d'origine génétique, l'équipe de B. Maron à Boston a identifié rétrospectivement 2 % des patients (n = 28) porteurs d'un anévrisme apical (*fig. 2*) [1].

L'âge des patients présentant un anévrisme apical est très variable (26-83 ans), 43 % des patients ayant moins de 50 ans. Ces anévrismes apicaux peuvent être de taille très variable (10-66 mm), sont accompagnés d'une akinésie ou dyskésie segmentaire, et sont associés à un rehaussement tardif transmural ou étendu en IRM de contraste au gadolinium (*fig. 3*).

Ces anévrismes ne sont reconnus et détectés que dans 57 % des cas (16 patients/28) par l'échocardiographie. L'IRM cardiaque permet de détecter ces anévrismes apicaux chez les 12 patients non détectés par l'échocardiographie. La morphologie et la distribution de l'hypertrophie sont variables chez les patients porteurs d'anévrismes apicaux. Environ 68 % des patients présentent une hypertrophie médio-ventriculaire (n = 19 patients/28) avec un gradient intracavitaire chez 9 patients. Ces patients ont tous été suivis sur une moyenne de 4,1 ± 3,7 ans. 12/28 patients (43 %) ont présenté un événe-

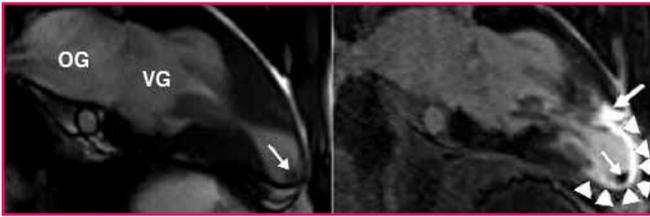


Fig. 3 : CMH avec anévrisme apical. Rehaussement tardif transmural au niveau de la zone anévrysmale et présence d'un petit thrombus apical (flèches).

ment clinique défavorable lors du suivi (taux de complications de 10 %/an environ). Parmi ces événements, on compte les morts subites, les chocs appropriés de défibrillateurs implantés, les AVC non fatals, l'insuffisance cardiaque et les décès. La présence d'un anévrisme apical est un facteur pronostique fort et indépendant dans cette série.

3. – Caractérisation tissulaire

L'IRM de contraste (imagerie de rehaussement tardif) est largement confirmée à sa place de technique de référence clinique pour la détection de la viabilité myocardique (**fig. 4**). Cette méthode est reproductible d'un centre à l'autre pour la mesure de la taille de l'infarctus et permet de distinguer avec une bonne précision les cardiomyopathies dilatées d'origine ischémique ou primitive. Les aspects et la distribution intra-



Fig. 4 : Image de rehaussement tardif en vue petit axe montrant un rehaussement tardif transmural au territoire antéro-latéral, indiquant un infarctus antérieur avec thrombus adhérent (flèche).

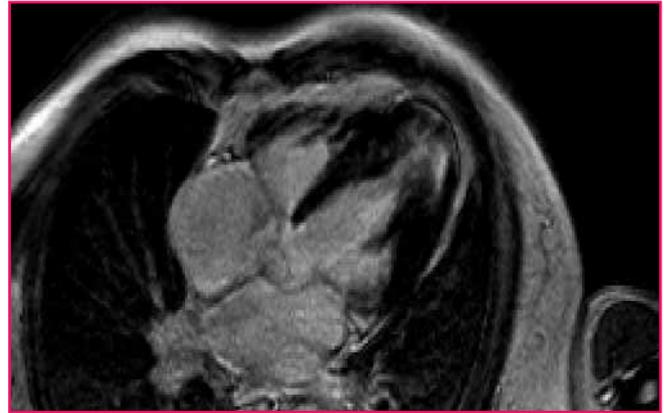


Fig. 5 : CMH apicale. Imagerie de rehaussement tardif montrant un rehaussement diffus intramyocardique à l'apex, indicateur de fibrose myocardique.

myocardique du rehaussement orientent vers des cardiopathies spécifiques (lésions ischémiques irréversibles, myocardites aiguës, cardiomyopathie hypertrophique, amylose, sarcoïdose, dysplasie arythmogène du VD...). Il est clairement établi que la présence et l'étendue du rehaussement confèrent une forte valeur pronostique dans diverses cardiopathies.

Deux travaux ont bien montré le lien existant entre la fibrose myocardique sur les images en rehaussement tardif et les troubles du rythme au cours des CMH [2] (**fig. 5**), ainsi que les implications pronostiques d'une telle fibrose dans les cardiomyopathies non ischémiques dilatées [3]. Au cours des cardiomyopathies primitives, la fibrose est présente en IRM dans 35 % des cas environ et se manifeste sous la forme d'un rehaussement linéaire médio-pariétal. Dans ce dernier travail, la présence de fibrose en rehaussement tardif confère chez des patients ayant une FE < 35 % un risque accru d'événements cardiovasculaires sévères, multiplié par 8 (insuffisance cardiaque-choc approprié du défibrillateur-décès) (**fig. 6**).

Différents travaux ont tenté de mieux quantifier la présence de la fibrose intramyocardique et permettent d'entrevoir une évaluation plus précise de la fibrose interstitielle [4]. Ainsi, Rudolph *et al.* ont montré la forte prévalence de la fibrose myocardique détectée en IRM de contraste au gadolinium au cours de l'hypertrophie myocardique quelle qu'en soit l'étiologie (62 % des sténoses aortiques avec HVG, 50 % chez l'hypertendu avec HVG, 72 % en cas de CMH) [5]. L'importance de la fibrose est liée au remodelage VG.

Il apparaît également clairement que l'IRM est une technique très intéressante dans le diagnostic de l'amylose cardiaque. À côté des aspects classiques (HVG, dilatation auriculaire, épanchement péricardique...), l'IRM de contraste met en évidence



Fig. 6 : Image de rehaussement tardif chez un patient présentant une CMD primitive évoluée (index télédiastolique du VG 120 mL/m², FE VG 35 %), montrant un rehaussement linéaire médio-pariétal prédominant au niveau du septum, indicateur de fibrose intramyocardique.

des aspects très spécifiques de la maladie, à type de rehaussement sous-endocardique diffus s'étendant au-delà d'un territoire coronaire systématisé (**fig. 7**). Vogelsberg *et al.* ont étudié 33 patients ayant un risque clinique élevé de présenter une atteinte cardiaque de l'amylose [6]. Sur ces 33 patients, tous ont bénéficié d'une biopsie endomyocardique et d'une IRM de contraste. L'amylose cardiaque a été diagnostiquée chez 15/33 patients par la biopsie. Les aspects typiques en IRM de contraste sont retrouvés chez 12 des 15 patients ayant une biopsie positive. La spécificité de la technique est très élevée (95 %) et la sensibilité de 80 %, ce qui en fait une technique non invasive indispensable en cas de forte suspicion diagnostique.

Hammer *et al.* ont apporté une contribution originale à la caractérisation tissulaire du myocarde par IRM en utilisant la spectroscopie. Ils démontrent ainsi que l'IRM est capable de

mesurer le contenu en graisse et en triglycérides du myocarde, et de déterminer la réduction du contenu intramyocardique en lipides au décours d'une restriction calorique et d'une perte de poids [7]. Cette diminution du contenu en graisse s'accompagne d'une amélioration de la fonction contractile myocardique [7, 8].

SCANNER CORONAIRE

1. – Utile dans une population de patients à relativement forte prévalence de la maladie coronaire ?

Miller *et al.* rapportent dans le *N Engl J Med* un essai prospectif multicentrique international évaluant l'efficacité diagnostique du scanner 64 coupes, comparée à l'angiographie



Fig. 7 : Amylose cardiaque avec un rehaussement typique sous-endocardique diffus.

conventionnelle [9]. Cette étude multicentrique internationale (9 centres, 7 pays) est présentée comme s'adressant, de manière non ou peu sélectionnée, à des patients à risque moyen ou élevé de présenter une insuffisance coronaire ou ayant une coronaropathie connue. Les critères d'inclusion sont les suivants : patients de plus de 40 ans avec une coronaropathie suspectée ou connue, pour lesquels une coronarographie est demandée. Le scanner est réalisé avant la coronarographie et les deux examens sont analysés en aveugle dans des centres indépendants. La coronarographie est réalisée au maximum 30 j après le scanner et les patients sont suivis à J30 et 6 mois pour évaluer la réalisation éventuelle d'un geste de revascularisation. Les auteurs ont comparé les segments coronaires de plus de 1,5 mm, exclu les stents coronaires, et exclu *a posteriori* les patients ayant un score calcique > 600. Au total, 405 patients ont signé le consentement, 89 ayant un score calcique > 600 ont été exclus. Par ailleurs, 25 patients supplémentaires n'ont pas été analysés en raison de déviations au protocole. Au total, 291 patients ont été analysés, représentant 868 artères et 3 782 segments coronaires.

La population étudiée est constituée de 74 % d'hommes, d'âge médian 59 ans (52-66), avec un BMI moyen à 27. La fraction d'éjection est normale (63 %) et le score calcique médian est faible à 80 (1-244). L'ensemble des segments coronaires a pu être évalué chez 97 % des patients (282/291), 98 % des vaisseaux ont pu être analysés (854/868) et 95 % des segments coronaires (3 763/3 782). Pour le critère primaire d'évaluation, l'analyse quantitative en scanner a permis de mettre en évidence une courbe ROC avec une surface sous la courbe à 0,93, avec une sensibilité à 85 %, une spécificité à 90 %, une valeur prédictive positive à 0,91, et une valeur prédictive négative à 0,83 par rapport à la coronarographie quantitative (QCA, sténose > 50 %). La prévalence de l'insuffisance coronaire dans la population étudiée est de 56 %. Pour l'analyse par vaisseaux, la surface sous la courbe est à 0,91, avec une sensibilité à 76 %, une spécificité à 93 %, une valeur prédictive positive à 82 % et valeur prédictive négative à 89 %. En analyse par patient, la surface sous la courbe ROC est de 0,84 en scanner pour prédire une revascularisation et de 0,82 pour la coronarographie.

Les auteurs concluent que la valeur diagnostique du scanner coronaire est bonne par rapport à la coronarographie conventionnelle dans cette population de patients à prévalence élevée de maladie coronaire (56 %). L'efficacité diagnostique du scanner est plus marquée en analyse par patient. Enfin, ils affirment que le scanner 64 coupes peut être utilisé chez des patients ayant une coronaropathie suspectée et un score calcique < 600,

pour déterminer la présence d'une insuffisance coronaire et prédire la nécessité d'une revascularisation coronaire.

Certaines limites importantes doivent être mises en avant. Les patients ont été très sélectionnés dans cet essai. Sur 405 patients ayant signé un consentement, 291 entrent dans l'analyse finale. Les patients étudiés ont un score calcique faible (médian 80, max 244). Les segments coronaires stentés sont exclus. La période d'inclusion de 1 an dans 7 centres à haut volume n'a permis de retenir que 291 patients, soit environ 45 patients/centre en 1 an, ce qui apparaît faible par rapport aux critères assez larges d'inclusion. Ces données indiquent que les patients n'ont pas été inclus de manière consécutive, et qu'il existe vraisemblablement un biais de sélection. Enfin, le critère de jugement "nécessité de revascularisation" est des plus critiquables. Il est éminemment subjectif, la décision thérapeutique appartenant au cardiologue.

2. – Valeur pronostique

La valeur pronostique du scanner coronaire est confirmée [10]. Sur une population de 35 388 patients et un suivi moyen de presque 6 ans, la mortalité toute cause est accrue en cas de score calcique élevé, y compris chez les patients de plus de 70 ans [11].

Il n'est pas raisonnable d'utiliser le scanner coronaire en 2009 pour un dépistage de la maladie coronaire chez des sujets asymptomatiques à risque faible. Sur 1 000 patients, Choi *et al.* ont montré que seulement 40 (4 %) ont des plaques coronaires non calcifiées et un patient (0,1 %) a présenté un syndrome coronaire aigu [12]. Ces données sont à mettre en perspective avec les données récentes sur l'irradiation du scanner coronaire.

3. – Nouveautés technologiques

En 2008 ont été rapportées pour la première fois la faisabilité et l'excellente efficacité diagnostique du scanner à 256 barrettes de détecteurs pour la détection de la maladie coronaire [13]. Cependant, il est clairement démontré que plus de 50 % des lésions athéromateuses détectées par le scanner coronaire n'entraînent pas d'ischémie et s'accompagnent d'une FFR (*fractional flow reserve*) normale [14].

La synchronisation prospective à l'ECG sur les machines de dernière génération permet de réduire très sensiblement l'irradiation du scanner coronaire (de 70 % environ) et d'atteindre des doses de 3-4 mSv tout en conservant les mêmes scores subjectifs de qualité image [15, 16]. Néanmoins, la faisabilité et la robustesse de cette technique doivent être démontrées sur des populations larges non sélectionnées.

4. – Imagerie de la plaque

Le scanner coronaire ne permet pas encore une analyse fine de la composition de la plaque d'athérome coronaire, avec notamment une sensibilité insuffisante de détection des plaques fibreuses ou riches en lipides (60 % environ). Le scanner 64 coupes ne permet pas de détecter l'épaisseur de la chape fibreuse au niveau des plaques molles. Les futures générations de scanner ("flat panel", "double énergie") offriront une meilleure résolution spatiale et auront un intérêt potentiel pour mieux caractériser la plaque d'athérome coronaire par rapport aux scanners 64 coupes actuels.

CONCLUSION

Il est nécessaire d'intégrer ces examens dans une démarche diagnostique globale pour une meilleure stratification du risque et une adaptation thérapeutique individuelle. L'IRM confère des éléments pronostiques importants et indépendants au cours de diverses pathologies (ischémique, primitive, CMH). L'appréciation de la signification fonctionnelle d'une sténose coronaire s'intègre dans ce contexte et constitue un prérequis avant de décider d'un éventuel geste de revascularisation coronaire.

L'IRM de stress est une technique arrivée à maturité offrant une excellente performance diagnostique et pronostique. L'imagerie angiographique coronaire par scanner a une valeur diagnostique et pronostique. Les avancées technologiques permettent de réduire significativement l'irradiation avec les scanners de dernière génération. □

BIBLIOGRAPHIE

1. MARON MS, FINLEY JJ, BOS JM *et al.* Prevalence, clinical significance, and natural history of left ventricular apical aneurysms in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*, 2008; 118: 1541-9.
2. ADABAG AS, MARON BJ, APPELBAUM E *et al.* Occurrence and frequency of arrhythmias in hypertrophic cardiomyopathy in relation to delayed

enhancement on cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 51: 1369-74.

3. WU KC, WEISS RG, THIEMANN TR *et al.* Late gadolinium enhancement by cardiovascular magnetic resonance heralds an adverse prognosis in non-ischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 51: 2414-21.

4. ILES L, PFLUGER H, PHROMMINTIKUL A *et al.* Evaluation of diffuse myocardial fibrosis in heart failure with cardiac magnetic resonance contrast-enhanced T1 mapping. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 1574-80.

5. RUDOLPH A, ABDEL-ATY H, BOHL S *et al.* Noninvasive detection of fibrosis applying contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in different forms of left ventricular hypertrophy. Relation to remodeling. *J Am Coll Cardiol*, 2009; 53: 284-91.

6. VOGELSBURG H, MAHRHOLDT H, DELUIGI CC *et al.* Cardiovascular magnetic resonance in clinically suspected cardiac amyloidosis: noninvasive imaging compared to endomyocardial biopsy. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 51: 1022-30.

7. HAMMER S, SNEEL M, LAMB HJ *et al.* Prolonged caloric restriction in obese patients with type 2 diabetes mellitus decreases myocardial triglyceride content and improves myocardial function. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 1006-12.

8. TAEGTMEYER H, HARMANCEY R. Virchow's metamorphosis revealed triglycerides in the heart. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 1013-4.

9. MILLER JM, ROCHITTE CE, DEWEY M *et al.* Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med*, 2008; 359: 2324-36.

10. ACHENBACH S. Assessing the prognostic value of coronary computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 1344-6.

11. RAGGI P, GONGORA MC, GOPAL A, CALLISTER TQ, BUDOFF M, SHAW LJ. Coronary artery calcium to predict all-cause mortality in elderly men and women. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 17-23.

12. CHOI EK, CHOI SI, RIVERA JJ *et al.* Coronary computed tomography angiography as a screening tool for the detection of occult coronary artery disease in asymptomatic individuals. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 357-65.

13. MOTOYAMA S, ANNO H, SARAI M *et al.* Noninvasive coronary angiography with a prototype 256-row area detector computed tomography system; comparison with conventional invasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 51: 773-5.

14. MEIJBOOM WB, VAN MIEGHEM CA, VAN PELT N *et al.* Comprehensive assessment of coronary artery stenoses. Computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 636-43.

15. SHUMAN WP, BRANCH KR, MAY JM *et al.* Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology*, 2008; 248: 431-7.

16. MARUYAMA T, TAKADA M, HASUIKE T, YOSHIKAWA A, NAMIMATSU E, YOSHIKAWA T. Radiation dose reduction and coronary assessability of prospective electrocardiogram-gated computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*, 2008; 52: 1450-5.

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