



J. GAROT
Fédération de Cardiologie,
CHU Henri Mondor, CRETEIL.

Imagerie cardiovasculaire par IRM et scanner

■ BIEN QU'À L'HONNEUR, LE SCANNER CORONAIRE SE CHERCHE TOUJOURS

1. – CORE-64

Il est admis que la valeur prédictive négative du scanner est excellente chez des patients à risque faible ou modéré de présenter une insuffisance coronaire. Chez ces patients, un scanner coronaire ne mettant pas en évidence de lésions coronaires permet d'exclure la présence de la maladie avec une exactitude de 98-99 %. En revanche, les chiffres de valeur prédictive positive sont plus décevants et dépendent de la prévalence de la maladie dans la population étudiée. Cela signifie que chez des patients plus difficiles à étudier en imagerie (calcifications, rythme cardiaque plus rapide, arythmie, prévalence plus élevée, moins bonne qualité d'apnée...), non seulement la valeur prédictive négative est moins bien précisée, mais surtout la valeur du scanner pour prédire la présence et l'étendue des lésions n'est pas connue.

Le Congrès de l'AHA 2007 à Orlando a permis, pour la première fois, de faire figurer au programme des très attendus "Late Breaking Trials" une étude visant à mieux préciser le rôle et la place du scanner coronaire dans une population de patients à prévalence assez élevée de présenter une insuffisance coronaire. L'étude CORE-64 est un essai prospectif multicentrique international évaluant l'efficacité diagnostique du scanner 64 coupes comparée à celle de l'angiographie conventionnelle. Elle a été présentée par Julie Miller du Johns Hopkins Hospital de Baltimore, et 9 centres ont participé dans 7 pays. Outre son caractère multicentrique international, les particularités de cet essai sont doubles :

– d'une part, l'étude 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, – d'autre part, la valeur du scanner est évaluée par rapport à l'angiographie conventionnelle pour prédire la réalisation d'un geste de revascularisation.

Les critères d'inclusion sont les suivants : patient de plus de 40 ans avec une coronaropathie suspectée ou connue, pour lesquels une coronarographie est demandée. Le scanner est alors réalisé avant la coronarographie et les deux examens sont analysés en aveugle dans des centres indépendants de relecture. La coronarographie est réalisée au maximum 30 jours après le scanner et les patients sont suivis à J30 et 6 mois pour évaluer la réalisation éventuelle d'un geste de revascularisation.

Il faut d'emblée remarquer que les auteurs ont comparé les segments coronaires de plus de 1,5 mm, exclu les stents coronaires, et surtout exclu a posteriori les patients ayant un score calcique > 600. L'analyse est visuelle et quantitative. 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 (n = 4), à des problèmes techniques lors du scanner (n = 10) ou de la coronarographie (n = 11). Au total, 291 patients ont été analysés, représentant 868 artères et 3782 segments coronaires. La population étudiée est constituée de 74 % d'hommes, d'âge médian 59 ans (52-66), avec un BMI moyen à 27. Les facteurs de risque sont répartis ainsi : HTA 66 %, diabète 23 %, dyslipidémie 60 %, tabagisme actuel 20 %, antécédent d'infarctus 20 %, hérédité coronaire 25 %, antécédent d'angioplastie 10 %, de syndrome coronaire aigu 21 %. 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

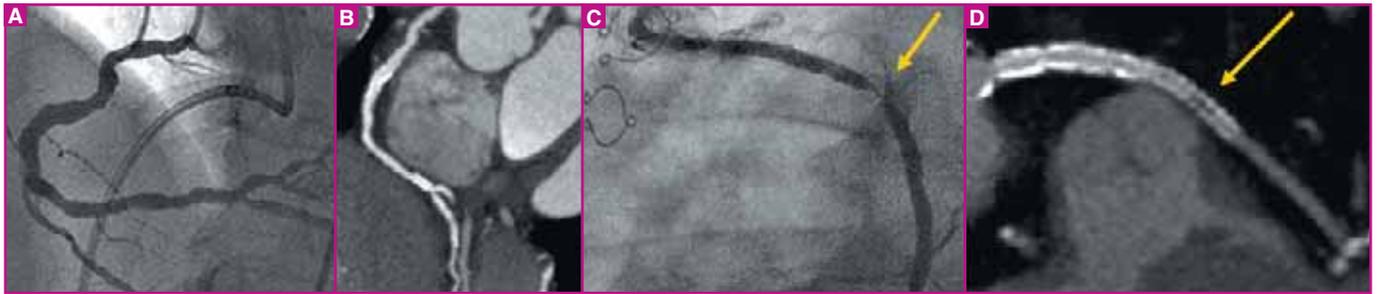


Fig. 1 : Exemple d'un patient évalué en scanner et en coronarographie conventionnelle 6 mois après implantation de stents au niveau de la coronaire droite et d'un pontage saphène sur la marginale. Pas de resténose au niveau des deux stents de la CD (segments 2 et 3, **B**), resténose intra-stent au niveau du pontage (hypodensité, flèche, **D**).

analysés (854/868), et 95 % des segments coronaires (3763/3782). 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 (**fig. 1**).

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.

La lecture critique de cet essai doit nous faire prendre un peu de recul par rapport aux conclusions et à la façon dont l'essai est globalement présenté. En effet, si les résultats apparaissent très positifs, certaines limites importantes doivent être mises en avant.

Tout d'abord, la présentation de l'étude (prospective multicentrique internationale) et les conclusions font penser à tort que ces résultats s'appliquent à une population large de patients ayant une probabilité moyenne/élevée de présenter une insuffisance

coronaire ou à des coronariens connus. Or il faut remarquer que les patients ont été en fait très sélectionnés dans cet essai. En effet, sur 405 patients ayant signé un consentement, seulement 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 d'un an dans 7 centres à haut volume n'a permis de retenir que 291 patients, soit environ 45 patients/centre en un 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.

Par ailleurs, le critère de jugement "nécessité de revascularisation" est des plus critiquables. Il est éminemment subjectif, la décision thérapeutique appartenant au cardiologue du patient, sur des bases qui sont elles-mêmes incertaines.

Depuis les données de l'étude RITA et plus récemment de COURAGE, il est admis que la revascularisation des coronariens stables n'apporte pas de bénéfice en termes pronostiques. Il est donc très difficile de trouver un rationnel à la décision de revascularisation chez les coronariens stables qui constituent la population de cette étude CORE-64. La revascularisation par angioplastie peut être justifiée pour alléger les symptômes, mais cette décision est subjective et ne peut sans autre précision constituer un critère de jugement solide d'une étude internationale multicentrique.

Ainsi, les conclusions de CORE-64 devraient être pondérées et indiquer que, sur une population de patients ayant une prévalence assez élevée de maladie coronaire, mais à faible score calcique et en excluant les stents coronaires, l'efficacité diagnostique du scanner coronaire est acceptable pour mettre en évidence les sténoses coronaires significatives, avec toutefois une efficacité diagnostique moindre que celle admise pour l'exclusion de la maladie coronaire chez des patients à risque faible ou modéré.

Nous attendons avec impatience les résultats de l'étude EVASCAN, essai prospectif multicentrique français sur 43 centres, coordonnée par P. Guéret du CHU Henri Mondor de Créteil. Cet essai, toujours en cours, inclut de manière prospective non sélectionnée 1 500 patients sur une période de 18 mois environ et compare les résultats du scanner à ceux de la coronarographie. A ce jour, environ 1 000 patients ont été inclus et l'essai devrait se terminer au printemps 2008 pour constituer de loin la plus grande étude mondiale sur l'efficacité diagnostique du scanner pour mettre en évidence les sténoses coronaires, dans une population non sélectionnée de patients coronariens connus, ou suspects de présenter une maladie coronaire.

2. – Quoi d'autre ?

• Les progrès techniques

En 2006, A. Einstein *et al.* avaient attiré l'attention sur les risques carcinologiques inhérents à l'irradiation du scanner coronaire. En 2007, de nouvelles techniques d'acquisition se développent dans l'optique de réduire la dose d'irradiation. A titre d'exemple apparaissent les acquisitions segmentaires avec synchronisation prospective ("step and shoot...") qui n'enregistrent les données qu'à une phase prédéfinie du cycle cardiaque. Elles permettent une réduction significative de la dose, mais le rythme cardiaque doit être particulièrement régulier, et les reconstructions rétrospectives de l'ensemble des phases au cours du cycle ne sont plus possibles (pas d'étude de la fonction VG). De même, le choix des différentes phases de reconstruction des artères coronaires n'est plus permis. Cet élément pose un problème réel lorsque l'on sait que les phases optimales peuvent être différentes entre la coronaire gauche et la coronaire droite.

D'autres méthodes sont développées, comme la synchronisation rétrospective avec modulation de dose, la dose étant en général réduite durant la systole et plus forte en diastole lors de la phase d'immobilité coronaire optimale. La dose peut être réduite de plus de 50 %, mais cette technique nécessite une fréquence cardiaque basse et régulière. Par ailleurs, le scanner à double faisceau d'énergie (bi-tube) permet de réduire la résolution temporelle d'un facteur 2 par rapport au scanner 64 coupes (83 ms vs 165 ms). L'augmentation du nombre de détecteurs (256 coupes) permet d'envisager d'acquérir l'ensemble du volume cardiaque en une rotation du tube.

• Traduction clinique

Burgstahler *et al.* ont évalué l'intérêt clinique du scanner à double faisceau d'énergie dans une population de 100 patients avec une prévalence élevée d'insuffisance coronaire (73 %). Les stents sont exclus de l'analyse. La fréquence cardiaque moyenne est de 68/mn et le score calcique moyen de 787 (50 % des patients ont un score > 400). Les résultats très intéressants montrent que le score visuel de qualité image ne varie pas jusqu'à une fréquence cardiaque de 95/mn. La variabilité de la fréquence cardiaque au cours de l'acquisition a un impact certain sur la qualité de l'image, de même que le score calcique.

Par rapport à la coronarographie, l'efficacité diagnostique du scanner se définit ainsi : sensibilité 91 %, spécificité 92 %, valeur prédictive négative 98 %, valeur prédictive positive 75 %, efficacité globale 92 %. La fréquence cardiaque et la variabilité de la fréquence cardiaque n'ont pas d'impact sur l'efficacité diagnostique du scanner à double faisceau d'énergie. En revanche, la sensibilité augmente et la spécificité diminue lorsque le score calcique augmente. Ainsi, le score calcique apparaît comme le seul facteur capable de modifier l'efficacité diagnostique du scanner à double faisceau d'énergie.

Les balbutiements du PET-scanner en clinique se manifestent dans le domaine de l'imagerie de la plaque coronaire. Rogers *et al.* ont évalué l'hypothèse que les plaques coronaires vulnérables ont un signal plus élevé en FDG que les plaques stables. Ils ont étudié 10 patients stentés pour un syndrome coronaire aigu et 10 patients stables stentés et appariés. Ainsi, 23/26 stents ont pu être analysés. La captation du FDG est double au niveau des stents mis en place chez les patients admis pour syndrome coronaire aigu par rapport aux stents implantés pour angor stable ($p = 0,04$).

Chez les coronariens stables, la captation du FDG est identique au niveau des stents implantés de manière récente ou ancienne, indiquant que l'activité FDG n'est pas due à l'inflammation liée au stenting récent. Chez les patients ayant présenté un syndrome coronaire aigu, les auteurs notent une corrélation entre l'activité FDG et les marqueurs biologiques de l'inflammation. Les limites sont représentées par la relativement faible résolution spatiale du PET, la difficulté de faire correspondre les images PET et scanner, et la captation myocardique normale du FDG qui gêne l'interprétation des images. Les auteurs concluent que la mesure de

l'activité métabolique (FDG) des plaques coronaires proximales est faisable chez l'Homme par le PET-scanner. D'autres traceurs sont développés, ciblant par exemple les macrophages activés (Nahrendorf *et al.*).

■ ET POUR L'IRM?

L'IRM de contraste (rehaussement tardif) est la technique de référence en clinique pour la détection de la viabilité myocardique. Cette technique est reproductible d'un centre à l'autre pour la mesure de la taille de l'infarctus (Wagner *et al. J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 2027). Elle permet de différencier les cardiomyopathies dilatées d'origine ischémique ou primitive. Les aspects du rehaussement sont divers et orientent vers des cardiopathies spécifiques (lésions ischémiques irréversibles, myocardites aiguës, cardiomyopathie hypertrophique, amylose, sarcoïdose, dysplasie arythmogène du VD...). Dans nombre de cardiopathies, la présence et l'étendue du rehaussement revêtent une forte valeur pronostique (cardiomyopathie ischémique, primitive, hypertrophique).

L'IRM de stress est affirmée comme une technique de deuxième ligne, après l'épreuve d'effort si celle-ci est sous-maximale, non contributive ou impossible, au même titre que l'échocardiographie de stress ou la scintigraphie myocardique, permettant de mettre en évidence (localisation, étendue) une ischémie myocardique provoquée et réversible. En 2007, son efficacité diagnostique et sa valeur pronostique ont été assises dans des grands journaux de cardiologie (une méta-analyse dans Nandahur *et al., JACC* ; Jahnke *et al., Circulation*).

L'angiographie coronaire non invasive par résonance magnétique permet désormais l'acquisition du volume cardiaque dans sa totalité en une seule acquisition en respiration libre avec double synchronisation à l'ECG et aux mouvements de la coupole diaphragmatique (écho-navigateur). Ichikawa *et al.* ont rapporté les résultats d'une étude multicentrique prospective japonaise concernant 58 patients avec une prévalence relativement faible d'insuffisance coronaire (29 %). Les auteurs montrent la bonne valeur prédictive négative de la technique pour éliminer une sténose coronaire (vs angiographie conventionnelle) (*fig. 2*). La résolution spatiale est de 1,3 × 1,3 mm et le temps d'acquisition moyen des coronaires est de 10 minutes (maximum 27 minutes). Le taux de succès rapporté est surprenant dans cette étude (100 %) alors que l'on connaît la moindre robustesse de cette technique comparativement au scanner.

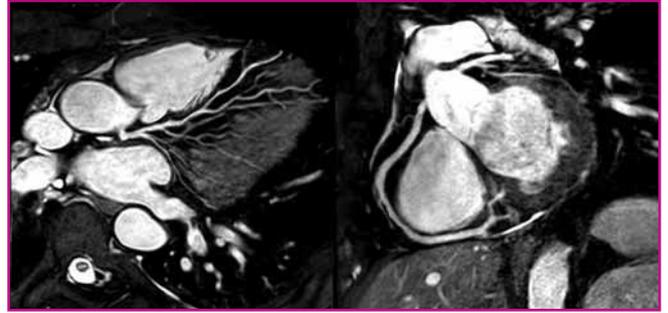


Fig. 2 : IRM coronaire cœur entier en respiration libre, chez un sujet indemne de lésions coronaires.

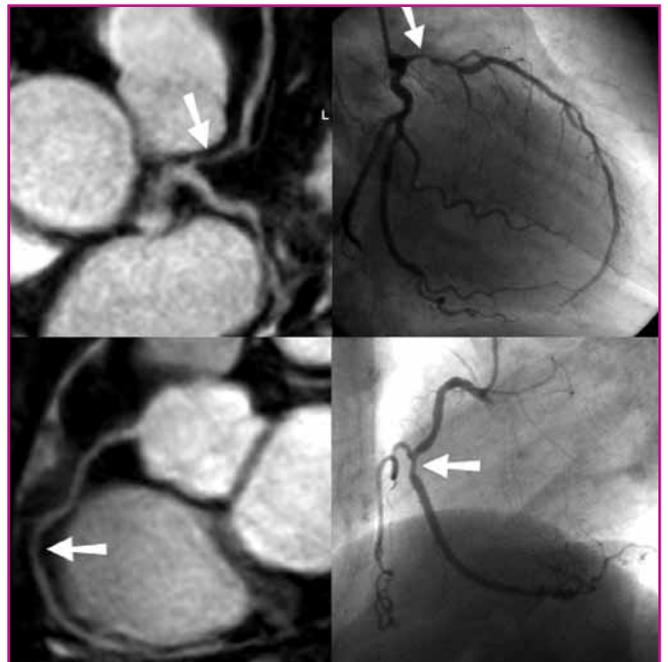


Fig. 3 : IRM coronaire mettant en évidence une sténose serrée de l'IVA proximale (haut, flèches) et une sténose non serrée du segment 2 de la CD (bas, flèches).

Ainsi, Pouleur *et al.* ont comparé le scanner 64 coupes et l'IRM des coronaires dite cœur entier chez 77 patients ayant une prévalence assez faible d'insuffisance coronaire (17/77). L'IRM a permis une analyse diagnostique dans 68 cas sur 77, avec un temps d'acquisition moyen de 20 minutes. L'interprétation du scanner a été possible chez tous les patients avec un temps moyen d'examen de 5 minutes.

Au total, un nombre plus important de segments coronaires est analysable en scanner. En considérant l'ensemble des examens interprétables ou non, le scanner a une meilleure efficacité diagnostique que l'IRM. Cependant, lorsque les auteurs n'analysent que les examens réussis, l'IRM a la même valeur diagnostique (*fig. 3*).

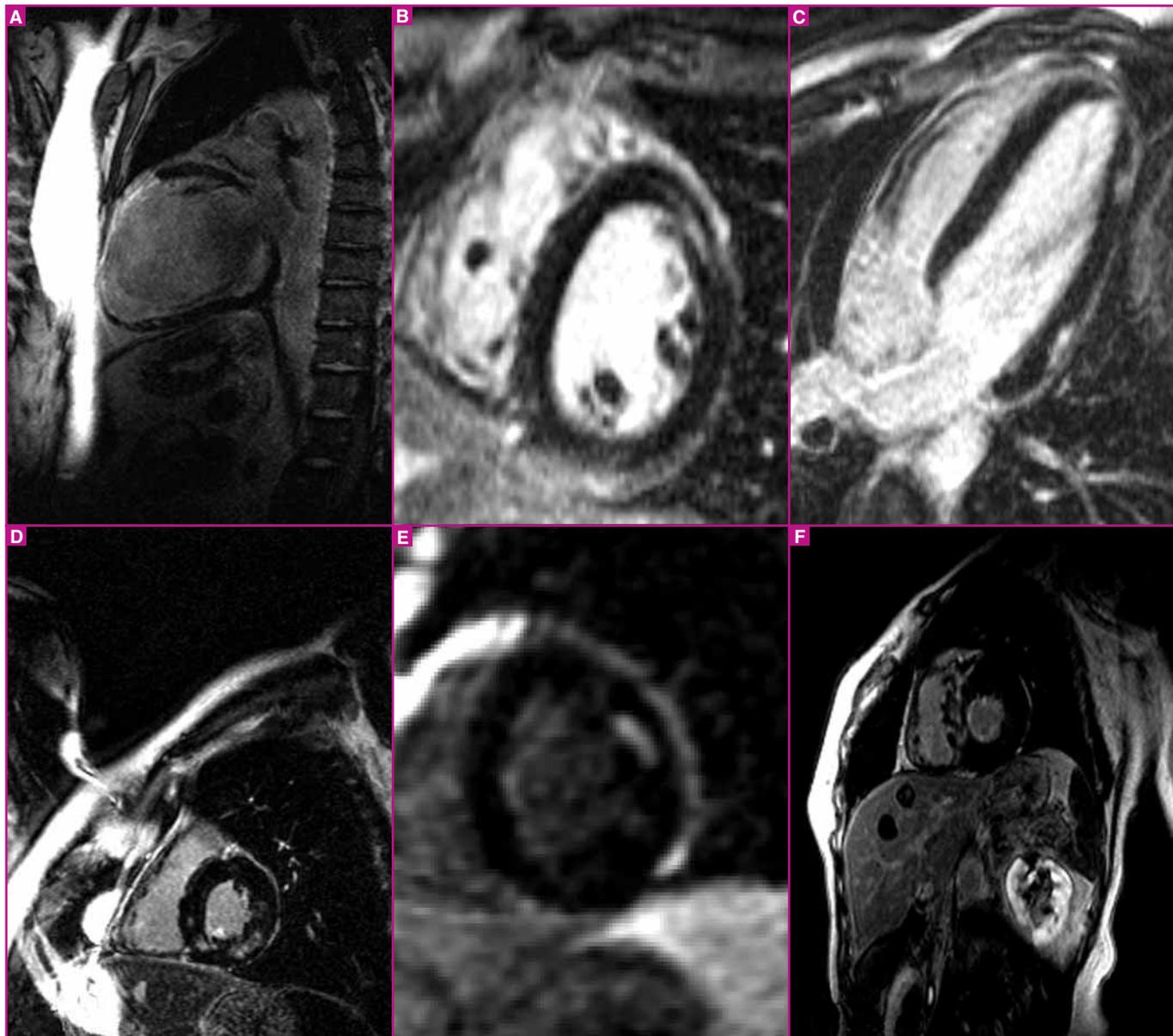


Fig. 4 : IRM. Images de réhaussement tardif 10 minutes après injection de gadolinium dans six situations pathologiques différentes : infarctus antérieur (A), stries linéaires médio-pariétales d'une cardiomyopathie dilatée primitive (B), nodules épicaudiques d'une myocardite (C), lésions diffuses patchy et en cercle de l'amylose cardiaque (D), granulome sarcoïdosiue (E), fibrose de cardiomyopathie hypertrophique (F). Le rôle pronostique est démontré pour A, B, et F.

■ CONCLUSION

Cette version 2007 du Congrès de l'AHA n'a pas révélé de nouveautés marquantes en imagerie. Il faudra retenir :

- la tentative d'entrée en scène du scanner coronaire dans les grandes études internationales, avec un succès mitigé,
- la nécessité incontournable de maîtriser la dose d'irradiation

en scanner cardiaque,

- la confirmation de la valeur de l'IRM cardiaque pour l'analyse du myocarde, avec la reconnaissance de son apport au diagnostic étiologique et au pronostic (*fig. 4*),
- la non éclosion confirmée de l'IRM des coronaires qui reste, à ce jour, confinée à des équipes spécialisées et sur de petites séries de patients. ■