



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

L'imagerie de coupes par IRM et scanner

■ LE MYOCARDE

Le congrès a confirmé la place prépondérante de l'IRM pour l'étude de la **fonction ventriculaire gauche (VG)** et de la **viabilité myocardique**, pour lesquelles elle représente la méthode de référence. Pour la détection de la viabilité myocardique, la technique de choix, déjà intégrée en routine clinique, est la mise en évidence de l'intégrité de la perfusion myocardique et de l'intégrité membranaire par l'IRM de contraste au gadolinium. Au décours d'un épisode d'ischémie myocardique aiguë, l'altération de la perfusion myocardique est représentée par un hyposignal marqué et persistant lors de l'IRM dynamique de perfusion (technique de premier passage du gadolinium), traduisant une obstruction microvasculaire (*fig. 1*). Ce signe témoigne d'une destruction irréversible du myocarde atteint, grevée d'un pronostic défavorable. La perte de l'intégrité membranaire entraîne une augmentation du secteur interstitiel et du volume de distribution du gadolinium, qui s'accumule dans les espaces interstitiels.

Ainsi, la technique de rehaussement tardif permet de mettre en évidence une accumulation de gadolinium (hypersignal) au sein des territoires de nécrose (*fig. 2*). La capacité de

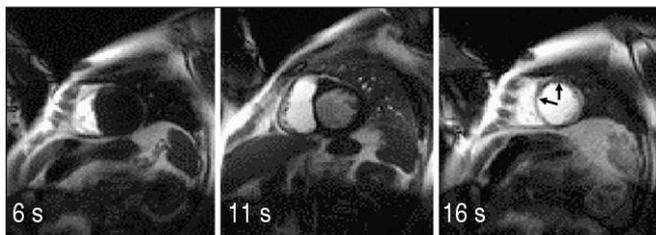


Fig. 1 : IRM dynamique de perfusion acquise au cours de la minute suivant l'injection de gadolinium. Les images à 6, 11 et 16 s. après l'injection sont présentées. Obstruction microvasculaire en territoire antérieur (hyposignal, flèches), 24 h après une angioplastie de désobstruction de l'IVA pour syndrome coronaire aigu.

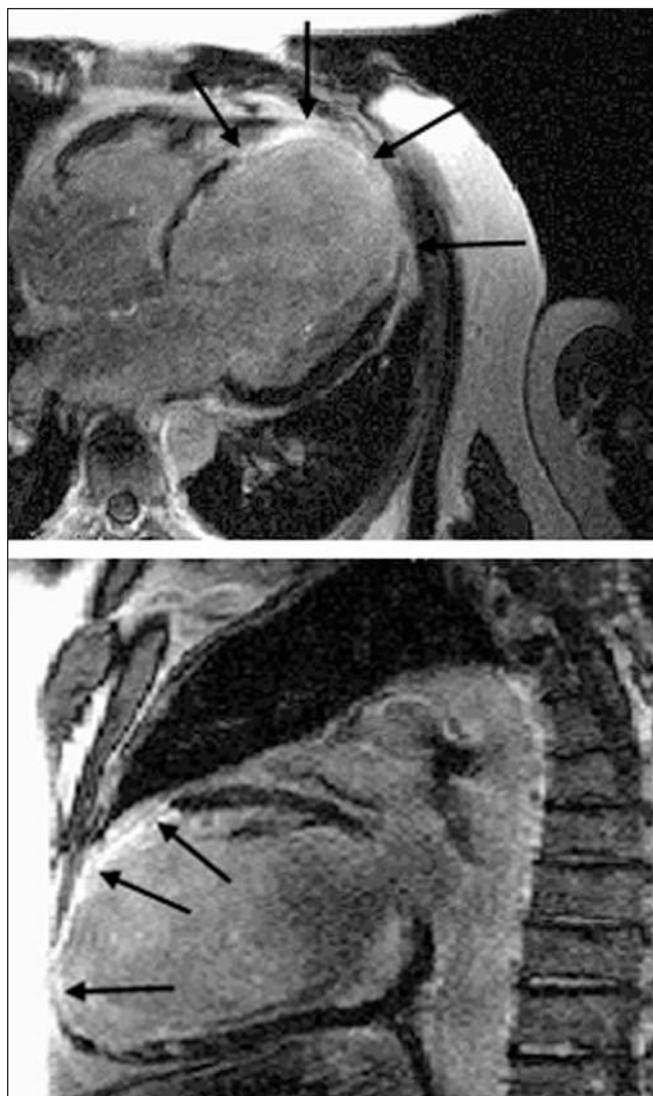


Fig. 2 : Rehaussement tardif en IRM de contraste mettant en évidence un infarctus antéro-septo-apical (hypersignal, flèches).

récupération fonctionnelle des segments concernés est directement corrélée à l'extension transmurale de l'infarctus. La détection de la viabilité myocardique peut être également réalisée par la mise en évidence d'une réserve contractile (ciné-IRM ou tagging), ou par l'étude du métabolisme local grâce à la spectroscopie par résonance magnétique (rapport Pcr/ATP).

L'apport majeur de ce congrès a résidé non pas dans les innovations technologiques ou l'émergence de nouvelles indications cliniques, mais dans la mise en évidence de **la valeur pronostique de l'IRM** de perfusion, sur des séries importantes de patients. Dans ce cadre, l'étude la plus remarquable a été celle de Yar *et al.* qui a inclus 608 patients suspects de présenter une insuffisance coronaire et ayant bénéficié d'une IRM de stress (perfusion) sous adénosine. Les patients ont été contactés par entretien téléphonique ou questionnaire écrit, avec un suivi moyen de 21 mois chez 315 patients. Les critères de jugement étaient les décès de cause cardiaque, les infarctus non mortels et la nécessité de revascularisation au-delà de 60 j après l'IRM. Une IRM de perfusion anormale confère un risque relatif de 2,2 de présenter un des critères de jugement au cours du suivi. L'analyse multivariée a identifié comme facteurs prédictifs indépendants de la survenue d'un événement une IRM anormale au cours du stress (RR 2,4) et l'hypercholestérolémie.

Ce travail a été corroboré par celui de Von der Recke *et al.* qui ont suivi, sur une durée d'au moins 6 mois, 345 patients ayant une IRM de perfusion sous adénosine normale. La survie sans événements cardiovasculaires majeurs était de 99 % au terme de l'étude, démontrant l'excellente valeur prédictive négative d'un test normal. On peut regretter le suivi relativement court, mais nul doute que ces cohortes vont être suivies au cours du temps. La technique du rehaussement tardif a confirmé son excellente valeur pronostique en termes de prédiction d'événements après infarctus aigu ou en cas de dysfonction VG chronique d'origine ischémique. Le volume total de la nécrose par IRM est un facteur prédictif plus puissant que la fraction d'éjection, l'âge ou le degré de l'atteinte coronaire. Ces données sont également vérifiées chez les patients ayant présenté un infarctus initialement passé inaperçu et dont le diagnostic est établi par l'IRM.

L'équipe du NIH (Lederman, McVeigh *et al.*) a confirmé le développement de **l'IRM interventionnelle** avec comme première application la délivrance par voie percutanée, et grâce à un guidage exclusif par l'IRM temps réel, de cellules



souches ciblées au niveau du myocarde ischémique. L'avantage majeur de la technique est une navigation non irradiante et ne nécessitant aucun agent de contraste iodé, mais aussi une imagerie précise intégrée de la fonction ventriculaire et de l'infarctus du myocarde (rehaussement tardif post-gadolinium). Dans ce domaine du marquage magnétique et de la détection des cellules souches, l'IRM a montré depuis plus de 2 ans son potentiel pour la visualisation et le suivi de cellules souches marquées par des particules d'oxyde de fer et injectées dans le myocarde ischémique dans un but thérapeutique. Ces cellules sont détectées en IRM sous forme d'un hyposignal (vide de signal, noir) lié à un artefact de susceptibilité magnétique (effet T2*). Gilson *et al.* proposent une séquence d'imagerie légèrement modifiée (inversion-récupération avec suppression d'eau) permettant une visualisation en hypersignal, intense, de ces cellules marquées par les particules d'oxyde de fer.

Cette technique permet en outre de monitorer en temps réel le trajet du matériel de délivrance de ces cellules par voie percutanée au sein de l'arbre artériel. Ces techniques de navigation et d'injection par IRM nécessitent une adaptation onéreuse du matériel et sont réservées à quelques équipes. Mais il est important de suivre leur développement, car les progrès rapides laissent entrevoir leur utilisation possible en clinique dans les années à venir.

Carmichael *et al.* ont étudié, chez 67 patients, les effets sur la fonction ventriculaire gauche de la chirurgie de résection apicale d'anévrisme antérieur après infarctus du myocarde. Les



Fig. 3 : Scanner coronaire multicoupe permettant d'exclure la présence de sténoses coronaires avec une bonne valeur prédictive négative.

patients ont bénéficié (avant la chirurgie – à J7 – et à 8 mois) d'une IRM en mode ciné pour la détermination de la fonction ventriculaire globale, ainsi que d'une imagerie de marquage myocardique pour mesurer les déformations myocardiques par imagerie d'harmonique de phase. La fraction d'éjection est améliorée significativement dès J7, passant de 26 à 33 %, mais est améliorée davantage encore au 8^e mois (41 %). Il en va de même pour les paramètres de fonction ventriculaire régionale qui s'améliorent très significativement au cours du suivi. Toutefois, ce type de chirurgie ne semble pas interrompre l'augmentation des volumes ventriculaires entre J7 et 8 mois.

Si l'indication phare du scanner multicoupe reste l'exclusion de la maladie coronaire chez les patients à risque faible ou modéré par l'angiographie non invasive (bonne valeur prédictive négative) (**fig. 3**), cette édition du congrès a mis en évidence une poussée assez forte visant à évaluer le scanner 64 coupes pour la mise en évidence d'une ischémie myocardique au cours d'un stress pharmacologique par l'adénosine (hypodensité myocardique au cours du stress lors de l'injection iodée), ou de la viabilité myocardique par le concept du passage tardif 5-10 mn après l'injection (hyperdensité myocardique tardive). Il est probable que la qualité des images en IRM, sa valeur diagnostique dans ces deux indications, l'absence d'irradiation et de contraste iodé en feront une technique difficile à concurrencer.

■ LES CORONAIRES

Le scanner coronaire multicoupe (angiographie coronaire) a confirmé son efficacité diagnostique pour l'exclusion de la maladie coronaire, avec une valeur prédictive négative supé-

rieure à 95 %. Gallagher *et al.* ont comparé la valeur diagnostique du scanner coronaire spiralé 64 coupes et de la scintigraphie myocardique de perfusion chez 93 patients à risque faible, admis dans un service d'urgences pour douleur thoracique. Cette étude montre une efficacité diagnostique comparable du scanner et de la scintigraphie pour la détection et l'exclusion d'une maladie coronaire. Lesser *et al.* ont testé la valeur du scanner multicoupe chez 492 patients consécutifs ayant bénéficié dans les 3 mois précédents d'un test d'ischémie équivoque. Les auteurs montrent la valeur diagnostique et médico-économique du scanner dans cette population, avec une efficacité diagnostique de 90 % chez les 142 patients ayant un scanner interprété comme anormal.

Face à l'essor important du scanner spiralé multicoupe pour l'imagerie angiographique des coronaires, **le scanner coronaire à faisceau d'électrons** (EBCT) a réaffirmé son potentiel pour établir le niveau de score calcique avec d'évidentes implications pronostiques. Ainsi, Budoff *et al.* ont rapporté sur une cohorte de 25 253 patients asymptomatiques ayant bénéficié d'un EBCT pour évaluer leur risque cardiovasculaire par le score calcique, sur un suivi de 7 ans en moyenne (3-12 ans), que le score calcique offre une valeur pronostique supplémentaire et additive par rapport aux facteurs de risque conventionnels (score de Framingham) pour prédire la mortalité de toute cause. La survie est de 99,7 % à 12 ans chez les patients qui n'ont pas de calcium détecté en EBCT (score 0). Le risque relatif est déjà multiplié par 2,56 chez les patients qui ont un score calcique très faible de 1-10, est multiplié par 63 chez ceux qui ont le score calcique le plus élevé (1000 +) avec une survie à 12 ans de 87,8 %. Le nombre d'artères coronaires calcifiées est également prédictif. A score calcique égal, le pronostic est plus sombre si la maladie est diffuse. C'est-à-dire qu'il vaut mieux être porteur d'une lésion unique très calcifiée avec un score λ , que des 3 petites lésions diffuses dont la somme des calcifications aboutit au score λ . Cette étude est très impressionnante par son ampleur et par ses résultats tranchés. On peut toutefois regretter dans l'analyse l'absence de la mortalité de cause cardiaque, ainsi que l'absence d'ajustement du score calcique à l'âge des patients.

Une équipe allemande a rapporté un essai multicentrique randomisé en double aveugle chez 471 patients ayant au moins 2 facteurs de risque et porteurs d'un score calcique modéré par l'EBCT (> 30). Ces patients ont été suivis 1 an et randomisés pour recevoir 10 ou 80 mg d'atorvastatine par jour. Le LDL-C de départ était identique dans les 2 groupes après 4 semaines de prétraitement par 10 mg d'atorvastatine

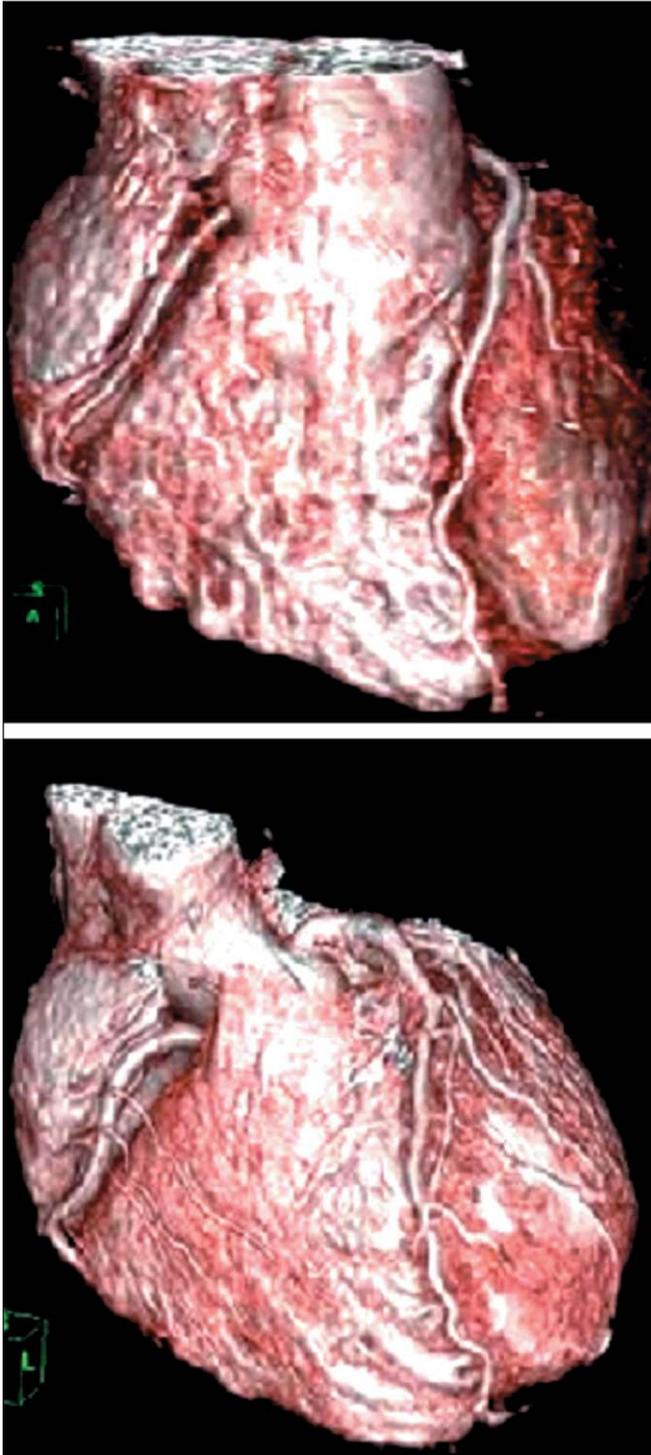


Fig. 4 : Angiographie coronaire non invasive par résonance magnétique. Technique récente d'acquisition volumique du cœur entier, offrant un très bon signal et une bonne résolution spatiale.

(106 et 107 mg/dL). A 12 mois, le LDL-C du groupe atorvastatine 80 mg était à 87 mg/dL versus 109 mg/dL dans le groupe 10 mg. La progression moyenne des scores de volume calcique à 1 an, corrigée sur le score calcique initial, a été de +27 % dans le groupe 80 mg et +25 % dans le groupe 10 mg. La progression du score calcique n'est pas corrélée à l'évolution du LDL-C. Il y a eu 3 événements cliniques dans le groupe 80 mg et 10 dans le groupe 10 mg. Cette étude a soulevé une discussion animée. Les auteurs ont proposé l'analyse suivante: "Les statines à forte dose n'arrêtent pas le vieillissement vasculaire, mais réduisent le risque". Les experts présents ont fait remarquer que le suivi d'1 an est probablement trop court pour démontrer un quelconque effet, et que la progression des calcifications enregistrée sur cette année était probablement la conséquence directe de la progression de l'athérome sur les années précédentes.

Leber *et al.* ont confirmé chez 27 patients le potentiel du scanner 64 coupes pour **l'imagerie des plaques coronaires in vivo** par comparaison à l'échographie endocoronaire. Cette modalité permet une classification en plaques calcifiées, non calcifiées ou mixtes. Le volume des plaques peut également être déterminé avec une bonne précision ($r^2 = 0,68$). Cependant, le scanner tend à surestimer le volume des plaques calcifiées de +19 %, et à sous-estimer le volume des plaques non calcifiées ou mixtes de -22 % par rapport à l'échographie. Les plaques contenant un cœur lipidique ont pu être détectées 7 fois sur 10 en accord avec l'échographie.

Ichikawa *et al.* ont présenté une nouvelle technique d'**imagerie angiographique des artères coronaires par résonance magnétique**. Il s'agit d'une technique (3D ssfp) n'utilisant pas d'agent de contraste, en respiration libre (écho-navigateur). L'élément nouveau tient au fait que l'ensemble du volume cardiaque est appréhendé dans la même acquisition en 10-15 mn environ. La résolution est de 0,6 x 0,6 x 0,75 mm, le signal et le contraste sont très bons. Les auteurs soulignent la bonne valeur diagnostique de cette technique testée sur 131 patients, avec notamment une très bonne valeur prédictive négative (94 %). La robustesse de la technique est bonne et la qualité des images est très satisfaisante, y compris chez les patients ayant une fréquence cardiaque > 80/mn. Les images présentées sont impressionnantes, d'une qualité et d'une résolution proches de celles du scanner (**fig. 4**). ■