



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

## L'imagerie cardiaque par scanner et IRM

Le congrès de l'ACC de mars 2007 n'a pas apporté d'information nouvelle vraiment marquante dans le domaine de l'imagerie cardiaque par IRM et scanner. Il a conforté la valeur de l'IRM pour l'étude anatomique et fonctionnelle des ventricules, et de l'IRM de contraste au gadolinium pour l'imagerie en haute résolution de l'infarctus et la détermination de la viabilité myocardique (rehaussement tardif). Cette technique permet, en outre, d'affiner le diagnostic étiologique et le pronostic de diverses cardiopathies par la caractérisation tissulaire du myocarde. L'IRM se positionne désormais comme une technique ayant un intérêt pronostique évident lors du suivi de diverses cardiomyopathies, en particulier chez les patients souffrant d'insuffisance coronaire ou de cardiomyopathies dilatées.

Cette version du congrès a également confirmé la place du scanner coronaire multicoupe dans la stratégie d'évaluation des patients présentant une coronaropathie suspectée ou connue.

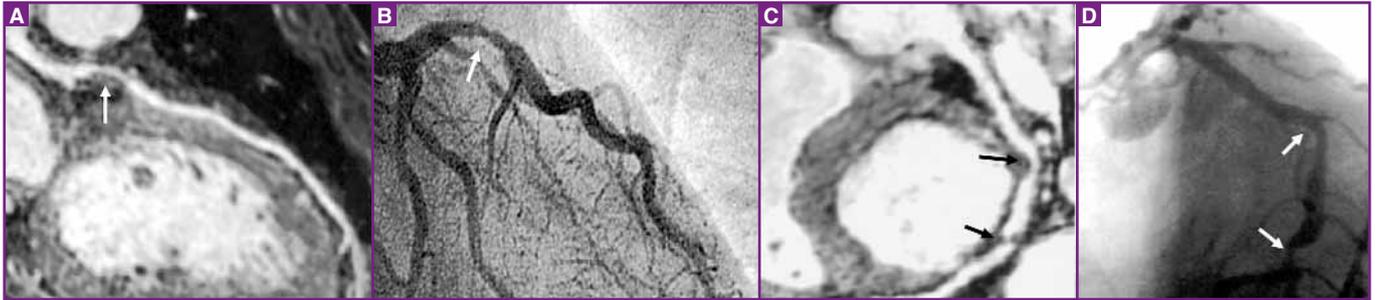
### ■ IMAGERIE CORONAIRE NON INVASIVE

La qualité de l'imagerie non invasive coronaire par le scanner 64 coupes est bien établie. L'efficacité diagnostique du scanner 64 coupes chez les patients ayant une probabilité intermédiaire de présenter une pathologie coronaire est confirmée. La sensibilité globale est excellente (99 %), et la valeur prédictive négative est très élevée (99 %), confirmant l'excellente fiabilité du scanner pour éliminer une pathologie coronaire. L'apport du 64 coupes réside dans une apnée plus brève (< 10 s) lors de l'acquisition, une meilleure robustesse et une meilleure résolution spatiale (400  $\mu$  vs 600  $\mu$ ), conduisant à une spécificité accrue. De par sa valeur prédictive négative, la

place du scanner est affirmée, surtout chez les patients ayant des symptômes équivoques ou atypiques et présentant une épreuve d'effort sous-maximale ou litigieuse.

>>> Budhoff *et al.* ont évalué la valeur pronostique du scanner chez 493 patients ayant une probabilité intermédiaire de présenter une insuffisance coronaire, suivis sur une durée de 30 mois. Les auteurs rapportent que 32 % des patients ont un scanner interprété comme normal, 41 % présentent au moins une sténose non significative, 19 % au moins une sténose serrée, et l'examen ne permet pas de conclure dans 8 % des cas. Les patients ne présentant pas de sténose ou une sténose non significative n'ont pas bénéficié d'une coronarographie. Parmi ces derniers, il n'y a eu aucun événement dur (infarctus du myocarde ou décès), et aucun événement léger (AVC, nécessité de coronarographie, de revascularisation, d'hospitalisation) à 30 mois, soulignant la très bonne valeur pronostique du scanner. Les patients ayant des douleurs évocatrices et un test d'effort positif ont une forte prévalence de la maladie et doivent bénéficier d'une coronarographie invasive d'évaluation. Les patients ayant des douleurs atypiques et une épreuve d'effort maximale négative ont une très faible prévalence de la maladie et une irradiation n'est sans doute pas justifiée. De plus, la valeur prédictive positive du scanner est limitée dans cette population, risquant de mener à la réalisation de coronarographies inutiles. La sensibilité et la spécificité du scanner sont excellentes lorsque l'analyse est faite par segments coronaires. Ces chiffres d'efficacité diagnostique sont moindres lorsque l'analyse est faite par patient, particulièrement chez ceux ayant une probabilité élevée de présenter une pathologie coronaire.

>>> Ghostine *et al.* ont souligné la valeur du scanner 64 coupes pour éliminer une insuffisance coronaire chez des patients en insuffisance cardiaque présentant une cardiomyopathie dilatée



**Fig. 1 :** Angiographie coronaire par résonance magnétique dite "cœur entier" chez un patient présentant une sténose de l'IVA (A et B), et chez un patient présentant une sténose de la CX (C et D).

avec dysfonction VG d'étiologie inconnue. Lorsque l'analyse est réalisée par patient, l'efficacité globale de la technique pour détecter une insuffisance coronaire est bonne (sensibilité 100 %, spécificité 93 %, valeur prédictive positive 93 %, valeur prédictive négative 100 %). Ainsi, dans ce type de population, le scanner 64 coupes offre un intérêt évident pour préciser l'étiologie ischémique ou non de la cardiomyopathie.

>>> La valeur diagnostique du scanner 64 coupes pour évaluer les resténoses intra-stent a été étudiée par Schuijf *et al.* chez 182 patients traités récemment par angioplastie et stent  $\geq 2,5$  mm. Par rapport à l'angiographie conventionnelle, la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive et la valeur prédictive négative du scanner pour détecter une resténose intra-stent sont de 95 %, 93 %, 63 % et 99 % respectivement. Ainsi, le scanner 64 coupes offre une bonne valeur d'exclusion de la resténose intra-stent, y compris pour des stents de calibre modeste.

>>> La technologie du scanner avance et les premières études cliniques ont évalué l'efficacité diagnostique du scanner à double faisceau d'énergie (double tube à Rx). Weustink *et al.* ont ainsi étudié 100 patients à haut risque de présenter une pathologie coronaire ayant une indication de coronarographie (douleur typique, douleur très suspecte, après syndrome coronaire aigu). Ce type de scanner permet d'améliorer la résolution temporelle en la divisant par 2 par rapport au scanner 64 barrettes (83 ms). Les patients en FA sont exclus. Le temps moyen d'acquisition est de 8 s. La fréquence cardiaque des patients étudiés est de  $68 \pm 11$  bpm et le scanner a été réalisé sans injection de bêtabloquant. En analyse par segment, la sensibilité diagnostique par rapport à la coronarographie, la spécificité, les valeurs prédictives positive et négative sont respectivement de 95 %, 95 %, 75 % et 99 %. Ainsi, cette technologie offre une bonne valeur diagnostique chez des patients à risque élevé et sans recours aux bêtabloquants.

Récemment, les possibilités techniques de l'IRM ont évolué pour l'imagerie coronaire non invasive grâce aux techniques d'acquisition volumique du cœur entier, en respiration libre. L'acquisition dure quelques minutes et les images obtenues sont très convaincantes (*fig. 1*). Cette technique non irradiante ne requiert pas d'injection de produit de contraste.

#### ■ ETUDE FONCTIONNELLE ET CARACTERISATION TISSULAIRE DU MYOCARDE

L'IRM est la technique de référence pour la détermination de la fonction ventriculaire gauche (ciné-IRM) et de la viabilité myocardique (rehaussement tardif par IRM de contraste). Il est désormais établi que la fraction d'éjection et l'étendue de la cicatrice d'infarctus en IRM de contraste sont des facteurs prédictifs indépendants de mortalité toute cause. De même, la présence d'une hétérogénéité de la prise de contraste au sein de l'infarctus (zone grise) constitue un facteur prédictif indépendant de mortalité, avec la taille de l'infarctus et la FEVG, dans la population ayant les critères de MADIT II.

>>> La valeur pronostique de l'IRM de contraste (rehaussement tardif) se confirme dans le cas des cardiomyopathies dilatées primitives, mais aussi des cardiomyopathies hypertrophiques. En effet, Kwon *et al.* ont montré que les patients présentant une CMH et des épisodes de TV ou de mort subite resuscitée ont une épaisseur septale plus importante et des foyers de rehaussement tardif plus étendus en IRM. L'étendue des foyers de rehaussement (fibrose/nécrose) exprimée en pourcentage de la masse myocardique totale est un facteur prédictif de la survenue de TV et de mort subite chez ces patients.

>>> Behrendt *et al.* ont rapporté que la technique du rehaussement tardif représente une aide considérable pour le diagnostic différentiel parfois difficile entre myocardite aiguë (prises de contraste nodulaires sous-épicaux et/ou



**Fig. 2:** Ischémie myocardique provoquée de la paroi latérale au cours du stress (dipyridamole) (hyposignal, **A**) chez un patient ne présentant pas de séquelle de nécrose du myocarde au niveau de la paroi latérale (absence de rehaussement tardif, **B**).

médio-pariétales), syndrome coronaire aigu et cardiomyopathie de stress. En cas de cardiomyopathie de stress, la fonction contractile est profondément altérée au sein d'un territoire large, les troponines sont modérément élevées, et l'IRM de contraste ne met pas en évidence de foyers de rehaussement. La récupération contractile est de règle en quelques semaines.

>>> L'IRM de stress sous adénosine par l'étude dynamique de la perfusion myocardique permet la détection d'une ou plusieurs sténoses coronaires significatives avec une bonne efficacité diagnostique. Cette technique permet de définir la présence d'une ischémie provoquée au cours du stress et la présence ou non d'une viabilité myocardique. Elle offre une valeur diagnostique équivalente à celle du SPECT en prenant la réserve coronaire (FFR) comme méthode de référence. Une IRM de stress négative confère une bonne valeur pronostique sur un suivi à 2 ans (Crean *et al.*).

### ■ L'APPORT DE L'IRM 3 TESLA ?

L'IRM à 3T est commercialisée. Cette technologie à haut champ comporte un potentiel certain pour l'imagerie cardiaque et vasculaire, mais également des inconvénients technologiques qu'il faut savoir maîtriser. En théorie, le haut champ doit se traduire par une amélioration du rapport signal/bruit, qui devrait être multiplié par 2 par rapport aux aimants de 1,5T. La résolution spatiale est améliorée, tout comme la résolution tem-

porielle. Les temps d'acquisition sont réduits. Cependant, le haut champ induit des distorsions plus marquées de l'ECG. Il accroît les artefacts de susceptibilité magnétique et induit des inhomogénéités plus importantes de Bo.

L'effet T1 est augmenté, ce qui est favorable pour certaines séquences d'imagerie comme le marquage myocardique (tagging). Les lignes de marquage persistent plus longtemps au cours du cycle cardiaque et couvrent l'ensemble de la diastole. L'effet T2\* est diminué à haut champ, tandis que le déplacement chimique est augmenté. Bien évidemment, la stimulation par les impulsions radiofréquence et l'énergie déposée est accrue. Des solutions techniques doivent être envisagées pour maîtriser certains de ces écueils. Il faut homogénéiser le champ Bo avant les acquisitions par des procédures plus longues et plus complexes (procédure de shimming systématique). Il est nécessaire d'améliorer encore la technologie de recueil de l'ECG en utilisant la vectocardiographie et des logiciels sophistiqués. Il faut être conscient de l'énergie RF déposée et tenter de la limiter par une augmentation du temps de répétition TR notamment, une diminution de l'angle de bascule de l'imagerie ciné-IRM pour les séquences SSFP.

En pratique, l'imagerie ciné-IRM est de belle qualité si ces adaptations sont réalisées. Le marquage myocardique est de très bonne qualité avec des tags persistant en diastole. Les séquences de rehaussement tardif sont de bonne qualité également, moyennant quelques adaptations. L'apport du 3T est considérable pour l'imagerie chez le petit animal. La résolution spatiale obtenue pour l'imagerie cardiaque chez le rat est de 200  $\mu$ . L'imagerie angiographique des coronaires est encore difficilement maîtrisée à 3T, mais la résolution spatiale peut être descendue à 350  $\mu$  chez l'Homme, ce qui se compare favorablement à la résolution spatiale du scanner multicoupe de dernière génération. Enfin, le signal de spectroscopie par résonance magnétique est amélioré à 3T, en raison de l'augmentation des déplacements chimiques. La technique est également prête pour l'imagerie moléculaire et la détection de divers agents de contraste, qu'ils soient de type chélate de gadolinium ou USPIO. Cela revêt un impact certain pour l'imagerie moléculaire de la plaque d'athérome. ■