



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

## Les nouveautés en imagerie cardiaque par IRM et scanner

### ■ L'IRM

#### 1. – Imagerie fonctionnelle myocardique

Cette édition de l'AHA a confirmé la place centrale de l'IRM pour l'étude de la fonction ventriculaire gauche (VG) et de la viabilité myocardique. Pour la détection de la viabilité myocardique, la technique de choix reste 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 de pronostic défavorable, associée à un remodelage VG ainsi qu'à une incidence accrue d'événements cardiovasculaires. Elle se traduit par un hyposignal marqué et persistant lors de l'IRM dynamique de perfusion (premier passage du gadolinium), témoin d'une obstruction microvasculaire. En cas de nécrose myocytaire, 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 (rehaussement tardif 10 mn après l'injection). La probabilité de récupération contractile d'un segment myocardique est inversement corrélée à l'extension transmurale du rehaussement (hypersignal).

>>> Chez 838 patients ayant une insuffisance coronaire connue et bénéficiant d'une IRM, Cao *et al.* ont montré le rôle pronostique majeur de 2 facteurs : d'une part une fraction d'éjection < 45 %, mais aussi l'existence d'au moins 2 segments myocardiques présentant un rehaussement tardif. Ces 2 facteurs sont prédictifs de la mortalité toute cause à 2 ans. Ce travail, ainsi que d'autres études récentes, confortent la valeur pronostique de l'IRM.

>>> Steen *et al.* ont montré chez 41 patients transplantés cardiaques que la technique du rehaussement tardif permet de

mettre en évidence des infarctus jusque-là non connus chez 20 % des patients qui n'ont aucune anomalie angiographique coronaire, chez 27 % de ceux qui ont des plaques coronaires en angiographie, chez 50 % des patients ayant une sténose intermédiaire, et chez 100 % de ceux ayant au moins une sténose significative. Ces données indiquent une forte prévalence d'infarctus non diagnostiqués chez les transplantés, ce qui pourrait avoir un impact en termes de traitement et de stratification du risque chez ces patients.

>>> La technique du rehaussement tardif a une valeur diagnostique reconnue dans la myocardite aiguë. Perez-David *et al.* ont étudié chez 26 patients le rôle pronostique de l'IRM de contraste au gadolinium. Les patients ont bénéficié d'une IRM en phase aiguë et à 6 mois de suivi. Une majorité de patients (69 %) présentent une dysfonction contractile segmentaire en phase aiguë (fraction d'éjection VG moyenne  $52 \pm 6$  %). Des foyers de rehaussement tardif, presque toujours multifocaux, sont identifiés en phase aiguë chez tous les patients. Ces foyers sont plus fréquents au niveau de la paroi latérale (68 % des cas), puis au niveau de la paroi inférieure (32 %). A 6 mois, la fraction d'éjection s'est améliorée de  $10 \pm 9$  %. Une réduction significative des foyers de rehaussement est observée dans 58 % des cas, mais ces foyers n'ont disparu totalement que chez un patient. Les patients ayant une réduction significative de ces foyers n'ont cependant pas une amélioration supplémentaire concomitante de la fonction VG (8 vs 7 %, NS). Ainsi, ce travail montre que la persistance de foyers de rehaussement tardif est fréquente dans les 6 mois qui suivent une myocardite aiguë. Cependant, cette constatation ne semble pas liée à la survenue d'événements cardiovasculaires ou à une moindre récupération de la fonction systolique VG. Ces données sont intéressantes mais restent aujourd'hui débattues. Les critères diagnostiques de myocardite aiguë n'ont pas été détaillés dans ce travail et le nombre

de patients est très limité pour permettre des conclusions sur le pronostic.

>>> Patel *et al.* ont rapporté une série de 81 patients porteurs d'une sarcoïdose et ont démontré la valeur de l'IRM de contraste (rehaussement tardif) pour identifier les lésions cardiaques, mais aussi en tant que facteur pronostique majeur puisque la présence de foyers de rehaussement tardif est un facteur prédictif indépendant d'événements majeurs incluant les décès d'origine cardiaque.

>>> Le rôle pronostique de l'IRM de contraste est également confirmé dans les cardiomyopathies hypertrophiques, en permettant un diagnostic précoce de la fibrose et des substrats aux arythmies sévères (Matsunaka *et al.*). Ce rôle pronostique est confirmé dans les cardiomyopathies non ischémiques (Cho *et al.*). Cheong *et al.* ont étudié par IRM 888 patients ayant une dysfonction VG (fraction d'éjection  $40 \pm 17\%$ ) d'étiologie indéterminée. Ils démontrent dans cette population de patients que la présence de rehaussement tardif en IRM, traduisant des lésions fibreuses ou nécrotiques irréversibles, procure une information pronostique supplémentaire sur la mortalité toute cause par rapport à la fraction d'éjection VG prise isolément.

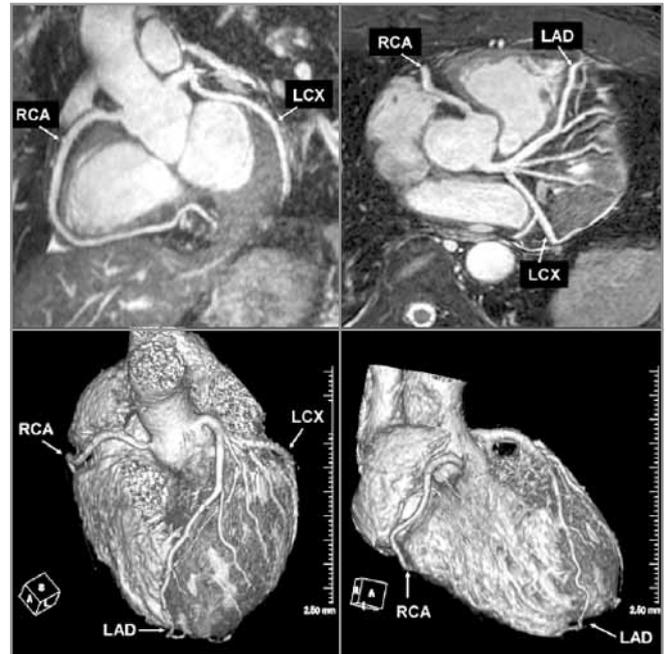
## 2. – Imagerie coronaire non invasive

La technique d'acquisition cœur entier d'**imagerie angiographique des artères coronaires par résonance magnétique** a été à nouveau présentée par une équipe japonaise. Il s'agit d'une technique 3D ssfp n'utilisant pas d'agent de contraste, en respiration libre (écho-navigateur). L'ensemble du volume cardiaque est acquis au cours de la même acquisition en 10-15 mn environ. La résolution est de  $0,6 \times 0,6 \times 0,75$  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 16 ou 64 coupes (*fig. 1*).

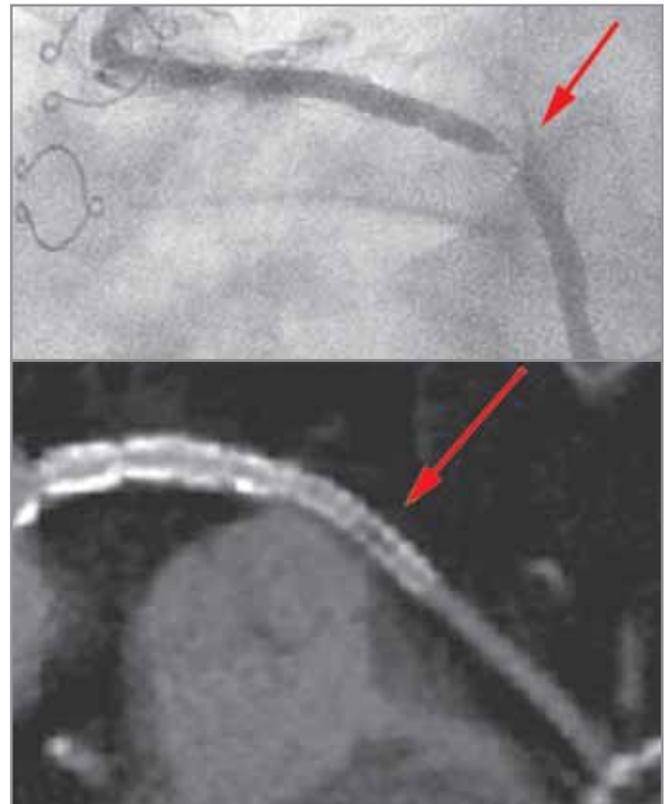
## ■ LE SCANNER (*fig. 2*)

### 1. – Imagerie coronaire non invasive

Concernant le scanner, l'apport majeur de ce congrès a résidé dans la présentation d'innovations technologiques et des pre-



**Fig. 1 :** Imagerie angiographique non invasive des coronaires par résonance magnétique chez un patient ne présentant pas de lésion coronaire significative.



**Fig. 2 :** Scanner 64 coupes (en bas), angiographie conventionnelle (en haut). Contrôle d'un stent positionné au niveau du corps d'un pontage saphène, mettant en évidence une resténose intra-stent (flèche). Cette resténose se traduit par une hypodensité à l'intérieur du stent en scanner.

miers résultats du **scanner 256 barrettes et du scanner à double faisceau de rayons X** pour l'imagerie non invasive des coronaires. Les premières séries sont limitées.

>>> Ainsi, Motoyama *et al.* ont évalué le scanner 256 coupes chez 10 patients en le comparant à la coronarographie conventionnelle. Les temps d'acquisition sont courts (3 s en moyenne) et la résolution spatiale est de 0,5 mm. Ainsi, 101 segments coronaires de plus de 2 mm de diamètre ont été analysés. Aucun segment coronaire n'a été exclu de l'analyse en raison d'artefact de mouvement. Les sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative du scanner pour la mise en évidence de sténose de plus de 50 % sont de 100 %, 96 %, 73 % et 100 % respectivement. La présence de calcifications importantes fait chuter la spécificité à 90 % et la valeur prédictive positive à 61 %. L'irradiation est du même ordre qu'avec les scanners 64 coupes, c'est-à-dire de 12-15 mSv.

>>> Kurata *et al.* ont présenté l'acquisition coronaire cœur entier en un seul battement cardiaque en utilisant le scanner 256 détecteurs. L'acquisition couvre 256 coupes de 0,5 mm d'épaisseur, c'est-à-dire 12,8 mm sur l'axe des z. Le principe est d'acquérir le cœur entier sur une rotation de 500 ms avec 0,5 mm d'épaisseur de coupe et de résolution. Cette technique permet l'imagerie coronaire et de la fonction ventriculaire sur un seul battement cardiaque. L'étude a porté sur 9 patients (3 avec un antécédent d'infarctus, 6 angineux, dont 2 présentaient une FA lors de l'examen). La dose de contraste peut être réduite (40-60 mL). L'irradiation moyenne est de 14 mSv. Les segments coronaires sont évaluables dans 83 % des cas (113/136). Les difficultés sont liées aux vaisseaux de petite taille (< 1,5 mm), aux calcifications sévères et aux stents coronaires. Les chiffres de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative pour la détection d'une sténose > 70 % sont de 100 %, 95 %, 71 % et 100 % respectivement. Les anomalies de fonction VG dans le territoire de l'infarctus ont toutes été identifiées correctement. Il s'agit donc d'une génération de scanner intéressante, ayant le potentiel pour l'imagerie cœur entier des coronaires et de la fonction VG en un seul battement cardiaque. Le temps d'acquisition est de 1,5 seconde en apnée, pour couvrir la totalité d'un battement cardiaque.

>>> Ropers *et al.* ont comparé de manière randomisée le scanner à double faisceau de rayons X et le scanner 64 barrettes chez 80 patients devant bénéficier d'une coronarographie dans le cadre d'une pathologie coronaire suspectée. La résolution temporelle du scanner à double foyer est de 83 ms (vs 165 ms). Les bêtabloquants n'ont pas été utilisés dans le cas du scanner à double foyer. A l'opposé, les bêtabloquants

étaient utilisés en cas de fréquence cardiaque > 60/mn pour le scanner 64 coupes. La quantité d'iode injectée est réduite pour un scanner à double foyer (50 mL vs 80 mL). Il permet une évaluation de 97 % des segments coronaires vs 91 % pour le scanner 64 coupes.

Au sein des segments évaluables, les sensibilité, spécificité, valeur prédictive négative et positive sont de 88 %, 96 %, 98 % et 75 % pour le scanner 64 coupes ; elles sont de 90 %, 95 %, 98 % et 72 % pour le scanner à double foyer. L'efficacité diagnostique globale est de 87 % pour le scanner 64 coupes vs 91 % pour le scanner à double faisceau de rayons X. Ainsi, le scanner à double foyer a une meilleure résolution temporelle. La nécessité d'administrer des bêtabloquants est moindre. Toutefois, dans cette étude, la fréquence cardiaque des patients ayant bénéficié d'un scanner double faisceau n'est que de 68/mn. La dose de contraste peut être réduite autour de 50 mL. La valeur diagnostique est semblable ou légèrement améliorée.

>>> Weustink *et al.* ont étudié 30 patients à haut risque par le scanner à double foyer. Ils n'ont pas utilisé de bêtabloquants et ont injecté 70 mL de contraste. La fréquence cardiaque moyenne est de  $73 \pm 16$  bpm. Les chiffres de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative pour la détection d'une sténose > 50 % en coronarographie conventionnelle sont de 92 %, 96 %, 73 % et 99 % respectivement, indiquant une excellente valeur diagnostique y compris chez les patients ayant une fréquence cardiaque assez élevée. Leber *et al.* confirment ce type de résultats chez 40 patients consécutifs inclus pour douleur thoracique atypique ou un test de provocation ne permettant pas de conclure. Parmi ces patients, 17 ont bénéficié du scanner avec une fréquence cardiaque > 75/mn. Les auteurs insistent sur la relativement faible valeur prédictive positive (67 %), liée à une tendance à la surestimation des sténoses. Cet élément est d'importance capitale, notamment pour l'étude des patients ayant une probabilité intermédiaire de présenter une insuffisance coronaire.

Plusieurs présentations orales ont fortement suggéré une place potentiellement intéressante du scanner coronaire chez les patients ayant une épreuve d'effort à risque intermédiaire, une anomalie de perfusion de 10-20 % de la masse myocardique au cours du stress, ou des anomalies de cinétique segmentaire sur moins de 3 segments en échocardiographie de stress. Danciu *et al.* démontrent que le scanner pourrait permettre d'éviter des coronarographies inutiles chez une forte proportion de ces patients. Ce pourcentage est évidemment variable et fonction du niveau de risque à l'issue de l'épreuve de stress.

## 2. – Imagerie fonctionnelle myocardique

Récemment, des études expérimentales et humaines ont indiqué que le scanner pouvait permettre l'imagerie de l'obstruction microvasculaire sur les images acquises précocement après l'injection et de l'infarctus du myocarde sur le passage tardif à 5 mn. Cependant, les comparaisons cliniques dans ce domaine entre scanner et IRM restent peu étudiées et donc mal connues. Nieman *et al.* ont montré chez 21 patients que le scanner permet de mettre en évidence un hyposignal sur les images acquises de façon précoce après injection chez tous les patients ayant présenté un infarctus du myocarde récent. Cet hyposignal a le même rapport contraste/bruit qu'en IRM, est bien corrélé en pourcentage de la masse myocardique totale à l'hyposignal précoce en IRM, mais semble un peu plus étendu qu'en IRM. La taille de l'infarctus sur les images tardives est identique à celle fournie par l'IRM, mais le rapport contraste/bruit est moins bon en scanner, et 20 % des patients n'ont pas de rehaussement visible en scanner alors que ce dernier est visible en IRM. Cette étude clinique a le mérite de préciser des éléments qui étaient intuitifs mais pas encore clairement démontrés.

## 3. – Et l'irradiation ?

>>> Einstein *et al.* ont rapporté un des papiers majeurs de ce congrès en imagerie de coupes. Il s'agit d'un rapport du très sérieux National Research Council's Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) visant à produire une estimation du risque de cancer attribuable au scanner coronaire, en se basant sur les données les plus récentes et les plus avancées concernant les effets des radiations sur la santé. Il s'agit d'estimer un risque de survenue de cancer sur la durée de la vie, attribuable à l'examen de scanner coronaire. Les simulations ont été effectuées en intégrant la modulation de dose ou non. Le risque de cancer attribuable au scanner est éminemment variable en fonction de l'âge, du sexe, et du protocole de scanner.

Il varie de 1 cancer induit tous les 143 examens chez une jeune femme de 20 ans sans utiliser la modulation de dose, à 1 cancer induit tous les 5017 examens chez un patient masculin de 80 ans en utilisant la modulation de dose. Le risque de cancer attribuable au scanner est plus important si le patient est féminin, jeune, et si le praticien n'utilise pas la modulation de dose. Les risques d'induction de cancer sur la durée de la vie (lifetime attributable risk, LAR) en utilisant la modulation de dose est de 1/715 examens chez une femme de 60 ans et de 1/1 911 examens chez un homme de 60 ans.

Les organes menacés sont le poumon et, chez la jeune femme, le sein.

Les auteurs ont rapporté ces données sans aucun parti pris, ni aucune volonté de nuire au développement du scanner coronaire. Ils ont publié une courbe extrêmement intéressante et utile (abstr. 2621, *Circulation*, 2006 ; 114 : suppl. II : 543) affichant les risques de cancer induit en fonction de l'âge, du sexe et du protocole. Il apparaît à la lecture de cet article très sérieux et après avoir assisté à sa présentation que la sélection des patients bénéficiant d'un scanner coronaire devrait être rigoureuse, afin de minimiser le risque de cancer induit. Ce risque est réel et substantiel. L'indication du scanner doit être réelle et le bénéfice attendu de l'examen doit être en rapport avec le risque. L'adaptation des protocoles pour réduire la dose doit être un souci permanent du praticien.

Il semble indispensable d'avoir une réflexion à l'échelon national sur la pratique du scanner coronaire afin de diffuser des recommandations claires. Le risque d'explosion du nombre d'examens implique sans doute la réalisation d'un grand nombre d'examens injustifiés se traduisant dans quelques années par une incidence accrue de cancers. Il paraît indispensable à la lecture de ces chiffres d'intégrer ces nouvelles données dans notre démarche d'information aux patients avant la pratique de l'examen. ■