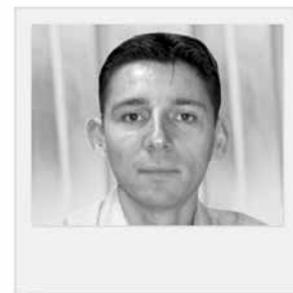


Quoi de neuf en imagerie par IRM et scanner ?



→ J. GAROT

IRM Cardiovasculaire –
Institut Cardiovasculaire
Paris Sud (ICPS),
Hôpital Privé Jacques
Cartier, Ramsay-Générale
de Santé, MASSY.

IRM cardiovasculaire

1. Nouveautés en IRM dans le STEMI

Parmi les survivants d'un infarctus du myocarde avec élévation du ST (STEMI), la détermination de la taille de l'infarctus et de l'obstruction microvasculaire par l'IRM de contraste a une importante valeur pronostique. Une étude récente montre que des paramètres issus d'une IRM sans injection de contraste, tels que la cartographie T1 du myocarde, permettent une caractérisation tissulaire fine du tissu infarcté. Au décours immédiat d'un infarctus aigu, il se produit une augmentation du contenu en eau au sein de la zone ischémique, avec comme corolaire une augmentation du temps de relaxation natif T1.

Chez 300 patients ayant présenté un STEMI, les auteurs ont étudié la corrélation entre le T1 natif du myocarde au centre de l'infarctus et la taille de l'infarctus, la présence d'une obstruction microvasculaire, les implications péjoratives du T1 natif sur la survenue d'un remodelage du ventricule gauche (VG) défavorable ($\geq 20\%$ d'augmentation de l'index télédiastolique VG à 6 mois), ainsi que la mortalité toutes causes et les hospitalisations pour insuffisance cardiaque [1].

Les patients ont bénéficié d'une ciné-IRM, d'une cartographie T1 natif sans contraste, d'une cartographie T2, T2* et de séquences de rehaussement tar-

dif, 2 jours après la survenue de l'infarctus puis à 6 mois. Les T1 natifs ont été mesurés dans la zone de l'infarctus, la zone à risque et le myocarde non ischémique. La zone de l'infarctus est définie comme des valeurs de T1 ou T2 > 2 DS par rapport au myocarde sain. La zone centrale de l'infarctus en hyposignal est définie comme la zone avec des pixels dont le T1 est < 2 DS par rapport aux valeurs observées à la périphérie de la zone d'infarctus. Le T1 natif du centre de l'infarctus ("infarct core") est corrélé de manière significative au T2 natif ($r = 0,42$; $p < 0,001$). Les valeurs de

T1 natif au centre de l'infarctus sont associées à un remodelage VG défavorable à 6 mois (OR : 0,91 pour chaque réduction de 10 ms; $p < 0,061$) et représentent des facteurs prédictifs indépendants de la mortalité toutes causes ou des hospitalisations pour insuffisance cardiaque (RR : 0,73; $p < 0,001$) (fig. 1).

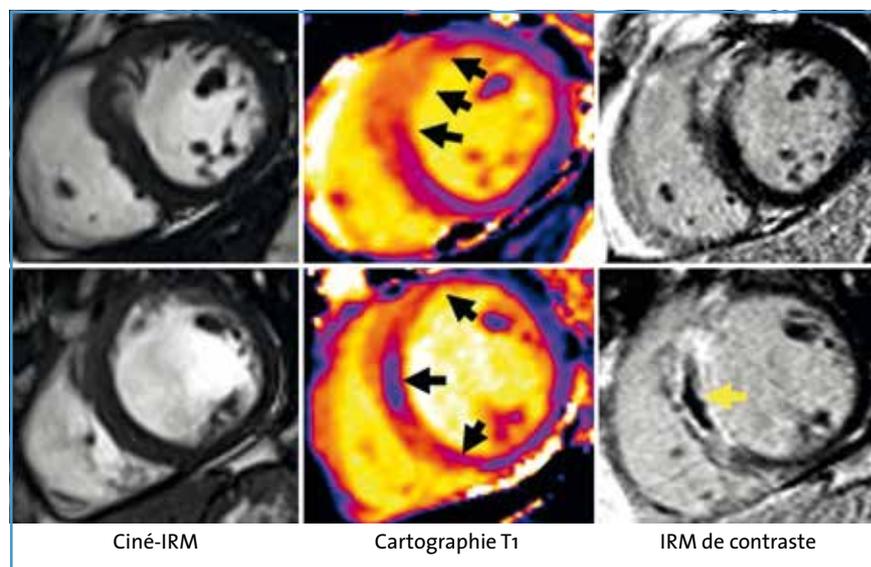


FIG. 1 : En haut, patient ayant présenté un infarctus antéroseptal avec un rehaussement tardif transmural et une augmentation du T1 natif dans la zone de l'infarctus en cartographie T1. En bas, patient ayant présenté un infarctus antéroseptal, une augmentation du T1 natif dans les zones périphériques de l'infarctus mais avec une baisse du T1 natif dans la zone centrale de l'infarctus, et une obstruction microvasculaire en rehaussement tardif, de mauvais pronostic.

2. Impact de la réalisation d'une imagerie fonctionnelle dans la prise en charge de la maladie coronaire suspectée

Une étude multicentrique randomisée importante a inclus 1 202 patients symptomatiques avec une probabilité pré-test de maladie coronaire de 10 à 90 % et les a réunis en trois groupes parallèles randomisés : 240 patients ont bénéficié des recommandations conventionnelles au Royaume-Uni ("NICE guidelines"), 481 ont bénéficié d'une IRM de stress et 481 d'une scintigraphie visant à définir la stratégie diagnostique [2]. Le critère primaire est la réalisation d'une coronarographie ne montrant pas de lésion significative dans les 12 mois suivant l'inclusion (FFR [mesure de la réserve coronaire] > 0,8; pas de sténose ≥ 70 % sur une projection ou ≥ 50 % sur deux projections orthogonales sur toutes les artères ≥ 2,5 mm de diamètre). Les critères secondaires comprennent une coronarographie positive, la survenue d'événements cliniques majeurs et les complications péri-procédurales.

Parmi ces 1 202 patients (âge moyen 56,3 ans, 46,9 % de femmes, probabilité pré-test moyenne $49,5 \pm 23,8$ %), le nombre de personnes ayant eu une coronarographie dans les 12 mois est de 102 dans le groupe NICE (42,5 %), 85 dans le groupe IRM de stress (17,7 %) et 78 dans le groupe scintigraphie (16,2 %). Le nombre de coronarographies définies comme non nécessaires par l'étude est de 69 dans le groupe NICE (28,8 %), 36 dans le groupe IRM (7,5 %) et 34 dans le groupe scintigraphie (7,1 %). Les *odds ratios* ajustés de coronarographies non nécessaires sont de 0,21 pour le groupe IRM *versus* NICE (IC 95 % : 0,12-0,34; $p < 0,001$) et de 1,27 pour le groupe IRM *versus* scintigraphie (IC 95 % : 0,79-2,03; $p = 0,32$). Les proportions de coronarographies positives sont de 12,1 % dans le groupe NICE (29/240 patients), 9,8 % dans le groupe IRM (47/481 patients) et 8,7 % dans le

groupe scintigraphie (42/481 patients). La survenue d'un événement clinique majeur à 12 mois est de 1,7 % dans le groupe NICE, 2,5 % dans le groupe IRM et 2,5 % dans le groupe scintigraphie (RR ajustés : 1,37 pour le groupe IRM *versus* NICE; $p = \text{NS}$; 0,95 pour le groupe IRM *versus* scintigraphie; $p = \text{NS}$).

Cette étude importante montre que, chez les patients ayant une maladie coronaire suspectée, la réalisation d'une IRM de stress dans la stratégie de prise en charge permet de réduire significativement le taux de coronarographies sans lésion significative par rapport aux recommandations conventionnelles, sans différence significative avec la scintigraphie. Ces approches ne changent pas le taux de survenue d'événements cliniques majeurs.

3. Fibrose myocardique : pronostic

L'imagerie de rehaussement tardif classique 10 mn après injection de gadolinium (*Late gadolinium enhancement*, ou LGE) permet la mise en évidence d'une fibrose macroscopique focale, dite fibrose de remplacement. Nous connaissons la valeur pronostique de la mise en évidence d'une telle fibrose dans diverses cardiopathies. La fibrose microscopique diffuse du myocarde, distincte de la précédente, peut être mise en évidence par le calcul de la fraction de volume extracellulaire à partir des valeurs de cartographie T1 du myocarde avant et après contraste. Un troisième paramètre est apparu récemment : la mesure de l'intensité du signal du myocarde 10 mn après injection de contraste (*T1-weighted LGE signal intensity*).

Chez 65 patients ayant été traités par une chimiothérapie potentiellement cardiotoxique, la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) a diminué significativement après 3 mois de traitement (de 57 ± 1 à 54 ± 1 %; $p < 0,001$), tandis que l'intensité du signal du myocarde 10 mn après contraste a augmenté (de $14,1 \pm 0,6$ à $15,9 \pm 0,8$; $p = 0,046$),

sans augmentation concomitante de l'œdème myocardique sur les séquences pondérées T2 [3]. La signification de ces modifications du signal IRM reste inconnue pour la prédiction éventuelle de lésions myocardiques irréversibles après la chimiothérapie.

Une autre étude a mesuré la fraction de volume extracellulaire (ECV) chez 35 patients asymptomatiques présentant une insuffisance mitrale (IM) dégénérative modérée ou sévère avec une FEVG préservée [4]. Par rapport au groupe témoin, les patients ayant une IM ont des ECV plus élevés ($0,32 \pm 0,07$ *versus* $0,25 \pm 0,02$; $p < 0,01$). La présence d'un ECV élevé est associée de manière significative à un index télésystolique du VG plus élevé ($r = 0,62$; $p < 0,001$), un volume indexé de l'oreillette gauche (OG) plus élevé ($r = 0,41$; $p < 0,05$), une FEVG diminuée ($r = -0,6$; $p < 0,001$) et une moindre capacité fonctionnelle mesurée par la $\text{VO}_2 \text{ max}$ ($r = -0,51$; $p < 0,005$) (**fig. 2**).

Parmi 139 patients présentant une cardiomyopathie hypertrophique primitive, Ellims *et al.* ont étudié les corrélations entre la fibrose myocardique macroscopique (LGE), la présence de fibrose intramyocardique microscopique diffuse (cartographies T1 pré- et post-contraste), ainsi que la fonction VG et le génotype [5]. La présence de fibrose macroscopique focale est associée à la FEVG et l'obstruction sous-aortique, tandis qu'une fibrose microscopique diffuse est associée à la dysfonction diastolique du VG. Les patients ayant une mutation bien identifiée ont des plages de fibrose macroscopique plus étendues ($7,9 \pm 8,6$ *versus* $3,1 \pm 4,3$ %; $p = 0,03$), mais moins de fibrose interstitielle diffuse ($p = 0,03$).

Parmi 106 patients ayant une sarcoïdose cardiaque ou extracardiaque prouvée par biopsie, les auteurs ont étudié le lien existant entre la présence d'une fibrose macroscopique focale (LGE) et la survenue du critère combiné mortalité toutes

L'ANNÉE CARDIOLOGIQUE

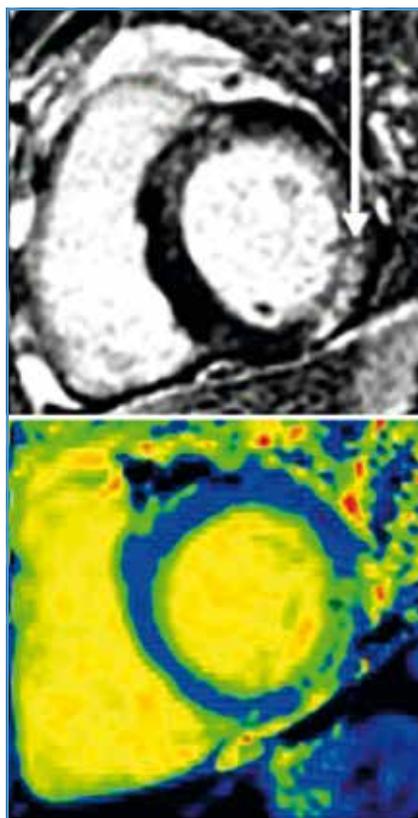


FIG. 2 : Cartographie T1 post-contraste chez un patient présentant une IM dégénérative, montrant la bonne correspondance entre la fibrose en rehaussement tardif et la mesure du T1. La fraction de volume extracellulaire est calculée à partir des différences de T1 du myocarde pré et post-injection de contraste. Plus le secteur interstitiel est important, plus le gadolinium diffuse, plus le T1 du myocarde baisse après injection et plus l'ECV est grand.

causes-mort subite cardiaque-TV ou FV [6]. Une fibrose macroscopique focale est présente chez 32 patients (30 %), avec une distribution majoritairement en *patch* intramyocardique (72 %). Durant un suivi moyen de 37 mois, un des éléments du critère combiné a été atteint chez 16 patients. La présence de fibrose macroscopique est associée de manière indépendante à la survenue du critère combiné (RR: 12,52; IC 95 % : 1,35-116,18; $p = 0,03$).

Fontana *et al.* ont montré la valeur pronostique d'un rehaussement tardif transmural chez 250 patients atteints d'amylose (122 transthyrétine, 119 AL [amylose

primitive] chaînes légères, 9 asymptomatiques porteurs de la mutation). Un rehaussement transmural est un facteur prédictif indépendant de mortalité à 2 ans fort (RR 5,4; $p < 0,0001$), y compris après ajustement sur le NT-pro BNP, la FEVG, le volume systolique indexé, E/E' et la masse VG indexée (RR 4,1; $p < 0,05$) [7].

Banyersad *et al.* ont évalué la valeur pronostique de l'ECV, du T1 natif et du T1 post-contraste du myocarde chez 100 patients présentant une amylose systémique à chaînes légères [8]. Sur un suivi médian de 23 mois, 25 % des patients sont décédés. Une valeur *cut-off* d'ECV $\geq 0,45$ (RR 3,84; IC 95 % : 1,53-9,61; $p = 0,004$) et un *cut-off* de T1 natif ≥ 1044 ms (RR 5,39; IC 95 % : 1,24-23,4; $p = 0,02$) sont associés de manière indépendante à la mortalité toutes causes, tandis que les valeurs de T1 post-contraste ne sont pas prédictives de mortalité.

4. Imagerie de la plaque coronaire

Une étude originale a permis, *via* la caractérisation des plaques coronaire

(séquence T1 sans contraste), de mieux comprendre la physiopathologie de la survenue des lésions myocardiques après angioplastie, qui représentent un facteur pronostique majeur [9]. Les auteurs ont étudié 77 patients porteurs d'un angor stable et de lésions coronaires significatives (> 70 % à l'angioscanner) ayant bénéficié d'une IRM à 1,5T 48 heures avant l'angioplastie. La composition des plaques coronaires est analysée en IRM, les plaques ayant un hypersignal T1 étant considérées comme vulnérables (signal de la plaque/signal du myocarde $> 1,4$). L'existence de lésions myocardiques ischémiques après l'angioplastie est définie comme une augmentation des troponines T à $> 5 \times N$.

Les patients ayant des plaques à haute intensité T1 (N = 31) présentent des plaques plus volumineuses, avec un core lipidique plus large, plus souvent un remodelage positif des lésions, une atténuation acoustique et du thrombus endoluminal par IVUS, par rapport aux patients dont les plaques ne sont pas en hypersignal T1 (**fig. 3**). La présence

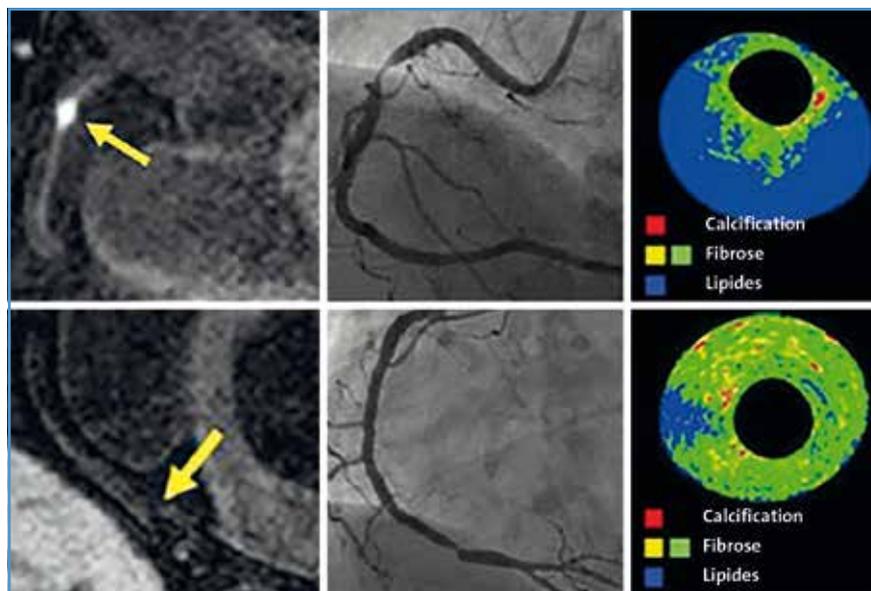


FIG. 3 : En haut, patient présentant une sténose de la coronaire droite (CD) avec une plaque en hypersignal T1 en IRM, riche en lipides, associée à un risque de lésions myocardiques plus élevé au décours de l'angioplastie. En bas, patient présentant une sténose de la CD avec une plaque en hypersignal T1 en IRM, peu riche en lipides, associée à un risque de lésions myocardiques plus faible au décours de l'angioplastie.

d'une plaque en hypersignal est associée à la survenue plus fréquente de lésions myocardiques après l'angioplastie (58 *versus* 11 % ; $p < 0,001$). Si ces résultats sont répliqués et confirmés, l'implication de cette première étude n'est pas encore claire en termes de prise en charge des patients quant à la décision et/ou aux traitements potentiels à mettre en œuvre avant l'angioplastie chez les patients "à risque".

Scanner cardiaque

1. Pronostic

Nous disposons désormais de données pronostiques à très long terme pour le score calcique coronaire chez 9 715 personnes asymptomatiques suivies durant 14,6 ans. Dans cette étude, le score calcique est le facteur prédictif le plus fort de survenue de décès, indépendamment du score de risque de Framingham ou du NCEP (*National cholesterol education program*) [10]. Un score calcique de 0 est invariablement associé à un taux très faible de décès (0,3 % par an en moyenne) et ainsi étend la "période de garantie" d'un score calcique nul à près de 15 ans, en particulier chez les personnes à risque faible ou intermédiaire, sans différence de genre.

Récemment, une étude portant sur 3 217 sujets asymptomatiques a rapporté que le scanner coronaire possédait une valeur incrémentielle par rapport au score de Framingham uniquement chez les sujets dont le score calcique était > 100 , mais pas chez ceux dont le score était ≤ 100 [11]. Cependant, cette valeur pronostique incrémentielle de l'angiographie coronaire par scanner n'est plus présente dans les sous-groupes à score calcique élevé ou très élevé (c'est-à-dire > 400 et $> 1 000$).

L'étude VISION a évalué la valeur du scanner coronaire pour la prédiction des événements cardiovasculaires chez

des patients devant subir une chirurgie non cardiaque [12]. Sur un total de 955 patients ayant des facteurs de risque vasculaires, 74 (8 %) ont présenté une complication vasculaire périopératoire (mort cardiaque/infarctus). Le scanner a donné une information pronostique au-delà de celle obtenue par les seuls facteurs de risque (RR pour la présence de plaques non obstructives = 1,51 ; $p = 0,3$; maladie obstructive RR = 2,05 ; $p = 0,076$; maladie obstructive diffuse RR = 3,76 ; $p < 0,001$). Cependant, la valeur ajoutée du scanner mesurée par l'index-c est très modeste (index-c de 0,62 à 0,66 lorsque le scanner est ajouté aux modèles conventionnels de mesure du risque), principalement en raison de la reclassification par le scanner d'une proportion significative de patients (10 %) dans une catégorie à haut risque, alors qu'ils n'ont présenté aucun événement. Ainsi, les résultats de l'étude VISION soulèvent le problème d'une surestimation du risque périopératoire par le scanner comparé aux modèles cliniques.

2. Le scanner dans la prise en charge de la maladie coronaire

Dans cette étude intéressante, 10 003 patients symptomatiques avec une probabilité pré-test intermédiaire sont randomisés vers une stratégie initiale anatomique avec le scanner coronaire *versus* une stratégie fonctionnelle (67 % scintigraphie de stress, 23 % échographie de stress, 10 % ECG d'effort) [13]. Après 25 mois de suivi, il n'y a pas de différence de survenue du critère primaire (décès-infarctus-hospitalisation pour angor instable ou complications péri-procédurales majeures). Cependant, la stratégie scanner a permis de réduire le taux de coronarographies ne montrant pas de sténose coronaire significative (3,4 *versus* 4,3 % ; $p = 0,02$), bien qu'un plus grand nombre de patients du groupe scanner ait eu une coronarographie (12,2 *versus* 8,1 %) et une revascularisation (6,2 *versus* 3,2 % ; $p < 0,001$) dans les 90 jours suivant la randomisation.

Dans cette autre étude très attendue, 4 146 patients symptomatiques ayant une maladie coronaire suspectée sont randomisés en prise en charge conventionnelle (évaluation clinique, épreuve d'effort) *versus* une prise en charge clinique-épreuve d'effort-score calcique-scanner coronaire [14]. L'utilisation du scanner coronaire améliore la certitude diagnostique (RR 1,79 ; $p < 0,001$) pour le critère primaire (angor lié à une maladie coronaire). Elle a permis l'annulation de 121 tests fonctionnels et 29 coronarographies, et des modifications plus fréquentes des traitements préventifs et anti-angineux. À 1,7 an, il y a une réduction de 38 % non significative toutefois de survenue du critère combiné (mortalité cardiaque/infarctus ; $p = 0,053$).

L'étude PLATFORM, également très attendue, a inclus de manière prospective, non randomisée, 584 patients symptomatiques avec une probabilité pré-test intermédiaire, dans un groupe évaluation conventionnelle (test non invasif seul ou coronarographie seule ; $n = 287$) ou un groupe utilisant le scanner en plus ($n = 297$) avec FFR réalisée lors du scanner (FFRCT) si nécessaire [15, 16]. Parmi les patients qui devaient bénéficier d'une coronarographie ($n = 380$), la mesure de FFR par le scanner a permis de réduire significativement le nombre de coronarographies ne montrant pas de lésions coronaires significatives (de 73 à 12 %) et d'éviter la coronarographie chez 117 patients (61 %), tandis qu'aucune différence n'a été mise en évidence chez les patients qui devaient avoir un test non invasif [15, 16] (**fig. 4**). Cette étude non randomisée suggère une surutilisation de la coronarographie chez les patients ayant une probabilité pré-test intermédiaire, qui pourrait être réduite par la réalisation plus large de FFR au scanner. L'utilisation de la FFRCT est associée à une réduction des coûts de 3 391 dollars par rapport à la coronarographie seule, alors que les coûts sont identiques entre la stratégie non invasive et la FFRCT.

L'ANNÉE CARDIOLOGIQUE

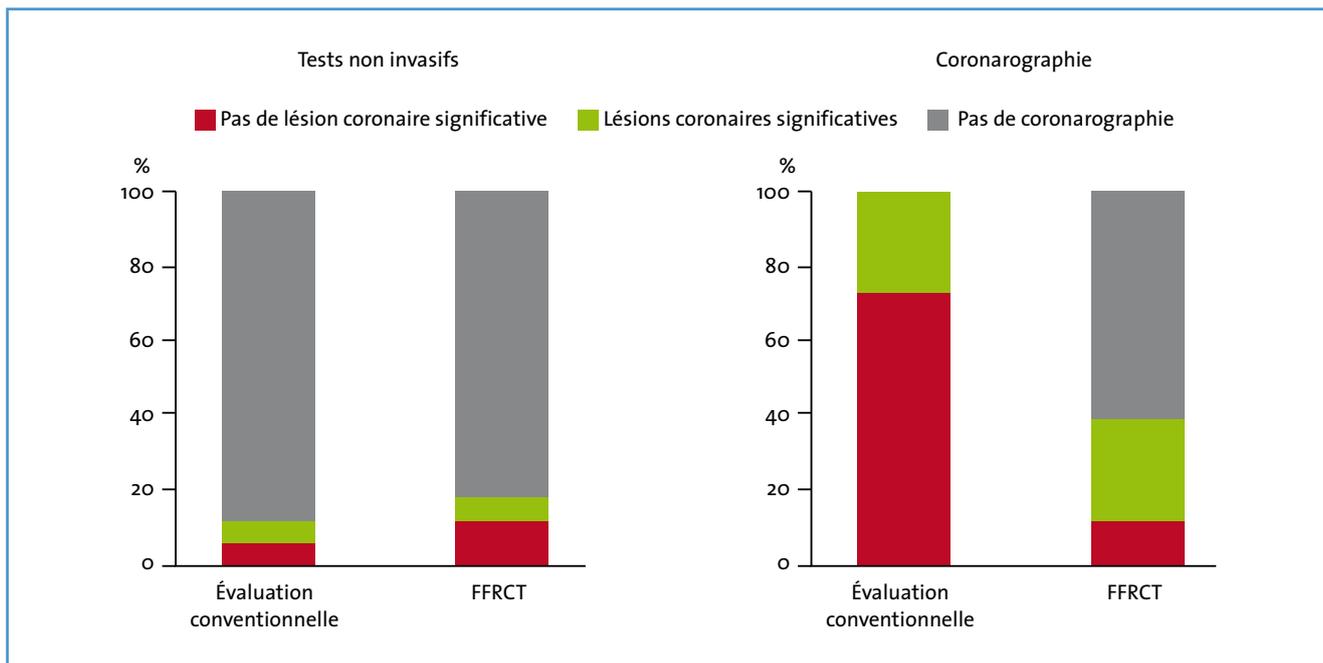


FIG. 4.

L'apport du scanner TRO ("Triple rule out": éliminant un infarctus, une embolie pulmonaire ou une dissection aortique) reste très débattu chez les patients se présentant aux urgences pour une douleur thoracique aiguë. Dans cette base de données de 12 834 patients, l'apport diagnostique global est le même pour le scanner TRO ou le scanner coro-

naire seul (17,4 versus 18,3 % ; $p = 0,37$), essentiellement en raison d'une détection très majoritaire de la maladie coronaire (15,5 versus 17,2 % ; $p = 0,093$) [17]. Le scanner TRO a cependant mis en évidence un peu plus de diagnostics d'EP (1,1 versus 0,4 % ; $p = 0,004$) et de dissections aortiques (1,7 versus 1,1 % ; $p = 0,046$) (fig. 5), mais avec une irra-

diation (9,1 versus 6,2 mSv ; $p < 0,0001$) et une dose moyenne de contraste (113 + 6 versus 89 + 17 mL ; $p < 0,0001$) supérieures, ainsi qu'un taux plus élevé de qualité d'images non diagnostiques (9,4 versus 6,5 % ; $p < 0,0001$). Ainsi, cette étude ne supporte pas l'utilisation systématique du scanner TRO chez ces patients aux urgences. L'évaluation clinique et paraclinique initiale reste cruciale et primordiale pour l'évaluation du risque d'infarctus-embolie pulmonaire-dissection aortique (DAO) chez ces patients.

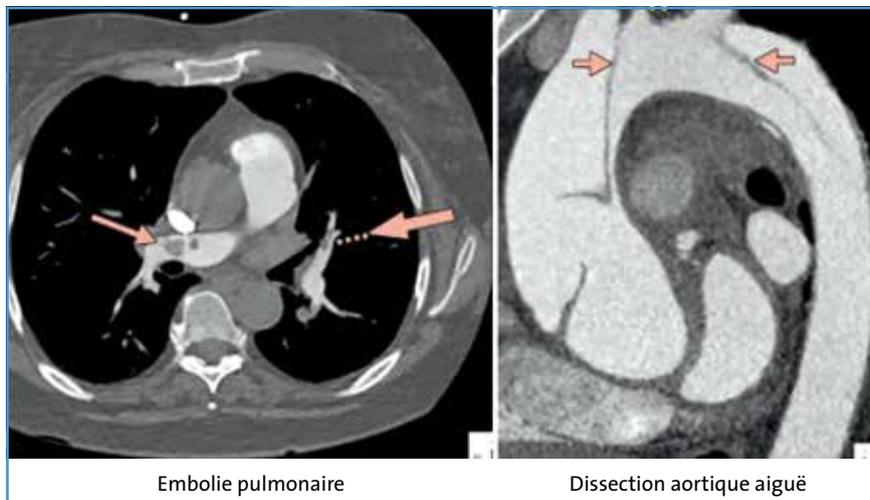


FIG. 5 : Scanner TRO.

Bibliographie

1. CARRICK D, HAIG C, RAUHALAMMI S *et al.* Prognostic significance of infarct core pathology revealed by quantitative non-contrast in comparison with contrast cardiac magnetic resonance imaging in reperfused ST-elevation myocardial infarction survivors. *Eur Heart J*, 2016;37:1044-1059.
2. GREENWOOD JP, RIPLEY DP, BERRY C *et al.* Effect of Care Guided by Cardiovascular Magnetic Resonance, Myocardial Perfusion Scintigraphy, or NICE Guidelines on

- Subsequent Unnecessary Angiography Rates: The CE-MARC 2 Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2016; 316:1051-1060.
3. JORDAN JH, D'AGOSTINO RB, HAMILTON CA *et al.* Longitudinal assessment of concurrent changes in left ventricular ejection fraction and left ventricular myocardial tissue characteristics after administration of cardiotoxic chemotherapies using T1-weighted and T2-weighted cardiovascular magnetic resonance. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014;7:872-879.
 4. EDWARDS NC, MOODY WE, YUAN M *et al.* Quantification of left ventricular interstitial fibrosis in asymptomatic chronic primary degenerative mitral regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014;7:946-953.
 5. ELLIMS AH, ILES LM, LING LH *et al.* A comprehensive evaluation of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy with cardiac magnetic resonance imaging: linking genotype with fibrotic phenotype. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2014;15:1108-1116.
 6. NADEL J, LANCEFIELD T, VOSKOBOINIK A *et al.* Late gadolinium enhancement identified with cardiac magnetic resonance imaging in sarcoidosis patients is associated with long-term ventricular arrhythmia and sudden cardiac death. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015;16:634-641.
 7. FONTANA M, PICA S, REANT P *et al.* Prognostic Value of Late Gadolinium Enhancement Cardiovascular Magnetic Resonance in Cardiac Amyloidosis. *Circulation*, 2015; 132:1570-1579.
 8. BANYPERSAD SM, FONTANA M, MAESTRINI V *et al.* T1 mapping and survival in systemic light-chain amyloidosis. *Eur Heart J*, 2015;36:244-251.
 9. HOSHI T, SATO A, AKIYAMA D *et al.* Coronary high-intensity plaque on T1-weighted magnetic resonance imaging and its association with myocardial injury after percutaneous coronary intervention. *Eur Heart J*, 2015;36:1913-1922.
 10. VALENTI V, Ó HARTAIGH B, HEO R *et al.* A 15-year warranty period for asymptomatic individuals without coronary artery calcium: a prospective follow-up of 9715 individuals. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2015;8:900-909.
 11. CHO I, CHANG HJ, Ó HARTAIGH B *et al.* Incremental prognostic utility of coronary CT angiography for asymptomatic patients based upon extent and severity of coronary artery calcium: results from the COronary CT Angiography Evaluation For Clinical Outcomes International Multicenter (CONFIRM) study. *Eur Heart J*, 2015;36:501-508.
 12. SHETH T, CHAN M, BUTLER C *et al.* Coronary Computed Tomographic Angiography and Vascular Events in Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation Study Investigators. Prognostic capabilities of coronary computed tomographic angiography before non-cardiac surgery: prospective cohort study. *BMJ*, 2015;350:h1907.
 13. DOUGLAS PS, HOFFMANN U, PATEL MR *et al.* PROMISE Investigators. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *N Engl J Med*, 2015;372:1291-1300.
 14. SCOT-HEART investigators. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet*, 2015;385:2383-2391.
 15. HLATKY MA, DE BRUYNE B, PONTONE G *et al.* PLATFORM Investigators. Quality of life and economic outcomes of assessing fractional flow reserve with computed tomography angiography: the PLATFORM study. *J Am Coll Cardiol*, 2015;66:2315-2323.
 16. DOUGLAS PS, DE BRUYNE B, PONTONE G *et al.* 1-Year Outcomes of FFRCT-Guided Care in Patients With Suspected Coronary Disease: The PLATFORM Study. *J Am Coll Cardiol*, 2016;68:435-445.
 17. BURRIS AC, BOURA JA, RAFF GL *et al.* Triple rule out versus coronary CT angiography in patients with acute chest pain: results from the ACIC Consortium. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2015;8:817-825.

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