

L'année cardiologique

Quoi de neuf en imagerie par IRM et scanner ?

IRM cardiovasculaire

1. Insuffisance coronaire

Une étude très importante est parue au cours de l'année écoulée, visant à évaluer deux stratégies de prise en charge pour guider la revascularisation chez le coronarien stable [1]. Les modalités de traitement du patient coronarien stable incluent la réduction des facteurs de risque, une thérapie médicamenteuse optimale guidée par les recommandations, et la revascularisation myocardique pour les patients qui présentent des symptômes persistants et/ou une ischémie documentée.

Chez les patients symptomatiques présentant un angor stable, deux stratégies sont communément utilisées afin d'asseoir le diagnostic et de guider la prise en charge :

- la première consiste à réaliser une coronarographie invasive afin de préciser l'anatomie coronaire et de se baser sur la mesure de la FFR en cas de sténose coronaire pour décider d'une éventuelle revascularisation ;
- la seconde s'appuie sur l'imagerie de perfusion myocardique au cours du

stress, notamment avec l'imagerie par résonance magnétique, afin de diagnostiquer et de préciser l'étendue d'une ischémie myocardique (**fig. 1**).

Le consensus retient que la revascularisation myocardique doit s'appuyer sur la mise en évidence d'une ischémie myocardique, sauf en cas de sténose du tronc commun [2]. Même s'il est établi que l'IRM de perfusion myocardique au cours du stress a une très bonne concordance avec la mesure de la FFR, il manquait des données pour confirmer l'efficacité de l'IRM de stress pour guider la revascularisation par rapport aux méthodes invasives.

En juin 2019 est parue dans le *New England Journal of Medicine* une étude multicentrique internationale (MR-INFORM) incluant 16 sites en Europe et en Australie, qui compare l'efficacité de la stratégie IRM de stress vs FFR, en suivant les événements cardiovasculaires à 1 an. Les critères d'inclusion sont les suivants : ≥ 18 ans, présentant un angor typique, ≥ 2 facteurs de risque, ou présentant un test d'effort positif. Les critères d'exclusion incluent : contre-indication à l'adénosine, fibrillation auriculaire ou > 20 ESV/min,



**J. GAROT, C. TAWA,
T. PEZEL, F. SANGUINETI**

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

FEVG $< 30\%$, NYHA III-IV, antécédent de pontage coronaire, angioplastie de moins de 6 mois, clairance de la créatinine < 30 mL/min/1,73 m². Les patients ont été randomisés 1:1 dans un groupe IRM de stress (n = 454) ou dans un groupe coronarographie invasive-FFR (n = 464).

>>> L'IRM de stress est réalisée dans des aimants à 1,5 T, avec imagerie de 1^{er} passage myocardique au cours d'une perfusion d'adénosine. Une imagerie de rehaussement tardif est effectuée à 10 minutes. Une ischémie myocardique est définie par une hypoperfusion myocardique (hyposignal) ayant au moins une de ces caractéristiques : ≥ 2 segments myocardiques contigus, sur 2 coupes adjacentes, ou transmurale sur un seul segment (environ 6 % de la masse myocardique) (**fig. 1**). Les patients ayant une ischémie myocardique significative ont bénéficié d'une coronarographie et la revascularisation a été guidée par la localisation du territoire ischémique.

>>> La FFR est réalisée dans tous les vaisseaux $\geq 2,5$ mm de diamètre présentant une sténose $\geq 40\%$. La revascularisation est indiquée en cas de FFR $\leq 0,8$. Les occlusions chroniques sont considérées comme étant FFR positives.



Fig. 1 : Images par résonance magnétique extraites d'une séquence de perfusion myocardique au cours du stress lors du premier passage transmyocardique de l'agent de contraste, mettant en évidence une hypoperfusion myocardique (flèches) révélatrice d'une ischémie myocardique provoquée.

Pour les 2 groupes, le choix de la méthode de revascularisation est basé sur les recommandations internationales.

Le critère de jugement primaire est un composite d'événements cardiovasculaires majeurs à 12 mois (décès de toute cause, infarctus du myocarde non fatal, revascularisation du vaisseau cible).

Les caractéristiques des patients ne montrent pas de différence entre les groupes en termes d'âge (62 ans), de sexe (72 % d'hommes), de fraction d'éjection (61 %), de symptômes (89 % angor classe II, 10 % classe III) ou de facteurs de risque. La probabilité pré-test de présenter une insuffisance coronaire est de 75 % dans les 2 groupes.

● Résultats

Le premier résultat notable est le taux d'IRM de stress négatives chez ces patients à probabilité élevée (224/454; 49 %). Au total, le pourcentage de patients ayant une IRM de stress positive (étendue médiane d'ischémie : 18 %) avec une coronarographie mettant en évidence au moins une sténose significative est de 41 %. Dans le groupe FFR, la coronarographie ne montre pas de lésion significative chez 167/464 patients (36 %). Le pourcentage de patients ayant au moins 1 lésion à la coronarographie avec une FFR $\leq 0,8$ est de 46 % (213/464). Le pourcentage de patients ayant bénéficié d'une revascularisation initiale est plus bas dans le groupe IRM de stress vs FFR (162 [35,7 %] vs 209 [45,0 %]; $p = 0,005$).

● Pronostic

Le suivi médian est de 375 jours avec un taux de perdus de vue de 7,3 %. Dans le groupe IRM de stress, 15/421 patients (3,6 %) ont présenté un événement du critère primaire à 1 an vs 16/430 (3,7 %) dans le groupe FFR, démontrant ainsi la non-infériorité de la stratégie avec l'IRM (**fig. 2**). Le pourcentage de patients ne souffrant plus d'angor après 1 an est

non significativement différent dans les 2 groupes (49,2 % pour le groupe IRM vs 43,8 % pour le groupe FFR; $p = 0,21$).

● Discussion

L'étude MR-INFORM démontre que, chez le coronarien présentant un angor stable et des facteurs de risque, l'utilisation de l'IRM de stress en 1^{re} ligne afin de guider la revascularisation est une stratégie non inférieure en termes pronostiques (événements cardiovasculaires majeurs à 1 an) à la méthode invasive coronarographie $\pm$ FFR. L'emploi de l'IRM est associé à un taux moindre de revascularisations. Seulement 48,2 % des patients du groupe IRM ont eu une coronarographie (vs 96,8 % dans le groupe FFR), malgré une probabilité pré-test de présenter une insuffisance coronaire de 75 %. De plus, 35,7 % des patients dans le groupe IRM ont bénéficié d'une revascularisation guidée vs 45,0 % dans le groupe FFR. Cette étude présente l'avantage de combiner l'approche diagnostique à l'approche thérapeutique du coronarien stable.

● Limites

Les bénéfices de la revascularisation coronaire chez le coronarien stable restent

contestés, au moins dans quelques sous-groupes de patients. Une des limites de l'étude est l'absence d'un 3^e groupe de patients traités médicalement de manière optimale. L'incidence d'événements cardiovasculaires majeurs est faible à 1 an, ce qui rendait plus aisée la démonstration de la non-infériorité de l'IRM d'un point de vue statistique. Cependant, les incidences sont identiques dans les 2 groupes. Enfin, la durée du suivi est assez courte.

MR-INFORM est une étude majeure qui renforce l'utilisation de l'IRM de stress en 1^{re} intention chez le coronarien stable, dans une démarche à la fois diagnostique et thérapeutique pour programmer une éventuelle revascularisation. Cette stratégie limite le recours à la coronarographie et le taux de revascularisation est moindre que dans le groupe coronarographie-FFR. Cette stratégie n'est pas inférieure, en termes pronostiques, sur la survenue d'événements cardiovasculaires majeurs à 1 an. L'aspect médico-économique n'a pas été étudié dans MR-INFORM mais il est clair que la stratégie par l'IRM est moins coûteuse. La prise en charge des facteurs de risque et le traitement médical optimal restent les bases de la prise en charge thérapeutique du coronarien.

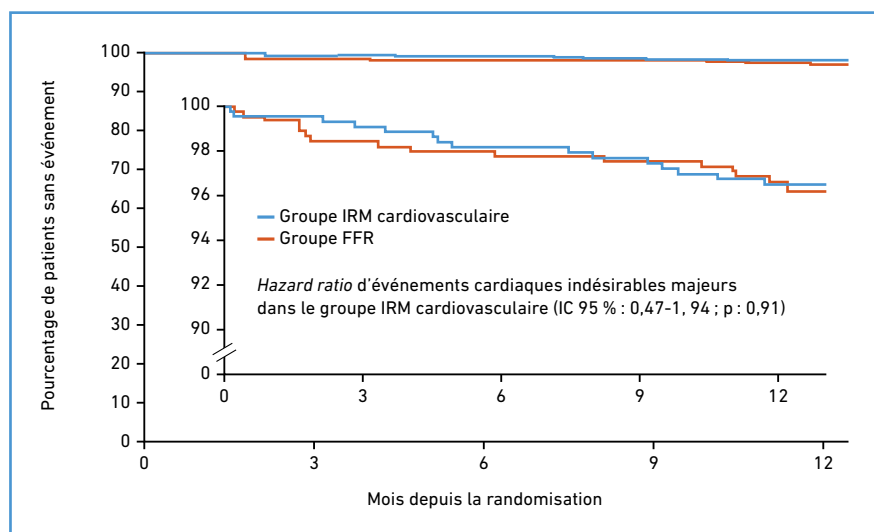


Fig. 2 : Courbes de Kaplan-Meier illustrant la survie sans événement à 1 an pour les 2 groupes.

L'année cardiologique

Scanner cardiaque

1. FFR-CT/imagerie de perfusion

Plusieurs études ont mis en évidence l'efficacité diagnostique de l'imagerie de perfusion myocardique par scanner au cours du stress et de la FFR-CT.

>>> Une 1^{re} étude italienne a comparé l'angiographie coronaire par scanner avec l'imagerie de perfusion sous adénosine en prenant l'angiographie conventionnelle et la FFR comme méthodes de référence, chez des patients ayant un antécédent de stent coronaire et une suspicion de resténose ou de progression de la maladie coronaire [3]. Les patients inclus sont cliniquement stables et adressés pour une coronarographie invasive en raison de symptômes. Ainsi, 150 patients (132 hommes ; âge moyen $65,1 \pm 9,1$ ans) ont bénéficié d'une coronarographie (+ FFR lorsque indiquée) et d'une angiographie coronaire par scanner avec une imagerie de perfusion myocardique sous adénosine (repos-stress).

Par comparaison à la coronarographie invasive, les auteurs démontrent que l'efficacité diagnostique de l'imagerie de perfusion au cours du stress en scanner est supérieure à celle de l'angiographie coronaire seule, en analyse par territoire ($92,1\% \text{ vs } 85,5\%$; $p < 0,03$) et par patient ($86,7 \text{ vs } 76,7\%$; $p < 0,03$) (**fig. 3**). L'association de l'analyse de l'imagerie de perfusion et de l'angiographie coronaire

non invasive a la meilleure efficacité diagnostique vs la coronarographie ($95,8\%$ en analyse par territoire). L'irradiation du protocole imagerie de perfusion + angiographie coronaire est de $4,15 \pm 1,5$ mSv. Les auteurs concluent que, chez les patients symptomatiques avec un antécédent de stent coronaire, l'imagerie de perfusion myocardique au cours du stress par scanner permet d'améliorer l'efficacité diagnostique par rapport à une angiographie coronaire seule, en prenant la coronarographie-FFR comme référence.

>>> Une étude internationale a évalué la performance diagnostique de la FFR-CT en la comparant avec l'angiographie coronaire par scanner, la scintigraphie myocardique monophotonique (SPECT) et la tomographie par émission de positrons (TEP) pour le diagnostic d'insuffisance coronaire [4]. L'étude a inclus 208 patients ayant une coronaropathie stable suspectée qui ont bénéficié d'un scanner 256 coupes, d'une scintigraphie 99mTc -tetrofosmin SPECT, d'une TEP [^{15}O] H_2O et d'une coronarographie avec FFR invasive au niveau des 3 vaisseaux coronaires. Les images ont été interprétées dans des *core labs* indépendants et la référence pour le diagnostic est une $\text{FFR} \leq 0,8$.

Au total, 505/612 (83 %) vaisseaux ont pu être évalués par FFR-CT. La FFR-CT a une efficacité diagnostique, sensibilité et spécificité de 87 %, 90 % et 86 % en

analyse par vaisseau et 78 %, 96 % et 63 % en analyse par patient. L'aire sous les courbes ROC pour l'identification des lésions ischémiantes est significativement supérieure pour la FFR-CT (0,94 et 0,92) par rapport à l'angiographie coronaire non invasive (0,83 et 0,81 ; $p < 0,01$) et le SPECT (0,70 et 0,75 ; $p < 0,01$), en analyse par vaisseau et par patient, respectivement. Cette aire sous la courbe est également supérieure pour la FFR-CT vs la TEP en analyse par vaisseau (0,94 vs 0,87 ; $p < 0,01$), mais pas en analyse par patient (0,92 vs 0,91 ; NS). Ces résultats ont été obtenus dans des centres experts et 17 % des vaisseaux n'ont pu être analysés en FFR-CT.

>>> Cette autre étude a comparé, chez 85 patients symptomatiques consécutifs, l'efficacité diagnostique de l'imagerie de perfusion myocardique au cours du stress associée à l'angiographie coronaire non invasive et la FFR-CT, en prenant la coronarographie invasive-FFR comme méthode de référence [5]. La prévalence d'une sténose coronaire significative est de 57 %. La sensibilité et la spécificité de l'angiographie coronaire non invasive seule, de l'angiographie coronaire non invasive + FFR-CT et de l'angiographie coronaire non invasive + imagerie de perfusion sont de 83 % et 66 %, 86 % et 75 %, et 73 % et 86 %, respectivement.

L'addition de la FFR-CT mais aussi de l'imagerie de perfusion améliore l'aire sous la courbe ROC (0,876 et 0,878, respectivement) par rapport à l'angiographie coronaire non invasive seule (0,826 ; $p < 0,05$). La stratégie de réaliser séquentiellement angiographie coronaire + FFR-CT + imagerie de perfusion permet d'obtenir la meilleure aire sous la courbe (0,92 ; $p < 0,05$). La dose efficace moyenne est de $2,8 \pm 1,2$ mSv pour l'angiographie coronaire et $5,3 \pm 0,7$ mSv pour l'imagerie de perfusion.

>>> Le registre international ADVANCE a permis d'analyser l'impact à 1 an de l'emploi de la FFR-CT sur la prise en charge des patients et le pronostic [6].

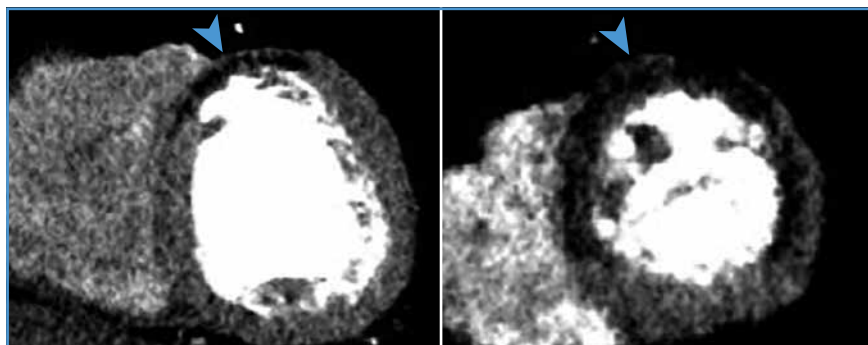


Fig. 3 : Images de perfusion myocardique acquises en scanner au cours du stress sous adénosine mettant en évidence une hypoperfusion myocardique antérieure (flèches) chez un patient qui présentait une sténose de l'IVA. Remerciements : L. Macron, Centre Cardiologique du Nord, Saint-Denis.

Ainsi, 5 083 patients présentant une suspicion d'insuffisance coronaire avec des lésions coronaires identifiées sur le scanner ont été inclus dans 38 centres internationaux de juillet 2015 à octobre 2017. Les modalités de prise en charge et les événements à 1 an ont été recueillis dans un *core lab* spécifique indépendant.

À 1 an, 449 (9 %) patients ont été perdus de vue. Une revascularisation coronaire a été réalisée chez 1 208 patients (38 %) ayant une FFR-CT $\leq 0,8$ et chez 89 patients ayant une FFR-CT $> 0,8$ (risque relatif 6,87). Un événement cardiaque majeur (décès, infarctus, syndrome coronaire aigu avec revascularisation urgente) est survenu chez 55 patients. Parmi eux, 43 avaient une FFR-CT $\leq 0,8$ et 12 une FFR-CT $> 0,8$ (RR : 1,81). Un décès toute cause ou un infarctus est survenu chez 38 patients (1,2 %) ayant une FFR-CT $\leq 0,8$ et chez 10 patients (0,6 %) avec une FFR-CT $> 0,8$ (RR : 1,92). Un décès d'origine cardiovasculaire ou un infarctus est survenu chez 25 patients (0,8 %) ayant une FFR-CT $\leq 0,8$ et chez 3 patients (0,2 %) avec une FFR-CT $> 0,8$ (RR : 4,22).

2. Caractéristiques de la plaque

L'année 2019 a également été marquée par de nombreuses publications qui mettent en évidence le caractère pronostique de l'étude des composants de la plaque, au-delà du simple degré de sévérité de la sténose.

>>> Dans l'étude multicentrique italienne CAPIRE, une cohorte de 544 patients avec une suspicion de coronaropathie ont bénéficié d'une angiographie coronaire par scanner [7]. Les patients ont été divisés en un groupe à faible risque (0 ou 1 facteur de risque, à l'exception du diabète) et un groupe à risque élevé (≥ 3 facteurs de risque). Différents aspects complexes d'analyse de la plaque ont été étudiés et le critère de jugement clinique est un critère combiné (syndrome coronaire aigu [SCA], décès cardiaque + SCA, décès cardiaque + SCA + revascularisation).

Ainsi, 522 patients ont eu un suivi moyen de 37 ± 10 mois. Les patients ayant ≥ 3 facteurs de risque ont un volume d'athérome plus élevé, mais la prévalence de plaques non calcifiées volumineuses ne diffère pas dans les 2 groupes. La présence de plaques volumineuses non calcifiées est associée de manière indépendante à la survenue d'événements cliniques (SCA).

>>> Une étude asiatique a évalué les relations existant entre la sévérité d'une sténose coronaire et les caractéristiques des plaques à haut risque (surface luminale minimale $< 4 \text{ mm}^2$, volume de plaque $\geq 70 \%$, plaque à faible atténuation, remodelage positif, signe du *napkin-ring*, calcification focale), mais également les implications pronostiques de ces caractéristiques des plaques à haut risque [8]. Un total de 772 vaisseaux chez 299 patients ont été évalués par angiographie coronaire non invasive et FFR. Les patients ont été suivis 5 ans pour la survenue d'événements cardiovasculaires (revascularisation guidée par une ischémie myocardique, infarctus, décès cardiaque). Les résultats montrent que la proportion de lésions ayant ≥ 3 caractéristiques de plaques à haut risque est significativement réduite à mesure que la FFR augmente (58,6 %, 46,5 %, 36,8 %, 15,7 %, et 3,5 % pour FFR $\leq 0,60$, $0,61 \leq 0,70$, $0,71 \leq 0,80$, $0,81 \leq 0,90$, et $> 0,90$, respectivement ; $p < 0,001$). La FFR et le nombre de caractéristiques de plaques à haut risque sont associés significativement au risque de survenue d'événements cardiovasculaires ($p = 0,008$ et $p = 0,023$, respectivement).

Dans le groupe FFR $> 0,8$, les lésions ayant ≥ 3 caractéristiques de plaques à haut risque présentent un risque de survenue d'événements supérieur à celles ayant < 3 caractéristiques (15,0 % vs 4,3 % ; RR : 3,964 ; $p = 0,007$). La présence de ≥ 3 caractéristiques de plaques à haut risque est un facteur prédictif indépendant de survenue d'événements en analyse multivariée. En revanche, il n'y a pas de différence de taux d'événements

cardiovasculaires en fonction du nombre de caractéristiques de plaques à haut risque dans le groupe FFR $\leq 0,8$. Les auteurs concluent que les implications pronostiques du nombre de caractéristiques de plaques à haut risque diffèrent en fonction de la FFR. L'évaluation de la sévérité de la sténose associée à l'étude des caractéristiques de la plaque (vulnérabilité) pourrait permettre une meilleure stratification du risque que l'évaluation isolée d'un des 2 composants, particulièrement en cas de FFR $> 0,8$.

>>> L'étude écossaise SCOT-HEART a analysé les caractéristiques des plaques sur le scanner coronaire (remodelage positif, plaques à faible atténuation, degré d'obstruction, calcification) chez 1 769 patients (56 % d'hommes ; âge moyen 58 ± 10 ans) qui ont été suivis 5 ans [9]. Au total, 608 patients (34 %) présentent des lésions avec ≥ 1 caractéristique de plaques à haut risque. La survenue de décès cardiovasculaires ou d'infarctus est 3 fois plus fréquente en cas de plaques à risque ($n = 25/608$ [4,1 %] vs $n = 16/1,161$ [1,4 %] ; $p < 0,001$; RR : 3,01 ; $p = 0,001$) et 2 fois plus fréquente en cas de sténose obstructive ($n = 22/452$ [4,9 %] vs $n = 16/671$ [2,4 %] ; RR : 1,99 ; $p = 0,036$). Les patients ayant des lésions obstructives avec des caractéristiques de plaques à haut risque ont les taux d'événements les plus élevés (RR : 11,5 ; $p < 0,001$).

>>> Van Rosendael *et al.* ont analysé, non seulement la sévérité de la sténose coronaire, mais également intégré les paramètres de composition de la plaque, sa localisation, son extension, afin d'établir un score intégré de risque chez 2 134 patients ayant une suspicion d'insuffisance coronaire [10]. Les auteurs ont montré que ce nouveau score intégré offre une meilleure discrimination pronostique comparé à l'analyse seule de la sévérité de la sténose.

>>> Chez les patients tritonculaires ou avec une lésion du tronc commun, Collet *et al.* ont montré que les décisions de

L'année cardiologique

revascularisation de différentes *Heart Team* (angioplastie, pontage, angioplastie et pontage équivalents) analysant les images en aveugle sont concordantes lorsque la décision est basée sur l'analyse du scanner ou celle de la coronarographie [11]. Ces données suggèrent que la seule analyse du scanner a le potentiel pour décider du type de revascularisation chez ces patients.

>>> L'inflammation de l'artère coronaire inhibe l'adipogenèse au niveau de la graisse périvasculaire. L'index d'atténuation de la graisse périvasculaire (IAGP) est un nouveau biomarqueur d'imagerie qui permet de détecter l'inflammation coronaire en cartographiant au scanner les modifications locales de l'atténuation de la graisse périvasculaire. Nous avons vu que l'étude CRISP-CT avait montré une valeur pronostique de cet indice [12]. Plusieurs études ont confirmé l'intérêt de mesurer la densité de la graisse péri coronaire en scanner. Chez des patients stables présentant des plaques coronaires à risque au scanner, une augmentation de densité de la graisse péri coronaire est associée à une captation focale du ^{18}F -NaF à la tomographie par émission de positrons [13]. On sait que l'augmentation de densité de la graisse péri coronaire est associée à l'inflammation vasculaire et la captation du ^{18}F -NaF au taux de calcification des plaques. Ces nouveaux marqueurs vont permettre une analyse plus fine des plaques coronaires à risque.

3. Irradiation

Le registre international PROTECTION VI montre que la réduction des potentiels du tube (kV) permet de réduire très significativement la dose en coroscanner (jusqu'à 50-68 % de réduction de dose pour des potentiels ≤ 80 kV), mais également la quantité de contraste (13-25 % de réduction pour des potentiels ≤ 80 kV) [14]. Cette réduction des potentiels s'accompagne d'un maintien du nombre d'examen de qualité diagnostique, et d'une augmentation

significative des rapports signal/bruit et contraste/bruit. En fonction de critères d'éligibilité d'IMC, 58 % des patients de ce registre auraient pu bénéficier de potentiels bas de 90 kV et 44 % de 80 kV. Cette stratégie de réduction des potentiels du tube est efficace pour réduire la dose en coroscanner, de même que la quantité de contraste, sans altérer la qualité des images, mais elle reste pourtant très sous-utilisée.

BIBLIOGRAPHIE

1. NAGEL E, GREENWOOD JP, McCANN GP *et al.* Magnetic Resonance Perfusion or Fractional Flow Reserve in Coronary Disease. *N Engl J Med*, 2019;380:2418-2428.
2. WINDECKER S, KOLH P, ALFONSO F *et al.* 2014 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization: the Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*, 2014;35:2541-2619.
3. ANDREINI D, MUSHTAQ S, PONTONE G *et al.* CT Perfusion Versus Coronary CT Angiography in Patients With Suspected In-Stent Restenosis or CAD Progression. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019. pii: S1936-878X(19)30590-X. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.05.031.
4. DRIESSEN RS, DANAD I, STUIJFZAND WJ *et al.* Comparison of Coronary Computed Tomography Angiography, Fractional Flow Reserve, and Perfusion Imaging for Ischemia Diagnosis. *J Am Coll Cardiol*, 2019;73:161-173.
5. PONTONE G, BAGGIANO A, ANDREINI D *et al.* Dynamic Stress Computed Tomography Perfusion With a Whole-Heart Coverage Scanner in Addition to Coronary Computed Tomography Angiography and Fractional Flow Reserve Computed Tomography Derived. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019. pii: S1936-878X(19)30250-5. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.02.015.
6. PATEL MR, NØRGAARD BL, FAIRBAIRN TA *et al.* 1-Year Impact on Medical Practice and Clinical Outcomes of FFRCT: The ADVANCE Registry. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019. pii: S1936-878X(19)30227-X. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.03.003.
7. ANDREINI D, MAGNONI M, CONTE E *et al.* Coronary Plaque Features on CTA Can Identify Patients at Increased Risk of Cardiovascular Events. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019. pii: S1936-878X(19)30611-4. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.06.019.
8. LEE JM, CHOI KH, KOO BK *et al.* Prognostic Implications of Plaque Characteristics and Stenosis Severity in Patients With Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol*, 2019;73:2413-2424.
9. WILLIAMS MC, MOSS AJ, DWECK M *et al.* Coronary Artery Plaque Characteristics Associated With Adverse Outcomes in the SCOT-HEART Study. *J Am Coll Cardiol*, 2019;73:291-301.
10. VAN ROSENDAEL AR, SHAW LJ, XIE JX *et al.* Superior Risk Stratification With Coronary Computed Tomography Angiography Using a Comprehensive Atherosclerotic Risk Score. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019. pii: S1936-878X(18)31036-2. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.10.024.
11. COLLET C, ONUMA Y, ANDREINI D *et al.* Coronary computed tomography angiography for heart team decision-making in multivessel coronary artery disease. *Eur Heart J*, 2018;39:3689-3698.
12. OIKONOMOU EK, MARWAN M, DESAI MY *et al.* Non-invasive detection of coronary inflammation using computed tomography and prediction of residual cardiovascular risk (the CRISP CT study): a post-hoc analysis of prospective outcome data. *Lancet*, 2018;392:929-939.
13. KWIECINSKI J, DEY D, CADET S *et al.* Pericoronary Adipose Tissue Density Is Associated With ^{18}F -Sodium Fluoride Coronary Uptake in Stable Patients With High-Risk Plaques. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019; pii: S1936-878X(19)30076-2. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.11.032.
14. STOCKER TJ, LEIPSIC J, HADAMITZKY M *et al.* Application of Low Tube Potentials in CCTA: Results From the PROTECTION VI Study. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019; pii: S1936-878X(19)30449-8. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.03.030.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.