

CONTRIBUTION DU SCANNER CORONAIRE AU DIAGNOSTIC DE MALADIE CORONAIRE

C. PIRLET (1), L. PIÉRARD (2), P. LANCELLOTTI (3), P. BRUYÈRE (4), A. NCHIMI (4), V. LEGRAND (5), L. DAVIN (3)

RÉSUMÉ : Le scanner coronaire est un examen récent dans l'exploration de la maladie coronarienne. A partir du cas clinique d'un patient avec une douleur thoracique, nous discutons de la place du scanner coronaire dans l'évaluation du patient coronarien.

MOTS-CLÉS : *Scanner coronaire - Test d'effort - Angor stable - Maladie coronarienne - Ischémie*

CT CORONARY ANGIOGRAPHY FOR THE DIAGNOSIS OF CORONARY HEART DISEASE

SUMMARY : Coronary computed tomography is an emerging technique for the diagnosis of coronary heart disease. Based on a clinical case, we discuss the diagnostic evaluation of chest pain and the role of coronary CT.

KEYWORDS : *Coronary CT - Exercise testing - Stable angina - Coronary artery disease - Ischemia*

INTRODUCTION

La coronarographie par tomodensitométrie multi-barrettes (scanner coronaire) est une technique d'imagerie en continuelle amélioration. Elle permet l'évaluation de l'anatomie et de la perméabilité des vaisseaux coronaires et la caractérisation tissulaire des plaques. Les défis technologiques en scanner cardiaque sont dictés par les besoins cliniques : 1) obtenir des résultats interprétables chez des patients avec score calcique élevé, 2) visualiser la lumière intrastent et diagnostiquer l'hyperplasie intimale, 3) différencier une sténose modérée-intermédiaire à 30-60% d'une sténose significative supérieure à 70%, 4) réaliser des images avec des fréquences cardiaques élevées ou irrégulières, 5) diminuer le temps d'apnée, 6) évaluer la perfusion myocardique, 7) analyser le contenu de la plaque, 8) maîtriser la dose d'irradiation délivrée au patient et 9) simplifier le traitement des images. Pour atteindre ces résultats, il est nécessaire de disposer d'un scanner permettant d'obtenir une résolution spatiale élevée, une résolution temporelle adaptée au rythme du patient, avec des techniques d'acquisition et de reconstruction des données permettant de réduire la dose d'irradiation tout en optimisant la qualité d'image. Deux techniques de synchronisation (gating) à l'ECG sont utilisées : l'une, basée sur un gating prospectif qui active le tube à rayon X seulement pendant le temps requis pour l'acquisition totale ou partielle des images

(au moment où les mouvements cardiaques sont les moins importants, typiquement en diastole) avec l'avantage d'une irradiation plus faible et, l'autre, procédant par gating rétrospectif permettant une résolution temporelle plus élevée avec possibilité de reconstruction des images dans une phase du cycle cardiaque au choix. La qualité de l'image est inversement proportionnelle à la fréquence cardiaque et un rythme irrégulier peut compromettre la qualité de l'examen. Soixante à 100 ml de produit de contraste iodé sont injectés en intraveineux et des coupes fines transaxiales du myocarde sont obtenues lors d'une apnée de 5 à 10 secondes.

L'imagerie du cœur par CT scanner ne se limite pas à l'analyse de la maladie coronarienne. Cet examen non invasif est également proposé dans d'autres indications (1, 2), comme l'étude des dimensions des gros vaisseaux, la cartographie des veines pulmonaires avant une procédure d'ablation, l'étude de la forme, des dimensions et de la charge calcique des valves, le repérage des veines cardiaques en vue de l'implantation d'un stimulateur cardiaque avec resynchronisation biventriculaire et la description précise d'anomalies anatomiques coronaires.

PLACE DU SCANNER CORONAIRE DANS LA STRATÉGIE DIAGNOSTIQUE DE LA MALADIE CORONAIRE

L'exploration de la maladie coronarienne stable s'envisage selon une approche Bayésienne (3) où la probabilité pré-test de présence d'une maladie coronarienne définit la stratégie diagnostique (tableaux I, II) (4). On stratifie dès lors en probabilité faible (< 10%), modérée (10-90%) ou élevée (> 90%) de présence d'une maladie coronarienne selon la présentation cli-

(1) Assistant, (2) Chef de Service, (3) Chef de Clinique, (5) Chef de Service Associé, Service de Cardiologie, CHU de Liège.
(4) Chef de Clinique, Service d'Imagerie médicale, Imagerie thoracique et cardiologique, CHU de Liège.

TABLEAU I. INDICATIONS DES DIFFÉRENTS EXAMENS SELON LA PROBABILITÉ PRÉ-TEST D'UNE MALADIE CORONARIENNE (ADAPTÉ DES GUIDELINES ON MYOCARDIAL REVASCLARIZATION) (4)

| | Asymptomatique | Symptomatique | | |
|-------------------------|----------------|---|---------|--------|
| | | Probabilité pré-test d'une maladie coronarienne | | |
| | | Faible | Moyenne | Elevée |
| Coronarographie | III A | III A | I Ib A | I A |
| CT coronaire | III B | I Ib B | I Ia B | III B |
| Echographie de stress | III A | III A | I A | III A |
| Scintigraphie de stress | III A | III A | I A | III A |
| IRM de stress | III B | III A | I Ia B | III A |
| PET perfusion | III B | III A | I Ia B | III A |

nique, l'âge, le sexe et les facteurs de risques cardio-vasculaires.

En présence d'une symptomatologie très suspecte d'angor et d'un risque élevé de maladie coronarienne, la coronarographie est indiquée d'emblée.

Quand le risque de présence de maladie coronarienne est intermédiaire, l'exploration fonctionnelle à la recherche d'ischémie est privilégiée par rapport à l'identification anatomique d'une sténose coronarienne, dans la mesure où c'est l'ischémie et, donc, les répercussions hémodynamiques de la sténose qui sont la cible d'un traitement éventuel (5, 6). La place du scanner coronaire dans le cadre d'un risque intermédiaire est également validée dans les recommandations européennes de 2010 (4), mais il s'agit d'une recommandation moins favorable que pour les explorations fonctionnelles. Les recommandations américaines, actualisées en 2012, confortent cette position, particulièrement si le patient est incapable de réaliser un effort, si l'épreuve d'effort est ininterprétable ou encore si les symptômes persistent malgré une exploration fonctionnelle rassurante (7).

Dans le cadre d'un faible risque, le scanner coronaire peut être indiqué, en raison de sa valeur prédictive négative (VPN) élevée pour la détection de sténoses supérieures à 50%, car il permet d'exclure une maladie coronarienne à l'origine des symptômes. Lorsqu'on

TABLEAU II. INDICATIONS DU SCANNER CORONAIRE SELON LES RECOMMANDATIONS ACC/AHA 2012 (7)

| | Probabilité pré-test d'une maladie coronarienne | | | |
|--|---|---------|--------|--------|
| | Faible | Moyenne | Elevée | |
| Capable de fournir un effort | | X | | I Ib B |
| Incapable de fournir un effort | X | X | | I Ia B |
| Persistance de symptômes après un test normal | | X | | I Ia C |
| Test d'effort ou pharmacologique non concluant | | X | | I Ia C |
| Incapable de réaliser une échographie ou une scintigraphie de stress | | X | | I Ia C |

analyse les résultats d'une trentaine d'études unicentriques portant sur le scanner coronaire à 16 ou 64 barrettes, la VPN la plus faible est de 92% et la plupart ont une VPN supérieure à 97% (8). Une méta-analyse (9) regroupant une quarantaine d'études affiche une VPN à 99%. D'aucuns critiquent le fait que ces études s'intéressent à des populations de patients où la prévalence de la maladie coronarienne est élevée contrairement à la population cible du scanner coronaire. Or, si l'on applique le théorème de Bayes, la valeur prédictive d'un examen se voit majorée en cas de diminution de la prévalence de la maladie dans une population (10). Enfin, trois études prospectives multicentriques ont été réalisées avec des scanners coronaires à 64 barrettes. Au cours de l'étude ACCURACY (11), 230 patients à risque intermédiaire ont été soumis au scanner coronaire et à la coronarographie. Cette étude montre une VPN à 99% pour la détection de sténoses supérieures à 50% et à 70%. L'étude de Meiboom et al (12) (360 patients), la seule étude multicentrique réalisée avec des appareils de fabricants différents, retrouve la même VPN chez des patients à plus haut risque. Paradoxalement, l'étude CORE 64 (13) (291 patients) ne vérifie pas ces données avec une valeur prédictive négative à 83%.

Rappelons que, en Belgique, selon la nomenclature INAMI, en cas de cardiopathie ischémique chronique, la coronarographie n'est remboursée qu'après avoir effectué au moins un test préalable d'ischémie fonctionnelle du myocarde (test d'effort, écho-stress, scintigraphie

ou IRM de stress du myocarde) qui démontre l'ischémie (14).

DERNIÈRES AVANCÉES TECHNOLOGIQUES ET PERSPECTIVES D'AVENIR

De nouveaux détecteurs, 80 à 100 fois plus rapides que les détecteurs conventionnels, avec une rémanence 4 fois moindre, permettent de multiplier le nombre de données brutes par 2,5 par rapport à un détecteur conventionnel et, par conséquent, de disposer d'un nombre important de mesures afin d'augmenter la résolution spatiale.

Concernant la résolution temporelle, elle peut être améliorée soit en augmentant la vitesse de rotation du tube à rayons X, soit en disposant de deux tubes pour acquérir une image sur une rotation de 90° au lieu des 180° habituellement requis. Quant à la gestion des arythmies, les battements cardiaques erratiques sont éliminés en temps réel lors de l'acquisition des données en mode prospectif.

La rapidité d'acquisition des nouveaux scanners offre la possibilité de réaliser des examens en un seul battement cardiaque, soit avec une couverture très large, soit en mode spiralé double tube avec une vitesse d'avancement de la table très élevée. Ces dernières technologies permettent une acquisition rapide et à faible dose (< 5mSv). Réaliser l'analyse de la perfusion myocardique au repos et sous stimulation pharmacologique devient alors possible à des doses d'irradiation acceptable.

Les techniques de double énergie consistent à recueillir des données brutes à deux niveaux d'énergie distincts dans la même acquisition pour ensuite décomposer l'image en matériaux élémentaires (iode, eau, graisse, calcium, etc.). Cette décomposition améliore la visualisation des différents composants de la plaque d'athérome et permet également, en isolant la composante en iode de l'image, d'augmenter significativement la sensibilité du scanner pour l'étude de la perfusion du myocarde. L'idée de l'imagerie spectrale est d'avoir un détecteur capable de différencier les rayons X qui sortent du patient en fonction de leur énergie. Cela permet de mesurer, non plus une simple atténuation moyenne des tissus sur l'ensemble du spectre, mais l'atténuation de ces tissus pour différentes énergies de photons X, caractéristique spécifique de chaque tissu. De nouveaux agents de contraste avec marqueurs nano-particules à l'or ciblant les macrophages et destinés

à détecter les plaques d'athérosclérose vulnérables sont à l'étude.

La réduction de la dose de rayons reste une préoccupation capitale. Historiquement, l'exploration des coronaires était l'un des examens délivrant une des doses les plus importantes au patient (de 15 à 20 mSv). L'acquisition prospective a permis de réduire la fenêtre d'exposition au rayonnement à la diastole et d'ainsi diviser la dose par un facteur 5. La méthode de reconstruction itérative permet aujourd'hui de découpler la résolution spatiale et le bruit tout en diminuant très significativement la dose.

Enfin, une étude récente (15) a montré une performance diagnostique élevée d'une nouvelle méthode non invasive de la mesure de la fraction de réserve du flux coronaire au moyen d'une technique de fluides dynamiques appliqués au scanner coronaire (Non invasive FFRct).

CAS CLINIQUE

Une femme de 50 ans se présente en consultation de cardiologie car elle se plaint d'une douleur thoracique rétrosternale latéralisée à droite avec, le plus souvent, une sensation d'oppression intense depuis quelques mois. La douleur n'est pas irradiée ou modifiée par les mouvements respiratoires. Cette douleur apparaît exclusivement, mais pas systématiquement, lors de ses activités sportives (elle pratique le volley-ball), essentiellement lorsqu'elle dépasse un certain seuil d'effort. Les symptômes, bien qu'atypiques, pourraient correspondre à de l'angor.

Les facteurs de risques cardio-vasculaires se limitent à une dyslipidémie traitée par statine et à un tabagisme interrompu il y a de nombreuses années. Elle ne présente ni hypertension, ni diabète. Il n'y a pas d'antécédent personnel ou familial de maladie coronarienne.

L'examen clinique est normal. En particulier, la propédeutique cardio-vasculaire est sans particularité; les paramètres de fréquence cardiaque et de pression artérielle sont dans les normes au repos et l'échographie cardiaque trans-thoracique de repos ne révèle aucun élément pathologique. Un test d'effort est réalisé sur un cyclo-ergomètre. Une charge maximale de 120 watts par paliers de 30 watts est atteinte. La pression artérielle s'élève jusqu'à 170/75 mmHg. Le test s'avère cliniquement négatif, mais à l'ECG, un discret sous-décalage ascendant non significatif et peu spécifique est

détecté à 88% de la fréquence cardiaque maximale théorique.

Devant une anamnèse potentiellement suspecte pour un angor d'effort, un complément d'investigation s'impose. Une échocardiographie de stress est proposée, mais s'avère peu contributive en raison d'une épreuve sous-maximale. Un scanner coronaire est alors prescrit. Cet examen révèle une athéromasie calcifiante, diffuse, modérée, n'entraînant pas de sténose significative (fig. 1).

DISCUSSION

La patiente de notre cas clinique présentait une probabilité pré-test de maladie coronarienne modérée (32,4% +/-3%) (3). L'ECG d'effort n'est pas concluant et une évaluation fonctionnelle avec imagerie doit être réalisée. Dans l'hypothèse où celle-ci se révèle négative ou non contributive, en présence d'une symptomatologie persistante et compatible avec un angor, la patiente doit être adressée pour une coronarographie ou un scanner coronaire, ce dernier examen étant préféré si le patient est considéré à risque faible ou modéré. Ici, par rapport à la symptomatologie présentée, en l'absence de sténose significative, le scanner coronaire a permis d'exclure définitivement une étiologie liée à une éventuelle athérosclérose coronaire.

Le test d'effort classique est souvent l'examen effectué en première intention, principalement en raison de sa disponibilité et de son coût. Trois méta-analyses ont regroupé les études évaluant la performance du test d'effort (16-18). La plus importante (16) reprend 147 études comprenant un total de 24.074 patients. Les sensibilités et spécificités moyennes rapportées sont respectivement de 68% et de 77%. Ces données seraient encore moins favorables chez les individus de sexe féminin (18-20). Cependant, la méthodologie de ces études est fort variable et il existe une grande disparité entre les résultats. Par ailleurs, ces données peuvent être biaisées par le fait que, dans la plupart des études, les patients qui ont un test d'effort négatif ne sont pas soumis à la coronarographie. Ce biais conduit à une surestimation de la sensibilité. Une seule étude portant sur 814 patients a été conçue pour soumettre tous les patients au test d'effort et à la coronarographie (21). Dans ces conditions, la sensibilité est de 45% et la spécificité est de 85%. Il en ressort que, pour le diagnostic de maladie coronarienne, le test d'effort conventionnel

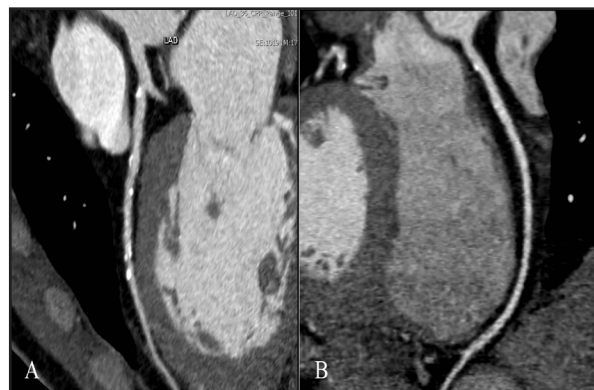


Figure 1. Scanner coronaire. Reconstruction multiplanaire courbe (curved MPR) dans le plan de l'IVA (A) et de la coronaire droite (B) : athéromasie calcifiante modérée n'entraînant pas de sténose significative.

se caractérise par une spécificité satisfaisante, mais une sensibilité souvent médiocre.

Notre cas clinique illustre une des limites du test d'effort - une sensibilité médiocre pour détecter une maladie coronarienne monotrunculaire. Or, il s'agit d'un point crucial puisque le test d'effort est régulièrement utilisé en routine pour exclure une maladie coronarienne. Le scanner coronaire, quant à lui, pallie en partie les limites du test d'effort. En effet, il s'agit de l'examen statistiquement le plus fiable pour exclure une maladie coronarienne. En outre, il peut être effectué chez des patients incapables de fournir un effort et il apporte des informations quant à la localisation de la maladie coronarienne.

Le scanner coronaire présente cependant un inconvénient majeur lié au fait que ce test procure une évaluation anatomique sans tenir compte des répercussions physiologiques de la maladie coronarienne qui, *in fine*, déterminent le pronostic du patient et les indications thérapeutiques. Autrement dit, un scanner coronaire révélant une athérosclérose n'implique pas une maladie coronaire responsable d'ischémie et de symptômes. Ainsi, une occlusion coronaire parfaitement compensée par collatéralité (détectée par le scanner coronaire) peut n'avoir aucune répercussion physiologique (test d'effort normal). Seulement 45-50% des patients avec un scanner coronaire positif ont une ischémie démontrée en scintigraphie de stress (22). Une étude comparant le scanner coronaire à l'évaluation invasive de la mesure de la fraction de réserve du flux coronaire (FFR) (23) met en évidence un taux élevé de faux positifs (26%) et une spécificité médiocre (64%). La valeur prédictive positive par rapport à la coronarographie est faible dans l'étude de Meijboom et

al. (12) (47%) et dans ACCURACY (11) (64% pour des sténoses > 50%).

Indépendamment des répercussions fonctionnelles, le scanner coronaire surestime la sévérité des lésions par rapport à leur évaluation en coronarographie (12). Cette surestimation est surtout liée à une surestimation de la sévérité des lésions calcifiées car une charge calcique élevée au niveau d'une plaque d'athérosclérose induit des artéfacts rendant l'analyse endoluminale et l'analyse de la paroi difficiles (11). Une fois que la maladie coronarienne est avérée ou fortement suspectée, le scanner coronaire perd de son utilité au profit des explorations fonctionnelles qui permettent de stratifier le risque, poser les indications thérapeutiques et assurer le suivi.

De plus, le scanner coronaire comporte certains inconvénients. Ainsi, il requiert l'injection de produit de contraste iodé et une irradiation qui peut parfois être jugée excessive (en fonction du mode d'acquisition utilisé). Par conséquent, le scanner coronaire ne peut pas être considéré comme un examen de routine et, *a fortiori*, de dépistage. Ensuite, la qualité de l'examen dépend du rythme et de la fréquence cardiaque du patient. L'acquisition d'images sera de moins bonne qualité chez des patients tachycardes ou en fibrillation auriculaire, par exemple. Signalons également que le scanner coronaire est moins performant pour l'évaluation des vaisseaux de petit diamètre (< 1,5 mm). Enfin, si l'examen est assez facile à réaliser, l'interprétation nécessite un certain degré d'expertise.

CONCLUSION

Le scanner coronaire est une technique relativement récente et en plein essor en raison des progrès techniques. Ces progrès portent tant sur les appareils que sur les logiciels de traitement de l'image. Avec l'amélioration de la résolution spatiale, l'exploration par scanner coronaire s'étend à l'étude des stents et des pontages aorto-coronaires. La possibilité d'analyser la composition et le volume de la plaque d'athérosclérose est un sujet de recherche important et l'utilité du scanner coronaire dans les syndromes coronariens aigus est en cours d'investigation.

Cet examen, grâce à sa valeur prédictive négative élevée, est à privilégier lorsqu'on souhaite exclure une maladie coronaire chez un patient à faible risque de maladie coronarienne. Il peut être envisagé pour préciser l'existence et

la gravité d'une maladie coronarienne chez les patients angoreux dont l'exploration fonctionnelle est négative ou ininterprétable.

L'intérêt clinique de cet examen chez les patients asymptomatiques sans ischémie myocardique n'est pas encore démontré.

BIBLIOGRAPHIE

1. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM et al.— ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010. Appropriate use criteria for cardiac computed tomography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation*, 2010, **122**, e525-e555.
2. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F et al.— Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J*, 2008, **29**, 531-556.
3. Diamond GA, Forrester JS.— Analysis of probability as an aid in the clinical diagnosis of coronary-artery disease. *N Engl J Med*, 1979, **300**, 1350-1358.
4. Wijns W, Kolh P, Danchin N, et al.— Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*, 2010, **31**, 2501-2555.
5. Boden WE, O'Rourke RA, Teo KK, et al.— Optimal medical therapy with or without PCI for stable coronary disease. *N Engl J Med*, 2007, **356**, 1503-1516.
6. Davies RF, Goldberg AD, Forman S, et al.— Asymptomatic Cardiac Ischemia Pilot (ACIP) study two-year follow-up: outcomes of patients randomized to initial strategies of medical therapy versus revascularization. *Circulation*, 1997, **95**, 2037-2043.
7. Fihn SD, Gardin JM, Abrams J, et al.— 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease : a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *Circulation*, 2012, **126**, e354-e471.
8. Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M et al.— Noninvasive coronary artery imaging : magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography : a scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and the Councils on Clinical Cardiology and Cardiovascular Disease in the young. *Circulation*, 2008, **118**, 586-606.
9. Mowatt G, Cook JA, Hillis GS, et al.— 64-Slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease : systematic review and meta-analysis. *Heart*, 2008, **94**, 1386-1393.

10. Van BH.— Recommendations or mere prose? *Eur Heart J*, 2008, **29**, 1473-1474.
11. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al.— Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease : results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol*, 2008, **52**, 1724-1732.
12. Meijboom WB, Meijis MF, Schuijf JD, et al.— Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography : a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol*, 2008, **52**, 2135-2144.
13. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al.— Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med*, 2008, **359**, 2324-2336.
14. A.R.26.10.2011 En Vigueur 1.1.2012 MB 25.11.2011. http://www.inami.fgov.be/care/fr/nomenclature/historique/pdf/frange/PORTEE__17F10.pdf. 2013.
15. Koo BK, Erglis A, Doh JH, et al.— Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms. Results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW (diagnosis of ischemia-causing stenoses obtained via noninvasive fractional flow reserve) study. *J Am Coll Cardiol*, 2011, **58**, 1989-1997.
16. Gianrossi R, Detrano R, Mulvihill D, et al.— Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease. A meta-analysis. *Circulation*, 1989, **80**, 87-98.
17. Detrano R, Gianrossi R, Mulvihill D, et al.— Exercise-induced ST segment depression in the diagnosis of multivessel coronary disease : a meta analysis. *J Am Coll Cardiol*, 1989, **14**, 1501-1508.
18. Kwok Y, Kim C, Grady D, et al.— Meta-analysis of exercise testing to detect coronary artery disease in women. *Am J Cardiol*, 1999, **83**, 660-666.
19. Hung J, Chaitman BR, Lam J, et al.— Noninvasive diagnostic test choices for the evaluation of coronary artery disease in women : a multivariate comparison of cardiac fluoroscopy, exercise electrocardiography and exercise thallium myocardial perfusion scintigraphy. *J Am Coll Cardiol*, 1984, **4**, 8-16.
20. Fox K, Garcia MA, Ardissino D, et al.— Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary : the Task Force on the management of stable angina pectoris of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*, 2006, **27**, 1341-1381.
21. Froelicher VF, Lehmann KG, Thomas R, et al.— The electrocardiographic exercise test in a population with reduced workup bias : diagnostic performance, computerized interpretation, and multivariable prediction. Veterans Affairs Cooperative Study in Health Services #016 (QUEXTA) Study Group. Quantitative Exercise Testing and Angiography. *Ann Intern Med*, 1998, **128**, 965-974.
22. Schuijf JD, Wijns W, Jukema JW, et al.— Relationship between noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography and myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol*, 2006, **48**, 2508-2514.
23. Sarno G, Decraemer I, Vanhoenacker PK, et al.— On the inappropriateness of noninvasive multidetector computed tomography coronary angiography to trigger coronary revascularization : a comparison with invasive angiography. *JACC Cardiovasc Interv*, 2009, **2**, 550-557.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr L. Davin, Service de Cardiologie, CHU de Liège, Belgique.
Email : laurentdavin@yahoo.fr