

Place de la scintigraphie myocardique dans la prise en charge de la maladie coronarienne

Place of myocardial perfusion tomoscintigraphy in the management of the coronary artery disease

Adlen Nezzar

Service de Médecine Nucléaire,
Centre anticancéreux, Batna –
Algérie.

Correspondance à :

Adlen Nezzar
nezzar.adlen@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.48087/BJMStf.2015.2220>

Il s'agit d'un article en libre accès distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0), qui autorise une utilisation, une distribution et une reproduction sans restriction sur tout support ou format, à condition que l'auteur original et la revue soient dûment crédités.

RÉSUMÉ

La tomoscintigraphie de perfusion myocardique (TSM) est largement reconnue pour établir le diagnostic de coronaropathie, mais aussi pour évaluer le pronostic. La TSM reste cependant la technique de référence pour explorer l'ischémie myocardique, en particulier à l'effort, la seule méthode de stress physiologique et dont les résultats peuvent être extrapolés aux conditions de la vie courante. En raison de cette propriété spécifique, la TSM devrait rester une technique majeure dans l'exploration et la surveillance des patients coronariens chroniques. La synchronisation des acquisitions à l'électrocardiogramme (ECG), en permettant une étude couplée de la fonction ventriculaire gauche globale et de la cinétique segmentaire, a amélioré les performances diagnostiques (en augmentant la sensibilité et la spécificité de la scintigraphie de perfusion seule) et a apporté des informations pronostiques complémentaires indépendantes.

Mots clés : scintigraphie myocardique, maladie coronarienne, diagnostic.

ABSTRACT

Myocardial perfusion tomoscintigraphy (MTS) is a well-established tool for coronary artery disease detection and prognostic evaluation. MTS remains, however, the reference imaging technique for assessing myocardial ischemia, especially at exercise, the sole stress method which is physiologic and which results may be extrapolated to daily life conditions. Because of this specific property, MTS should remain a major investigation for assessing and following patients with chronic coronary artery disease. Electrocardiogram (ECG) gated single photon emission computerized tomography (SPECT), by bringing information about left ventricular global function and segmental wall motion, has increased MPS diagnostic accuracy and offers additive and independent prognostic value.

Keywords : myocardial perfusion tomoscintigraphy, coronary artery disease, diagnosis.

مكانة التصوير النووي بنضح عضلة القلب في التكفل بمرض الشريان التاجي

المخلص:

من المتعارف عليه على نطاق واسع هو استعمال التصوير النووي بنضح عضلة القلب لتشخيص مرض الشريان التاجي، ولكن أيضا لتقييم التكهن. لا تزال هذه التقنية مرجعا لاستكشاف نقص نضح عضلة القلب، وخاصة أثناء ممارسة الرياضة، والطريقة الوحيدة للإجهاد الفسيولوجي والتي يمكن اسقاط نتائجها على ظروف الحياة اليومية. نتيجة لهذه الخاصية المعينة، يجب أن يبقى ككثيرة أساسية في مجال الاستكشاف والرصد لمرضى الشريان التاجي المزمن. تزامن المكتسبات على مخطط القلب الكهربائي، مع السماح بدراسة مشتركة للوظيفة العامة للبطين الأيسر والحركية المقطعية، مكن من تحسين أداء التشخيص (عن طريق زيادة حساسية وخصوصية التصوير بالنضح) وتقديم معلومات كتهنية مستقلة إضافية.

كلمات البحث: التصوير النووي لعضلة القلب، مرض الشريان التاجي، التشخيص.

INTRODUCTION

La cardiologie nucléaire est une spécialité mature, elle a connu un développement très important en Europe et, notamment en Amérique du Nord, elle a une place essentielle dans la détection, la surveillance et la détermination du pronostic de la maladie coronaire [1,2]. Grâce à l'administration par voie intraveineuse d'un médicament radiopharmaceutique, la scintigraphie myocardique permet l'évaluation de la perfusion myocardique relative, il s'agit ici de traceurs de la perfusion dont la captation myocardique est proportionnelle au débit de perfusion coronaire. Cette évaluation de la perfusion relative peut être réalisée au repos et/ou après un test de provocation d'ischémie myocardique (stress pharmacologique ou

épreuve d'effort) à partir des acquisitions tomographiques (3D) et avec une synchronisation à un signal électrocardiographique, il est possible d'évaluer simultanément la perfusion et la cinétique segmentaire et globale du ventricule gauche (VG).

D'autres techniques peuvent aussi donner des informations à la fois sur la perfusion et la fonction ventriculaire gauche et il s'agit essentiellement de l'échocardiographie et de l'IRM.

Cependant, la tomoscintigraphie myocardique (TSM) se singularise par la précision de l'information donnée sur la répartition de la perfusion tissulaire, sa simplicité de réalisation (8 à 16 minutes d'acquisition) et d'analyse (logiciels automatisés), ainsi que la facilité avec laquelle il est possible de combiner les analyses

Pour citer l'article :

Nezzar A. Place de la scintigraphie dans la prise en charge de la maladie coronarienne. *Batna J Med Sci* 2015;2(2):190-195. <https://doi.org/10.48087/BJMStf.2015.2220>

de la perfusion et la contraction à l'échelle segmentaire, puisque les images de perfusion et de fonction sont issues de la même acquisition. De même, la possibilité d'analyser la perfusion d'effort en routine et donc, dans des conditions de stress qui sont physiologiques et extrapolables aux stress de la vie courante.

DÉTECTION DE LA MALADIE CORONAIRE

La maladie coronaire est la cause majeure de décès dans le monde, elle représente la première cause de décès aux États-Unis d'Amérique. L'organisation mondiale de la santé définit l'ischémie myocardique comme une diminution de l'approvisionnement des tissus avec respect des besoins cellulaires causés par des changements de la perfusion coronaire. Le degré d'ischémie myocardique change avec les facteurs qui affectent la demande cellulaire, l'approvisionnement en sang, ou bien les deux. Le processus de l'ischémie survient au niveau cellulaire où la demande doit être satisfaite par une augmentation du flux sanguin coronaire. Par conséquent, la fonction et le flux sont liés étroitement. Les myocytes dépendent beaucoup du métabolisme oxydatif. La fonction contractile est altérée durant une atteinte ischémique qui dure une à deux secondes. Les effets nuisibles de l'ischémie sont habituellement réversibles, mais une myonécrose permanente peut survenir après 20 à 40 minutes. La majorité des dépenses énergétiques du myocyte sont fournies pour maintenir l'état contractile. La contractilité commence à diminuer suite à l'hypoxie et à l'accumulation des déchets. Ainsi, des petits changements de l'apport de l'oxygène peuvent conduire à des changements dans la fonction et la physiologie du cœur. Ces changements physiologiques ne sont pas favorables et ils ne surviennent pas d'une façon secondaire « comme le phénomène du tout ou rien » mais le type et la séquence des changements dépendent de la sévérité de l'atteinte ischémique (Figure 1). Les changements observés avec l'aggravation du degré de l'ischémie sont :

- Discrètes anomalies de perfusion ;
- Relaxation anormale (dysfonctionnement diastolique) ;
- Altération systolique ;
- Altération systolique avec changements ischémiques sur l'ECG ;
- Angor ;
- Infarctus du myocarde.

En se basant sur cette cascade de l'ischémie on peut se rendre compte des différents tests diagnostiques qui sont utiles pour la détection de la maladie coronaire. La scintigraphie myocardique a l'avantage d'être capable de détecter les discrètes ischémies, alors que l'écho de stress et la ventriculographie authentique permettent de détecter les anomalies du mouvement pariétal où siège une ischémie plus grave.

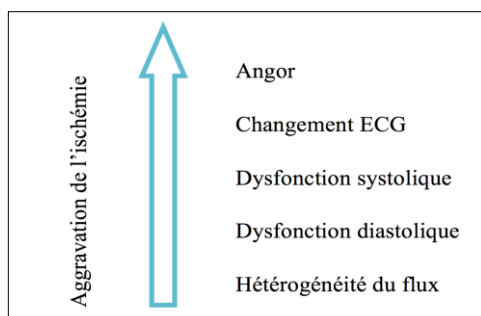


Figure 1 : Cascade de l'ischémie qui représente les changements dans la physiologie cardiaque et les symptômes chez les patients lorsqu'il y a une aggravation du degré de l'ischémie.

LES PROGRÈS TECHNIQUES ET TECHNOLOGIQUES

L'examen de perfusion, réalisé actuellement en TSM, a beaucoup progressé. Une première évolution majeure a été, dans les années 1980 avec l'apparition des techniques tomographiques d'acquisition en trois dimensions. Dans un deuxième temps, sont apparus les traceurs technétiés (sestamibi, tétrofosmine) qui ont permis d'obtenir des enregistrements en mode cinéma, en *gated-SPECT*. Cette technique du *gated-SPECT* permet une analyse simultanée de la perfusion et de la fonction contractile globale et segmentaire du ventricule gauche et cela, avec une correspondance topographique parfaite, puisque les images de contraction et de perfusion sont issues d'une seule et même acquisition [3,4]. Cette technique s'avère utile pour toutes les indications de cet examen :

- gains en terme de spécificité [5] ;
- meilleure identification des patients à haut risque de décès cardiaque [5-7] ;
- évaluation des séquelles d'infarctus et de la viabilité myocardique [8,9].

En outre, les procédures de réalisation et d'analyse des examens se sont beaucoup harmonisées, mais aussi automatisées avec des logiciels d'analyse spécifiques [10]. C'est pourquoi la TSM a aussi beaucoup gagné en robustesse et en reproductibilité, ainsi qu'en facilité de réalisation et d'interprétation.

De nouveaux logiciels permettent aussi de fusionner les images de TSM à celles de l'anatomie coronaire en angioscanner et ainsi, d'identifier précisément les artères responsables des anomalies de perfusion ; cette modalité hybride permettant d'associer une information anatomique précise sur les localisations et les sévérités des rétrécissements artériels coronaires à une information complémentaire sur le retentissement de ces lésions anatomiques et sur leurs impacts fonctionnels et pronostiques.

Cependant, c'est très certainement l'arrivée de caméras à semi-conducteurs CZT qui constitue la plus importante évolution technologique [11-16]. L'évolution des techniques de cardiologie nucléaire est aussi marquée par l'arrivée de nouveaux traceurs, en particulier ceux développés pour l'imagerie TEP. Il s'agit par exemple de traceurs de perfusion avec lesquels il est possible de mesurer le débit coronaire et la réserve coronaire, des informations qui ne peuvent pas être obtenues facilement en TSM. C'est le cas du rubidium-82 [17] et des nouveaux traceurs marqués par le fluor-18 qui sont particulièrement prometteurs.

PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DE RÉALISATION DE LA SCINTIGRAPHIE MYOCARDIQUE DE PERFUSION (voir tableau)

Valeur de la TSM de perfusion

La (TSM) de perfusion est un examen pivot dans la gestion des coronaropathies, tant pour le diagnostic initial que pour l'évaluation pronostique et l'aide à la décision thérapeutique (voir tableau).

Valeur diagnostique

Performances globales

La TSM est particulièrement utile chez les patients suspects de coronaropathie avec une probabilité clinique prétest intermédiaire (douleur thoracique plus ou moins typique, peu ou pas de facteurs de risque cardiovasculaires (FRCV), sexe féminin...).

Une méta-analyse récente portant sur 33 études [18] montre une sensibilité globale de 87%, une spécificité de 73% et un taux de normalité de 91% (le taux de normalité se définissant comme le pourcentage de patients avec une probabilité prétest faible inférieure à 5%, une TSM normale et qui n'ont pas subi de coronarographie, ce qui permet de s'affranchir du biais de sélection lié au fait que quasiment seuls les patients avec une TSM pathologique bénéficient d'une coronarographie).

Perfusion myocardique d'effort

Evaluation de l'ischémie myocardique de stress : Seule la tomoscintigraphie de stress permet en routine une exploration de la perfusion d'effort et donc, dans des conditions de stress physiologiques et extrapolables aux stress de la vie quotidienne (figure 2).

L'utilisation d'une technique de stress pharmacologique (dipyridamole, adénosine, dobutamine) permet certes d'obtenir des résultats identiques à l'effort en termes de sensibilité et de spécificité de la détection des sténoses significatives, mais la sévérité des ischémies induites et l'information pronostique s'avèrent différentes de ce qui est observé à l'effort [19].

L'exercice physique présente un autre avantage qui est celui de pouvoir intégrer l'action anti-ischémique des médications prescrites. En effet, de nombreuses études ont montré que les tomoscintigraphies d'effort, réalisées sans arrêter le traitement anti-angineux quotidien, étaient moins sensibles pour détecter les sténoses coronaires et qu'elles avaient aussi une excellente valeur pronostique [20-22].

Ainsi, chez les patients traités par bêtabloquants et qui présentent des sténoses coronaires tout à fait significatives, la présence d'une tomoscintigraphie d'effort normale ou subnormale est prédictive d'un excellent pronostic à long terme [23], alors que, dans ces conditions, on ne peut généralement pas atteindre les 85% de la fréquence maximale théorique [24]. Une telle information ne peut pas être obtenue avec le dipyridamole ou l'adénosine. Ces agents pharmacologiques pourraient alors dépister des anomalies de la réserve coronaire qui sont certes réelles, mais qui ne correspondent pas à une réelle ischémie résiduelle sous traitement.

Un deuxième point à prendre en considération est la complémentarité vis-à-vis des informations obtenues sur l'anatomie du réseau coronaire par la coronarographie conventionnelle, mais aussi par l'angioscanner. Ainsi, les patients coronariens dont les TSM de stress sont normales, ont un excellent pronostic, même en présence de sténose(s) coronaire(s) [25-27].

D'une manière générale, pour une sévérité donnée des anomalies anatomiques coronaires (nombre de troncs coronaires atteints, pourcentage de sténoses...), le pronostic des patients s'avère extrêmement variable en fonction du retentissement de ces anomalies sur la perfusion myocardique de stress [28,29]. Ce retentissement sur la perfusion d'effort dépend de plusieurs paramètres qui ne sont que peu ou pas accessibles en angiographie comme :

- la présence et, surtout, l'efficacité d'une éventuelle circulation de suppléance [30] ;
- la survenue ou non d'une vasoconstriction coronaire d'effort, qui est liée à une dysfonction endothéliale (diminution de la sécrétion de NO, augmentation du tonus alpha adrénergique) et qui joue un rôle essentiel dans l'ischémie liée aux sténoses « intermédiaires » [31-33]. Lorsque des sténoses de sévérité intermédiaire sont responsables d'une ischémie symptomatique, cette ischémie est généralement plus importante à l'effort qu'après perfusion de dipyridamole [33] ;

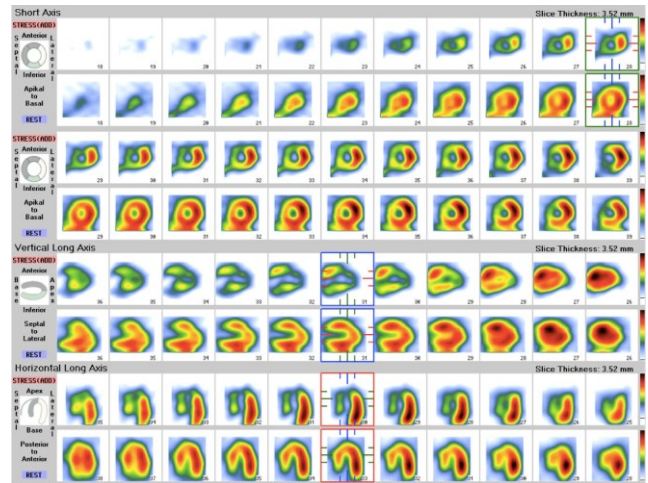


Figure 2. Homme âgé de 50 ans, diabétique, asymptomatique avec ECG normal, Epreuve d'effort maximale sensibilisée par dipyridamole, négative cliniquement et électriquement, présence à la TSM d'une hypofixation sévère étendue apicale et septale réversible au repos en rapport avec une Ischémie transmurale sévère, évoque une atteinte de l'IVA. Confirmation à la coronarographie d'une sténose serrée.

- la plus ou moins bonne efficacité des médications antiangineuses prescrites.

Ainsi, des ischémies parfois sévères peuvent se voir dans des territoires où les sténoses coronaires semblent peu serrées sur l'angiographie réalisée au repos. Inversement, des sténoses semblant sévères peuvent n'entraîner aucune ischémie de stress, lorsque la circulation de suppléance est efficace et/ou en raison de l'effet bénéfique des médications anti-ischémiques.

Evaluation des séquelles d'infarctus et de la viabilité myocardique : lorsqu'une cardiopathie ischémique s'accompagne d'une dysfonction ventriculaire gauche sévère, la recherche d'une viabilité myocardique revêt une importance capitale.

Un des intérêts majeurs de la TSM est de pouvoir évaluer la présence de plages de myocarde viable, au sein de segments hypoperfusés et hypokinétiques. Il a été montré que les patients coronariens avec viabilité myocardique ont un taux de mortalité annuelle élevée en cas de traitement médical seul, alors qu'une attitude de revascularisation permettait de réduire le taux de mortalité [34]. À l'inverse, les patients coronariens sans viabilité ne tirent aucun bénéfice d'une procédure de revascularisation en comparaison à un traitement médical.

En termes de méthodologie, la tomoscintigraphie d'émission monophotonique (TEMP) est aussi pertinente que la TEP au FDG pour prédire l'utilité d'une procédure de revascularisation par rapport au traitement médical [35]. En ce qui concerne les traceurs de TEMP, le thallium-201 et les traceurs technétiés (sestamibi, tétrofosmine) sont équivalents [36,37].

Valeur pronostique

Étude de la perfusion seule

Dans ce domaine, les preuves de l'intérêt de la scintigraphie myocardique sont extrêmement fortes, que ce soit chez les patients suspects de la maladie ou chez les coronariens déjà avérés pour l'évaluation du risque de survenue d'évènements coronariens graves (infarctus, décès d'origine cardiaque) [38].

La TSM possède une excellente valeur prédictive négative. De multiples études [39–43] ont montré que, quel que soit le traceur utilisé, une scintigraphie myocardique de perfusion normale confère à trois et cinq ans un excellent pronostic cardiovasculaire et la mortalité est alors superposable à la mortalité d'une population normale identique (en moyenne, 0,6-0,7 % par an). À l'inverse, une scintigraphie de perfusion pathologique s'accompagne d'un risque de survenue de décès ou d'infarctus accru, entre 4 et 9 % par an selon les études [44–46], plus le défaut est étendu à la scintigraphie de perfusion plus le pronostic cardiovasculaire est sévère [47].

À noter qu'un défaut scintigraphique réversible prédit plutôt la survenue d'un infarctus du myocarde alors qu'un défaut fixe est un élément prédictif de décès, surtout lorsque l'anomalie est étendue. Le caractère prédictif additif de la scintigraphie myocardique par rapport à d'autres paramètres, notamment ceux apportés par la coronarographie est aussi bien démontré. Ainsi, par exemple, la survie à cinq ans est statistiquement plus basse chez les coronariens mono et bitronculaires avec une ischémie myocardique à la scintigraphie que ceux sans ischémie [48], et cela est vrai aussi chez les patients avec lésions coronaires tritronculaires.

Ce caractère complémentaire de la scintigraphie myocardique par rapport aux données de la coronarographie apporte une aide à la décision thérapeutique qui est reconnue dans les recommandations d'utilisation de la médecine nucléaire : identification de la lésion coupable de l'ischémie, mais surtout argument en faveur d'une revascularisation myocardique lorsque cette ischémie myocardique atteint un volume myocardique critique.

Il existe plusieurs critères scintigraphiques de mauvais pronostic :

- Étendue et sévérité du « défaut perfusionnel » sous stress
- Caractère réversible ou non du défaut
- Aspect pluritronculaire ou monotronculaire étendu
- Dilatation transitoire de la cavité ventriculaire gauche à l'effort
- élévation du rapport poumon/coeur.

La TSM possède en outre une valeur additive par rapport aux données cliniques et électrocardiographiques [49,50].

Étude de la fonction ventriculaire gauche globale

Les données relatives à la fonction ventriculaire gauche obtenues par synchronisation de l'acquisition à l'ECG ont également une valeur pronostique. Sharir *et al.* [51] ont démontré qu'une fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) inférieure à 45 % et un volume télésystolique (VTS) supérieur à 70 mL étaient des facteurs pronostiques indépendants l'un et l'autre d'une part, et indépendants de la perfusion, d'autre part.

Aide à la décision thérapeutique

La TSM peut également aider à sélectionner les patients censés bénéficier le plus d'une procédure de revascularisation.

Dans le même ordre d'idées, la TSM permet d'évaluer l'impact fonctionnel (degré d'ischémie) de sténose intermédiaires en coronarographie, par conséquent de sélectionner les lésions devant faire l'objet d'un traitement invasif.

Analyse médicoéconomique

L'utilisation des isotopes apparaît coût-efficace dans beaucoup de situations cliniques, à la fois dans le modèle européen (étude EMPIRE) [52] et le modèle américain (étude END) [53].

Tableau 1. Résumé des principales recommandations de réalisation de la scintigraphie myocardique de perfusion.

- Diagnostic de maladie coronaire chez les patients symptomatiques à probabilité intermédiaire (avant ou après test fonctionnel) ;
- Diagnostic d'une douleur thoracique aiguë chez des patients à probabilité intermédiaire avec ECG normal et troponine négative ;
- Détection d'une ischémie myocardique silencieuse chez patients asymptomatiques à probabilité intermédiaire ou haute de coronaropathie ;
- Certains patients avant chirurgie non cardiaque lourde ;
- Certains patients diabétiques ;
- Évaluation pronostique chez les patients à probabilité modérée ou élevée de coronaropathie avec ou sans coronarographie préalable connue avec revascularisation myocardique préalable (supérieure à 5 ans si asymptomatiques) ;
- coronarien connu avec aggravation récente des symptômes ;
- épreuve d'effort impossible, non diagnostique, litigieuse ;
- Aide à la décision thérapeutique chez les patients coronarographiés ;
- Pour décision de l'indication et de la technique de revascularisation ;
- Pour la détermination du/des territoire(s) ischémique(s) ;
- Pour l'évaluation d'une sténose de sévérité intermédiaire ;
- Diagnostic étiologique d'une insuffisance cardiaque des patients à probabilité intermédiaire de coronaropathie, avec ou sans douleur thoracique ;
- Recherche d'ischémie et viabilité des cardiopathies ischémiques pluritronculaire à FEVG altérée.

Cela reflète le caractère ambulatoire de ces méthodes qui évitent l'hospitalisation de certains patients, voire la réalisation de tests invasifs coûteux. La scintigraphie se trouve en position intermédiaire par rapport à l'ECG d'effort, certes beaucoup moins coûteux, mais avec une efficacité diagnostique bien moindre et la coronarographie à la fois plus coûteuse et plus à risque.

CONCLUSION

La scintigraphie myocardique couplée à l'ECG est un élément fondamental de l'arsenal diagnostique du cardiologue. Elle permet de préciser, certes le diagnostic, mais surtout le pronostic du malade. Ce dernier peut être bon même en présence de lésions coronaires.

Déclaration d'intérêts : l'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêt en rapport avec cet article.

RÉFÉRENCES

1. Iskandrian AS, Chae SC, Heo J, Stanberry CD, Wasserleben V, Cave V. Independent and incremental prognostic value of exercise single-photon emission computed tomographic (SPECT) thallium imaging in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:665–70.
2. Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ, Mancini GB, Hayes SW, Hartigan PM, et al. Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the clinical outcomes utilizing revascularization and aggressive drug evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy. *Circulation* 2008;117:1283–91.
3. Abidov A, Germano G, Hachamovitch R, Berman DS. Gated-SPECT in assessment of regional and global left ventricular function: major tool of modern nuclear imaging. *J Nucl Cardiol* 2006;13:261–79

4. Marie PY, Djabballah W, Franken PR, Vanhove C, Muller MA, Boutley H, et al. OSEM reconstruction, associated with temporal Fourier and depth dependant resolution recovery filtering, enhances results from sestamibi and 201TI 16-interval gated-SPECT. *J Nucl Med* 2005;46:1789-95.
5. Go V, Bhatt MR, Hendel RC. The diagnostic and prognostic value of ECG-gated-SPECT myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 2004;45:912-21.
6. Shaw LJ, Iskandrian AE. Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 2004;11:171-85.
7. Sabharwal NK, Lahiri A. Role of myocardial perfusion imaging for risk stratification in suspected or known coronary artery disease. *Heart* 2003;89:1291-7.
8. Patterson RE, Pilcher WC. Assessing myocardial viability to help select patients for revascularization to improve left ventricular dysfunction due to coronary artery disease. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1995;7:214-26.
9. Djabballah W, Muller MA, Angioi M, et al. Nitrate-enhanced gated-SPECT in patients with primary angioplasty for acute myocardial infarction: evidence of a reversible and nitrate-sensitive impairment in myocardial perfusion. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34:1981-90.
10. Abidov A, Germano G, Hachamovitch R, Berman DS. Gated SPECT in assessment of regional and global left ventricular function: major tool of modern nuclear imaging. *J Nucl Cardiol* 2006;13:261-79.
11. Schillaci O, Danielli R. Dedicated cardiac cameras: a new option for nuclear myocardial perfusion imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:1706-9.
12. Gimelli A, Bottai M, Giorgetti A, Genovesi D, Kusch A, Ripoli A, et al. Comparison between ultrafast and standard single-photon emission CT in patients with coronary artery disease: a pilot study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011;4:51-8.
13. Sharir T, Slomka PJ, Hayes SW, DiCarli MF, Ziffer JA, Martin WH, et al. Multicenter trial of high-speed versus conventional single-photon emission computed tomography imaging: quantitative results of myocardial perfusion and left ventricular function. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:1965-74.
14. Gimelli A, Bottai M, Genovesi D, Giorgetti A, Di Martino F, Marzullo P. High diagnostic accuracy of low-dose gated-SPECT with solid-state ultrafast detectors: preliminary clinical results. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012;39:83-90.
15. Kacperski K, Erlundsson K, Ben-Haim S, Hutton BF. Iterative deconvolution of simultaneous 99mTc and 201TI projection data measured on a CdZnTe-based cardiac SPECT scanner. *Phys Med Biol* 2011;56:1397-414.
16. Ben-Haim S, Kacperski K, Hain S, et al. Simultaneous dual-radionuclide myocardial perfusion imaging with a solid-state dedicated cardiac camera. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:1710-21.
17. Bateman TM, Heller GV, McGhie AI, Friedman JD, Case JA, Bryngelson JR, et al. Diagnostic accuracy of rest/stress ECG-gated Rb-82 myocardial perfusion PET: comparison with ECG-gated Tc-99m sestamibi SPECT. *J Nucl Cardiol* 2006;13:24-33.
18. Klocke FJ, Baird MG, Lorell BH, Bateman TM, Messer JV, Berman DS, et al., American College of Cardiology; American Heart Association; American Society for Nuclear Cardiology. ACC/AHA/ASNC guidelines for the clinical use of cardiac radionuclide imaging-executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASNC Committee to Revise the 1995 Guidelines for the Clinical Use of Cardiac Radionuclide Imaging). *Circulation* 2003;108: p. 1404.
19. David N, Marie PY, Angioi M, Rodriguez RM, Hassan N, Olivier P, et al. Dipyridamole and exercise SPET provide different estimates of myocardial ischaemic areas: role of the severity of coronary stenoses and of the increase in heart rate during exercise. *Eur J Nucl Med* 2000;27:788-99.
20. Marie PY, Danchin N, Branly F, et al. Effects of medical therapy on outcome assessment using exercise thallium-201 single photon emission computed tomography imaging: evidence of a protective effect of betablocking antianginal medications. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:113-21.
21. Marie PY, Mercennier C, Danchin N, et al. Residual exercise SPECT ischemia on treatment is a main determinant of outcome in patients with coronary artery disease treated medically at long-term with beta-blockers. *J Nucl Cardiol* 2003;10:361-8.
22. GoV, Bhatt MR, Hendel RC. The diagnostic and prognostic value of ECG-gated SPECT myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 2004;45: 912-21.
23. Marie PY, Mercennier C, Danchin N, Djabballah K, Grentzinger A, Zannad F, et al. Residual exercise SPECT ischemia on treatment is a main determinant of outcome in patients with coronary artery disease treated medically at long-term with beta-blockers. *J Nucl Cardiol* 2003;10:361-8.
24. Marie PY, Mercennier C, Danchin N, et al. Residual exercise SPECT ischemia on treatment is a main determinant of outcome in patients with coronary artery disease treated medically at long-term with beta-blockers. *J Nucl Cardiol* 2003;10:361-8.
25. Abdel Fattah A, Kamal AM, Pancholy S. Prognostic implications of normal exercise tomographic thallium images in patients with angiographic evidence of significant coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1994;74:769-71.
26. Brown KA, Rowen M. Prognostic value of a normal exercise myocardial perfusion imaging study in patients with angiographically significant coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1993;71:865-7.
27. Parisi AF, Hartigan PM, Folland ED. Evaluation of exercise thallium scintigraphy versus exercise electrocardiography in predicting survival outcomes and morbid cardiac events in patients with single-and double-vessel disease. Findings from the Angioplasty Compared to Medicine (ACME) study. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1256-63.
28. Marie PY, Danchin N, Branly F, Angioi M, Grentzinger A, Virion JM, et al. Effects of medical therapy on outcome assessment using exercise thallium-201 single photon emission computed tomography imaging: evidence of a protective effect of beta-blocking antianginal medications. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:113-21.
29. Marie PY, Danchin N, Durand JF, Feldmann L, Grentzinger A, Olivier P, et al. Long-term prediction of major ischemic events by exercise thallium-201 single-photon emission computed tomography. Incremental prognostic value compared with clinical, exercise testing, catheterization and radionuclide angiographic data. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:879-86.
30. Aboul-Enein F, Kar S, Hayes SW, Sciammarella M, Abidov A, Makkar R, et al. Influence of angiographic collateral circulation on 622 P.-Y. Marie /Médicine Nucléaire 31 (2007) 619-623
31. Hess OM, Bortone A, Eid K, Gage JE, Nonogi H, Grimm J, et al. Coronary vasomotor tone during static and dynamic exercise. *Eur Heart J* 1989;10:105-10.
32. Hess OM, Bortone A, Eid K, Gage JE, Nonogi H, Grimm J, et al. Coronary vasomotor tone during static and dynamic exercise. *Eur Heart J* 1989;10:105-10.
33. David N, Marie PY, Angioi M, et al. Dipyridamole and exercise SPET provide different estimates of myocardial ischaemic areas: role of the severity of coronary stenoses and of the increase in heart rate during exercise. *Eur J Nucl Med* 2000;27:788-99.
34. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2002;39(7):1151-8.
35. Siebelink HM, Blanksma PK, Crijns HJ, Bax JJ, van Boven AJ, Kingma T, et al. No difference in cardiac event-free survival between positron emission tomography-guided and single-photon emission computed tomography-guided patient management: a prospective, randomized comparison of patients with suspicion of jeopardized myocardium. *J Am Coll Cardiol* 2001;37(1):81-8.
36. Senior R, Kaul S, Raval U, Lahiri A. Impact of revascularization and myocardial viability determined by nitrate-enhanced Tc-99m sestamibi and TI-201 imaging on mortality and functional outcome in ischemic cardiomyopathy. *J Nucl Cardiol* 2002;9(5):454-62.
37. Bax JJ, Wijns W, Cornel JH, Visser FC, Boersma E, Fioretti PM. Accuracy of currently available techniques for prediction of functional recovery after revascularization in patients with left ventricular dysfunction due to chronic coronary artery disease: comparison of pooled data. *J Am Coll Cardiol* 1997;30(6):1451-60.
38. Marcassa C, Bax JJ, Bengel F, et al. Clinical value, cost-effectiveness, and safety of myocardial perfusion scintigraphy: a position statement. *Eur Heart J* 2008;29:557.
39. Iskander S, Iskandrian AE. Risk assessment using single-photon emission computed tomographic technetium-99m sestamibi imaging. *J Am Coll Cardiol* 1998;32(1):57-62. Review.
40. Shaw LJ, Hendel R, Borges-Neto S, Lauer MS, Alazraki N, Burnette J, et al. Prognostic value of normal exercise and adenosine (99m)Tc-tetrofosmin SPECT imaging: results from the multicenter registry of 4728 patients. *J Nucl Med* 2003;44(2):134-9.
41. Hachamovitch R, Hayes S, Friedman JD, et al. Determinants of risk and its temporal variation in patients with normal stress myocardial perfusion scans: what is the warranty period of a normal scan? *J Am Coll Cardiol* 2003;41(8):1329-40.
42. Machecourt J, Longere P, Fagret D, et al. Prognostic value of thallium-201 single-photon emission computed tomographic myocardial perfusion imaging according to extent of myocardial defect. Study in 1926 patients with follow-up at 33 months. *J Am Coll Cardiol* 1994;23(5):1096-106.
43. Marie PY, Danchin N, Durand JF, et al. Long term prediction of major ischemic events by exercise thallium-201 SPECT. Incremental prognostic value compared with clinical, exercise testing, catheterization and radionuclide angiographic data. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:879-86
44. Hachamovitch R, Berman DS, Kiat H, et al. Effective risk stratification using exercise myocardial perfusion SPECT in women: gender-related differences in prognostic nuclear testing. *J Am Coll Cardiol* 1996;28(1):34-44.
45. Boyne TS, Koplan BA, Parsons WJ, Smith WH, Watson DD, Beller GA. Predicting adverse outcome with exercise SPECT technetium-99m sestamibi imaging in patients with suspected or known coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1997 Feb 1;79(3):270-4.
46. Hachamovitch R, Berman DS, Kiat H, et al. Incremental prognostic value of adenosine stress myocardial perfusion single-photon emission computed tomography and impact on subsequent management in patients with or suspected of having myocardial ischemia. *Am J Cardiol* 1997;80(4):426-33.

47. Machecourt J, Longère P, Fagret D, et al. Prognostic value of thallium-201 single photon emission computed tomographic myocardial perfusion imaging according to extent of myocardial defect. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:1096–106.
48. Folland ED, Hartigan PM, Parisi AF, for the Veterans Affairs ACME Investigators. Percutaneous transluminal coronary angioplasty versus medical therapy for stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:1505–11.
49. Hachamovitch R, Berman DS, Kiat H, Cohen I, Friedman JD, Shaw LJ. Value of stress myocardial perfusion single photon emission computed tomography in patients with normal resting electrocardiograms: an evaluation of incremental prognostic value and cost-effectiveness. *Circulation* 2002;105(7):823–9.
50. Vanzetto G, Ormezzano O, Fagret D, et al. Long term additive prognostic value of thallium-201 myocardial perfusion imaging over clinical and exercise stress test in low to intermediate risk patients: study in 1137 patients with a six years follow-up. *Circulation* 1999;100:1521–7.
51. Sharir T, Germano G, Kavanagh PB, et al. Incremental prognostic value of post-stress left ventricular ejection fraction and volume by gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography. *Circulation* 1999;100(10):1035–42.
52. Shaw LJ, Hachamovitch R, Berman, Marwick TH, Lauer MS, Heller GV, et al. The economic consequences of available diagnostic and prognostic strategies for the evaluation of stable angina patients; an observational assessment of the value of precatheterisation ischemia. Economics of Noninvasive Diagnostic (END) multicenter study group. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:661–9.
53. Underwood SR, Godman B, Salvani S, Ogle JR, Ell PJ. I. Economics of myocardial perfusion imaging in Europe- the EMPIRE study. *Eur heart J* 1999;20:157–66.

Cet article a été publié dans le « *Batna Journal of Medical Sciences* » **BJMS**, l'organe officiel de « *l'association de la Recherche Pharmaceutique – Batna* »

Le contenu de la Revue est ouvert « Open Access » et permet au lecteur de télécharger, d'utiliser le contenu dans un but personnel ou d'enseignement, sans demander l'autorisation de l'éditeur/auteur.

Avantages à publier dans **BJMS** :

- Open access : une fois publié, votre article est disponible gratuitement au téléchargement
- Soumission gratuite : pas de frais de soumission, contrairement à la plupart des revues « Open Access »
- Possibilité de publier dans 3 langues : français, anglais, arabe
- Qualité de la relecture : des relecteurs/reviewers indépendants géographiquement, respectant l'anonymat, pour garantir la neutralité et la qualité des manuscrits.

Pour plus d'informations, contacter BatnaJMS@gmail.com
ou connectez-vous sur le site de la revue : www.batnajms.com

