

■ Le dossier – Cœur, vaisseaux et diabète

Apport respectif du score de calcifications coronaires et du coroscan chez le patient diabétique asymptomatique

RÉSUMÉ : La maladie coronaire est une cause majeure de morbi-mortalité chez le patient diabétique. Cette atteinte macrovasculaire est une complication redoutée en raison de son caractère très souvent silencieux, de son pronostic péjoratif mais aussi des difficultés de son dépistage dont l'intérêt même fait l'objet de controverses. Les différentes techniques non invasives classiques de dépistage de la maladie coronaire présentent des performances limitées si bien que de nouveaux outils de dépistage se sont développés pour évaluer plus précisément le risque coronaire et déterminer quels patients devraient bénéficier d'explorations invasives comme la coronarographie.

Le score calcique coronaire (SCC) s'est imposé au cours de ces dernières années comme un outil simple de réalisation et avec une valeur pronostique puissante, capable de prédire le risque d'événements cardiovasculaires, en particulier chez les patients asymptomatiques à risque cardiovasculaire intermédiaire.



M. SIROL

Unité d'imagerie cardiaque et vasculaire interventionnelle, American Hospital of Paris.

Le score calcique coronaire, ou score calcique d'Agatston, correspond à une marque d'athérome infraclinique. Chez le patient diabétique, il est encore plus intéressant à utiliser car il permet de reclasser le patient diabétique asymptomatique dans le "très haut risque" d'événements cardiovasculaires. L'identification de tels patients est importante car elle permet de concentrer les efforts de dépistage renforcé de la maladie coronaire chez ces patients à très haut risque d'événements. En pratique, un score calcique élevé chez le diabétique a une implication directe pour le cardiologue ou l'endocrinologue/diabétologue qui renforcera le traitement médical du diabète pour obtenir un meilleur équilibre et introduira des statines en prévention primaire plus ou moins associées à de l'aspirine à faible dose.

Nous verrons au cours de cette mise au point l'intérêt du SCC et du scanner car-

diac chez le diabétique, les modalités d'acquisition du SCC, la mesure du score calcique coronaire et son interprétation. Nous verrons, à la lumière des différentes études publiées sur le sujet, quelle valeur accorder au SCC chez le diabétique pour mieux identifier les patients diabétiques qui doivent en bénéficier. Enfin, nous tenterons de définir au sein de cette population de patients diabétiques asymptomatiques quels patients doivent bénéficier d'un scanner coronaire avec injection de produit de contraste, afin d'identifier d'éventuelles lésions coronaires proximales.

■ En préambule

En 1990, Agatston (cardiologue) et Janowitz (radiologue) publient dans le JACC (*Journal of American College of Cardiology*) la première méthode de quantification du calcium déposé sur

les coronaires. Cette méthode, qui utilise un scanner à faisceaux d'électrons sans injection de produit de contraste, permet d'acquérir des images ultrarapides, non soumises aux artéfacts de mouvement du cœur. Les auteurs rapportent l'établissement d'un score appelé score calcique coronaire (SCC), plus communément connu sous le nom de score calcique d'Agatston [1]. Ils démontrent à l'époque l'intérêt de l'utilisation du scanner sans injection de produit de contraste pour le dépistage de la maladie coronaire infra-clinique chez des patients avec ou sans maladie coronaire connue.

1. Acquisition et calcul du score calcique coronaire

Aujourd'hui, l'acquisition se fait à partir d'un scanner multicoupe, sans injection d'iode, avec une synchronisation à l'électrocardiogramme. Ce type de scanner est maintenant disponible dans toutes les structures d'imagerie cardiaque en France. Il nécessite une apnée de 3 à 5 secondes pour éviter les artéfacts de mouvements respiratoires. L'acquisition se fait à 120 KV par convention avec une épaisseur de coupe de 3 mm et un champ de vue (FOV) carré de 32 cm. N'importe quelle machine moderne (plus de 16 barrettes) équipée d'un logiciel "cardio" permet une acquisition fiable et reproductible.

Les images obtenues (*fig. 1*) mettent en évidence des calcifications du réseau coronaire quand elles sont présentes.

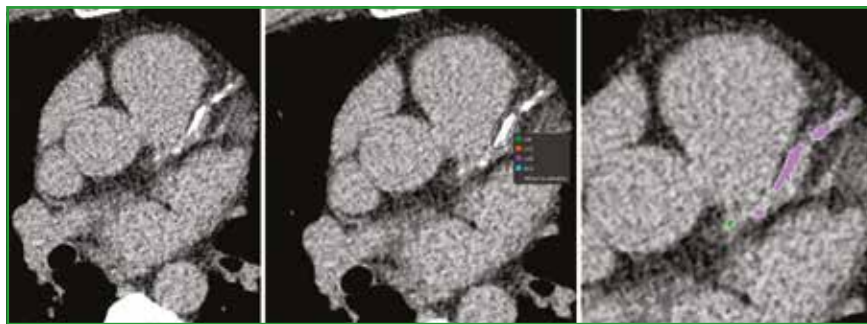


Fig. 1 : Images de scanner sans injection de produit de contraste pour la réalisation du score calcique coronaire (SCC). **À gauche :** image obtenue après acquisition synchronisée. **Au milieu :** image de la sélection de la zone calcifiée par l'opérateur sur l'interventriculaire antérieure (IVA). **À droite, en violet/mauve :** zone calcifiée de l'IVA qui sera quantifiée par le logiciel pour donner le score coronaire d'Agatston.

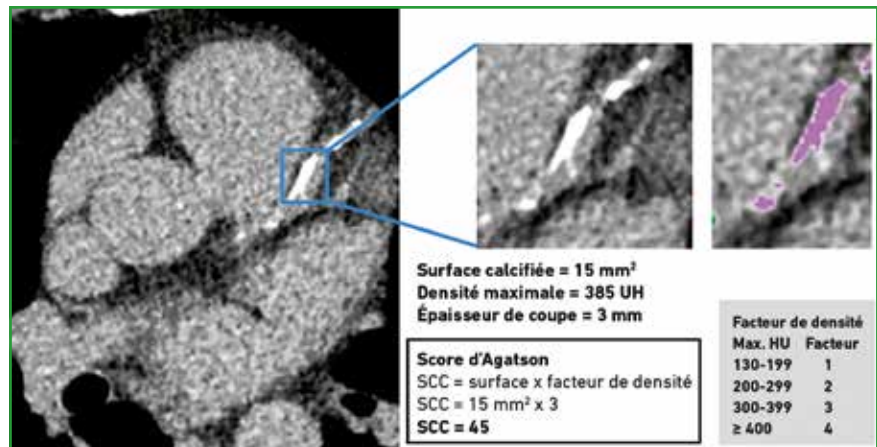


Fig. 2 : Détail de la quantification des calcifications coronaires et de l'obtention du score calcique d'Agatston. L'opérateur sélectionne les calcifications sur les coronaires (ici en violet/mauve sur l'IVA). Le logiciel calcule le score attribué à cette lésion en fonction du volume de la calcification, de la densité de la calcification à laquelle il attribue un facteur de correction, pour obtenir un score (ici, le SCC est égal à 45).

Le calcium a une densité élevée qui atténue les rayons X du scanner et ressort en blanc (hyperdensité) sur le scanner non injecté. On peut mesurer cette densité, exprimée en unités Hounsfield (UH). Le SCC prend en compte les calcifications coronaires dont la surface unitaire est supérieure à 1 mm², avec une densité supérieure à 130 UH sur au moins 3 pixels adjacents.

Le score est issu de la multiplication de la surface de la (ou des) calcification(s) coronaire(s) par la densité des calcifications détectées retrouvées sur le réseau coronaire à laquelle on ajoute un coefficient de pondération en fonction de la valeur de la densité maximale mesurée au sein des calcifications (*fig. 2*).

Le score calcique coronaire est donc simple à calculer. Il se mesure à partir d'un logiciel spécialisé. Des calcifications de plus de 1 mm² avec une densité > 130 UH seront donc détectées automatiquement par la machine. Ainsi, à l'épaisseur de coupes et l'intervalle inter-coupe doit suivre obligatoirement le protocole original de la publication, de manière à pouvoir diminuer les variations du bruit et d'atténuation maximum des plaques, permettant l'utilisation des scores publiés. Un tracé manuel sur les calcifications par l'opérateur permet de délimiter les calcifications coronaires et d'exclure le bruit de fond ou des calcifications de l'anneau mitral ou de la valve aortique, par exemple (*fig. 2*).

Sur le plan technique pur, l'acquisition du SCC peut être limitée chez les patients obèses ou en raison d'une fréquence cardiaque trop rapide. En effet, compte tenu du risque de débordement des lésions notamment sur la coronaire droite, en cas de fréquence cardiaque rapide, certaines équipes recommandent de réaliser le SCC sous bêtabloquants afin de limiter ce type d'artéfacts (*fig. 3A*). Par ailleurs, l'augmentation du bruit dans l'image chez les patients avec IMC > 30 peut rendre l'interprétation difficile (*fig. 3C et D*). Enfin, la présence de pacemakers (PM)

Le dossier – Cœur, vaisseaux et diabète

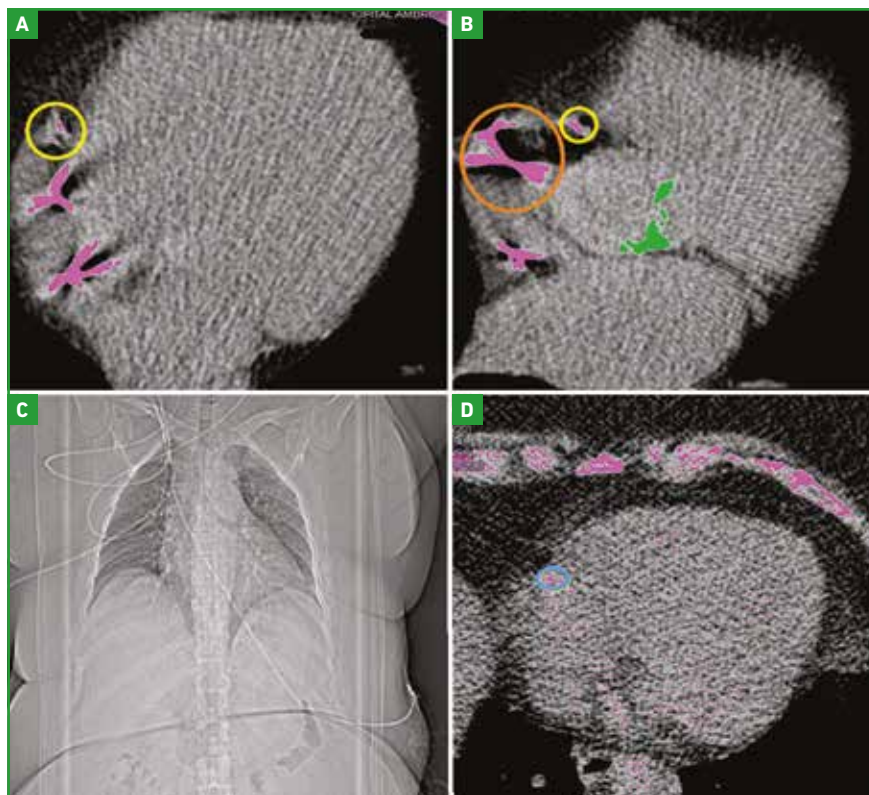


Fig. 3 : Images de score calcique coronaire illustrant l'effet de la fréquence cardiaque rapide sur la valeur du score calcique coronaire en raison du flou cinétique, avec un dédoublement de la calcification de la coronaire droite (**A, cercle jaune**), l'effet de la présence de sondes de pacemaker chez le même patient (**B, cercle orange**), l'effet du bruit se projetant en regard du segment 3 de la coronaire droite (**D, cercle bleu**) chez ce patient diabétique, obèse, comme en atteste la radiographie de thorax de face (**C**).

ou de défibrillateurs automatiques implantables (DAI) génère des artefacts de dureté liés à la présence des boîtiers mais aussi des sondes du PM/DAI. La mesure du SCC peut alors être moins précise, notamment en regard de la coronaire droite (**fig. 3B**).

Le score est établi pour chacune des coronaires : tronc commun, interventriculaire antérieure (IVA), circonflexe (Cx), coronaire droite (CD). Le score des artères diagonales s'ajoute à celui de l'IVA et celui des branches marginales à celui de la circonflexe. L'addition de tous ces scores détermine le score calcique coronaire total ou score d'Agatston. Le score d'Agatston est donc un chiffre en valeur absolue qui permet de déterminer le risque CV et dont l'interprétation est simple. Il permet de déterminer un niveau de risque avec une classification

en fonction du score retrouvé (*voir interprétation du SCC*).

2. Exposition aux rayons X

Le scanner utilise les rayons X. La réalisation du score calcique coronaire est néanmoins peu irradiante. L'utilisation du scanner n'est pas forcément synonyme de forte exposition improprement appelée "irradiation". L'acquisition se fait généralement en mode prospectif. Contrairement au mode rétrospectif, où l'acquisition est volumique avec émission continue de rayons X pendant la réalisation du scanner, le mode prospectif permet une acquisition à un temps donné du cycle cardiaque (en diastole généralement) pour limiter l'exposition des patients aux rayons X. Le mode prospectif est peu irradiant, de l'ordre de 0,5 mSv de dose efficace,

ce qui est comparable à une mammographie (environ 0,8 mSv). D'autres comparaisons sont intéressantes afin de fixer les idées sur "l'irradiation" du scanner pour réalisation du SCC. Une simple radiographie du thorax de face équivaut à une dose efficace de 0,02 mSv. Le scanner cardiaque avec injection d'iode est légèrement plus irradiant que le SCC seul, avec une dose de 1 à 4 mSv actuellement en fonction des machines et de leurs réglages. La coronarographie, quant à elle, expose à une dose de 6 mSv et la scintigraphie myocardique à 15 mSv.

Interprétation du score calcique coronaire

Le score calcique coronaire joue un rôle très important dans la stratification du risque cardiovasculaire.

La prévalence des calcifications coronaires est plus élevée chez l'homme et augmente avec l'âge. Elle varie aussi selon l'origine ethnique des patients, avec une prévalence plus élevée chez les Caucasiens et un caractère plus péjoratif chez les patients d'origine africaine.

Chez les patients diabétiques de type 2, les calcifications coronaires sont plus fréquentes que chez les sujets non diabétiques. Cela reflète probablement leur haut niveau de risque cardiovasculaire. Enfin, à la différence des constatations faites dans la population générale, les patientes diabétiques présentent davantage de calcifications coronaires que les hommes diabétiques.

Les malades dialysés atteints d'insuffisance rénale terminale ont également une forte prévalence de calcifications coronaires. Leur importance dépend de l'ancienneté de la dialyse et de l'état du métabolisme calcique du patient.

Plusieurs études ont montré que le score calcique est associé de manière significative à la survenue d'événements

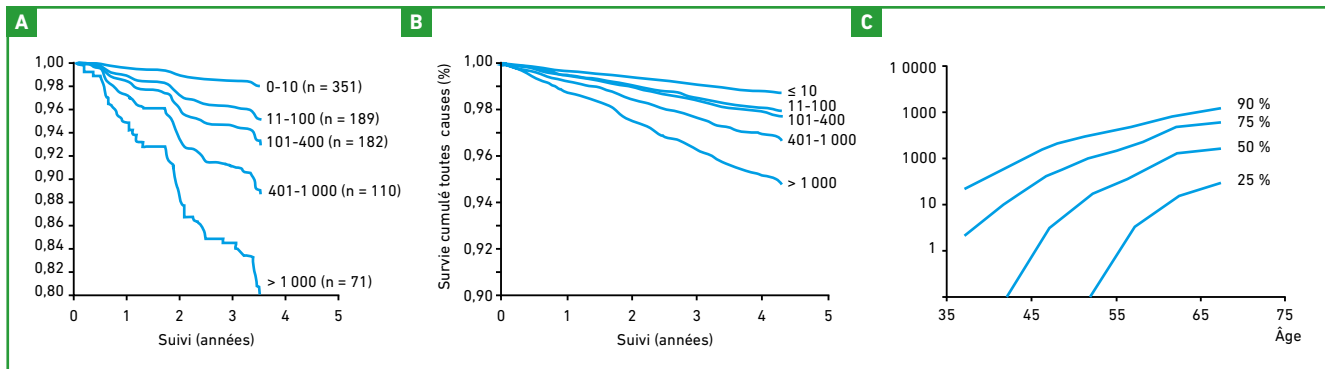


Fig. 4 : Courbes de survie (A) selon Raggi et al. [2] en fonction du score calcique coronaire d'Agatston chez les patients diabétiques. En B, les mêmes courbes selon Shaw LJ et al. [3] adaptées à la population générale. En C, les courbes de valeur du score calcique coronaire chez l'homme en fonction de l'âge, adapté selon Raggi P et al. [4].

cardiovasculaires majeurs à moyen et à long terme. Notamment, la mortalité toute cause ainsi que la mortalité d'origine cardiovasculaire sont augmentées avec un SCC élevé (**fig. 4**). Ainsi, dans plus de six larges études réalisées sur plus de 27 000 patients asymptomatiques, le risque relatif d'événements cardiovasculaires majeurs a été calculé chez les patients avec un SCC positif *versus* ceux avec un SCC mesuré à 0 [5].

On peut ainsi distinguer quatre sous-groupes chez les patients qui n'ont pas de SCC égal à zéro :

- le premier sous-groupe correspond à une détection de calcifications < 10 ;
- le deuxième correspond à un score compris entre 10 et 99 ;
- le troisième est défini pour des valeurs de 100 à 399 ;
- le quatrième sous-groupe, dont le score est > 400, caractérise les patients dont le risque coronarien est le plus élevé.

Le risque d'événements cardiovasculaires est directement corrélé au score d'Agatston (**tableau I**).

Le score calcique coronaire a été étudié en association avec des facteurs de risque cardiovasculaire classiques traditionnellement utilisés pour évaluer le risque d'événements, et en particulier avec l'échelle de risque de Framingham [5]. Certains auteurs se sont attachés à extrapoler le risque relatif lié au SCC (**fig. 5**). Ainsi, le score calcique coro-

Score d'Agatston	Risque de décès à 10 ans
SCC = 0	Très faible risque < 1 %
SCC = 1-100	Risque faible < 10 %
SCC = 101-400	Risque intermédiaire = 10-20 %
SCC = 101-400 et > 75 ^e percentile	Risque élevé modéré = 15-20 %
SCC > 400	Haut risque > 20 %

Tableau I : Évaluation du risque cardiovasculaire adapté selon Rumberger et al. [6].

Agatston = 0	Agatston = 45	Agatston > 1 000	
Score calcium	Patients	Décès toute cause (%)	Ratio risque relatif
≤ 10	5 946	1,0	-
11-100	2 044	2,6	2,5
101-400	1 432	3,8	3,6
401-1 000	632	6,3	6,2
> 1 000	332	12,3	12,3

Fig. 5 : Images de scanner (ligne supérieure) retrouvant une infiltration calcaire variable d'un patient diabétique à l'autre avec l'absence de calcification à gauche, jusqu'à une infiltration calcaire massive et un score coronaire supérieur à 1 000. La ligne inférieure de la figure illustre le risque de mortalité toute cause avec le risque relatif associé en fonction du niveau du score calcique coronaire d'Agatston.

naire apparaît comme élément prédictif indépendant de la mortalité toute cause ou de la mortalité d'origine cardiovasculaire chez les patients asymptomatiques à risque intermédiaire [6].

Le score calcique coronaire ou score d'Agatston fournit donc une valeur qui

est variable en fonction de l'âge et du sexe. Plus la population vieillit, plus le score calcique coronaire risque d'être élevé. Des abaques sont disponibles pour l'interprétation du chiffre en fonction de l'âge donné par la machine [4], pour aller au-delà du chiffre lui-même en valeur absolue (**fig. 4**). Ces abaques sont intéres-

Le dossier – Cœur, vaisseaux et diabète

sants à utiliser en pratique clinique car, au-delà d'un chiffre en valeur absolue fourni par le logiciel, ils permettent de situer le patient dans son risque individuel en fonction de son âge par rapport à la population générale. En effet, un patient qui présente un score calcique à 90 par exemple – ce qui représente un chiffre de score calcique peu élevé en valeur absolue – peut en réalité se retrouver à haut risque s'il n'a que 45 ans. Ce chiffre de SCC à 90 sera à 80 ans plutôt bon signe avec un risque d'événements faible. À 45 ans, le patient avec 90 de SCC se situe largement au-delà du 75^e percentile des valeurs habituelles pour l'âge. Un certain nombre d'études ont montré que les patients avec un score calcique > 75^e percentile présentaient un risque élevé d'événements [7].

Pour l'interprétation du score calcique, le volume du score calcique peut être calculé. Le volume a été montré comme étant la méthode la plus robuste et reproductible [8]. Cependant, cette mesure est très sensible aux artefacts et à l'effet de volume partiel. La masse relative du score calcique peut également être calculée.

1. Interprétation chez le patient diabétique et prise en charge

Le score calcique coronaire est un marqueur de risque d'événements cardiovasculaires dont les preuves sont tirées essentiellement d'études observationnelles [9] et d'études prospectives non randomisées. Jusqu'à présent aucune étude sur le SCC associée à une intervention thérapeutique n'est associée ou conduit à une diminution de la morbi-mortalité cardiovasculaire.

Actuellement préconisé par les sociétés savantes européennes ou américaines en classe IIb (ce qui correspond à un examen qui "peut être considéré") chez les patients asymptomatiques à risque intermédiaire, le SCC n'est pas recommandé comme méthode de dépistage de manière systématique par les mêmes sociétés savantes [10].

Chez le diabétique, en revanche, le score calcique permet de reclasser les individus en très haut risque cardiovasculaire et ainsi de leur faire bénéficier d'une adaptation thérapeutique (intensifica-

tion du traitement des FDR associés et meilleur équilibre du diabète, mise en route de thérapeutiques en prévention primaire à l'instar de l'aspirine avec l'étude ASCEND [11, 12]. L'utilisation de l'aspirine en prévention primaire dans cette indication reste une recommandation de classe IIb de la Société européenne de cardiologie (ESC) (niveau de preuve A) [13] pour les diabétiques à haut risque et doit être largement étudiée au cas par cas en raison du risque majoré d'hémorragies sévères sous aspirine [11].

2. Place du scanner coronaire dans le dépistage de la maladie coronaire

Les progrès technologiques des machines récentes permettent, en une acquisition synchronisée à l'ECG, la réalisation d'une coronarographie non invasive (**fig. 6**) avec 60 mL d'iode. L'intérêt d'un tel examen à l'échelle d'un individu est majeur car il permet d'éliminer la maladie coronaire avec une très bonne valeur prédictive négative. Il est clair qu'au moindre doute clinique, chez un patient diabétique avec des douleurs thoraciques atypiques, le

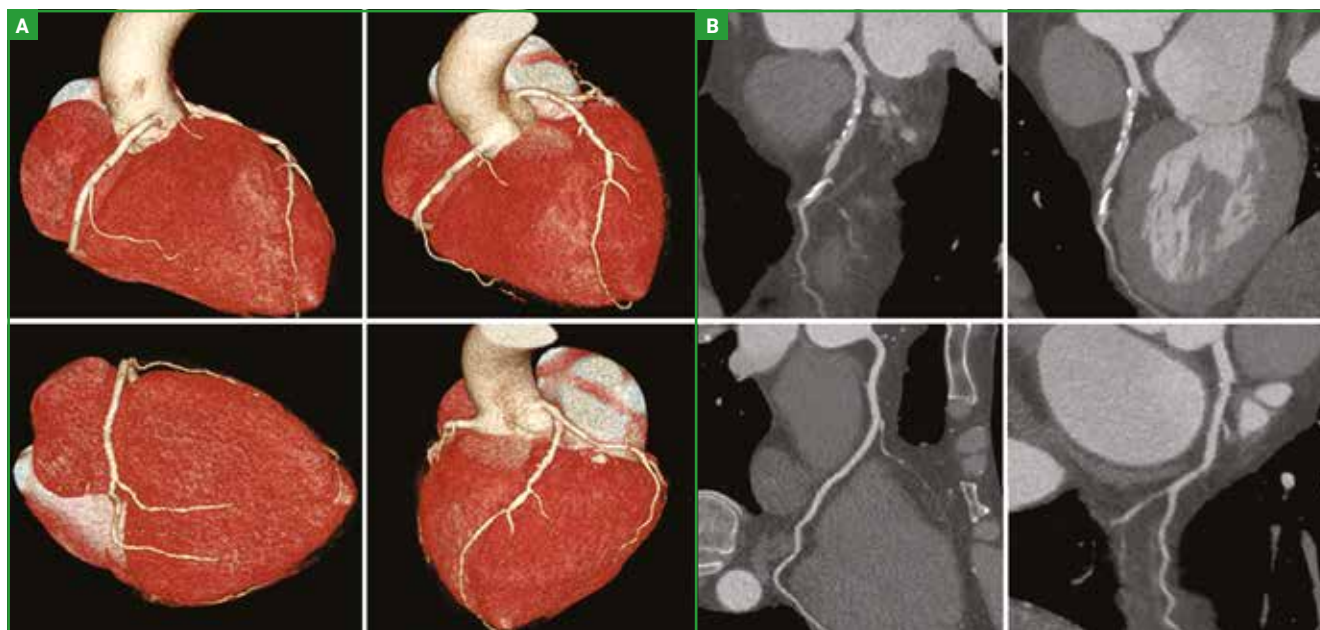


Fig. 6 : Images de coroscanner réalisé chez un patient diabétique avec un score calcique coronaire de 345. Les images en rendu volumique 3D mettent en évidence une infiltration de l'IVA proximale et moyenne sur un réseau coronaire de dominance droite (A). Les images en MPR curviligne retrouvent une sténose significative de l'IVA sur plaque calcifiée (B). Il existe par ailleurs une plaque calcifiée paraissant non significative de l'IVA proximale.

scanner coronaire permet d'évaluer le réseau coronaire avec fiabilité quel que soit le degré de calcifications. Il permet d'évaluer le degré de sténose d'une ou de plusieurs artères coronaires. En pratique, une atteinte coronaire tritonculaire ou proximale n'a pas le même pronostic qu'une atteinte distale et monotronculaire. Le coroscaner dans l'évaluation d'une atteinte coronaire proximale *versus* distale a donc toute sa place (**fig. 6**), en particulier chez le diabétique qui a une atteinte souvent diffuse avec des artères de petit calibre.

Les recommandations de l'ESC en collaboration avec l'EASD publiées récemment soulignent l'intérêt de la réalisation d'un coroscaner pour l'évaluation du risque cardiovasculaire chez le diabétique (classe IIb "peut être considéré"), tout comme l'utilisation du score calcique coronaire (CAC) comme modificateur de risque cardiovasculaire (classe IIb également).

3. Intérêt du scanner coronaire pour le reclassement des patients pour le risque cardiovasculaire

Dans la population générale, le reclassement du risque cardiovasculaire des patients grâce au score calcique coronaire est possible pour à peu près la moitié des individus [14]. Cela concerne environ 15 % des patients à faible risque et plus de 35 % des patients à risque intermédiaire. Il est en particulier intéressant pour reclasser les patients à risque intermédiaire, surtout ceux atteints de diabète. En effet, nous devons prendre un exemple d'un patient dont le risque, évalué selon l'échelle de risque classique de Framingham, est à risque intermédiaire. Ce risque intermédiaire le place à moins de 5 % de risque d'événements cardiovasculaires à 10 ans. Si le score calcique coronaire de ce patient est > 300, sa fréquence annuelle de risque d'infarctus du myocarde ou de décès d'origine coronaire augmente considérablement (risque 10 fois plus important). Le score calcique coronaire le place d'emblée

dans le haut risque d'événements, la fréquence de survenue d'événement étant à 10 ans approximativement de 28 %. Cette approche est novatrice et souligne l'évolution lentement favorable vers cette technique peu irradiante que constitue le scanner cardiaque.

Concernant les patients diabétiques, les données sont actuellement très en faveur de la réalisation du score calcique coronaire pour le reclassement du haut risque en très haut risque cardiovasculaire [15], le très haut risque cardiovasculaire devant faire bénéficier les patients d'une stratégie thérapeutique intensive.

Les patients diabétiques ont une plus forte prévalence de calcification des artères coronaires comparativement aux patients non diabétiques, et ce après ajustement à l'âge et au sexe [16].

Alors qu'un score calcique coronaire de 0 est associé un pronostic favorable chez un patient diabétique asymptomatique, chaque augmentation d'un incrément du score calcique est en revanche associée à une augmentation du risque relatif de mortalité de 25 à 33 % (incrément en fonction des catégories 1-99 puis de 100-399 et enfin ≥ 400).

Il est à noter que le score calcique n'est pas toujours associé à une ischémie. Il faut donc recourir à un test d'ischémie (par échographie d'effort, IRM de stress ou scintigraphie myocardique de perfusion) à la recherche d'une ischémie myocardique silencieuse [17]. L'ensemble des études observationnelles et des études contrôlées randomisées retrouvent une prévalence d'ischémie myocardique silencieuse chez les patients diabétiques asymptomatiques de 20 à 30 % [18-21].

4. Intérêt du dépistage de l'ischémie myocardique chez le diabétique asymptomatique

Un certain nombre d'essais contrôlés randomisés évalue l'impact du dépis-

tage de la coronaropathie chez les patients diabétiques asymptomatiques en routine, en l'absence d'antécédents de cardiopathie ischémique connue. Toutes ces études n'ont pas montré de différence en termes de mortalité d'origine cardiaque ou de survenue d'angor dans le suivi de ces patients, qu'ils aient bénéficié d'un test fonctionnel à la recherche d'une ischémie ou d'un scanner cardiaque [22].

Une méta-analyse récente regroupant cinq études randomisées, sur plus de 3 200 patients diabétiques asymptomatiques, a montré que la recherche de coronaropathie par une imagerie cardiaque non invasive ne modifiait pas de manière significative le risque de taux d'événements d'infarctus ou d'hospitalisations pour insuffisance cardiaque (risque relatif à 0,65 et 0,61 respectivement avec $p = 0,3$, non significatif) [22, 23].

Dans l'étude DIAD, il n'existe pas de différence de prévalence d'ischémie myocardique silencieuse entre l'homme et la femme (24 % *versus* 17 % respectivement), avec un taux significativement plus bas d'événements (infarctus ou mort subite) chez la femme comparativement aux hommes (1,7 *versus* 3,8 % ; $p = 0,047$) [24].

Il faut tempérer ces résultats par le faible taux d'événements dans ces essais randomisés ainsi que par la disparité dans la prise en charge après les résultats du dépistage de la pathologie coronaire. Ces deux éléments expliquent largement le manque de bénéfice observé dans ces études concernant cette stratégie de dépistage systématique chez le diabétique asymptomatique. Une des critiques principales était que les patients n'avaient pas de coronarographie ou n'étaient pas revascularisés de manière systématique en fonction des études par exemple.

Il ne faut donc pas perdre de vue que le dépistage par des stratégies non invasives, fonctionnelles ou morphologiques, comme le représente le scanner

Le dossier – Cœur, vaisseaux et diabète

cardiaque avec la mesure du SCC, peut amener au cas par cas à dépister des patients à très haut risque qui vont bénéficier individuellement d'une revascularisation coronaire.

Conclusion

Brièvement, le SCC est mesuré lors de la réalisation d'un scanner cardiaque sans injection de produit de contraste. L'acquisition est effectuée en quelques secondes pendant une apnée, et le calcul du SCC est rapide et réalisé grâce à un logiciel semi-automatique. Le SCC prend en compte les calcifications coronaires dont la surface unitaire est supérieure à 1 mm², leur densité étant supérieure à 130 UH. Un score compris entre 100 et 400 correspond à une charge athéromateuse calcifiée modérée, tandis qu'une valeur supérieure à 400 indique une charge importante. Au-dessous de 10, le risque d'événements coronaires est considéré comme faible, en particulier chez le patient diabétique. Le SCC augmente notablement avec l'âge, de sorte qu'il convient de l'interpréter à l'aide d'abaques normalisés par l'âge et le sexe, le seuil du 75^e percentile étant requis pour évoquer un risque élevé ou une surcharge athéromateuse précoce.

Le dépistage en routine de la maladie coronaire chez le patient diabétique asymptomatique n'est actuellement pas recommandé par les sociétés savantes. Cependant, un scanner cardiaque avec évaluation du score calcique coronaire reste indiqué chez les patients diabétiques asymptomatiques à très haut risque. Ce très haut risque est défini par un diabète associé à une atteinte d'organes, une protéinurie, une insuffisance rénale, une artériopathie oblitérante des membres inférieurs ou un score calcique coronaire > 400 [13].

Le coroscaner réalisé avec injection de contraste prend une place grandissante dans la stratégie de dépistage de la coro-

nopathie du diabétique, en facilitant le repérage morphologique des lésions tritrunculaires ou proximales revêtant un caractère pronostique particulièrement péjoratif.

BIBLIOGRAPHIE

- AGATSTON AS, JANOWITZ WR, HILDNER FJ *et al.* Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*, 1990; 15:827-832.
- RAGGI P, SHAW LJ, BERMAN B *et al.* Prognostic value of coronary artery calcium screening in subjects with and without diabetes. *J Am Coll Cardiol*, 2004;43:1663-1669.
- SHAW LJ, RAGGI P, SCHISTERMAN E *et al.* Prognostic value of cardiac risk factors and coronary artery calcium screening for all-cause mortality. *Radiology*, 2003;228:826-833.
- RAGGI P, CALLISTER TQ, COOIL B *et al.* Identification of patients at increased risk of first unheralded acute myocardial infarction by electron-beam computed tomography. *Circulation*, 2000;101:850-855.
- GREENLAND P, BONOW RO, BRUNDAGE BH *et al.* ACCF/AHA 2007 clinical expert consensus document on coronary artery calcium scoring by computed tomography in global cardiovascular risk assessment and in evaluation of patients with chest pain: a report of the American College of Cardiology Foundation Clinical Expert Consensus Task Force (ACCF/AHA Writing Committee to Update the 2000 Expert Consensus Document on Electron Beam Computed Tomography) developed in collaboration with the Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol*, 2007; 49:378-402.
- RUMBERGER JA, BRUNDAGE BH, RADER DJ *et al.* Electron beam computed tomography coronary calcium scanning: a review and guidelines for use in asymptomatic persons. *Mayo Clin Proc*, 1999;74:243-252.
- SHAW LJ, MIN JK, NASIR K *et al.* Sex differences in calcified plaque and long-term cardiovascular mortality: observations from the CAC Consortium. *Eur Heart J*, 2018;39:3727-3735. doi: 10.1093/eurheartj/ehy534.
- MCCOLLOUGH CH, ULZHEIMER S, HALLIBURTON SS *et al.* Coronary artery calcium: a multi-institutional, multimanufacturer international standard for quantification at cardiac CT. *Radiology*, 2007;243:527-538.
- SILVERMAN MG, BLAHA MJ, KRUMHOLZ HM *et al.* Impact of coronary artery calcium on coronary heart disease events in individuals at the extremes of traditional risk factor burden: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Eur Heart J*, 2014;35:2232-2241.
- OUDEKERK M, STILLMAN AE, HALLIBURTON SS *et al.* Coronary artery calcium screening: current status and recommendations from the European Society of Cardiology and North American Society for Cardiovascular Imaging. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2008;24:645-671. doi:10.1007/s10554-008-9319-z.
- PIEPOLE MF, HOES AW, AGEWALL S *et al.* 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J*, 2016;37:2315-2381. doi:10.1093/eurheartj/ehw106.
- BOWMAN L, MAFHAM M, STEVENS W *et al.*; ASCEND Study Collaborative Group. ASCEND: A Study of Cardiovascular Events in Diabetes: Characteristics of a randomized trial of aspirin and omega-3 fatty acid supplementation in 15,480 people with diabetes. *Am Heart J*, 2018;198:135-144.
- MACH F, BAIGENT C, CATAPANO AL *et al.*; ESC Scientific Document Group. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk. *Eur Heart J*, 2020;41:111-188.
- COSENTINO F, GRANT PJ, ABOYANS V *et al.*; ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD. *Eur Heart J*, 2020;41:255-323. doi: 10.1093/eurheartj/ehz486.
- YEBOAH J, MCCLELLAND RL, POLONSKY TS *et al.* Comparison of novel risk markers for improvement in cardiovascular risk assessment in intermediate-risk individuals. *JAMA*, 2012;308:788-795.
- MADHAVAN MV, TARIGOPULA M, MINTZ GS *et al.* Coronary artery calcification: pathogenesis and prognostic implications. *J Am Coll Cardiol*, 2014;63: 1703-1714.
- VALENTI V, HARTAGH BO, CHO I *et al.* Absence of coronary artery calcium identifies asymptomatic diabetic individuals at low near-term but not long-term risk of mortality: a 15-year

- follow-up study of 9715 patients. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2016;9:e003528.
17. CHANG SM, NABI F, XU J *et al.* The coronary artery calcium score and stress myocardial perfusion imaging provide independent and complementary prediction of cardiac risk. *J Am Coll Cardiol*, 2009;54:1872-1882.
 18. WACKERS FJ, YOUNG LH, INZUCCHI SE *et al.*; Detection of Ischemia in Asymptomatic Diabetics Investigators. Detection of silent myocardial ischemia in asymptomatic diabetic subjects: the DIAD study. *Diabetes Care*, 2004;27:1954-1961.
 19. ZELLWEGER MJ, MARAUN M, OSTERHUES HH *et al.* Progression to overt or silent CAD in asymptomatic patients with diabetes mellitus at high coronary risk: main findings of the prospective multicenter BARDOT trial with a pilot randomized treatment substudy. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014;7:1001-1010.
 20. LIÈVRE MM, MOULIN P, THIVOLET C *et al.*; DYNAMIT investigators. Detection of silent myocardial ischemia in asymptomatic patients with diabetes: results of a randomized trial and metaanalysis assessing the effectiveness of systematic screening. *Trials*, 2011;12:23.
 21. COSSON E, NGUYEN MT, CHANU B *et al.* Cardiovascular risk prediction is improved by adding asymptomatic coronary status to routine risk assessment in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care*, 2011;34:2101-2107.
 22. YOUNG LH, WACKERS FJ, CHYUN DA *et al.*; DIAD Investigators. Cardiac outcomes after screening for asymptomatic coronary artery disease in patients with type 2 diabetes: the DIAD study: a randomized controlled trial. *JAMA*, 2009;301:1547-1555.
 23. CLERC OF, FUCHS TA, STEHLI J *et al.* Non-invasive screening for coronary artery disease in asymptomatic diabetic patients: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018;19:838-846.
 24. TANDON S, WACKERS FJ, INZUCCHI SE *et al.*; DIAD Investigators. Gender-based divergence of cardiovascular outcomes in asymptomatic patients with type 2 diabetes: results from the DIAD study. *Diab Vasc Dis Res*, 2012;9:124-130.

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