

Performances, limites et implications pratiques du coroscanner. A propos de 105 cas

Diagnostic accuracy, limits and practical implications of Multidetector Computed Tomography Coronarography. About 105 cases

Meriem Drissa, Mehdi Cheour, Chadia Chourabi, Rim Lakhedhar, Emna Bennour, Habiba Drissa.

Service de Cardiologie « Adultes » Hopital La Rabta

RÉSUMÉ

Prérequis : le scanner spiralé multicoupe par la possibilité de voir la paroi artérielle ouvre une nouvelle approche diagnostique de la maladie coronaire, il pourrait dans certaines situations cliniques constituer une technique mini-invasive alternative à la coronarographie conventionnelle.

But : Nous nous proposons à partir de notre étude personnelle et d'une revue de la littérature, d'analyser les performances diagnostiques du coroscanner 64 barrettes, de dégager ses limites et de déduire ses implications pratiques et ses indications.

Méthodes: 105 patients avaient bénéficié d'un coroscanner 64 barrettes qui était suivi d'une coronarographie chaque fois qu'il était pathologique. Dans 2 cas le coroscanner a été fait en complément d'une coronarographie non concluante. L'analyse des coronaires a été réalisée selon la méthode d'analyse par « segment » et la méthode d'analyse par « patient »

Résultats : L'âge moyen de nos patients était de $63,3 \pm 3$ ans, le sexe ratio était de 0,7. 63% de nos patients étaient hypertendus, 2,9% étaient diabétiques, 6 avaient des antécédents de pontages aorto coronaires. Le coroscanner a été réalisé pour exploration de douleurs thoraciques atypiques dans 46 cas, d'angor d'effort dans 40 cas et pour le diagnostic d'une ischémie silencieuse dans 5 cas. Le coroscanner a été demandé également dans le cadre d'un bilan de cardiomyopathie dilatée chez 5 patients, d'un bilan préopératoire de chirurgie cardiaque chez 3 patients et d'un bilan d'une chirurgie extracardiaque dans 2 cas. Le coroscanner était sans anomalie dans 30% des cas. En se basant sur le modèle d'analyse par «segment» la sensibilité (Se) était 89%, la spécificité (Sp) de 98%, la valeur prédictive positive (VPP) de 91% et la valeur prédictive négative (VPN) de 97%. Selon la méthode d'analyse par «patient» la Se l'était de 98%, la Sp de 89%, la VPP de 94% et la VPN de 95%. Le coroscanner a permis d'éviter le recours à la coronarographie dans 60% des cas chez les patients présentant des douleurs thoraciques atypiques, dans 50% des cas chez les patients ayant une cardiomyopathie dans 100% des cas pour les patients devant subir une chirurgie cardiaque ou extracardiaque. Le coroscanner n'était pas contributif à cause des calcifications dans 8 cas et d'une fréquence cardiaque non contrôlée dans 40 cas.

Conclusion : En raison de sa bonne valeur prédictive négative, le coroscanner constitue une alternative à la coronarographie chez les patients symptomatiques à probabilité intermédiaire de maladie coronaire. Il est également très utile dans l'exploration de la CMD et le bilan préopératoire d'une valvulopathie ou d'une chirurgie extracardiaque.

Mots-clés

MDCT, angiographie coronaire, maladie coronarienne

SUMMARY

Background: Non-invasive examination of coronary artery disease is an attractive and rapidly evolving possibility. In certain clinical situations, multi-detector computed tomography coronary angiography (MDCT) is currently considered as a promising technique alternative to conventional coronary angiography (CCA).

Purpose : We suggest from our personal study and from a review of the literature, to analyze diagnostic accuracy of MDCT, its limits and to deduct, its practical implications and its indications.

Methods : 105 patients underwent 64-slice MDCT. Coronary angiography was performed every time when the MDCT was pathologic. In two cases the MDCT was realized in complement of inconclusive coronary angiography. Study of coronary arteries was based on "per-segment" and "per-patients" analyse

Results : The mean age was 63,3 years., sex ratio was 0,7. Hypertension was noted in 63% of cases 29,9% of patients had mellitus diabetes. The initial clinical presentation was unusual chest pain in 46 patients, exercise chest pain in 40 cases. the MDCT was done for the detection of silent ischemia in 5 cases, for screening of CAD in patients with dilated cardiomyopathy in 5 cases, before cardiac surgery in 3 cases and before non cardiac surgery in 2 cases. MDCT was normal in 30 patients (28%) so coronary angiography was avoided in 60% of patients with unusual chest pain, and in 50% of patients with dilated cardiomyopathy and in also in 50% of patients selected for cardiac or non cardiac surgery.

In per-segment study the sensitivity, specificity, positive and negative predictive value of the MDCT in detecting coronary stenosis were respectively 89%, 98%, 91% and 97% versus, 98%, 89%, 94%, 95% the per-patient evaluation. The MDCT was inclusive in 10 patients because of calcifications in 8 cases and because uncontrolled unchecked heart rate in 40 cases

Conclusion : our results for negative predictive value of MDCT are similar to reports from the literature. This suggests that in this clinical setting, MDCT may replace coronary in patients with low probability of coronary artery diseases, its is also useful for assessment of cardiomyopathy and before cardiac or non cardiac surgery.

Key- words

MDCT, coronary angiography, coronary artery disease

La coronarographie reste l'examen de référence pour la détection et la quantification de la maladie athéromateuse coronaire. Il s'agit cependant d'une exploration inconfortable pour le patient, relativement coûteuse et sa nature invasive la rend de surcroît sujette à de rares mais sérieuses complications. L'examen diagnostique non invasif parfait de la maladie coronaire n'existe pas encore. On souhaiterait disposer d'un examen avec une sensibilité et une spécificité de 100 %, un risque nul, constamment contributif, un coût faible, avec une valeur pronostique et un impact thérapeutique établi. Toutes fois, les six dernières années ont vu des progrès majeurs dans le domaine de l'imagerie cardiaque non invasive. Parmi ces explorations, le scanner spiralé multicoups par la possibilité de voir la paroi artérielle coronaire de manière non invasive ouvre une nouvelle approche diagnostique de la maladie coronaire. Nous nous proposons à partir de notre étude personnelle et d'une revue de la littérature, d'analyser les performances diagnostiques du coroscanner 64 barrettes, de dégager ses limites et de déduire ses implications pratiques et ses indications.

MÉTHODES

Notre étude est prospective et a été menée sur une période de 3 ans allant de janvier 2008 à janvier 2011. Notre population compte 105 patients suivis au Service de Cardiologie « Adultes » de l'hôpital La Rabta. Tous nos patients ont bénéficié d'un coroscanner réalisé dans le service d'imagerie du même hôpital. Il s'agit d'un scanner Siemens 64 détecteurs.

Nous avons inclus dans l'étude les patients chez qui une insuffisance coronaire était suspectée ou devrait être éliminée systématiquement. Dans 2 cas le coroscanner était réalisé en complément d'une coronarographie non concluante.

Nous avons exclu de l'étude les patients présentant un test d'ischémie positif et/ou ceux présentant une contre indication à la réalisation d'un coroscanner à savoir: une allergie à l'iode, une insuffisance rénale sévère, une fibrillation auriculaire, une instabilité hémodynamique et/ou une apnée impossible.

Le patient doit être bien préparé avant la réalisation de l'exploration: il ne doit pas être à jeun et ne doit pas avoir consommé d'excitants (tabac, café) durant les 12 heures avant l'examen pour que la fréquence cardiaque ne s'accroisse pas. Le patient doit avoir un rythme cardiaque le plus régulier et le plus lent possible avec des fréquences cardiaques inférieures à 70 bpm.

Le cardiologue doit ralentir la fréquence cardiaque chez son patient avant de l'envoyer pour un coroscanner. Les drogues utilisées sont les bêta bloquants et si contre indication ce sont les d'inhibiteurs calciques type Diltiazem qui sont prescrits.

Lorsque le patient gardait au moment de l'examen une fréquence cardiaque élevée >70 battements par minute (bpm) l'administration par voie orale d'un bêtabloquant (Aténolol) était réalisée 60 minutes avant l'examen. Dans certains cas, une injection lente d'Avlocardyl® par voie intraveineuse, juste avant le début de l'acquisition était réalisée. Un produit de contraste (PDC) iodé de basse osmolarité, non ionique et de concentration supérieure ou égale à 350 mg d'iode/l était utilisé.

L'examen était jugé de bonne qualité en cas d'absence de tout type d'artéfact avec une opacification vasculaire optimale des coronaires,

de qualité moyenne devant la présence d'artéfact et/ou une opacification vasculaire non optimale, mais ne gênant pas la lecture de l'examen, en particulier la quantification des sténoses coronaires. L'examen était de mauvaise qualité en cas de présence d'importants artéfacts et/ou une mauvaise opacification vasculaire empêchant l'exploitation des données de l'examen et d'en tirer des résultats fiables.

Les lésions au scanner étaient réparties en deux groupes :

- Sténose significative : responsable d'une réduction de calibre du vaisseau $\geq 50\%$.
- Sténose non significative : responsable d'une réduction de calibre $< 50\%$.

Une coronarographie a été pratiquée chaque fois que le coroscanner était pathologique.

L'étude des sténoses coronaires a été faite selon le modèle d'analyse par « patient » et selon la méthode d'analyse par « segment » en se référant à la classification de l'American Heart Association (1).

Analyses statistiques : La coronarographie était l'examen de référence pour étudier la performance du coroscanner. Nous avons ainsi calculé la sensibilité (Se), la spécificité (Sp) et les valeurs prédictives positive (VPP) et négative (VPN) du coroscanner pour la détection de sténoses significatives. Ces valeurs sont données avec leur intervalle de confiance exact à 95%.

RESULTATS

Données épidémiologiques :

L'âge moyen de nos patients était de $63,2 \pm 3$ ans avec des extrêmes allant de 45 à 80 ans. Les patients étaient répartis en 44 hommes (41%) et 61 femmes (59 %) soit un sexe ratio de 0.7. L'hypertension artérielle (HTA) était le facteur de risque le plus fréquent car observée dans 66 cas (63%) suivie par le tabagisme dans 41 cas (39%) puis le diabète dans 32 cas (29,9%), la dyslipidémie dans 25 cas (24%) et la coronaropathie familiale dans 12 cas (12%).

Indications du coroscanner :

Le coroscanner a été demandé devant une suspicion d'insuffisance coronaire chez 95 patients (90%) dont 6 avaient des antécédents de revascularisation myocardique chirurgicale. Dans 2 cas la coronarographie avait précédé le coroscanner parce qu'elle n'était pas concluante. Il s'agissait dans un cas d'une sténose ostiale du Tronc coronaire gauche (TCCG) et d'une sténose ostiale de la coronaire droite dans l'autre cas. La suspicion de maladie coronaire était évoquée devant une symptomatologie thoracique douloureuse dans 86 cas (94%) à type de douleurs atypiques dans 46 cas (53,5%) et de douleurs d'effort typiques dans 40 cas (46,5%). Une ischémie silencieuse a motivé la réalisation du coroscanner dans 5 cas (6 %). Chez 10 patients le coroscanner a été réalisé pour rechercher à titre systématique une atteinte coronaire dans le cadre du bilan étiologique d'une cardiomyopathie dilatée (CMD) dans 5 cas (4,7%), d'un bilan préopératoire d'une chirurgie cardiaque dans 3 cas (2,8%) (valvulopathie: 2 cas et myxome de l'oreillette

Données du coroscanner : Les examens scannographiques ont été jugés de bonne qualité chez 93 patients (88%), de qualité moyenne

dans 8 cas (8%) et de mauvaise qualité dans 4 cas (4%). Les examens de qualité moyenne ou de mauvaise qualité ont été classés ainsi en raison de présence de calcifications coronaires chez 8 patients, d'artéfacts cinétiques secondaires à des variations de la fréquence cardiaque dans 3 cas et d'artéfacts mécaniques causés par l'incapacité à se maintenir en apnée dans 1 cas. Le coroscaner était sans anomalies chez 30 patients sur 105 ce qui nous a fait éviter de réaliser la coronarographie dans 28 % des cas. Chez 75 patients (71%), le coroscaner était pathologique objectivant des sténoses coronaires plus ou moins serrées. Selon la méthode d'analyse par « segment » une atteinte pariétale coronaire a été détectée au niveau de 543 segments sur un total de 1470 segments. La sténose était jugée non significative dans 347 segments (64%) et significatives dans segments 139 (26%). La lésion était difficile à quantifier en raison de calcifications dans 57 segments (10 %). Selon la méthode d'analyse par « patient » des lésions pariétales ont été mises en évidence chez 75 patients (71%). 46 patients (61%) étaient porteurs de sténoses non significatives et 21 (39%) porteurs d'au moins une plaque sténosante. Chez 8 patients l'examen était non concluant à cause des calcifications.

Données de la coronarographie : Une coronarographie a succédé le coroscaner chez 73 patients et l'a précédé dans 2 cas avec un délai moyen 36 jours et des extrêmes de 0 et 90 jours. La coronarographie était normale dans 8 cas. Selon la méthode d'analyse par « segment » une atteinte pariétale a été détectée au niveau de 504 segments sur un nombre total de 1050 ; La sténose était jugée non significative dans 362 segments (56%) et significatives dans 142 segments (44%). 546 segments ne présentaient aucune lésion. Selon la méthode d'analyse par « patient » des lésions pariétales ont été mises en évidence chez 67 patients. 43 étaient porteurs d'au moins une sténose significative et 24 porteurs de plaques non sténosantes. Le réseau coronaire était indemne de toute lésion athéromateuse chez 8 patients.

Corrélation coroscaner-coronarographie : La corrélation des données du coroscaner et celle de la coronarographie a intéressé les 67 patients chez qui l'examen scannographique était concluant. Selon le modèle d'analyse par « patient », La sensibilité du coroscaner pour le diagnostic de lésions coronaires significatives était de 98%, la spécificité de 89 %, la valeur prédictive positive de 94% et la valeur prédictive négative de 95 % (Figure 1). En se basant sur le modèle d'analyse « par segment » nous avons obtenu une sensibilité (SE) de 89 %, une spécificité (SP) de 98%, une valeur prédictive positive (VPP) de 91% et une valeur prédictive négative (VPN) de 97% (Figure 2). La discordance entre les résultats du coroscaner et ceux de la coronarographie était en rapport avec 12 faux positifs et de 15 faux négatifs. Les explications possibles à ces faux diagnostics sont représentées dans le tableau 1. Il ressort de notre étude que la sensibilité et la valeur prédictive positive sont meilleures pour l'analyse par patient que pour l'analyse par segment. La spécificité pour l'analyse par patient est moins bonne que celle par segment. La valeur prédictive négative est comparable pour les deux types d'analyse. La relative plus faible valeur de la spécificité du coroscaner retrouvée par l'analyse par patient est due à la présence de faux positifs expliqués par l'exclusion des segments non interprétables lors de l'analyse par segment. Il est intéressant de noter que les valeurs de

spécificité et sensibilité s'inversent lorsqu'on passe d'une analyse par « segment » à une analyse par « patient », cela est dû au fait qu'une non-détection de sténose en analyse par segment est souvent « rattrapée » en analyse par patient par la détection d'une sténose sur un autre segment. Cela étant d'autant plus vrai que les lésions sont diffuses.

Figure 1 : Performance du coroscaner selon le modèle d'analyse par «patient»

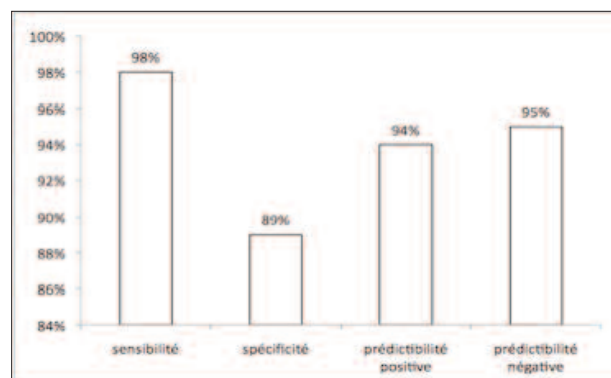


Figure 2 : Performance du coroscaner selon le modèle d'analyse par «segment»

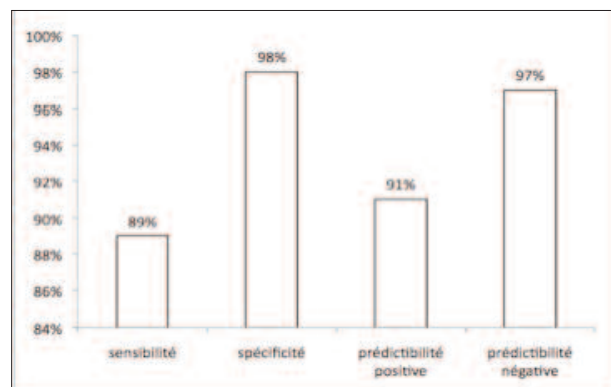


Tableau n° 1 : Causes des faux positifs et négatifs du coroscaner

Causes des faux positifs	Nombre de segments
Sténoses courtes sur segments hypoplasiques	5
Fausse image de sténose liée à l'angulation au niveau de la CD	5
Sans explications	2
Causes des faux négatifs	
Sténose ostiale de la coronaire droite	1
Sténose du tronc dans sa partie distale	1
Artère de faible calibre et lésion distale	4
Artéfact cinétique	5
Absence d'explications	4

Corrélation coroscanner–coronarographie dans certains cas particuliers :

En présence de calcifications :

Dans notre série, les calcifications vues au coroscanner étaient à l'origine de l'altération de la qualité d'image chez 8 patients, et 57 segments (soit 7% du nombre total des segments). A la coronarographie, 30 segments étaient calcifiés, la plaque était dense et non calcifiée dans 17 segments et il n'existait pas de plaque au niveau de 10 segments. Le coroscanner n'a permis en aucun cas de quantifier la sténose dans les segments calcifiés (Figure 3). La coronarographie a par contre permis de quantifier la sténose dans tous les cas. En effet la sténose était serrée dans 5 segments (25%) et non serrée dans 12 segments (75%). La présence de calcification n'était donc pas toujours synonyme de sténose serrée, et une sténose non serrée peut être compatible avec une plaque calcifiée.

Figure 3 : Calcifications de l'IVA empêchant la quantification des lésions



Etude des pontages :

Six patients avaient des antécédents de pontages aorto coronaires. Il s'agissait de 12 ponts mammaires internes, et de 5 ponts veineux. Le coroscanner a objectivé 5 ponts thrombosés : 2 ponts mammaires occlus et 3 ponts veineux thrombosés. 12 ponts étaient perméables. Une coronarographie succédant le coroscanner a confirmé la présence de 5 ponts occlus déjà vu au **coroscanner** mais elle a également retrouvé chez un patient une sténose serrée à l'abouchement du pont mammaire sur l'IVA non vue au coroscanner (Figure 4)

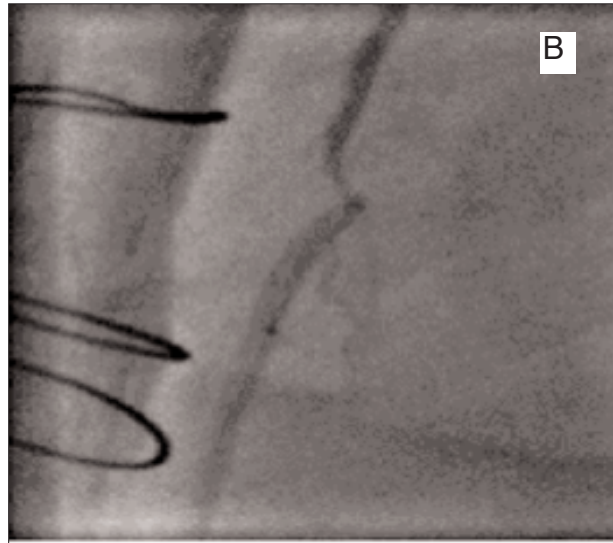
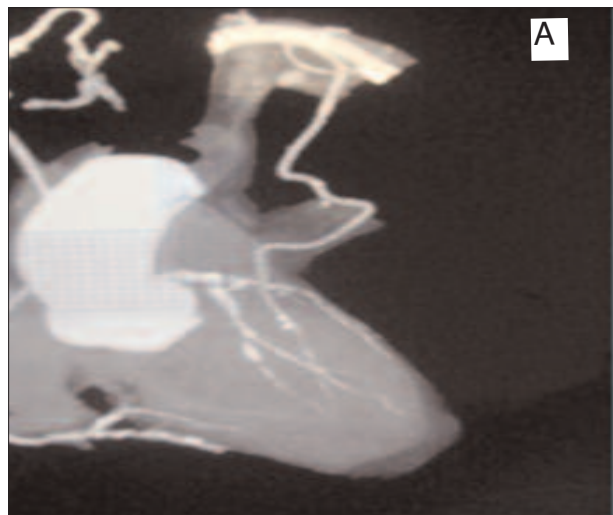
Selon l'indication du coroscanner :

- Douleurs thoraciques atypiques :

C'est le cas de 35 patients chez qui le coroscanner est revenu normal permettant d'éviter la coronarographie dans 17 cas soit 60%. Les 18 patients qui avaient des lésions coronariennes au coroscanner ont été ultérieurement explorés par une coronarographie. La concordance du coroscanner pour la détection des sténoses significatives était de 9/10 avec un seul cas de surestimation du degré de la sténose par le

coroscanner. L'absence de sténoses significatives, constatée au coroscanner, a été confirmée 7 fois sur 8 à la coronarographie avec un seul cas de faux négatif (FN) où la sténose s'est révélée significative à la coronarographie

Figure 4 : A. Le coroscanner ne montre pas de lésion du pont mammaire. B : sténose serrée à l'abouchement du pont mammaire IVA objectivée à la coronarographie



Douleurs thoraciques typiques :

L'arbre coronaire était au coroscanner indemne de lésions athéromateuses uniquement dans 3 cas seulement sur 33. Des lésions coronariennes ont été notées chez 30 patients qui ont été ultérieurement explorés par une coronarographie. La concordance globale du coroscanner pour la détection des sténoses significatives était de 20/21, avec un seul cas de surestimation par le coroscanner du degré de la sténose FP. L'absence de sténoses significatives constatée au coroscanner, a été confirmée 9 fois sur 9 à la

coronarographie avec 100 % de vrais négatifs et donc absence de faux négatifs.

Dans le cadre du bilan étiologique d'une CMD :

Sur les 4 cas de CMD de notre série, le coroscanner a objectivé une sténose coronaire uniquement dans 2 cas. Elle était significative dans un cas et retrouvée ainsi à la coronarographie. Chez le 2^{ème} patient, le réseau coronaire était fortement calcifié et difficile à quantifier au coroscanner. La coronarographie a trouvé également un réseau calcifié mais elle a permis de quantifier la sténose sur le début de l'IVA moyenne qui était significative. La coronarographie a pu être évitée une fois sur deux.

Dans le cadre d'un bilan préopératoire d'une chirurgie cardiaque :

Le coroscanner a été réalisé chez 3 patients devant subir une chirurgie cardiaque valvulaire dans 2 cas et pour un myxome dans un cas. L'arbre coronaire était normal dans les 3 patients évitant ainsi le recours à une coronarographie. L'intervention cardiaque s'est déroulée sans complications notamment coronariennes.

Dans le cadre d'une chirurgie extracardiaque :

Le coroscanner a été réalisé chez 3 patients devant subir une chirurgie extra cardiaque. Il a montré un réseau coronaire normal dans 1 cas faisant éviter le recours à une coronarographie abusive et une plaque non significative chez le 2^{ème} patient confirmée à la coronarographie.

En complément à la coronarographie :

Le coroscanner a été réalisé chez 3 patients qui avaient une coronarographie non concluante.

Le coroscanner a permis de quantifier les sténoses jugées suspectes à la coronarographie en mettant en évidence une sténose ostiale serrée du TCCG dans un cas (Figure 5) et une lésion ostiale serrée de la coronaire droite dans le 2^{ème} cas, toutes les 2 difficiles à quantifier à la coronarographie (Figure 6).

Figure 5 : A. Sténose ostiale du tronc coronaire gauche difficile à quantifier à la coronarographie. B. la Sténose du tronc coronaire gauche s'est révélée serrée au coroscanner

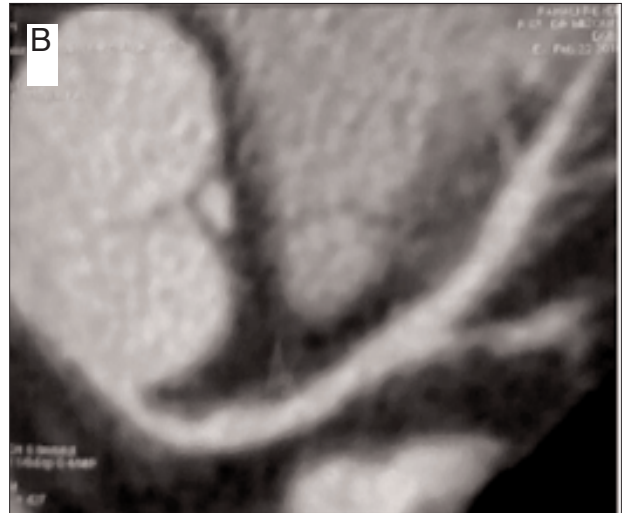
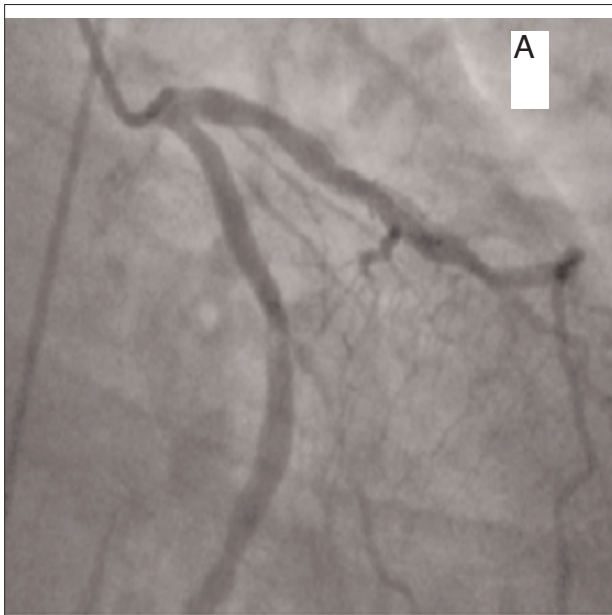
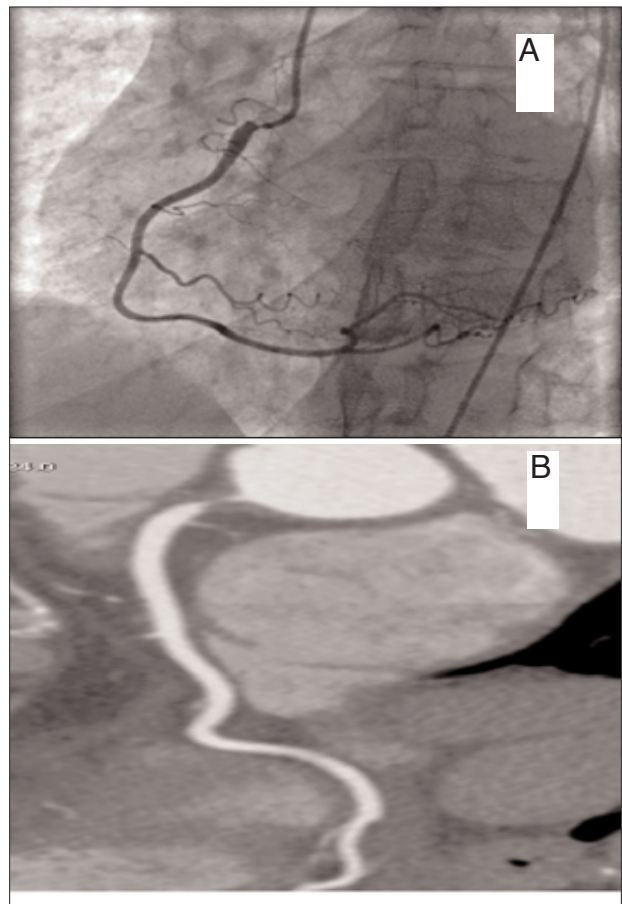


Figure 6 : A. Coronarographie : Incidence oblique antérieure gauche montrant une lésion ostiale spastique de la coronaire droite. B. Scanner coronaire : Reconstruction curviligne déroulant l'artère coronaire droite : Plaque hypodense ostiale de la coronaire droite responsable d'une sténose serrée sub-occlusive



DISCUSSION

Depuis l'avènement des scanners multidecteurs de dernière génération et plus particulièrement les scanners coronaires spiralés multicoupes à 64 barrettes, de nombreuses études et méta analyses ont évalué les performances du coroscanner dans la détection de la maladie coronaire en le comparant à la coronarographie examen de référence (2,3). Les résultats bien que parfois divergents apparaissent le plus souvent excellents. L'avènement des nouvelles machines à 16-coupes et surtout 64 barrettes, parallèlement à l'amélioration des résolutions spatiale et temporelle, des algorithmes de reconstruction et au développement des logiciels de post-traitement, a permis d'augmenter de manière significative la proportion des segments analysables au scanner. Celle-ci est passée de 74% pour les machines à 4-coupes, à 92% et 97% pour les scanners à 16 et 64 coupes respectivement (4). Ceci est concordant avec les résultats de notre série où 91% des segments coronaires étaient analysables avec une qualité d'image satisfaisante. La majorité des études publiées dans la littérature ont donné des résultats très encourageants concernant la performance diagnostique du scanner 64 barrettes dans la détection des sténoses significatives avec une sensibilité qui va de 86% à 98%, une spécificité de 86 % à 97%, une prédictibilité positive de 77% à 96% et une prédictibilité négative de 92 % à 98% voire même 100 % (5,6) La proportion des segments non analysables est un élément fondamental dans l'évaluation des performances du scanner pour la détection des sténoses significatives. La plupart des auteurs excluent ces segments non analysables de leur analyse statistique. Certains auteurs aussi limitent leurs études aux segments artériels de diamètre supérieur ou égal à 1,5 mm. Ces 2 critères d'exclusion retiennent essentiellement sur la sensibilité et la valeur prédictive positive, expliquant ainsi la divergence entre certaines données de la littérature et celles de notre étude. En effet, nous avons inclus tous les segments artériels même ceux de petit calibre ce qui explique la moins bonne sensibilité (86%) et valeur prédictive positive (89%). Nos résultats sont cependant concordants avec les publications ayant adopté la même méthodologie (7,8). En dépit des quelques divergences dans les résultats rapportés dans la littérature, on peut déduire que la valeur prédictive positive et la spécificité du coroscanner restent modérées en raison de nombreux examens faussement positifs. L'excellente prédictibilité négative est en revanche l'une des valeurs sûres du coroscanner qui ressort dans toutes les études et ceci quelque soit le mode d'analyse. Le risque de faux négatif est très faible voire nul pour certains auteurs comme Mollet (9) et Puglies (10)

Les résultats concernant la performance du coroscanner diffèrent selon que l'analyse ait été faite par segment ou par patient. En effet Schuijff JD (11) rapporte une sensibilité du coroscanner de 94% pour l'analyse par patient meilleure que pour l'analyse par segment : 85% et une spécificité de 97% versus 82%. Hamon (12) en 2006 a fait une méta analyse de 29 études et a confirmé la meilleure performance de l'analyse par patient par rapport à l'analyse par segment. La meilleure performance du coroscanner lorsque l'analyse a été faite par patient avec en particulier moins de faux positifs peut être expliquée par le fait que l'analyse par segment, mise en avant dans plusieurs études, n'a pas réellement de pertinence clinique, de plus les résultats sont le plus

souvent présentés après exclusion des segments ininterprétables, ce qui engendre un biais et dans une certaine mesure améliore artificiellement les performances du coroscanner (13).

Dans l'activité clinique au quotidien, il est évident que l'analyse doit se faire à l'échelle du patient, de ce point de vue, les performances des scanners 64 coupes sont excellentes notamment en terme de sensibilité et de valeur prédictive négative (respectivement 97 % et 96 %) pour Hamon (5). Au total les résultats de notre série sont globalement concordants avec ceux des séries publiées (14, 15) ; en effet il ressort de notre étude que la sensibilité et la valeur prédictive positive sont meilleures pour l'analyse par patient que pour l'analyse par segment. La spécificité pour l'analyse par patient est moins bonne que celle par segment. La valeur prédictive négative est comparable pour les deux types d'analyse. La relative plus faible valeur de la spécificité du coroscanner retrouvée en cas d'analyse par patient est due à la présence de faux positifs expliqués par l'exclusion des segments non interprétables lors de l'analyse par segment. Le coroscanner est utilisé actuellement pour sa valeur prédictive négative. Ses performances réelles en terme de quantification lésionnelle sont inférieures à la coronarographie avec une tendance à la surestimation du degré de sténose en raison de la présence de calcifications coronaires massives (effet de volume partiel), d'importants artefacts cinétiques et au niveau des segments distaux.

Comparativement aux artères natives et aux artères stentées, les pontages sont plus faciles à évaluer en scanner parce qu'ils ont un large diamètre, ils sont moins sensibles aux artefacts de mouvements et ils sont souvent dépourvus de calcifications. Hamon (16) dans une méta analyse de 15 travaux incluant 723 patients avec des pontages aorto-coronaires et ayant un âge moyen de 65 ans confirme l'excellente performance du coroscanner dans la détection des obstructions de pontage qu'il s'agit d'une occlusion ou d'une sténose de plus de 50%. La performance diagnostique du coroscanner dans ces 15 travaux (2023 ponts) a donné les résultats suivants: une sensibilité de 97.6% ; une spécificité de 96.7% ; une prédictibilité positive de 92.7% et une prédictibilité négative de 99%. D'autres études ont rapporté une sensibilité et une spécificité du scanner 64 coupes atteignant les 100% (17). Tanja (18) dans son étude comportant 406 ponts avec 259 ponts veineux et 147 ponts artériels rapporte une performance diagnostique du coroscanner comparable entre les 2 types de ponts avec pour les ponts artériels une sensibilité de 93%, une spécificité de 97%, une valeur prédictive positive de 86% et une valeur prédictive négative de 98% contre pour les ponts veineux respectivement : 99%, 98%, 96%, et 99%. Malgré l'apport considérable du coroscanner dans l'exploration des ponts et même pour la dernière génération des scanners, des insuffisances et des limites de cette exploration font que le coroscanner ne peut pas prendre la place de la coronarographie dans cette indication. Les limites du coroscanner dans l'étude des ponts sont les artefacts induits par les clips métalliques chirurgicaux et les anastomoses distales (19). L'irradiation serait plus élevée que pour le réseau natif en raison d'un volume d'acquisition plus important. Dans notre série la coronarographie succédant le coroscanner a confirmé la présence des 5 ponts occlus déjà vu au coroscanner ; mais elle a également retrouvé chez un patient une sténose serrée à l'abouchement du pont mammaire sur l'IVA non vue au coroscanner. Au total: la grande performance diagnostique avec l'excellente valeur prédictive négative

font que le coroscanner 64 barrettes peut être utilisé en pratique courante comme un test non invasif pour les patients présentant une suspicion de dysfonction des pontages.

L'analyse des stents demeure un challenge en scanner même avec les scanners 64 coupes. La coronarographie reste le gold standard pour la détection des resténoses intra stent. Les facteurs qui influencent l'analyse de la lumière intra-stent par le scanner sont (5) sont les facteurs liés aux scanners (résolution spatiale, et constante d'acquisition), les facteurs liés au post-traitement (choix du filtre de reconstruction, du fenêtrage : l'utilisation de filtres durs doit être privilégiée pour l'analyse des stents), et surtout les facteurs liés aux stents (diamètre, design et épaisseur des mailles, composition, la nature du stent qui interviennent de manière statistiquement significative dans la détection des sténoses (6) . Tout comme les calcifications, l'analyse des stents par le scanner est très difficile due à l'artéfact de « blooming », induit par les composants métalliques des stents. Lorsque le diamètre de la lumière est inférieur à 3 mm, la visibilité de la lumière est plus mauvaise(20). Concernant le site d'implantation, les performances du scanner sont meilleures pour les stents proximaux, dont ceux implantés sur le tronc commun (Sensibilité : 100%, Spécificité : 92%), en raison du diamètre plus important des stents au niveau de ces segments et de la moindre mobilité.

Les performances actuelles du coroscanner ne permettent donc pas de recommander cette technique comme une alternative à la coronarographie pour le diagnostic de la resténose intrastent. D'ailleurs dans notre série aucun patient n'était porteur de stent coronaire .Ces patients sont suivis dans notre service sur les données cliniques et les tests d'ischémie. Seuls les stents proximaux (Tronc commun gauche CG) et d'au moins 3 à 3,5 mm peuvent être évalués avec une fiabilité suffisante : Sensibilité de 100% et spécificité de 92%, Ainsi, la surveillance des stents du tronc commun, qui peut justifier un suivi angiographique même chez les patients asymptomatiques, peut être effectuée en coroscanner (21).

Implications pratiques et les indications actuelles du coroscanner :

Avant d'indiquer un coroscanner, il est indispensable d'évaluer la probabilité prétest de maladie coronaire qui doit s'effectuer notamment sur des critères d'âge, de sexe et de symptomatologie. Les patients avec une forte probabilité ne relèvent pas du coroscanner (22). En 2006, sous l'égide de l'American College of Cardiology Foundation (ACCF), un groupe de travail associant les représentants de plusieurs organisations renommées, a publié des recommandations définissant les critères de l'utilisation appropriée du scanner cardiaque (et de l'IRM cardiaque). Chaque indication a été cotée par un comité technique (associant radiologues, cardiologues, chercheurs et administrateurs de la santé) et le score obtenu (allant de 1 à 9) a permis de la classer en indication appropriée (score : 7 à 9) , inappropriées (score : 1 à 3) ou incertaine (4 à 6) . Bien qu'elles souffrent de plusieurs limites et qu'elles aient été largement critiquées (23), ces recommandations constituent une base pour de prochaines mises à jour, en particulier pour le groupe des indications incertaines ; ceci dans l'attente de nouvelles recommandations définissant de manière précise et consensuelle la place du scanner dans le domaine de l'imagerie cardiaque. En se basant sur les données de la littérature et les résultats de notre étude nous proposons de classer les

indications du coroscanner cardiaque en 2 items : les indications appropriées et les indications non appropriées

Les indications appropriées : la Recherche d'anomalies congénitales des artères coronaires, la Douleur thoracique aiguë si les tests d'ischémie sont non concluants ou non réalisables et ceci en cas de risque intermédiaire ou faible de maladie coronaire ou pour éliminer certains diagnostics différentiels :dissection, embolie pulmonaire ; les Précordialgies atypiques ou angor stable en cas de risque intermédiaire ou faible et si les test de l'ischémie myocardique ne sont pas réalisables ou non contributifs : la cardiomyopathies dilatées (CMD), les cardiopathies avec bloc de branche gauche, avant la Transplantation cardiaque, dans le cadre d'un bilan préopératoire chirurgie générale lourde ou des valvulopathies (24), le Suivi des stents du tronc commun et en complément à la coronarographie avant revascularisation myocardique en cas d'occlusion chroniques, sténose du tronc commun gauche ou de sténose ostiale.

Indications inappropriées : Le coroscanner n'est pas recommandé en cas de douleur thoracique aiguë avec modifications ECG et/ou élévation des enzymes cardiaques, de patient à risque élevé ou intermédiaire, avec un test fonctionnel positif, de patient asymptomatique, à faible risque, après revascularisation myocardique (pontage, stent) et dans le cadre d'une évaluation préopératoire avant chirurgie extracardiaque si risque opératoire est faible

Limites du coroscanner :

La qualité de l'image du coroscanner est hautement dépendante de la fréquence cardiaque du patient. Une fréquence cardiaque inférieure à 70 bpm pour le scanner 64-coupes est indispensable pour une qualité d'image optimale. A des fréquences cardiaques plus élevées les artéfacts cinétiques sont responsables d'image de fausse interruption vasculaire, d'un aspect flou des contours vasculaires ou de pseudo-sténoses (25).

Par ailleurs, il a été démontré que la proportion de segments analysables au scanner était inversement proportionnelle à la fréquence cardiaque (26, 27).

Il est actuellement recommandé de prescrire une prémédication systématique chez les patients ayant une fréquence cardiaque > 65 bpm pour les scanners 16-coupes, (des fréquences un peu plus élevées sont tolérables avec le scanner 64-coupes. Dans notre série, Le recours à l'injection de bêta bloquants au moment de l'examen a été nécessaire chez 30 patients (36%).. la fibrillation auriculaire est un critère d'exclusion pour le coroscanner, Les extrasystoles ventriculaires lorsqu'elles sont fréquentes sont responsables d'une irrégularité du rythme cardiaque entravant ainsi la qualité de l'image. En effet elles sont à l'origine d'artéfacts de décalage (en marche d'escalier ou « banding ») altérant de manière significative la qualité de l'image.

Les calcifications coronaires représentent actuellement l'un des obstacles les plus importants du coroscanner pour l'exploration des coronaires (28). Les artéfacts de «blooming» correspondants entravent l'analyse de la lumière vasculaire avec souvent une surestimation du degré de sténose. Dans notre série, l'importance des calcifications coronaires était à l'origine d'une altération de la qualité de l'image chez 8 patients et 57 segments. L'estimation d'un degré de sténose a été impossible dans tous les cas donc on ne peut parler de sous estimation ou de surestimation. Malgré les nouvelles générations d'appareillage qui ont pu faire face dans une certaine

mesure aux artéfacts cinétiques grâce à l'amélioration de la résolution temporelle, le problème des calcifications reste non résolu.

Le coroscanner est un examen irradiant avec un risque cancérogène, ce qui représente un sujet de préoccupation. Ce risque est fonction de la dose efficace en milli sieverts. La dose effective est très variable comme l'a montré l'étude Protection I sur 50 centres. Elle va de 5,7 à 36,5 mSv, avec une médiane de 15,4. Elle est supérieure à la dose délivrée lors d'une coronarographie mais inférieure à la scintigraphie myocardique. Avant la réalisation du coroscanner il faut s'entourer de toutes les précautions pour garantir la sécurité du patient et éviter les examens répétitifs. Il faut vraiment être vigilant et comparer le risque au bénéfice avant d'indiquer cette exploration. Ceci est à considérer notamment chez les sujets jeunes et la femme en âge de procréation. Pour limiter la dose reçue par le patient, des variations de débit de dose automatisées sont programmées sur tous les appareils TDM récents. Cette méthode de modulation de la dose d'irradiation permet de réduire le courant de tube pendant la systole, aboutissant à une réduction de 30 à 50% de l'irradiation effective (29). Les progrès technologiques permettent actuellement de réduire de 25 à 45% la dose effective et de descendre à des valeurs de 5 à 1,1 mSV

CONCLUSION

En raison de la bonne valeur prédictive négative du coroscanner, les données actuelles permettent de le considérer comme un examen non invasif, pouvant être une alternative à la coronarographie chez les patients symptomatiques à probabilité intermédiaire de maladie coronaire. Une sélection et une préparation rigoureuse des patients est le garant d'un examen de bonne qualité. La place du coroscanner dans l'évaluation de la récurrence angineuse chez les patients pontés demeure controversée en raison de sa faible performance dans l'analyse des anastomoses distales. Il n'y a pas aujourd'hui d'indication à réaliser un scanner pour l'évaluation de la resténose intra-stent, en dehors du cas particulier de l'évaluation des stents du tronc commun et des stents proximaux de gros diamètre.

Le coroscanner mérite d'être plus largement utilisé pour la recherche systématique des lésions coronaires dans le cadre d'une exploration d'une CMD ou d'un bilan préopératoire d'une valvulopathie ou d'une chirurgie extra cardiaque en ayant recours à la coronarographie s'il existe des calcifications coronaires ou des sténoses jugées significatives. Ces évolutions dans la stratégie diagnostique devront être validées par de plus larges études cliniques. Les évolutions technologiques du scanner multicoups annoncées, tant au plan de la performance que de la réduction de dose d'irradiation permettront probablement de reconsidérer l'ensemble de ses indications dans les prochaines années

Références

- Barbara K, Kohlmann R, Fuchs A, et al. Illustration de l'anatomie coronaire en scanner volumique. *J Radiol* 2004;85:1975-83.
- Mollet RM, Cademartiri F, Krestin GP, et al. Improved diagnostic accuracy with 16- row multi-slice CT coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:128-32.
- Ropers D, Baum U, Pohle K, et al. Detection of coronary artery stenoses with thin slice multi-detector row spiral CT and multiplanar reconstruction. *Circulation* 2003;107:664-6.
- Sun Z, Jiang W. Diagnostic value of multislice CT angiography in coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Radiol* 2006; 60:279-86.
- Hamon M, Morello R, Riddell JW. Diagnostic performance of 16 versus 64-slice spiral computed tomography of coronary arteries as compared against conventional invasive coronary angiography : a meta-analysis. *J Radiology* 2007; 245:720-31
- Plass A, Grünenfelder J, Leschka S, et al. Coronary artery imaging with 64-slice computed tomography from cardiac surgical perspective. *Eur J Cardiothoracic Surg* 2006;30:109 16.
- Heuschmid M, Kuettner A, Schroeder S, et al. ECG-gated 16-MDCT of the coronary arteries: assessment of image quality and accuracy in detecting stenoses. *Am J Roentgenol* 2005;184:1413-9.
- Garcia MJ, Lessick J, Hoffmann MH. Accuracy of 16-row multidetector CT for the assessment of coronary artery stenosis. *JAMA* 2006;296:403-11.
- Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem C, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation* 2005;112:2318-23.
- Pugliese F, Mollet NR, Runza G, et al. Diagnostic accuracy of non-invasive 64-slice CT coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *Eur Radiol* 2005;16:575-82.
- Schuijff JD, Bax JJ, Shaw LJ, et al. Meta-analysis of comparative diagnostic performance of magnetic resonance imaging and multislice computed tomography for noninvasive coronary angiography. *Am Heart J* 2006;151:404-11.
- Hamon M, Biondi-Zoccai G, Malagutti P, et al. Diagnostic performance of multislice spiral computed tomography of coronary arteries as compared against conventional invasive coronary angiography: a meta-analysis. *Am Coll Cardiol* 2006;48:1896-910.
- M Hamon. Performances diagnostiques des scanners 64 coupes dans l'évaluation de la maladie coronaire. *J Radiol* 2009;90:779-85.
- Hoffmann U, Moselewski F, Cury RC, et al. Predictive value of 16-slice multidetector spiral CT to detect significant obstructive coronary artery disease in patients at high risk for coronary artery disease: patient versus segment-based analysis. *Circulation* 2004;110:2638-43.
- Ratajczak A, Hanssen M, Burguet JL, Couppie P, Reeb T, De Poli F. Scanner coronaire: bilan d'une experience préliminaire dans le cadre de la vraie vie. *Ann Cardiol Angéiol* 2007;56:188-93.
- Hamon M, Lepage O, Malagutti P, et al. Diagnostic performance of 16- and 64- section spiral CT for coronary artery bypass graft assessment:

- meta-analysis. *Radiology* 2008; 247:679-96.
17. 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 and the Council on cardiovascular radiology and intervention, and the Councils on clinical cardiology and cardiovascular disease in the young. *Circulation* 2008;118:586-606.
 18. Tanja S. Meyer, MD*, Stefan M. Improved Noninvasive Assessment of Coronary Artery Bypass Grafts With 64-Slice Computed Tomographic Angiography in an Unselected Patient Population *J Am Coll Cardiol*, 2007; 49:946-50
 19. Uva MS, Matias F, Mesquita A, Costa R, Baú J, Pedro A, Magalhães MP. Sixteen-Slice Multidetector Computed Tomography for Graft Patency Evaluation After Coronary Artery Bypass Surgery. *J Card Surg* 2008;23:17-22
 20. Kitagawa T, Fujii T, Tomohiro Y, et al. Noninvasive assessment of coronary stents in patients by 16-slice computed tomography. *Int J Cardiol* 2006;109:188-94.
 21. Van Mieghem CA, Cademartiri F, Mollet NR, Malagutti P. Multislice spiral computed tomography for the evaluation of stent patency after left main coronary artery stenting: a comparison with conventional coronary angiography and intravascular ultrasound. *Circulation* 2006;114: 645-55.
 22. Armin Z, Julie M. Miller et al . Diagnostic Accuracy of Computed Tomography Coronary Angiography According to Pre-Test Probability of Coronary Artery Disease and Severity of Coronary Arterial Calcification. *J Am Coll Cardiol* 2012; 59: 379-87.
 23. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, et al. ACCF/ ACR/ SCCT/ SCMR/ ASNC/ NASCI/SCAI/ SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1475-97.
 24. Jakamy R1, Barthélémy O, Le Feuvre C, Berman E, Boutekadjirt R, Cluzel P, Metzger JP, Helft G. Accuracy of multislice computed tomography in the preoperative assessment of coronary disease in patients scheduled for heart valve surgery. *Arch Cardiovasc Dis* 2012;105:24-431
 25. Achenbach S, Michael Ms, A Schuhbäck, Influence of heart rate and phase of the cardiac cycle on the occurrence of motion artifact in dual-source CT angiography of the coronary arteries. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2012 ; 6:91-98
 26. Leschka S, Scheffel H, Husmann L, et al. Effect of decrease in heart rate variability on the diagnostic accuracy of 64-MDCT coronary angiography. *Am J Roentgenol* 2008;190:1583-90.
 27. Hamilton-Craig CR, Friedman D, Achenbach S. Cardiac computed tomography-evidence, limitations and clinical application. *Heart lung circ* 2012; 21(2):70-81.
 28. Ong TK, Chin SP, Liew CK, et al. Accuracy of 64-row detector computed tomography in detecting coronary artery disease in 134 symptomatic patients: influence of calcification. *Am Heart J* 2006;151:1323-6
 29. Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, et al. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation. *Eur Radiol* 2002;12:1081-6.