Qui irradie le plus : le scanner ou la coronarographie ?

RÉSUMÉ : Le scanner cardiaque et la coronarographie diagnostique, examen de référence, sont les deux options actuelles du cardiologue qui souhaite obtenir une imagerie morphologique de l'arbre coronaire.
Ces deux modalités sont irradiantes, et pourraient induire un risque carcinologique qu'il est souvent difficile d'estimer.
Les données récentes de la littérature montrent que le scanner multibarrette synchronisé dans sa version "état de l'art" à 64 détecteurs reste en moyenne plus irradiant que la coronarographie conventionnelle (diagnostique sans angiographie VG). Néanmoins, les progrès récents des équipements scanner ont été considérables et tous les constructeurs proposent aujourd'hui des machines et des examens beaucoup moins irradiants. Dans le même temps, les opérateurs ont appris à réduire significativement les doses délivrées aux patients.
Cet article tente de résumer cette problématique, en donnant au clinicien intéressé quelques outils de décryptage à propos des doses délivrées aux patients lors de ses différents tests.

→ **J.N. DACHER**
Imagerie Cardiaque,
Département de Radiologie,
CHU, ROUEN.

Tout examen médical comporte un risque. Les méthodes d'investigation morphologique de l'arbre coronaire que sont la coronarographie, examen de référence incontesté, et le scanner multidétecteur n'échappent pas à cette règle. Cette courte mise au point va tenter de mettre en parallèle ces deux méthodes au plan du risque *stochastique*, autrement dit du risque de développer un cancer après une ou plusieurs expositions aux rayons X.

Il ne sera pas abordé ici le risque global de complication des deux méthodes, mais on sait qu'il est supérieur en coronarographie (néphrotoxicité, embole cholestérolique, complication artérielle au point de ponction ou à distance, dissection coronaire, etc.) [1]. Le risque d'accident allergique semble équitablement partagé, et requiert les mêmes précautions dans les deux cas. De cette notion de risque global découle la distinction entre imagerie "invasive" dans le cas de la coronarographie et "non invasive" dans celui du scanner.

Quelques rappels physiques

La comparaison dosimétrique des deux principales méthodes d'imagerie morphologique de l'arbre coronaire n'est pas triviale pour des raisons physiques :

>>> Dans le cas de **la coronarographie conventionnelle,** on réalise une série d'expositions (projections) qui sont mesurées par une dose d'entrée (en milliGrays, mGy) et un produit dose surface (PDS en mGy.cm^2) cumulant graphie et scopie et fournis par le constructeur.

>>> Dans le cas du **scanner cardiaque et coronarien,** on estime la dose par l'index de dose scanographique volumique ($CTDI_{vol}$), qui lui-même multiplié par la longueur du champ d'exposition permet l'évaluation dosi-

métrique par le produit dose longueur (PDL en mGy.cm).

Pour convertir le PDS ou le PDL en dose efficace (ou effective) (DE), il suffit de l'affecter d'un coefficient de conversion (respectivement E_{PDS} ou E_{PDL}) qui dépend de la radiosensibilité des organes exposés (sein et poumon essentiellement en cardiologie, l'exposition du sein expliquant le risque stochastique supérieur des examens chez la femme). Il est donc théoriquement aisé de comparer la dose reçue par un patient à l'occasion d'un scanner ou d'une coronarographie.

Le risque carcinogène global (stochastique) à l'individu après une exposition aux radiations ionisantes est évalué par la DE mesurée en sieverts, ou millisieverts (mSv). Toute exposition aux radiations ionisantes, naturelle (cosmique, tellurique), médicale (rayons X, isotopes) ou accidentelle (accident de centrale nucléaire, explosion atomique) peut être évaluée par une DE en mSv.

La plupart des articles récemment publiés sur le sujet appliquent la relation linéaire sans seuil [2, 3] et considèrent donc que le risque de cancer augmente linéairement avec la DE, même pour les faibles doses utilisées en imagerie cardiaque diagnostique. Cette relation de linéarité n'est cependant prouvée que pour les fortes doses, c'est-à-dire au-delà de 100 mSv (dose parfois atteinte lors des procédures interventionnelles, notamment en neuroradiologie vasculaire, jamais dans le cadre du scanner cardiaque ou de la coronarographie diagnostique). Il n'y a pas de consensus sur l'effet biologique des faibles doses et il y a aussi dans la littérature scientifique une vive argumentation contre l'application de cette relation linéaire sans seuil [4], considérée par beaucoup comme une extrapolation sans preuve. Les estimations de risque de cancer publiées [2] doivent en conséquence être considérées avec la plus grande prudence et ne correspondent nullement à l'observation de cas de cancers induits.

Légalement, ce sont le PDS ou le PDL qui doivent figurer sur les comptes rendus et non la DE. On comprendra pourquoi à la lecture des lignes qui suivent.

Les limites de la dose efficace

La dose efficace, unité dosimétrique commune à toutes les modalités, est entachée de quelques limites dont le prescripteur curieux doit être informé.

La première réside dans le fait que la mesure n'est dans la majorité des cas qu'une estimation. En scanner, l'estimation est habituellement faite sur un fantôme anthropomorphe cylindrique de 32 cm. Il est à ce sujet indispensable que la taille du fantôme employé pour l'estimation du constructeur figure sur le rapport de dose (***fig. 1***) (ce n'est pas encore le cas pour tous les équipements). Si on prend l'exemple d'un scanner cardiaque réalisé chez un adolescent longiligne dont le diamètre thoracique est bien inférieur à 32 cm, la dose indiquée sur le rapport sera inférieure à la dose réellement reçue par le patient, et ce d'autant plus que le diamètre thoracique du patient sera petit.

Autre limite, les facteurs de conversion ne sont pas consensuels. Si l'on garde l'exemple du scanner, l'E_{PDL} de la Commission Européenne est de 0,014 sans distinction de sexe (alors que le risque radio-induit de cancer est unanimement reconnu comme supérieur chez la femme en raison de la radiosensibilité du sein), et l'E_{PDL} de la CIPR (Commission Internationale des Radiations Ionisantes) est de 0,017 chez l'homme et de 0,02 chez la femme. Toute communication ou publication scientifique indiquant le nombre de mSv reçus par un patient à

Accession Number: 29 oct 2009
Patient ID: 4998/09 Discovery CT750 HD
Exam Description: COEUR TDM

Rapport de dose

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
201	Axial	188.250-188.250	5.12	2.56	Body 32
2	Cine	143.250-1217.625	11.36	198.80	Body 32

Total/Exam DLP: 201.36

1/1

CIPR 2007 (EpDL 0,017) 3,4 mSv
CE 2004 (EPDL 0,014) 2,8 mSv

Fig. 1 : Rapport de dose légalement associé à tout examen tomodensitométrique. Ici, l'exemple d'un scanner cardiaque réalisé chez un jeune homme de 19 ans qui a été opéré d'une transposition des gros vaisseaux dans la petite enfance. Le rapport de dose indique un PDL total de 201.36 mGy. cm, ce qui correspond à 2,8 ou 3,4 mSv selon que l'on se réfère aux recommandations de la CIPR 2007 ou de la CE 2004. Tout rapport de dose doit mentionner le type de fantôme qui a permis cette estimation dosimétrique (il ne s'agit pas d'une dose vraie), ici un fantôme "body" de 32 cm de diamètre.

l'occasion d'un scanner devrait mentionner quel facteur de conversion EPDL a été utilisé avant de donner des estimations de DE en mSv.

Plus gênant encore dans les estimations de dose, les examinateurs/auteurs mentionnent rarement l'âge du patient alors que la radiosensibilité des organes est très liée à l'âge du patient [3]. Il est vraisemblable que dans la population ayant dépassé la cinquantaine qui constitue la majorité des patients qui requièrent une imagerie coronaire, le risque est extrêmement faible. Une précaution maximale est en revanche de rigueur avec les jeunes patients habituellement référés pour le suivi de cardiopathies congénitales. L'imagerie scanographique cardiaque ou non cardiaque du nouveau-né, notamment, doit être particulièrement exceptionnelle, justifiée et contrôlée.

Quel examen irradie le plus ?

Une fois établies toutes ces réserves, venons-en à la question centrale de cet article. Qui irradie le plus, le scanner ou la coronarographie ?

Dans une étude de pratique récente conduite par l'IRSN, les PDS moyens de 4 Centres Français de coronarographie (sans angiographie VG) étaient de 29 à 46 Gy.cm^2 (ce qui correspond après conversion par un E^{PDS} de 0,2 à des doses efficaces de 5,8 à 9,2 mSv) [5].

Si on compare ces résultats à ceux de l'étude PROTECTION *I* [6] publiée récemment avec des scanners 64 détecteurs, les PDL moyens par centre s'étalaient de 331 à 2 146 mGy.cm :
– avec l'E_{PDL} le plus défavorable (0,02), ces chiffres correspondent à des DE de 6 à 43 mSv,
– avec l'E_{PDL} le plus favorable (0,014) ces chiffres correspondent à des DE de 4,6 mSv à 30 mSv.

Fig. 2 : Reconstruction du tronc commun et de l'IVA chez un jeune patient de 45 ans ayant bénéficié 1 an avant d'une angioplastie du tronc commun distal. Le scanner montre une récidive sténosante du tronc commun proximal en amont du stent. L'IVA moyenne est infiltrée (flèche). Notez l'artefact repéré par une tête de flèche. Notez également que l'examen a été réalisé en faible kilovoltage, ce qui est l'élément essentiel de la radioprotection du patient.

Si l'on s'en tient à ces deux évaluations récentes, le scanner reste donc en moyenne plus irradiant que la coronarographie, et présente surtout de plus grands écarts inter-centres. Il s'agit ici de moyennes, et il est aujourd'hui un grand nombre de cas ou de centres où un scanner coronaire irradie moins qu'une coronarographie simplement diagnostique (sans geste interventionnel et sans angiographie VG).

La rapidité des progrès techniques en TDM doit aussi pondérer cette conclusion. L'étude PROTECTION I a été menée avec la première génération de scanners 64 d, et les opérateurs et les constructeurs ont fait au cours des deux dernières années d'énormes efforts pour diminuer la dose. L'usage de bas kilovoltage (100 kV au lieu de 120 kV par défaut) (***fig. 2***), de la modulation diastolique de l'intensité du courant (mA), d'une collimation adaptée, d'une exposition plus courte, d'une limitation du nombre de passages se généralise. **Le contrôle de la fréquence cardiaque** est un outil de radioprotection qui permet d'optimiser les paramètres d'exposition, et d'augmenter la proportion de patients qui peuvent bénéficier d'une exploration en mode prospectif ("*step and shoot*"). Enfin, l'utilisation de nouvelles techniques de reconstruction (mode itératif) permet d'une part de réduire les paramètres d'exposition et d'autre part d'améliorer la résolution spatiale. De façon générale, il semble possible avec la technologie actuelle de viser le niveau de référence diagnostique (NRD) du thorax (fixé à 500 mGy.cm par le *Journal Officiel de la République Française* du 16 mars 2004) pour la scanographie du cœur et des coronaires.

L'étude PROTECTION I largement médiatisée s'est intéressée à une génération de machines qui délivraient l'irradiation maximale, et les études à

POINTS **FORTS**

La comparaison directe des doses efficaces reçues par un patient en scanner et en coronarographie conventionnelle est plus complexe que ne le laisse entendre l'utilisation souvent simpliste de la dose efficace en millisieverts.

Les diminutions de doses autorisées par les derniers modèles de scanners sont très significatives.

La radioprotection en cardiologie reste opérateur-dépendante. Il est recommandé au cardiologue consultant de consulter les rapports de dose indiqués dans les comptes rendus par ses correspondants.

L'indication du scanner coronaire doit rester rare chez l'enfant et l'adolescent, tout particulièrement dans le sexe féminin.

venir qui utiliseront des technologies plus récentes reverront sans nul doute ces données largement à la baisse.

Conclusion

Au total, la question posée est délicate, et on peut y répondre par l'une ou l'autre des techniques en fonction des sites, des machines et de la motivation des équipes à diminuer la dose. Il est par exemple reconnu que le simple fait de consigner les doses délivrées les fait chuter mois après mois, simplement du fait de la prise de conscience du problème de la radioprotection patient par les équipes médicales et paramédicales.

Rappelons aussi :

>>> **La bonne pratique :** ni le scanner coronaire ni la coronarographie ne doivent aujourd'hui être utilisés à des fins de dépistage de maladie coronaire chez des patients asymptomatiques [7]. Ce principe pourra éventuellement être révisé dans les années qui viennent au bénéfice du scanner si la diminution des doses avec les nouvelles générations de machines se poursuit au rythme actuel.

>>> **La balance bénéfice-risque :** il ne faut se priver en aucun cas d'une imagerie coronaire qui peut sauver la vie à très court terme à cause du risque hypothétique d'une irradiation. Une application maximaliste du principe de précaution ne doit pas stériliser les avancées médicales cruciales permises par l'imagerie projective ou en coupe dans le diagnostic et le traitement de la maladie coronaire.

Bibliographie

1. Zanzonico P, Rothenberg LN, Strauss HW. Radiation exposure of computed tomography and direct intracoronary angiography : risk has its reward. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 1 846-9.
2. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA*, 2007 ; 298 : 317-23.
3. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*, 2007 ; 357 : 2 277-84.
4. Tubiana M, Feinendegen LE, Yang C *et al.* The linear no-threshold relationship is inconsistent with radiation biologic and experimental data. *Radiology*, 2009 ; 251 : 13-22.
5. Magnier F, Rehel J, Aubert B. Contribution à l'établissement des niveaux de référence en radiologie vasculaire diagnostique et interventionnelle. *In :* Congrès de la Société Française de Radioprotection. Angers, 2008.
6. Hausleiter J, Meyer T, Hermann F *et al.* Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography. *JAMA*, 2009 ; 301 : 500-7.
7. 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 : a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 48 : 1 475-97.

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