

Réduction de la dose de rayonnement grâce aux progrès réalisés en tomodensitométrie

Andreas Christe, Johannes T. Heverhagen

Universitätsinstitut für Diagnostische, Interventionelle und Pädiatrische Radiologie, Inselspital, Universität Bern

Il n'y a pas si longtemps, la tomodensitométrie (TDM) était qualifiée de fossile en voie de disparition du domaine de la radiographie. Entretemps, cette affirmation a été considérée comme fautive: au plus tard après l'introduction de la TDM cardiaque, de la reconstruction itérative et de la nouvelle génération de détecteurs, l'attention de la radiologie s'est à nouveau tournée vers la tomodensitométrie, mais tour à tour.

Développement de la TDM grâce aux Beatles

D'abord, il y a eu Konrad Röntgen (1845–1923), puis est arrivé Geoffrey Hounsfield (1919–2004). Le premier a reçu le Prix Nobel en 1901 pour la découverte des rayons X (portant son nom en allemand), le second en 1979 pour le développement de la TDM. C'est surtout grâce aux Beatles que Hounsfield a réussi, en 1975, à construire un appareil de TDM corps entier. Les Beatles et Sir Hounsfield étaient tous deux sous contrat chez EMI (Electric and Music Industries Ltd). Les coûts élevés liés au développement de l'appareil de TDM (1967–1975) n'ont pu être couverts que grâce aux recettes considérables engendrées par les Beatles. Une étape cruciale du développement de la TDM a certainement été l'introduction de la TDM hélicoïdale ou spiralée en 1989 par Willi A. Kalender et Peter Vock [1]. Les scanners multi-barrettes, à double source et à double énergie ont constitué d'autres avancées en la matière. Ce n'est qu'en 2009 que l'ordinateur a atteint une performance de calcul suffisamment élevée pour fabriquer des scanners commerciaux à reconstruction itérative de l'image. Le dernier coup réalisé par Siemens a été l'introduction des détecteurs stellaires en 2011. Ces deux dernières réalisations ont permis de diminuer la dose de rayonnement dans le diagnostic TDM à tel point que la peur des rayons X est devenue quelque peu secondaire.

La reconstruction itérative de l'image n'est pas nouvelle, Hounsfield l'avait déjà utilisée pour son premier scanner. Dans la pratique, la rétroprojection filtrée s'est néanmoins avérée beaucoup plus efficace, jusqu'à ce que l'ordinateur atteigne, en 2009, une capacité de calcul permettant l'utilisation plus laborieuse de l'itération. Dans la TDM, il s'agit de générer une image en coupe en se basant sur l'atténuation des rayons X par le corps du patient. Jusqu'alors, lors de la rétroprojection, ces valeurs d'atténuation, mesurées de manière circulaire dans le tube, étaient, pour chaque position angulaire, renvoyées vers un champ de pixels virtuel (en réalité, un champ de voxels) dans le plan de coupe du patient et moyennées. En revanche, lors de la reconstruction ité-

rative de l'image, ces valeurs d'atténuation sont ajustées une à une pour chaque pixel en se basant sur l'absorption effective dans une certaine direction pour chaque position angulaire (comme pour résoudre un sudoku). Malheureusement, ce processus n'est pas encore terminé après une itération à 360°. Dans la pratique clinique quotidienne, trois itérations sont généralement nécessaires, ce qui prend considérablement plus de temps que la rétroprojection. Grâce à cette nouvelle reconstruction d'image, il est toutefois possible de générer des images en n'utilisant qu'environ 50% de la dose de rayonnement qui était initialement nécessaire, et ce avec la même qualité d'image [2, 3].

Un autre problème que pose la génération d'image est celui du bruit électronique, qui entraîne une perte de qualité d'image considérable. Ce bruit a pu être nettement réduit par l'utilisation d'un nouveau détecteur: le convertisseur analogue-numérique a été intégré dans la même puce de silicium que la photodiode du détecteur du scanner (Stellar detector, Siemens Healthcare, Erlangen, Allemagne). Dans une étude sur fantôme, nous avons pu montrer que la dose de rayonnement peut être réduite d'environ 50%, sans perte de qualité d'image, en particulier à de faibles doses d'exposition.

Une TDM avec la dose de rayonnement d'une radiographie thoracique

Grâce à ces nouvelles avancées et en utilisant le courant et la tension les plus bas possibles dans le tube radiogène, nous avons récemment réussi à générer la première TDM thoracique avec la dose d'une radiographie thoracique conventionnelle (fig. 1 ). Il est évident que la qualité d'image est plus faible que pour une TDM classique. En effet, le bruit d'image augmente au carré de la diminution de tension et de manière inversement proportionnelle au courant électrique. Avec cette technique de faible dose, le rayonnement peut être diminué d'un facteur proche de 100 par rapport à la TDM standard, sans entraver d'autant la qualité d'image. Pour l'instant, cette TDM à faible dose n'atteint certainement pas la qualité diagnostique d'image d'une TDM standard, mais il reste à examiner si des maladies pulmonaires ne peuvent pas être mieux détectées qu'avec un examen conventionnel du thorax.

Il semble qu'à l'avenir, plus grand-chose ne viendra barrer la route au dépistage précoce d'un cancer du poumon en matière de radioprotection. Selon l'étude *National Lung Screening Trial* réalisée l'année dernière, 320 TDM de dépistage sont nécessaires pour éviter un



Andreas Christe

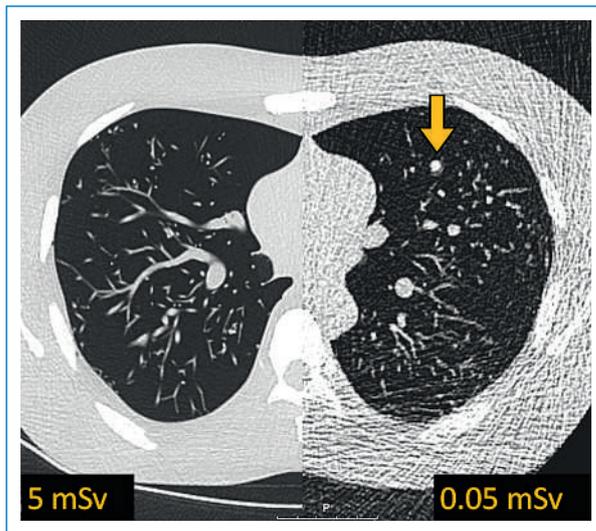


Figure 1

Côté gauche: TDM à haute dose sur fantôme du poumon avec une dose équivalente de 5 millisieverts (mSv); qualité d'image maximale. Côté droit: En comparaison, image TDM acquise avec une dose 100 fois plus faible, correspondant à la charge de rayonnement d'une radiographie thoracique normale. Malgré un bruit d'image supplémentaire, le nodule pulmonaire artificiel de 4 mm est bien reconnaissable (flèche).

décès dû au cancer du poumon [4]. Ce résultat dépasse de loin le risque de décéder d'un cancer causé par irradiation, même en cas d'utilisation d'une TDM standard. Néanmoins, il serait pertinent d'employer une TDM à dose moyenne pour les contrôles annuels d'une population de fumeurs, car une dose moyenne n'entrave pas la sensibilité pour les nodules pulmonaires [5].

Malgré ces progrès accomplis dans la réduction de la dose de rayonnement, il ne faut jamais oublier que la TDM fonctionne encore avec des rayons X et que ceux-ci sont potentiellement tératogènes et cancérigènes, particulièrement pour les jeunes patients. C'est pourquoi, concernant la TDM, il convient de continuer d'appliquer le principe de radioprotection: «ALARA: As Low As Reasonably Achievable.»

Correspondance:

PD Dr Andreas Christe
 Universitätsinstitut für Diagnostische, Interventionelle
 und Pädiatrische Radiologie
 Inselspital, Universität Bern
 Freiburgstrasse 10
 CH-3010 Bern
[andreas.christe\[at\]insel.ch](mailto:andreas.christe[at]insel.ch)

Références

- 1 Kalender WA, Seissler W, Klotz E, Vock P. Spiral Volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport and continuous scanner rotation. *Radiology*. 1990;176:181-3.
- 2 Pontana F, Duhamel A, Pagniez J, et al. Chest computed tomography using iterative reconstruction vs filtered back projection (Part 2): image quality of low-dose CT examinations in 80 patients. *Eur Radiol*. 2011;21(3):636-43.
- 3 Hara AK, Paden RG, Silva AC. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: feasibility study. *Am J Roentgenol*. 2009;193(3):764-71.
- 4 National Lung Screening Trial Research Team: Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med*. 2011;365(5):395-409.
- 5 Christe A, Torrente JC, Lin M, Yen A, Hallett R, Roychoudhury K, et al. CT screening and follow-up of lung nodules: effects of tube current-time setting and nodule size and density on detectability and of tube current-time setting on apparent size. *Am J Roentgenol*. 2011;197(3): 623-30.