

Highlight: Radiologie

TDM à comptage photonique: une nouvelle ère dans l'imagerie radiologique

La tomodensitométrie à comptage photonique récemment développée se distingue par une résolution spatiale inégalée et des propriétés spectrales inhérentes, avec une résolution temporelle maximale. Va-t-elle changer durablement notre regard sur l'anatomie et la pathologie?

Dr méd. Victor Mergen*, Prof. Dr méd. Hatem Alkadhi*

Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsspital Zürich, Universität Zürich, Zürich

* pour la Société Suisse de Radiologie (SGR-SSR)

Contexte

La tomodensitométrie (TDM) est une modalité d'imagerie incontournable dans le diagnostic moderne. Des protocoles d'examen dédiés permettent aujourd'hui une évaluation rapide, complète et précise de diverses pathologies. Ainsi, il est par exemple possible de visualiser et d'évaluer des cancers étendus ou des maladies cardiovasculaires avec une grande précision diagnostique. Alors que la technique de TDM existante a été de plus en plus optimisée ces dernières années, avec pour résultat une acquisition d'images plus rapide, une résolution temporelle plus élevée, des doses de rayonnement plus faibles et des quantités de produits de contraste réduites, il y a eu relativement peu de développements du côté des détecteurs. Avec l'introduction récente du premier tomodensitomètre à comptage photonique, une toute nouvelle conception de détecteur fait son entrée dans la pratique clinique quotidienne.

Principes techniques

Dans la TDM, l'acquisition des images se fait par le biais d'un tube à rayons X en rotation continue et d'un détecteur placé en face. Les rayons X atténués par la personne examinée sont lus par les détecteurs. Les détecteurs à comptage photonique se composent d'un semi-conducteur (par exemple tellurure de cadmium) auquel est appliquée une tension élevée et qui mesure l'énergie de chaque impulsion. Les photons détectés sont assignés à différents

niveaux d'énergie, ce qui permet une lecture spectrale inhérente [1].

Le processus de conversion directe des photons incidents en un signal électrique permet en outre d'utiliser des éléments du détecteur très petits. Ainsi, la TDM à comptage photonique permet l'acquisition d'images en mode ultra-haute résolution («ultra-high resolution»). Dans ce mode, les plus petits éléments du détecteur sont lus individuellement, ce qui permet d'atteindre une résolution spatiale sans précédent de 0,11 mm dans le plan [2, 3].

Imagerie spectrale

Outre la meilleure qualité d'image avec un bruit plus faible et un contraste d'image plus élevé pouvant être employée pour réduire la dose de rayonnement et/ou la quantité de produit de contraste utilisée [4, 5], l'imagerie spectrale par TDM à comptage photonique permet de réduire les artefacts d'image, tels que ceux causés par des corps étrangers métalliques.

La décomposition spectrale du matériau permet par exemple aussi de soustraire le produit de contraste iodé présent dans l'image, ce qui permet d'obtenir des images virtuellement natives. Il est ainsi possible de renoncer à une phase native réelle et d'économiser une dose de rayonnement considérable [6] (fig. 1A).

Inversement, la distribution du produit de contraste dans les tissus peut être représentée et quantifiée. Par exemple, la TDM à comptage photonique permet de visualiser de manière fiable le volume extracellulaire myocardique,

qui est augmenté à la suite d'un infarctus ou d'une fibrose [7].

Une autre application très intéressante de l'imagerie spectrale avec la TDM à comptage photonique est la soustraction de plaques calcifiées avec une résolution temporelle maximale, ce qui est essentiel avant tout en radiologie cardiovasculaire. Il est connu que des plaques fortement calcifiées peuvent conduire à une surestimation des sténoses, en particulier dans les petits vaisseaux comme les artères coronaires. Les premières expériences sur fantômes réalisées avec la TDM spectrale à comptage photonique indiquent que ce problème peut être nettement réduit et que même les artères coronaires présentant de fortes calcifications peuvent ainsi faire l'objet d'un diagnostic précis [8] (fig. 1B). Des études chez des patientes et patients sont actuellement en cours dans de nombreux endroits pour démontrer la précision diagnostique de ce nouvel algorithme par rapport au cathétérisme cardiaque.

Imagerie à ultra-haute résolution

Le mode ultra-haute résolution de la TDM à comptage photonique permet de reconstruire les images avec une très haute résolution spatiale. Les effets de volume partiel s'en trouvent considérablement réduits et même les structures anatomiques les plus petites, de l'ordre du sous-millimètre, peuvent être visualisées. Ces images sont précieuses pour l'évaluation d'une pathologie par exemple des osselets, des

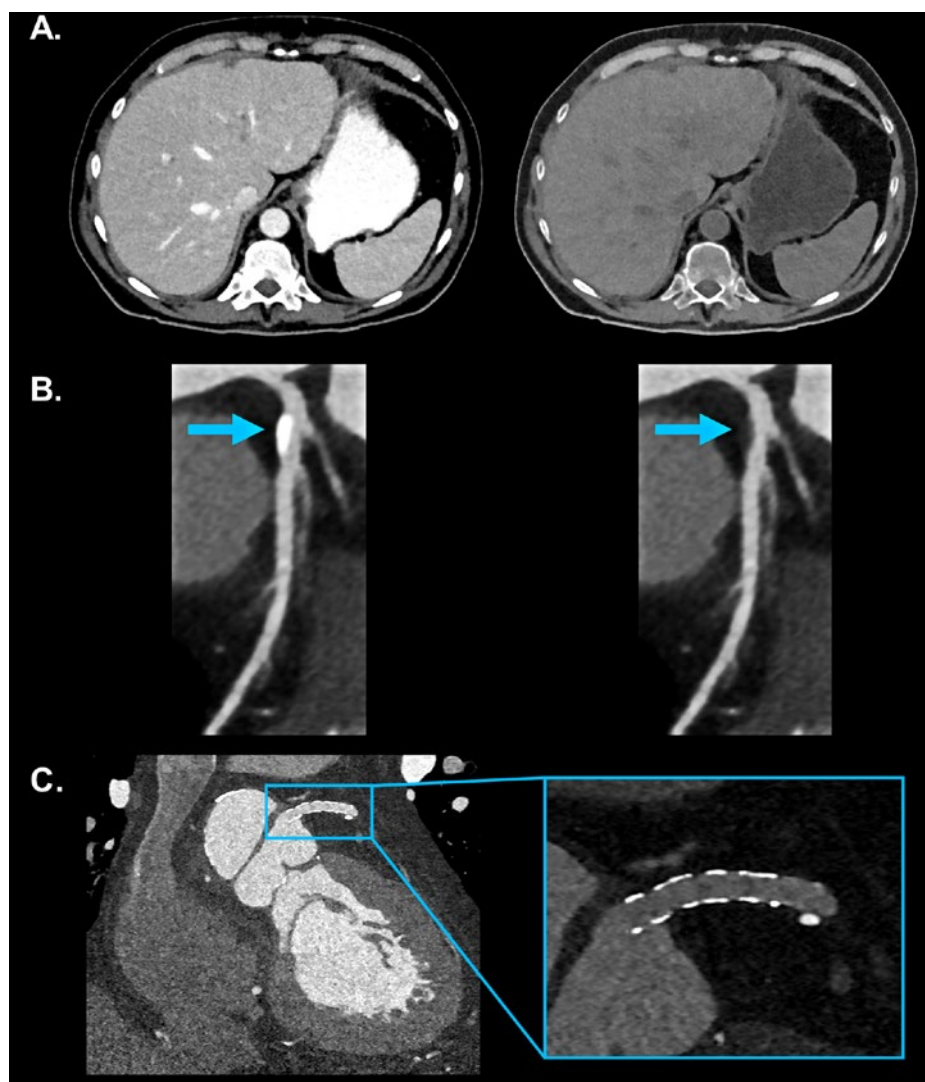


Figure 1: Les applications spectrales de la TDM à comptage photonique permettent, à partir d'une TDM abdominale avec produit de contraste oral et intraveineux (A, image de gauche), de reconstruire une image virtuellement native (A, image de droite) et de se passer ainsi d'une acquisition d'image native. Elle permet également de décomposer le matériau et donc de soustraire les plaques calcifiées (B, image de gauche avec une plaque calcifiée dans le tronc principal distal / dans l'IVA proximale; B, image de droite sans la plaque). On voit sur l'image de gauche que la lumière du vaisseau n'est que très peu sténosée. Le mode ultra-haute résolution de la TDM à comptage photonique fournit une excellente qualité pour l'évaluation de la lumière, même des petits stents (C).

TDM: tomodensitométrie; IVA: artère interventriculaire antérieure (de l'artère coronaire gauche).

ostéolyses discrètes, des altérations parenchymateuses interstitielles pulmonaires ou de la lumière de petits stents [2, 3, 9–11] (fig. 1C).

Résumé

Les propriétés spectrales inhérentes à la TDM à comptage photonique permettent non seulement de caractériser les pathologies en fonction de leur comportement d'atténuation, mais aussi, de plus en plus, de les différencier et de les quantifier. Qui plus est, le mode ultra-haute résolution séduit par la visualisation de petites structures jusqu'ici difficiles à évaluer dans une qualité exceptionnelle. La TDM à comptage photonique représente la prochaine grande étape vers une imagerie plus précise et plus personnalisée.

Correspondance

Prof. Dr méd. Hatem Alkadhi
Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
Universitätsspital Zürich
Rämistrasse 100
CH-8091 Zürich
hatem.alkadhi[at]usz.ch

Disclosure statement

HA a déclaré avoir reçu des subventions institutionnelles de Bayer, Canon, Guerbet et Siemens, ainsi que des subventions pour la participation à un Speakers bureau de Siemens. MV a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts potentiels.



Dr méd. Victor Mergen
Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsspital Zürich, Universität Zürich, Zürich

Références

- 1 Flohr T, Petersilka M, Henning A, Ulzheimer S, Ferda J, Schmidt B. Photon-counting CT review. *Phys Med*. 2020;79:126–36.
- 2 Mergen V, Sartoretti T, Baer-Beck M, Schmidt B, Petersilka M, Wildberger JE, et al. Ultra-High-Resolution Coronary CT Angiography With Photon-Counting Detector CT: Feasibility and Image Characterization. *Invest Radiol*. 2022;57(12):780–8.
- 3 Benson JC, Rajendran K, Lane JI, Diehn FE, Weber NM, Thorne JE, et al. A New Frontier in Temporal Bone Imaging: Photon-Counting Detector CT Demonstrates Superior Visualization of Critical Anatomic Structures at Reduced Radiation Dose. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2022;43(4):579–84.
- 4 Euler A, Higashigaito K, Mergen V, Sartoretti T, Zanini B, Schmidt B, et al. High-Pitch Photon-Counting Detector Computed Tomography Angiography of the Aorta: Intraindividual Comparison to Energy-Integrating Detector Computed Tomography at Equal Radiation Dose. *Invest Radiol*. 2022;57(2):115–21.
- 5 Higashigaito K, Euler A, Eberhard M, Flohr TG, Schmidt B, Alkadhi H. Contrast-Enhanced Abdominal CT with Clinical Photon-Counting Detector CT: Assessment of Image Quality and Comparison with Energy-Integrating Detector CT. *Acad Radiol*. 2022;29(5):689–97.
- 6 Mergen V, Racine D, Jungblut L, Sartoretti T, Bickel S, Monnin P, et al. Virtual Noncontrast Abdominal Imaging with Photon-counting Detector CT. *Radiology*. 2022;305(1):107–15.
- 7 Mergen V, Sartoretti T, Klotz E, Schmidt B, Jungblut L, Higashigaito K, et al. Extracellular Volume Quantification With Cardiac Late Enhancement Scanning Using Dual-Source Photon-Counting Detector CT. *Invest Radiol*. 2022;57(6):406–11.
- 8 Allmendinger T, Nowak T, Flohr T, Klotz E, Hagenauer J, Alkadhi H, Schmidt B. Photon-Counting Detector CT-Based Vascular Calcium Removal Algorithm: Assessment Using a Cardiac Motion Phantom. *Invest Radiol*. 2022;57(6):399–405.
- 9 Jungblut L, Euler A, von Spiczak J, Sartoretti T, Mergen V, Englmaier V, et al. Potential of Photon-Counting Detector CT for Radiation Dose Reduction for the Assessment of Interstitial Lung Disease in Patients With Systemic Sclerosis. *Invest Radiol*. 2022;57(12):773–9.
- 10 Si-Mohamed SA, Boccalini S, Lacombe H, Diaw A, Varasteh M, Rodesch PA, et al. Coronary CT Angiography with Photon-counting CT: First-In-Human Results. *Radiology*. 2022;303(2):303–13.
- 11 Baffour FI, Huber NR, Ferrero A, Rajendran K, Glazebrook KN, Larson NB et al. Photon-counting Detector CT with Deep Learning Noise Reduction to Detect Multiple Myeloma. *Radiology*. 2023;306(1):229–36.