

# Tomodensitométrie pulmonaire: de la représentation morphologique à la quantification

Thomas Frauenfelder, Thi Dan Linh Nguyen, Barbara Delaloye  
Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, UniversitätsSpital Zürich

La tomodensitométrie (TDM) est en premier lieu un procédé qualitatif, qui fournit une représentation indirecte des structures examinées sur la base de calculs mathématiques complexes. Le radiologue a pour mission de décrire tous les résultats et de tirer une conclusion en tenant également compte des données cliniques. Afin de mieux pouvoir mettre en évidence les pathologies, plusieurs représentations 3D sont disponibles. A la fin des années 1990 et au début de ce siècle, l'imagerie 3D a connu une envolée. Dans diverses publications, il a été tenté de représenter spatialement chaque structure et pathologie [1]. Jusqu' alors, le bénéfice clinique se limitait à une meilleure représentation de pathologies, sans information supplémentaire sur le comportement ou la nature du tissu.

Au cours des dernières années, il est devenu de plus en plus courant non seulement de décrire les pathologies, mais également de les quantifier. Mise à part la quantification simple par mesure des dimensions et des densités, il existe également des analyses semi-quantitatives et quantitatives des structures. Les analyses semi-quantitatives se basent principalement sur des systèmes de scores, tandis que les analyses TDM purement quantitatives aspirent à représenter une pathologie de la manière la plus exacte possible au moyen d'unités de mesure, comme un volume ( $\text{cm}^3$  ou ml) ou la perfusion d'un tissu (ml/min/100 ml).

Aujourd'hui, les examens de suivi de maladies oncologiques ou chroniques ont de plus en plus tendance à intégrer des informations qualitatives et quantitatives [2–4]. Les sections suivantes présentent des mesures semi-quantitatives et quantitatives en prenant l'exemple de la TDM pulmonaire.


## Confirmation semi-quantitative de la pathologie pulmonaire en cas de fibrose kystique

La fibrose kystique est la plus fréquente des maladies héréditaires à l'origine d'une réduction de l'espérance de vie. Grâce aux progrès thérapeutiques accomplis, les patients vivent de plus en plus longtemps. Au cours des dernières années, la TDM à faible dose est devenue de plus en plus répandue pour évaluer l'évolution de la maladie [5]. Afin de pouvoir le faire le plus objectivement possible, il est essentiel de disposer d'un système de jugement, c.-à-d. d'un score [6]. Le score développé pour la surveillance de la fibrose kystique se base sur différents paramètres comme le type et l'étendue des bronchectasies, les anomalies pulmonaires (consolida-

tions, bulles et emphysème) et l'ampleur du phénomène d'*air trapping*. Il s'agit d'un score très robuste, qui permet une évaluation semi-quantitative fiable de la maladie. Il peut facilement être intégré dans la routine quotidienne, indépendamment de l'appareil de TDM ou du protocole de TDM utilisé. Plusieurs études ont montré que la TDM haute résolution (TDM-HR), associée à l'utilisation du score et à d'autres mesures quantitatives basées sur la TDM, permettait de détecter les anomalies pulmonaires chez les patients atteints de fibrose kystique déjà avant l'apparition d'altérations pulmonaires fonctionnelles [5, 7, 8].

## Quantification de l'emphysème

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) se caractérise par deux anomalies principales: l'emphysème et/ou l'atteinte des voies respiratoires. Combinés aux données cliniques et spirométriques, le phénotypage de l'emphysème et l'évaluation des voies respiratoires par TDM permettent de proposer au patient le meilleur traitement possible [9, 10]. La spirométrie sert à évaluer le degré de sévérité de la maladie, mais elle est souvent encore normale pour les formes précoces. En revanche, la TDM pulmonaire, par analyse de l'histogramme, peut permettre de détecter les formes très précoces de la maladie et de les surveiller [4].

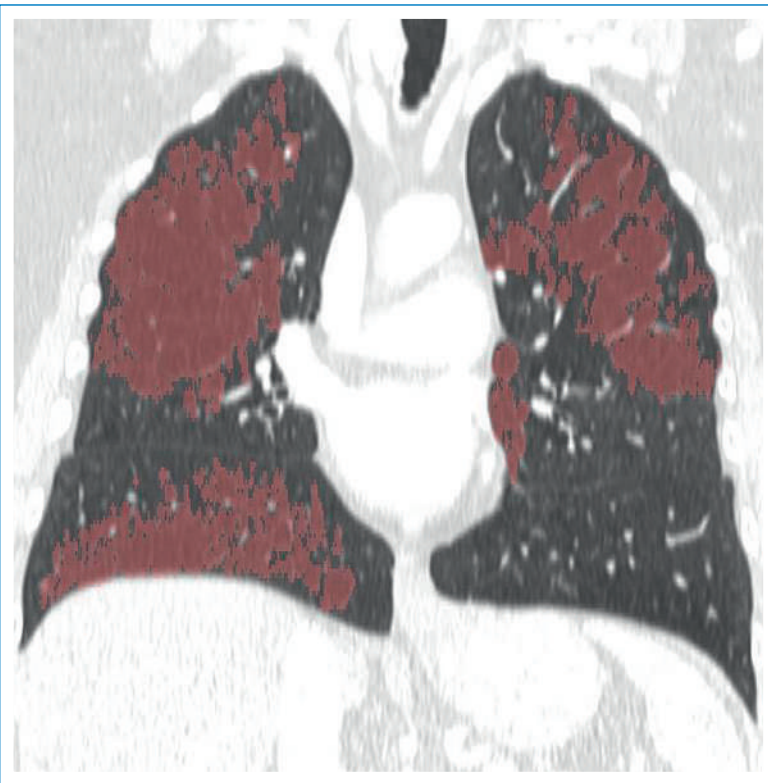
Cette analyse est exprimée en unités Hounsfield (UH), une mesure standardisée de la densité des tissus à la TDM. La valeur «0» correspond à l'eau, la valeur «-1000» à l'air et la valeur «+1000» à l'os cortical. Comment se déroule le processus de quantification? Dans le tissu pulmonaire, tous les voxels (plus petite unité de volume d'un enregistrement TDM) avec des valeurs de densité inférieures à un seuil d'UH défini (le plus souvent -950 UH) sont additionnés et multipliés par le volume d'un voxel. Ce calcul fournit le volume de l'emphysème. Par ailleurs, les voxels définis peuvent être marqués en couleurs, ce qui renseigne non seulement sur le volume mais également sur la distribution (fig. 1 ). Pour les comparaisons longitudinales, il est essentiel que les examens suivants se déroulent dans des conditions standardisées (si possible, sur le même appareil, avec des paramètres identiques), étant donné que la dose d'irradiation, l'épaisseur de coupe et l'algorithme de reconstruction ont une influence sur le résultat et que les changements de ces paramètres rendent impossible une évaluation exacte de l'évolution de la maladie [11, 12].

## Quantification de la fibrose

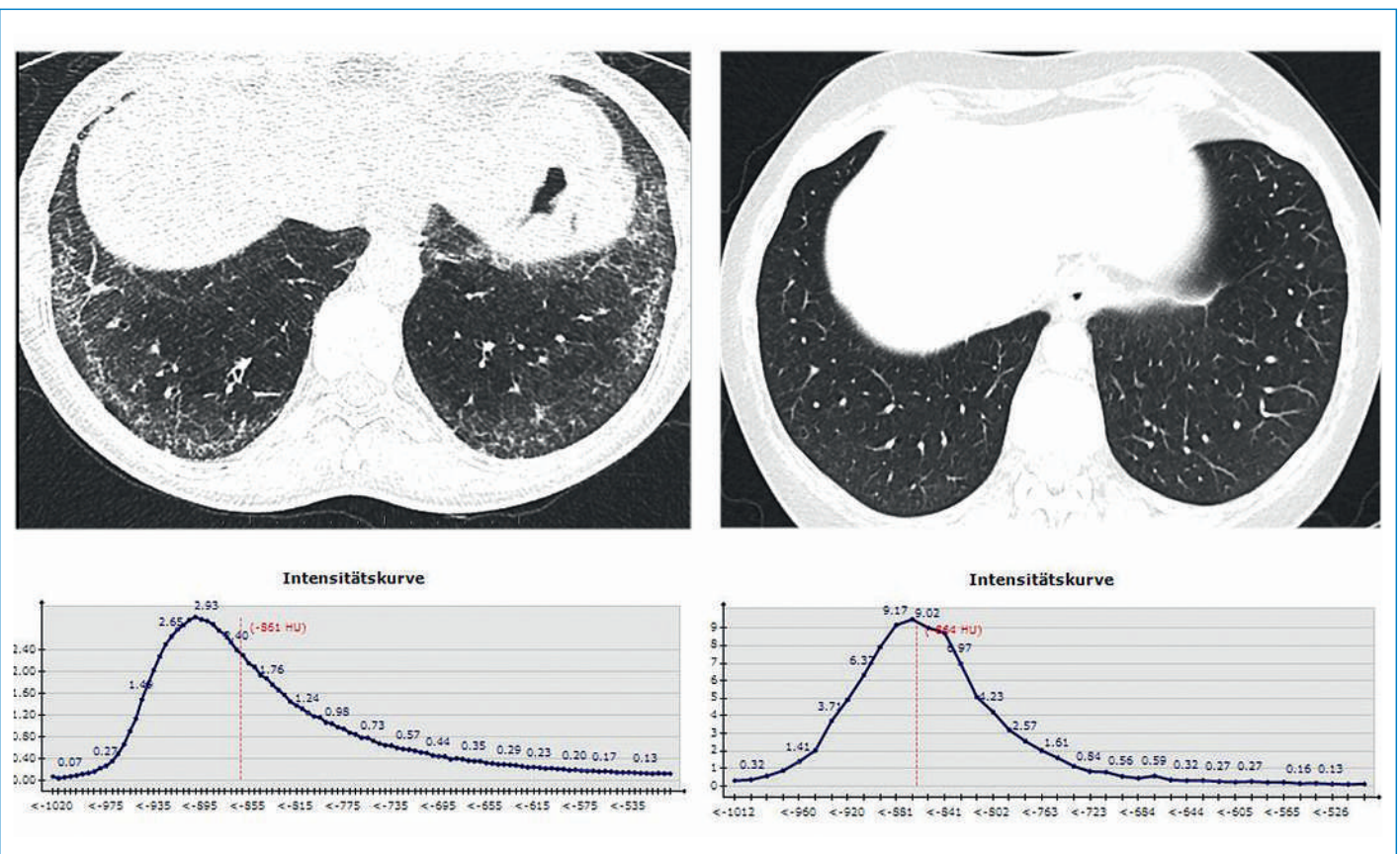
Alors que la quantification de l'emphysème se déroule de manière relativement simple et le plus souvent automatique, la quantification de l'ampleur ou de l'évolution de la fibrose ou d'autres pneumopathies interstitielles chroniques est nettement plus difficile. La forme inflammatoire aiguë précoce de la fibrose se caractérise le plus souvent par une opacité en verre dépoli («ground glass opacity»), qui conduit plus tard à un rétrécissement et à une diminution du volume des poumons, avec aspect réticulaire, poumons en nid d'abeille et bronchectasies par traction. La densité du parenchyme pulmonaire augmente, comme en témoigne l'histogramme pulmonaire des valeurs d'UH [3]. La courbe de distribution des UH devient plus plate et plus large (fig. 2 [📷](#)). Différentes études sont parvenues à montrer que ces deux paramètres étaient corrélés à l'examen spirométrique et étaient nettement plus fiables pour juger l'évolution, de sorte qu'ils peuvent être utilisés pour les études longitudinales, par ex. chez les patients avec atteinte pulmonaire dans le cadre d'une sclérodémie ou d'une fibrose [13].

## Résumé

Il a été montré dans plusieurs études que pour diverses maladies pulmonaires, les procédés quantitatifs per-



**Figure 1**  
Coupe TDM coronale avec marquage de l'emphysème (rouge). L'évaluation pour l'ensemble du poumon fournit un volume de l'emphysème de 1,815 litre (24% du volume total).



**Figure 2**  
Fibrose pulmonaire (gauche) avec courbe de distribution des UH aplatie et élargie par rapport à un poumon sain (droit).

mettaient de mettre en évidence des anomalies pulmonaires régionales déjà avant la survenue de symptômes subjectifs ou d'altérations pulmonaires fonctionnelles. Ces données (semi)quantitatives fournissent un aperçu essentiel des altérations pulmonaires structurelles, permettant de tirer des conclusions sur l'évolution dans le temps, sur l'influence de différentes caractéristiques de la maladie sur les altérations fonctionnelles et sur leur effet en fonction du stade de la maladie. La TDM (semi-) quantitative est dès lors l'examen à privilégier pour les études longitudinales de maladies pulmonaires chroniques comme la BPCO, la fibrose ou la fibrose kystique.

---

**Correspondance:**

PD Dr Thomas Frauenfelder  
 Stv. Institutsdirektor  
 Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie  
 UniversitätsSpital Zürich  
 Rämistrasse 100  
 CH-8091 Zürich  
[thomas.frauenfelder\[at\]usz.ch](mailto:thomas.frauenfelder[at]usz.ch)

---

**Références**

- 1 Lawler L, Fishman EK. Multi-detector row CT of thoracic disease with emphasis on 3D volume rendering and CT angiography. *Radiographics*. 2001;21(5):1257-73.
- 2 Garcia-Figueiras R, et al. CT perfusion in oncologic imaging: a useful tool? *AJR Am J Roentgenol*. 2013;200(1):8-19.
- 3 Camiciottoli G, et al. Lung CT densitometry in systemic sclerosis: correlation with lung function, exercise testing, and quality of life. *Chest*. 2007;131(3):672-81.
- 4 Mets OM, et al. Quantitative computed tomography in COPD: possibilities and limitations. *Lung*. 2012;190(2):133-45.
- 5 Loeve M, et al. Chest computed tomography; a validated surrogate endpoint of cystic fibrosis lung disease? *Eur Respir J*. 2012; doi: 10.1183/09031936.00051512.
- 6 Helbich T, et al. Cystic fibrosis: CT assessment of lung involvement in children and adults. *Radiology*. 1999;213(2):537-44.
- 7 Linnane B, et al. Role of high-resolution computed tomography in the detection of early cystic fibrosis lung disease. *Paediatr Respir Rev*. 2008;9(3):168-74; quiz 174-5.
- 8 Brody A, et al. High-resolution computed tomography of the chest in children with cystic fibrosis: support for use as an outcome surrogate. *Pediatr Radiol*. 1999;29(10):731-5.
- 9 Bafadhel M, et al. The role of CT scanning in multidimensional phenotyping of COPD. *Chest*. 2011;140(3):634-42.
- 10 Han MK, et al. Chronic obstructive pulmonary disease exacerbations in the COPD Gene study: associated radiologic phenotypes. *Radiology*. 2011;261(1):274-82.
- 11 Stolk J, et al. Repeatability of lung density measurements with low-dose computed tomography in subjects with alpha-1-antitrypsin deficiency-associated emphysema. *Invest Radiol*. 2001;36(11):648-51.
- 12 Bakker ME, et al. Variability in densitometric assessment of pulmonary emphysema with computed tomography. *Invest Radiol*. 2005;40(12):777-83.
- 13 Best AC, et al. Quantitative CT indexes in idiopathic pulmonary fibrosis: relationship with physiologic impairment. *Radiology*. 2003;228(2):407-14.