

LES ASPECTS RADIOLOGIQUES DE LA PNEUMOPATHIE À COVID-19 :

DE L'IMAGERIE CONVENTIONNELLE À L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

GUIOT J (1), DANTHINE D (2), DEPREZ L (2), LOUIS R (1), LOVINFOSSE P (3), MEUNIER P (2)

RÉSUMÉ : Dans le décours de la pandémie induite par l'apparition d'un nouveau coronavirus (SARS-CoV-2; COVID-19) à l'origine d'un syndrome de détresse respiratoire aigu (SDRA), nous avons dû repenser l'approche diagnostique des patients souffrant de symptômes respiratoires. En effet, bien que l'usage de la RT-PCR reste la clé de voûte du diagnostic, le retard de diagnostic ainsi que la surcharge des plateformes microbiologiques nous ont menés à rendre quasi systématique l'usage de l'imagerie thoracique pour la prise en charge des patients. L'imagerie thoracique a démontré, dans ce contexte, un intérêt majeur dans l'aide au diagnostic afin d'orienter, au mieux, la prise en charge des patients admis à l'hôpital. Les signes les plus couramment rencontrés sont particulièrement bien décrits en tomodensitométrie thoracique. L'imagerie typique associe des lésions en verre dépoli bilatérales, multi-lobaires, à prédominance périphérique et postérieure. Il est classique d'identifier des lésions significatives chez des patients asymptomatiques, l'imagerie précédant parfois l'apparition de symptômes. Au-delà de l'imagerie thoracique conventionnelle, de nombreuses équipes ont développé de nouveaux outils d'intelligence artificielle afin d'aider, au mieux, les cliniciens dans la prise de décisions.

MOTS-CLÉS : COVID-19 - Intelligence artificielle - Scanner thoracique - Imagerie

CHEST RADIOLOGICAL LESIONS IN COVID-19 : FROM CLASSICAL IMAGING TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE

SUMMARY : In the course of the pandemic induced by the appearance of a new coronavirus (SARS-CoV-2; COVID-19) causing acute respiratory distress syndrome (ARDS), we had to rethink the diagnostic approach for patients suffering from respiratory symptoms. Indeed, although the use of RT-PCR remains the keystone of the diagnosis, the delay in diagnosis as well as the overload of the microbiological platforms have led us to make almost systematic the use of thoracic imaging for taking in charge of patients. In this context, thoracic imaging has shown a major interest in diagnostic aid in order to better guide the management of patients admitted to hospital. The most common signs encountered are particularly well described in thoracic computed tomography. Typical imaging combines bilateral, predominantly peripheral and posterior, multi-lobar, ground glass opacities. Of note, it is common to identify significant lesions in asymptomatic patients, with imaging sometimes preceding the onset of symptoms. Beyond conventional chest imaging, many teams have developed new artificial intelligence tools to better help clinicians in decision-making.

KEYWORDS : COVID-19 - Artificial Intelligence - Chest CT - Imaging

INTRODUCTION

L'infection à SARS-CoV-2 (COVID-19) est connue pour être associée à un taux de mortalité élevé, principalement expliqué par la gravité de la pneumopathie associée à cet état. L'expression clinique de l'infection peut varier d'un état pauci-symptomatique à une forme sévèrement hypoxémiante.

Le diagnostic d'une infection par COVID-19 repose sur des tests microbiologiques tels que la RT-PCR ou le séquençage. Cependant, ces tests peuvent ne pas être disponibles dans une situation d'urgence et leur délai d'exécution peut aller jusqu'à plusieurs heures. De plus, la RT-PCR peut être faussement négative lorsque la charge virale est insuffisante. Durant cette pandémie, la tomodensitométrie (TDM) a été

utilisée comme un complément important à la RT-PCR pour diagnostiquer la pneumonie à COVID-19 dans le contexte épidémique actuel, en raison de sa rapidité, de sa grande disponibilité et de sa grande sensibilité. Malgré ses performances dans l'aide au diagnostic et au triage des patients, l'imagerie reste imparfaite en comparaison des modèles clinico-biologiques pour prédire la sévérité de l'évolution de la maladie (1, 2). La sensibilité globale avoisine 90 % pour le diagnostic, là où la spécificité est globalement rapportée à environ 50 % dans la littérature. Le pic lésionnel TDM est retrouvé aux alentours du 9^{ème} jour après le début des symptômes, laissant présager (sans toutefois être prédictif), dans les formes les plus graves, une admission aux soins intensifs (3).

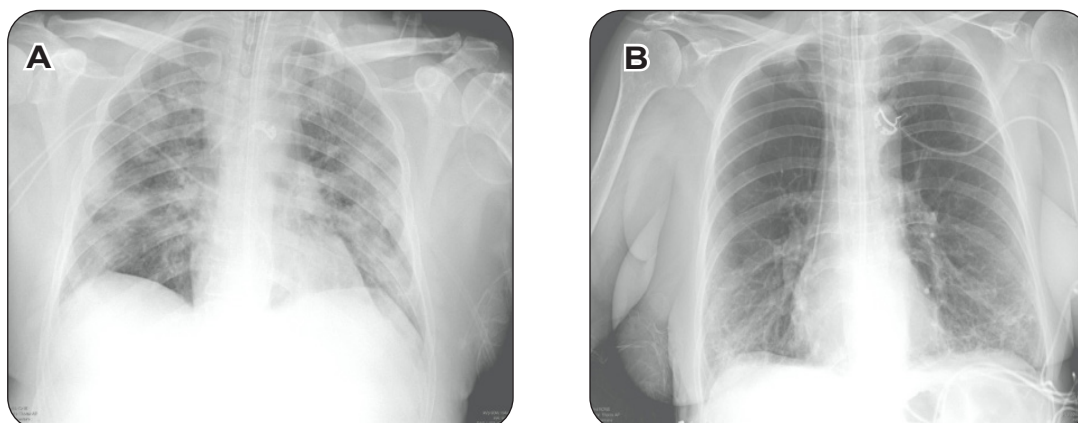
Différents outils d'aide à l'interprétation ont été proposés afin de classer au mieux l'atteinte lésionnelle et son extension (CO-RADS - pour Reporting and Data System - et COVID-RADS, par exemple) (4, 5). Sur le plan du pronostic, l'imagerie reste décevante en comparaison aux différents modèles cliniques et biologiques disponibles à ce jour (1). Au-delà de l'imagerie conventionnelle, de multiples modèles diagnos-

(1) Service de Pneumologie, CHU Liège, Belgique.

(2) Service de Radiologie, CHU Liège, Belgique.

(3) Service de Médecine nucléaire et Imagerie oncologique, CHU Liège, Belgique.

Figure 1. Radiographie typique d'une pneumopathie COVID-19 démontrant des infiltrats parenchymateux diffus bilatéraux condensants (A), et des infiltrats interstitiels bilatéraux à prédominance bi-basale (B).



tiques d'intelligence artificielle ont vu le jour, se positionnant comme aide à la prise de décision diagnostique (6, 7).

LA RADIOGRAPHIE THORACIQUE

Dans de nombreux cas, l'infection par COVID-19 peut être suspectée par une approche radiographique simple chez des patients présentant un tableau symptomatique atypique. Néanmoins, aucune caractéristique unique de la pneumonie à COVID-19 sur une radiographie n'est spécifique ou diagnostique. Classiquement, une combinaison de modifications pulmonaires périphériques multifocales bilatérales associant des opacités, de la consolidation, et/ou du verre dépoli (VD) peut être retrouvée (8). Il faut cependant souligner qu'une radiographie thoracique normale n'exclut pas la pneumonie à la COVID-19. En effet, jusqu'à 63 % des patients infectés par la COVID-19 avec atteinte parenchymateuse significative peuvent présenter une radiographie thoracique normale (8). Les caractéristiques principales restent des opacités en VD avec, parfois, la présence de lignes horizontales de consolidation à prédominance périphérique, situées dans les lobes inférieurs. Il est à souligner que l'extension lésionnelle est variable mais, plus classiquement, bilatérale (Figure 1).

LA TOMODENSITOMÉTRIE THORACIQUE (TDM)

De nombreux rapports ont décrit les caractéristiques typiques de la pneumonie à COVID-19, qui se caractérise par une prédominance

d'opacités en VD, souvent mélangées à des zones de consolidation focale, avec une distribution bilatérale et une prédominance sous-pleurale et postérieure (9). Les plages de VD sont typiquement arrondies, nodulaires avec un pattern compatible avec des lésions de «crazy paving» (CP) dans les formes plus tardives (4) (Figure 2).

Plusieurs phases de la maladie ont été décrites. Pan et coll. (3) ont classifié l'évolution des anomalies pulmonaires en quatre phases. Une phase précoce (0 à 4 jours de symptômes) où le VD domine, une phase progressive (5 à 8 jours) avec l'apparition de réticulations au sein du verre dépoli (CP) associée à une franche extension lésionnelle (multi-lobaire), une phase de pic (9 à 13 jours) où des condensations sont présentes en plus du VD (mixte) avec zones de pneumonie organisée et bandes de condensation sous-pleurale curvilignes et, enfin, une phase d'absorption (≥ 14 jours) avec résorption progressive des lésions (3). Au cours du temps, les images en VD pures diminuent avec l'apparition d'hyperdensités linéaires, compatibles avec un schéma de pneumonie organisée (10). Les formes les plus sévères correspondent à du dommage alvéolaire diffus associant différents patterns lésionnels, source d'une hypoxémie sévère.

De manière moins typique, la présence d'une pleurésie ou d'un épanchement péricardique peut également être retrouvée dans le cadre d'une infection COVID-19 (Tableau I).

Au-delà de l'imagerie TDM typique d'une infection par COVID-19, il ne faut pas méconnaître la possibilité d'autres diagnostics connexes intriqués. En effet, de multiples pathologies peuvent mimer l'infection par COVID-19 (notamment une

Figure 2. Image scanographique typique d'une pneumopathie COVID-19. Ces lésions peuvent associer différents patterns, typiquement : des plages en verre dépoli bilatérales (A), du « crazy paving » (B), des lésions pseudo-nodulaires, nodulaires, voire condensantes (C). La topographie est à prédominance périphérique. Les images prennent parfois un aspect pseudonodulaire avec un halo périlésionnel (C) ou même, des zones condensantes postérieures par endroits (D).

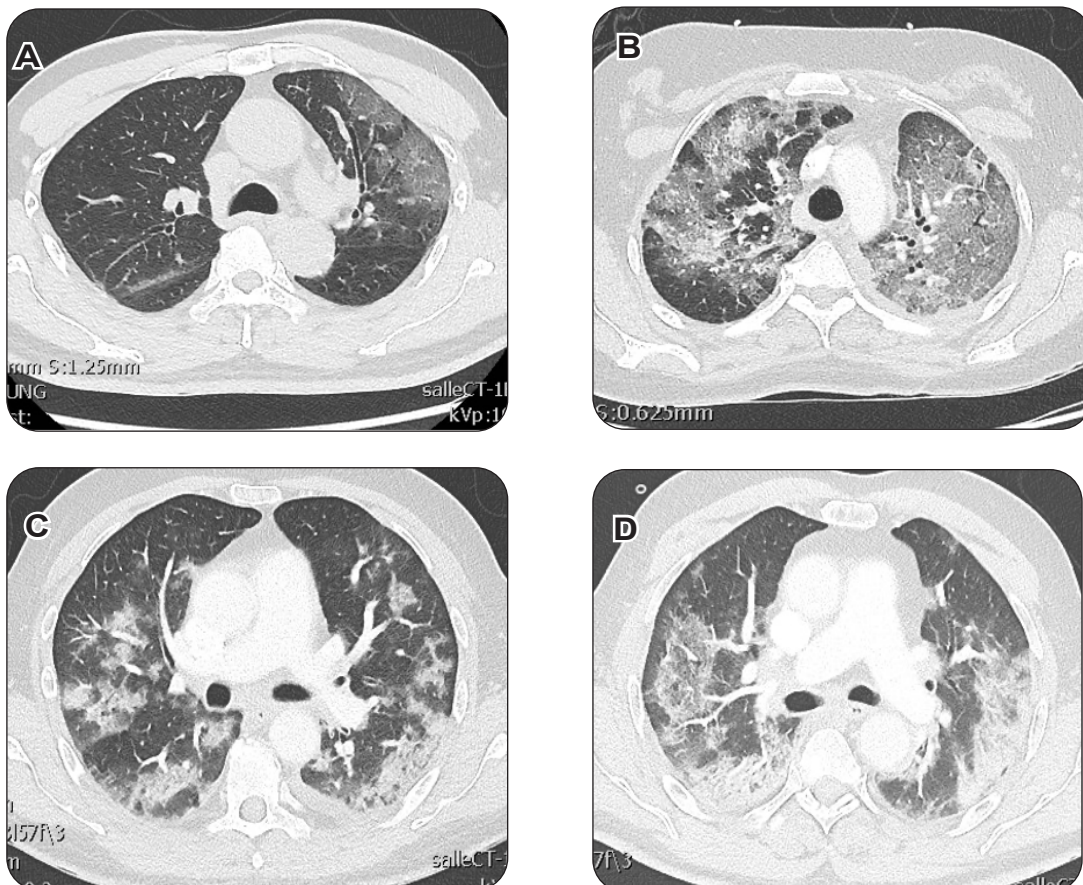


Tableau I. Caractéristiques TDM classiques d'une infection à COVID-19.

Lésions typiques de la COVID-19	Lésions atypiques de la COVID-19
Verre dépoli	Condensation lobaire
Lésions bilatérales	Lésions péri-hilaires
Lésions condensantes plurifocales	Lésions en arbre en bourgeons
Distribution périphérique	Lésion nodulaire condensante
Distribution postérieure des lésions	Lésion nécrosante excavée
Crazy paving	
Elargissement des vaisseaux	

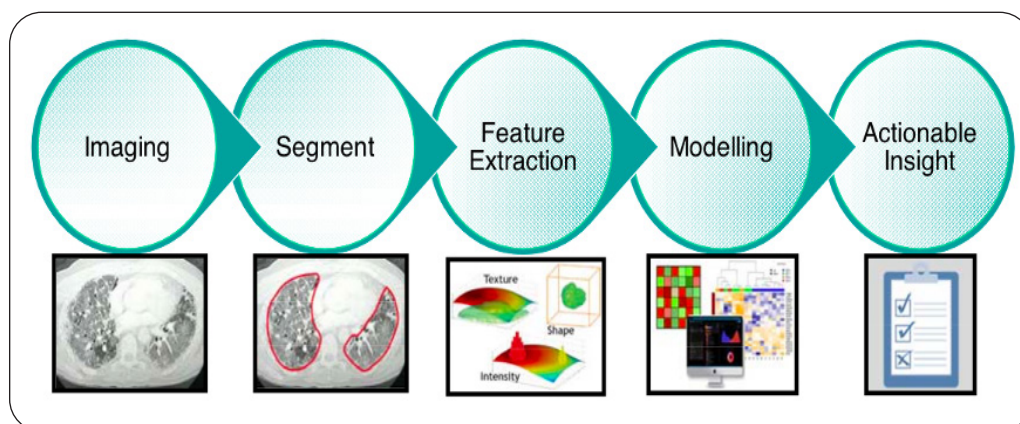
Tableau non exhaustif des lésions TDM retrouvées dans l'infection à COVID-19. Les lésions présentent une variabilité dans le temps. Plus rarement, il peut être retrouvé une atteinte pleurale, péricardique et, dans certains cas, des lésions nodulaires avec ou sans halo (parfois inversé), des opacités linéaires et épaississements des septa interlobulaires.

Tableau II. Évaluation de l'extension lésionnelle.

Type d'atteinte	% de surface lésionnelle
Minime	≤ 10 %
Modérée	> 10 % - ≤ 25 %
Importante	> 25 % - ≤ 50 %
Sévère	> 50 % - ≤ 75 %
Critique	> 75 %

Tableau démontrant une échelle d'évaluation lésionnelle visuelle parmi de multiples autres échelles disponibles.

Figure 3. Schéma d'utilisation du système COVIA au CHU de Liège.



pneumonie virale à influenza ou parainfluenza, une pneumopathie toxique, une connectivite,...), mais également se surajouter à l'infection aiguë par COVID-19 (surinfection bactérienne, embolie pulmonaire avec infarctus pulmonaire,...). De plus, de multiples incidentalomes seront, sans aucun doute, identifiés dans le décours des imageries thoraciques réalisées dans le cadre d'une suspicion d'infection par COVID-19.

ÉVALUATION DE L'EXTENSION LÉSIONNELLE EN IMAGERIE TDM CONVENTIONNELLE

Même si le caractère pronostique isolé de l'imagerie TDM est imparfait en comparaison aux modèles cliniques et biologiques, il existe cependant une corrélation entre l'extension lésionnelle TDM et le pronostic du patient (**Tableau II**). En effet, les patients avec les formes cliniques les plus sévères présentent une forme pathologique plus étendue en termes de segments atteints ou de surface pathologique (11, 12).

COVID-19 ET EMBOLIE PULMONAIRE

Chez les patients hospitalisés pour infection à COVID-19, il existe une majoration significative du risque d'embolie pulmonaire. En effet, l'incidence des embolies pulmonaires est rapportée entre 1,9 et 8,9 %, passant jusqu'à 26 % chez les patients hospitalisés aux soins intensifs (13). Dans ce contexte, une étude attentive de la vascularisation pulmonaire doit être réalisée en cas d'injection de produit de contraste. Ce phénomène est secondaire à une inflammation endothéliale systémique de type endothélite, associée à un état d'hypercoagulabilité inflammatoire (14, 15).

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

À ce jour, de très nombreux modèles d'intelligence artificielle se sont développés dans le monde en vue d'aider au diagnostic de l'infection par COVID-19, mais également d'évaluer le pronostic via, notamment, une automatisation de l'évaluation de l'extension lésionnelle des patients atteints du virus.

Au CHU de Liège, nous utilisons un modèle d'intelligence artificielle, réalisant une segmentation automatisée et analysant l'ensemble du parenchyme pulmonaire afin de déterminer si le scanner thoracique est compatible, ou non, avec une infection par COVID-19 («COVIA») (6). Le système COVIA, développé sur un groupe de 181 patients comparés à 1.200 cas contrôles, permet d'identifier une infection par COVID-19 avec une valeur prédictive positive de 53,6 % et une valeur prédictive négative de 97,1 %. Le modèle permet d'identifier l'infection par COVID-19 avec une précision de 89,7 % (IC 95 % : 84,0-93,9). La particularité du COVIA est d'intégrer une segmentation automatisée dans un modèle basé sur cinq caractéristiques principales : l'intensité moyenne de l'image des poumons, une matrice de co-occurrence de niveaux de gris, des modifications des textures en intensité ou localisation. Une des forces de ce modèle est sa valeur prédictive négative excellente, utile comme aide à la prise de décision dans la gestion des flux de patients hospitalisés.

Il n'existe pas, à ce jour, de modèle idéal et l'ensemble de ces outils doit être utilisé en complément d'une analyse radio-clinique intégrée (**Figure 3**).

CONCLUSION

L'imagerie thoracique TDM fait partie intégrante de la prise en charge du COVID-19 et permet une détection précoce des lésions pulmonaires non visibles à la radiographie standard, avec une sensibilité élevée, contrairement à la spécificité qui reste assez moyenne. L'approche TDM s'attelle à identifier les lésions typiques d'une infection par COVID-19, leur extension, mais également la présence ou non d'une embolie pulmonaire. L'imagerie thoracique par TDM est recommandée en cas de suspicion d'infection à COVID-19 chez les patients nécessitant une hospitalisation (indépendamment du résultat de la PCR) (16). L'apport de l'intelligence artificielle est à considérer comme un complément d'aide à la décision. La place de l'intelligence artificielle dans la pratique clinique reste encore à définir, mais semble en bonne voie pour implémenter la prise en charge vers une médecine de précision.

BIBLIOGRAPHIE

1. Wu G, Yang P, Xie Y, et al. Development of a clinical decision support system for severity risk prediction and triage of COVID-19 patients at hospital admission : an international multicentre study. *Eur Respir J* 2020;**56**:2001104.
2. Ye Z, Zhang Y, Wang Y, et al. Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19) : a pictorial review. *Eur Radiol* 2020;**30**:4381-9.
3. Pan F, Ye T, Sun P, et al. Time course of lung changes at chest CT during recovery from Coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Radiology* 2020;**295**:715-21.
4. Salehi S, Abedi A, Balakrishnan S, Gholamrezanezhad A. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) : a systematic review of imaging findings in 919 patients. *Am J Roentgenol* 2020;**215**:87-93.
5. Prokop M, van Everdingen W, van Rees Vellinga T, et al. CO-RADS: a categorical CT assessment scheme for patients suspected of having COVID-19 - definition and evaluation. *Radiology* 2020;**296**:E97-104.
6. Guiot J, Vaidyanathan A, Deprez L, et al. Development and validation of an automated radiomic CT signature for detecting COVID-19. *Eur Respir J* 2020;**5**:2-34.
7. Vaishya R, Javaid M, Khan IH, Haleem A. Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* 2020;**14**:337-9.
8. Cleverley J, Piper J, Jones MM. The role of chest radiography in confirming covid-19 pneumonia. *BMJ* 2020;**370**:m2426.
9. Guillo E, Bedmar Gomez I, Dangeard S, et al. COVID-19 pneumonia: Diagnostic and prognostic role of CT based on a retrospective analysis of 214 consecutive patients from Paris, France. *Eur J Radiol* 2020;**131**:109209.
10. Liang T, Liu Z, Wu CC, et al. Evolution of CT findings in patients with mild COVID-19 pneumonia. *Eur Radiol* 2020;**30**:4865-73.
11. Yu M, Xu D, Lan L, et al. Thin-section Chest CT imaging of coronavirus disease 2019 pneumonia : comparison between patients with mild and severe disease. *Radiology* 2020;**2**:e200126.
12. Revel MP, Parkar AP, Prosch H, et al. COVID-19 patients and the radiology department-advice from the European Society of Radiology (ESR) and the European Society of Thoracic Imaging (ESTI). *Eur Radiol* 2020;**30**:4903-9.
13. Sakr Y, Giovini M, Leone M, et al. Pulmonary embolism in patients with coronavirus disease-2019 (COVID-19) pneumonia: a narrative review. *Ann Intensive Care* 2020;**10**:124.
14. Bompard F, Monnier H, Saab I, et al. Pulmonary embolism in patients with COVID-19 pneumonia. *Eur Respir J* 2020;**56**:2001365.
15. Péters P, Sprynger M, Lancellotti P, Oury C. Coagulopathies, risque thrombotique et anticoagulation dans la COVID-19. *Rev Med Liege* 2020;**75** (Suppl):S86-S93.
16. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, et al. The role of chest imaging in patient management during the covid-19 pandemic : a multinational consensus statement from the fleischner society. *Radiology* 2020;**296**:172-80.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au
Dr J. Guiot, Service de Pneumologie, CHU Liège, Belgique.
Email : j.guiot@chuliege.be