



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.

Pneumonie à Sars-CoV-2 : broncho-pneumonie ou vasculopathie ? Focus sur le signe scanographique du « vaisseau élargi » et corrélations radio-histologiques



Sars-Cov-2 pneumonia: Broncho-pneumonia or vasculopathy? Enlarged vessel sign on Chest-CT and radio-histological correlation

M. Baque-Juston ^a
 M. Guesmi ^a
 P. Foglino ^a
 L. Mondot ^b
 F. Burel-Vandenbos ^c
 M. Chassang ^d
 J. Dellamonica ^{e,f}

^aService de radiologie, fondation Lenval, 57, avenue de la Californie, 06200 Nice, France

^bService de radiologie, hôpital Pasteur, 30, voie Romaine CS 51069, 06001 Nice Cedex, France

^cService d'anatomo-pathologie, hôpital Pasteur, 30, avenue Voie Romaine CS 51069, 06001 Nice Cedex, France

^dService de radiologie, hôpital de L'Archet2, 151, route Saint Antoine de de Ginestière, 06200, Nice, France

^eService de soins intensifs, hôpital de L'Archet1, 151, route Saint Antoine de de Ginestière, 06200 Nice, France

^fUR2CA unité de recherche Côte d'Azur, 151, route Saint Antoine de de Ginestière, 06200, Nice, France

Reçu le 11 mai 2021 ; accepté le 29 juin 2021
 Disponible en ligne sur [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com) le 25 août 2021

MOTS CLÉS

Covid-19
 Sars-CoV-2
 Scanner thoracique
 Pneumonie
 Vascolarisation pulmonaire

KEYWORDS

Covid-19
 Sars-Cov-2
 Chest CT
 Pneumonia
 Pulmonary vasculature

RÉSUMÉ

Introduction. – La pandémie de Sars-CoV-2 évolue depuis un an et, à ce jour, la physiopathologie des lésions engendrées par cette atteinte virale n'est que partiellement élucidée. Le scanner thoracique est un outil diagnostique et pronostique essentiel de la prise en charge des patients et les lésions typiques de la pneumonie à Sars-CoV-2 sont à présent bien établies. Cependant, certaines anomalies vasculaires rencontrées chez la plupart des patients, qui se traduisent par un aspect épaissi et irrégulier des vaisseaux pulmonaires au sein des zones pathologiques, sont sous-estimées et peu connues des radiologues.

Données récentes. – Les études histologiques soulignent la prépondérance des atteintes pariétales vasculaires au niveau pulmonaire qui peuvent être corrélées aux anomalies scanographiques. Ces dernières permettent d'orienter le diagnostic en cas de doute biologique ou de progression des lésions en verre dépoli. Elles suggèrent que l'atteinte alvéolo-interstitielle, sans anomalie bronchique ou bronchiolaire associée, pourrait être secondaire aux lésions vasculaires. Enfin, des études complémentaires sont nécessaires pour rechercher un éventuel intérêt pronostique de la quantification de ces lésions.

Auteur correspondant. Service de radiologie, Fondation Lenval, 57, avenue de la Californie, Nice 06200, France
 Adresse e-mail : mariejuston@sfr.fr

<https://doi.org/10.1016/j.jidi.2021.06.001>

© 2021 Société française de radiologie. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.



Conclusion. – Ce travail illustre les corrélations radio-histologiques des atteintes vasculaires et pulmonaires du Sars-Cov-2 et propose une iconographie didactique des principales lésions rencontrées.

© 2021 Société française de radiologie. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

SUMMARY

Introduction. – *The Sars-CoV-2 pandemic has started a year ago, and to this day, the pathophysiology of lung parenchymal lesions is not fully understood. Chest-CT is an essential diagnostic and prognostic tool to evaluate the disease, and findings of Covid-19 pneumonia are well established. However, vascular abnormalities have been reported in a vast majority of patients, such as irregularities and enlargement of the distal pulmonary vessels, and they are not yet well-known or recognised by most radiologists.*

Recent findings. – *Histological studies have shown vascular mural infiltration and multiple abnormalities of the pulmonary vasculature. These can be correlated to the chest-CT findings, and may raise the diagnosis of Covid-19 pneumonia when there is a biological doubt or progression of ground-glass opacities of unknown origin. They suggest that the alveolo-interstitial lesions, which are not associated with bronchial abnormalities, could be secondary to the vascular damages. Further studies are necessary to evaluate the prognostic value of the extent of pulmonary vascular abnormalities on chest-CT.*

Conclusion. – *This work correlates the radiological and the histological findings of pulmonary vascular lesions in Sars-Cov-2 pneumonia and provides an extensive iconography of the main encountered abnormalities.*

© 2021 Société française de radiologie. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

INTRODUCTION

En mars 2021, un an après les premiers cas de patients atteints par le Sars-Cov-2, la pandémie mondiale poursuit sa progression et, à ce jour, plus de deux millions de patients sont décédés [1].

Des centaines de publications dans tous les domaines de la recherche médicale ont paru concernant le Sars-CoV-2. Bien qu'elles aient permis de comprendre une partie de la physiopathologie de cette infection virale, de nombreuses zones d'ombre persistent.

Dès le début de la pandémie, le scanner thoracique s'est révélé être un outil diagnostique et pronostique majeur en raison d'une sensibilité élevée, se rapprochant de celle des prélèvements biologiques et malgré une spécificité variable selon les auteurs (25 à 88 %) [2]. L'interprétation des images doit être corrélée à la date du début des symptômes (DDS) car

l'évolution dans le temps des lésions est à présent bien établie [3–6]. Il est notamment important de retenir que le scanner peut être normal durant les trois premiers jours suivant le DDS. Lorsque le diagnostic n'est pas formellement établi et que l'acquisition n'est pas réalisée en inspiration profonde, des « pseudo » plages de verre dépoli sous-pleurales déclives, correspondant à des artefacts respiratoires ou à des opacités liées à la gravito-dépendance, peuvent être prises à tort pour des lésions liées à la maladie. Il est donc essentiel d'optimiser les conditions de réalisation du scanner voire de compléter l'exploration par une acquisition en procubitus lorsqu'un doute persiste quant à la présence ou à l'absence d'opacités anormales (Fig. 1a, 1b).

Au début de la maladie, les principales lésions retrouvées sont des plages de verre dépoli, le plus souvent bilatérales, siégeant préférentiellement dans les régions sous-pleurales des territoires inférieurs [7] (Fig. 2). Des précisions ont été

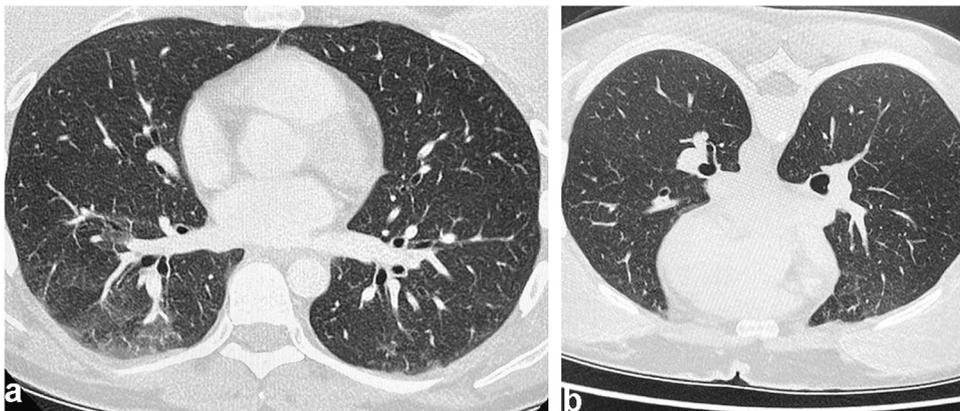


Fig. 1. a : Patient de 63 ans suspect d'infection à Sars-CoV-2 avec test RT-PCR non concluant. Le scanner réalisé en décubitus en faible inspiration retrouve des plages de verre dépoli postéro-basales droites mal circonscrites. b : Sur l'acquisition complémentaire réalisée en inspiration plus profonde et en procubitus chez le même patient, la disparition complète des plages de verre dépoli prouve qu'elles étaient dues à la gravito-dépendance. L'évolution des symptômes a confirmé qu'il ne s'agissait pas d'une infection à Sars-CoV-2.

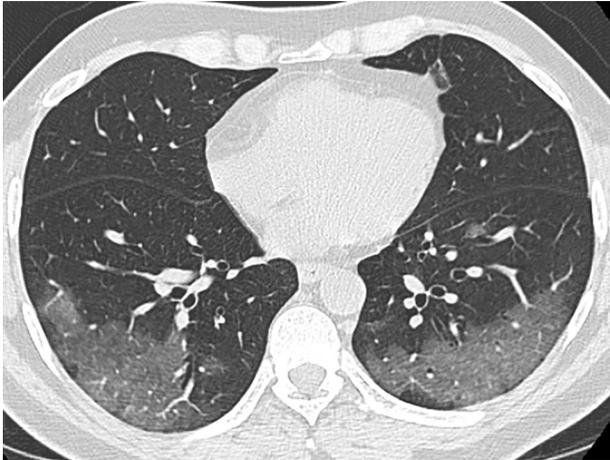


Fig. 2. Patiente de 52 ans, positive à Sars-CoV-2, symptomatique depuis 7 jours. Aspect scanographique typique d'une pneumonie débutante à Sars-CoV-2 se traduisant par des plages de verre dépoli sous-pleurales bi-basales.

apportées sur les différents types de verre dépoli, qui diffèrent selon la période de la maladie durant laquelle le scanner est réalisé. En début d'infection, ces plages de verre dépoli présentent le plus souvent des contours convexes vers le médiastin qui se modifient à partir de la 2^e semaine, prenant rapidement un aspect plus rétractile (*Fig. 3a, 3b*). Ces opacités se densifient progressivement et se transforment en foyers de condensations mixtes, multifocaux, péri-lobulaires, souvent arciformes et associés à des bronchectasies par traction le plus souvent centrales et peu prononcées. Ces éléments sont évocateurs de foyers de pneumonie organisée, classiquement réactionnels aux agressions pulmonaires et dans ce cas, secondaires à l'agression virale [8,9] (*Fig. 4a, 4b*). Les lésions les plus marquées sont retrouvées en moyenne 10 à 11 jours après le DDS [7] et, en l'absence de complication, la phase de réparation débute deux semaines après le début de la maladie. On observe alors une amélioration des lésions

avec une diminution de la densité des plages de condensation et le verre dépoli qui réapparaît, en prenant un aspect « en sucre fondu » ou « melting sugar » (*Fig. 5*), ne doit pas être interprété à tort comme une nouvelle poussée infectieuse [10]. Les lésions vont progressivement disparaître complètement ou bien persister sous forme de plages de verre dépoli de faible densité, de réticulations sous-pleurales et d'opacités en bande rétractiles dont l'évolution à long terme est encore en cours d'évaluation.

Lors de la phase active de la maladie, des zones de « crazy-paving » (épaississement des septas inter-lobulaires et intra-lobulaires produisant des réticulations superposées au verre dépoli) (*Fig. 6*) ont fréquemment été décrites, notamment dans les formes sévères [7], signant une atteinte interstitielle, également classique au cours d'autres infections à germes atypiques (viroses, pneumocystoses).

Par ailleurs et de façon plus surprenante, certaines anomalies inhabituelles des vaisseaux pulmonaires ont progressivement été mentionnées et bien que leur présence ait été initialement controversée, elles constituent actuellement une spécificité bien établie de la pneumonie à Sars-CoV-2 [6].

Le but de cette mise au point est de faire une revue de la littérature à ce sujet, de l'illustrer par une iconographie caractéristique et de corréler l'aspect scanographique aux analyses histologiques, le plus souvent réalisées en post-mortem.

DONNÉES RÉCENTES

Certaines anomalies vasculaires diffuses inhabituelles, intéressant principalement la vascularisation pulmonaire distale, ont initialement été décrites de façon sporadique dans la littérature [11], puis par la suite plus largement rapportées [6,12–15].

Ainsi, de nombreuses publications montrent que 60 à 90 % des scanners de patients atteints par la Covid-19 [3,6,10–16] révèlent des vaisseaux pulmonaires segmentaires ou sous-segmentaires « dilatés » ou « élargis », tortueux ou irréguliers, le plus souvent au contact ou au sein des plages de parenchyme pathologique mais parfois également à distance de ces dernières [13].

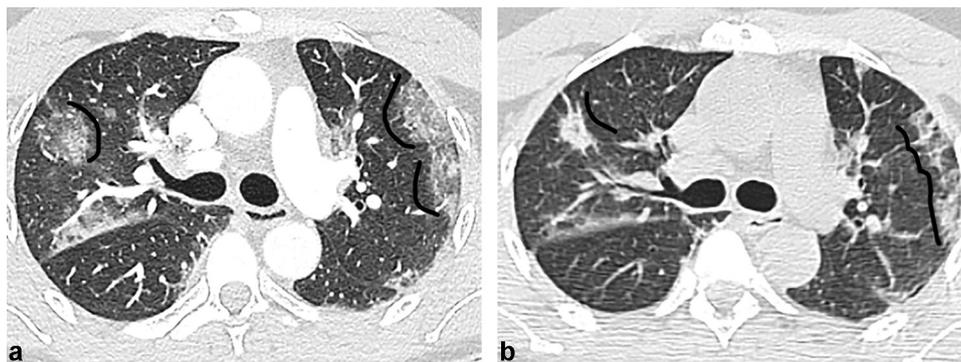


Fig. 3. a : Patient de 55 ans, pneumonie à Sars-CoV-2 : premier scanner réalisé à J5 du début des symptômes (DDS). Plages de verre dépoli lobaires supérieures, bilatérales, à bords convexes, typiques d'une infection en début d'évolution. b : Chez le même patient, scanner réalisé à J10 du DDS. Les plages de verre dépoli se sont densifiées et présentent des bords concaves vers le médiastin, évoquant une composante rétractile.

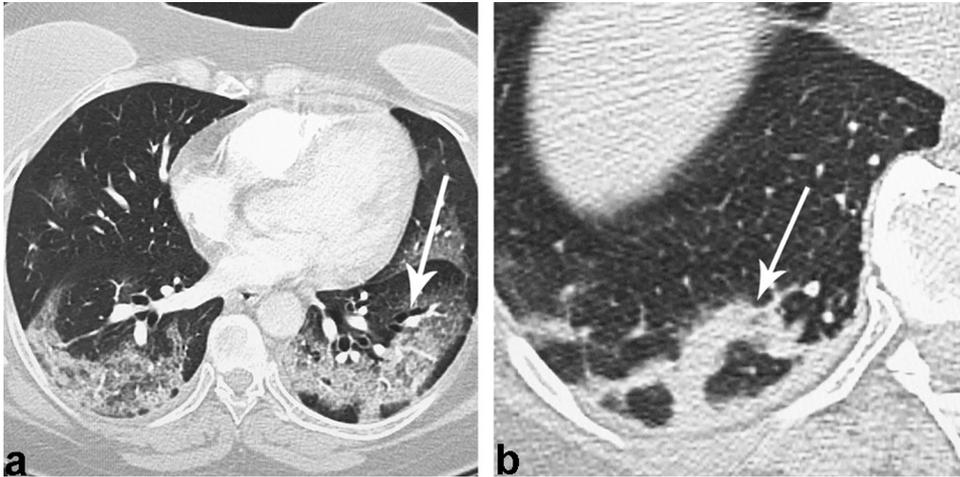


Fig. 4. a : Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J12 du DDS. Plages de verre dépoli et opacités mixtes, arciformes, sous-pleurales, bi-basales, évoquant une pneumonie organisée avec quelques éléments de distorsion architecturale dont des bronchectasies par traction (flèche). b : Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J15 du DDS. Condensation arciforme péri-lobulaire sous-pleurale typique d'une pneumonie organisée.

Lv et al. [15] ont réalisé une méta-analyse sur 22 études mentionnant le signe du « vaisseau élargi » et ont établi que la prévalence de ce signe parmi les patients atteints par la Covid-19 était de 70 %. La reproductibilité inter-observateurs de ce signe n'est pas clairement établie et il serait intéressant de l'évaluer. En effet, l'élargissement des

vaisseaux pulmonaires distaux n'est pas facilement identifiable et doit être recherché de façon minutieuse car il n'existe pas de diamètre normal de référence pour ces vaisseaux [17]. Les artérioles distales mesurent moins de 100 µm de diamètre, valeur en deçà de la résolution spatiale du scanner hélicoïdal multi-barrettes (coupes infra-millimétriques) et sur un



Fig. 5. Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J40 du DDS. Persistance de plages de verre dépoli en « sucre fondu » caractéristiques de l'évolution tardive des plages de condensation en voie de résolution. Cet aspect est à distinguer des plages de verre dépoli apparaissant au début de la maladie, qui sont d'aspect plus homogène et à bords convexes.

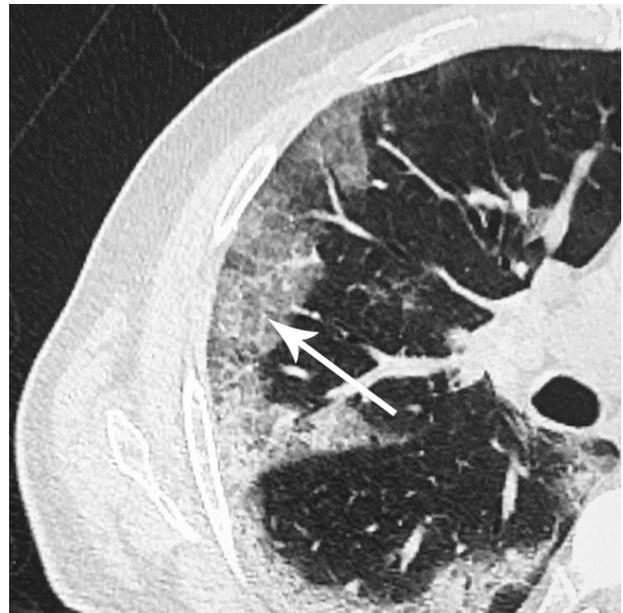


Fig. 6. Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J6 du DDS. Aspect de « crazy-paving » (flèche) : épaississement des septas interlobulaires associé à des réticulations intralobulaires sur un fond de verre dépoli.



Fig. 7. Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J10 du DDS. Aspect élargi des vaisseaux pulmonaires distaux des deux bases avec perte de la diminution progressive du calibre. En région postéro-basale gauche, on peut suivre un vaisseau jusqu'à la plèvre (tête de flèche). À l'inverse dans les régions antérieures et latérales, absence de contact vasculaire pleural.

scanner thoracique normal et bien inspiré, à moins d'1 cm de la plèvre, on ne visualise plus de bronchioles ni de vaisseaux [14,17] (Fig. 7). Par convention, on peut considérer qu'un vaisseau est « élargi » s'il est visible dans la zone juxta-pleurale ou lorsque son diamètre est supérieur à celui d'autres vaisseaux visualisés dans le même plan de coupe et situés à la même distance du médiastin (Fig. 8). Il est à noter que dans les

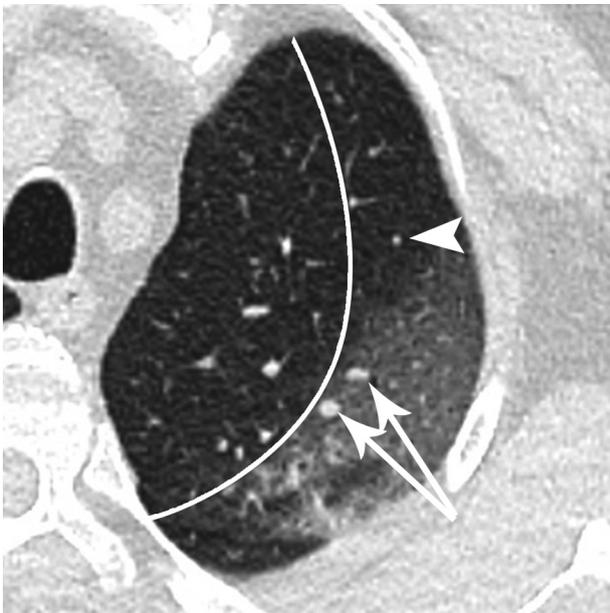


Fig. 8. On peut considérer qu'un vaisseau est élargi (double flèche) quand son diamètre est supérieur au diamètre des vaisseaux situés sur la même coupe axiale, à la même distance du médiastin (tête de flèche pointant les vaisseaux de calibre normal).

territoires déclives, en cas d'inspiration insuffisante, les vaisseaux peuvent atteindre la plèvre de façon artéfactuelle du fait d'un tassement parenchymateux, les anomalies peuvent être alors plus difficile à affirmer.

À notre connaissance, ce signe du « vaisseau élargi » n'a pas été décrit au cours des épidémies précédentes de coronavirus (SARS et MERS) ni au cours de la pneumonie grippale. Certains auteurs ont suggéré que ces anomalies vasculaires pourraient être un élément essentiel pour différencier une pneumonie à Sars-CoV-2 d'autres pneumonies virales telles que la grippe [18,19]. Bai et al. [18] ont décrit un « épaississement vasculaire sous-segmentaire » sur 59 % des scanners de patients présentant une pneumonie à Sars-CoV-2 contre 22 % des scanners des patients souffrant d'une autre pneumonie infectieuse virale ou à germe atypique (20 pathogènes différents étaient identifiés dans le groupe contrôle). Il est possible que ce signe n'ait pas été objectivé au cours d'autres épidémies infectieuses à germes atypiques en raison du moindre nombre de patients atteints et de scanners réalisés. Des études prospectives et rétrospectives sur le sujet seront nécessaires pour en établir la spécificité réelle. Toutefois, il est d'ores et déjà établi que ces anomalies vasculaires sont fréquentes au cours des pneumonies à Sars-CoV-2, notamment au début de l'infection [6,15] ; la densification des lésions parenchymateuses à partir de la deuxième semaine rend probablement plus difficile la distinction et l'analyse des vaisseaux au sein de ces opacités.

À notre connaissance, il n'est jamais clairement mentionné dans la littérature si les vaisseaux élargis sont d'origine artérielle ou veineuse. Lorsque ces derniers sont dilatés sur toute leur longueur jusqu'à la plèvre (Fig. 9a) [13], leur origine veineuse est probable du fait de l'existence anatomique d'un drainage veineux pulmonaire. Leur drainage dans les veines pulmonaires peut parfois être identifiée lorsque le scanner a été réalisé avec injection de contraste. Par ailleurs, les vaisseaux élargis dont le trajet est parallèle aux bronches et bronchioles sont anatomiquement d'origine artérielle pulmonaire, et apparaissent parfois associés à des bronchectasies ou bronchiolectasies irrégulières (Fig. 9b).

Une modification locale du calibre vasculaire peut également être notée au contact des anomalies parenchymateuses (Fig. 9c). Les reconstructions en Maximum Intensity Projection (MIP) permettent parfois de visualiser la prolifération de néo-capillaires sous-pleuraux dans les zones atteintes (Fig. 9d). Les scanners de contrôle des patients présentant une pneumonie à Sars-CoV-2 montrent une normalisation du calibre vasculaire une fois l'épisode aigu résolu (Fig. 10a, 10b). Pour Lang et al. [13], l'observation de scanners antérieurs à l'épisode Covid 19 indiquerait également que l'atteinte vasculaire est directement liée à l'infection virale (Fig. 10c, 10d).

L'augmentation de l'incidence de la maladie thrombo-embolique au cours de la pneumonie à Sars-CoV-2 a été suggérée, et serait plus souvent secondaire à des phénomènes de thromboses locales qu'à une pathologie embolique classique [20,21]. Toutefois, des phénomènes thrombotiques cruriques ne peuvent pas expliquer l'augmentation de calibre des vaisseaux [14]. La première explication avancée devant ces anomalies était celle d'une possible vasodilatation secondaire à l'inflammation parenchymateuse locale [16]. Cependant, les études réalisées à l'aide de scanner en en Dual Energie ont constaté des anomalies discordantes [14,22]. En effet, Lang et al. [22] ont, les premiers, établi que les zones de parenchyme pulmonaire contenant des vaisseaux « élargis »

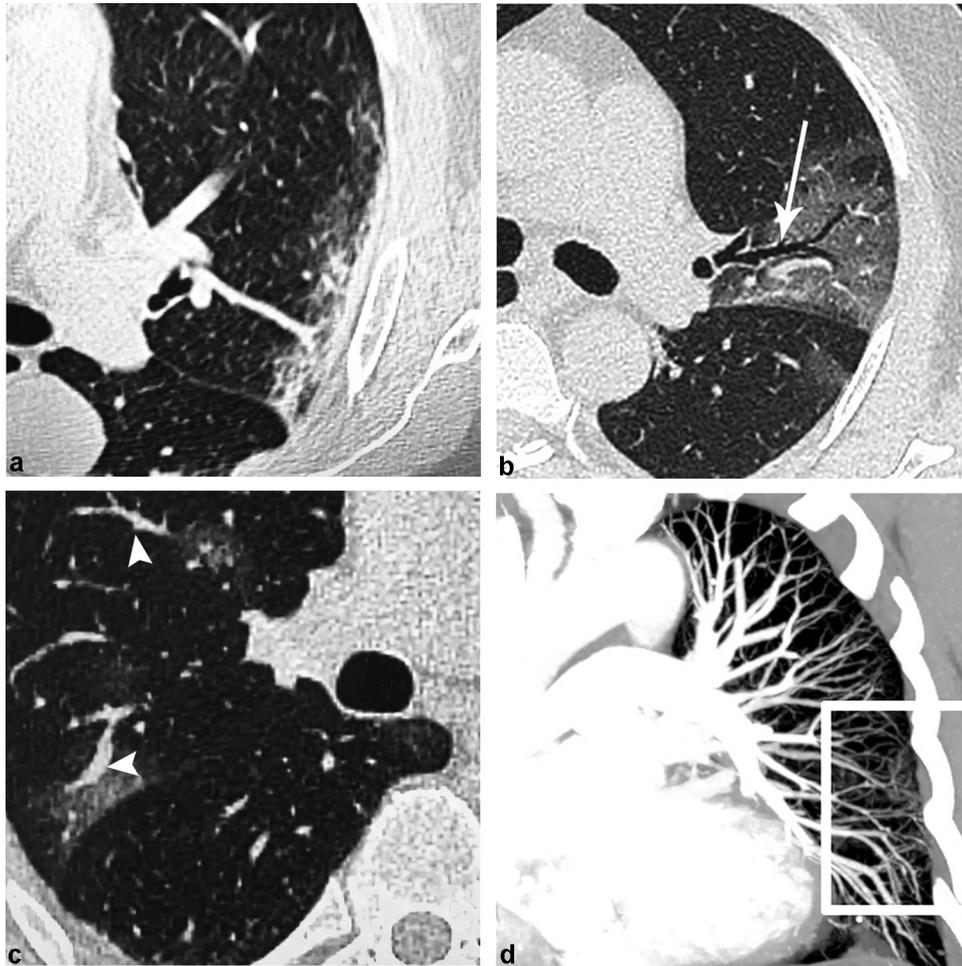


Fig. 9. a : Vaisseau lobaire supérieur gauche apparaissant dilaté jusqu'à la plèvre. b : Vaisseau dilaté au sein d'une plage de verre dépoli lobaire supérieure gauche, accompagné d'une bronchectasie par traction (flèche). c : Vaisseau apparaissant localement dilaté au contact d'une plage de verre dépoli. d : Reconstructions coronales en MIP (maximal intensity projection : épaisseur 20) d'un angioscanner thoracique. Multiples opacités serpigneuses distales latéro-basales gauches, évocatrices d'un réseau de néo-capillaires sous-pleuraux (encadré blanc) de même topographie que les zones de verre dépoli. Absence de néo-capillaires sous-pleuraux au niveau de l'apex gauche indemne.

correspondaient paradoxalement à des territoires hypoperfusés sans thrombus décelable entourés de zones d'hyperhémie. Ces éléments ont été confirmés par la plus large étude de Patel et al. [14]. En accord avec les découvertes histologiques réalisées sur les patients atteints par la Covid-19, cette dernière suggère que l'augmentation de calibre des vaisseaux pulmonaires pourrait être due à une altération de la paroi vasculaire responsable d'un épaississement mural associé à une diminution de la perfusion locale en raison d'une réduction du chenal circulant. Les autopsies ont révélé non seulement de multiples thrombi capillaires [23–25] mais également la présence de lésions endothéliales sévères associées à une infiltration cellulaire péri-vasculaire et à une extravasation alvéolaire secondaires à la rupture de la barrière endothélio-épithéliale. La prolifération inhabituelle de capillaires pulmonaires par des phénomènes d'intussusception a également

été décrite [23]. Au stade tardif de la maladie, un aspect fibrocicatriciel des parois capillaires associée à une dilatation de la lumière vasculaire a été mis en évidence en post-mortem [26] (Fig. 11).

Les notions histologiques et immunologiques suggérant que la pneumonie à Sars-Cov-2 est plus vraisemblablement une vasculopathie qu'une broncho-pneumonie [27,28] ont été détaillées en janvier 2021 par McGonagle et al. [29].

En imagerie, l'hypothèse d'une pneumopathie d'origine vasculaire plutôt que d'origine broncho-alvéolaire serait corroborée par la présence des anomalies vasculaires décrites, mais également par le fait qu'aucun des signes classiques des broncho-pneumonies infectieuses n'est retrouvé sur les scanners thoraciques des patients atteints par la Covid-19. En effet, les épaississements pariétaux bronchiques, les comblements endobronchiques, les impactions mucoïdes, les nodules

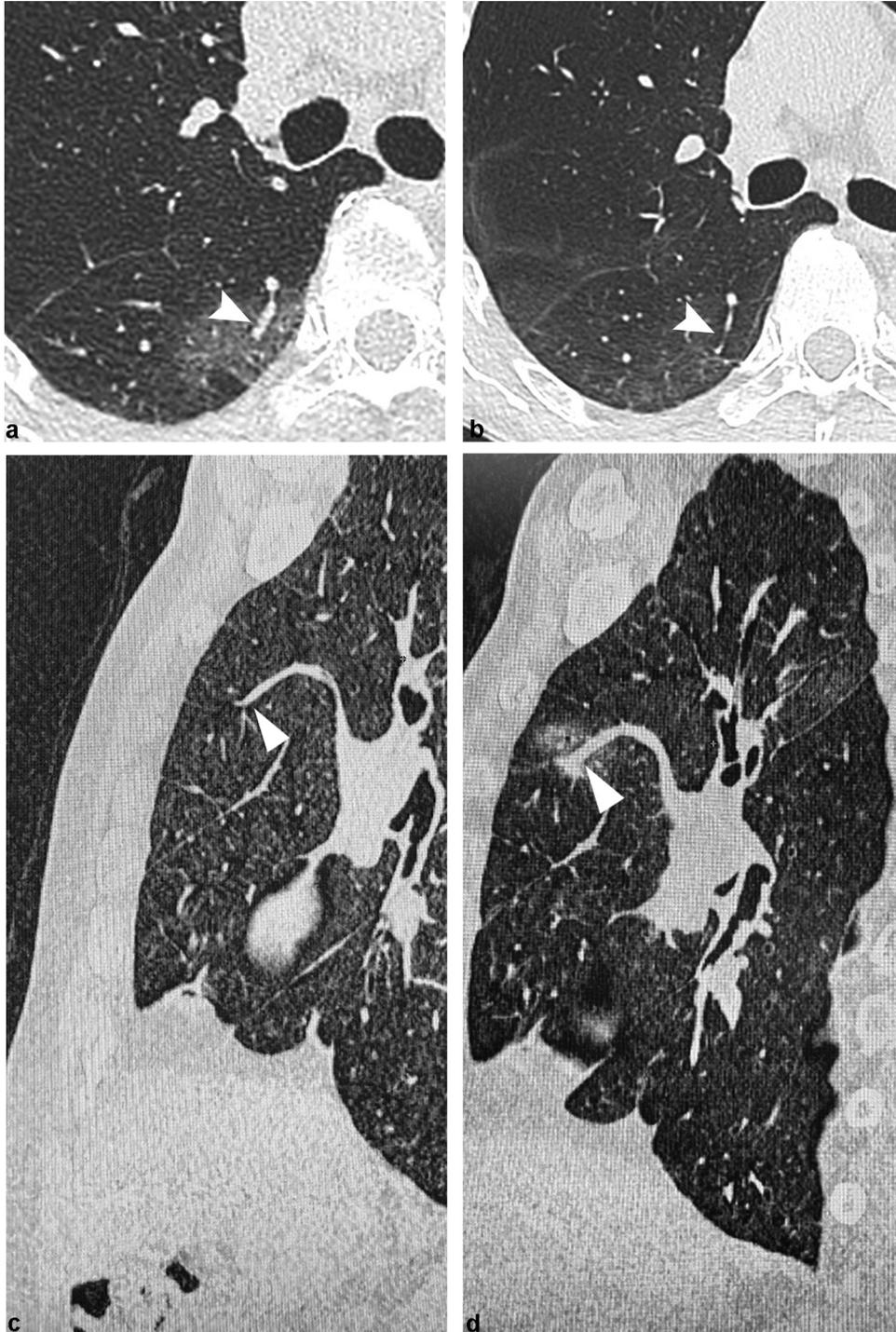


Fig. 10. a : Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J10 du DDS. Dilatation vasculaire sous-segmentaire (tête de flèche) au sein d'une plage de verre dépoli sous-pleurale du segment apical du lobe inférieur droit. b : Scanner réalisé chez le même patient, asymptomatique, à J57 du DDS. Normalisation du calibre du vaisseau initialement dilaté associée à une régression des plages de verre dépoli adjacentes. c : Reconstruction sagittale d'un scanner réalisé en 2019 pour bilan de BPCO. Aspect normal des vaisseaux lobaires supérieurs droits. d : Chez le même patient, atteint de pneumonie à Sars-CoV-2 en 2020 : scanner réalisé à J7 du DDS. Modification du calibre et élargissement du vaisseau lobaire supérieur droit au sein d'une plage de verre dépoli. Perte de l'affinement progressif du calibre vasculaire.

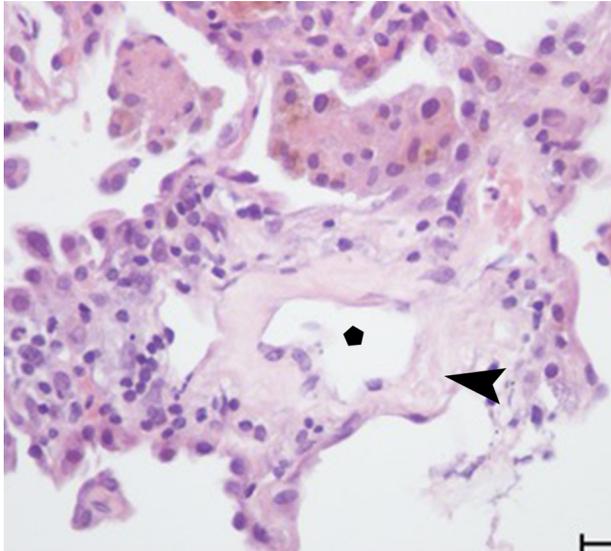


Fig. 11. Coupe histologique post-mortem (objectif $\times 40$) d'un patient décédé d'une infection à Sars-CoV-2, deux mois après le début de la maladie. Dilatation artériolaire et aspect fibreux, acellulaire et épaissi de la paroi vasculaire (tête de flèche) décrits à un stade tardif de la maladie. Le polygone noir indique la lumière vasculaire.



Fig. 12. Pneumonie à Sars-CoV-2 : scanner réalisé à J5 du DDS chez un jeune patient de 14 ans. Atteinte atypique chez l'adulte, mais fréquente chez les enfants, du Sars-CoV-2 se traduisant par des nodules solides entourés de verre dépoli ou « signe du halo » (flèche). Le diagnostic différentiel est l'aspergillose angio-invasive, notamment si le patient est immunodéprimé.

bronchiolaires de type « arbres en bourgeons », les excavations, les adénomégalies hilaires ou les épanchements pleuraux ne sont pas retrouvés en cas d'infection à Sars-CoV-2. Leur présence oriente davantage vers une pneumopathie d'une autre origine ou vers une surinfection bactérienne [6,9,10].

Par ailleurs, à la différence des adultes, les pneumonies à Sars-Cov-2 de l'enfant, se traduisent fréquemment par des nodules entourés de verre dépoli (signe du halo) [30] similaires aux lésions de l'aspergillose angio-invasive, qui présente elle aussi une atteinte vasculaire (Fig. 12). Ces constatations renforcent l'hypothèse selon laquelle les lésions parenchymateuses pulmonaires seraient plus vraisemblablement secondaires à des altérations vasculaires primitives avec fuite d'éléments inflammatoires dans les espaces alvéolo-interstitiels, produisant une pneumonie organisée réactionnelle plutôt qu'à une contamination infectieuse classique de l'arbre trachéo-bronchique avec atteinte par contiguïté descendante des espaces bronchiolaires et alvéolaires. Le signe scanographique du vaisseau « élargi » ou « épaissi », terme semblant plus approprié que celui de « vaisseau dilaté », est sans doute un élément déterminant pour la compréhension de la physio-pathologie de la pneumonie à Sars-Cov-2.

En cas de doutes diagnostiques face à un test RT-PCR peu contributif ou devant la progression des lésions en verre dépoli, ces anomalies vasculaires spécifiques sont importantes à connaître afin d'orienter le diagnostic vers une aggravation lésionnelle liée au Sars-CoV-2 (présence de vaisseaux « épaissis » au sein des nouvelles lésions) ou vers d'autres étiologies telles que l'œdème interstitiel cardiogénique par exemple.

Des études complémentaires seront également nécessaires pour établir la valeur pronostique éventuelle de la quantification de ces anomalies.

CONCLUSION

Au-delà des classiques complications thrombo-emboliques, certaines anomalies vasculaires inhabituelles sont observées sur les scanners thoraciques réalisés au cours des pneumonies à Sars-CoV-2. Les vaisseaux pulmonaires peuvent apparaître élargis, irréguliers, tortueux au sein des anomalies parenchymateuses ou à distance. Ces anomalies vasculaires concernent principalement les vaisseaux segmentaires et sous-segmentaires et régressent lors de la guérison. Connaître et identifier ce signe du vaisseau « élargi » permet non seulement de renforcer la spécificité diagnostique des lésions rencontrées, mais également d'enrichir la compréhension de la physio-pathologie de la maladie, probablement secondaire à une atteinte vasculaire. Cela permet également d'ouvrir une voie de recherche sur l'intérêt pronostique potentiel de la quantification de ces lésions.

Credit author statement

Tous les auteurs ont contribué à la rédaction et à la validation du manuscrit.

Protection des droits des sujets humains et animaux

Les auteurs déclarent que les travaux décrits n'ont pas impliqué d'expérimentations sur les patients, sujets ou animaux.



Consentement éclairé et confidentialité des données

Les auteurs déclarent que l'article ne contient aucune donnée personnelle pouvant identifier le patient ou le sujet.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Financement

Cette étude n'a reçu aucun financement spécifique d'une agence publique, commerciale ou à but non lucratif.

Contribution et responsabilité des auteurs

L'ensemble des auteurs attestent du respect des critères de l'International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) en ce qui concerne leur contribution à l'article.

Journal Editors (ICMJE) en ce qui concerne leur contribution à l'article. Les contributions des auteurs se sont réparties comme suit : AF, CST, CF, PL, SO, EB et BM ont contribué significativement à la rédaction, la relecture, la préparation des images et à la validation du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- [1] World Health Organization website. WHO database of publications on coronavirus disease (COVID-2019). www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019 Accessed January <V>20</V>, <P>2021</P>.
- [2] Kovács A, Palásti P, Veréb D, Bozsik B, Palkó A, Kincses ZT. The sensitivity and specificity of chest CT in the diagnosis of COVID-19. *Eur Radiol* 2021;31(5):2819–24.
- [3] Zhao W, Zhong Z, Xie X, Yu Q, Liu J. Relation between chest CT findings and clinical conditions of coronavirus disease (COVID-19) pneumonia: a multicenter study. *Am J Roentgenol* 2020;214(5):1072–7.
- [4] Pan F, Ye T, Sun P, Gui S, Liang B, Li L, et al. Time course of lung changes at chest ct during recovery from Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Radiology* 2020;295(3):715–21.
- [5] Zhou S, Zhu T, Wang Y, Xia L. Imaging features and evolution on CT in 100 COVID-19 pneumonia patients in Wuhan, China. *Eur Radiol* 2020;30(10):5446–54.
- [6] Ojha V, Mani A, Pandey NN, Sharma S, Kumar S. CT in coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic review of chest CT findings in 4410 adult patients. *Eur Radiol* 2020;30(11):6129–38.
- [7] Revel MP, Parkar AP, Prosch H, Silva M, Sverzellati N, Gleeson F, et al. European Society of Radiology (ESR) and the European Society of Thoracic Imaging (ESTI). 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(9):4903–9.
- [8] Kay F, Abbara S. The many faces of COVID-19: spectrum of imaging manifestations. *Radiology* 2020 [Epub ahead of print].
- [9] Baque-Juston M, Pellegrin A, Leroy S, Marquette CH, Padovani B. Organizing pneumonia: what is it?. A conceptual approach and pictorial review. *Diagn Interv Imaging* 2014;95(9):771–7.
- [10] Salehi S, Abedi A, Sudheer Balakrishnan, Gholamrezanezhad A. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) imaging reporting and data system (COVID-RADS) and common lexicon: a proposal based on the imaging data of 37 studies. *Eur Radiol* 2020;28:1–13.
- [11] Albarello F, Pianura E, Di Stefano F, Cristofaro M, Petrone A, Marchioni L, et al. COVID 19 INMI Study group. 2019-novel Coronavirus severe adult respiratory distress syndrome in two cases in Italy: An uncommon radiological presentation. *Int J Infect Dis* 2020;93:192–7.
- [12] Qanadli SD, Beigelman-Aubry C, Rotzinger DC. Vascular changes detected with thoracic CT in coronavirus disease (COVID-19) might be significant determinants for accurate diagnosis and optimal patient management. *AJR* 2020;1(215).
- [13] Lang M, Som A, Carey D, vReid N, Mendoza DP, Flores EJ, et al. Pulmonary vascular manifestations of COVID-19 pneumonia. *Radiol Cardiothorac imaging* 2020;2(3).
- [14] Patel BV, Arachchillage DJ, Ridge C, Bianchi P, Doyle J, Garfield B, et al. Pulmonary angiopathy in severe COVID-19: Physiologic, imaging, and hematologic observations. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;202(5):690–9.
- [15] Lv H, Chen T, Pan Y, Wang H, Chen L, Lu Y. Pulmonary vascular enlargement on thoracic CT for diagnosis and differential diagnosis of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Ann Transl Med* 2020;8(14):878.
- [16] Caruso D, Zerunian M, Polici M, Pucciarelli F, Polidori T, Rucci C, et al. Chest CT Features of COVID-19 in Rome, Italy. *Radiology* 2020;296(2):E79–85.
- [17] Hansell DM. Small-vessel diseases of the lung: CT-pathologic correlates. *Radiol* 2002;225(3):639–53.
- [18] Bai HX, Hsieh B, Xiong Z, Halsey K, Choi JW, Tran TML, et al. Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from Non-COVID-19 viral pneumonia at Chest CT. *Radiology* 2020;296(2).
- [19] Yin Z, Kang Z, Yang D, Ding S, Luo H, Xiao E. A Ccmparison of clinical and chest CT findings in patients with influenza A (H1N1) Virus infection and coronavirus disease (COVID-19). *AJR Am J Roentgenol* 2020;215(5):1065–71.
- [20] Lorant IL, Delabranche X, Severac F, Helms J, Pauzet C, Collange O, et al. Acute pulmonary embolism in COVID-19 patients on CT angiography and relationship to D-Dimer levels. *Radiology* 2020 [Epub ahead of print].
- [21] Cavagna E, Muratore F, Ferrari F. Pulmonary thromboembolism in COVID-19: Venous thromboembolism or arterial thrombosis? *Radiol Cardiothorac Imaging* 2020;2(4).
- [22] Lang M, Som A, Mendoza DP, Flores EJ, Reid N, Carey D, et al. Hypoxaemia related to COVID-19: vascular and perfusion abnormalities on dual-energy CT. *Lancet Infect Dis* 2020;20(12):1365–6.
- [23] Ackermann M, Verleden SE, Kuehnel M, Haverich A, Welte T, Laenger F, et al. Pulmonary vascular endothelialitis, thrombosis, and angiogenesis in Covid-19. *N Engl J Med* 2020;383(2):120–8.
- [24] Buja LM, Wolf DA, Zhao B, Akkanti B, McDonald M, Lelenwa L, et al. The emerging spectrum of cardiopulmonary pathology of the coronavirus disease 2019 (COVID-19): Report of 3 autopsies from Houston, Texas, and review of autopsy findings from other United States cities. *Cardiovasc Pathol* 2020;48:107233.
- [25] Varga Z, Flammer AJ, Steiger P, Haberecker M, Andermatt R, Zinkernagel AS, et al. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet* 2020;395(10234):1417–8.
- [26] Cardot-Leccia N, Hubiche T, Dellamonica J, Burel-Vandenbos F, Passeron T. Pericyte alteration sheds light on micro-vasculopathy in COVID-19 infection. *Intensive Care Med* 2020;46(9):1777–8.
- [27] Magro CM, Mulvey J, Kubiak J, Mikhail S, Suster D, Crowson AN, et al. Severe COVID-19: a multifaceted viral vasculopathy syndrome. *Ann Diagn Pathol* 2020;50:151645.
- [28] Mondal R, Lahiri D, Deb S, Bandyopadhyay D, Shome G, Sarkar S, et al. COVID-19: Are we dealing with a multisystem



- vasculopathy in disguise of a viral infection? *J Thromb Thrombolysis* 2020;50(3):567–79.
- [29] McGonagle D, Bridgewood C, Ramanan AV, Meaney JF, Watah A. COVID-19 vasculitis and novel vasculitis mimics. *Lancet* 2021 [Ahead of print].
- [30] Foust AM, Winant AJ, Restrepo R, Liszewski MC, Plut D, Lee EY. Private tour guide to pediatric Coronavirus disease of 2019 and multisystem inflammatory syndrome in children in 10 Minutes: what thoracic radiologists need to know. *J Thorac Imaging* 2021;36(1):24–30.