

# Imaging polmonare e COVID-19

*Chest imaging and COVID-19*

---

**Paolo Tomà e Alessandra Ottavianelli**

*Dipartimento immagini, Ospedale Pediatrico Bambino Gesù, IRCCS, Roma*

**Corrispondenza:** Paolo Tomà **e-mail:** paolo.toma@opbg.net

**Riassunto:** Gli aspetti radiologici della polmonite COVID-19 relata nella popolazione pediatrica sono ad oggi ancora controversi. Mentre nella popolazione adulta i percorsi diagnostici e le alterazioni radiologiche sono stati ben definiti, in quella pediatrica ciò non accade; inoltre la sintomatologia e l'evoluzione della patologia non sempre giustificano il ricorso ad indagini radiografiche. Sulla base della nostra esperienza e della revisione della letteratura, presenteremo un aggiornamento in tema di radiologia toracica nel paziente pediatrico con infezione da COVID-19. Partendo dall'analisi dei pattern TC negli adulti, verranno evidenziate le caratteristiche di *imaging* della popolazione pediatrica; si definiranno le alterazioni alla radiografia del torace e alla TC del torace ed infine un accenno verrà fatto sull'ecografia polmonare. Verranno sottolineati gli aspetti più importanti in termini di diagnostica differenziale con le altre patologie infettive o infiltrative polmonari. Questi spesso generano serie problematiche di diagnostica differenziale nel paziente fragile. Infine verranno definiti i ruoli delle indagini di *imaging* polmonare in corso di infezione da parte di COVID-19 nel paziente pediatrico.

**Parole chiave:** COVID-19, pediatrico, *imaging* toracico.

**Summary:** The radiological aspects of COVID-19 pneumonia reported in the paediatric patient are still controversial. While in the adult population the diagnostic pathways and radiological patterns have been well defined, in the pediatric population don't; moreover, the symptomatology and evolution of the pathology do not always justify the use of X-ray investigations. Based on our experience and literature review, we will present an update on thoracic radiology in paediatric population with COVID-19 infection. Starting from the analysis of CT patterns in the adults, the imaging characteristics of the pediatric patient will be highlighted. Findings on chest X-ray, on chest CT will be defined and a reference on pulmonary ultrasound will be made. Moreover, the most important aspects of differential diagnostics with other infectious diseases or pulmonary infiltrations will be emphasized. These often generate serious problems of differential diagnostics in the fragile patient. Finally, the roles of lung imaging investigations during infection by COVID-19 in the paediatric patient will be defined.

**Keywords:** COVID-19, paediatric, chest imaging.

---

## INTRODUZIONE

Nonostante lo sforzo scientifico volto a definire al meglio gli aspetti clinico-diagnostici dell'infezione da SARS-CoV-2, ad oggi le alterazioni radiologiche polmonari riscontrate nel paziente pediatrico sono ancora oggetto di dibattito.

Meta-analisi condotte su un ampio numero di dati in letteratura hanno dimostrato come le manifestazioni cliniche nel bambino siano generalmente meno gravi di quelle degli adulti (1). Sotto l'aspetto diagnostico nella popolazione adulta, la TC del torace è stata proposta per identificare i pazienti con risultati falsi negativi della PCR (Polymerase Chain Reaction) (2), ossia per identificare quei pazienti con una clinica altamente suggestiva per polmonite COVID-relata e test COVID-19 negativi (3). Tuttavia queste raccomandazioni sussistono per la popolazione adulta, mentre, dato che la maggior parte dei bambini presentano sintomi lievi o sono asintomatici (1, 4), studi hanno dimostrato come l'esposizione a dosi di radiazioni in corso di TC di *screening* non sia giustificata (5), così come il rischio infettivo del trasporto di un paziente potenzialmente COVID positivo in un reparto di radiologia (6). Inoltre, i reperti TC caratteristici di COVID-19 negli adulti sono solo parzialmente applicabili a un paziente pediatrico (1, 7). La comprensione della malattia da COVID-19 è in rapida evoluzione, con nuovi articoli sull'argomento ogni giorno; tuttavia la letteratura in materia risulta, soprattutto in una prima fase temporale, a volte senza rigore semantico, logica o appropriatezza, carente di una terminologia

radiologica standardizzata e poco selettiva in termini di fasce di età (8, 9). Inoltre, nonostante il frequente ricorso alla TC come strumento diagnostico, che potrebbe essere un elemento utile allo studio della storia naturale della malattia, la pratica quotidiana ha dimostrato dei limiti tecnici e interpretativi dei dati estratti da tale metodica; anzi spesso è più facile trarre informazioni direttamente dalle immagini pubblicate. Contemporaneamente sono emersi i noti limiti nella descrizione dei radiogrammi standard e la poca conoscenza dei pattern TC delle infezioni virali nel bambino (5). La necessità di diagnosi differenziali e gli approfondimenti virologici hanno fatto crescere la preparazione in tal senso, tuttavia la letteratura dedicata al paziente adulto è stata ed è spesso il punto di riferimento (5).

Questa marea di articoli può essere schiacciante per i medici non radiologi che cercano in questo momento storico di decifrare informazioni chiare, esaustive e che possano essere applicate facilmente nella pratica quotidiana.

Pertanto, dopo un anno di esperienza personale, di partecipazione a studi multicentrici, di revisioni della letteratura, presentiamo una sintesi sullo stato delle conoscenze in tema di radiologia toracica nel “COVID-19” pediatrico. In sintesi, noi faremo riferimento soprattutto alla letteratura comparsa su riviste radiologiche che si attengano alla semantica standard della Fleischner Society (10).

## PATTERNS

La RSNA (Società Nord Americana di Radiologia) ha definito i pattern radiologici nell’adulto classificando 4 categorie (11):

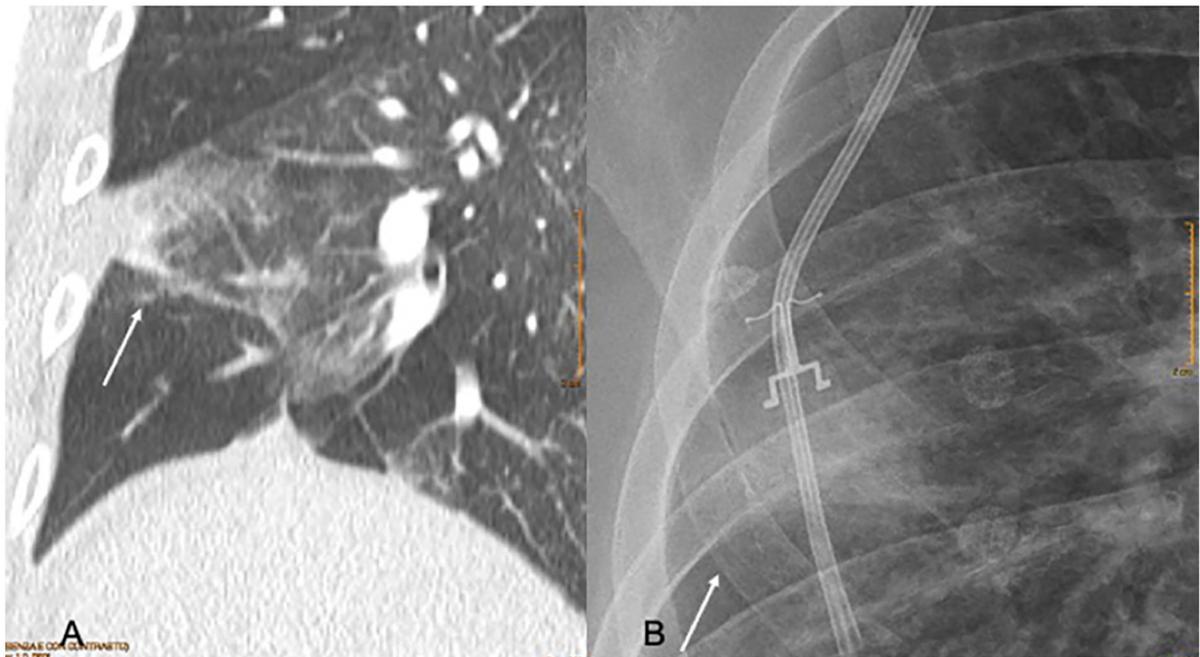
1. Aspetti tipici: opacità parenchimali a vetro smerigliato (*Ground Glass Opacity - GGO*) periferiche e bilaterali, con o senza consolidazioni o visibilità dei setti interlobulari (*crazy-paving*). GGO multifocale con morfologia arrotondata con o senza consolidazione o *crazy-paving*. Area focale di GGO delimitata da anello periferico  $\pm$  completo di consolidazione (*reverse halo sign*) o altri aspetti di polmonite organizzata (nelle fasi tardive di malattia).
2. Aspetti indeterminati: assenza di caratteristiche tipiche e presenza di GGO multifocale, diffuse, perilari o unilaterali con o senza consolidazione, mancanti di una distribuzione specifica, non periferiche e/o senza morfologia arrotondata. Poche e molto piccole GGO con una distribuzione non arrotondata e non periferica.
3. Aspetti atipici: assenza di caratteristiche tipiche e indeterminate e presenza di consolidazioni isolate lobari o segmentali senza GGO; piccoli noduli centrolobulari, “albero in fiore”; cavitazione dei polmoni; ispessimento liscio dei setti interlobulari con versamento pleurico.
4. Negativa per polmonite: assenza di caratteristiche TC che suggeriscano polmonite.

È importante ricordare che uno studio ha dimostrato che, nei primi 3 giorni (giorno 0 – giorno 2) dall’insorgenza della sintomatologia clinica, nel 56% dei pazienti possono non essere presenti anomalie alla TC del torace (12).

Sempre nell’adulto, l’evoluzione tipica è caratterizzata da 4 fasi (13): fase iniziale (0-5 giorni dai sintomi) con quadro TC normale o con GGO; fase progressiva (5-8 giorni) con presenza di GGO, di consolidazioni e con aspetto “*crazy paving*”; fase del picco (9-13 giorni) con consolidazioni progressive; fase tardiva (> 14 giorni) con riduzione delle aree di GGO e di consolidazione e comparsa di segni di fibrosi, segni + consolidazione, GGO + ispessimento reticolare.

La sensibilità e la specificità dei risultati TC “tipici” per COVID-19 secondo le linee guida RSNA sono in media 86% (*range* 72%-94%) e 80.2% (*range* 75-93%), rispettivamente. I risultati combinati “tipici” e “indeterminati” hanno una sensibilità del 97.5% (*range* 94-100%) e una specificità del 54.7% (*range* 37-62%) (14).

Nel bambino con COVID-19 il quadro TC risulta nella norma fino al 36% dei casi (1), mentre quando la TC presenta delle anomalie queste sono più spesso meno estese ed unilaterali (1), le lesioni rientrano spesso nel quadro indeterminato con GGO più localizzate (9, 15), scarso ispessimento dei setti (9) e consolidazioni con “*halo sign*” (9) (**Figura 1**).



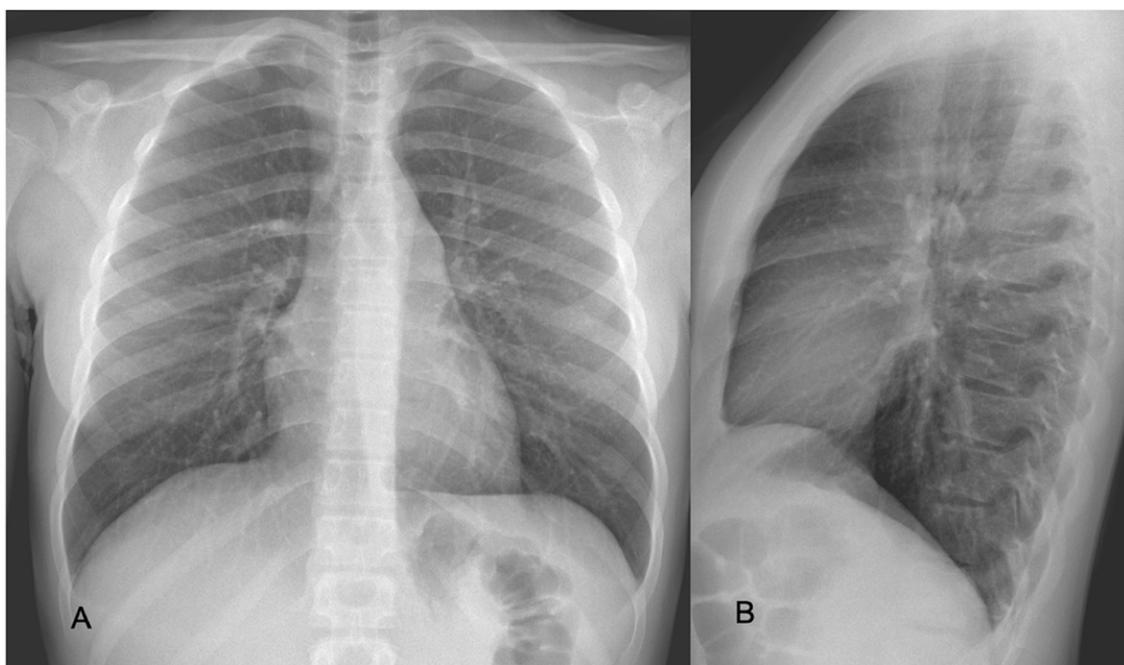
**Fig. 1:** Paziente di 18 anni con COVID-19. Alla TC torace (A) si evidenzia un'area di aumentata densità parenchimale a "vetro smerigliato" con ispessimento dell'interstizio interlobulare attiguo. L'area di opacità parenchimale è evidente anche all'RX torace (B; freccia).

In uno studio (16) al quale abbiamo partecipato, con 91 casi pediatrici con infezione da COVID-19, sono state analizzate 81 radiografie del torace (89%). Il 10% di queste radiografie del torace, non ha avuto alcun riscontro patologico, nonostante il dato anamnestico di positività al COVID-19. Tutti i pazienti con radiografie del torace normali hanno avuto una buona evoluzione clinica senza ricovero nell'unità di terapia intensiva e quelli con radiografie multiple sono rimasti normali.

Nelle radiografie del torace valutate (16), l'ispessimento peribronchiale è stato riscontrato nel 58% dei bambini, le consolidazioni parenchimali nel 35%, mentre nei pazienti più piccoli il quadro radiografico mimava quello di una bronchiolite da adenovirus o virus sinciziale con tipico *air trapping* (Figura 2).

Nella nostra coorte di pazienti (16), 24 bambini sono stati sottoposti ad esame TC del torace dopo pochi giorni dall'inizio dei sintomi (media: 4.8 giorni) in 24 casi. Su 24 bambini, 2 (8%) hanno riportato una TC nella norma, entrambi presentavano precedenti radiografie del torace normali. Nei casi con TC positive, le alterazioni parenchimali più riscontrate sono state aree di GGO a distribuzione "a chiazze" e a morfologia arrotondata, consolidazioni e ispessimenti dei setti interlobulari. Il reperto TC comunque più comune sono le aree di GGO (21/24) che coinvolgono preferibilmente i lobi inferiori. I pattern di "crazy paving" e "reverse halo sign" sono stati evidenziati in una fase più avanzata di malattia. Mentre è interessante notare come in 6 dei 24 casi (25%) è stato osservato un pattern con noduli centrolobulari, "albero in fiore", considerato atipico nell'adulto.

Un altro studio di 30 pazienti pediatrici con COVID-19 (17) ha documentato anomalie parenchimali alla TC del torace in 7 casi (23%) di casi, caratterizzate da aree di GGO, consolidazioni o entrambe osservati in almeno un lobo. Fra questi casi, l'86% aveva solo aree di GGO, nessuno aveva consolidazioni senza aree di GGO e il 29% aveva pattern con "crazy paving". Per quel che riguarda l'estensione dei reperti TC: due pazienti (29%) avevano alterazioni parenchimali in

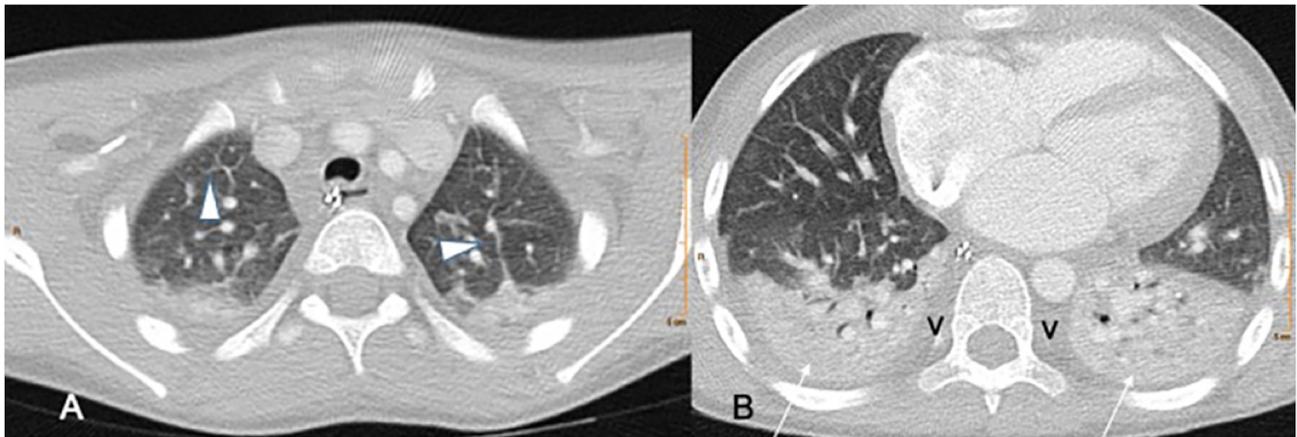


**Fig. 2:** Paziente di 13 anni con COVID-19. All’RX torace (A) si osserva unicamente diffuso “air trapping”, come evidenziato dall’appiattimento degli emidiaframmi nella proiezione latero laterale (B).

un lobo, tre pazienti (43%) presentava alterazioni parenchimali in due lobi, un paziente (14%) aveva coinvolgimento parenchimali in tre lobi, un paziente (14%) presentava coinvolgimento di quattro lobi, e nessun paziente aveva alterazioni estese a tutti e cinque i lobi. I lobi inferiori sono stati coinvolti in 6 pazienti su 7 (86%), mentre il restante caso aveva coinvolgimento del lobo superiore destro (14%). Da notare che i *pattern* “crazy paving”, “reverse halo sign” e “halo sign” sono stato riscontrati esclusivamente nei lobi inferiori.

Una più recente entità è caratterizzata dal coinvolgimento toracico nei pazienti con sindrome multi-infiammatoria sistemica (MIS-C), con quadri radiologici peculiari caratterizzati da versamento pleurico, spesso bilaterale, e opacità polmonari localizzate ai lobi inferiori (6) (**Figura 3**), tuttavia secondo la nostra esperienza sono più frequenti le infiammazioni intra-addominali.

Infine fra le tecniche di *imaging*, un accenno deve essere fatto all’uso dell’ecografia polmonare (*lung ultrasound*, LUS) nel sospetto di polmonite COVID-19 relata. Questa metodica è molto vantaggiosa: può essere effettuata al letto del paziente, espone solo due esecutori al patogeno, non utilizza radiazioni ionizzanti ed è economica (18, 19); inoltre può essere utilizzata in una fase iniziale di valutazione del paziente per distinguere i pazienti ad alto e basso rischio di infezione, per decidere quali possono essere meritevoli di integrazione con esame TC (18). Nella polmonite da COVID-19 le alterazioni generalmente riscontrate sono (18): presenza di linee B con piccole regioni di “polmone bianco” nella fase iniziale, aumento dell’estensione delle regioni di “polmone bianco” nella fase intermedia e consolidazioni subpleuriche gravitazionali con broncogramma areo ed estese regioni di “polmone bianco” nelle fasi avanzate con insufficienza respiratoria. Sulla base di tali reperti alcuni autori hanno proposto un sistema di punteggio della malattia (18), tuttavia il prerequisito fondamentale è una migliore standardizzazione della procedura (19).



**Fig. 3:** Paziente di 8 anni con MIS-C. Alla TC torace (A, B) si documentano: versamento pleurico bilaterale (v) associato a consolidazioni basali bilaterali (frecces) ed ispessimento dei setti interlobulari (testa di freccia).

### DIAGNOSI DIFFERENZIALE

Diverse affezioni polmonari pediatriche possono avere risultati di *imaging* che si sovrappongono con la polmonite COVID-19; inoltre quanto più la casistica comprende pazienti con immunodeficit congenito o acquisito, tanto più si pone il problema della diagnosi differenziale. I *pattern* sono variabili e i quadri riportati in seguito sono esemplificazioni.

La polmonite da micoplasma è una polmonite batterica atipica che è una causa frequente di polmonite acquisita in comunità (CAP) nei pazienti pediatrici. Le caratteristiche più utili per differenziare la polmonite da micoplasma dalla polmonite da COVID-19 sono la presenza di un consolidamento segmentale o lobare, opacità reticolonodulare focali o presenza di versamento pleurico (5). Tuttavia, a causa dell'aspetto variabile di *imaging* della polmonite da micoplasma, può verificarsi una sovrapposizione di *imaging* con la COVID-19 (15).

I pattern TC delle polmoniti virali sono legati alla patogenesi dell'infezione virale polmonare. Per esempio, *respiratory syncytial virus* (RSV) e *human parainfluenza virus* (HPIV) si replicano nell'epitelio nasofaringeo, si diffondono nei polmoni e inducono una bronchiolite con distacco delle cellule epiteliali delle piccole vie aeree (15). I risultati della TC della polmonite da RSV, della polmonite da HPIV e della polmonite da metapneumovirus (HMPV) sono simili: consolidazioni multifocali a chiazze con GGO e noduli centrolobulari con ispessimento della parete bronchiale (15).

Il virus dell'influenza invade diffusamente l'epitelio respiratorio, con conseguente bronchite necrotizzante e danno alveolare diffuso, che si manifesta come consolidazione (20).

L'Adenovirus colpisce i bronchioli terminali e causa una bronchiolite che può essere accompagnata da una broncopolmonite necrotizzante. L'iperinflazione e l'atelettasia lobare sono comuni nei neonati e nei bambini (20).

La polmonite dovuta al virus varicella-zoster mostra opacità nodulari multifocali di 1-10 mm con un alone circostante o GGO a chiazze in entrambi i polmoni. Di solito residuano micronoduli calcifici.

La polmonite dovuta al CMV mostra una diffusa e mal definita GGO a chiazze con ispessimento dei setti interlobulari in entrambi i polmoni (20).

L'influenza A (H1N1) di origine suina può mimare il COVID-19. Alla TC del torace, le GGO sono frequenti anche se la distribuzione centrale è più frequente (21).

EVALI (*e-cigarette, or Vaping, product use Associated Lung Injury*) è un'entità clinica relativamente nuova usata per descrivere un modello di danno polmonare associato all'uso di sigarette elettroniche o prodotti di *vaping* negli adolescenti e nei giovani adulti. Le GGO sono frequenti, e le caratteristiche di *imaging* più utili per aiutare a differenziare l'EVALI dalla COVID-19 sono il risparmio subpleurico delle opacità polmonari (GGO) e i noduli centrolobulari (21).

## RUOLO DELL'IMAGING NELLA DIAGNOSI DI COVID-19 PEDIATRICO

Il ruolo della valutazione per immagini dei pazienti pediatrici con polmonite COVID-19 nota o sospetta è attualmente un'area di discussione attiva all'interno della comunità radiologica a livello nazionale e internazionale. A causa della potenziale sovrapposizione delle caratteristiche di *imaging* della COVID-19 con altre infezioni, che può portare a una minore specificità, né la radiografia del torace né la TC del torace dovrebbero essere utilizzate per lo *screening* o come test di prima linea per diagnosticare il COVID-19 (7).

Tuttavia, gli studi di *imaging* giocano un ruolo importante, specialmente nei pazienti pediatrici con un decorso clinico da moderato a grave, nello stabilire una linea di base, nel valutare le complicanze associate relative a condizioni mediche di comorbidità e nel valutare la progressione della malattia/risposta al trattamento (5, 16). In definitiva, la decisione di perseguire la valutazione radiologica deve essere presa dopo aver soppesato i potenziali benefici (cioè stabilire la linea di base in modo da poter valutare la progressione della malattia e identificare le complicazioni) con i potenziali rischi (cioè l'esposizione pediatrica alle radiazioni, l'esposizione a un numero maggiore di personale di radiologia, la minore disponibilità della macchina/struttura di *imaging* a causa del tempo di pulizia richiesto e del tempo di ricambio dell'aria) (6).

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Zhang L, Peres TG, Silva MVF, et al. *What we know so far about Coronavirus Disease 2019 in children: A meta-analysis of 551 laboratory-confirmed cases*. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(8):2115-2127.
- (2) Xie X, Zhong Z, Zhao W, et al. *Chest CT for Typical Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia: Relationship to Negative RT-PCR Testing*. *Radiology*. 2020;296(2):E41-E45.
- (3) 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*. *Chest*. 2020;158(1):106-116.
- (4) Dong Y, Mo X, Hu Y, et al. *Epidemiology of COVID-19 Among Children in China*. *Pediatrics*. 2020;145(6):e20200702.
- (5) Foust AM, McAdam AJ, Chu WC, et al. *Practical guide for pediatric pulmonologists on imaging management of pediatric patients with COVID-19*. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(9):2213-2224.
- (6) Biko DM, Ramirez-Suarez KI, Barrera CA, et al. *Imaging of children with COVID-19: experience from a tertiary children's hospital in the United States*. *Pediatr Radiol*. 2021;51(2):239-247.
- (7) Duan YN, Zhu YQ, Tang LL, et al. *CT features of novel coronavirus pneumonia (COVID-19) in children*. *Eur Radiol*. 2020;30(8):4427-4433.
- (8) Desoky SM, Andronikou S, Brody AS, et al. *Re: "International Expert Consensus Statement on Chest Imaging in Pediatric COVID-19 Patient Management: Imaging Findings, Imaging Study Reporting and Imaging Study Recommendations"*. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2020;2(3):e200305.
- (9) Shelmerdine SC, Lovrenski J, Caro-Domínguez P, et al. *Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children: a systematic review of imaging findings*. *Pediatr Radiol*. 2020;50(9):1217-1230.

- (10) Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, et al. *Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging*. Radiology. 2008;246(3):697-722.
- (11) Simpson S, Kay FU, Abbara S, et al. *Radiological Society of North America Expert Consensus Statement on Reporting Chest CT Findings Related to COVID-19. Endorsed by the Society of Thoracic Radiology, the American College of Radiology, and RSNA - Secondary Publication*. J Thorac Imaging. 2020;35(4):219-227.
- (12) Bernheim A, Mei X, Huang M, et al. *Chest CT Findings in Coronavirus Disease-19 (COVID-19): Relationship to Duration of Infection*. Radiology. 2020;295(3):200463.
- (13) Kwee TC, Kwee RM. *Chest CT in COVID-19: What the Radiologist Needs to Know*. Radiographics. 2020;40(7):1848-1865.
- (14) Som A, Lang M, Yeung T, et al. *Implementation of the Radiological Society of North America Expert Consensus Guidelines on Reporting Chest CT Findings Related to COVID-19: A Multireader Performance Study*. Radiology: Cardiothoracic Imaging 2020. 2:5.
- (15) Xia W, Shao J, Guo Y, et al. *Clinical and CT features in pediatric patients with COVID-19 infection: Different points from adults*. Pediatr Pulmonol. 2020;55(5):1169-1174.
- (16) Caro-Dominguez P, Shelmerdine SC, Toso S, et al. *Thoracic imaging of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children: a series of 91 cases*. Pediatr Radiol. 2020;50(10):1354-1368.
- (17) Steinberger S, Lin B, Bernheim A, et al. *CT Features of Coronavirus Disease (COVID-19) in 30 Pediatric Patients*. AJR Am J Roentgenol. 2020;215(6):1303-1311.
- (18) Pata D, Valentini P, De Rose C, et al. *Chest Computed Tomography and Lung Ultrasound Findings in COVID-19 Pneumonia: A Pocket Review for Non-radiologists*. Front Med (Lausanne). 2020;7:375.
- (19) Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, et al. *Proposal for International Standardization of the Use of Lung Ultrasound for Patients With COVID-19: A Simple, Quantitative, Reproducible Method*. J Ultrasound Med. 2020;39(7):1413-1419.
- (20) Koo HJ, Lim S, Choe J, et al. *Radiographic and CT Features of Viral Pneumonia*. Radiographics. 2018;38(3):719-739.
- (21) Foust AM, Winant AJ, Chu WC, et al. *Pediatric SARS, H1N1, MERS, EVALI, and Now Coronavirus Disease (COVID-19) Pneumonia: What Radiologists Need to Know*. AJR Am J Roentgenol. 2020;215(3):736-744.