

L'imaging nelle infezioni respiratorie ricorrenti: dalla radiografia alla risonanza magnetica

Imaging in recurrent respiratory infections: from radiography to magnetic resonance imaging

Silvia Bertolo, Giovanni Morana

Unità Operativa Complessa di Radiologia Diagnostica, Ospedale di Treviso

Corrispondenza: Silvia Bertolo **e-mail:** silvia.bertolo@aulss2.veneto.it

Riassunto: Le infezioni respiratorie ricorrenti sono una condizione benigna, ma interferiscono notevolmente sulla qualità di vita del bambino e della famiglia e sui costi medico-sociali. Lo scopo di questo articolo è valutare le evidenze disponibili, scoraggiare l'uso di interventi privi di prove di efficacia e sicurezza e promuovere quelli sostenuti dalle evidenze scientifiche.

Parole chiave: infezioni respiratorie ricorrenti, diagnosi, bambini, *imaging*

Summary: *Recurrent respiratory infections are a benign condition, but they significantly interfere with the quality of life of children and their families and imply medical and social costs. The aim of this manuscript is to focus on the current evidence, discourage ineffective and unsafe interventions and promote those supported by literature.*

Keywords: *recurrent respiratory infections, diagnosis, children, imaging*

INTRODUZIONE

Le Infezioni Respiratorie Ricorrenti (IRR) sono una condizione benigna e destinata a risolversi favorevolmente nel tempo. Tuttavia, esse interferiscono notevolmente sulla qualità di vita del bambino ed è pertanto fondamentale individuarle precocemente.

In caso di IRR a carico delle basse vie respiratorie, l'*imaging* fornisce uno strumento fondamentale, rapido ed efficace per la diagnosi precoce. In questo contesto diventa di estrema importanza per il clinico conoscere gli strumenti disponibili, rischi e benefici di ognuno e quando/come utilizzarli nelle diverse situazioni.

RADIOGRAFIA E TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA DEL TORACE

La radiografia (Rx) e/o la tomografia computerizzata (TC) del torace sono i principali strumenti di *imaging* nella diagnosi delle malattie polmonari.

L'Rx torace costituisce un'indagine di I livello in un paziente con IRR. Le linee guida della *British Thoracic Society* [2] affermano che l'Rx del torace non deve essere considerata un esame di routine nei bambini con polmonite acquisita in comunità e che non va eseguita in bambini con segni e sintomi di polmonite che non vengono ricoverati. D'altra parte essa rappresenta la prima modalità di *imaging* utilizzata nei bambini ricoverati e/o in caso di inefficacia della terapia. Il follow up radiologico è necessario solo nei casi di particolare gravità o scarsa risposta ai trattamenti.

L'RX del torace ha i vantaggi di essere di rapida e facile esecuzione e di esporre a poche radiazioni ionizzanti il bambino. La **Tabella 1** mostra i livelli dose di riferimento (DRLs) per l'RX del torace nei bambini [3].

Tenuto conto della elevata radiosensibilità dei tessuti in età pediatrica, sarebbe bene poter disporre di uno strumento privo di radiazioni e di basso costo per la diagnosi.

La TC non è implementata nella pratica routinaria per i bambini con IRR o polmonite complicata a causa della sua esposizione relativamente elevata alle radiazioni, ma il consenso degli esperti suggerisce, in casi selezionati, l'uso della TC per determinare l'estensione della malattia parenchimale, la formazione di ascessi e per guidare le procedure chirurgiche. Durante un decorso prolungato di polmonite complicata possono essere necessarie Rx o TC seriate, che aumentano ulteriormente l'esposizione alle radiazioni. Le alternative per la diagnostica per immagini in assenza di radiazioni sono l'ecografia polmonare (LUS, *lung ultrasound*) e la risonanza magnetica (RM).

La TC del torace ad alta risoluzione (HRTC) rappresenta il *gold standard* nella valutazione dell'interstizio polmonare e nell'identificazione delle bronchiectasie [4,5]. Inoltre, quando si utilizza il mezzo di contrasto, la TC del torace costituisce l'esame più accurato nella diagnosi di anelli vascolari e di patologie malformative o infettive del parenchima polmonare. Essa rappresenta un esame di II o III livello nelle IRR in rapporto al sospetto clinico e all'esito delle indagini di I livello.

L'uso di ciascuna tecnica di *imaging* nei bambini dipende fortemente da due fattori: la collaborazione del bambino e l'indicazione all'esecuzione dell'*imaging* [6]. Si definisce "non collaborante" un bambino che non è in grado di seguire le istruzioni per la respirazione (in genere sotto i 6 anni) o in base al livello di coscienza (ad esempio, sedazione). Nei bambini non collaboranti, l'Rx del torace viene solitamente eseguita in una singola proiezione anteroposteriore (AP). Tutti i soggetti collaboranti possono eseguire una Rx standard del torace posteroanteriore (PA). La proiezione laterale di solito non viene eseguita, sia per ridurre la dose che per le limitate informazioni aggiuntive fornite nella valutazione della malattia polmonare. [7]

Tab. 1: Livelli dose di riferimento età-dipendenti (DRL) per la rx torace nei bambini (ricavato da [7]); AP= antero-post; PA= postero-ant
Age-dependent dose reference levels (DRL) for chest radiograph in children

| Examination | Age (year) | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | Adult |
| Chest radiograph projection | AP | PA | PA | PA | PA | PA |
| Tube voltage (kV) | 70 | 73 | 75 | 80 | 80 | 86 |
| Dose-area product (DAP) mGy·cm² | 3 | 5 | 10 | 20 | 40 | 90 |
| E-60/DAP (mSv/Gy·cm²) | 2.2 | 0.58 | 0.41 | 0.28 | 0.16 | 0.15 |
| Effective dose ICRP60 (mSv) | 0.007 | 0.003 | 0.004 | 0.006 | 0.006 | 0.014 |

Se il paziente non è collaborante, il protocollo TC raccomandato consiste in una TC non-*enhanced* a respirazione libera senza sedazione [3,8]. Grazie alla velocità degli scanner TC di ultima generazione, l'intero torace può essere scansato in meno di un secondo. Per questo motivo, la TC può essere eseguita senza sedazione [9,10]. Se necessario, i bambini piccoli possono essere immobilizzati in un materasso a depressione o mediante fascia avvolgente. La **Figura 1** mostra immagini TC dello stesso paziente in inspirio ed espirio (a e b) e di un paziente di 2 anni non collaborante a respiro libero (c). Il principale limite della TC per l'*imaging* di routine dei bambini è l'esposizione alle radiazioni ionizzanti. La dose è stata progressivamente ridotta grazie ai progressi tecnici e alla consapevolezza creata dall'introduzione dei DRLs [11]. Alcuni studi hanno dimostrato che la TC del torace può essere eseguita a livelli di esposizione alle radiazioni ampiamente ridotti senza una perdita significativa nella qualità dell'immagine. La **Tabella 2** fornisce intervalli di dose per la TC a bassa dose [12]. Ulteriori riduzioni di dose sono attese con l'introduzione del nuovo scanner *photon-counting* TC (PCD-CT), che può fornire una ulteriore riduzione della dose del 30-60% senza compromettere la risoluzione dell'immagine [13].

Fig. 1: Immagini TC: a, b immagini TC dello stesso paziente rispettivamente in inspirio ed espirio; c, bambino di 2 anni in respiro libero

CT images: a, b End-inspiratory and end-expiratory non-enhanced CT; c, 2 free breathing CT in a two-years-old child



Tab. 2: Livelli di riferimento età e peso correlate per TC low-dose nei bambini
Age- and weight-dependent reference levels for low-dose chest CT imaging in children

| Age (years) | Weight (kg) | Mean CTDI-vol, 32-cm inspiratory Scan (mGy) | Mean CTDI-vol, 32-cm expiratory Scan (mGy) | Total mean CTDIvol, 32-cm (mGy) | Irradiated Length (cm) | DLP (mGy·cm) | Conversion | Effective Dose for Inspiratory scan |
|-------------|-------------|---|--|---------------------------------|------------------------|--------------|------------|-------------------------------------|
| 0 | 4 | 0.64 | 0.32 | 0.96 | 7.56 | 4.84 | 0.07 | 0.4 |
| 1 | 10 | 0.74 | 0.37 | 1.12 | 10.75 | 7.96 | 0.05 | 0.4 |
| 5 | 18 | 1 | 0.50 | 1.50 | 14.17 | 14.17 | 0.03 | 0.5 |
| 10 | 33 | 1.49 | 0.74 | 2.23 | 17.75 | 26.45 | 0.02 | 0.6 |
| 15 | 54 | 2.08 | 1.04 | 3.12 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| 18 | 58 | 2.2 | 1.10 | 3.30 | 22.56 | 49.63 | 0.01 | 0.7 |

CTDIvol indice di dose per tomografia computerizzata volumetrica su fantoccio di 32 cm, DLP prodotto dose-lunghezza del tratto irradiato, n/a non disponibile. Dati descritti in [12]

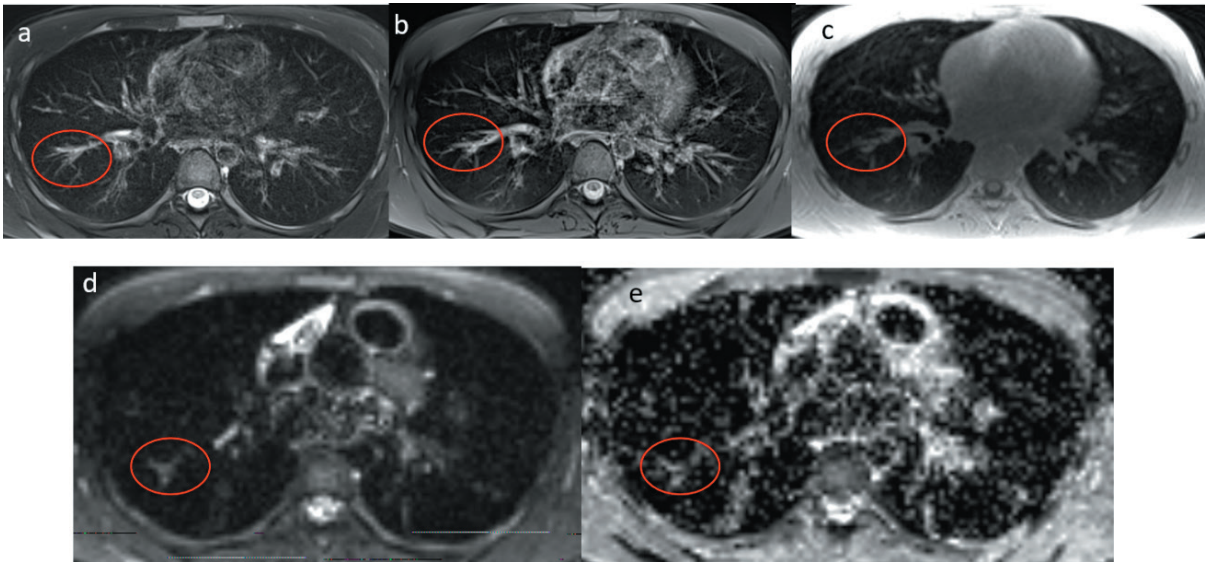
RISONANZA MAGNETICA

L'utilizzo della RM permette di ottenere informazioni morfologiche senza l'utilizzo di radiazioni ionizzanti, consentendo di seguire il paziente con esami ripetuti anche a breve distanza di tempo. Le nuove sequenze sviluppate grazie al progresso tecnologico permettono di ottenere immagini del polmone sempre più simili alle immagini TC con il vantaggio che con la RM è possibile aggiungere informazioni funzionali riguardo la presenza di infiammazione grazie alle sequenze eseguite in diffusione. La **Figura 2** mostra immagini RM con sequenze morfologiche standard e ad alta risoluzione (UTE) e sequenze funzionali (DWI).

La sedazione è solitamente necessaria nei bambini in età prescolare (< 6 anni). La durata complessiva del protocollo di *imaging* è stimata di circa 20 minuti, in relazione alla collaborazione del paziente e alla regolarità dei suoi atti respiratori.

Nel *follow-up* la RM è indicata in caso di persistenza di tosse, febbre e indici di flogosi alterati, mentre l'Rx del torace non mostra in questi casi alcun vantaggio [14].

Fig. 2: Immagini RM con sequenze morfologiche standard e ad alta risoluzione (UTE) e sequenze funzionali (DWI) [Siemens]: a, b, c morfologiche: a, T2 BLADE; b, DP BLADE; c, UTE spiral VIBE. D, e funzionali: d, DWI 11b; e, ADC
Morphological standard and Ultra Short TE (UTE) MR images and functional images (DWI Diffusion Weight Images): a, b, c morphological sequences: a, T2 weighted BLADE sequence; b, PD-weighted BLADE sequence; c, UTE spiral VIBE sequence; d, e functional sequences: d, DWI 11b; e, ADC map



ECOGRAFIA PLEURO-POLMONARE

Si tratta di un esame di facile esecuzione, che si può eseguire al letto del paziente, non esponendolo a radiazioni per cui può essere ripetuta più volte senza effetti collaterali.

Utilizzando gli artefatti ultrasonici generati da diverse alterazioni patologiche [15-18], l'ecografia polmonare *point-of-care* (POC-LUS) è stata utilizzata con successo per la diagnosi delle malattie polmonari in età pediatrica. Alcuni autori hanno raccomandato la POC-LUS come modalità di *imaging* preferenziale nella valutazione delle malattie polmonari grazie alla sua maggiore accuratezza, affidabilità, facilità di esecuzione e assenza di potenziali effetti avversi [18,19]. Tuttavia, il suo utilizzo rimane limitato a causa della mancanza di protocolli operativi, standard diagnostici e linee guida, oltre ai limiti tecnici della metodica stessa.

Tecnica: occorrono sia trasduttori di tipo lineare (7-14 MHz) sia trasduttori di tipo *convex* o settoriali con frequenze più basse (4-8 MHz) per adattarsi alle dimensioni del paziente. Un approccio sistematico consiste nel dividere ciascun emitorace in 4 quadranti. Il torace antero-laterale può essere studiato a paziente supino, mentre il torace posteriore può essere esplorato o a paziente seduto o in decubito laterale o prono.

Cosa si può studiare con l'ecografia polmonare:

- Consolidazione: il polmone consolidato ha un aspetto ecografico simile al fegato (epatizzazione), con struttura interna conservata. Sono riconoscibili immagini iperecogene ramificate che rappresentano broncogrammi aerei. Nelle polmoniti necrotizzanti il fluido all'interno definisce il "broncogramma fluido", caratterizzato da immagini ipoecogene ramificate. La distinzione tra una consolidazione da polmonite e da semplice atelettasia può talvolta risultare difficile e l'ecografia può aiutare: la visualizzazione dinamica del movimento di aria nei bronchi solitamente indica una polmonite, mentre nelle atelettasie il broncogramma è spesso statico.
- Patologia interstiziale: l'interazione del fascio ultrasonoro con i setti interlobulari produce le linee "B" dette anche "code di cometa". La numerosità delle linee B indica l'eventuale presenza di un'alterazione del polmone sottostante, in quanto poche linee B possono essere presenti anche in condizione di benessere.
- Pleura: lo spazio pleurico è superficiale rispetto al polmone aerato, pertanto esso è sempre ben visualizzabile ecograficamente. L'ecografia è più sensibile rispetto all'Rx nell'identificazione del versamento pleurico. L'aspetto ecografico del liquido pleurico dipende dalla sua composizione e varia da un aspetto completamente anecogeno in caso di un semplice trasudato, a un liquido con detriti ecogenici mobili in caso di infezione e di emorragia, a raccolte con setti di fibrina più o meno mobili, fino ad un aspetto solido nei casi di empiema con infezioni organizzate.

La LUS presenta alcuni limiti: a) È fortemente dipendente dall'operatore; pertanto, è necessario acquisire un'esperienza sufficiente b) Non esclude le consolidazioni che non raggiungono la pleura c) La regione posteriore del torace ha una zona cieca, rappresentata dalle aree scapolari d) Nei primi anni di vita piccole aree di atelettasia subpleurica sono frequenti e considerarle come di natura flogistica potrebbe condurre a errori diagnostici e) L'enfisema sottocutaneo influisce sulla qualità dell'immagine e sull'accuratezza dei risultati.

DISCUSSIONE

Le IRR rimangono una causa importante di morbilità e mortalità nei bambini. È necessario comprendere l'adeguatezza di ciascuna modalità di *imaging* per una particolare indicazione per massimizzarne l'utilità. L'Rx del torace è solitamente lo strumento di *imaging* iniziale. Nell'ultimo decennio l'uso dell'Rx e della TC del torace è cambiato, grazie all'impiego di protocolli pediatrici a bassa dose di radiazioni. Si prevede che l'introduzione di nuove tecnologie emergenti, come la PCD-CT, migliorerà ulteriormente la qualità delle immagini e ridurrà drasticamente l'esposizione alle radiazioni della TC [6].

La combinazione di Rx e LUS può aumentare la sensibilità per quanto riguarda ascessi ed empiemi, ma non raggiunge completamente il livello di sensibilità della RM, soprattutto per quanto riguarda ascessi piccoli e centrali senza grandi consolidamenti di accompagnamento [14]. La RM può contribuire a una migliore gestione clinica della polmonite complicata nei bambini ospedalizzati, può potenzialmente sostituire la TC del torace come modalità priva di radiazioni e permette uno stretto *follow-up* senza rischi aggiuntivi. Tuttavia, la disponibilità di tempo, operatori esperti, e la necessità di sedazione con i relativi effetti collaterali devono essere considerate [14].

BIBLIOGRAFIA

- (1) Chiappini E, Santamaria F, Marseglia GL, et al. Prevention of recurrent respiratory infections : Inter-society Consensus. *Ital J Pediatr* 2021;47(1):211.
- (2) Harris M, Clark J, Coote N, et al; British Thoracic Society Standards of Care Committee. British Thoracic Society guidelines for the management of community acquired pneumonia in children: update 2011. *Thorax* 2011;66 Suppl 2:ii1-23.
- (3) Wall BF, Haylock R, Jansen JTM et al. Radiation risks from medical X-ray examinations as a function of the age and sex of the patient. Health Protection Agency Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/340147/HPA-CRCE-028_for_website.pdf. Accessed 7 Aug 2022
- (4) Bush A, Cunningham S, de Blic J, et al; chILD-EU Collaboration. European protocols for the diagnosis and initial treatment of interstitial lung disease in children. *Thorax* 2015 Nov;70(11):1078-84.
- (5) VGoyal V, Grimwood K, Marchant J, et al. Pediatric bronchiectasis: No longer an orphan disease. *Pediatr Pulmonol*. 2016 May;51(5):450-69.
- (6) Pierluigi Ciet, Ronald Booij, Marcel Dijkshoorn, et al. Chest radiography and computed tomography imaging in cystic fibrosis: current challenges and new perspectives *Pediatr Radiol* 2023; 53(4): 649-659.
- (7) Hota P, Madan R. Cystic Fibrosis from Childhood to Adulthood: What Is New in Imaging Assessment? *Radiol Clin North Am* 2020;58(3):475-486.
- (8) Crowley C, Connor OJO, Ciet P, et al. The evolving role of radiological imaging in cystic fibrosis. *Curr Opin Pulm Med* 2021;27:575-585.
- (9) Kino A, Zucker EJ, Honkanen A, et al. Ultrafast pediatric chest computed tomography: comparison of free-breathing vs. breath-hold imaging with and without anesthesia in young children. *Pediatr Radiol* 2019;49:301-307.
- (10) Oudraad MCJ, Kuo W, Rosenow T, et al. Assessment of early lung disease in young children with CF: a comparison between pressure-controlled and free-breathing chest computed tomography. *Pediatr Pulmonol* 2020;55:1161-1168.
- (11) Kanal KM, Butler PF, Chatfield MB, et al. U.S. diagnostic reference levels and achievable doses for 10 pediatric CT examinations. *Radiology* 2022;302:164-174.
- (12) Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product. *Radiology* 2010;257:158-166.
- (13) Willemink MJ, Persson M, Pourmorteza A, et al. Photon-counting CT: technical principles and clinical prospects. *Radiology* 2018;289:293-312.
- (14) Konietzke P, Mueller J, Wuennemann F, et al. The value of chest magnetic resonance imaging compared to chest radiographs with and without additional lung ultrasound in children with complicated pneumonia. *PLoS ONE* 2020; 15: e0230252.
- (15) Copetti R, Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. *Radiol Med* 2008;113:190-198.
- (16) Iuri D, De Candia A, Bazzocchi M. Evaluation of the lung in children with suspected pneumonia: usefulness of ultrasonography. *Radiol Med* 2009;114:321-330.
- (17) Caiulo VA, Gargani L, Caiulo S, et al. The role of ultrasound in community-acquired pneumonia. *Pediatr Pulmonol* 2013; 48:1043-4.
- (18) Shah VP, Tunik MG, Tsung JW. Prospective evaluation of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of pneumonia in children and young adults. *JAMA Pediatr* 2013;167:119-25.
- (19) Reali F, Sferrazza Papa GF, Carlucci P, et al. Can lung ultrasound replace chest radiography for the diagnosis of pneumonia in hospitalized children? *Respiration* 2014;88:1