

# PNEUMOLOGIA PEDIATRICA

---

## CASI CLINICI PER IMPARARE E TECNICHE DIAGNOSTICHE INNOVATIVE IN PNEUMOLOGIA PEDIATRICA

Tecniche diagnostiche innovative in fisiologia  
respiratoria: il Multiple Breath Washout (MBW)  
nell'asma in età pediatrica

La genetica molecolare:  
casi clinici per imparare

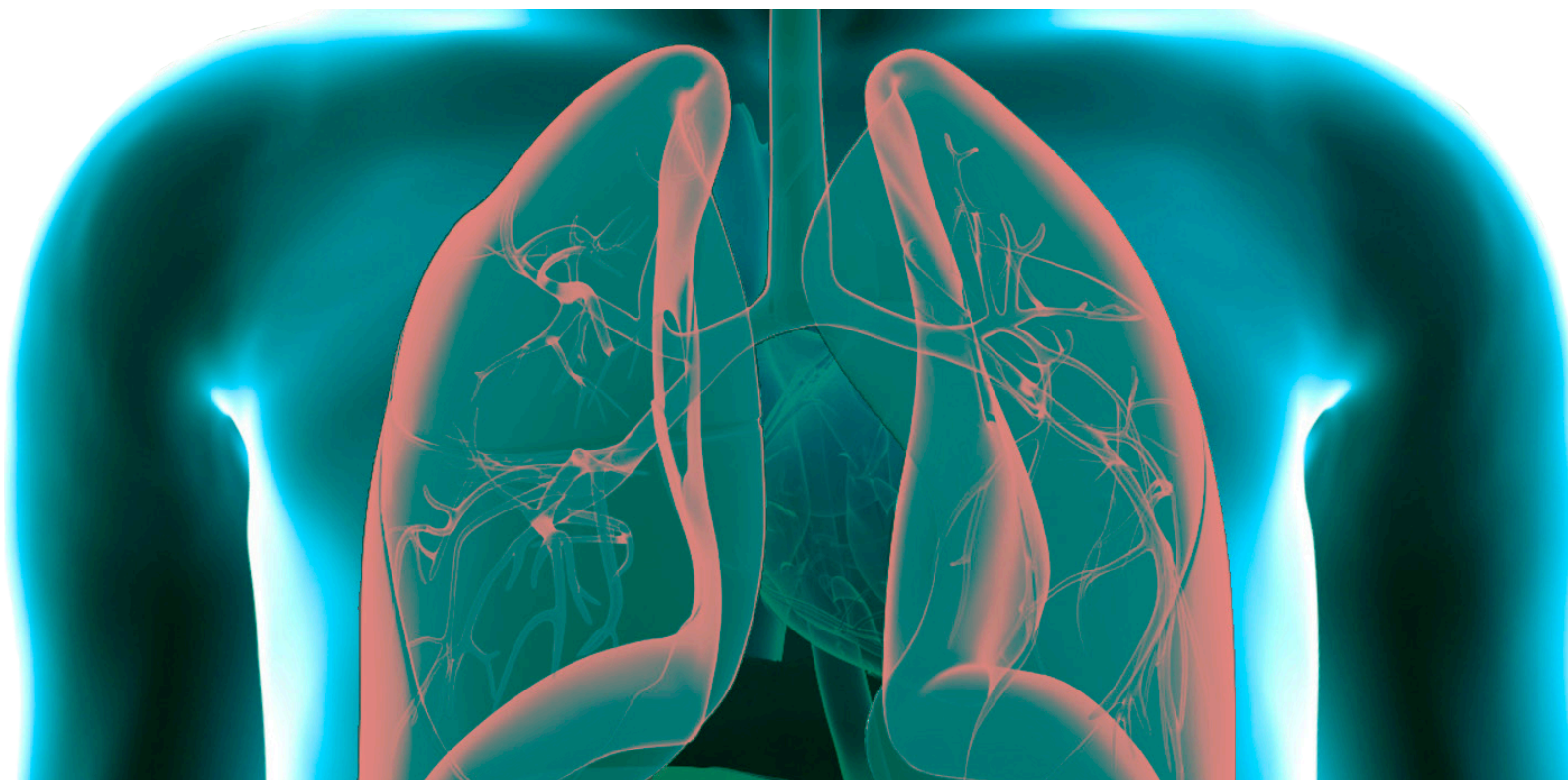
L'ecografia polmonare per il pediatra

Interventistica in pneumologia: dilatazione tracheo-  
bronchiale tramite balloon e "cutting" balloon

Allergologia molecolare

Studi del sonno

Allergologia molecolare



# INDICE

## Editoriale

Valeria Caldarelli

3

## Tecniche diagnostiche innovative in fisiologia respiratoria: il Multiple Breath Washout (MBW) nell'asma in età pediatrica

Giuliana Ferrante, Maria Furno

4

## La genetica molecolare: casi clinici per imparare

Federica Porcaro, Carlo De Pieri

12

## L'ecografia polmonare per il pediatra

Giuseppe Gallo, Simone Fontijn, Elena Proietti, Giulia Cangiano, Matteo Giuliari, Valeria Lucianer, Francesca Sorrentino, Grazia Dinnella, Lorenzo Iughetti, Ugo Pradal

21

## Interventistica in pneumologia: dilatazione tracheo-bronchiale tramite balloon e "cutting" balloon

Antonella Frassanito, Antonino Francesco Capizzi

31

## Allergologia molecolare

Carla Mastrorilli, Paola Di Filippo

37

## Studi del sonno

Ambra Nicolai, Alessandro Onofri

45

## Indagine sulla formazione in pneumologia pediatrica nelle scuole di specializzazione in pediatria

Maria Di Cicco, Valeria Caldarelli, Sylvie Tagliati, Vincenzo Insinga, Roberto Raschetti, Renato Cutrera

54

# Pneumologia Pediatria

Volume 18, n. 71 - settembre 2018

## Direttore Responsabile

Francesca Santamaria (Napoli)

## Direzione Scientifica

Stefania La Grutta (Palermo)

Nicola Ullmann (Roma)

## Segreteria Scientifica

Silvia Montella (Napoli)

## Comitato Editoriale

Angelo Barbato (Padova)

Filippo Bernardi (Bologna)

Alfredo Boccaccino (Misurina)

Attilio L. Boner (Verona)

Mario Canciani (Udine)

Carlo Capristo (Napoli)

Fabio Cardinale (Bari)

Salvatore Cazzato (Bologna)

Renato Cutrera (Roma)

Fernando M. de Benedictis (Ancona)

Fulvio Esposito (Napoli)

Mario La Rosa (Catania)

Massimo Landi (Torino)

Gianluigi Marseglia (Pavia)

Fabio Midulla (Roma)

Luigi Nespoli (Varese)

Giorgio L. Piacentini (Verona)

Giovanni A. Rossi (Genova)

Giancarlo Tancredi (Roma)

Marcello Verini (Chieti)

## Editore

Giannini Editore

Via Cisterna dell' Olio 6b

80134 Napoli

e-mail: editore@gianninispa.it

www.gianninieditore.it

## Coordinamento Editoriale

Center Comunicazioni e Congressi Srl

e-mail: info@centercongressi.com

Napoli

## Realizzazione Editoriale e

### Stampa

Officine Grafiche F. Giannini & Figli

SpA

Napoli

© Copyright 2018 by SIMRI

Finito di stampare nel mese di novembre 2018

# L'ecografia polmonare per il pediatra

*The lung ultrasound for the pediatrician*

---

Giuseppe Gallo<sup>1</sup>, Simone Fontijn<sup>2</sup>, Elena Proietti<sup>1</sup>, Giulia Cangiano<sup>3</sup>, Matteo Giuliani<sup>1</sup>, Valeria Lucianer<sup>4</sup>, Francesca Sorrentino<sup>4</sup>, Grazia Dinnella<sup>1</sup>, Lorenzo Iughetti<sup>5</sup>, Ugo Pradal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.O. di Pediatria, Centro di Supporto Provinciale per la Fibrosi Cistica, Ospedale Santa Maria del Carmine di Rovereto

<sup>2</sup> Scuola di Formazione specialistica in Pediatria, Università degli studi di Modena e Reggio Emilia

<sup>3</sup> Pediatra specialista in Pneumologia Pediatrica

<sup>4</sup> Scuola di Formazione specialistica in Pediatria, Università degli studi di Verona

<sup>5</sup> Unità di Pediatria, Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche Materno-Infantili e dell'adulto, Azienda Ospedaliera Universitaria Policlinico di Modena

**Corrispondenza:** Giuseppe Gallo, Simone Fontijn: **email:** giuseppe.gallo85@gmail.com s.fontijn88@gmail.com

**Riassunto:** L'ecografia polmonare si sta dimostrando una metodica di grande interesse e negli ultimi anni si è assistito ad un fiorire di pubblicazioni sull'argomento. In particolar modo, la sua semplicità d'uso e d'apprendimento ne stanno garantendo una forte diffusione. Se paragonata poi alla radiografia del torace, la più diffusa indagine di imaging in pneumologia pediatrica, l'ecografia polmonare appare molto promettente.

In questo articolo ci prefiggiamo di fornire alcune informazioni basilari sull'ecografia polmonare che possono però diventare un importante spunto per la comprensione di questa innovativa metodica.

**Parole chiave:** ecografia polmonare, imaging, diagnostica innovativa, polmonite, atelettasia.

**Summary:** The lung ultrasound is object of a strong interest and in the lasts years there has been a huge increase in the number of publications on the topic. Its simplicity of use and learning are ensuring it an increasingly widespread use. If compared to the chest radiograph, the most used imaging technique in pediatric pulmonology, lung ultrasound appears very promising.

In this article we aim to provide some basic information on lung ultrasound that can become an important start point for understanding this innovative technique.

**Keywords:** lung ultrasound, imaging, innovative diagnostics, pneumonia, atelectasis.

---

## INTRODUZIONE

La diagnosi di molte patologie respiratorie può essere difficile in età pediatrica e le metodiche di *imaging* convenzionale [radiografia del torace e tomografia computerizzata (TC)] hanno sempre rappresentato gli strumenti più usati dal clinico per il completamento dell'*iter* diagnostico.

La radiografia del torace viene tutt'oggi considerata da molte linee guida un esame di primo livello in molti quadri clinici, nonostante richieda strumentazioni costose, esponga il paziente a radiazioni e non sia priva di variabilità operatore-dipendente.

Gli svantaggi di questa metodica e la crescente dimestichezza e conoscenza nei confronti dell'ecografia hanno quindi spinto i clinici a cercare nuove strade per la diagnostica polmonare.

L'ecografia polmonare (LUS, *Lung Ultra Sound*) è di facile esecuzione, si può eseguire al letto del paziente come nello studio di un pediatra di famiglia, non espone il paziente a radiazioni e può quindi essere ripetuta più volte senza effetti collaterali.

Questo articolo si prefigge di fornire concise informazioni sulla LUS focalizzando l'attenzione sugli aspetti di maggior interesse per il pediatra.

## IMMAGINE ECOGRAFICA DI UN POLMONE NORMALE

L'aria è sempre stata considerata come il peggior nemico per l'ecografista, perché impedisce agli ultrasuoni di progredire e penetrare nei tessuti. Fino a qualche anno fa era quindi impensabile utilizzare l'ecografia come strumento per lo studio dei polmoni, perché si ottenevano

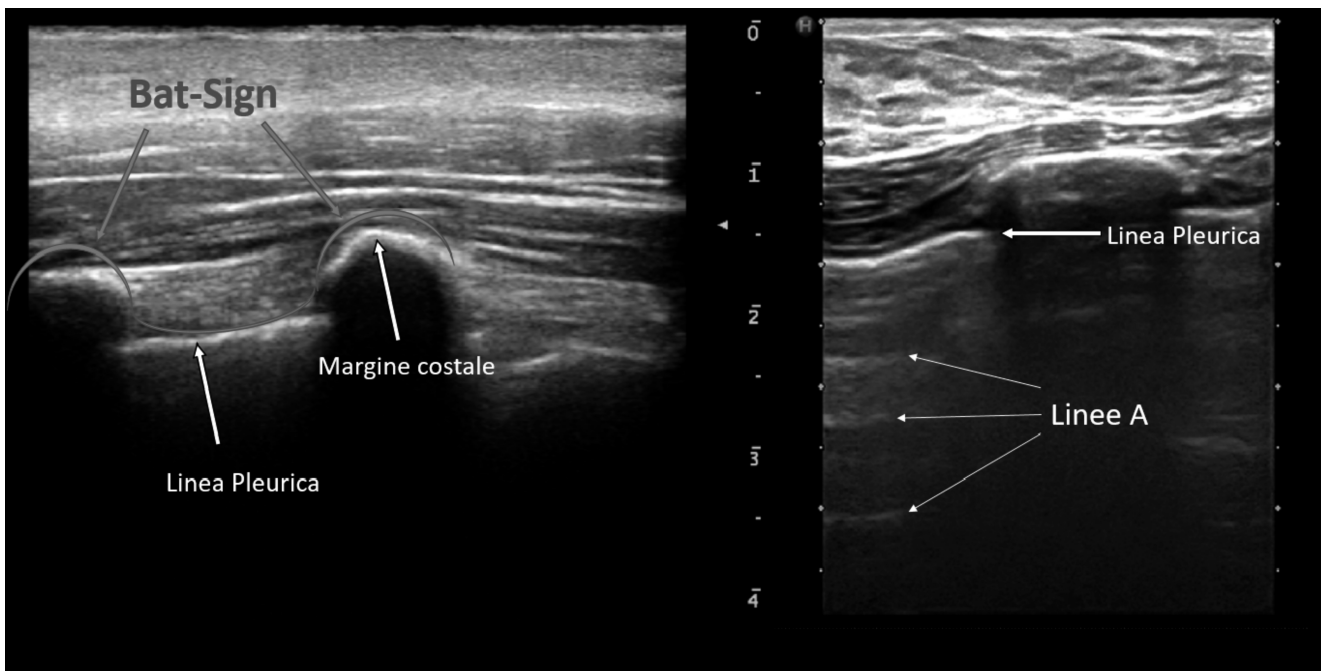
immagini “artefatte”, non interpretabili (1). Negli ultimi anni però questi “artefatti”, che sono di fatto immagini fasulle o distorte generate dalla macchina, hanno cominciato ad acquisire un significato clinico e la LUS ha iniziato ad avere un ruolo nella diagnostica respiratoria.

Se la sonda ecografica lineare viene posizionata longitudinalmente sul torace di un individuo sano, si crea un’immagine chiamata *bat-sign* (segno del pipistrello). Il *bat-sign* (figura 1) è rappresentato da una linea iperecogena (bianco intenso) costituita, da sinistra verso destra, dal margine della prima costa, dalla pleura polmonare (linea pleurica) e dal margine della seconda costa.

Poiché l’osso riflette gli ultrasuoni, dietro ogni costa, si crea un’area nera non visualizzabile, chiamata cono d’ombra. Fra i due coni d’ombra e sotto la linea pleurica si intravede il polmone. Essendo quest’ultimo pieno d’aria, si crea un “artefatto”, composto di tante linee orizzontali iper-ecogene, parallele alla linea pleurica. Queste linee vengono chiamate linee A (1).

L’ecografia inoltre, a differenza della radiologia polmonare convenzionale (TC e radiografia), ci dà un’immagine dinamica del polmone e non una semplice foto. Possiamo così vedere i due foglietti pleurici scorrere uno sull’altro. Questo movimento, detto *sliding* polmonare, si vede a livello della linea pleurica ed è sincrono con gli atti respiratori. Visualizzando invece le porzioni più basali del polmone si può vedere il diaframma in movimento.

Alterazioni del quadro ecografico descritto (*bat sign* con linee A + *sliding* polmonare + movimento del diaframma) sono segno di alterazioni polmonari patologiche.



**Fig. 1:** A sinistra in azzurro il segno del pipistrello (*bat-sign*), composto dal margine superiore delle due coste e dalla linea pleurica. A destra sono evidenti le linee A al di sotto della linea pleurica

### ALTERAZIONI DELLO SLIDING POLMONARE

Si definisce *sliding* polmonare quel movimento di scorrimento della linea pleurica visibile attraverso la LUS. Come descritto sopra, il movimento corrisponde allo sfregamento dei due foglietti pleurici, è sincrono con gli atti respiratori e scompare fisiologicamente se si chiede al paziente di smettere di respirare per qualche secondo.

La sua assenza è segno di patologia ed è dovuta o a un’immobilità del polmone (aree di atelettasia/addensamento o errata intubazione) o all’interporsi di sostanze che determinano un distacco fra la pleura parietale e quella viscerale.

Tali sostanze sono più comunemente rappresentate da aria (come nello pneumotorace) o liquidi (come nel versamento pleurico).

Se si pone la sonda al centro di una vasta area di pneumotorace, non si vedrà alcun movimento della linea pleurica (nessuno *sliding* polmonare), ma l’aria che si interpone fra i due foglietti

pleurici continuerà a creare l'artefatto delle linee A.

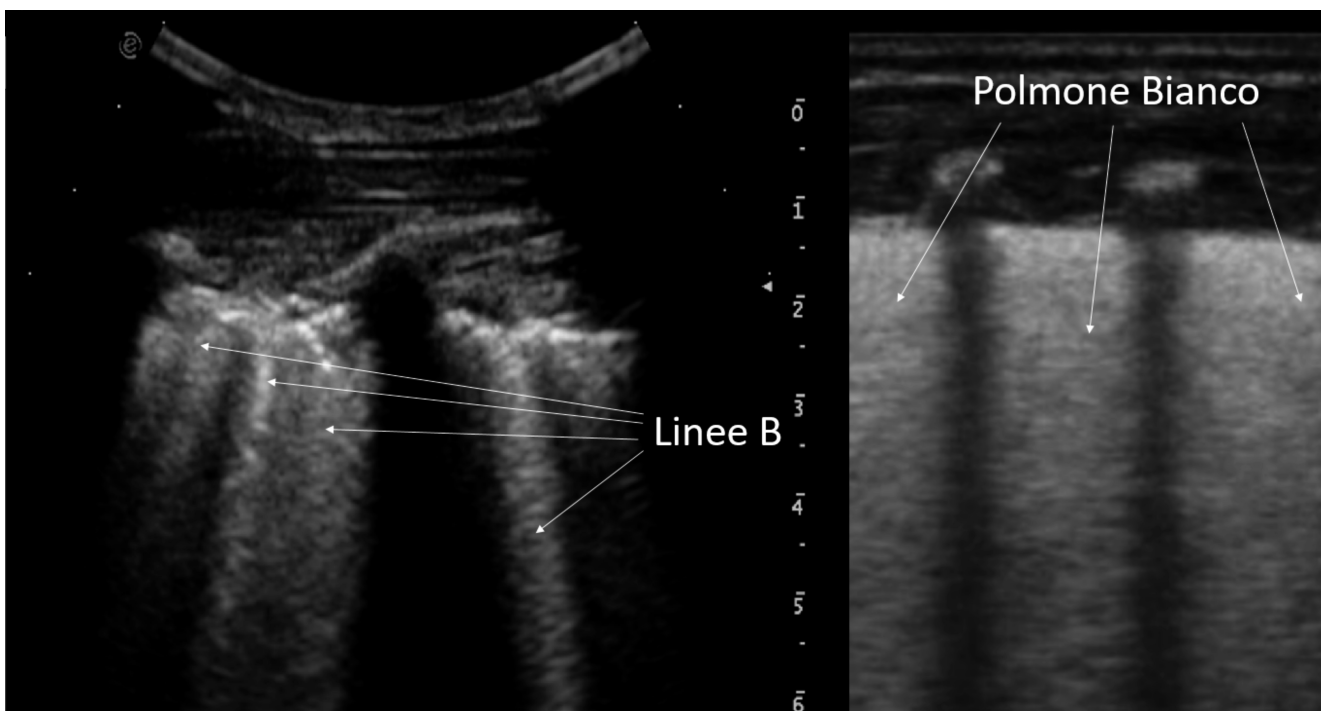
Inoltre, poiché il polmone non tocca la parete del torace, non si creerà alcuna linea B. Se poi si sposta la sonda verso la periferia dell'area di pneumotorace, si individuerà un punto in cui improvvisamente comparirà lo *sliding* pleurico.

Questo punto della linea pleurica che si interpone fra un'area di assenza e una di presenza di *sliding* polmonare viene chiamato *lung point* e corrisponde al punto in cui il polmone ritorna a contatto con la parete toracica. L'altro segno ecografico che si riscontra nello pneumotorace è l'assenza di pulsazione polmonare (*lung-pulse*). Il *lung pulse* è un ritmico movimento della pleura sincrono con il ritmo cardiaco ed è il risultato della trasmissione dei battiti del cuore attraverso un parenchima polmonare poco areato. Nello pneumotorace, poiché il polmone non tocca la parete toracica, il *lung pulse* non viene trasmesso alla pleura parietale, che appare completamente immobile (1).

Più facile è valutare invece il versamento pleurico, che appare come una raccolta liquida ipo/anecogena sotto la linea pleurica. Oltre la falda di versamento è poi possibile riconoscere il parenchima polmonare. È possibile quantificare il versamento sia in termini qualitativi, descrivendone le caratteristiche (per esempio, il trasudato è anecogeno mentre l'essudato può essere ipoecogeno e/o corpuscolato), sia in termini quantitativi. È stato dimostrato infatti che l'ecografia mostra una migliore sensibilità e affidabilità rispetto alla radiografia del torace nel valutare estensione e caratteristiche del versamento pleurico (2).

## LE LINEE B

Oltre alle già citate linee A, è possibile identificare alcune linee iperecogene che originano dalla linea pleurica e si propagano perpendicolarmente a questa e che vengono definite linee B (o code di cometa) (figura 2).



**Fig. 2:** A sinistra: a partenza dalla linea pleurica si vedono molte linee B, mentre non sono visualizzabili linee A. A destra: quadro di polmone bianco (*white lung*)

Le linee B sono artefatti che si formano per accumulo di liquido nei setti interlobulari. Normalmente queste linee sono assenti, ma vengono evidenziate in patologie che determinano un aumento di liquido a livello dell'interstizio polmonare, come l'interstiziopatia o l'edema polmonare (3). Maggiore è il numero di linee B, maggiore sarà il liquido presente a livello dei setti interlobulari e più "umi-

do" sarà il polmone (*wet lung*). Le linee B possono diventare così numerose da compattarsi in un quadro ecografico detto polmone bianco (*white-lung*), segno di forte imbibizione polmonare.

In ambito clinico, diversi studi hanno dimostrato come la presenza e le caratteristiche delle linee B siano indispensabili per distinguere fra dispnea di origine cardiogena e quella di origine respiratoria (4) e come siano utili, anche in situazioni di urgenza, nell'evitare l'iperidratazione, monitorando la quota di liquido extra-vascolare a livello polmonare (5).

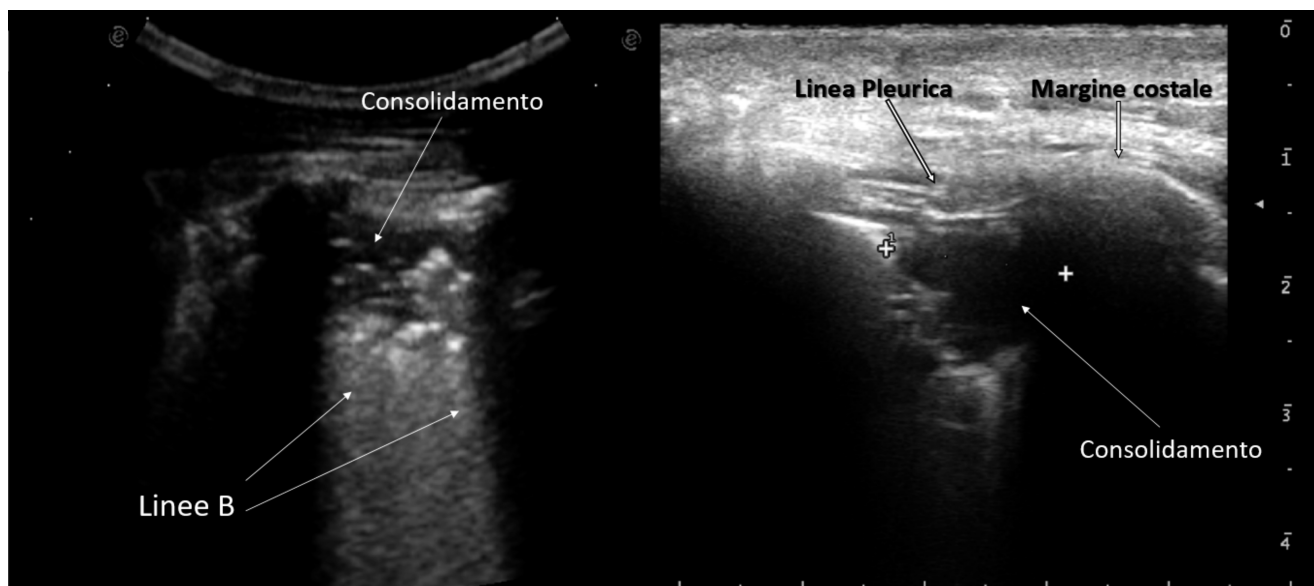
In ambito pediatrico, le più frequenti patologie respiratorie caratterizzate da una forte predominanza di linee B sono: la sindrome da distress respiratorio (RDS, *respiratory distress syndrome*), la tachipnea transitoria del neonato (TTN) e l'inalazione di meconio. Queste patologie sono clinicamente difficili da distinguere fra loro, ma ecograficamente appaiono come quadri differenti. Nella TTN sono presenti molte linee B, che sono più rarefatte agli apici polmonari, ma divengono via via più numerose e compatte, fino a dare un polmone bianco, ai campi inferiori (6).

La linea pleurica appare sottile e ben definita e lo *sliding* è alterato in piccole aree, con conseguente formazione di quello che è chiamato *double-lung point*. La presenza di un *double-lung point* ha una specificità e una sensibilità del 100% nell'identificazione della TTN (7).

Nell'RDS si ha invece un quadro di *white lung* dagli apici fino alle basi del polmone, con una linea pleurica inspessita e irregolare. La somministrazione di surfattante, non determinando il riassorbimento del liquido dallo spazio interstiziale (8), non determina la risoluzione del quadro ecografico. Nell'inalazione di meconio, invece, il quadro appare spesso asimmetrico ed irregolare, con linee B diffuse, a tratti coalescenti ed a tratti sparse, frammiste a piccole aree di consolidamento subpleurico e incostanti aree di atelettasia polmonare (9).

### ALTERAZIONI DEL PARENCHIMA POLMONARE

Un parenchima polmonare alterato si manifesta come un'area di consolidamento che è riconoscibile ecograficamente quando è in contiguità con la parete toracica. Se c'è soluzione di continuo fra area di addensamento e parete toracica, l'aria che si interpone fra di loro determina la formazione di un artefatto con linee A, ecograficamente indistinguibile da un polmone normale. Questo rappresenta uno dei principali limiti della LUS. In età pediatrica l'addensamento più frequente è la polmonite. Questa appare come un'area ipoecogena con margini irregolari, dietro ed attorno alla quale possono formarsi delle linee B (figura 3).



**Fig. 3:** Nell'immagine si vedono due addensamenti sub-pleurici.

La linea pleurica appare più grossolana nell'area interessata dall'addensamento e lo *sliding*

polmonare risulta ridotto o assente.

In caso di polmoniti particolarmente estese, sono riconoscibili, all'interno del consolidamento, delle aree arboriformi, chiamate broncogrammi aerei, che anatomicamente corrispondono alle diramazioni bronchiali. La natura dinamica dell'ecografia permette inoltre di vedere l'aria muoversi all'interno di questi broncogrammi (broncogramma aereo dinamico), segno di pervietà bronchiale, che esclude l'atelettasia (10). Altro segno importante per escludere l'atelettasia è l'assenza del *lung-pulse* (11). L'addensamento atelettasico, di concerto con quanto detto sopra, si manifesta come un'area ipoecogena al cui interno è presente un broncogramma aereo statico (senza aria in movimento), lo *sliding* è assente ed è visualizzabile il *lung pulse* (11).

In letteratura diverse meta-analisi hanno evidenziato l'alta specificità (93-94%) e sensibilità (96-97%) della LUS nella diagnosi di polmonite acquisita in comunità (*community acquired pneumonia*, CAP) in età pediatrica (12-14). Balk e colleghi, in particolare, hanno evidenziato come la LUS abbia una sensibilità maggiore (95.5% *versus* 86.8%), a fronte di sovrapponibile specificità, rispetto alla radiografia del torace nella diagnosi di polmonite (15). Queste appaiono premesse interessanti per un possibile futuro utilizzo della LUS come esame di prima linea nella diagnosi di CAP al posto della radiografia del torace (16).

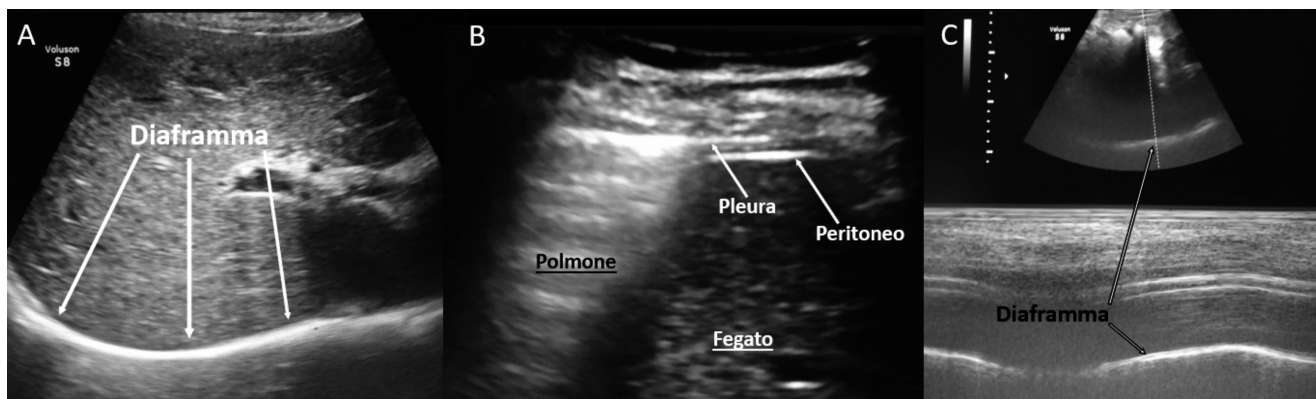
### ALTERAZIONI DEL DIAFRAMMA

Spostandosi verso le basi del torace è possibile visualizzare il diaframma.

Esistono due metodiche per studiare questo muscolo: la valutazione delle escursioni della cupola diaframmatica in M-mode e la valutazione dello spessore del diaframma e del suo ispessimento durante l'inspirazione (17). Nel primo caso la sonda viene posizionata anteriormente sotto le coste e si usano a destra la finestra ecografica epatica (figura 4A) e a sinistra quella splenica per studiare rispettivamente l'emidiaframma destro e quello sinistro.

In età pediatrica si può scegliere di posizionare la sonda sotto il processo xifoideo e studiare simultaneamente, date le piccole dimensioni del torace di un bambino, entrambi gli emidiaframmi.

Nel secondo caso l'emidiaframma viene visualizzato fra due coste al di sotto dei muscoli intercostali e appare come uno strato ipoecogeno compreso fra due linee iperecogene (la linea pleurica e la linea peritoneale) (figura 4B). Lo spessore del diaframma dipende dal volume polmonare e normalmente aumenta con l'inspirazione. Ecograficamente il diaframma appare come una linea ecogena che si interpone fra il polmone ed il fegato o la milza. Tramite l'M-mode, una metodica di visualizzazione dei movimenti lungo una linea di scansione fissa, molto utile soprattutto per effettuare misurazioni, si può valutarne l'escursione (figura 4C).



**Fig. 4:** A) Visualizzazione del diaframma attraverso la finestra epatica. B) A sinistra si vede il polmone con le linee A e a destra il fegato; compreso fra le linee della pleura e del peritoneo si evidenzia il diaframma. C) Visualizzazione del diaframma attraverso la finestra epatica in M-mode.

Alterazioni dell'escursione diaframmatica e riduzioni nello spessore e/o ispessimento in inspirio del diaframma si evidenziano nella paralisi diaframmatica o in patologie croniche quali i

disordini neuromuscolari e la malattia polmonare ostruttiva cronica (17, 18).

Lo studio ecografico del diaframma viene anche impiegato in terapia intensiva per guidare lo svezzamento dalla ventilazione meccanica o l'eventuale rischio di reintubazione (19).

### UNA METODICA ALLA PORTATA DI TUTTI

È stato dimostrato come la capacità di eseguire ecografie polmonari possa essere facilmente acquisita in breve tempo anche da studenti di medicina senza alcuna competenza in ambito ecografico (20, 21). Nello studio di Heiberg, 16 studenti senza alcuna competenza ecografica sono stati in grado di acquisire un buon livello di autonomia dopo un semplice corso *online* e 4 ore di *training* manuale (21). In ambito clinico, nel 2006 Bedetti ha dimostrato come personale inesperto, dotato di strumentazione tecnologicamente non all'avanguardia, fosse in grado di valutare, dopo soli 30 minuti di formazione, il significato clinico delle linee B tanto quanto un ecografista esperto dotato di un strumento più avanzato (22). La curva di apprendimento della LUS è molto rapida, tanto che in recenti studio si conclude che basta essere affiancati soltanto per 12-18 ecografie per acquisire un'ottima autonomia di esecuzione (23, 24).

### CASO CLINICO

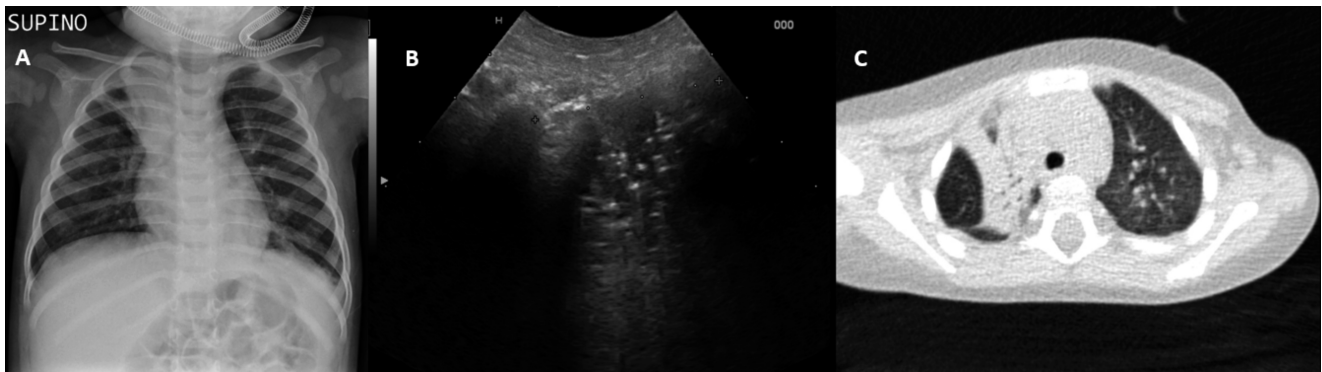
Matteo (nome di fantasia), bambino di 1 anno e 1 mese, veniva condotto in pronto soccorso pediatrico per febbre da alcuni giorni, vomito, diarrea ed inappetenza.

All'anamnesi patologica remota veniva segnalato esclusivamente un singolo episodio di bronchite asmatiforme a 11 mesi, trattato a domicilio.

All'esame obiettivo Matteo si presentava in buone condizioni generali, con un'obiettività generale sostanzialmente nella norma, fatta eccezione per una lieve desaturazione ( $\text{SatO}_2$  94%). Trattenuto in osservazione, si assisteva ad un progressivo peggioramento della dinamica respiratoria (con necessità di ossigenoterapia), associata a rumori umidi diffusi all'auscultazione toracica. Venivano eseguiti una radiografia del torace, con riscontro di polmonite apicale destra (figura 5A), ed esami ematici, che mostravano esclusivamente un aumento della proteina C reattiva (67 mg/L; valori normali < 2.9 mg/L). L'emogasanalisi venosa risultava nei limiti di norma.

Per la persistenza di ossigeno-dipendenza, Matteo veniva ricoverato presso il reparto di pediatria. In prima giornata di ricovero è stata iniziata terapia antibiotica con ceftriaxone (100 mg/kg/die) per via endovenosa. A seguito del progressivo peggioramento del *distress* respiratorio, in seconda giornata è stata effettuata ossigenoterapia ad alti flussi ed aggiunta terapia antibiotica con claritromicina (15 mg/kg/die) per via orale, salbutamolo spray con distanziatore e prednisone (1 mg/kg/die) per via orale. Al quinto giorno di ricovero persisteva invariata la necessità di supporto con alti flussi, per cui è stata intrapresa terapia aerosolica mucolitica con DNase (1250 UI per 2 volte al giorno) e soluzione ipertonica al 3%. Il giorno seguente è stata eseguita un'ecografia toracica con riscontro di area di epatizzazione a morfologia vagamente triangolare (di circa 3 x 4 cm) in sede apicale destra, con presenza di broncogramma aereo dinamico al suo interno ed in assenza di segni di versamento pleurico (figura 5B). Tale reperto rafforzava il sospetto di polmonite semplice e permetteva di escludere un quadro atelettasico. È stata anche eseguita una TC del torace, che mostrava fenomeni disventilatori a livello del segmento apicale e anteriore del lobo superiore destro, con broncogramma aereo contestuale, come da possibile impegno flogistico (figura 5 C), confermando quanto riscontrato all'ecografia. Esclusa la possibilità di un'atelettasia, si è deciso di modificare la terapia antibiotica, sostituendo i precedenti farmaci con tobramicina (6 mg/kg/die) e ceftazidime (75 mg/Kg/die), entrambi per via endovenosa.





**Fig. 5:** A) Radiografia del torace: evidente opacità con broncogramma aereo a destra, in sede apicale paramediastinica. Concomita inspessimento e risalita della piccola scissura interlobare omolaterale. B) Ecografia polmonare: area di epatizzazione a morfologia vagamente triangolare (di circa 3 x 4 cm) in sede apicale destra, con presenza di broncogramma aereo dinamico al suo interno ed in assenza di segni di versamento pleurico. C) TC del torace: fenomeni disventilatori a livello del segmento apicale e anteriore del lobo superiore destro, con broncogramma aereo contestuale, come da possibile impiego flogistico.

Dall’ottava giornata di ricovero, si è verificato un lento e graduale miglioramento della dinamica respiratoria, con progressiva riduzione dell’ossigenoterapia ad alti flussi fino alla sua completa sospensione in tredicesima giornata di ricovero.

Successivamente, Matteo si è sempre presentato eupnoico in aria ambiente.

Tutti gli esami infettivologici sono risultati negativi, ad eccezione del riscontro (alla biologia molecolare) di positività per Bocavirus, Rhinovirus ed Enterovirus.

L’assetto immunitario, il test del sudore e lo studio delle ciglia sono risultati nella norma.

## DISCUSSIONE

La polmonite rappresenta la principale causa di morte nei bambini in tutto il mondo.

È stimata un’incidenza globale annua di circa 150-156 milioni di casi nei bambini al di sotto dei 5 anni di età, dei quali circa 11-20 milioni richiedono ospedalizzazione e 1.1 milioni vanno incontro ad *exitus* (25). Secondo le linee guida dell’Organizzazione Mondiale della Sanità e di altre società, la diagnosi di polmonite è clinica e la radiografia del torace è raccomandata solo nei casi severi e complicati (25-27). Uno dei limiti principali di questa metodica è però il rischio cancerogenico legato all’esposizione alle radiazioni ionizzanti, che è maggiore nei bambini in quanto più sensibili a tale esposizione (28). Abbiamo già descritto come la LUS rappresenti una tecnica di *imaging* utile nella valutazione di diverse patologie polmonari ed in particolare nell’individuazione della polmonite nei bambini. La sua sensibilità e specificità appaiono elevate e sovrapponibili, se non addirittura superiori, alla radiografia del torace (12-15).

Ciononostante nella metanalisi di Orso et al si sottolinea che, considerata l’elevata eterogeneità e l’assenza di uno *standard* di riferimento affidabile nei lavori analizzati, sono necessari ulteriori studi (14). La LUS inoltre è un esame sicuro, portatile, economico e relativamente semplice da insegnare. Per tutti questi motivi la LUS dovrebbe essere presa in considerazione come strumento di *imaging* di prima linea per la diagnosi di polmonite (16).

Il caso clinico proposto è un esempio di come non sempre sia semplice differenziare l’atelettasia da un semplice addensamento polmonare alla radiografia del torace.

L’esame ecografico invece, mediante il riscontro di un broncogramma aereo dinamico e l’assenza del *lung pulse*, permette di escludere la presenza di una atelettasia ostruttiva, in cui per definizione non c’è passaggio di aria nei bronchi limitrofi all’addensamento (11).

Nel caso invece di un’atelettasia da riassorbimento (per esempio, successiva ad una pregressa polmonite), si potrebbe riscontrare ecograficamente il broncogramma aereo, ma in tal caso si tratterebbe di un broncogramma non “dinamico”, come nella polmonite, bensì “statico”, in quanto l’aria è letteralmente intrappolata all’interno delle vie aeree (11).

Ciò rende la LUS uno strumento importante per quanto riguarda le decisioni terapeutiche, anche perché permette di monitorare nel tempo il paziente.

Se ecograficamente l’atelettasia non si risolve, è indicato il ricorso ad una terapia inalatoria

con broncodilatatori, ed eventualmente mucolitici, ed alla fisioterapia respiratoria (29). Se anche ciò non induce miglioramento, può essere allora necessario eseguire una broncoscopia per indagare ed eventualmente rimuovere la causa dell'ostruzione (29).

## CONCLUSIONI

Nel caso illustrato è stata utilizzata una metodica di *imaging* di recente applicazione nell'ambito della patologia polmonare pediatrica e dalle grandi prospettive future. La LUS è infatti una metodica di facile e rapido apprendimento per chiunque, fornisce numerose informazioni senza arrecare alcun danno al paziente ed ha un costo estremamente contenuto.

Questa metodica potrebbe in futuro non solo sostituire la convenzionale radiografia del torace come esame di prima linea in molti pronto soccorso, ma addirittura divenire uno strumento d'uso quotidiano anche per il pediatra di famiglia.

La tabella 1 presenta un quadro riassuntivo dell'aspetto delle linee pleuriche, del parenchima e del broncogramma alla LUS in base alla patologia.

**Tab. 1:** Rappresentazione riassuntiva delle linee pleuriche, della parenchima e del broncogramma in base alla patologia

PATOLOGIA	Linea Pleurica	Parenchima	Broncogramma	Note
Polmonite	- Irregolare e ipoecogena - Sliding ridotto o assente - Lung-pulse assente	- Area iper-ecogena	- Presente e dinamico	- Presenza di linee B attorno all'addensamento
Atelettasia	- Irregolare e ipoecogena - Sliding assente - Lung-pulse presente	- Area iper-ecogena	- Assente / Presente e statico	- Nell'atelettasia ostruttiva broncogramma aereo statico si vede nelle fasi iniziali. Scompare poi al progressivo riassorbirsi dell'aria
Embolia polmonare	- Ipoecogena - Sliding ridotto o assente	- Area ipo-ecogena	- Assente	- Lesione a margini netti spesso a forma triangolare - Possono essere presenti
Pneumotorace	- Sliding Assente - Lung-pulse assente	- Linee A - Totale assenza line B	-	- Presenza del Lung Point ai margini del PNX
Versamento Pleurico	- Sliding Assente - Lung-pulse assente	- Area anecogena / ipo-ecogena	-	- Può presentare caratteristiche diverse a seconda delle caratteristiche della raccolta liquida
Scompenso cardiaco/ eccesso fluidi	- Sliding presente	- Predominanza di linee B	-	- Più numerose verso le basi polmonari fino a quadri di white lung - Quadro simmetrico bilateralmente
TTN (tachipnea transitoria del neonato)	- Sliding presente	- Predominanza di linee B	-	- linee B più rarefatte agli apici e via via più compatte verso le basi polmonari - Quadro simmetrico bilateralmente - Presenza del double-lung point
RDS (sindrome da distress respiratorio)	- Inspessita ed irregolare - Sliding presente	- White lung diffuso	-	- Quadro simmetrico bilateralmente - nessun miglioramento ecografico dopo terapia con surfattante
Inalazione di meconio	- A tratti inspessita e irregolare - Sliding presente/ ridotto	- Predominanza di linee B - Aree iper-ecogene	Presente	- Le aree iperecogene corrispondono a piccole atelettasie o addensamenti - Quadro bilaterale ma asimmetrico ed irregolare

## Bibliografia

- (1) Laursen CB, Davidsen JR, Gleeson F. *Thoracic Ultrasound*. ERS Monograph 2018; 2: 14-30.
- (2) Brogi E, Gargani L, Bignami E, et al. *Thoracic ultrasound for pleural effusion in the intensive care unit: a narrative review from diagnosis to treatment*. Crit Care 2017; 21: 325.
- (3) Summerfield DT, Johnson BD. *Hot topic in Ecocardiography, Lung Ultrasound Comet Tails – Technique and Clinical Significance*. Angelo Squeri Ed. 2013; 3: 51-64.
- (4) Cardinale L, Volpicelli G, Garofalo G, et al. *Clinical application of lung ultrasound in patients with acute dyspnea: differential diagnosis between cardiogenic and pulmonary causes*. Radiol Med 2009; 114: 1053-1064.
- (5) Lee CW, Kory PD, Arntfield RT. *Development of a fluid resuscitation protocol using inferior vena cava and lung ultrasound*. J Crit Care 2016; 31: 96-100.
- (6) Cattarossi L. *Lung ultrasound: its role in neonatology and pediatrics*. Early Human Development 2013; 89: S17-19.
- (7) Copetti R, Cattarossi L. *The “double lung point”: an ultrasound sign diagnostic of transient tachypnea of the newborn*. Neonatol 2007; 91: 203-209.
- (8) Cattarossi L, Copetti R, Poskurica B, et al. *Surfactant administration for neonatal respiratory distress does not improve lung interstitial fluid clearance: echographic and experimental evidence*. J Perinat Med 2010; 38: 557-563.
- (9) Liu J, Cao HY, Fu W. *Lung ultrasonography to diagnose meconium aspiration syndrome of the newborn*. J Int Med Res 2016; 44: 1534-1542.
- (10) Copetti R, Cattarossi L. *Ultrasound diagnosis of pneumonia in children*. Radiol Med 2008; 113): 190-198.
- (11) Lichtenstein DA, Lascols N, Prin S, et al. *The “lung pulse”: an early ultrasound sign of complete atelectasis*. Intensive Care Med 2003; 29: 2187-2192.
- (12) Hu Q-J, Shen Y-C, Jia L-Q, et al. *Diagnostic performance of lung ultrasound in the diagnosis of pneumonia: a bivariate meta-analysis*. Int J Clin Exp Med 2014; 7: 115-121.
- (13) Pereda MA, Chavez MA, Hooper-Miele CC, et al. *Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children: a meta-analysis*. Pediatrics 2015; 135: 714-722.
- (14) Orso D, Ban A, Guglielmo N. *Lung ultrasound in diagnosing pneumonia in childhood: a systematic review and meta-analysis*. J Ultrasound 2018; 21: 183-195.
- (15) Balk DS, Lee C, Schafer J, et al. *Lung ultrasound compared to chest X-ray for diagnosis of pediatric pneumonia: A meta-analysis*. Pediatr Pulmonol 2018 Apr 26. doi: 10.1002/ppul.24020.
- (16) Bourcier JE, Braga S, Garnier D. *Lung Ultrasound Will Soon Replace Chest Radiography in the Diagnosis of Acute Community-Acquired Pneumonia*. Curr Infect Dis Rep 2016; 18: 43.
- (17) Fayssoil A, Behin A, Ognà A, et al. *Diaphragm: Pathophysiology and Ultrasound Imaging in Neuromuscular Disorders*. J Neuromuscul Dis 2018; 5: 1-10.
- (18) Smargiassi A, Inchingolo R, Tagliaboschi L, et al. *Ultrasonographic assessment of the diaphragm in chronic obstructive pulmonary disease patients: relationships with pulmonary function and the influence of body composition - a pilot study*. Respiration 2014; 87: 364-371.
- (19) Li C, Li X, Han H, et al. *Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: A meta-analysis*. Medicine (Baltimore) 2018; 97: e10968.
- (20) Lim JS, Lee S, Do HH, Oh KH. *Can Limited Education of Lung Ultrasound Be Conducted to Medical Students Properly? A Pilot Study*. Biomed Res Int 2017; 2017: 8147075.
- (21) Heiberg J, Hansen LS, Wemmelund K, et al. *Point-of-Care Clinical Ultrasound for Medical Students*. Int Open 2015; 1: E58-66.
- (22) Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A, et al. *Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography*. Cardiovasc Ultrasound 2006; 4: 34.

- (23) See KC, Ong V, Wong SH, et al. *Lung ultrasound training: curriculum implementation and learning trajectory among respiratory therapists*. Intensive Care Med 2016; 42: 63-71.
- (24) Tutino L, Cianchi G, Barbani F, et al. *Time needed to achieve completeness and accuracy in bedside lung ultrasound reporting in intensive care unit*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2010; 18: 44.
- (25) Bryce J, Boschi-Pinto C, Shibuya K, et al. *WHO estimates of the causes of death in children*. Lancet 2005; 365: 1147-1152.
- (26) Bradley JS, Byington CL, Shah SS, et al. *The management of community-acquired pneumonia in infants and children older than 3 months of age: Clinical practice guidelines by the Pediatric Infectious Diseases Society and the Infectious Diseases Society of America*. Clin Infect Dis 2011; 53: e25.
- (27) Harris M, Clark J, Coote N, et al. *British Thoracic Society guidelines for the management of community acquired pneumonia in children: Update 2011*. Thorax 2011; 66:S1-23.
- (28) Frush DP, Slovis TL. *Radiation bioeffects, risks, and radiation protection in medical imaging in children*. In: Coley BD, (ed). *Caffey's pediatric diagnostic imaging*. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2013;3-11.
- (29) Peroni DG, Boner AL. *Atelectasis: mechanisms, diagnosis and management*. Paed Respir Rev 2000; 1: 274-278.