



# Ultrazvuk prsišta u dijagnostici, liječenju i praćenju plućnih bolesti u djece

## Role of lung ultrasound in diagnostics, treatment and follow up of respiratory disease in children

Jasna Petrić Duvnjak<sup>1,2,3</sup>✉

<sup>1</sup> Poliklinika Pediatri, Split

<sup>2</sup> Opća i veteranska bolnica „Hrvatski ponos“ Knin

<sup>3</sup> Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet Split

### Ključne riječi

ULTRAZVUK PRSIŠTA;  
INFEKCIJA DIŠNOG SUSTAVA;  
DJECA

### Key words

LUNG ULTRASOUND;  
RESPIRATORY TRACT INFECTION;  
CHILDREN

**SAŽETAK.** Ultrazvuk prsišta je metoda kojom liječnik nakon anamneze i kliničkog statusa dobije odgovor postoji li infekcija donjega dišnog sustava, kolike je veličine i postoje li komplikacije. Jasno se može odrediti kakav je izgled ultrazvuka prsišta zdravog djeteta. Izgled tipičnih artefakata uputit će nas na etiologiju infekcije i usmjeriti liječenje. Pneumonija se prikazuje ili kao alveolarna infiltracija kod bakterijskog uzročnika ili akutni intersticijski sindrom kod virusnog uzročnika. Tijekom pandemije COVID-19 uočene su ultrazvučne promjene parenhima pluća koje se mijenjaju ovisno o težini bolesti. Težina bronhiolitisa može se ocijeniti veličinom zahvaćenih ultrazvučnih promjena. Odgovor na liječenje jasno je vidljiv i mjerljiv. Sustavnim ponavljanjem na vrijeme se mogu uočiti komplikacije pneumonije, kao što su pleuralni izljev i apsces.

**SUMMARY.** Respiratory tract infection is the most common pediatric pathology. Performing lung ultrasound right after taking history and medical exam will clearly confirm existence of lung infection in children. In the case of normal lung ultrasound exam diagnostic algorithm will change a path and unnecessary treatment will be avoided. Lung ultrasound can exactly describe place, size and quality of infiltration. Following same scanning protocol can keep track on changes. Typical artefacts on lung ultrasound will direct us to probably cause of infection and treatment option. Follow up lung ultrasound after 48 hours of treatment or in case of clinical deterioration will determine progression of illness and need for correction of therapy. Lung ultrasound will decrease a need for classical X-ray imaging (chest X-ray, computed tomography). Avoiding exposure of children to radiation will impact malignant induction that children are more prone than adults.

Respiratorne infekcije globalno su glavni uzrok obojavanja. Procjenjuje se da je godišnja incidencija 17,2 milijuna infekcija gornjega dišnog sustava te 291 milijun infekcija donjeg dišnog sustava.<sup>1</sup> Najčešći razlog javljanja liječniku u dječjoj dobi također je infekcija dišnog sustava.<sup>2</sup> U evaluaciji bolesnika koriste se laboratorijske i mikrobiološke analize te radiološke pretrage. Osim anamneze i kliničkog pregleda, jedino ultrazvuk prsišta može biti učinjen odmah uz bolesnika u istom vremenu pregleda i može ga napraviti ista osoba koja pregledava dijete. Na takav način odmah dostupno saznanje o izgledu plućnog parenhima s prethodno prikupljenim informacijama dat će odgovore: radi li se o infekciji donjega dišnog sustava, kolika je veličina infekcije, a samim time i težina bolesti i postoje li komplikacije. Izgled ultrazvučne promjene ujedno će nas uputiti u smjeru liječenja razlikujući promjene vjerojatno bakterijskog ili virusnog uzročnika.

### Oprema i tehnika snimanja

Ultrazvučni aparati opremljeni su ultrazvučnim sondama različitog oblika i frekvencije. Odabir sonde

ovisi veličini i starosti djeteta i patologiji. Anatomske značajke prsnog koša djece koje odlikuju mali plućni volumeni i tanki prsni koš omogućavaju primjenu ultrazvučnih sondi visoke frekvencije, odnosno manje prodornosti ultrazvučnih zraka. Promjene bliže površini, tj. koži, prikazat će se jasno visokofrekventnom linearnom sondom (5 – 15 MHz), dok će za dublje strukture biti bolja sonda manje frekvencije. Preporučuje se korištenje linearne sonde od 6 – 12 MHz i konveksne odnosno semikonveksne sonde od 3,5 – 5,0 MHz. Međutim, plućni parenhim moguće je prikazati i ostalim sondama, npr. mikrokonveksnom sondom od 5 MHz koju je koristio i Lichtenstein, pionir ultrazvuka prsišta.<sup>3</sup>

Bilo da sjede ili leže, djeca moraju mijenjati položaj tijekom pregleda, jer je potrebno skenirati prsni koš cijelim obimom, sa svih strana. Ako su mirnija, djeca mogu sjediti u roditeljskom krilu, dojiti ili piti.

### ✉ Adresa za dopisivanje:

Dr. Jasna Petrić Duvnjak, dr. med., Poliklinika Pediatri, Kranjčevićeva 45, 21000 Split,  
e-pošta: [jasna.petric1@gmail.com](mailto:jasna.petric1@gmail.com)

Za opis se uobičajeno služimo anatomskim orijentacijskim linijama (parasternalna, medioklavikularna, prednja i stražnja aksilarna, skapularna, paravertebralna) od apeksa do baze pluća, koje omeđuju prednju, lateralnu i stražnju zonu lijevog i desnog pluća. Prednja zona od prsne kosti do prednje aksilarne linije podijeljena je medioklavikularnom linijom na četiri kvadranta. Lateralnu zonu između prednje i stražnje aksilarne linije dijelimo na dva kvadranta: gornji i donji, a stražnju zonu od stražnje aksilarne linije i kralježnice čine tri dijela (gornji, srednji i donji). Sondom se prelazi od ošita, koji služi kao prva orijentacijska točka, prema kranijalno. Položaj sonde je transverzalne i longitudinalne orijentacije.

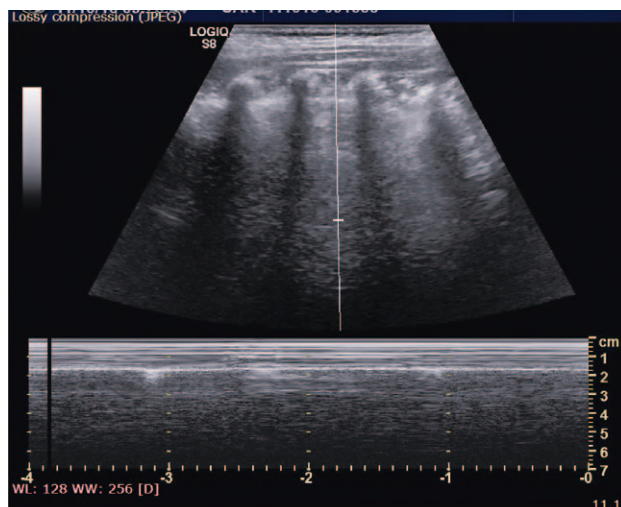
Debljina djeteta i otok mekih tkiva povećavaju debljinu tkiva iznad pleure i smanjuju dubinu ultrazvučnog prikaza. Postojanje zraka u potkožnom prostoru (supkutani emfizem), što se često vidi nakon traume, dovesti će do odbijanja ultrazvučnih zraka i svaki prikaz dublje od te razine biti će onemogućen.<sup>4</sup>

Prikaz u stvarnom vremenu omogućit će izvođenje intervencijskih zahvata, gdje se pod kontrolom ultrazvuka može postaviti torakalni dren, punktirati pleuralni prostor ili parenhim.<sup>5</sup>

### Ultrazvučni prikaz prsišta

Osnovni prikaz u B-modu ultrazvučnom sondom usmjerenom u longitudinalnoj osi prikazuje međurebreni prostor s pripadajućim gornjim i donjim rebrom i njihovom akustičkom sjenom. Ispod kože i potkožnog tkiva uočava se linija pleure koja je najsjajnija, hiperehogena, skoro vodoravna linija, debljine do 2 mm. Usporedno s linijom pleure ponavljaju se vodoravne A-linije, čiji broj može varirati i jednake su međusobne udaljenosti kao i koža od linije pleure. A-linije ne nalazimo u dijelovima pluća bez zraka. Osnovni izgled na ultrazvuku nalikuje šišmišu pa se stoga naziva znak šišmiša (engl. *bat sign*). Promjenom u M-mod isti prikaz izgleda poput morske obale s užim gornjim dijelom vodoravnih linija i donjim, širim, zrnatim dijelom (engl. *seashore sign*) (slika 1).

Postoje dinamički i statički znakove na ultrazvučnom prikazu prsnog koša.<sup>3</sup> Statičke linije su A, B, Z i E-linije. Linije poput repa komete, okomite orijentacije (engl. *comet-tail artifact*) jesu B, Z i E-linije. B-linije su dobro vidljive, poput laserskih zraka. Uvijek započinju od pleuralne linije i jednakim intenzitetom ne prestaju do kraja ekrana. Na svom putu djelomično brišu A-linije. B-linije se miču usklađeno s disanjem. E-linije počinju iz površnih slojeva iznad pleure koja uopće nije vidljiva, dobro su definirane, hiperehogene i jednakog su intenziteta do kraja ekrana. Vide se kod sačme ili supkutanog emfizema. Z-linije su slične B-linijama, počinju kao i B-linije od linije pleure, ali su slabije definirane te prestaju nakon 1–3 cm, ne pomiču



SLIKA 1. OSNOVNI ULTRAZVUČNI PRIKAZ PRSIŠTA U B I M MODU.  
FIGURE 1. BASIC LUNG ULTRASOUND VIEW B – MODE AND M – MODE.

se s disanjem i ne brišu A-linije na svom putu. Z-linije nemaju kliničke važnosti.

Plućna točka, pulsiranje pluća i klizanje su dinamički znakovi. Na mjestu dodira parijetalne pleure i pluća kod nepotpunog pneumotoraksa vidi se plućna točka (engl. *lung point*), i ona jasno razgraničava područje gdje se pluća pomiču disanjem od nepomičnog dijela ispunjenog zrakom. Ne vidi se kod potpunog pneumotoraksa. Pulsiranje pluća (engl. *lung pulse*), u blizini srca, ne vidi se kod pneumotoraksa. Vrlo je uočljivo, osobito na plućnim bazama, gibanje pluća (engl. *lung sliding*) tijekom disanja, odnosno pomicanje visceralne o parijetalnu pleuru. Klizanje pluća nije vidljivo kod prestanka disanja, iznad atelektaze i pneumotoraksa. Kod supkutanog emfizema i u asmatskom statusu izrazito je oslabljeno.

### Pleuralni izljev

Pleuralni izljev se javlja u 2 – 12% djece koja boluju od pneumonije.<sup>6</sup> Vrlo je lako uočiti pleuralni izljev ultrazvukom kada se umjesto plućnog parenhima na najnižem mjestu u prsištu ovisno o položaju djeteta uočava anehogeni transudat (crne boje). Ako se radi o eksudatu unutar anehogenog prikaza vidjet će se točkasti hiperehogeni odjeci (znak planktona) nastali od plina koje otpuštaju bakterijski uzročnici. Daljnjom progresijom pleuralnog izljeva vide se septe (fibrinske niti), koje u početku slobodno flotiraju u pleuralnom izljevu, a kasnije mogu biti fiksirane između visceralne i parijetalne pleure. Može se formirati i rubni sediment.<sup>5,7</sup> U završnoj fazi kada je izljev organiziran formiraju se mali, okruglasti prostori poput pčelinjeg sača.

U M-modu parijetalna pleura koja čini gornju granicu ravna je linija; s obzirom na pomicanje tijekom

disanja visceralna pleura se prikazuje sinusoidnom linijom. To je znak respiracijske interpleuralne varijacije ili sinusoidni znak i tipičan je za pleuralni izljev.<sup>81</sup> Kod veće količine pleuralnog izljeva i pritiska na konsolidirano pluće, ono će flotirati u pleuralnom izljevu (engl. *jellyfish sign*). S obzirom na razliku u gustoći hilotoraks i hemotoraks će biti više ehogeni izljevi s izraženim znakom planktona.

Mjesto torakocenteze određeno je mjestom gdje je najširi pleuralni izljev. Općenito je pravilo za sigurnu torakocentezu izljev minimalne širine od 1,5 cm u minimalno tri međurebrena prostora (punktira se srednji međurebreni prostor).<sup>9</sup> Ovisno o količini i kvaliteti, tj. gustoći pleralnog izljeva, fibrinskih niti i septi indicirana je intrapleuralna fibrinoliza kroz torakalni dren ili kirurško odstranjenje septi (engl. VATS – *video assisted thoracoscopy*).<sup>10</sup>

Ultrazvučno se prati smanjenje pleuralnog izljeva i pravo vrijeme za zatvaranje drena. Dren se može odstraniti ako nije došlo do povećanja pleuralnog izljeva nakon 24-satnog zatvaranja. Pritom treba prihvatiti da će se manja količina ostatnoga pleuralnog izljeva oko mjesta drenaže u kratko vrijeme reapsorbirati.

### Pneumotoraks

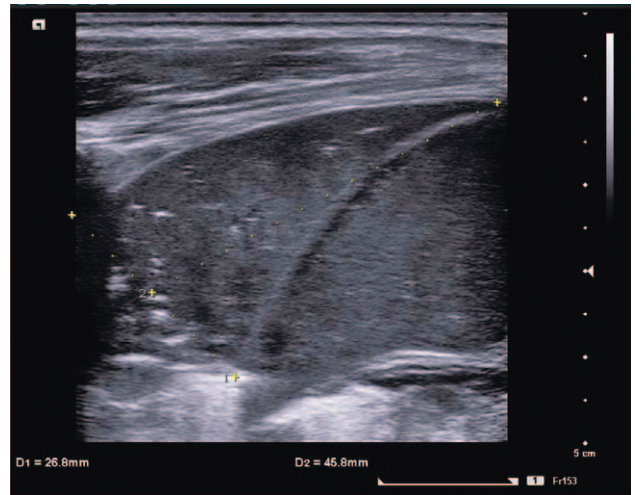
Pneumotoraks, odnosno zrak u pleuralnoj šupljini između dva lista pleure sprječava klizanje pluća jer ih odmiče od stijenke prsnog koša. A-linije su vidljive, B-linije ne.

U M-modu slika podsjeća na barkod (engl. *stratosphere sign*). Nakon početka drenaže plućna točka se pomiče od stražnje zone prema anteriorno kod položaja na leđima.<sup>11</sup>

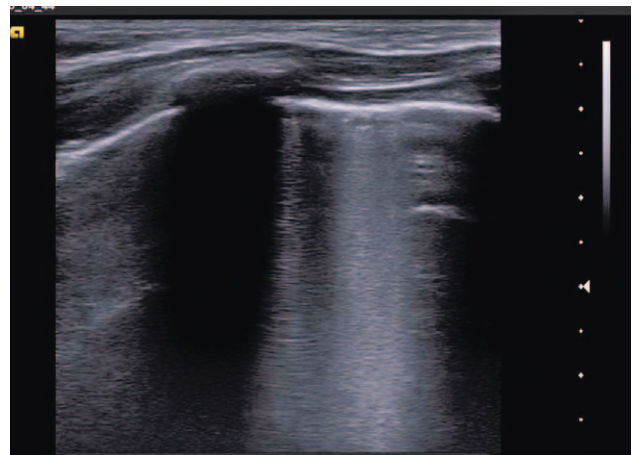
### Pneumonija

Tijekom bakterijske pneumonije ovisno o vremenu trajanja bolesti mijenja se ultrazvučni prikaz. U početku je vidljiva manja subpleuralna konsolidacija, a njenim povećanjem uočava se dinamički zračni bronhogram. Kada bolest zahvati čitav režanj vidjet će se hepatizacija pluća. Zdravo od bolesnog dijela plućnog parenhima odjeljuje hiperehogena, nazubljena linija (engl. *shredded sign*) od koje često polaze linije slične B-linijama.<sup>12</sup> Promjene mogu biti jednostrane, obostrane i multifokularne. Tijekom uspješnog liječenja dolaziti će do mijenjanja ultrazvučnog prikaza, alveolarna infiltracija će se smanjivati, postati manja subpleuralna, na kraju s hiperehogenom nazubljenom pleurom i zatim sasvim urednim prikazom po izlječenju (slika 2).

Akutni intersticijski sindrom je tipičan prikaz kod virusne pneumonije, ali se vidi i kod akutnoga respiratornog distress sindroma (ARDS-a), kroničnih intersticijskih bolesti i edema pluća.



SLIKA 2. ALVEOLARNA INFILTRACIJA VEL 4.58 × 2.68 CM  
FIGURE 2. ALVEOLAR INFILTRATION SIZE 4.58 × 2.68 CM



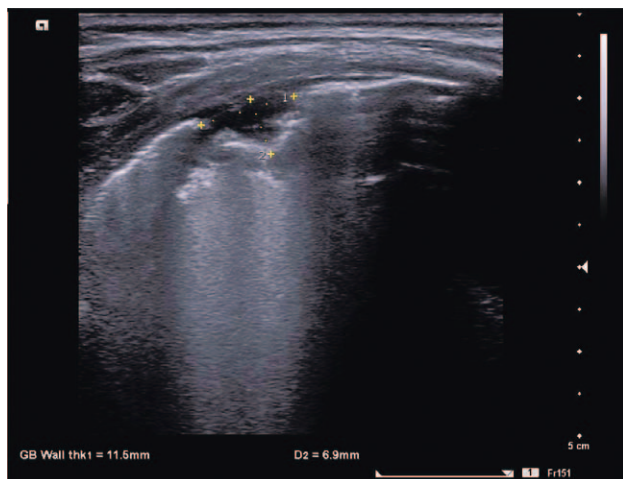
SLIKA 3. AKUTNI INTERSTICIJSKI SINDROM  
FIGURE 3. ACUTE INTERSTITIAL SYNDROME

Karakteriziraju ga vidljive B-linije koje polaze od hiperehogene zadebljale pleure. Ako su B-linije razmaknute oko 7 mm, to su B7-linije (Kerleyeve B-linije na radiogramu pluća, tj. interlobularne septe). B3-linije su udaljene oko 3 mm i odgovaraju nalazu zamućenog stakla na radiogramu pluća. U jednom međurebrenom prostoru može se kod zdravih osoba (u 28% slučajeva), posebno pri bazi pluća straga, vidjeti jedna do dvije B-linije<sup>13</sup> (slika 3).

### Infekcija COVID-19

U početnom stadiju bolesti vidljiv je akutni intersticijski sindrom s nepravilnošću pleure, B-linijama (diskretnim, multifokalnim ili konfluirajućim) i subpleuralnim konsolidacijama.<sup>14</sup> U studijama koje su obuhvaćale odraslu populaciju napredovanjem bolesti vidjele su se multilobarne promjene, povećanje veličine alveolarnog infiltrata i rjeđe pleuralni izljev. Promjene su češće u posteriornim i bazalnim dijelovima pluća.<sup>15</sup> (slika 4).





SLIKA 4. SUBPLEURALNA INFILTRACIJA VELIČINE 1.15 × 0.69 CM  
 FIGURE 4. SUBPLEURAL INFILTRATION SIZE 1.15 × 0.69 CM

### Bronhiolitis

Dijagnoza bronhiolitisa je prvenstveno klinička. Prema smjernicama nije indicirano radiografsko rutinsko snimanje<sup>16</sup>, dapače, zbog najčešće vrlo nespecifičnih promjena na radiogramu pluća djece s bronhiolitisom započinje se često nepotrebno antibiotska terapija.<sup>17,18</sup> Akutni intersticijski sindrom vidljiv je kod bronhiolitisa sprijeda i straga u više od 6 međurebrenih prostora. Ističe se nepravilna, hiperehogena pleura, subpleuralni konsolidati (obično manji od 5 mm) i B-linije koje mogu konfluirati. Progresija ultrazvučnih promjena izravno korelira s težinom kliničke slike i potrebom liječenja dodatim kisikom.<sup>18</sup> Ponekad se vidi atelektaza. Upala pluća prikazuje se kao alveolarna konsolidacija s dinamičkim zračnim bronhogramom.<sup>19,20</sup>

### Atelektaza

Atelektaza se na ultrazvučnom prikazu vidi vrlo slično kao alveolarna infiltracija s bronhogramom koji je u ovom slučaju bez gibanja, djeluje prazno i prikazuje jasni odljev bronhalnog stabla, te se zato naziva statički zračni bronhogram. Oko atelektaze ostale anatomske strukture postaju dobro vidljive (bronhi, plućna arterija, gornja šuplja vena). Nema klizanja pluća iznad područja atelektaze, ali je često vidljivo pulsiranje.

### Apsces pluća

Komplikacija pneumonije je apsces pluća koji se prikazuje kao okruglasta tvorba u području alveolarne konsolidacije u kojoj se vide hiperehogeni odjeci plina. Unutrašnjost apscesa se pomiče micanjem djeteta radi miješanja tekućine i zraka i nalikuje na vrtlog (engl. *swirl sign*).

Nekoliko apscesnih šupljina može se spajati i međusobno konfluirati.

### Zaključak

S obzirom na veliku incidenciju respiratornih infekcija u svakodnevnom radu pedijatra ultrazvuk prsišta nakon anamneze i kliničkog pregleda može jasno potvrditi postojanje infekcije donjega dišnog sustava. Isto tako, uredan ultrazvučni nalaz prsišta usmjerit će dijagnostičke postupke u drugom smjeru i spriječiti pretjerano liječenje. Ultrazvučna promjena se može precizno anatomski smjestiti, opisati njena kvaliteta i veličina. Ponavljanjem istog protokola skeniranja omogućava praćenje izmjerene veličine promjene. Izgled tipičnih artefakata na ultrazvuku prsišta usmjerit će nas na uzročnika, a time i na odabir načina liječenja. Kontrolnim mjerenjem nakon 48 sati od početka liječenja ili u trenutku kliničkog pogoršanja utvrdit ćemo progresiju infekcije i potrebu za promjenom terapijskog pristupa. Brzina ozdravljenja i povlačenja ultrazvučnih promjena jest individualna. Primjenom ultrazvuka prsnog koša umanjuje se potreba za klasičnim radiološkim metodama poput rendgenograma (RTG) i računalne tomografije (CT) pluća. Smanjuje se izlaganje djece ionizirajućem zračenju i samim time indukcija malignih bolesti na koju su djeca osjetljivija nego odrasle osobe.

### Zahvala

*Zahvaljujem svojim učiteljima: prof. dr. sc. Marijanu Saragi, prof. dr. sc. Nevenu Pavlovu i dr. Slavici Dragišić-Ivulić na neizmjerljivoj podršci i znanju koje su mi prenijeli. Kolegama i članovima Hrvatskog društva za pedijatrijsku pulmologiju zahvaljujem na prepoznavanju važnosti ultrazvuka prsišta u svakodnevnom radu.*

### LITERATURA

1. Vos T, Allen C, Arora M, Barber RM, Bhutta ZA, Brown A i sur. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016; 388:1545–602.
2. Alpern ER, Stanley RM, Gorelick MH, Donaldson A, Knight S, Teach SJ i sur. Epidemiology of a pediatric emergency medicine research network: the PECARN core data project. *Pediatric Emerg Care*. 2006; 22(10):689–99.
3. Lichtenstein DA. *General ultrasound in the critically ill*. Springer; 2010.
4. Testa A, Soldati G, Copetti R, Giannuzzi R, Portale G, Gentiloni-Silveri N. Early recognition of the 2009 pandemic influenza A (H1N1) pneumonia by chest ultrasound. *Crit Care*. 2012;16:30.
5. Prina E, Torres A, Carvalho CRR. Lung ultrasound in the evaluation of pleural effusion. *J Bras Pneumol*. 2014;40:1–5.
6. Heuvelings CC, Bèlard S, Andronikou S, Lederman H, Moodley H, Grobusch MP i sur. Chest ultrasound for the diagnosis of pediatric pulmonary diseases: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. *Br Med Bull*. 2018;129: 35–51.

7. *Lichtenstein D, Lascols N, Mezière G, Gepner A.* Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2004;30:276–81.
8. *Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, Tostivint T, Mezière G.* Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med.* 1999; 25:955–8.
9. *Smargiassi A, Inchingolo R, Soldati G, Copetti R, Marchetti G, Zanforlin A i sur.* The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document II. *Multidiscip Respir Med.* 2013;8:55.
10. *Balfour-Lynn IM, Abrahamson E, Cohen G, Hartley J, King S, Parikh D, Spencer D i sur.* BTS guidelines for the management of pleural infection in Children. *Thorax* 2005;60:i1–i2.
11. *Volpicelli G.* Sonographic diagnosis of pneumothorax. *Intensive Care Med.* 2011;37(2):224–32.
12. *Lichtenstein DA.* BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest.* 2015;147(6):1659–70.
13. *Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A, Barrè O.* The comet-tail artifact an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997; 156:1640–6.
14. *Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, Buonsenso D, Perrone T, Briganti DF i sur.* Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for patients with COVID-19. *J Ultrasound Med.* 2020;10:1002.
15. *Peng QY, Wang XT, Zhang LN; Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG).* Findings on lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020;12:1–2.
16. *Ralston SL, Lieberthal AS, Meissner HC, Alverson BK, Baley JE, Gadomski AM i sur.* Clinical practice guideline: the diagnosis, management, and prevention of bronchiolitis. *Pediatrics.* 2014;134(5):e1474–502.
17. *Dawson KP, Long A, Kennedy J, Mogridge N.* The chest radiograph in acute bronchiolitis. *J Paediatr Child Health.* 1990; 26(4):209–11.
18. *Basile V, Di Mauro A, Scalini E, Comes P, Lofù I, Mostert M et al.* Lung ultrasound: a useful tool in diagnosis and management of bronchiolitis. *BMC Pediatr.* 2015;15:63.
19. *Biagi C, Pierantoni L, Baldazzi M, Greco L, Dormi A, Dondi A i sur.* Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children with acute bronchiolitis. *BMC Pulmonary Medicine.* 2018;18:191.
20. *Brodley WC, Viswanathan M, King VJ, Sutton SF, Jackman AM, Sterling L i sur.* Diagnosis and testing in bronchiolitis: a systematic review. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2004;158(2): 119–26.