

Jerneja Bizjak Kolšek¹, Jana Lozar Krivec²

Ultrazvok pljuč pri novorojenčku

Neonatal Lung Ultrasound

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: UZ pljuč, novorojenček, sindrom dihalne stiske novorojenčka, sindrom aspiracije mekonija, pnevmotoraks, prehodna tahipneja novorojenčka

Opredelitev vzroka dihalne stiske pri novorojenčku je pogosta diagnostična težava, pri kateri si lahko pomagamo z UZ pljuč, ki pa je zaradi odboja UZ-valov na stiku med tekočino in zrakom še do leta 2008 veljal za neprimerno slikovno metodo. Z UZ pljuč pogosto ne prikažemo neposredno pljučnega parenhima (kot npr. pri RTG ali CT prsnih organov), temveč si pri diagnozi pljučne patologije običajno pomagamo z analizo UZ-artefaktov. Pridobljene slike pogosto niso patognomonične za določeno bolezen, saj jih lahko vidimo pri različnih fizioloških in patoloških stanjih, vendar prisotnost različnih UZ-znakov skupaj s klinično sliko v večini primerov omogoča natančno diagnozo. UZ pljuč pri novorojenčku najpogosteje uporabljamo pri diagnostiki sindroma dihalne stiske novorojenčka, sindroma aspiracije mekonija, pnevmotoraksa in prehodne tahipneje novorojenčka. UZ pljuč je varna, natančna in zanesljiva metoda. Je neionizirajoča, saj ne uporablja sevanja, sorazmerno enostavna za izvedbo in učenje, poceni, relativno hitra, možno jo je uporabiti neposredno ob bolniku (na oddelku, kjer leži), rezultati pa so na voljo takoj. Usmerja zdravljenje in nadaljnje diagnostične postopke in omogoča opazovanje odzivov na naše ukrepe. Pomanjkljivost UZ pljuč je prepoznava le tistih sprememb, ki dosežejo površino pljuč oz. plevro. UZ pljuč bo sčasoma najverjetneje postal prva slikovna metoda v procesu diagnostike in zdravljenja novorojenčka z dihalno stisko, njegovo natančnost in primerljivost med bolniki pa bodo v prihodnosti še izboljšale standardizirane lestvice in točkovniki.

ABSTRACT

KEY WORDS: lung ultrasound, newborn, neonatal respiratory distress syndrome, meconium aspiration syndrome, pneumothorax, transient tachypnoea of the newborn

Determining the cause of respiratory distress in a newborn is a common diagnostic problem that can be assessed with a lung ultrasound. This, however, was considered an inappropriate method until 2008 due to the reflection of ultrasound waves at the interface between liquid and air layers. By using a lung ultrasound, we usually do not evaluate real images of the lung parenchyma (like on X-ray or CT scans), but are instead helped by numerous echogenicity patterns, which are generally only ultrasound artefacts. The obtained images are often not pathognomonic for a specific disease, as they can be seen

¹ Jerneja Bizjak Kolšek, dr. med., Klinični oddelek za neonatologijo, Pediatrična klinika, Bohoričeva ulica 20, 1000 Ljubljana; bizjak.jerneja@gmail.com

² Doc. dr. Jana Lozar Krivec, dr. med., Klinični oddelek za neonatologijo, Pediatrična klinika, Bohoričeva ulica 20, 1000 Ljubljana

in various physiological and pathological conditions, however, the presence of various ultrasound signs together with the clinical picture allows for an accurate diagnosis in most cases. The lung ultrasound is most often used in the diagnosis of newborn respiratory distress syndrome, meconium aspiration syndrome, pneumothorax, and transient tachypnoea of the newborn. The lung ultrasound is a safe, accurate and reliable method. It is non-ionizing, bedside, relatively simple for execution and easily taught; it is inexpensive, relatively fast, it can be used directly next to the patients (on the ward where they are lying) and results are available immediately. It directs the treatment and further diagnostic procedures and enables the observation of responses to our measures. The disadvantage of the lung ultrasound is the fact it only enables the recognition of changes that reach the surface of the lungs or the pleura. Over time, the lung ultrasound will most likely become the first imaging method in the process of diagnosing and treating newborns with respiratory distress, and its accuracy and comparability between patients will be further improved by standardized scales and scoring systems in the future.

UVOD

Opredelevitev vzroka dihalne stiske pri novorojenčku je zaradi nizke občutljivosti in specifičnosti kliničnih znakov ter diagnostičnih postopkov pogosto diagnostična težava (1). Do leta 2008 je veljalo prepričanje, da pljuč ne moremo pregledovati z UZ, saj se na stiku dveh snovi z zelo različno akustično impedanco UZ-valovi odbijejo in tako popolni odboj UZ na meji tkiva in zraka preprečuje nastanek neposredne slike pljučnega parenhima (2–4). V zadnjih letih pa je ultrazvok pljuč (UZP) postal uveljavljena diagnostična preiskava za opredeljevanje različnih neonatalnih pljučnih bolezni (1, 4, 5). Z UZP si lahko prikažemo tkiva prsnega koša in plevralni prostor s plevro ter patološke procese pljučnega parenhima v stiku s plevro (6). Da je UZP enako (ali celo bolj) učinkovita diagnostična metoda kot RTG prsnih organov (lat. *pulmo et cor*, pc), je potrdilo več nedavnih raziskav (5).

OSNOVE ULTRAZVOČNE PREISKAVE PLJUČ

Kaj je pomembno pri izvajanju ultrazvoka pljuč pri novorojenčku

Pri pregledovanju moramo zagotoviti, da je novorojenček v ležečem položaju in mu je pri tem udobno (7). Običajno je novorojen-

ček v inkubatorju ali ogrevani postelji (5). V ležečem položaju na hrbtu z UZ pregledujemo anteriorni in lateralni del prsnega koša, za posteriori del, če klinično stanje dopušča, pa moramo novorojenčka položiti na bok ali trebuh. Novejše smernice priporočajo, da pri UZP vedno pregledamo celoten prsni koš – anteriorno, lateralno in posteriorno. Raziskave, ki potrjujejo prednost celotnega pregleda prsnega koša, so sicer maloštevilne, saj je večina raziskovalcev v svojih raziskavah novorojenčke pregledovala le v legi na hrbtu, torej le anteriorni in lateralni del prsnega koša. Poleg tega pa lahko pri zelo nestabilnih/bolnih novorojenčkih ob spreminjanju položaja telesa povzročimo kardiorespiratorno nestabilnost, tako da dodatne informacije, ki jih dobimo s pregledom posteriornega predela, ne odtehtajo nevarnosti, ki ji je ob spremembi položaja telesa izpostavljen novorojenček. V večini primerov tako novorojenčke pregledujemo le v položaju, v katerem so, in jih ne premikamo oz. obračamo (7).

UZP je dinamična preiskovalna metoda. Pri izvajanju UZP moramo upoštevati spremembe, ki lahko nastanejo zaradi premikanja bolnika v različne položaje. Osnovno načelo, ki ga moramo upoštevati, je, da se pri na hrbtu ležečem bolniku zrak dvigne nad

tekočino in se tako nabere anteriorno in aksilarno, tekočina pa se razporedi dorzalno (6).

Pri novorojenčkih za UZP najpogosteje uporabljamo visokofrekvenčne (> 10 MHz) linearne sonde, kar se razlikuje od UZP pri odraslih, kjer običajno uporabljamo nizkofrekvenčne konveksne sonde. Linearne sonde so primernejše za pregled novorojenčkove tanke prsne stene in majhnih, še razvijajočih se pljuč (5, 7). V raziskavah, ki so primerjale rezultate preiskav med različno izkušenimi preiskovalci, se je izkazalo, da je najmanj odstopanj pri uporabi visokofrekvenčne mikrosone (angl. *hockey stick probe*), a je bila ponovljivost dobra, ne glede na strokovne izkušnje ocenjevalcev in vrsto sonde (7).

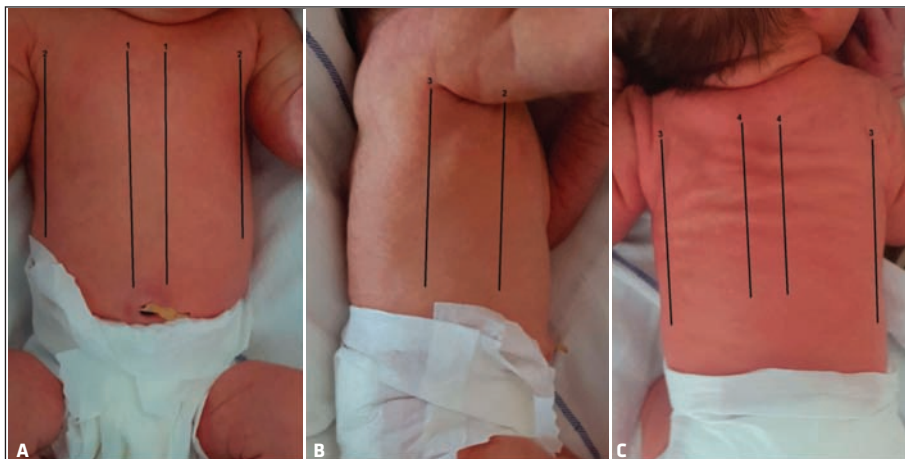
Postopek izvajanja ultrazvoka pljuč pri novorojenčku

Za standardizacijo postopka si izvajalec pred preiskavo površino prsnega koša navidezno razdeli na tri regije, ki jih prikazuje slika 1 (2):

- anteriorna regija: med parasternalno in anteriorno aksilarno linijo,
- lateralna regija: med anteriorno in posteriorno aksilarno linijo ter

- posteriorna regija: med posteriorno aksilarno in paravertebralno linijo.

Med UZP se preiskovalec poslužuje dveh pogledov oz. presekov, in sicer vzdolžnega (longitudinalnega) pogleda in prečnega (transverzalnega) pogleda. Preiskovalec pregled začne z vzdolžnim pogledom, pri katerem sondo z indikatorjem, obrnjenim proti glavi bolnika, postavi pravokotno na rebra v zgornji anteriorni regiji, nato pa z njo drsi v lateralni smeri od parasternalne linije proti aksili (6). Ko pregleda celotno zgornjo anteriorno regijo, sondo premakne nižje in nato še v preostale regije. Potem preiskovalec obrne sondo za 90° z indikatorjem, obrnjenim v bolnikovo desno, in jo položi vzporedno z rebri v medrebrne prostore, po katerih drsi v lateralni smeri. Lateralno drsenje pri zelo majhnem novorojenčku pogosto ni potrebno, saj dolžina sonde pokrije celotno širino pregledovanega predela oz. prsnega koša. Tako si prikaže še prečni pogled na pljuča novorojenčka (7). Na UZ-sliki so kranialno ležeče strukture na levi strani slike, kavalno ležeče strukture na desni strani, desna stran bolnika je na levi



Slika 1. Razdelitev površine prsnega koša na tri navidezne regije. Anteriorna regija med parasternalno (1) in anteriorno aksilarno (2) linijo (A). Lateralna regija med anteriorno (2) in posteriorno (3) aksilarno linijo (B). Posteriorna regija med posteriorno (3) aksilarno in paravertebralno (4) linijo (C).

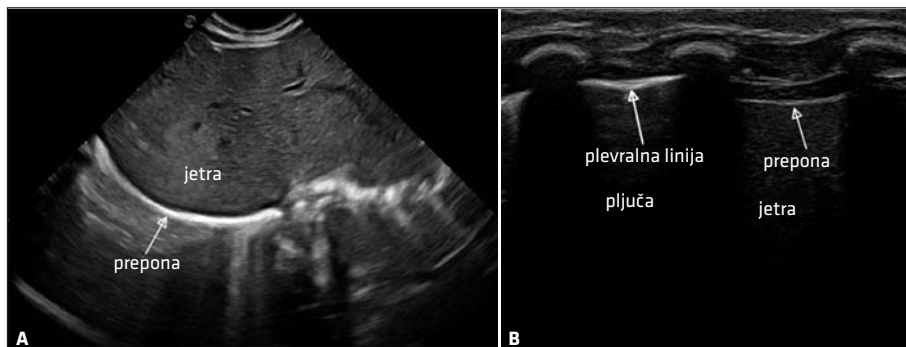
strani slike (6). Slika 2 prikazuje položaj sonde pri vzdolžnem in prečnem pogledu.

Mejo med prsnim košem in trebušno votlino nam določa prepona, ki jo lahko ocenjujemo lateralno ob jetrih in vranici ali subkostalno. Pri otrocih in suhih odraslih je možen tudi subksifoidni pogled na prepono, ki nam v B-načinu/na sivinski sliki (angl. *B-mode*) omogoča istočasni prikaz

leve in desne prepone in tako primerjavo njunega gibanja (8). Lateralno ob vranici ali jetrih je prepona vidna kot hipoehogena struktura, ki pa si je pri subkostalnem pogledu pogosto ne moremo prikazati. Prikažemo pa si lahko hiperehogeno linearno strukturo, ki v subkostalnem pogledu ločuje prsni koš in jetra oz. vranico (slika 3). Le-ta je pravzaprav ekvivalent plevralne



Slika 2. Prikaz položaja sonde pri vzdolžnem pogledu (sonda je pravokotna na rebra) (A) in pri prečnem pogledu (sonda je vzporedna glede na rebra) (B).



Slika 3. Prikaz prepone. Subksifoidni pogled s konveksno UZ-sondo (A). Lateralni pogled z linearno sondo (B).

linije bazalnega dela pljuč, tudi gibanje te linije in prepone je praktično ekvivalentno, razen v primerih patologije, ki odmakne bazalne dele pljuč od prepone (npr. plevralni izliv) (6). Pomembno je, da preiskovalec oceni prepono oziroma njeno gibanje, zato mora sondo položiti pod ksifoid, kjer si nato z nagibanjem sonde prikaže subkostalni pogled na diafragmo (7).

V nujnih primerih in pri znanih kroničnih bolnikih je UZP lahko bolj usmerjen glede na klinične podatke o bolniku (7).

Ultrazvok pljuč kot semikvantitativna metoda oz. funkcionalni ultrazvok pljuč

UZP se najpogosteje uporablja v diagnostične namene (kvalitativna metoda, deskriptivni UZP), v zadnjih letih pa so bile objavljene raziskave o uporabi UZP za pomoč pri sledenju bolezenskega dogajanja in pri odločitvah o zdravljenju (semikvantitativna metoda, funkcionalni UZP) (9).

Predstavljene so bile različne lestvice za spremljanje stopnje prizadetosti pljuč, ki služijo kot pomoč pri odločitvi o uvedbi specifičnega zdravljenja ali kot prognostični dejavnik za določeno bolezensko stanje. Lestvice so sestavljene iz vsote točk, ki jih preiskovalec dodeli določenemu področju pljuč glede na UZ-najdbe. Za izračun števila točk preiskovalec prsni koš razdeli v cone oz. kvadrante, ki jim nato določi število točk. Seštevek točk iz vseh kvadrantov predstavlja skupno oceno, ki omogoča presojo o stanju in napredovanju pljučne bolezni pri bolniku ter bolj objektivno primerjavo med različnimi bolniki ali med izvidi UZP pri istem bolniku v različnih časovnih obdobjih. V neonatologiji so omenjene lestvice v uporabi predvsem za odločitve o uvedbi zdravljenja s surfaktantom ali napovedovanju uspeha zdravljenja in tudi razvoja kronične bolezni pljuč novorojenčka (7).

Poleg lestvic so vedno bolj v uporabi tudi različni UZ-algoritmi. Raimondi in sodelavci so npr. predstavil protokol SAFE

(Sonographic Algorithm for liFe-threatening Emergencies) za uporabo v primeru nepričakovane hude dekompenzacije novorojenčka. Namen protokola je odkriti ali izključiti najnujnejše in morebitno smrtne zaplete, ki potrebujejo takojšnje ukrepanje (10).

OSNOVNI ELEMENTI ULTRAZVOKA PLJUČ

Ker pljuča napolnjuje zrak, ki omejuje neposredno UZ-pregledovanje pljučnega parenhima, pri UZP večinoma ne ocenjujemo resničnih slik, ampak si pomagamo z različnimi UZ-artefakti (6, 7).

Ultrazvok zdravih pljuč

Na statičnem UZ-posnetku prsnega koša zdravega novorojenčka si od zgoraj navzdol sledijo (7):

- koža, podkožje in mišice prsnega koša,
- rebra, ki so lahko hrustančasta ali že zakostenela, medrebrne mišice ter
- plevralna linija.

Te tri strukture UZ prikaže takšne, kot anatomsko so (t. i. resnična UZ-slika). Pri zdravih pljučih si struktur pod plevralno linijo ne moremo prikazati, vidni so le artefakti (7).

Plevralna linija

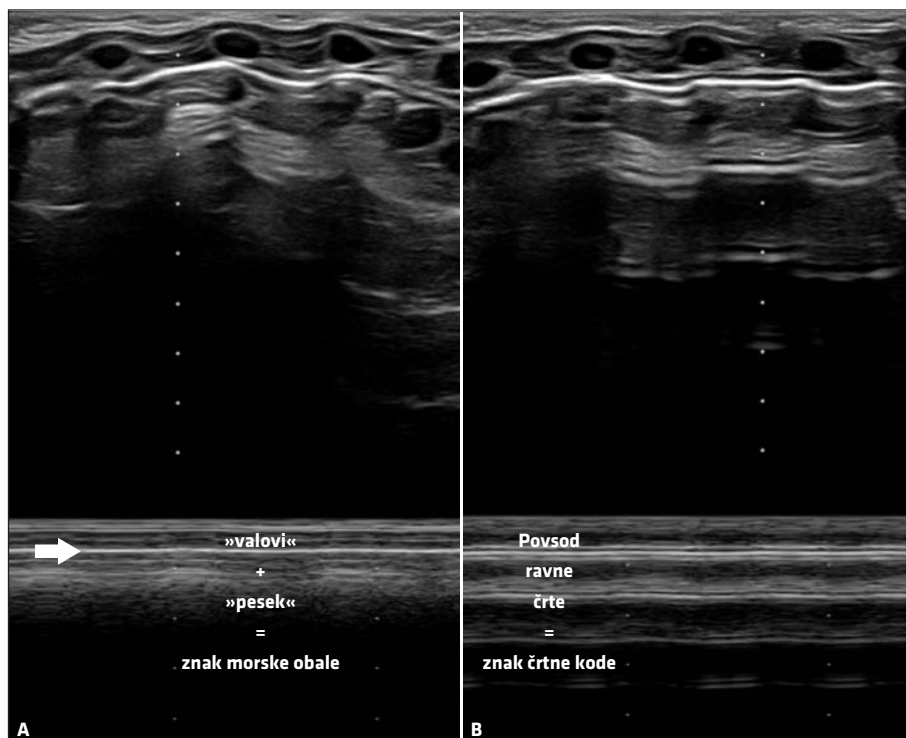
Med izvedbo UZP smo najbolj pozorni na dogajanje v področju plevralne linije, kjer se pojavlja večina najpomembnejših normalnih in patoloških znakov (2, 6). Plevralna linija je enakomerna tanka hiperehogena linija, ki meri manj kot 0,5 mm (slika 4) in predstavlja stik med visceralno in parietalno plevro, oz. mejo med steno prsnega koša in pljučnim parenhimom. V normalnih pogojih je pri zdravem novorojenčku vedno prisotna. Vidna postane po nekaj vdihih po rojstvu (7). Na plevralni liniji pride do praktično popolnega odboja UZ-vala, ki nato potuje nazaj skozi mehka tkiva prsnega koša proti UZ-sondi in se na poti še enkrat odbija od vseh mehko tkivnih struktur, ki jih

je že prepotoval, tokrat v obratnem vrstnem redu. Zaradi popolnega odboja na ravni plevralne črte z UZ ne moremo prikazati normalnega pljučnega parenhima, kot je to mogoče npr. s CT ali v manjši meri z RTG in MRI pljuč. Pljuča so v globini tako videti črna oz. so normalno vidne A-linije (angl. *A-lines*) in plevralno polzenje (PP) (1).

Plevralno polzenje

Ena glavnih prednosti UZP je možnost dinamičnega spremljanja gibanja pljuč relativno glede na steno prsnega koša na opazovanem mestu, kar nam omogoča opazovanje ene glavnih lastnosti zdravih pljuč, ki je glavni dinamični znak na UZP, tj. PP (5–7). PP je posledica medsebojnega gibanja parietalne in visceralne plevre, ki je v normalnih razmerah posledica spremi-

njanja pljučnega volumna zaradi normalne mehanike dihanja, če ni prisotnih adhezij ali druge patologije, ki bi povzročile razmik ali zlepljenje visceralne in parietalne plevre. Prisotnost PP torej pomeni, da sta na preiskovanem mestu visceralna in parietalna plevra v stiku in da ni ovir, ki bi preprečevale normalno drsenje pljuč v prsnem košu (7). Na UZ-posnetku zdravih pljuč je PP v B-načinu (na sivinski sliki) vidno kot s časom spreminjajoč se (»migotajoč«) videz plevralne linije zaradi drobnih nepravilnosti na meji med parietalno in visceralno plevro (5). Za pomoč pri ocenjevanju PP uporabljamo tudi M-način (angl. *M-mode*) UZ-prikaza, s katerim dobimo v primeru normalnega PP v M-načinu t. i. znak morske obale (angl. *seashore sign*) (slika 4A), ki je ekvivalenten PP na sivinski sliki (6).



Slika 4. UZ-slika prsnega koša novorojenčka; zgornja polovica slike prikazuje posnetek v B-načinu, spodnja polovica slike prikazuje posnetek v M-načinu. Normalno plevralno polzenje, znak morske obale (A). Odsotno plevralno polzenje, znak črtne kode (B).

Sestavljata ga vzorec ravnih črt, ki spominjajo na »morske valove«, ki nastane zaradi relativno majhnega gibanja tkiv stene prsnega koša nad plevro, in zrnat vzorec »peska« distalno od plevralne linije, ki je posledica z globino vse manj vidnih zrcalnih artefaktov in neravne površine stika parietalne in visceralne plevre (5).

Odsotnost PP je patološki znak in se pojavi pri prisotnosti zraka v plevralni votlini (npr. ob prevmotoraksu) ali tekočine (npr. plevralni izliv), po plevrodezi ali pa ob izraziti hiperinflaciji pljuč (npr. ventilacija z visokim pozitivnim tlakom ob koncu izdiha (angl. *positive end-expiratory pressure*, PEEP). Odsotnost PP je mogoče videti na sivi sliki (B-način), boljše pa se ga da prikazati z M-načinom, kjer distalno od plevralne linije namesto »peska« sedaj prav tako vidimo približno vzporedne ravne linije – temu rečemo znak črtne kode (angl. *barcode sign*) (slika 4B) (7).

Znak netopirja

Statični posnetek vzdolžno položene sode nam prikaže zanimivo, netopirju podobno kompozicijo, ki jo imenujemo znak netopirja. Sestavljata ga sosednji rebri in med njima nekoliko globlje položena plevralna linija ter akustična senca za kostnim delom reber (slika 5A). Uspešno prikazan znak netopirja nam zagotavlja, da imamo sondo v pravilnem, na rebra pravokotnem položaju, ki nam bo omogočal prikazovanje ustreznih UZ-posnetkov (5, 6).

A-linije

Pri pregledovanju normalnih pljuč se pojavijo artefakti, imenovani A-linije, ki so najpogostejše videni statični znak pri UZP. A-linije so hiperehogene, s plevralno linijo približno vzporedne črte z enakomernimi presledki, ki se ponavljajo na enakomerni razdalji, distalno od plevralne linije (slika 5) (6). A-linije se pojavijo zaradi stika dveh medijev z zelo različno akustično impedanco (v tem primeru gre za mehka tkiva stene prsnega koša in z zrakom izpol-

njenih pljuč), kar povzroči (skoraj) popolni odboj UZ-valovanja. UZ-val je tako »ujet« med dve meji, med katerima potuje naprej in nazaj, spotoma se odbija še od vmesnih mehko tkivnih struktur, zato dobimo izmenično »na glavo« obrnjeno in nekoliko deformirano kopijo slike mehkih tkiv, nato A-linijo (posledica odboja na stiku kože s sondo), nato pa spet »normalno« orientirano in deformirano kopijo slike mehkih tkiv, pa spet A-linijo (posledica odboja na stiku mehkih tkiv s plevro) itd., vsakič z nekoliko manj jasno definiranimi kopijami slike mehkih tkiv – dokler UZ-valu zaradi odbojev ne zmanjka energije. A-linije si sledijo v enakomernih razmikih, ki so v enaki razdalji med sondo oz. kožo ter plevro (6, 7). A-linije so pokazatelj normalno prezračenih pljuč, a same po sebi ne izključujejo možnosti prostega zraka v plevralnem prostoru, torej prisotnost A-linij ne izključuje pnevmotoraksa (6). A-linije v kombinaciji s PP pa kažejo na zdrava pljuča pregledovanega predela (5).

Patološke najdbe na ultrazvoku pljuč

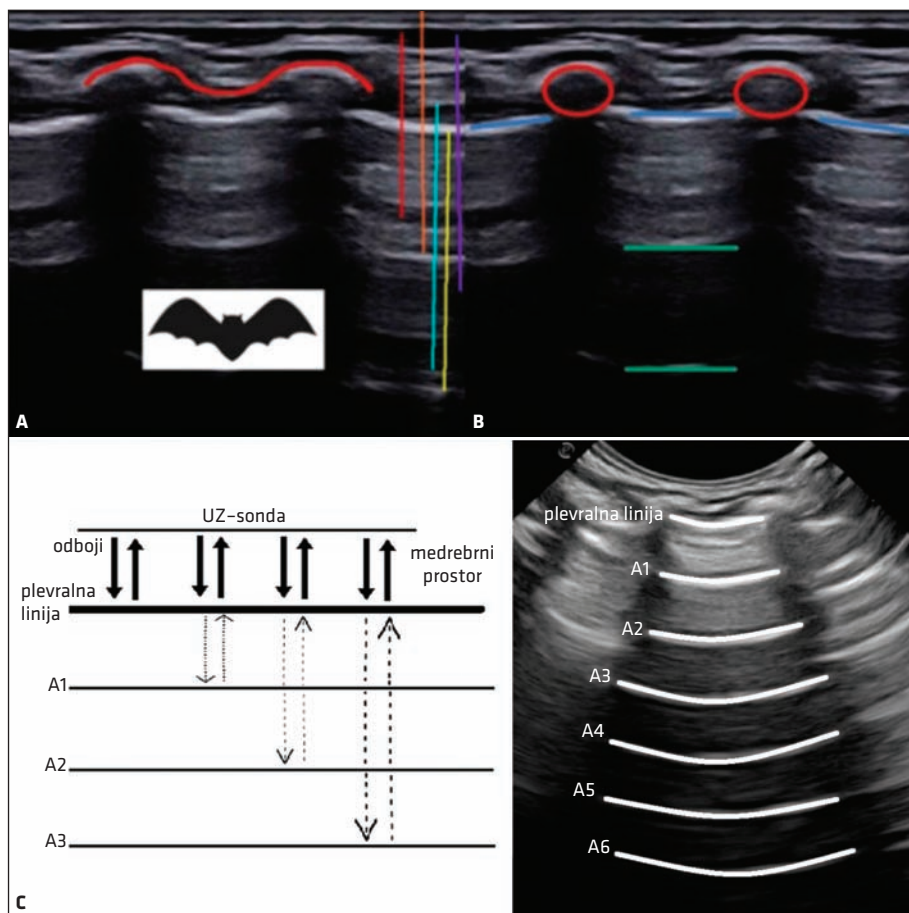
Večina nenormalnih UZ-najdb pri boleznih pljuč je povezanih z znižanjem vsebnosti zraka v pljučih in s povečanjem gostote v pljučnem tkivu zaradi prisotnosti eksudata, transudata, kolagena, krvi itd. (6, 7).

Plevralna linija

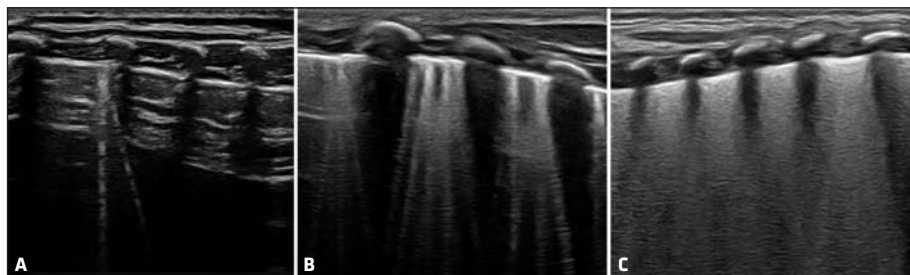
Nenormalnosti, povezane s plevralno linijo, vključujejo izginotje, znatno zadebelitev, znake majhne subplevralne zgostitve in nepravilen ali grob videz plevralne linije. Med nepravilnosti plevralne linije štejemo tudi odsotnost PP (1, 11).

B-linije

B-linije (angl. *B-lines*) oz. »artefakti repatega kometa« so tanke, navpične (vertikalne) hiperehogene linije, ki izhajajo pravokotno iz plevralne linije in brez pojemanja segajo do dna UZ-slike (slika 6) (6, 7). Med



Slika 5. UZ-slika normalnih pljuč. Akustična senca reber in medrebrne mišice s plevralno linijo oblikujejo vzorec netopirja (A). Plevralna linija (modra črta), A-linije (zeleni črti), rebra (rdeči ovali) (B). Z navpičnimi črtami je ponazorjeno preslikavanje oz. kopiranje mehkih tkiv (vsaka črta ponazarja del mehkih tkiv in kam se le-ta kopira) (A), ki se še lepše vidijo na prikazu s trebušno konveksno sondo (C, desno). Shema nastanka A-linij (C, levo) in A-linije na prikazu s trebušno konveksno sondo (C, desno). A1 – prva A-linija, A2 – druga A-linija itd.



Slika 6. Prikaz različnih vzorcev B-linij. Posamezne B-linije – normalno (A). Zlivajoče se B-linije (B). Bela pljuča – B-linije so tako številne, da ni mogoče ločiti med posameznimi linijami (C).

dihanjem se premikajo usklajeno s PP in povozijo A-linije oziroma segajo preko njih (5–7). Nastanek vertikalnih artefaktov, imenovanih B-linije, še ni popolnoma pojasnjen, izhaja pa ali iz povečane količine intersticijske tekočine v pljučih, ki razširi interlobularne septe, ali pa povečane količine alveolarne tekočine (5–7). B-linije so sestavljene iz številnih drobnih odbojev, ki nastanejo, ko se UZ-val ujame v s tekočino izpolnjen alveol, ki je obdan z več še prezračeni alveoli. Ob vsakem odboju od stene prezračenega alveola prihaja do popolnega odboja, tako da ujeti UZ-val v zelo kratkem času velikokrat udari v različne stene alveola. Ob vsakem udarcu nastane povratni signal, kar pa se dogaja hitreje od navpične resolucije UZ-aparata, zato se ta pojav na sliki vidi kot zvezna linija na mestu, kjer je s tekočino izpolnjen subplevralni alveol v stiku z visceralno pleвро. Prisotnost B-linij kaže na nenormalnost v intersticijskem ali alveolarnem predelu in je v povezavi z vsebnostjo pljučne tekočine (1, 12). Manjše število B-linij je sicer lahko prisotno tudi pri zdravih pljučih. Povečano kopičenje tekočine in posledično večje število posameznih ali združenih B-linij je lahko posledica pljučnice, pljučnega edema, prehodne tahipneje novorojenčka (angl. *transient tachypnea of the newborn*, TTN) itd. (5–7).

Prisotnost B-linij pomeni, da sta visceralna in parietalna pleвро v stiku (enako kot pri PP) in da je subplevralno na tem mestu preveč vode v pljučnem tkivu. Podobno kot PP predstavljajo enega od izključitvenih kriterijev za pnevmotoraks. Prisotnost večjega števila B-linij je patološki znak in je lahko posledica večje vsebnosti tekočine v pljučih ali brazgotinjenja pri kronični bolezni pljuč, odvisno od patologije pa so lahko prisotne enostransko (npr. pljučnica) ali dvostransko (npr. TTN, pljučni edem). Pri zdravih novorojenčkih je nekoliko večje število B-linij prve dni po rojstvu pogosta najdba, še posebej v prvih 48 urah (pri nedo-

nošenih otrocih dlje), dokler se ob rojstvu prisotna pljučna tekočina popolnoma ne resorbira (5). Pri zdravi pediatrični in odrasli populaciji so B-linije redke, pogosto pa celo odsotne; normalno najdemo kvečjemu do tri B-linije, tipično v področjih pljuč, ki se nahajajo bližje tlom (posteriorno ali inferiorno) (1). Kratke navpične hiperehogene črte, ki ne segajo v globino UZ-slike, se pa gibljejo s PP, imenujemo Z-linije (angl. *Z-lines*) in nimajo patološkega pomena. Njihov nastanek ni pojasnjen (13).

Bela pljuča in alveolarni intersticijski sindrom

Ko se število B-linij na vidno polje sonde poveča in se pričnejo med seboj zlivati, jih je med seboj težko ločiti in prešteti. Taki sliki rečemo »bela pljuča« in je znak povišane pljučne gostote oz. povečane količine tekočine ali celičnega materiala v pljučnem parenhimu (6, 7). Ko s pregledom ugotovimo prisotnost več kot treh B-linij na vidno polje sonde ali prisotnost predelov belih pljuč v vsaki pregledani regiji (anteriorna, lateralna, posteriorna levo in desno), govorimo o alveolarnem intersticijskem sindromu (angl. *alveolar-interstitial syndrome*, AIS) (1, 11). Gre za ne povsem specifičen vzorec, ki govori za difuzno povečano količino tekočine v pljučnem parenhimu in se pojavlja npr. pri TTN, pljučnem edemu pri levostranskem srčnem popuščanju, difuznih vnetnih procesih (npr. okužba ali kemijsko vnetje pljuč) itd.

Zgostitev

Kadar so alveoli praktično v celoti izpolnjeni s celičnim materialom, kot npr. pri pljučnici, ali pa so zaradi zapore dihalnih poti ali pa pritiska na pljučni parenhim zaradi npr. plevralnega izliva povsem iztisnjeni in vsebujejo zelo malo zraka, na UZ ne vidimo več artefaktov, temveč se prikaže resnična slika s tekočino ali celicami izpolnjenega pljučnega parenhima. Takšna pljuča so konso-lidirana, pravimo, da je prisotna zgostitev

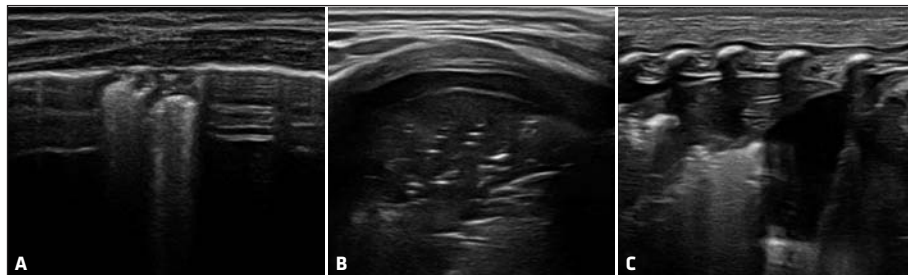
pljučnega parenhima (slika 7) (6, 7). Izvor zgostitve pljuč je kateri koli proces, ki povzroči odsotnost alveolarnega zraka, najpogostejši vzroki pa so zaporna atelektaza, pljučnica in pasivna atelektaza zaradi plevralnega izliva. Zgoščena pljuča na UZ-posnetku so videti podobna tkivu jeter, zato ta pojav imenujemo »hepatizacija pljuč« (5). V raziskavi, ki je potekala na odrasli populaciji, so primerjali zanesljivost diagnosticiranja zgostitve pljuč med CT in UZP. Ugotovitve raziskave kažejo, da je UZP zanesljiva metoda za natančno odkrivanje in lokalizacijo zgostitve pljuč pri kritično bolnih bolnikih, saj je imel 90-% občutljivost in 98-% specifičnost (14).

Distalno od zgostitve je v primeru pljučnice viden poligonalen rob (angl. *shred sign*), ki predstavlja mejo med sekundarnimi lobu-

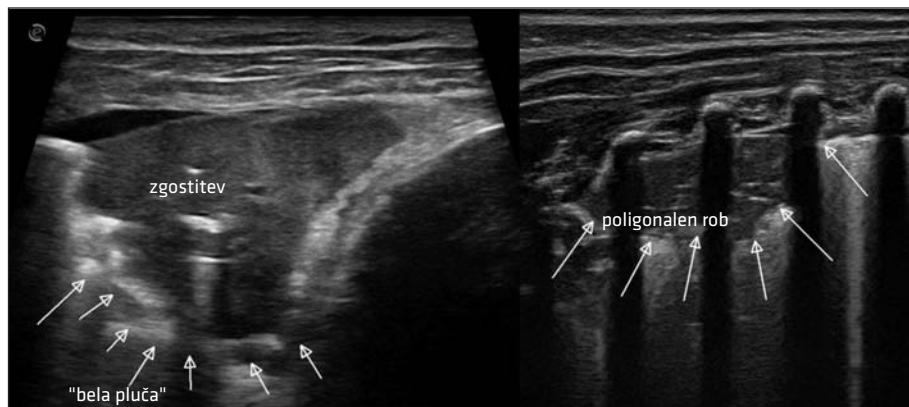
li, ki so povsem izpolnjeni s celičnim materialom in so zato neposredno pregledni, in tistimi, ki so delno izpolnjeni s tekočino in imajo zaradi tega videz belih pljuč (slika 8).

Utripanje pljuč

Utripanje ali pulzacija pljuč (angl. *lung pulse sign*) je dinamični UZ-znak, ki ga lahko prikazemo samo z M-načinom. Gre za superpozicijo enakomernih srčnih utripov (ki se prenašajo po pljučnem parenhimu do stene prsnega koša) na vzorec črtne kode, kar vidimo kot navpične linije, ki v enakomernih razmakih prekinjajo vzorec črtne kode. To je zgodnji UZ-znak zaporne atelektaze in ga je pri novorojenčku zaradi visoke frekvence srca (120–160/min) ob istočasnem vsaj minimalnem premikanju sonde zaradi dihanja zelo težko ali skoraj nemogoče oceniti



Slika 7. Prikaz pljučnih zgostitev. Manjša subpleuralna zgostitev (A). Večja zgostitev z majhnim izlivom (vzdolžen pogled) (B). Večja zgostitev z majhnim izlivom (prečen pogled) (C).



Slika 8. Poligonalen rob (angl. *shred sign*) distalno od zgostitve. Distalno videz belih pljuč.

(1). Pri večjih otrocih pa ga uporabljamo predvsem kot enega od znakov, s katerimi izključimo pnevmotoraks v prikazanem področju.

Pljučna točka

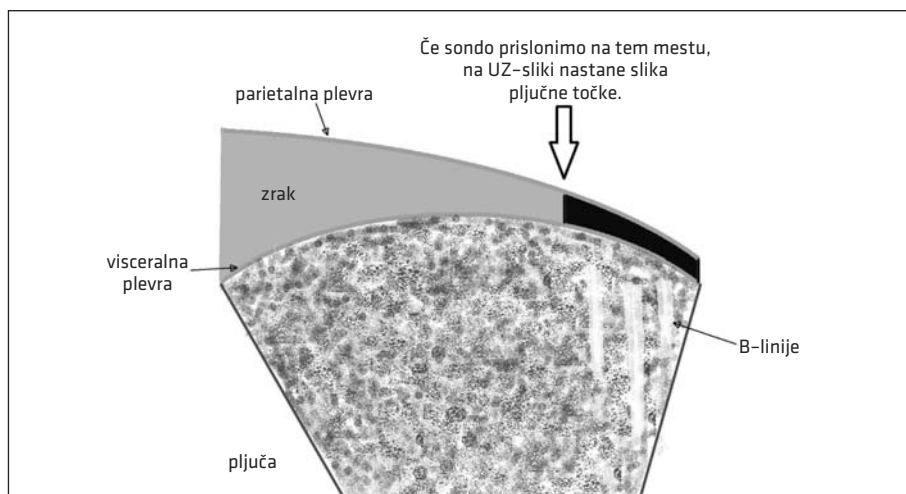
Pljučna točka je patognomoničen UZ-znak, ki pove, da smo na robu pnevmotoraksa. Znak nastane tam, kjer se z dihanjem na M-načinu izmenjujeta znak morske obale (kjer sta plevri v stiku) in znak črtne kode (kjer sta plevri razmaknjeni zaradi pnevmotoraksa) (slika 9, slika 10), z nekaj izkušnjami pa je rob pnevmotoraksa mogoče videti tudi na B-načinu. Pljučna točka predstavlja fizikalno mejo pnevmotoraksa in omogoča predvsem potrditev pnevmotoraksa, v praksi pa je ne uporabljamo za oceno njegove razširjenosti ali prostornine (1, 2).

Pomembno je poznati tudi znake, s katerimi izključimo prisotnost pnevmotoraksa, to pa so PP, B-linije, Z-linije, pljučne pulzacije in katera koli od patologij, ki se na UZP kaže z realno sliko, npr. plevralni izliv ali zgostitve pljučnega parenhima.

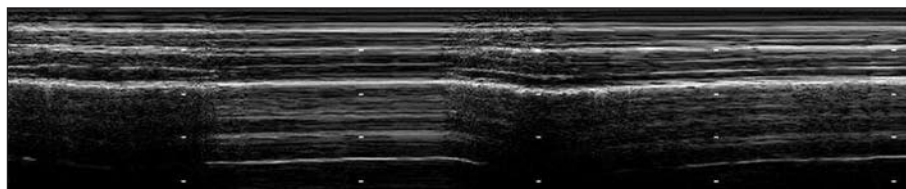
UZP torej z veliko zanesljivostjo potrdi ali izključi prisotnost pnevmotoraksa, za oceno klinične pomembnosti te najdbe pa je treba klinično oceniti stanje otroka oz. opraviti RTG pc.

Dvojna pljučna točka

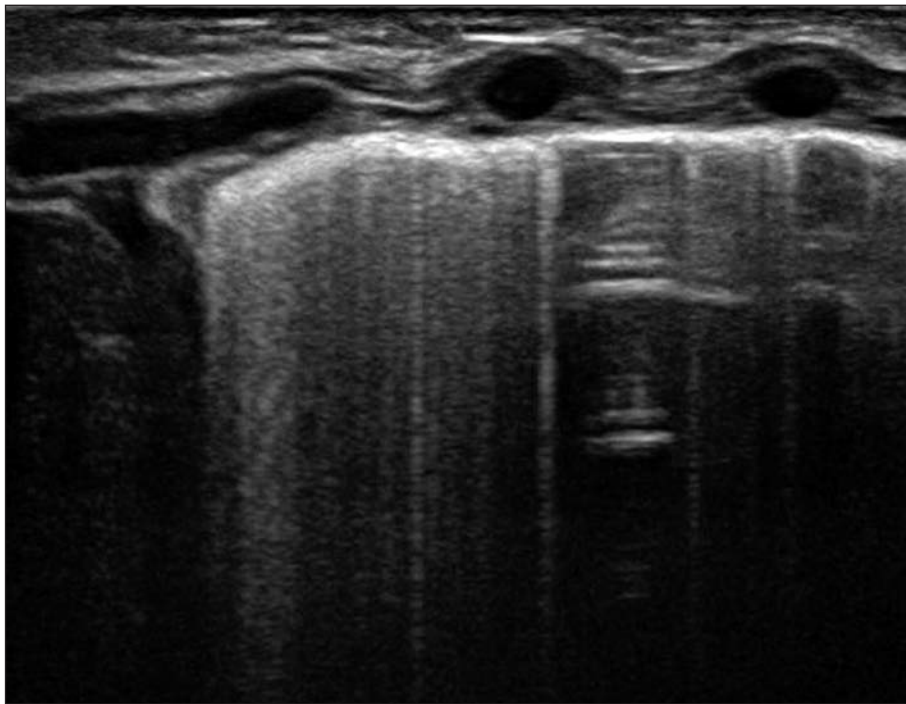
Dvojna pljučna točka (angl. *double lung point*, DLP) je meja med zgornjim in spodnjim delom pljuč zaradi razlik v resnosti UZ-sprememb (slika 11). Vidna je pri vzdolžnem UZ-pogledu. Uporabna je predvsem pri diagnosticiranju TTN, kjer so spodnji predeli



Slika 9. Shematski prikaz pnevmotoraksa oz. točke, kjer ob prislonitvi sonde nastane slika pljučne točke.



Slika 10. Pljučna točka v M-načinu. Na pljučni točki se v M-načinu zaradi gibanja pljuč med dihanjem in premikanja meje pnevmotoraksa s frekvenco dihanja izmenjujeta znak morske obale in črtne kode.



Slika 11. Dvojna pljučna točka. Zgoraj so vidne vodoravne A-linije, spodaj, nad diafragmo, pa navpične B-linije.

pljuč zaradi prisotnosti večje količine tekočine bolj beli (1, 15, 16).

Če poenostavimo, na UZP so normalna pljuča črna (prisotne so le A-linije), ob tem je prisotno PP. Zmerno obolela pljuča (z več kot normalno količino tekočine v intersticiju in alveolih) se kažejo z več kot normalnim številom B-linij, izrazito obolela pljuča pa so bela (difuzno svetla) ali zgoščena (hepatizirana) (1).

ULTRAZVOK PLJUČ PRI RAZLIČNIH BOLEZNIH NOVOROJENČKA

Z UZP pridobljene slike običajno niso patognomonične za določeno bolezen, saj se lahko pojavljajo pri različnih fizioloških in patoloških stanjih, vendar prisotnost različnih UZ-znakov skupaj s klinično sliko v večini primerov omogoča natančno diagnozo (7).

Sindrom dihalne stiske novorojenčka

Sindrom dihalne stiske novorojenčka ali bolezen hialinih membran (angl. *neonatal respiratory distress syndrome*, RDS) je posledica nezrelosti pljuč in pomanjkanja surfaktanta (5). Kaže se kot dihalna stiska, ki se začne ob rojstvu in se postopoma pogloblja (1). Je izjemno pogost vzrok dihalne stiske in/ali dihalne odpovedi pri nedonošenčkih in je ena najpogostejših patologij v enotah za intenzivno nego novorojenčkov. Pogostejša je pri nedonošenčkih z nižjo gestacijsko starostjo (2, 5).

Številne raziskave opisujejo uporabnost UZP pri diagnosticiranju RDS (7). Že leta 1990 so Avni in sodelavci uporabili abdominalni pristop za pregled pljuč pri 40 nedonošenčkih. Ugotovili so, da je pri novorojenčkih z RDS bazalno področje pljuč, ki se ga da prikazati s subksifoidnim pristopom,

zelo hiperehogeno, z izboljšanjem stanja pa se izboljša tudi UZ-slika (16).

Tipične UZ-najdbe pri RDS vključujejo (7, 11):

- zadebelitev in nepravilnosti plevralne linije z majhnimi subplevralnimi zgoštvami,
- difuzen videz belih pljuč, ki je prisoten v obeh pljučnih krilih brez ohranjenih območij z normalnim videzom pljuč,
- z napredovanjem bolezni lahko nastanejo tudi večja področja zgoščenih pljuč.

Uporabnost in natančnost UZP pri diagnosticiranju RDS je preučevalo več raziskovalcev. Ugotovili so, da so občutljivost, specifičnost, pozitivna napovedna vrednost (angl. *positive predictive value*, PPV) in negativna napovedna vrednost (angl. *negative predictive value*, NPV) dosledno precej nad 90 % (17–21). Vergine in sodelavci so primerjali diagnostično vrednost RTG pc in UZP pri RDS nedonošenčkov. Izkazalo se je, da so občutljivost (95,6 % proti 91,3 %), specifičnost (94,4 % proti 84,2 %), PPV (91,6 % proti 87,5 %) in NPV (97,1 % proti 88,8 %) višji za UZP v primerjavi z RTG pc (20). Corsini in sodelavci so ob upoštevanju RTG pc kot zlatega standarda ugotovili 96,7-% ujemanje UZP z RTG pc (21). Poleg tega se UZP vedno bolj preučuje kot orodje za napovedovanje zapletov RDS (npr. pnevmotoraks, krvavitev, atelektaza in bronhopulmonalna displazija), kjer se je izkazal za zelo obetavno alternativo RTG pc (5, 22, 23).

Sindrom aspiracije mekonija

Sindrom aspiracije mekonija (angl. *meconium aspiration syndrome*, MAS) je redek, vendar morebitno smrtno nevaren vzrok dihalne stiske novorojenčka (5, 24). MAS lahko definiramo kot dihalno stisko pri novorojenčku, rojenem z mekonijsko plodovnico (z mekonijem umazana plodovnica), in znaki dihalne stiske, ki jih drugače ni mogoče razložiti (25).

Mekonijska plodovnica je prisotna pri približno 8–20 % vseh porodov; od prizadetih novorojenčkov pa le približno 1–9 % razvije MAS (25). Mekonijska plodovnica je posledica predčasnega prehoda mekonija iz prebavil ploda v plodovnico. Fetalni hipoksični stres, vagalna stimulacija zaradi kompresije glave/popkovine, uteroplacentalna insuficienca ali drugi razlogi za hipoksijo ploda povzročijo usmerjanje fetalne krvi v prednostne organe, kot so možgani in srce, ter zmanjšano prekrvitev manj pomembnih organov, kot je črevesje. To povzroči hiperperistaltiko in sprostitve analnega sfinktra (25–29). Verjetnost takšne reakcije na stres je večja pri donošenih in prenošenih plodovih kot pri nedonošenčkih, saj so prebavila nedonošenčkov nezrela za izločanje mekonija. Vse več dokazov pa kaže na kronično znotrajmaternično dogajanje, ki je lahko pomembnejše za prehod mekonija kot akutni dogodek (26, 27). Ko plod kot odgovor na hipoksijo aspirira mekonij med znotrajmaterničnimi vdihali ali med začetnimi vdihali ob rojstvu, pride do MAS (25–27). Pri MAS so dihalne težave najverjetneje posledica treh dejavnikov aspiracije, in sicer kemičnega pnevmonitisa in aktivacije različnih vnetnih poti, disfunkcije surfaktanta ter obstrukcije dihalnih poti (25).

Zaradi vsega opisanega je MAS ena od bolezni, pri katerih je povezava med klinično sliko in izvidom slikovnih preiskav izjemnega pomena za pravilno diagnozo (5, 24). Značilne UZ-najdbe pri MAS:

- zgostitev pljuč z zračnim bronhogramom – običajno so zgoščena območja velika,
- nepravilnosti plevralne linije (odsotna, zadebeljena ali zabrisana plevralna linija),
- odsotnost A-linij in
- AIS oz. zlivajoče se B-linije.

Značilen je različen vzorec sprememb v različnih predelih pljuč in neenakomerna porazdelitev znotraj in med pljučnimi segmenti (5, 24).

Liu in sodelavci so v raziskavi, ki je vključevala 117 novorojenčkov z MAS in

100 kontrol, ugotovili, da so pljučne zgostitve s poligonalnim robom 100-% občutljive in specifične za diagnozo MAS (24). Če je z mekonijem povzročena atelektaza dovolj velika, lahko povzroči odsotnost PP. Zaradi prerazporeditve mekonija in dinamičnega značaja bolezni se lahko ti vzorci (tudi na istem območju) sčasoma spremenijo (5). UZ-najdbe se dobro ujemajo z najdbami na RTG pc (30).

Pnevmotoraks

Pnevmotoraks nastane zaradi kopičenja zraka v plevralnem prostoru. Klinična slika je lahko zelo akutna in zahteva hitro posredovanje za ponovno vzpostavitev normalnih vitalnih funkcij. Zaradi hitre dostopnosti UZ-aparatov v neonatalnih intenzivnih enotah je UZP v nujnih situacijah lahko izjemno koristen, saj skrajša čas do postavitve diagnoze, v primeru pnevmotoraksa pa je v pomoč pri izvedbi plevralne drenaže in zmanjša potrebo po RTG pc (31).

Kadar želimo z UZ oceniti prisotnost ali odsotnost pnevmotoraksa, si z UZ lahko prikažemo dva tipa najdb:

- najdbe, ki pnevmotoraks potrjujejo, in
- najdbe, ki pnevmotoraks izključujejo.

Za pnevmotoraks najbolj tipična najdba je odsotnost PP z A-linijami na B-načinu oz. vzorec črtne kode na M-načinu. Odsotnost PP zaradi prisotnosti zraka med visceralno in parietalno plevro je značilna slikovna najdba, ki nas na UZP opozori na možnost pnevmotoraksa, a pnevmotoraks ni edini možni vzrok za odsotnost PP (5).

Znaki, ki sami zase (torej brez priležnega področja, kjer ni PP) lokalno izključujejo prisotnost pnevmotoraksa, pa so: normalna UZ-slika s PP in A-linijami na B-načinu in vzorcem morske obale na M-načinu, B-linije, utripanje pljuč, pljučna zgostitev, plevralni izliv (v tem primeru gre lahko za fluido-toraks) (35, 37, 38).

V preiskovalni skupini 43 odraslih bolnikov s pnevmotoraksom in 68 zdravih kon-

trolnih oseb je bila občutljivost odsotnosti PP 95,3-%, specifičnost 91,1-% in NPV 100-% (32). Opravljenih je tudi veliko raziskav v neonatalni populaciji, kjer je UZP imel 95–100-% občutljivost, 60–100-% specifičnost, 100-% PPV in 100-% NPV (32–36). Prisotnost PP izključuje prisotnost pnevmotoraksa na pregledovanem mestu (34).

Prisotnost B-linij in zgostitev ima 100-% NPV in izključuje pnevmotoraks na pregledovanem območju (5, 33–35). Pomemben UZ-znak pri pnevmotoraksu je pljučna točka, ki predstavlja prehodno točko med normalnim (PP, znak morske obale) in nenormalnim (brez PP, znak črtne kode) pljučnim vzorcem, s tem pa fizično mejo pnevmotoraksa (36). Na pljučni točki se pnevmotoraks začne – tu se visceralna plevra prične ločevati od parietalne oz. pljuča od stene prsnega koša (slika 9). S pljučno točko lahko približno ocenimo razsežnost pnevmotoraksa. Anteriorno ležeča pljučna točka običajno pomeni manjši (pogosto radiografsko prikrit) pnevmotoraks, lateralno ležeča točka pa prikazuje obsežnejši pnevmotoraks (3). Prisotnost pljučne točke je patognomonična najdba za pnevmotoraks (100-% specifičnost), vendar občutljivost ni visoka (60–79 %) (34, 35). V raziskavi Lichtensteina in sodelavcev na 66 odraslih bolnikih s pnevmotoraksom ta znak ni bil zelo občutljiv, zlasti pri večjih pnevmotoraksih (skupno 66-% občutljivost), vendar je bil, ko je bil ugotovljen, 100-% specifičen za pnevmotoraks (36). Liu in sodelavci so v svoji raziskavi pljučno točko ugotovili pri 75 % novorojenčkov z blagim do zmernim pnevmotoraksom, ni pa bila ugotovljena pri 25 % bolnikov s hudim pnevmotoraksom (33).

Značilni UZ-znaki pri pnevmotoraksu so:

- odsotnost normalnega PP, prisotnost statične plevralne linije in A-linij, znak črtne kode,
- pljučna točka,
- odsotnost B-linij, odsotnost zgostitev pljuč ter odsotnost utripanja pljuč.

Prehodna tahipneja novorojenčka

TTN je pogost vzrok dihalne stiske v zgodnjem neonatalnem obdobju in pogosto sledi porodu brez zapletov (5, 38). Je posledica zakasnitve očiščka pljučne tekočine ploda iz alveolarnega in intersticijskega prostora ter se imenuje tudi »mokra pljuča« (5). Pogostejše prizadene novorojenčke višje gestacijske starosti kot RDS (7). Glavni klinični znak je vztrajno visoka frekvenca dihanja, pogosto pa je prisotna tudi hipoksemija (38).

Vergine in sodelavci so raziskovali natančnost UZP pri TTN in primerjali UZP z RTG pc. Rezultati so pokazali, da je UZP za diagnosticiranje TTN bolj natančen kot RTG pc, ima namreč 93,3-% občutljivost (RTG pc 89,4-%), 96,5-% specifičnost (RTG pc 91,3-%), 96,5-% PPV (RTG pc 89,4-%) in 93,4-% NPV (RTG pc 91,3-%) (20). Z merili, ki so jih predstavili Corsini in sodelavci, je imel UZP za diagnosticiranje TTN 100-% občutljivost, 97,8-% specifičnost in 98,4-% ujemanje z RTG pc (7, 21). V raziskavi Rachurija in sodelavcev pa je imel UZP celo 100-% PPV in NPV za diagnozo TTN (39). Tako trenutni podatki podpirajo vlogo UZP pri diagnostiki TTN in razlikovanju TTN od RDS, dveh najpogostejših vzrokov za dihalno stisko novorojenčka (1).

UZP pri TTN prikazuje širok spekter vzorcev, od belih pljuč do različno gostih B-linij, ter tudi normalen vzorec, A-linije. Najpogostejše, vendar ne vedno, so ti vzorci obojestransko podobni (5).

Značilne UZ-najdbe pri TTN so:

- običajno normalna plevralna linija in prisotnost PP, lahko pa tudi zadebeljena ali zamegljena plevralna linija,
- DLP, ki je lahko prisotna v enem ali obeh pljučnih krilih, in
- številne združene ter posamezne B-linije, ki kažejo na povečano količino tekočine v pljučih (7, 40).

Copetti in sodelavci so prvi opisali DLP ter jo opredelili kot pojav, za katerega je zna-

čilna prisotnost zelo zgoščenih B-linij v spodnjih pljučnih poljih, medtem ko so B-linije v zgornjih poljih prisotne, vendar redkejšje (40). Poročali so o 100-% občutljivosti in specifičnosti DLP za diagnosticiranje TTN. Poznejše raziskave so zmanjšale pomen DLP. Liu in sodelavci so poročali, da ima DLP 45,6-% občutljivost in 94,8-% specifičnost za TTN (16). Raimondi in sodelavci so prisotnost DLP ugotovili pri le 47,6 % novorojenčkov (44). Pri 38,4 % se je pojavila v 24 urah življenja, pri 9,2 % pa po 24 urah (41). Liu in sodelavci so nižjo občutljivost UZP pripisali videzu belih pljuč, ki je zabrisal prehod med zgornjim in spodnjim pljučnim poljem. V celoti bolj bela pljuča so se pojavila pri bolnikih s hujšo obliko TTN (42). Chen in sodelavci so v svoji raziskavi podvomili o specifičnosti tega znaka, saj se lahko pojavi tudi pri drugih boleznih. Znak DLP so namreč v fazi okrevanja opazili tudi pri primerih pljučnice, RDS in MAS (43). Te ugotovitve niso skladne s tistimi iz prejšnje literature (40).

Liu in sodelavci, ki so v raziskavo vključili 1.358 novorojenčkov, vključno z 228 novorojenčki s TTN, so ugotovili, da je UZ-slika TTN enaka pljučnemu edemu. TTN se je na UZP kazal kot pljučni intersticijski sindrom oz. bela pljuča, združene B-linije in/ali DLP. Značilno je, da so pljučne zgostitve z zračnimi bronhogrami pri TTN odsotne, njihova prisotnost nakazuje na diagnozo RDS, pljučnice ali MAS. Bela pljuča ali združene B-linije so se pri diagnosticiranju TTN izkazale za 33,8-% občutljive in 91,3-% specifične, DLP pa je imela 45,6-% občutljivost in 94,8-% specifičnost. DLP najdemo predvsem v blažjih primerih TTN, bela pljuča in vzorec B-linij pa pri hujših oblikah (15).

Ostale pljučne bolezni

Literatura opisuje uporabnost UZP tudi pri diagnostiki in vodenju drugih bolezni in stanj, npr. pljučnice, prirojene diafragmalne hernije, prirojene nepravilnosti pljučnih dihalnih poti, atelektaze,

bronhopulmonalne displazije, bolezní puščanja zraka (angl. *air leak syndrome*), pljučne krvavitve, plevralnega izliva, za potrditev ali izključitev pareze diafragme oz. *n. frenicus*, pri napovedovanju potrebe po nadzorovanem predihovanju in surfaktantu, pri postoperativnem spremljanju zapletov, napovedovanju odpovedi neinvazivne ventilacije, napovedovanju neuspeha ekstubacije itd. (1, 2, 5, 7, 47).

UZP je uporaben tudi za oceno stene prsnega koša, oceno torakalnih in mediastinalnih sprememb ter UZ-vodene posege (biopsija, torakocenteza) (6).

POVZETEK DIAGNOSTIČNIH KRITERIJEV IN ALGORITEM ULTRAZVOČNEGA PREGLEDA

V tabeli 1 so povzete UZ-značilnosti za RDS, MAS, pnevmotoraks in TTN.

Za najpogostejše bolezní pljuč novorojenčka je na sliki 12 prikazan algoritem, ki nam lahko pomaga pri UZP in postavitvi diagnoze (5, 7).

UPORABNOST ULTRAZVOKA PLJUČ V NEONATALNEM OBDOBJU

Prednosti ultrazvoka pljuč

Kljub temu da je bila uporaba UZP vrsto let zanemarjena, ima zaradi svojih prednosti

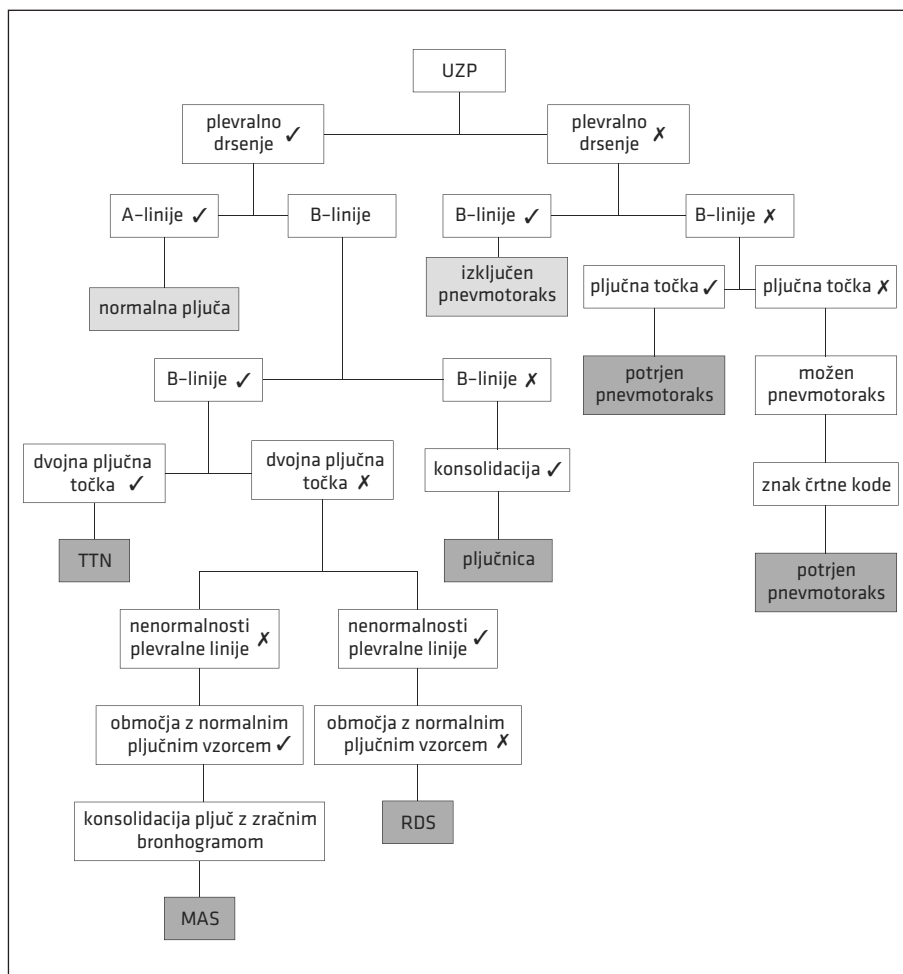
obposteljni UZP vedno večjo vlogo v diagnostiki in preučevanju številnih pljučnih bolezní – zlasti v nujnih in kritičnih primerih (45, 46).

Raziskave so pokazale, da je UZP natančna in zanesljiva metoda za diagnostiko pljučne patologije pri novorojenčkih (1, 45, 47). Je neodvisna od specifičnih akustičnih oken in je tako izvedljiva v večini primerov ter primerna za relevantno oceno. Ena od prednosti UZP je tudi možnost dinamične preiskave organa v času, česar ne moremo narediti s pomočjo RTG pc. S pomočjo dinamične analize organa v resničnem času si lahko npr. prikažemo PP ali gibanje prepone (7). Usmerja zdravljenje in nadaljnje diagnostične postopke ter omogoča opazovanje odzivov na naše ukrepe (6, 48).

UZP je neionizirajoča slikovna metoda, kar je ena glavnih prednosti, sploh v neonatalnem obdobju (6, 7). Pred uvedbo UZP sta bila za diagnosticiranje pljučne patologije pri novorojenčkih običajno uporabljena RTG pc, redkeje CT prsnega koša. Pri RTG in CT so novorojenčki izpostavljeni sevanju, čas za pripravo je dolg, premikanje bolnega novorojenčka za namen slikanja pa je lahko obremenjujoč. Če je potrebno spremljanje stanja novorojenčka z več RTG-posnetki, je novorojenček izpostavljen

Tabela 1. UZ-značilnosti za posamezne bolezní (7, 21). PP – plevralno polzenje.

Sindrom dihalne stiske novorojenčka	Sindrom aspiracije mekonija	Pnevmotoraks	Prehodna tahipneja novorojenčka
- Obojestransko: - nenormalnosti v plevralni liniji (zadebeljena in nepravilna plevralna linija), - slika belih pljuč ali združenih B-linij in - odsotnost območij z normalnim UZ-videzom v vseh delih pljuč.	- Zgostitve pljuč z zračnim hogramom in poligonalnim robom, - združene B-linije in subplevalne zgostitve, ki se izmenjujejo z območji z normalnim UZ-videzom, in - različen vzorec ter porazdelitev v obeh pljučnih krilih.	- Odsotnost PP, - prisotnost pljučne točke in - odsotnost B-linij na prizadetem območju.	- Normalna (pogostejše), lahko zadebeljena ali zamegljena plevralna linija, - dvojna pljučna točka (v enem ali obeh pljučnih krilih) in - številne posamezne ali združene B-linije (v enem ali obeh pljučnih krilih).



Slika 12. Algoritem ultrazvoka pljuč novorojenčka (5, 7). Ključica pomeni prisotnost najdbe/znaka, križec pa odsotnost najdbe/znaka. UZP – ultrazvok pljuč, TTN – prehodna tahipneja novorojenčka (angl. *transient tachypnea of the newborn*), RDS – sindrom dihalne stiske novorojenčka (angl. *neonatal respiratory distress syndrome*), MAS – sindrom aspiracije mekonija (angl. *meconium aspiration syndrome*).

večkratnemu sevanju, medtem ko je UZP mogoče izvajati večkrat brez tveganja za izpostavljenost sevanju (1, 45, 47). Prednost UZP pred RTG je tudi, da preiskave izvede lečeči zdravnik, ki pozna klinično sliko, kar omogoča boljše združevanje kliničnih podatkov v interpretacijo izvida UZP. Zdravnik, ki opravlja preiskavo, je običajno tudi zdravnik, ki bolnika vodi (7).

UZP je sorazmerno enostavna metoda, ki jo preiskovalec izvaja sam in ki se jo je možno

sorazmerno hitro naučiti (6, 7). V raziskavi, v katero so vključili študente medicine, so Strnad in sodelavci dokazali, da ima UZP za prepoznavo PP strmo krivuljo učenja (6, 49). Poleg tega so Gomond-Le Goff in sodelavci, ki so v svoji raziskavi preučevali vpliv vrste sond ter izkušenosti preiskovalcev na zanesljivost interpretacije UZP pri kritično bolnih novorojenčkih, ugotovili, da je ponovljivost prepoznavanja osnovnih znakov UZP med različnimi preiskovalci dobra ne glede

na strokovne izkušnje ocenjevalcev in vrsto sonde, ki so jo uporabljali (50).

UZP lahko izvajamo s katerim koli dvo-dimenzionalnim UZ (7). UZP je poleg tega tudi poceni, sorazmerno hiter, rezultati preiskave pa so na voljo takoj (1, 45, 47). Je obposteljna metoda, za katero ni treba prevažati (nestabilnih) bolnikov (6). Lahko ga opravljamo v katerem koli položaju (leže, na boku, trebuhu), odvisno od potreb, glede na klinično sliko in zdravstveno stanja bolnika (2).

Prednost uporabe UZP v neonatalnem obdobju je tudi majhnost novorojenčka, saj le-ta omogoča zelo hiter pregled celotnih pljuč. V sprednjem delu so rebra novorojenčka še skoraj v celoti hrustančna, kar omogoča boljši prikaz (51).

Pomanjkljivosti ultrazvoka pljuč

Z UZP vidimo le spremembe, ki dosežejo površino pljuč oz. plevro. Če se med sondo in spremembo nahaja del normalno prezračjenih pljuč, na zaslonu vidimo zrcalno sliko, kar pomeni lažno negativno najdbo, saj sprememb globlje v pljučih ne zaznamo (45). Ta fizična omejitev je še posebej pomembna pri diagnostiki peribronhialnih sprememb in tumorjev, ki so obdani s prezračenimi pljuči (2).

UZ-valovi se odbijejo in absorbirajo na kosteh, zaradi česar se, ko sondo položimo na zakosteneli del rebra, na zaslonu prikaže akustična senca, ki nam onemogoča pridobivanje informacije o patologiji, ki leži

pod njim. UZP tako prikaže le del površine pljuč, kljub temu pa je ocenjeno, da je z UZ vidne več kot 70 % plevralne površine (45).

Pomanjkljivost UZP, ki otežuje primerjave med bolniki in različnimi preiskovalci, je pomanjkanje jasnih in standardiziranih smernic glede postopkov ter ocenjevanja UZ-pregleda, uporabljenih sond itd. (52). Za izboljšanje in standardiziranje izvedbe ter enovito poročanje izvida UZP se tako mednarodne kot tudi slovenske strokovne skupnosti trudijo za izvedbo ustreznih izobraževanj za klinične zdravnike, kjer je poudarek predvsem na poučevanju standardiziranega obpostelnega UZ.

ZAKLJUČEK

UZP je varna in relativno enostavna obposteljna slikovna metoda, ki v kombinaciji s klinično sliko omogoča odlične ter natančne rezultate. Še do nedavnega je veljal za neprimerno metodo v diagnostiki pljučnih bolezni novorojenčka, sedaj pa se v neonatalni medicini vse bolj uporablja in uveljavlja. UZP bo sčasoma najverjetneje postal prva slikovna metoda v procesu diagnostike in zdravljenja novorojenčka z dihalno stisko. UZP ni nadomestilo za ostale radiološke tehnike, lahko pa pomembno zmanjša njihovo uporabo in s tem izpostavljenost ionizirajočemu sevanju. V prihodnosti bodo učinkovitost UZ-preiskave izboljšale tudi standardizirane lestvice in točkovniki, ki bodo pripomogli k bolj objektivni oceni UZ-posnetka in primerjavam med bolniki (7).

LITERATURA

1. Sharma D, Farahbakhsh N. Role of chest ultrasound in neonatal lung disease: A review of current evidences. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2019; 32 (2): 310–6. doi: 10.1080/14767058.2017.1376317
2. Gargani L, Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound.* 2014; 12: 1–10. doi: 10.1186/1476-7120-12-25
3. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: The BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134 (1): 117–25. doi: 10.1378/chest.07-2800
4. Lichtenstein DA, Mauriat P. Lung ultrasound in the critically ill neonate. *Curr Pediatr Rev.* 2012; 8 (3): 217–23. doi: 10.2174/157339612802139389
5. Kurepa D, Zaghloul N, Watkins L, et al. Neonatal lung ultrasound exam guidelines. *J Perinatol.* 2018; 38 (1): 11–22. doi: 10.1038/jp.2017.140
6. Kocijančič I. Učinkovitost ultrazvočne slikovne preiskave prsnega koša. *Zdrav Vestn.* 2020; 89 (1-2): 29–38. doi: 10.6016/ZdravVestn.2868
7. Corsini I, Parri N, Ficial B, et al. Lung ultrasound in the neonatal intensive care unit: Review of the literature and future perspectives. *Pediatr Pulmonol.* 2020; 55 (7): 1550–62. doi: 10.1002/ppul.24792
8. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, et al. Diaphragmatic ultrasound: A review of its methodological aspects and clinical uses. 2020; 46 (6): e20200064. doi: 10.36416/1806-3756/e20200064
9. Ruoss JL, Bazaciu C, Cacho N, et al. Lung ultrasound in the neonatal intensive care unit: Does it impact clinical care? *Children (Basel).* 2021; 8 (12): 1098. doi: 10.3390/children8121098
10. Raimondi F, Yousef N, Migliaro F, et al. Point-of-care lung ultrasound in neonatology: Classification into descriptive and functional applications. *Pediatr Res.* 2021; 90 (3): 524–31. doi: 10.1038/s41390-018-0114-9
11. Copetti R, Cattarossi L, Macagno F, et al. Lung ultrasound in respiratory distress syndrome: A useful tool for early diagnosis. *Neonatology.* 2008; 94 (1): 52–9. doi: 10.1159/000113059
12. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997; 156 (5): 1640–6. doi: 10.1164/ajrccm.156.5.96-07096
13. Neto MJF, Rahal A, Vieira FAC, et al. Advances in lung ultrasound. *Einstein (Sao Paulo).* 2016; 14 (3): 443–8. doi: 10.1590/S1679-45082016MD3557
14. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, et al. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2004; 30 (2): 276–81. doi: 10.1007/s00134-003-2075-6
15. Liu J, Chen XX, Li XW, et al. Lung ultrasonography to diagnose transient tachypnea of the newborn. *Chest.* 2016; 149 (5): 1269–75. doi: 10.1016/j.chest.2015.12.024
16. Avni EF, Braude P, Pardou A, et al. Hyaline membrane disease in the newborn: Diagnosis by ultrasound. *Pediatr Radiol.* 1990; 20 (3): 143–6. doi: 10.1007/BF02012957
17. Bober K, Swietliński J. Diagnostic utility of ultrasonography for respiratory distress syndrome in neonates. *Med Sci Monit.* 2006; 12 (10): CR440–6.
18. El-Malah HEDGM, Hany S, Mahmoud MK, et al. Lung ultrasonography in evaluation of neonatal respiratory distress syndrome. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 2015; 46 (2): 469–74. doi: 10.1016/j.ejrn.2015.01.005
19. Liu J, Cao HY, Wang HW, et al. The role of lung ultrasound in diagnosis of respiratory distress syndrome in newborn infants. *Iran J Pediatr.* 2015; 25 (1): e323. doi: 10.5812/ijp.323
20. Vergine M, Copetti R, Brusa G, et al. Lung ultrasound accuracy in respiratory distress syndrome and transient tachypnea of the newborn. *Neonatology.* 2014; 106 (2): 87–93. doi: 10.1159/000358227
21. Corsini I, Parri N, Gozzini E, et al. Lung ultrasound for the differential diagnosis of respiratory distress in neonates. *Neonatology.* 2019; 115 (1): 77–84. doi: 10.1159/000493001
22. Lovrenski J. Lung ultrasonography of pulmonary complications in preterm infants with respiratory distress syndrome. *Ups J Med Sci.* 2012; 117 (1): 10–7. doi: 10.3109/03009734.2011.643510
23. Sawires HK, Ghany EAA, Hussein NF, et al. Use of lung ultrasound in detection of complications of respiratory distress syndrome. *Ultrasound Med Biol.* 2015; 41 (9): 2319–25. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.04.024
24. Liu J, Cao HY, Fu W. Lung ultrasonography to diagnose meconium aspiration syndrome of the newborn. *J Int Med Res.* 2016; 44 (6): 1534–42. doi: 10.1177/0300060516663954
25. Wiedemann JR, Saugstad AM, Barnes-Powell L, et al. Meconium aspiration syndrome. *Neonatal Netw.* 2008; 27 (2): 81–7. doi: 10.1891/0730-0832.27.2.81
26. Poggi SH, Ghidini A. Pathophysiology of meconium passage into the amniotic fluid. *Early Hum Dev.* 2009; 85 (10): 607–10. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2009.09.011

27. Chettri S, Bhat BV, Adhisivam B. Current concepts in the management of meconium aspiration syndrome. *Indian J Pediatr.* 2016; 83 (10): 1125–30. doi: 10.1007/s12098-016-2128-9
28. Gelfand SL, Fanaroff JM, Walsh MC. Controversies in the treatment of meconium aspiration syndrome. *Clin Perinatol.* 2004; 31 (3): 445–52. doi: 10.1016/j.clp.2004.03.020
29. Whisett JA, Warner WR, Wert SE, et al. Acute respiratory disorders. In: MacDonald MG, Seshia MMK, Mullet MD, eds. *Avery's neonatology: Pathophysiology and management of the newborn.* 6th edition. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 553–77.
30. Piastra M, Yousef N, Brat R, et al. Lung ultrasound findings in meconium aspiration syndrome. *Early Hum Dev.* 2014; 90 (2): S41–3. doi: 10.1016/S0378-3782(14)50011-4
31. Raimondi F, Fanjul JR, Aversa S, et al. Lung ultrasound for diagnosing pneumothorax in the critically ill neonate. *J Pediatr.* 2016; 175: 74–8. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.04.018
32. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Lung sliding.* *Chest.* 1995; 108 (5): 1345–8. doi: 10.1378/chest.108.5.1345
33. Liu J, Chi JH, Ren XL, et al. Lung ultrasonography to diagnose pneumothorax of the newborn. *Am J Emerg Med.* 2017; 35 (9): 1298–302. doi: 10.1016/j.ajem.2017.04.001
34. Maury É, Pichereau C, Bourcier S, et al. Diagnostic ultrasound in pneumothorax. *Rev Mal Respir.* 2016; 33 (8): 682–91. doi: 10.1016/j.rmr.2015.05.014
35. Lichtenstein DA, Mezière G, Lascols N, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med.* 2005; 33 (6): 1231–8. doi: 10.1097/01.ccm.0000164542.86954.b4
36. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, et al. The »lung point«: An ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med.* 2000; 26 (10): 1434–40. doi: 10.1007/s001340000627
37. Chuang TJ, Lai CC. Sonographic barcode sign of pneumothorax. *QJM.* 2017; 110 (8): 525–6. doi: 10.1093/qjmed/hcx088
38. Reuter S, Moser C, Baack M. Respiratory distress in the newborn. *Pediatr Rev.* 2014; 35 (10): 417–28. doi: 10.1542/pir.35-10-417
39. Rachuri H, Oleti TP, Murki S, et al. Diagnostic performance of point of care ultrasonography in identifying the etiology of respiratory distress in neonates. *Indian J Pediatr.* 2017; 84 (4): 267–70. doi: 10.1007/s12098-016-2288-7
40. Copetti R, Cattarossi L. The 'double lung point': An ultrasound sign diagnostic of transient tachypnea of the newborn. *Neonatology.* 2007; 91 (3): 203–9. doi: 10.1159/000097454
41. Raimondi F, Yousef N, Fanjul JR, et al. A multicenter lung ultrasound study on transient tachypnea of the neonate. *Neonatology.* 2019; 115 (3): 263–8. doi: 10.1159/000495911
42. Liu J, Wang Y, Fu W, et al. Diagnosis of neonatal transient tachypnea and its differentiation from respiratory distress syndrome using lung ultrasound. *Medicine (Baltimore).* 2014; 93 (27): e197. doi: 10.1097/MD.0000000000000197
43. Chen SW, Fu W, Liu J, et al. Routine application of lung ultrasonography in the neonatal intensive care unit. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (2): e5826. doi: 10.1097/MD.00000000000005826
44. El Amrousy D, Elgendy M, Eltomay M, et al. Value of lung ultrasonography to predict weaning success in ventilated neonates. *Pediatr Pulmonol.* 2020; 55 (9): 2452–6. doi: 10.1002/ppul.24934
45. Volpicelli G. Lung sonography. *J Ultrasound Med.* 2013; 32 (1): 165–71. doi: 10.7863/jum.2013.32.1.165
46. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38 (4): 577–91. doi: 10.1007/s00134-012-2513-4
47. Lichtenstein D, van Hooland S, Elbers P, et al. Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2014; 46 (5): 323–35. doi: 10.5603/AIT.2014.0056
48. Strnad M, Prosen G, Lesjak VB. Bedside lung ultrasound for monitoring the effectiveness of prehospital treatment with continuous positive airway pressure in acute decompensated heart failure. *Eur J Emerg Med.* 2016; 23 (1): 50–5. doi: 10.1097/MEJ.0000000000000205
49. Strnad M, Zadel S, Klemenc-Ketiš Z, et al. Identification of lung sliding: A basic ultrasound technique with a steep learning curve. *Signa Vitae.* 2013; 8 (1): 31–5. doi: 10.22514/SV81.052013.5
50. Gomond-Le Goff C, Vivalda L, Foligno S, et al. Effect of different probes and expertise on the interpretation reliability of point-of-care lung ultrasound. *Chest.* 2020; 157 (4): 924–31. doi: 10.1016/j.chest.2019.11.013
51. Zong H, Huang Z, Zhao J, et al. The value of lung ultrasound score in neonatology. *Front Pediatr.* 2022; 10: 791664. doi: 10.3389/fped.2022.791664
52. Hasan T, Bonetti S, Gioachin A, et al. Lung ultrasound compared with bedside chest radiography in a paediatric cardiac intensive care unit. *Acta Paediatr.* 2021; 110 (4): 1335–40. doi: 10.1111/apa.15605