

Medicinska edukacija
/ Medical education

ULTRAZVUK U DIJAGNOSTICI
PNEUMOTORAKSA

ULTRASOUND IN DIAGNOSTICS OF
PNEUMOTHORAX

Correspondence to:

Dr **Miroslav Mišović**

Institut za radiologiju,
Vojnomedicinska akademija, Beograd
Crnotravska 17
11000 Beograd
Tel. 011-266-11-22
Mob.tel. 060-011-11-77
E-mail: miki_misic@yahoo.com

Miroslav Mišović¹, Tijana Kosanović²

¹ Institut za radiologiju, Vojnomedicinska akademija, Beograd

² Opšta bolnica, Pančevo

Ključne reči

ultrazvuk, pneumotoraks, E-FAST

Key words

ultrasound, pneumothorax, E-FAST

Sažetak

Ranije se smatralo da je vazduh neprijatelj ultrazvučnih talasa i da su pluća organ koji je nedostupan ultrazvučnom pregledu. Razlog za ovo je prisustvo vazduha u plućima ili između listova pleure, što dovodi do rasipanja ultrazvučnih talasa i stvaranja artefakata koji onemogućavaju stvaranje ultrazvučne slike. Danas, upravo zahvaljujući poznavanju i adekvatnom tumačenju ovih artefakata može se brzo, jednostavno i sa velikom sigurnošću postaviti dijagnoza pneumotoraksa. Ultrazvuk je pokazao brojne prednosti u odnosu na druge radiološke metode (klasična radiografija grudnog koša, MDCT), posebno u hitnim stanjima, kod politraumatizovanih bolesnika, bolesnika u teškom opštem stanju i nestabilnih bolesnika u jedinicama intenzivne nege, kod kojih je brzo postavljanje dijagnoze od vitalnog značaja. Zbog toga je FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma) protokol dopunjen pregledom grudnog koša (pluća), tako da se sada primenjuje E-FAST (Extended-FAST) protokol koji u sebi sadrži i standardizovan pregled pluća.

UVOD

Pneumotoraks se definiše kao prisustvo vazduha ili gasa u pleuralnoj šupljini (virtuelnom prostoru između listova visceralne i parijetalne pleure) sa posledičnim kolapsom okolnog plućnog parenhima. Pneumotoraks se može podeliti na spontani pneumotoraks i traumatski pneumotoraks, dok se spontani pneumotoraks dalje može podeliti na primarni i sekundarni.

Primarni spontani pneumotoraks se javlja kod osoba bez klinički manifestnih bolesti pluća, bez vidljivog jasnog uzročnika. Kod većeg broja ovih bolesnika postoje okultne bolesti pluća sa subpleuralnim bulama (blebs) koje se dijagnostikuju multidetektorskom kompjuterizovanom tomografijom (MDCT). Nasuprot primarnom, sekundarni spontani pneumotoraks se javlja kao komplikacija primarnih bolesti pluća, najčešće hronične opstruktivne bolesti pluća (HOBP).

Traumatski pneumotoraks je najčešće posledica penetrantnih ili tupih trauma grudnog koša sa povredama pluća, bronhijalnog stabla ili jednjaka. Trauma je najčešći uzrok pneumotoraksa uopšte i kod svih politraumatizovanih bolesnika i bolesnika sa traumom grudnog koša i trbuha treba razmotriti mogućnost nastanka pneumotoraksa.

Incidenca traumatskog pneumotoraksa je 81 na milion ljudi godišnje, a najčešće se radi o povređenima u saobraćajnim nesrećama⁽¹⁾. Podvrstu traumatskog pneumotoraksa predstavlja jatrogeni pneumotoraks koji nastaje kao komplikacija dijagnostičkih ili terapijskih procedura u grudnom košu (torakocenteza, plasiranje centralnog venskog katetera, biopsije pod kontrolom skopije, ultrazvuka ili CT-a, hirurške intervencije, mehanička ventilacija...).

Glavni simptomi koji se javljaju kod bolesnika sa pneumotoraksom su bol u grudima i dispnoja, koji se javljaju kod 95% bolesnika. Bol u grudima koji se javlja kod pneumotoraksa nastaje naglo, lokalizovan je na strani pneumotoraksa i pleuritičnog je tipa. Od ostalih simptoma ređe se javljaju kašalj, hemoptizije, ortopneja i Hornerov sindrom. Mali procenat bolesnika sa pneumotoraksom su asimptomatski ili se žale samo na opštu slabost.

Manji pneumotoraksi se najčešće ne detektuju fizikalnim pregledom, dok se kod bolesnika sa opstruktivnom bolešću pluća i veći pneumotoraksi teško dijagnostikuju. U fizikalnom pregledu, vitalni znaci su najčešće normalni, sa izuzetkom umereno izražene tahikardije. Inspekcijom grudnog koša se može uočiti da je zahvaćena strana veća i slabije respiratorno pokretna. Palpacijom se na strani pneumotoraksa uočava odsustvo pektoralnog fremitusa, perkusijom

se dobija hiperrezonantan, timpaničan perkusioni zvuk, a auskultacijom se uočavaju oslabljeni ili odsutni disajni šumovi, a može se detektovati i Hammanov znak.

Arterijske gasne analize često pokazuju hipoksemiju sa hipokarbijom koje su rezultat hiperventilacije.

Radiološka dijagnostika pneumotoraksa podrazumeva:

- klasičnu radiografiju grudnog koša,
- multidetektorsku kompjuterizovanu tomografiju (MDCT),
- ultrazvučnu dijagnostiku.

Klasična radiografija grudnog koša zauzima prvo mesto u algoritmu pregleda kod sumnje na pneumotoraks pošto je jednostavna, jeftina, brza i neinvazivna dijagnostička procedura. Naime, dijagnoza pneumotoraksa se najčešće postavlja na osnovu kombinacije kliničkih znakova i simptoma i radiografije grudnog koša. Pregled se izvodi u stojećem stavu i posteroanteriornom (PA) položaju bolesnika, a može se dopuniti profilnim snimcima, snimkom u lateralnom dekubitusu i u maksimalnom ekspirijumu. Ukoliko se radi o pacijentima u teškom opštem stanju, nepokretnim, politraumatizovanim pacijentima pregled se izvodi u ležećem stavu i anteroposteriornom (AP) položaju. Postavljanje dijagnoze se zasniva na vizuelizaciji spoljašnje margine visceralne pleure (i pluća) koji su odvojeni od parijetalne pleure (i zida grudnog koša) prostorom ispunjenim vazduhom koji ne sadrži krvne sudove - linija pneumotoraksa. Ovu liniju pneumotoraksa je ponekad veoma teško uočiti, pogotovo kod malih pneumotoraksa i kod snimaka urađenih u ležećem stavu i AP položaju, dok interpretaciju nalaza otežava veći broj artefakata (kožni nabori, garderoba, artefakti od strane zida grudnog koša...). Glavni nedostatak klasične radiografije grudnog koša je njena niska osetljivost za otkrivanje manjih (okultnih) pneumotoraksa i kod snimaka u ležećem stavu i AP položaju. Pojedine studije navode da kod politraumatizovanih pacijenata 55-76% pneumotoraksa nije dijagnostikovano na klasičnim radiografijama grudnog koša u ležećem stavu i AP položaju⁽²⁾.

Multidetektorska kompjuterizovana tomografija (MDCT) predstavlja zlatni standard u dijagnostici pneumotoraksa, zbog svoje visoke osetljivosti i specifičnosti. Pored toga MDCT omogućava dijagnostiku pridruženih potkožnih emfizema, pneumomediastinuma, kao i primarnih bolesti pluća i povreda struktura grudnog koša kao uzročnika pneumotoraksa. Nedostatak MDCT- a je u njegovoj primeni kod bolesnika u teškom opštem stanju u jedinicama intenzivne nege i politraumatizovanih bolesnika, pošto zahteva transport bolesnika do aparata, potencijalno ugrožavajući njegovu hemodinamsku stabilnost i odlažući vreme postavljanja dijagnoze. Takođe, bolesnik je izložen visokoj dozi jonizujućeg zračenja.

Ultrazvučna dijagnostika pneumotoraksa

Uobičajeno je mišljenje da je vazduh neprijatelj ultrazvučnih talasa i da su pluća organ koji je nedostupan ultrazvučnom pregledu. Razlog za ovo je prisustvo vazduha u plućima ili između listova pleure (pneumotoraks), što dovodi do rasipanja ultrazvučnih talasa i stvaranja artefakata koji onemogućavaju stvaranje

ultrazvučne slike. Zahvaljujući razumevanju ovih artefakata nastalih uzajamnim dejstvom vazduha i tečnosti u plućima, osamdesetih godina prošlog veka započela je upotreba ultrazvuka u dijagnostici pojedinih stanja u grudnom košu i plućima. Upotreba ultrazvuka u dijagnostici pneumotoraksa prvi put je opisana 1986. godine u studijama izvedenim na životinjama, a već 1987. godine Wernecke i saradnici koriste ultrazvuk u dijagnostici pneumotoraksa u humanoj populaciji⁽³⁾. Od tada postoji veliki broj studija koje dokazuju visoku osetljivost i specifičnost ultrazvuka u dijagnostici pneumotoraksa, koje nadmašuju klasičnu radiografiju grudnog koša i bliske su osetljivosti i specifičnosti MDCT-a. Potrd toga, zahvaljujući tehnološkom napretku, svojoj dostupnosti, portabilnosti, jednostavnosti, neinvazivnosti i brzini izvođenja ultrazvučna dijagnostika se izborila za svoje mesto u dijagnostici pneumotoraksa, posebno u hitnim stanjima, kod politraumatizovanih bolesnika, bolesnika u teškom opštem stanju i nestabilnih bolesnika u jedinicama intenzivne nege, kod kojih je brzo postavljanje dijagnoze od vitalnog značaja. Zbog toga je FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma) protokol dopunjen pregledom grudnog koša (pluća), tako da se sada primenjuje E- FAST (Extendid-FAST) protokol koji u sebi sadrži i standardizovan pregled pluća⁽⁴⁾.

Tehnika pregleda - Za izvođenje pregleda koriste se najčešće ultrazvučni aparati sa linearnim sondama visoke frekvencije (5- 13 MHz) koje obezbeđuju dobru rezoluciju slike koja je potrebna za analizu površnih struktura. Mogu se koristiti i mikrokonveksne sonde nižih frekvencija (1- 8 MHz) koje omogućavaju dublju penetraciju, ali se gubi na kvalitetu slike (rezoluciji). Takođe je u upotrebi i sektorska (kardiološka) sonda koja je i pored niže frekvencije (2- 8 MHz) i lošije rezolucije pogodna zbog svog oblika i veličine i omogućava bolji pristup međurebarnim prostorima.

Pregled se izvodi u B (brightness) ili 2D modu i u M (motion) modu, a ukoliko postoji potreba može se koristiti i power Doppler mod.

Za izvođenje pregleda potrebno je da bolesnik bude u ležećem ili skoro ležećem stavu (na leđima), a izvođač pregleda se najčešće nalazi sa desne strane bolesnika.

Pregled počinje od prednjeg zida grudnog koša, pošto se vazduh u ležećem stavu bolesnika nakuplja u najvišoj tački grudnog koša, što je najčešće od II do IV međurebarnog prostora na medioklavikularnoj liniji⁽⁵⁾ (slika 1).



Slika 1. Vazduh se u ležećem stavu nakuplja u najvišoj tački grudnog koša



Slika 2. Pregled se nastavlja prateći pravac pružanja međurebarnih prostora

Nakon toga, ukoliko postoji potreba, pregled se može nastaviti i kroz ostale međurebarne prostore, kao i put lateralno i posteriorno prateći pravac pružanja međurebarnih prostora (slika 2).

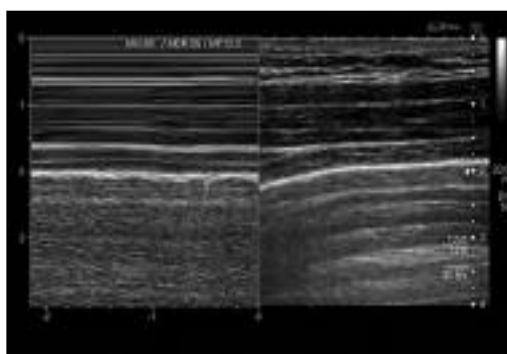
Inicijalno, sonda se pozicionira u II međurebarnom prostoru na medioklavikularnoj liniji u sagitalnoj ravni (sa indikatorom položaja postavljenim put kranijalno).

Na početku pregleda potrebno je identifikovati anatomske strukture, tako da u vidnom polju budu dva rebra i pripadajući međurebarni prostor. Rebra se uočavaju kao lučne hiperehogene reflektivne zone sa posteriornom akustičkom senkom, a u međurebarnom prostoru se uočava hiperehogena linija koja odgovara listovima pleure („znak šišmiša”- „the bat sign”) (6) (slika 3).



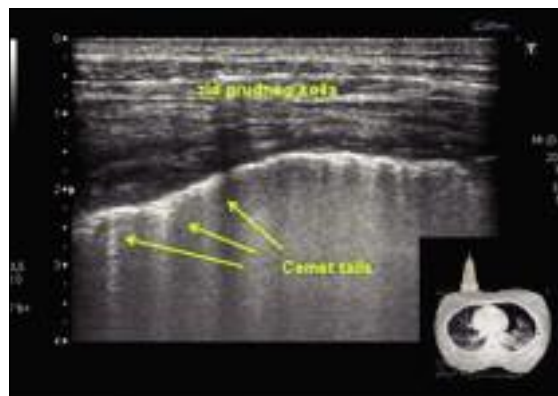
Slika 3. „Znak šišmiša” - „the bat sign”

Normalan nalaz - u normalnom ultrazvučnom nalazu najvažniji znak predstavlja klizanje pleure („pleural sliding”, „lung sliding sign”) koji se uočava u B- modu i predstavlja klizanje visceralne po parijetalnoj pleuri tokom respiratornih pokreta. To je dinamički znak koji se uočava kao horizontalno kretanje duž hiperehogene pleuralne linije (7). Upotrebom M-moda, koji detektuje pokrete u realnom vremenu, još bolje se uočava klizanje listova pleure. Kursor M-moda se pozicionira preko hiperehogene pleuralne linije, a na ekranu se pojavljuju dve različite slike. Nepomični delovi zida grudnog koša iznad pleuralne linije formiraju sliku horizontalnih linija („waves”), dok klizanje listova pleure formira granularnu formu („send”) ispod pleuralne linije, što daje karakterističan „znak morske obale” („seashore sign”) (8) (slika 4).



Slika 4. „Znak morske obale”- „seashore sign”

Tokom pregleda u B-modu kod normalnog nalaza uočavamo B-linije ili „comet-tail artifacts (sign)”, što je posledica reverberacionih artefakata (posledica razlike u akustičkoj impendanci između vode i vazduha) koji se prikazuju kao vertikalne hiperehogene linije koje se prostiru od pleuralne linije ka plućnom parenhimu (9). B- linije se sinhronizovano kreću sa klizanjem pleure i respiratornim pokretima (slike 5).

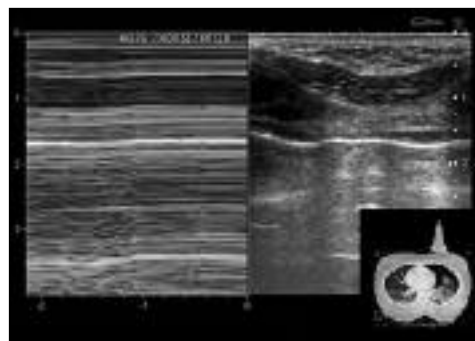


Slika 5. B- linije („comet- tail artifacts (sign)”

A-linije su takođe posledica reverberacionih artefakata i javljaju se kod normalnog nalaza kao horizontalne hiperehogene linije paralelne sa pleuralnom linijom. Kod normalnog nalaza, kada su prisutne B-linije, koje se prostiru od pleuralne linije, one „brišu” A- linije ukoliko se prostiru do donje ivice ekrana.

Upotreba power Doppler-a olakšava vizuelizaciju klizanja pleure. Pošto je power Doppler veoma osetljiv na suptilne pokrete i protoke, ukoliko postoji klizanje pleure power Doppler će registrovati pokrete i pleuralnu liniju kodirati bojom kao da postoji protok („power slide sign”). Ovo je korisno kod suptilnog klizanja pleure koje se teško vizuelizuje. Nedostatak power Doppler-a je njegova izuzetna osetljivost, tako da minimalni pokreti sonde ili pacijenta dovode do artefakata koji se mogu pomešati sa klizanjem pleure(10).

Ultrazvučni znaci pneumotoraksa - Odsustvo klizanja pleure („lung sliding sign”) kod pneumotoraksa je posledica prisustva vazduha između listova parijetalne i visceralne pleure. Vazduh razdvaja listove pleure i na taj način onemogućava vizuelizaciju visceralne pleure i dovodi do odsustva klizanja pleure u B-modu. Koristeći M-mod, odsustvo klizanja pleure se prikazuje kao uniformna slika horizontalnih linija iznad i ispod pleuralne linije („barcode sign” ili „stratosphere sign”) (slika 6).



Slika 6. „Barcode sign” ili „stratosphere sign”

Negativna prediktivna vrednost klizanja pleure („lung sliding sign”) je 99,2- 100%, tako da prisustvo ovog znaka isključuje postojanje pneumotoraksa, dok njegovo odsustvo ne potvrđuje sa sigurnošću postojanje pneumotoraksa(11). U dijagnostici okultnog pneumotoraksa, odsustvo klizanja pleure („lung sliding sign”) kao izolovani znak ima senzitivnost 100%, a specifičnost 78% (12).

Do izostanka B-linija („comet-tail sign”) kod pneumotoraksa dolazi takođe zbog akumulacije vazduha u pleuralnom prostoru, što ometa propagaciju ultrazvučnih talasa i eliminiše gradijent akustičke impedance. Negativna prediktivna vrednost B- linija je visoka, 98- 100%, tako da vizuelizacija samo jedne B- linije isključuje dijagnozu pneumotoraksa⁽¹²⁾.

A-linije su prisutne i kod pacijenata sa pneumotoraksom, a zbog izostanka B-linija one se jasno vide. Ukoliko je odsutno klizanje pleure („lung sliding sign”) i prisutne A-linije, senzitivnost je 95%, a specifičnost 94% za postojanje okultnog pneumotoraksa⁽¹²⁾.

„Lung- point sign” predstavlja granicu pneumotoraksa, nastaje na periferiji i određuje stvarnu veličinu pneumotoraksa. Nastaje pošto na periferiji pneumotoraksa visceralna pleura povremeno dolazi u kontakt sa parijetalnom pleurom tokom ispirijuma. Što se ovaj znak nađe više lateralno

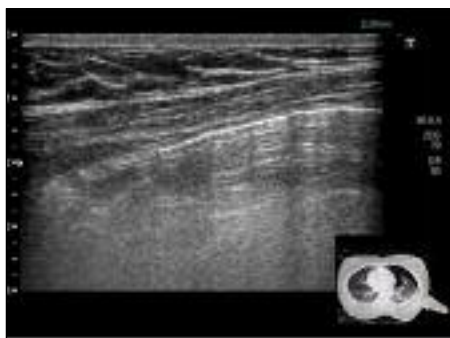
ili posteriorno, radi se o većem pneumotoraksu, a ne uočava se kod potpunog kolapsa pluća (slika 7).

Kod ovog znaka u M-modu se u toku vremena smenjuju „seashore sign” i „stratosphere sign” (slika 8).

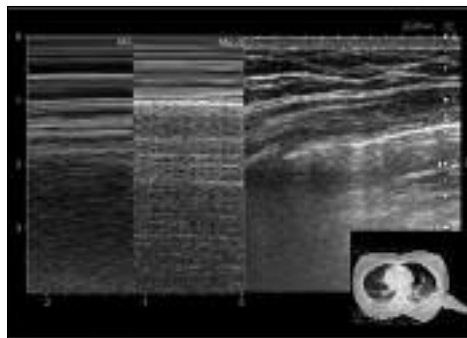
Ovaj znak pokazuje senzitivnost 79%, a specifičnost 100%⁽¹²⁾.

Zaključak

Ultrazvuk je brza, jednostavna, dostupna, visoko osetljiva metoda u dijagnostici pneumotoraksa. Njegove prednosti dolaze do izražaja posebno u hitnim stanjima, kod politraumatizovanih bolesnika, bolesnika u teškom opštem stanju i nestabilnih bolesnika u jedinicama intenzivne nege, zbog čega je implementiran u E- FAST- protokol. Takođe, koristan je u dijagnostici malih pneumotoraksa koji se ne vide klasičnom radiografijom grudnog koša, u evaluaciji veličine pneumotoraksa, kao i praćenju efekata terapije pneumotoraksa.



Slika 7. „Lung-point sign” (B-mod)



Slika 8. „Lung-point sign” (M- mod)

Abstract

Before, it was thought that the air was the enemy of the ultrasound waves and that the lungs are inaccessible for the ultrasound examination. Reason for all is presence of the air in the lungs or in pleural space, which prevent diffusion of ultrasound waves and resulting in artefacts unabling appearance of the ultrasound picture. Today, yust owing to our knowledge and adeqate explanation of these arefacts, we can quicly, simply and great precise make a diagnosis of the pneumothorax. The ultrasound has shown numerous advances in comparison with other diagnostic methods (CXR, MDCT), especially in urgent conditions, in polytraumatized patients, in those who are in severe general condition and in unstable patients in the intensive care units, in whom urgent diadnosis is of great importance. Because of all this FAST protocol is extended with examination of the thorax (lungs), so that E- FAST protocol is now applied.

LITERATURA

1. Di Bartolomeo S, Sanson G, Nardi G, Shian F, Michelutto V, Lattuada L. A population- based study on pneumothorax in severely traumatized patients. *J Trauma*. 2001;51:677-82.
2. Ball CG, Ranson K, Dente CJ, Feliciano DV, Laupland KB, Dyer D, et al. Clinical predictors of occult pneumothoraces in severely injured blunt polytrauma patients: A prospective observational study. *Injury*. 2009;40:44-7.
3. Wernecke K, Galanski M, Peters PE, Hansen J. Pneumothorax: Evaluation by ultrasound- preliminary results. *J Thorac Imaging*. 1987;2:76-8.
4. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, et al. Hand- held thoracic sonography for detecting post- traumatic pneumothoraces: The extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST). *J Trauma*. 2004;57:288-95.
5. Ball CG, Kirkpatrick AW, Laupland KB, Fox DL, Litvinchuk S, Dyer DM, et al. Factors related to the failure of radiographic recognition of occult posttraumatic pneumothoraces. *Am J Surg*. 2005;189:541-6.
6. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The "comet- tail artifact": An ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med*. 1999;25:383-8.
7. De Luca C, Valentino M, Rimondi M, Branchini M, Baleni MC, Barozzi L. Use of chest sonography in acute- care radiology. *J Ultrasound*. 2008;11:125-34.
8. Zhang M, Liu ZH, Yang JX, Gan JX, Xu SW, You XD, et al. Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. *Crit Care*. 2006;10:R112.
9. Barillari A, Kiuru S. Detection of spontaneous pneumothorax with chest ultrasound in the emergency department. *Intern Emerg Med*. 2010;5:253-5.
10. Cunningham J, Kirkpatrick AW, Nicolaou S, Liu D, Hamilton DR, Lawless B, et al. Enhanced recognition of "lung sliding" with power Doppler imaging in the diagnosis of pneumothorax. *J Trauma*. 2002;52:769-71.
11. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med*. 2005;12:844-9.
12. Lichtenstein DA, Meziere G, Lascols N, Biderman P, Courret JP, Gepner A, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med*. 2005;33:1231-8.

■ Rad je primljen 12.11.2015. Prihvaćen 18.11.2015.