

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ REVIEW

Ο σύγχρονος ρόλος του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος στη μελέτη των παθήσεων του θώρακα στη μονάδα εντατικής θεραπείας

Μέχρι σήμερα, το υπερηχογράφημα είχε θεωρηθεί ως μια μέθοδος μη ικανοποιητικά προσβάσιμη στην απεικόνιση παθήσεων του πνευμονικού παρεγχύματος και του υπεζωκότα λόγω της αδυναμίας του ήχου να διαπεράσει τον αεροπληθή πνεύμονα. Παρά τους περιορισμούς του, το διαθωρακικό υπερηχογράφημα αποτελεί ένα σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο σε αυξανόμενο αριθμό παθολογικών καταστάσεων όπως η πνευμονία, η ατελεκτασία, οι διάχυτες πνευμονοπάθειες, η πνευμονική εμβολή, ο πνευμοθώρακας και η υπεζωκοτική συλλογή. Η υπερηχογραφική μελέτη των παθήσεων του θώρακα βασίζεται στην παρακολούθηση διαφόρων τεχνητών σφαλμάτων, σημείων και γραμμών του φυσιολογικού πνεύμονα και υπεζωκότα, καθώς και ειδικών σημείων και γραμμών που σχετίζονται με παθολογία. Το γεγονός ότι το διαθωρακικό υπερηχογράφημα είναι εξέταση εύκολα επαναλήψιμη, δίπλα στο κρεβάτι του βαρέως πάσχοντος και χωρίς ακτινοβολία, την καθιστά ένα ελκυστικό απεικονιστικό εργαλείο σε καθημερινή βάση, ειδικά στη διαχείριση των βαρέως πασχόντων. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι η ανάδειξη του σύγχρονου ρόλου του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος στη μελέτη των παθήσεων του θώρακα των βαρέως πασχόντων ασθενών της μονάδας εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πρώτες προσπάθειες υπερηχογραφικής απεικόνισης του πνεύμονα διενεργήθηκαν πριν από 30 χρόνια. Το γεγονός της αεροπληθειας του πνεύμονα και της ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων από την παρουσία των οστών του θωρακικού κλωβού αποτέλεσε σημαντικό περιορισμό. Τα τελευταία χρόνια, όμως, η αξία του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος επαναπροσδιορίστηκε και αποτελεί μια ταχέως εξελισσόμενη μέθοδο στην εκτίμηση παθήσεων του πνεύμονα και του υπεζωκότα. Η μέθοδος αυτή είναι ενδεδειγμένη κυρίως για τους βαρέως πάσχοντες, τόσο λόγω της χαμηλής ευαισθησίας της ακτινογραφίας θώρακα επί κλίνης όσο και λόγω της αδυναμίας παρακολούθησης των ασθενών της μονάδας εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) με την εξέταση αναφοράς (gold standard), την αξονική τομογραφία (ΑΤ).

Σκοπός της ανασκόπησης αυτής είναι η περιγραφή της υπερηχογραφικής ανατομίας του θώρακα, των βασικών αρχών και περιορισμών του διαθωρακικού υπερηχογραφή-

ματος, καθώς και η παρουσίαση των κλινικών εφαρμογών της μεθόδου (πίν. 1).

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ – ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΩΡΑΚΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ

Η υπερηχογραφική μελέτη του θώρακα πραγματοποιείται με γραμμικούς και κυρτούς ηχοβολείς. Η επιλογή του κατάλληλου ηχοβολέα εξαρτάται από την ηλικία του ασθενούς, το σωματότυπο, καθώς και από την εντόπιση της παθολογίας. Οι ηχοβολείς υψηλής συχνότητας (5–7,5 MHz) προσφέρουν μεγαλύτερη ευκρίνεια σε επιφανειακές δομές όπως ο υπεζωκότας, ενώ επιλογή ηχοβολέα χαμηλότερης συχνότητας (3,5 MHz) αποσκοπεί στην ανάδειξη παθολογίας σε μεγαλύτερο βάθος. Η τοποθέτησή τους γίνεται στα μεσοπλεύρια διαστήματα και στα δύο ημιθωράκια και, συγκεκριμένα, μεταξύ του δεύτερου και του πέμπτου μεσοπλεύριου διαστήματος κατά μήκος της παραστερνικής, μεσοκλειδικής, προσθίας, μέσης και οπισθίας μασχालιαίας γραμμής. Δεύτερη οδός προσέγγισης για την υπερηχο-

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2010, 27(4):614–621
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2010, 27(4):614–621

Κ. Στεφανίδης,¹
Σ. Δημόπουλος,²
Π. Πολίτης,²
Σ. Νανάς²

¹Ακτινοδιαγνωστικό Τμήμα, Νοσοκομείο «Ευαγγελισμός», Αθήνα

²Α΄ Κλινική Εντατικής Θεραπείας, Νοσοκομείο «Ευαγγελισμός», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), Αθήνα

The contemporary role of transthoracic ultrasonography in the evaluation of chest diseases in the intensive care unit

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Βαρέως πάσχων
Διαθωρακικό υπερηχογράφημα
Μονάδα εντατικής θεραπείας
Υπερηχογραφία

Υποβλήθηκε 12.11.2009

Εγκρίθηκε 23.11.2009

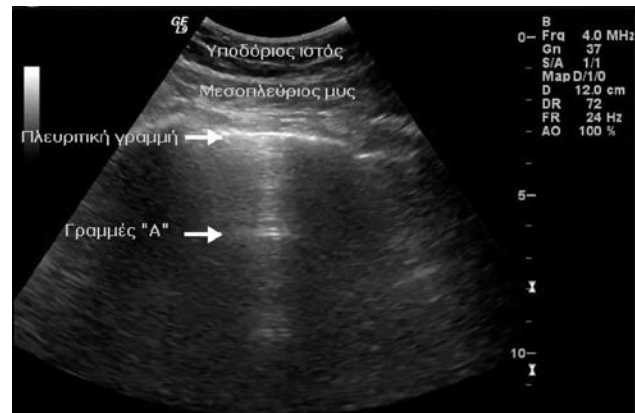
Πίνακας 1. Κλινικές εφαρμογές του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος στη μονάδα εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ).

Διάγνωση πνευμονίας-κυψελιδικής πύκνωσης
Διάγνωση ατελεκτασίας
Διάγνωση διάχυτης πνευμονοπάθειας
Διαφορική διάγνωση πνευμονικού οιδήματος και ARDS
Διαφορική διάγνωση πνευμονικού οιδήματος και χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας
Διάγνωση πνευμονικής εμβολής
Διάγνωση πνευμοθώρακα
Διάγνωση, ποσοτικοποίηση και εκτίμηση της φύσης της υπεζωκοτικής συλλογής
Διαγνωστική και εκκενωτική παρακέντηση υπεζωκοτικής συλλογής υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση

γραφική εξέταση του θώρακα είναι η διακοιλιακή, κατά την οποία ηχοβολέας κυρτού σχήματος γωνιώνεται προς τα άνω μέσω του ήπατος ή του σπλήνα. Το διαθωρακικό υπερηχογράφημα λαμβάνει χώρα με τον ασθενή σε ύπτια θέση. Αναγκαία θεωρείται η αποστείρωση του ηχοβολέα μετά από κάθε εξέταση, γιατί έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να αποτελέσει πηγή νοσοκομειακών λοιμώξεων, καθώς η συχνότητα των νοσοκομειακών λοιμώξεων στη ΜΕΘ είναι υψηλότερη απ' ό,τι σε άλλα τμήματα του νοσοκομείου και θέτει σε κίνδυνο τη ζωή των ασθενών.¹

Βασικό υπερηχογραφικό οδηγό σημείο για τον έλεγχο του πνεύμονα αποτελεί η εντόπιση του υπεζωκότα. Υπερηχογραφικά περιγράφεται ως η έντονη γραμμοειδής υπερηχογενής γραμμή που δημιουργείται από την επιφάνεια του σπλαγχνικού υπεζωκότα έναντι της επιφάνειας του αεροπληθούς πνεύμονα και η οποία υποδεικνύει τη θέση του υπεζωκότα σε ένα φυσιολογικό ασθενή (πλευριτική γραμμή, pleural line) (εικ. 1). Το θωρακικό τοίχωμα αναγνωρίζεται από τη χαρακτηριστική απεικόνιση των πλευρών, οι οποίες δημιουργούν μια έντονα υπερηχογενή επιφάνεια με πυκνή ακουστική σκιά. Οι μεσοπλευρικοί μύες εκτείνονται μεταξύ των πλευρών, δημιουργώντας ένα χρήσιμο μεσοπλευρικό παράθυρο. Επειδή το υποδόριο λίπος έχει ποικίλο πάχος, οι πλευρές αποτελούν το καταλληλότερο οδηγό σημείο για την αναγνώριση του τοιχωματικού υπεζωκότα, ο οποίος βρίσκεται σε βάθος περίπου 0,5–1 cm από την υπερηχογενή επιφάνεια των πλευρών (εικ. 1).

Η μελέτη των νοσημάτων του θώρακα πραγματοποιείται με την παρακολούθηση διαφόρων τεχνητών σφαλμάτων, σημείων και γραμμών του φυσιολογικού πνεύμονα και υπεζωκότα, καθώς και ειδικών σημείων και γραμμών που σχετίζονται με παθολογικά ευρήματα και τα οποία αναλύονται παρακάτω.



Εικόνα 1. Διαθωρακική ανατομία. Μεσοπλευρία απεικόνιση του υπεζωκότα (πλευριτική γραμμή) και των οριζόντιων γραμμών παράλληλα με την πλευριτική γραμμή (γραμμές «Α»).

2.1. Φυσιολογικά σημεία – γραμμές

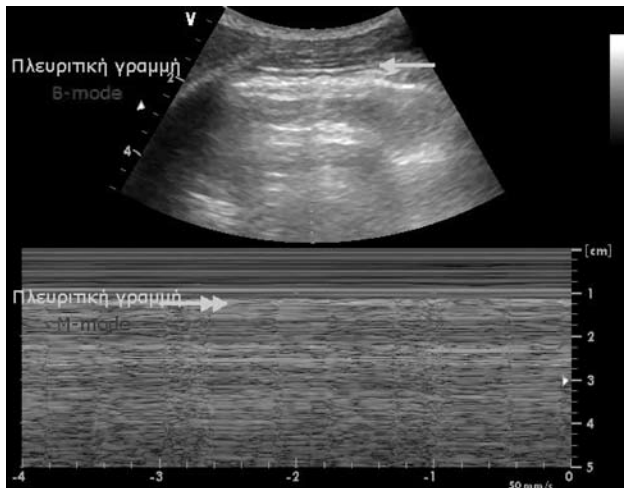
2.1.1. «Σημείο πνευμονικής ολίσθησης» (lung sliding). Αποτελεί φυσιολογικό δυναμικό σημείο του πνεύμονα και αντιπροσωπεύει τη φυσιολογική κίνηση-ολίσθηση των δύο πετάλων του υπεζωκότα. Περιγράφεται ως μια έντονα υπερηχογενής γραμμή (πλευριτική γραμμή) (εικ. 1), η οποία μετακινείται εμπρός και πίσω με την εισπνοή και την εκπνοή στη σάρωση σε πραγματικό χρόνο (real time).² Η απουσία του αποτελεί σημαντικό σημείο στη διάγνωση του πνευμοθώρακα.

2.1.2. «Σημείο της θαλάσσιας ακτής» (seashore sign). Φυσιολογικό δυναμικό υπερηχογραφικό σημείο του φυσιολογικού πνεύμονα με χρήση του M-mode.³ Είναι μια σύνθετη εικόνα παράλληλων γραμμών, που αντιπροσωπεύουν το στατικό θωρακικό τοίχωμα άνωθεν της πλευριτικής γραμμής και κοκκώδους, αμμώδους προτύπου (pattern) κάτωθεν αυτής, το οποίο αντιπροσωπεύει το φυσιολογικό πνευμονικό παρέγχυμα (εικ. 2). Χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου το σημείο της πνευμονικής ολίσθησης είναι μη διαγνωστικό στην παρουσία του πνευμοθώρακα.

2.1.3. Γραμμές «Α». Οριζόντιες παράλληλες υπερηχογενείς γραμμές, παράλληλες προς την υπεζωκοτική γραμμή, που αποτελούν βασικό σημείο του φυσιολογικού πνεύμονα (εικ. 1). Παράγονται από την έντονη ανάκλαση στην επιφάνεια διεπαφής μαλακού ιστού και αέρα με τον εγκλωβισμό του αέρα μεταξύ της επιφάνειας του αέρα και του άκρου του ηχοβολέα και τη δημιουργία μιας σειράς από τακτικές χροθετημένες λωρίδες αντήχησης στην υπερηχογραφική εικόνα.

2.2. Παθολογικά σημεία – γραμμές

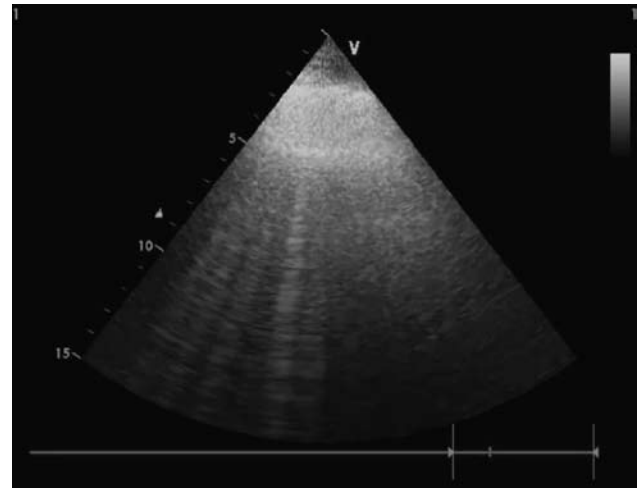
2.2.1. Γραμμές «B» ή γραμμές «δίκην ουράς κομήτη».



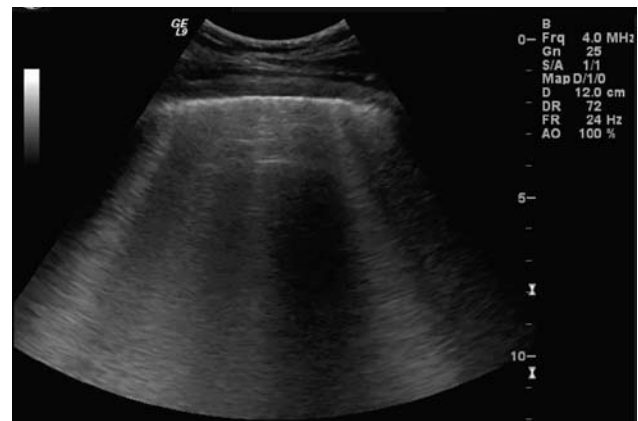
Εικόνα 2. Το «σημείο της θαλάσσιας ακτής» (seashore sign). Αντιστοιχία σε B-mode και M-mode της πλευριτικής γραμμής. Σε M-mode, παρουσία παράλληλων γραμμών, που αντιπροσωπεύουν το στατικό θωρακικό τοίχωμα άνωθεν της πλευριτικής γραμμής, και κοκκώδους, αμμόδους προτύπου (pattern) κάτωθεν αυτής, που αντιπροσωπεύει το φυσιολογικό πνευμονικό παρέγχυμα.

Πρόκειται για παρουσία τουλάχιστον τριών σε αριθμό υπερηχογενών γραμμών, οι οποίες είναι κάθετες στην υπεζωκοτική γραμμή. Η παρουσία τους αποκλείει την ύπαρξη πνευμοθώρακα. Διαχωρίζονται ανάλογα με τη μεταξύ τους απόσταση σε γραμμές B3 και B7, όταν η απόσταση είναι ≤ 3 mm και ≥ 7 mm, αντίστοιχα. Η μεταξύ τους απόσταση παρέχει σημαντικές κλινικές πληροφορίες. Συγκεκριμένα, όταν η απόσταση μεταξύ των πολλαπλών «γραμμών B» είναι ≤ 3 mm υποδηλώνει εικόνα θαμβής ύαλου (εικ. 3). Απόσταση ≥ 7 mm αποτελεί ένδειξη πάχυνσης των υποϋπεζωκοτικών μεσολοβιδίων διαφραγμάτων⁴ (εικ. 4). Σύμφωνα με μελέτη, η παρουσία των «γραμμών B» παρουσιάζει 93,4% ευαισθησία και 93,0% ειδικότητα στη διάγνωση της διάχυτης πνευμονοπάθειας.⁴

2.2.2. «Σημείο του πνεύμονα» (lung point). Ειδικό υπερηχογραφικό σημείο στη διάγνωση του πνευμοθώρακα.⁵ Απεικονίζει το σημείο μετάβασης από τη φυσιολογική περιοχή κατά την εισπνοή (παρουσία σημείου ολίσθησης με ή χωρίς γραμμές «δίκη ουράς κομήτη») και την αύξηση του πνευμονικού όγκου, στην παθολογική περιοχή κατά την εκπνοή (απουσία του σημείου ολίσθησης με παρουσία γραμμών «A»). Σε φυσιολογικές συνθήκες, σε M-mode σάρωση κάτωθεν της υπεζωκοτικής γραμμής, η κίνηση των δύο πετάλων του υπεζωκότα δημιουργεί ένα κοκκώδες πρότυπο (pattern). Αντίθετα, η ακινησία των πετάλων λόγω της παρουσίας αέρα χαρακτηρίζεται σε M-mode σάρωση από την αντικατάσταση του φυσιολογικού κοκκώδους προτύπου σε πρότυπο πολλαπλών οριζόντιων γραμμών.



Εικόνα 3. Παρουσία κάθετων προς τον υπεζωκότα γραμμών με απόσταση ≤ 3 mm (γραμμές B3).



Εικόνα 4. Παρουσία κάθετων προς τον υπεζωκότα γραμμών με απόσταση ≥ 7 mm (γραμμές B7).

2.2.3. «Σημείο του πνευμονικού σφυγμού» (lung pulse). Διαγνωστικό υπερηχογραφικό δυναμικό σημείο της ολικής ατελεκτασίας. Χαρακτηρίζεται από την απουσία του σημείου της πνευμονικής ολίσθησης σε B-mode, με την ταυτόχρονη παρουσία καρδιακού σφυγμού στην υπεζωκοτική γραμμή σε σάρωση M-mode. Παρουσιάζει 93% ευαισθησία και 100% ειδικότητα στη διάγνωση της ολικής ατελεκτασίας.⁶

2.2.4. Σημείο του αεροβρογχογράμματος. Το υπερηχογραφικό σημείο του αεροβρογχογράμματος αποτελεί σημαντικό διαγνωστικό σημείο στη διαφορική διάγνωση μεταξύ πνευμονίας και ατελεκτασίας. Συνίσταται από υπερηχογενές δίκτυο εντός τμήματος ηπατοποιημένου πνευμονικού παρεγχύματος. Διακρίνεται σε δυναμικό και σε στατικό. Το δυναμικό αεροβρογχογράμμα χαρακτηρίζεται από παρουσία αέρα σε δυναμική κίνηση εντός του βρογχι-

κού δικτύου και απαντάται στην κυψελιδική πύκνωση (εικ. 5). Το σημείο αυτό παρουσιάζει 94% και 97% ειδικότητα και θετική προγνωστική αξία, καθώς και 61% και 43% ευαισθησία και αρνητική προγνωστική αξία στη διάγνωση της πνευμονίας έναντι της παθητικής ατελεκτασίας.⁷ Αντίθετα, το στατικό αεροβροχογράμμα αποτελεί σημείο ενδεικτικό ατελεκτασίας και απεικονίζεται με την ανάδειξη του στατικού εναπομείναντα εγκλωβισμένου αέρα εντός της ατελεκτατικής περιοχής του πνεύμονα.

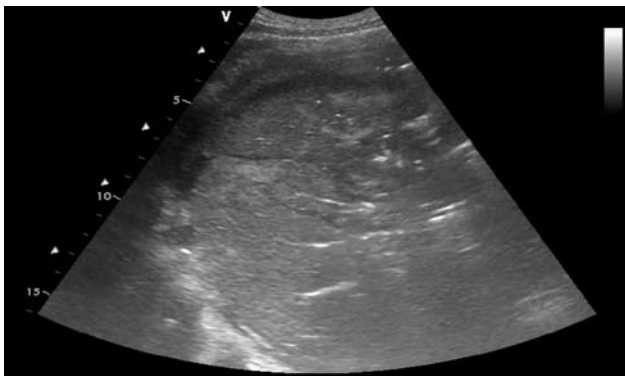
2.3. Περιορισμοί της μεθόδου

Εκτός από τη γνώση των κλινικών εφαρμογών της εξέτασης, εξίσου σημαντική θεωρείται και η γνώση των περιορισμών της. Το υποδόριο εμφύσημα αποτελεί έναν από τους σημαντικούς περιορισμούς της εξέτασης, βασιζόμενο στο γεγονός της αδυναμίας των ηχητικών κυμάτων να διαπεράσουν αεροπληθείς δομές. Αποτιτανώσεις του υπεζωκότα, παρουσία συμφύσεων και πλευροδεσία είναι καταστάσεις που περιορίζουν τη χρήση του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος. Επίσης, σημαντική θεωρείται και η προαπαιτούμενη εκπαίδευση του εξεταστή, τόσο στην απεικόνιση του φυσιολογικού πνεύμονα και υπεζωκότα, όσο και στην αναγνώριση παθολογικών καταστάσεων και ιδίως του πνευμοθώρακα.

3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΠΑΡΕΓΧΥΜΑΤΟΣ

3.1. Πνευμονία-κυψελιδική πύκνωση

Η κυψελιδική πύκνωση αποτελεί συχνή παθολογική κατάσταση στους βαρέως πάσχοντες. Σε πολλές περιπτώσεις, το υπερηχογράφημα αναδεικνύει περιοχές πύκνωσης ως περιοχές ηπατοποίησης με παρουσία του δυναμικού σημείου του αεροβροχογραμματος (εικόνες 5, 6). Σε 65



Εικόνα 5. Πνευμονία με παρουσία του σημείου του αεροβροχογραμματος στο διαθωρακικό υπερηχογράφημα.



Εικόνα 6. Επιβεβαίωση της λοβώδους πνευμονίας με την παρουσία αεροβροχογραμματος στην αξονική τομογραφία.

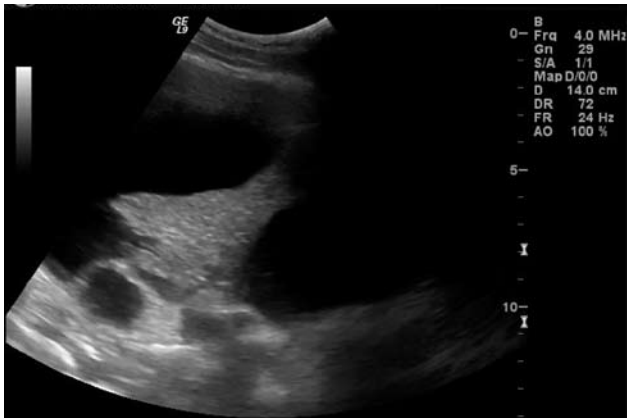
ασθενείς της ΜΕΘ με κυψελιδική πύκνωση, διαγνωσθείσα με την αξονική τομογραφία, το υπερηχογράφημα παρουσίασε 90% ευαισθησία και 98% ειδικότητα, αποδεικνύοντας ότι πρόκειται για ένα αξιόπιστο διαγνωστικό εργαλείο στη διάγνωση και στον εντοπισμό της κυψελιδικής πύκνωσης.⁸

3.2. Ατελεκτασία

Η ανάπτυξη ατελεκτασίας αποτελεί ένα από τα συχνότερα προβλήματα σε βαρέως πάσχοντες ασθενείς και χρήζει άμεσης αναγνώρισης και αιτιολογικής αντιμετώπισης. Περιπτώσεις παθητικής ατελεκτασίας αναγνωρίζονται υπερηχογραφικά από την απεικόνιση του ατελεκτατικού πνεύμονα με παρουσία εναπομείναντα αέρα εντός των βρόγχων και υπεζωκοτική συλλογή γύρω από αυτόν (εικ. 7). Ειδικό διαγνωστικό υπερηχογραφικό δυναμικό σημείο της ολικής ατελεκτασίας είναι το σημείο του «πνευμονικού σφυγμού». ⁶ Επίσης, η μετατόπιση της θέσης της καρδιάς και του μεσοθωρακίου μπορεί να θεωρηθεί ως έμμεσο σημείο ατελεκτασίας.

3.3. Διάχυτες πνευμονοπάθειες

Η απεικονιστική διάγνωση της διάχυτης πνευμονοπάθειας βασίζεται στην ακτινογραφία θώρακα και κυρίως στην αξονική τομογραφία, η οποία αποτελεί και την εξέταση εκλογής στη διαφορική διάγνωση των μεγάλου εύρους και ετερογένειας διάχυτων νοσημάτων του πνευμονικού ιστού. Η ακτινολογική αντιστοιχία των υπερηχογραφικών



Εικόνα 7. Παθητική ατελεκτασία αριστερού άνω λοβού με παρουσία μεγάλης υπεζωκοτικής συλλογής. Απεικόνιση θωρακικής αορτής.

γραμμών B3 και B7 με την εικόνα στην αξονική τομογραφία της θαμβής υάλου και της πάχυνσης των υποϋπεζωκοτικών μεσολοβιδίων διαφραγμάτων, αντίστοιχα, δημιούργησε νέα δεδομένα στο χρήστη του υπερηχογραφήματος στη μελέτη των διάχυτων πνευμονοπαθειών (εικόνες 3, 4). Διήθηση των κυψελιδικών αεροχώρων ή πάχυνση του διάμεσου πνευμονικού ιστού ή ακόμη και ο συνδυασμός των δύο απεικονίζονται υπερηχογραφικά με μεγάλη ευαισθησία (93,4%) και ειδικότητα (93%).⁴ Η αποκρυπτογράφηση αυτών των τεχνικών σφαλμάτων είναι σε θέση να δώσει με ακρίβεια απαντήσεις σε πολλά κλινικά και διαφοροδιαγνωστικά ερωτήματα που τίθενται στη ΜΕΘ. Συγκεκριμένα, σε ένα δυσπνοϊκό ασθενή, η ανάδειξη των γραμμών «B» προσφέρει άμεση διαφορική διάγνωση μεταξύ οξέος πνευμονικού οιδήματος και έξαρσης χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας.⁹ Το διαθωρακικό υπερηχογράφημα αποτελεί σημαντικό εργαλείο στη διαφορική διάγνωση μεταξύ οξέος πνευμονικού οιδήματος και οξείας αναπνευστικής ανεπάρκειας των ενηλίκων.¹⁰ Επίσης, το υπερηχογράφημα μπορεί να παράσχει σημαντικές πληροφορίες σ' ό,τι αφορά στην αναπνευστική κατάσταση των ασθενών με οξεία πνευμονική βλάβη, καθώς και στην οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια των ενηλίκων.¹¹

3.4. Πνευμονική εμβολή

Οι ασθενείς της ΜΕΘ παρουσιάζουν σημαντικούς παράγοντες κινδύνου για την εκδήλωση πνευμονικής εμβολής. Η διάγνωση της βασίζεται στην εξέταση αναφοράς, την αξονική πνευμονική αγγειογραφία, ενώ η ακτινογραφία θώρακα είναι χαμηλής ευαισθησίας και αδυνατεί να αποκλείσει ακόμη και την πιθανότητα μαζικής πνευμονικής εμβολής. Διάφορες μελέτες έχουν γίνει στην προσπάθεια διάγνωσης της πνευμονικής εμβολής με το διαθωρακικό

υπερηχογράφημα.^{12,13} Σύμφωνα με μια από αυτές, σε 194 ασθενείς με διαγνωσθείσα πνευμονική εμβολή, η υπερηχογραφική ανάδειξη 2 ή και περισσότερων τυπικών υπόηχων τριγωνικού ή στρογγυλού σχήματος βλαβών με ευρεία βάση στον υπεζωκότα θέτει τη διάγνωση.¹³ Σε περιπτώσεις μίας τυπικής βλάβης με συνοδό υπεζωκοτική συλλογή η διάγνωση είναι πιθανή, ενώ υποψία πνευμονικής εμβολής τίθεται με την ανεύρεση μικρών <5 cm υποϋπεζωκοτικών βλαβών ή παρουσίας υπεζωκοτικής συλλογής. Η συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζει ευαισθησία 74%, ειδικότητα 95%, θετική και αρνητική προγνωστική αξία 95% και 75%, αντίστοιχα. Παρ' όλα αυτά, παραμένει αμφιλεγόμενη η αξία του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος στη διάγνωση της πνευμονικής εμβολής.

4. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΥΠΕΖΩΚΟΤΑ

4.1. Πνευμοθώρακας

Ο πνευμοθώρακας είναι ένα συχνό διαγνωστικό πρόβλημα στη ΜΕΘ.¹⁴ Αποτελεί επιπλοκή προηγούμενου τραυματισμού, μηχανικού αερισμού, πνευμονικής νόσου ή και συνέπεια διαγνωστικών και θεραπευτικών χειρισμών (παρακέντηση για την αφαίρεση πλευριτικού υγρού, διδερμική παρακέντηση για λήψη βιοψίας, τοποθέτηση κεντρικής γραμμής).^{15,16} Σύμφωνα με τελευταίες μελέτες, εμφανίζεται στο 3% των ασθενών υπό μηχανικό αερισμό ως εκδήλωση βαροτραύματος.^{17,18}

Σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο στη διάγνωση του πνευμοθώρακα στη ΜΕΘ αποτελεί το διαθωρακικό υπερηχογράφημα. Η χαμηλή ευαισθησία της επί κλίνης ακτινογραφίας θώρακα, η οποία κυμαίνεται από 25–70%, όσο και η αδυναμία μεταφοράς του ασθενούς και των υποστηρικτικών μηχανημάτων εκτός της μονάδας για τη διενέργεια αξονικής τομογραφίας επιτείνουν την αναγκαιότητα της χρήσης του στη ΜΕΘ.^{19,20} Σε διάφορες συγκριτικές μελέτες με εξέταση αναφοράς, δηλαδή την αξονική τομογραφία, το υπερηχογράφημα παρουσιάζει υψηλά ποσοστά ευαισθησίας και ειδικότητας.^{2,5,21–26} Συγκεκριμένα, η απουσία του «σημείου πνευμονικής ολίσθησης» παρουσιάζει 95,3% ευαισθησία, 91,1% ειδικότητα και 100% αρνητική διαγνωστική αξία, αποκλείοντας με ακρίβεια τον πνευμοθώρακα.² Επιπλέον, η παρουσία των γραμμών «Α» παρουσιάζει 100% ευαισθησία και αρνητική διαγνωστική ακρίβεια και 60% ειδικότητα στη διάγνωση του πνευμοθώρακα.²⁶ Ο συνδυασμός των δύο αυτών σημείων, δηλαδή η απουσία του «σημείου ολίσθησης» και η ταυτόχρονη παρουσία των «γραμμών Α» παρουσιάζει 95% ευαισθησία και 94% ειδικότητα.²¹ Ένα άλλο ειδικό υπερηχογραφικό σημείο στη διάγνωση του πνευμοθώρακα είναι το «σημείο του

πνεύμονα», το οποίο παρουσιάζει 66–79% ευαισθησία και 100% ειδικότητα.^{5,27}

4.2. Υπεζωκοτική συλλογή

Η υπεζωκοτική κοιλότητα αποτελεί άριστο παράθυρο για τον υπερηχογραφικό έλεγχο (εικ. 8). Για το λόγο αυτόν, το υπερηχογράφημα θεωρείται ιδανική μέθοδος για τη διάγνωση, την ποσοτικοποίηση, την εκτίμηση της δυνατότητας παροχέτευσης και καθορισμού της θέσης παρακέντησης, καθώς και για το χαρακτηρισμό της φύσης της συλλογής.

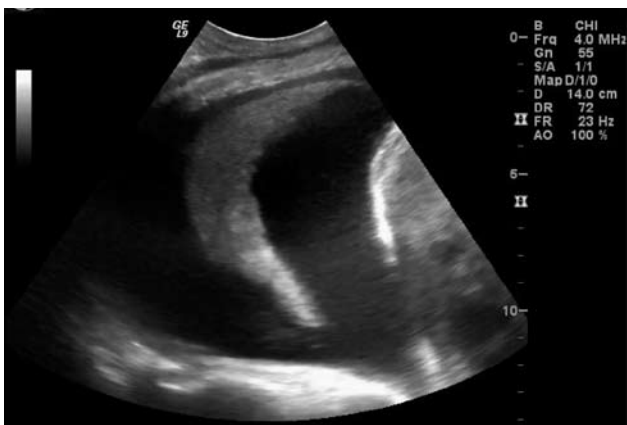
Ένα από τα πλεονεκτήματα της υπερηχογραφικής απεικόνισης της υπεζωκοτικής συλλογής σε ασθενείς της ΜΕΘ είναι και ο υπολογισμός του όγκου των υπεζωκοτικών συλλογών. Έχει αποδειχθεί ότι το υπερηχογράφημα θώρακα χαρακτηρίζεται από υψηλότερη ευαισθησία και ειδικότητα συγκριτικά με την ακτινογραφία θώρακα επί κλίνης.²⁸ Σύμφωνα με σχετική μελέτη, ο υπολογισμός του όγκου των υπεζωκοτικών συλλογών βασίζεται στη μέτρηση της μεγίστης διαμέτρου της άνηξης, υπόηχης περιοχής, μεταξύ των δύο πετάλων του υπεζωκότα, του σπλαγχνικού και του τοιχωματικού, κατά τη μέση-οπίσθια μασχαλαία γραμμή στην τελοεκπνευστική φάση.²⁹

Συγκεκριμένα, ο όγκος του υγρού υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$V \text{ (mL)} = 20 \times \text{Sep} \text{ (mm)}$$

όπου V=όγκος του υγρού και Sep=η μέγιστη διάμετρος της άνηξης, υπόηχης περιοχής μεταξύ των δύο πετάλων του υπεζωκότα.

Η μελέτη αυτή διενεργήθηκε σε ασθενείς της ΜΕΘ υπό μηχανικό αερισμό και με ανύψωση της κλίνης κατά



Εικόνα 8. Μεγάλη υπεζωκοτική συλλογή με συνοδό ατελεκτασία κάτω λοβού.

15°. Οι περιορισμοί της μεθόδου, σύμφωνα και με δεύτερη μελέτη, είναι οι μικρές συλλογές (Sep <10 mm) και η φύση της συλλογής, καθώς εφαρμόζεται μόνο σε μη επιπλεγμένες συλλογές.²⁸ Η ίδια έρευνα έδειξε ότι όταν ο όγκος του υγρού είναι >1.400 mL, μειώνεται η ευαισθησία και η ειδικότητα της μεθόδου.

Σύμφωνα με άλλη μελέτη, η οποία διενεργήθηκε σε ασθενείς της ΜΕΘ υπό μηχανικό αερισμό, η ευαισθησία και η ειδικότητα του υπερηχογραφήματος στην ποσοτικοποίηση μη επιπλεγμένης πλευριτικής συλλογής >500 mL ήταν 83% και 90%, αντίστοιχα.³⁰ Στη συγκεκριμένη μελέτη, ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ του πνεύμονα και του οπισθίου θωρακικού τοιχώματος έγινε στο 5ο μεσοπλεύριο διάστημα. Η σημασία των ανωτέρω μελετών έγκειται στην επιλογή των ασθενών για θεραπευτική παρακέντηση, καθώς πρόκειται για ασθενείς υπό μηχανικό αερισμό, στους οποίους η αναπνευστική σταθερότητα αποτελεί προτεραιότητα στην καθημερινή αντιμετώπισή τους.

Το υπερηχογράφημα αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο στον εντοπισμό της κατάλληλης θέσης για τη θωρακέντηση. Μελέτη κατά την οποία πραγματοποιήθηκε σύγκριση στην επιλογή των σημείων παρακέντησης, με κλινικά κριτήρια και με υπερηχογραφική καθοδήγηση, ανέδειξε την αναγκαιότητα της χρήσης του υπερηχογραφήματος σε ποσοστό 15% και μείωση των επιπλοκών της παρακέντησης στο ίδιο ποσοστό.³¹ Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, σε παρουσία παραγόντων κινδύνου, όπως η μικρή υπεζωκοτική συλλογή και οι επιπλεγμένες υπεζωκοτικές συλλογές (διαφραγμάτια), η χρήση των υπερήχων μειώνει τη λανθασμένη επιλογή των σημείων παρακέντησης από 10% σε 4%, καθώς και τον αριθμό των προσπαθειών από 67% σε 49%.

Τέλος, ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των υπερήχων στις παρακεντήσεις είναι και ο καθορισμός –σε ορισμένες περιπτώσεις– της φύσης των πλευριτικών συλλογών (εικ. 9). Τόσο τα διδρώματα όσο και τα εξιδρώματα μπορεί να είναι άνηχα στον υπερηχογραφικό έλεγχο, ενώ τα διδρώματα έχουν πάντα άνηχη απεικόνιση.³² Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε 127 ασθενείς με διδρωματική συλλογή, η συλλογή απεικονίστηκε υπερηχογραφικά είτε ως άνηχη είτε με παρουσία ηχογενών στοιχείων εντός αυτής.³³ Εντούτοις, οι υπέρηχοι μπορούν να αναδείξουν σύνθετες συλλογές με εσωτερικούς ήχους ή διαφραγμάτια και τα ευρήματα αυτά είναι ενδεικτικά εξιδρώματος στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Μελέτες έχουν αποδείξει την ανωτερότητα του υπερηχογραφήματος στην ανάδειξη διαφραγματίων συγκριτικά με την υπολογιστική τομογραφία.³³ Η απεικόνιση ομοιογενών ηχογενών στοιχείων, που επιπλέον, συνηγορεί υπέρ αιμορραγικής



Εικόνα 9. Πλευρική συλλογή με παρουσία διαφραγματίων.

συλλογής, παραπνευμονικής συλλογής ή εμπυήματος. Μετακινούμενα συγκρίματα εντός του υγρού σκεδάζουν τη δέσμη των υπερήχων και παράγουν έγχρωμα σήματα μέσα στο υγρό (σημείο του έγχρωμου υγρού, "fluid color sign"), εύρημα το οποίο συμβάλλει στη διάκριση του ηχογενούς υπεζωκοτικού υγρού από την πάχυνση του υπεζωκότα.³⁴

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ρόλος του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος ως απεικονιστική διαγνωστική μέθοδος στην εντατική παρακολούθηση και στην έγκαιρη διάγνωση των νοσημάτων του θώρακα είναι αναμφισβήτητα πολύ σημαντικός. Το

διαθωρακικό υπερηχογράφημα, μέσα από ένα εύρος κλινικών εφαρμογών στις νόσους των πνευμόνων και του υπεζωκότα, αποτελεί το μόνο διαγνωστικό εργαλείο για τη συνεχή, σε πραγματικό χρόνο, παρακολούθηση των ασθενών της ΜΕΘ. Προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την αναπνευστική κατάσταση των βαρέως πασχόντων κατά τη διάρκεια του μηχανικού αερισμού, καθώς και σε καταστάσεις οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας (ARDS) και οξείας πνευμονικής βλάβης (ALI), ενώ παρέχει σημαντική βοήθεια στη διαφορική διάγνωση διαφόρων πνευμονολογικών νοσολογικών οντοτήτων.

Η συμβολή της τεχνολογικής ανάπτυξης με την ποιοτική αναβάθμιση του υπερηχογραφικού μηχανήματος, τόσο με τη βελτιστοποίηση της ποιότητας της απεικόνισης όσο και με τη μείωση των διαστάσεων του υπερηχογράφου, θα οδηγήσει σε εδραίωση των εφαρμογών του διαθωρακικού υπερηχογραφήματος στη ΜΕΘ. Τα πλεονεκτήματα του υπερηχογραφήματος έναντι των λοιπών απεικονιστικών μεθόδων στη ΜΕΘ, όπως η μη μεταφορά του ασθενούς και των υποστηρικτικών μηχανημάτων στον ακτινολογικό χώρο, η δυνατότητα διενέργειας της εξέτασης δίπλα στο κρεβάτι του βαρέως πάσχοντα, καθώς και η διαγνωστική του ακρίβεια, το καθιστούν εξέταση ιδιαίτερα απαραίτητη στην απεικονιστική αξιολόγηση των ασθενών της ΜΕΘ. Συμπερασματικά, η υπερηχογραφία αποτελεί απεικονιστική μέθοδο απλή, ταχεία, χαμηλού κόστους και ακίνδυνη σε ήδη επιβαρυσμένους ασθενείς, με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας.

ABSTRACT

The contemporary role of transthoracic ultrasonography in the evaluation of chest diseases in the intensive care unit

K. STEFANIDIS,¹ S. DIMOPOULOS,² P. POLITIS,² S. NANAS²

¹Department of Radiology, "Evangelismos" General Hospital of Athens, Athens, ²First Department of Critical Care, "Evangelismos" General Hospital of Athens, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2010, 27(4):614–621

Until recently, ultrasonography (US) was considered a method of poor access for visualizing pulmonary and pleural diseases, due to the inability of sound to penetrate the air-filled lung. Despite its limitations, transthoracic US has become an important diagnostic tool in an increasing number of pathological situations such as pneumonia, atelectasis, interstitial-alveolar syndrome, pulmonary embolism, pneumothorax and pleural effusion. US assessment of these situations is based on the imaging of artifacts, signs and lines of normal lung and pleura and special signs and lines related to disease. The fact that transthoracic US is a method which is easily repeatable at the bedside and is radiation-free makes it an attractive imaging tool for use on a daily basis, especially in the management of critically ill patients. The aim of this review is to elucidate the current role of transthoracic US in the study of pulmonary and pleural diseases in critically ill patients in the Intensive Care Unit.

Key words: Critically ill patient, ICU, Transthoracic US, Ultrasonography

Βιβλιογραφία

- MURADALI D, GOLD WL, PHILLIPS A, WILSON S. Can ultrasound probes and coupling gel be a source of nosocomial infection in patients undergoing sonography? An *in vivo* and *in vitro* study. *AJR Am J Roentgenol* 1995, 164:1521–1524
- LICHTENSTEIN DA, MENU Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 1995, 108:1345–1348
- LICHTENSTEIN DA. Pneumothorax and introduction to ultrasound signs in the lung. In: *General ultrasound in the critically ill*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2005:105–115
- LICHTENSTEIN D, MEZIÈRE G, BIDERMAN P, GEPNER A, BARRE O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997, 156:1640–1646
- LICHTENSTEIN D, MEZIÈRE G, BIDERMAN P, GEPNER A. The “lung point”: An ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med* 2000, 26:1434–1440
- LICHTENSTEIN DA, LASCOLS N, PRIN S, MEZIÈRE G. The “lung pulse”: An early ultrasound sign of complete atelectasis. *Intensive Care Med* 2003, 29:2187–2192
- LICHTENSTEIN D, MEZIÈRE G, SEITZ J. The dynamic air bronchogram: A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest* 2009, 135:1421–1425
- LICHTENSTEIN DA, LASCOLS N, MEZIÈRE G, GEPNER A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004, 30:276–281
- VOLPICELLI G, CARDINALE L, GAROFALOG, VELTRIA. Usefulness of lung ultrasound in the bedside distinction between pulmonary edema and exacerbation of COPD. *Emerg Radiol* 2008, 15:145–151
- COPETTI R, SOLDATI G, COPETTI P. Chest sonography: A useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound* 2008, 6:16
- ARBELOT C, FERARI F, BOUHEMAD B, ROUBY JJ. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Curr Opin Crit Care* 2008, 14:70–74
- MATHIS G, BLANK W, REISSIG A, LECHLEITNER P, REUSS J, SCHULER A ET AL. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: A prospective multicenter study of 352 patients. *Chest* 2005, 128:1531–1538
- REISSIG A, HEYNE J, KROEGEL C. Sonography of lung and pleura in pulmonary embolism: Sonomorphologic characterization and comparison with spiral CT scanning. *Chest* 2001, 120:1977–1983
- KOLLEF MH. Risk factors for the misdiagnosis of pneumothorax in the intensive care unit. *Crit Care Med* 1991, 19:906–910
- De LASSENCE A, TIMSIT J, TAFFLAT M, AZOULAY E, JAMALI S, VINCENT F ET AL. Pneumothorax in the intensive care unit. Incidence, risk factors, and outcome. *Anesthesiology* 2006, 104:5–13
- CHEN K, JERNG J, LIAO W, DING L, KUO L, WANG J ET AL. Pneumothorax in the ICU. Patient outcomes and prognostic factors. *Chest* 2002, 122:678–683
- PETERSON GW, BAIER H. Incidence of pulmonary barotraumas in a medical ICU. *Crit Care Med* 1983, 11:67–69
- ANZUETO A, FRUTOS-VIVARF, ESTEBAN A, ALÍAI, BROCHARDL, STEWARTT ET AL. Incidence, risk factors and outcome of barotrauma in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2004, 30:612–619
- CHILES C, RAVIN CE. Radiographic recognition of pneumothorax in the intensive care unit. *Crit Care Med* 1986, 14:677–680
- TOCINO IM, MILLER MH, FAIRFAX WR. Distribution of pneumothorax in the supine and semirecumbent critically ill patients. *AJR Am J Roentgenol* 1985, 144:901–905
- LICHTENSTEIN DA, MEZIÈRE G, LASCOLS N, BIDERMAN P, COURRET JP, GEPNER A ET AL. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med* 2005, 33:1231–1238
- GAROFALO G, BUSSO M, PEROTTO F, DE PASCALE A, FAVA C. Ultrasound diagnosis of pneumothorax. *Radiol Med* 2006, 111:516–525
- SARTORI S, TOMBESI P, TREVISANI L, NIELSEN I, TASSINARI D, ABBASCIANO V. Accuracy of transthoracic sonography in detection of pneumothorax after sonographically guided lung biopsy: Prospective comparison with chest radiography. *AJR Am J Roentgenol* 2007, 188:37–41
- ROWAN K, KIRKPATRICK A, LIU D, FORKHEIM K, MAYO J, NICOLAOU S. Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: Correlation with chest radiography and CT – initial experience. *Radiology* 2002, 225:210–214
- 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
- LICHTENSTEIN D, MEZIÈRE G, BIDERMAN P, GEPNER A. The comet-tail artifact: An ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999, 25:383–388
- SOLDATI G, TESTA A, PIGNATARO G, PORTALE G, BIASUCCI DG, LEONE A ET AL. The ultrasonographic deep sulcus sign in traumatic pneumothorax. *Ultrasound Med Biol* 2006, 32:1157–1163
- VIGNON P, CHASTAGNER C, BERKANE V, CHARDAC E, FRANÇOIS B, NORMAND S ET AL. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med* 2005, 33:1757–1763
- BALIK M, PLASIL P, WALDAUF P, PAZOUT J, FRIC M, OTAHAL M ET AL. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2006, 32:318–321
- ROCH A, BOJAN M, MICHELET P, ROMAIN F, BREGEON F, PAPAIZIAN L ET AL. Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions >500 mL in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2005, 127:224–232
- DIACON A, BRUTSCHE M, SOLÈR M. Accuracy of pleural puncture sites: A prospective comparison of clinical examination with ultrasound. *Chest* 2003, 123:436–441
- YANG P, LUH K, CHANG D, WU H, YU C, KUO S. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: Analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol* 1992, 159:29–33
- CHEN H, TU C, LING S, CHEN W, CHIU K, HSIAT ET AL. Sonographic appearances in transudative pleural effusions: Not always an anechoic pattern. *Ultrasound Med Biol* 2008, 34:362–369
- WU R, YANG P, KUO S, LUH KT. “Fluid color” sign: A useful indicator for discrimination between pleural thickening and pleural effusion. *J Ultrasound Med* 1995, 14:767–769

Corresponding author:

S. Nanas, First Department of Critical Care, “Evangelismos” General Hospital of Athens, National and Kapodistrian University of Athens, 45–47 Ipsilantou str., GR-106 76 Athens, Greece
e-mail: snanas@cc.uoa.gr