

# Υπερηχογράφημα θώρακος Πνευμονικό Παρέγχυμα - Διάφραγμα

Γιάννης Καλομενίδης



Καθηγητής Πνευμονολογίας  
Α Κλινική Εντατικής Θεραπείας  
Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ  
Νοσοκομείο «Ο Ευαγγελισμός»

# Το πνευμονικό παρέγχυμα δεν φαίνεται

Πέρα από την υπεζωκοτική γραμμή:

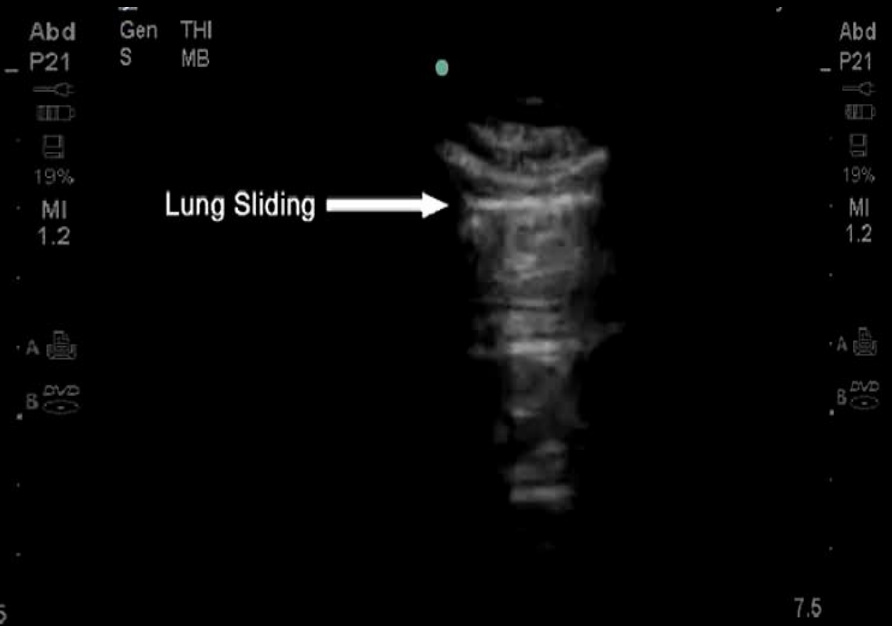
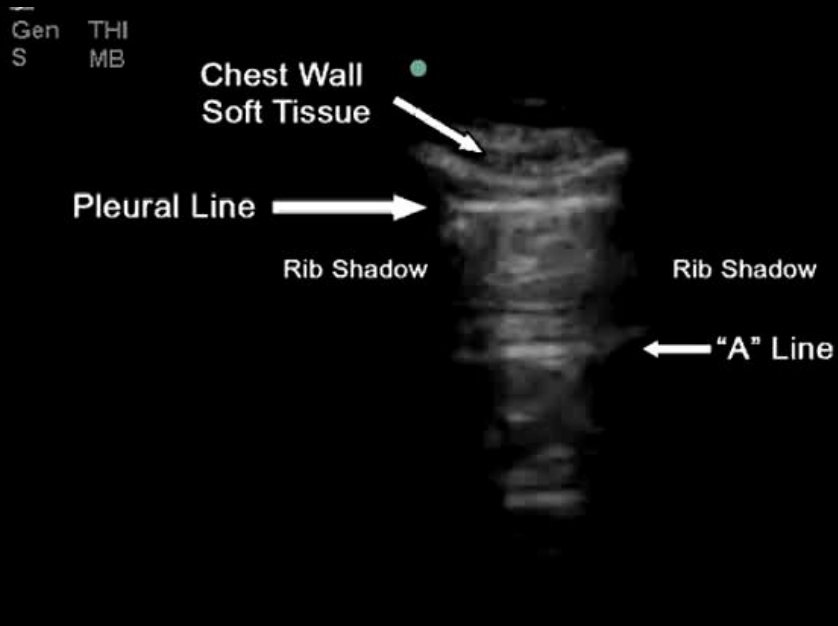
- Artifacts – φυσιολογικά/παθολογικά
- Πραγματικές εικόνες – πάντα παθολογικές

Για να είναι ορατή μια βλάβη θα πρέπει μεταξύ ηχοβολέα και βλάβης να μην μεσολαβεί αέρας

# Αναγνωρίσιμη από US παθολογία παρεγχύματος

- Πνευμονικό οίδημα – ARDS
- Διάμεσες πνευμονοπάθειες
- Πύκνωση - Ατελεκτασία
- Περιφερικοί όγκοι πνεύμονα

# Φυσιολογική απεικόνιση



ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΔΕΞΙΑ



ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ

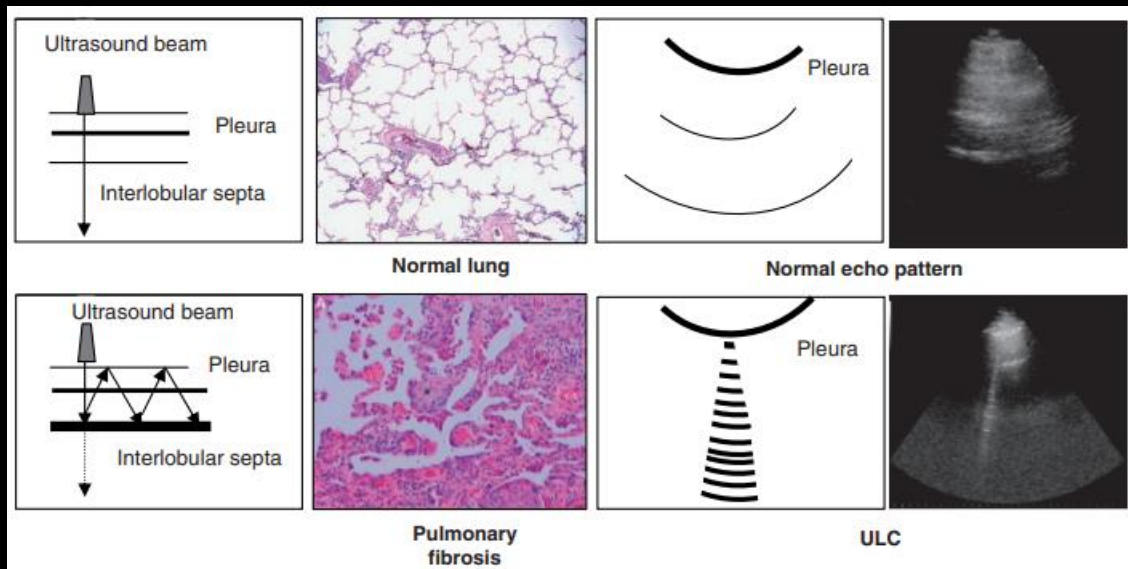


# A lines

- Δηλώνουν παρουσία αέρα
- Φυσιολογικός πνεύμονας
- Υπερδιάταση
- Πνευμοθώρακας

# Β γραμμές

## Το artifact του παρεγχύματος



- Artifacts που παράγονται από τη συνεχή αντανάκλαση του ήχου από διαφορετικής πυκνότητας, μη αεριζόμενες περιοχές της επιφάνειας του πνεύμονα
- Δηλώνουν παρουσία πνευμονικού παρεγχύματος που εφάπτεται στο θωρακικό τοίχωμα

# B γραμμές

- Ξεκινούν από την υπεζωκοτική γραμμή
- Εκτείνονται σε όλο το βάθος της εικόνας χωρίς να εξασθενούν
- Φυσιολογικά απέχουν περίπου 7 mm
- Εξαφανίζονται τις Α-γραμμές
- Μετακινούνται με την ολίσθηση της υπεζωκοτικής γραμμής
- Φυσιολογικά μέχρι 233 ανά τομή





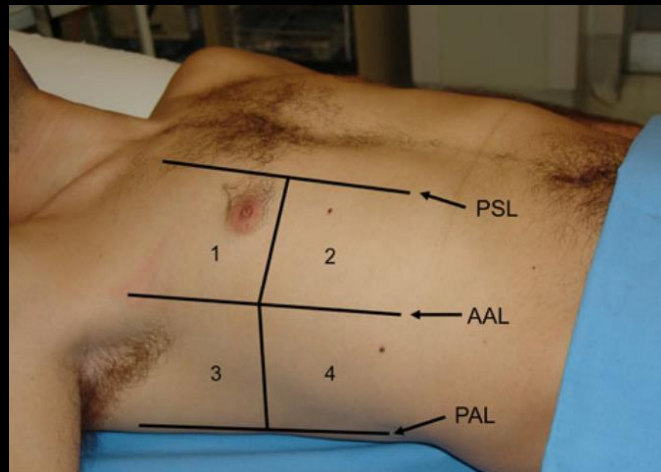
# Εστιακή συρροή Β γραμμών

- Φυσιολογικός πνεύμονας
- Πνευμονία
- Πνευμονικό έμφρακτο
- Πνευμονική θλάση
- Νεοπλασία

*Volpicelli G et al. Intensive Care Med 2012; 38:577–591*

# Διάμεσο σύνδρομο

Πάνω από 2 Β-γραμμές σε πάνω από δύο μεσοπλεύρια (προσθίως ή πλαγίως) σε κάθε ένα ημιθώρακιο συνιστούν εικόνα **διάμεσου συνδρόμου**:



Ο u/s είναι πιο αξιόπιστος από την α/α θώρακα στον αποκλεισμό σημαντικού διαμέσου συνδρόμου και επιτρέπει την παρακολούθηση της πορείας του

# Υπέρηχος πνεύμονα και οξεία δύσπνοια καρδιογενούς αιτιολογίας

1005 ασθενείς με οξεία δύσπνοια

**Διαχωρίζουν καρδιογενή από μη καρδιογενή**

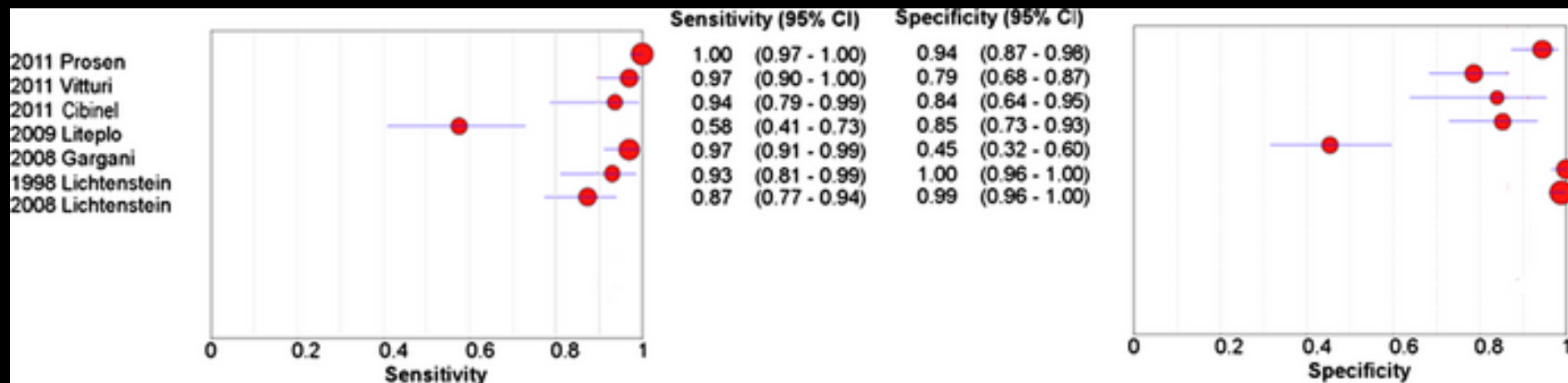
	Ευαισθησία (%)	Ειδικότητα (%)
US	97	97,4
Κλινική αξιολόγηση	85,3	90
α/α θώρακα	69,5	82,1
BNP	85	61,7

## ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ

Συμφωνία που προκύπτει από ανασκόπηση φακέλου από επειγοντολόγο και καρδιολόγο

# Καρδιογενές πνευμονικό οίδημα

- Μέτα-ανάλυση
- 7 προοπτικές μελέτες με ασθενείς που προσήλθαν με οξεία δύσπνοια και υποψία πνευμονικού οιδήματος (n=1075)
- Μέθοδος Volpicceli (2 πρόσθιες + 2 πλάγιες ζώνες σε κάθε πλευρά) ή μόνο 2 πρόσθιες ζώνες



**EY 94% (95% CI 81,3%-98,3%)**

**EΙΔ 92,4% (95% CI 84,2% - 96,4%)**

# Καρδιογενές πνευμονικό οίδημα

- Μετα-ανάλυση σε ασθενείς με οξεία δύσπνοια που είχαν ταυτόχρονα US και α/α θώρακα
- 6 προοπτικές μελέτες (N=1827)
- Πώς αναγνωριζόταν το πνευμονικό οίδημα;
- **US** ΕΥ 0.88 (95% CI, 0.75-0.95) - ΕΙΔ 0.90 (95% CI, 0.88-0.92)
- **α/α θώρακα**: ΕΥ 0.73 (95% CI, 0.70-0.76) - ΕΙΔ 0.90 (95% CI, 0.75-0.97)

*JAMA Netw Open 2019; 2: e190703*

	<b>ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ</b>	<b>ARDS</b>
<b>Κατανομή β-γραμμών</b>	ομοιογενής	ανομοιογενής
<b>Διάσπαρτες ΚΦ περιοχές</b>	όχι	ναι
<b>Υποϋπεζωκοτικές πυκνώσεις</b>	όχι	ναι
<b>Υπεζωκοτική γραμμή</b>	ομαλή	Ανώμαλη, παχυσμένη, ασυνεχής
<b>Ολίσθηση πνεύμονα</b>	κανονική	Μπορεί μειωμένη
<b>Υπεζ συλλογές</b>	τυπικό	ασύνηθες

# Διαφορική διάγνωση διαμέσου συνδρόμου στη ΜΕΘ: υπεζωκοτική γραμμή

- Σε περιβάλλον ΜΕΘ δύσκολος ο διαχωρισμός ΟΠΟ – πνευμονίας - ARDS

*Volpicelli G et al. Intensive Care Med 2012; 38:577–591*  
*Hassan M et al. Eur Respir Rev 2020; 29: 190136*

- 27 ασθενείς με καρδιογενές πνευμονικό οίδημα και 29 με ARDS
- Τουλάχιστον δύο βλάβες (διάσπαση, ανωμαλία ή πάχυνση) της υπερζωκοτικής γραμμής υπέρ ARDS: ΕΥ 89.3% - **ΕΙΑ 100%**
- Σε επιβεβαιωτικό δείγμα: οι υπερζωκοτικές βλάβες διέκριναν το ARDS (n = 98) από το καρδιογενές πνευμονικό οίδημα (n = 24) με ΕΥ 31% (95% CI, 21-40%) και **ΕΙΑ 100%** (95% CI, 86-100%)

*Heldeweg et al. Crit Care Med. 2022*

# Lung Ultrasound Score (LUS)

- Συσχετίζεται ισχυρά με ευρήματα CT και με βαρύτητα υποξυγοναιμίας και προβλέπει τις εκβάσεις σε ARDS και COVID-19 πνευμονία
- Επιτρέπει την ποσοτικοποίηση του αερισμού και την παρακολούθηση της προόδου της νόσου

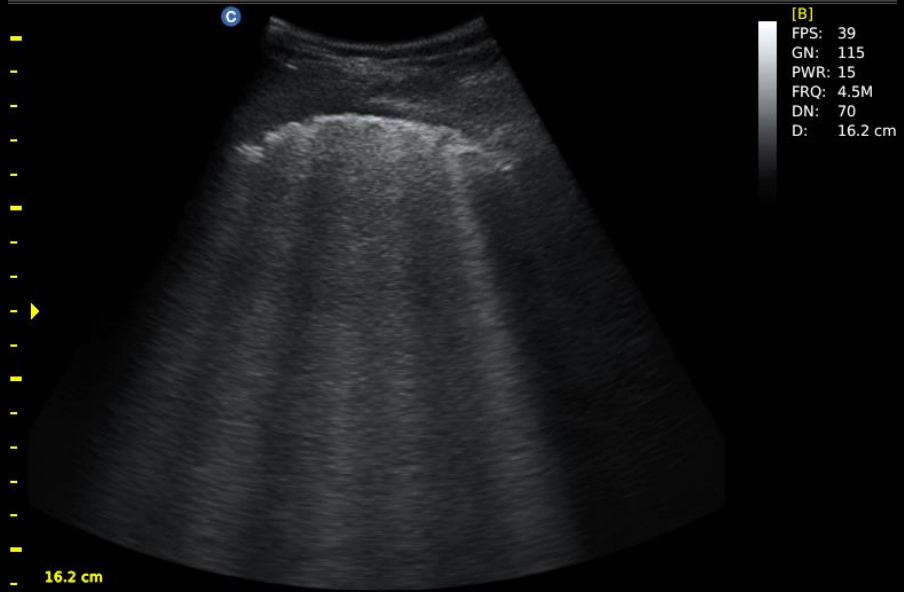
*Raby JJ et al. Am J Respir Crit Care Med 2018, Buhamed et al. Anesthesiology 2015*

*Song et al. Int J Infect Diseases 2021; 108:603-9, De Alemar JCG et al. Annals Intern Med 2021; 11:6*

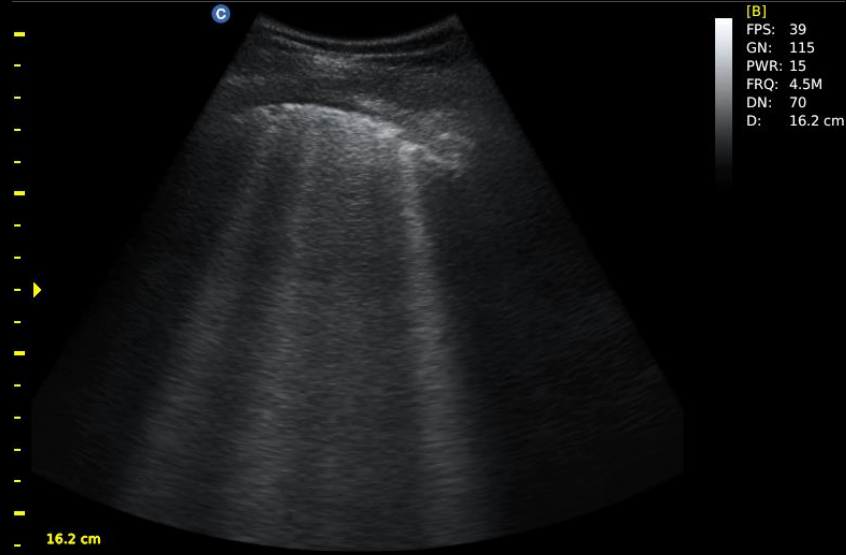




2019-04-04-0001      Hosp.      MI:0.50 TIS:<0.2      2019-04-04  
ABD      C3-A/4.5M      16:19:26

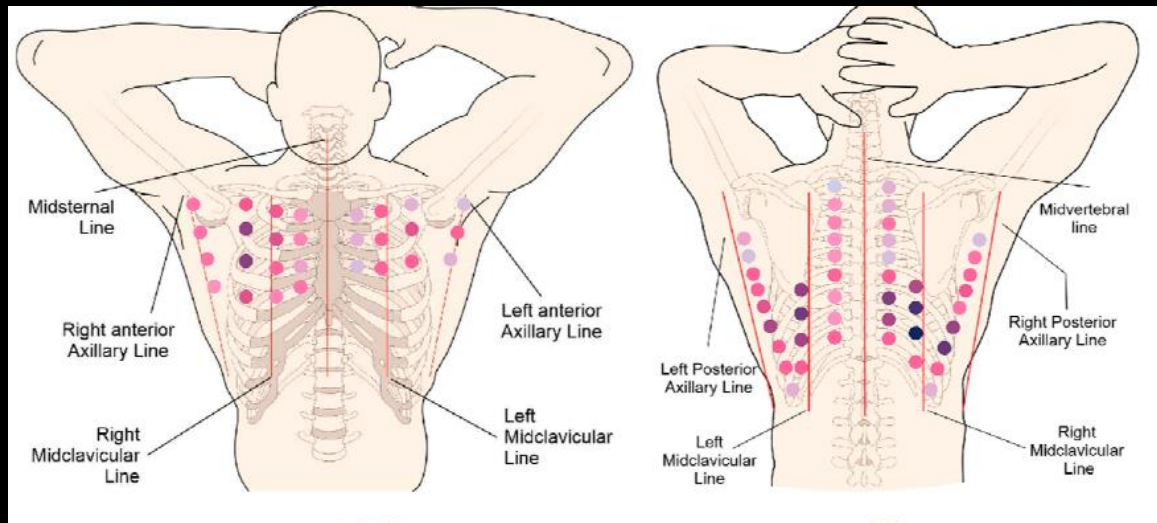


2019-04-04-0001      Hosp.      MI:0.50 TIS:<0.2      2019-04-04  
ABD      C3-A/4.5M      16:20:12



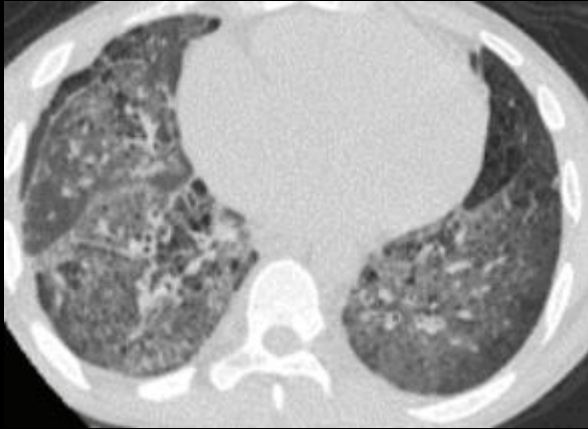
# US σε διάμεσες πνευμονοπάθειες

Μπορεί ο US να αντικαταστήσει την HRCT στην διάγνωση και την παρακολούθηση των διαμέσων πνευμονοπαθειών που συνοδεύουν συστηματικά αυτοάνοσα νοσήματα;



*M Gutierrez et al. J Rheumatol 2020, DMR Beigi et al. Rheumatology 2023, AD Sedie. Semin Arthr Rheum 2024*

# NSIP



**esaote**

PRC 10/1/2/0 PRS 3

Abdominal  
AC2541 Lung

07/Dec/2023 15:10:29

P 100% MI 1.0  
TIS 0.2



0  
5  
10  
15



# Πύκνωση - Πνευμονία

Υποϋπεζωκοτική περιοχή με δομή που θυμίζει πνευμονικό ιστό – «βλέπουμε τον πνεύμονα»

Υποηχογενής, υποϋπεζωκοτική περιοχή

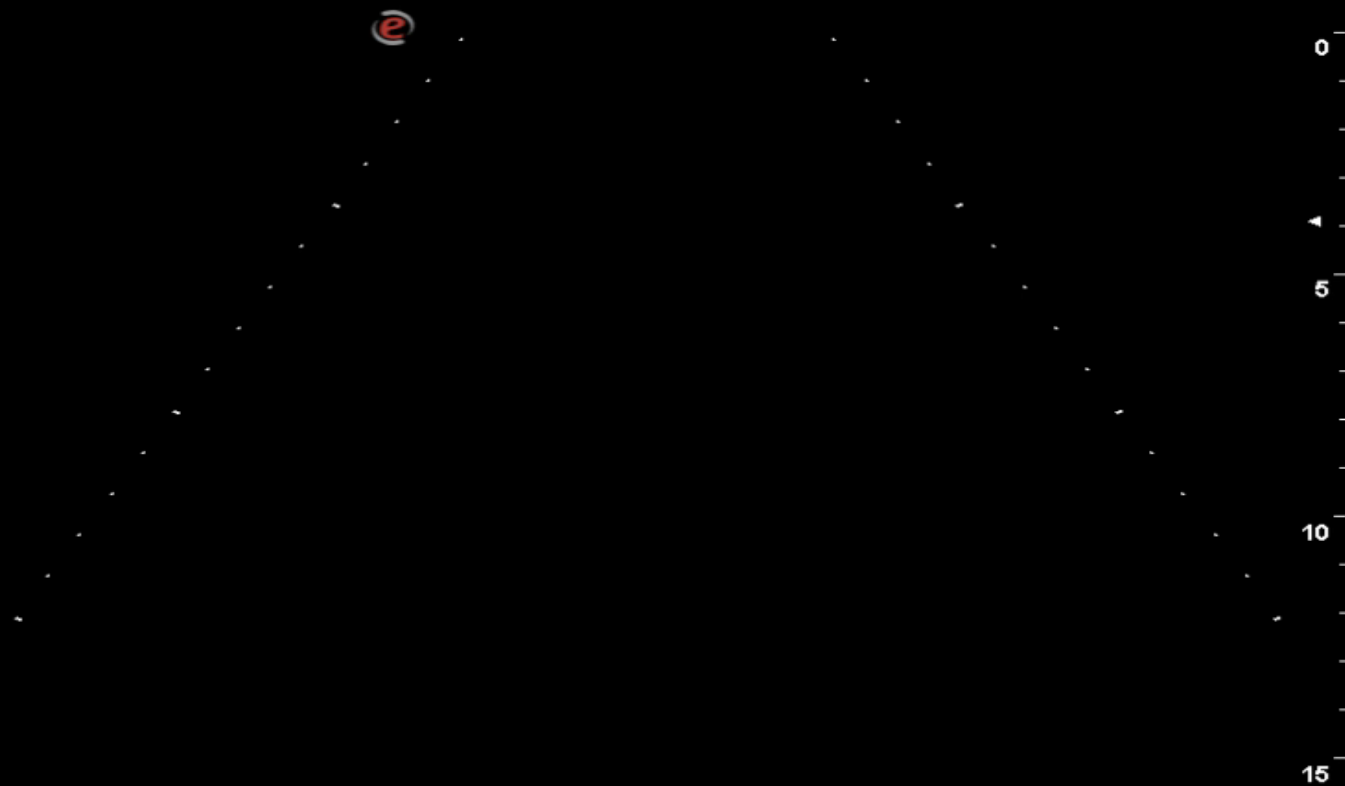


# US για διάγνωση πνευμονίας

- Μετα-ανάλυση μελετών με ασθενείς στο ΤΕΠ
- 17 μελέτες (n=5108 ασθενείς)
- ΕΥ- 92% (95% CI, 87%-96%)
- ΕΙΔ - 94% (95% CI, 87%-97%)

*Orso D et al. Eur J Emerg Med 2018; 25: 312–321*

Abdominal  
AC2541 Lung



FR71/ IP5/ DR60

M



0  
-  
-  
-  
-  
-  
-5  
-  
-  
-  
-  
-10  
-  
-  
-

1/803

Gen MB



Abd  
C60



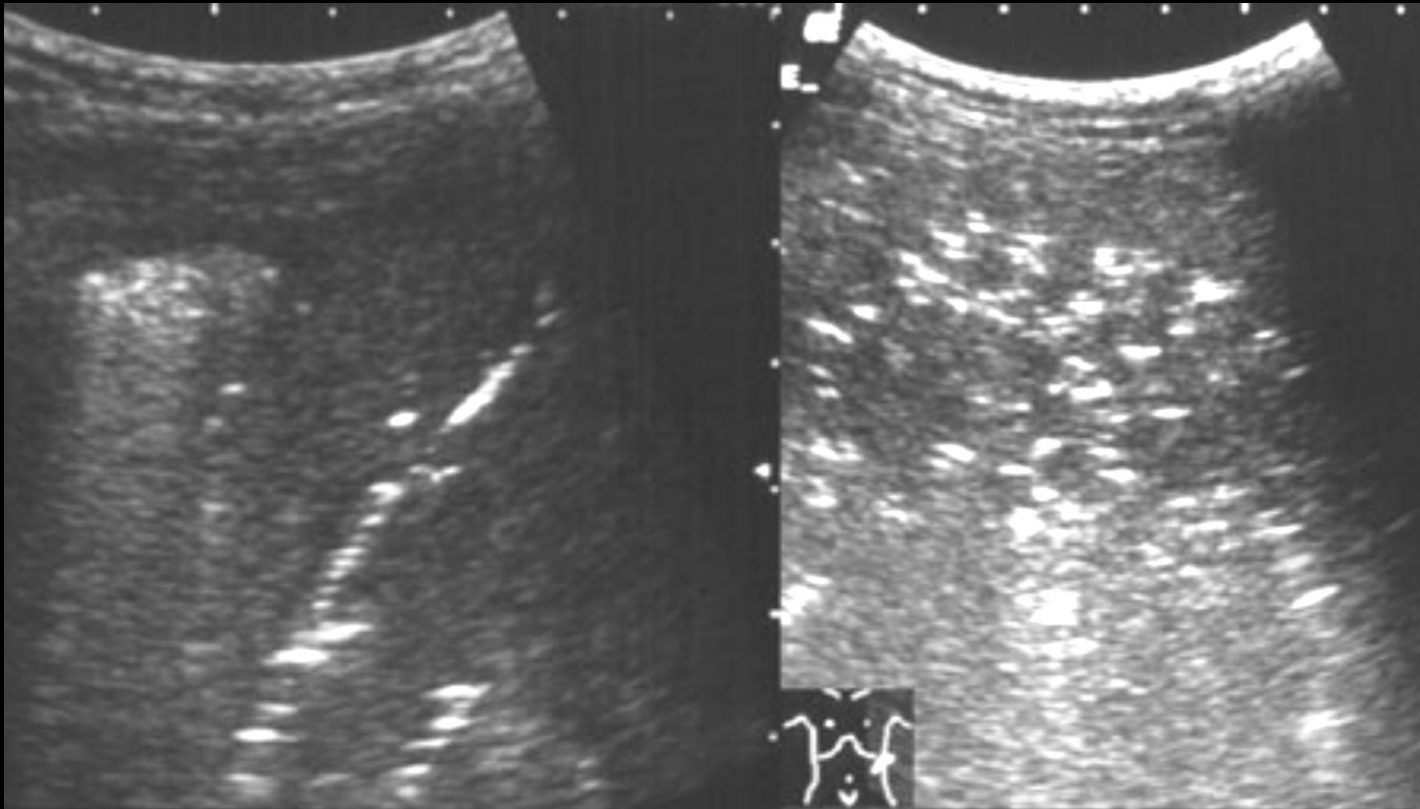
CF  
99%  
3  
1

MI  
0.8

13



# Πνευμονία



Πορεία βελτίωσης

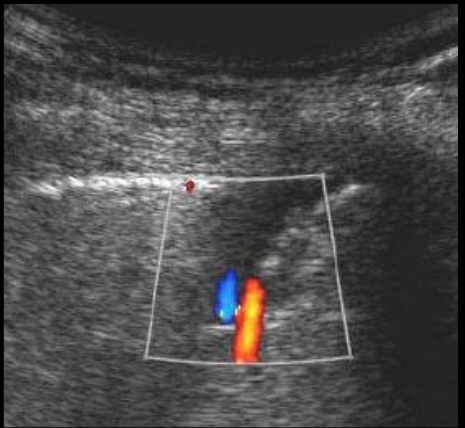
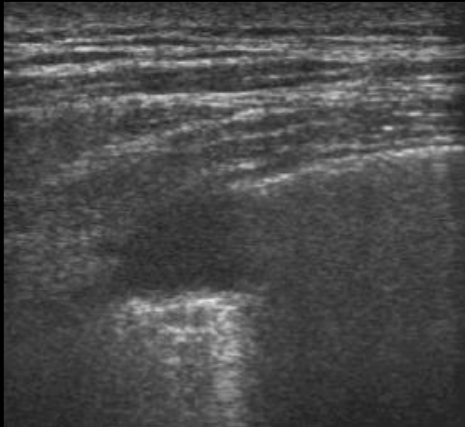
Αποκατάσταση αερισμού

# COVID-19 πνευμονία

- Μετα-ανάλυση σε ασθενείς που είχαν αξονική, υπέρηχο και α/α θώρακα
- 94 μελέτες: CT και US πιο ευαίσθητες από X-ray (P = 0.0003 και P = 0.001, αντίστοιχα)
- CT και US με συγκρίσιμη ΕΥ μεταξύ τους (P=0.42).
- Ίδια ειδικότητα μεταξύ των τριών μεθόδων

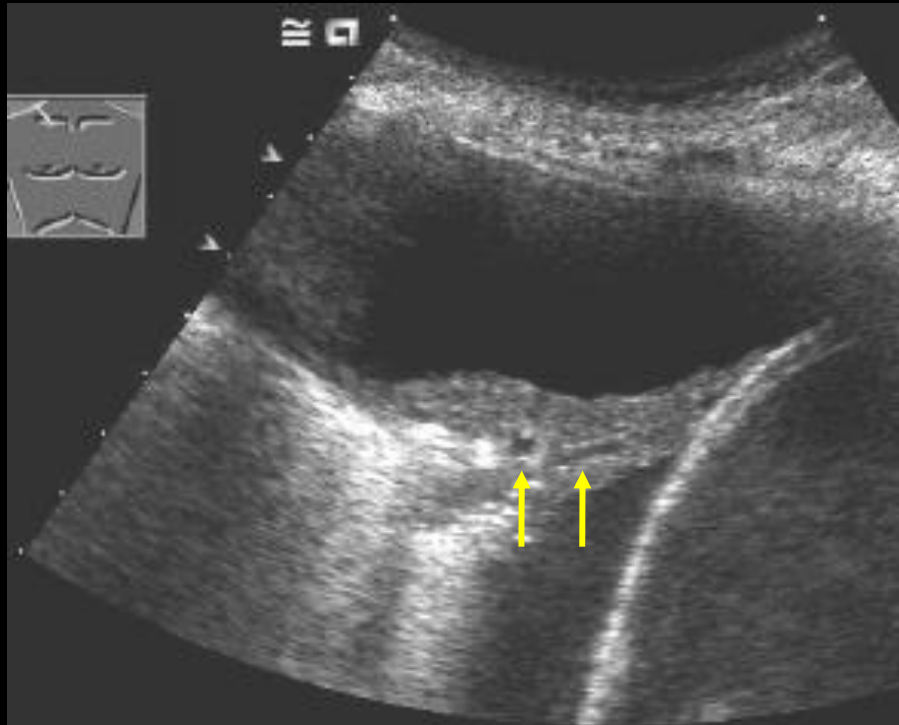
*Ebrahimzadeh SA et al. Cochrane Database Syst Review 2022 May 16;5(5):CD013639*

# Πνευμονική Εμβολή



- Μετα-ανάλυση 70 μελετών (9664 ασθενείς – 40% με ΠΕ) με υπερηχογραφική μελέτη κάτω άκρων, πνευμόνων, καρδιάς ή πολυοργανικό
- **DVT** EY 43.7% (95% CI 36.3%-51.4%)/ EΙΔ: 96.7% (95% CI 95.4%-97.6%)
- **Υποηχογενείς υποπεζωκοτική βλάβη:** EY 81.4% (95% CI 73.2%-87.5%)/ EΙΔ 87.4% (95% CI 80.9%-91.9%)
- **D-sign:** EY 29.7% (95% CI 24.6%-35.4%); EΙΔ 96.2% (95% CI 93.1%-98.%)
- **Θρόμβος στην ΔΕ κοιλία:** EY 4.7% (95% CI 2.7%-8.1%); EΙΔ 100% (99%-100%)
- **Σημείο McConnell's:** 29.1% (95% CI 20.0%-40.1%); EΙΔ 98.6% (96.7%-99.4%)

# Ατελεκτασία



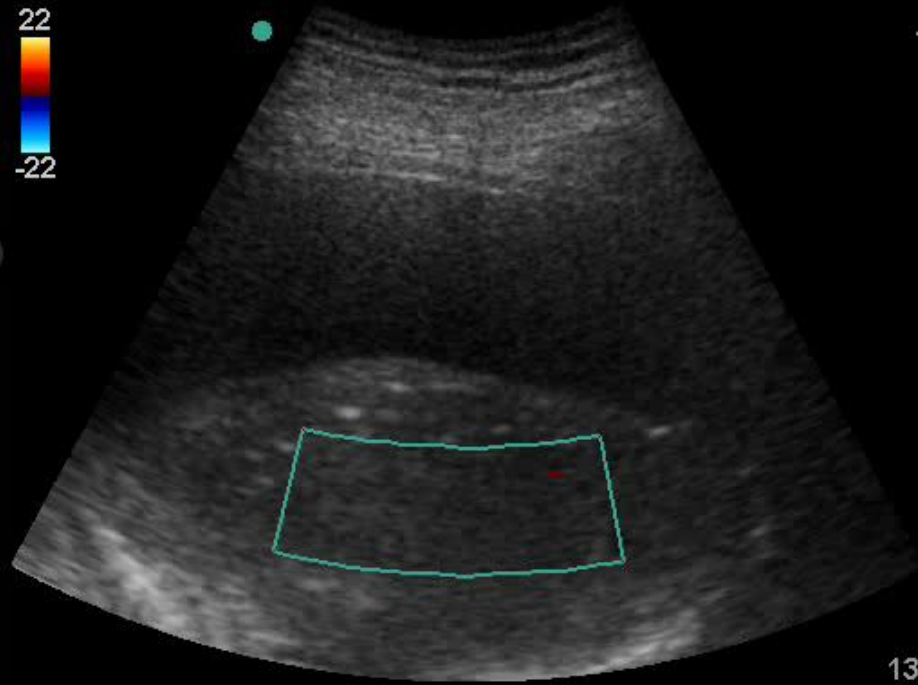
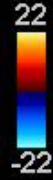
Υγρό



Αέρας

# Περιφερική Μάζα

Color  
1302Hz



Abd  
C60



CF

96%  
40  
19

TIS  
0.3

13

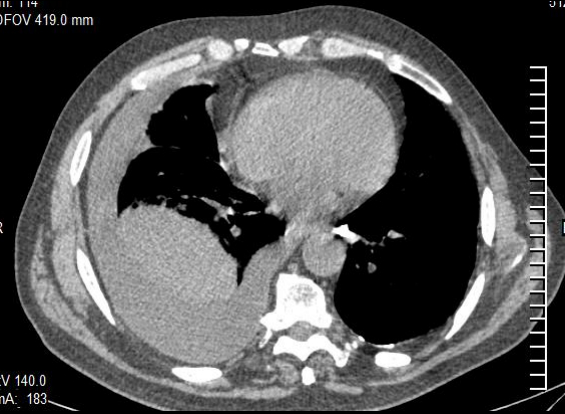
Color Med PRE Scale WF Med Show Invert

mm: 11\*  
DFOV 419.0 mm

0.12

R

kV 140.0  
mA: 183



**Gold standard: CT**

**Table 2** Sensitivity, specificity, positive and negative predictive values, and diagnostic accuracy of CXR and lung ultrasound (LU) compared to CT scan for each abnormality and for each hemithorax

Pathology	LU/CXR	CT +	CT –	Sensitivity (%) <sup>a</sup>	Specificity (%) <sup>b</sup>	PPV (%) <sup>c</sup>	NPV (%) <sup>d</sup>	DA (%) <sup>e</sup>
Consolidation	LU +	66	4	100	78	94	100	95
	LU –	0	14					
	CXR +	25	2	38	89	93	28	49
	CXR –	41	16					
Pneumothorax	LU +	6	5	75	93	55	97	92
	LU –	2	71					
	CXR +	0	1	0	99	0	90	89
	CXR –	8	75					
Pleural effusion	LU +	63	0	100	100	100	100	100
	LU –	0	21					
	CXR +	41	4	65	81	91	44	69
	CXR –	22	17					
Interstitial syndrome	LU +	51	2	94	93	96	90	94
	LU –	3	28					
	CXR +	25	6	46	80	81	45	58
	CXR –	29	24					

# Διάφραγμα

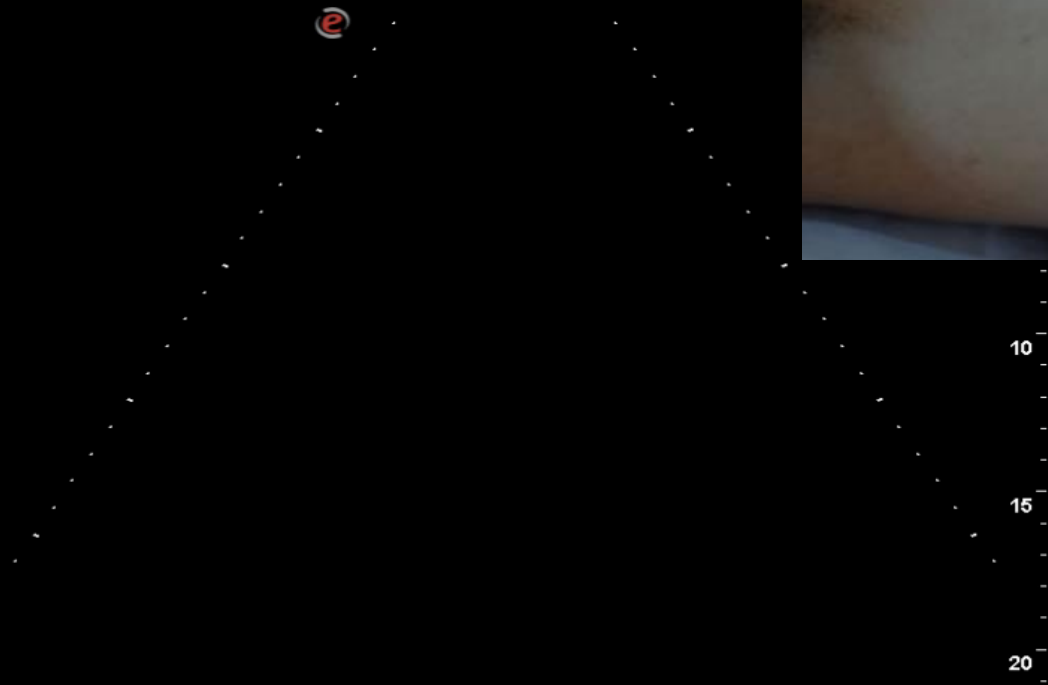
- Κινητικότητα
- Πάχος και μεταβολή πάχους στον αναπνευστικό κύκλο

# Κινητικότητα διαφράγματος

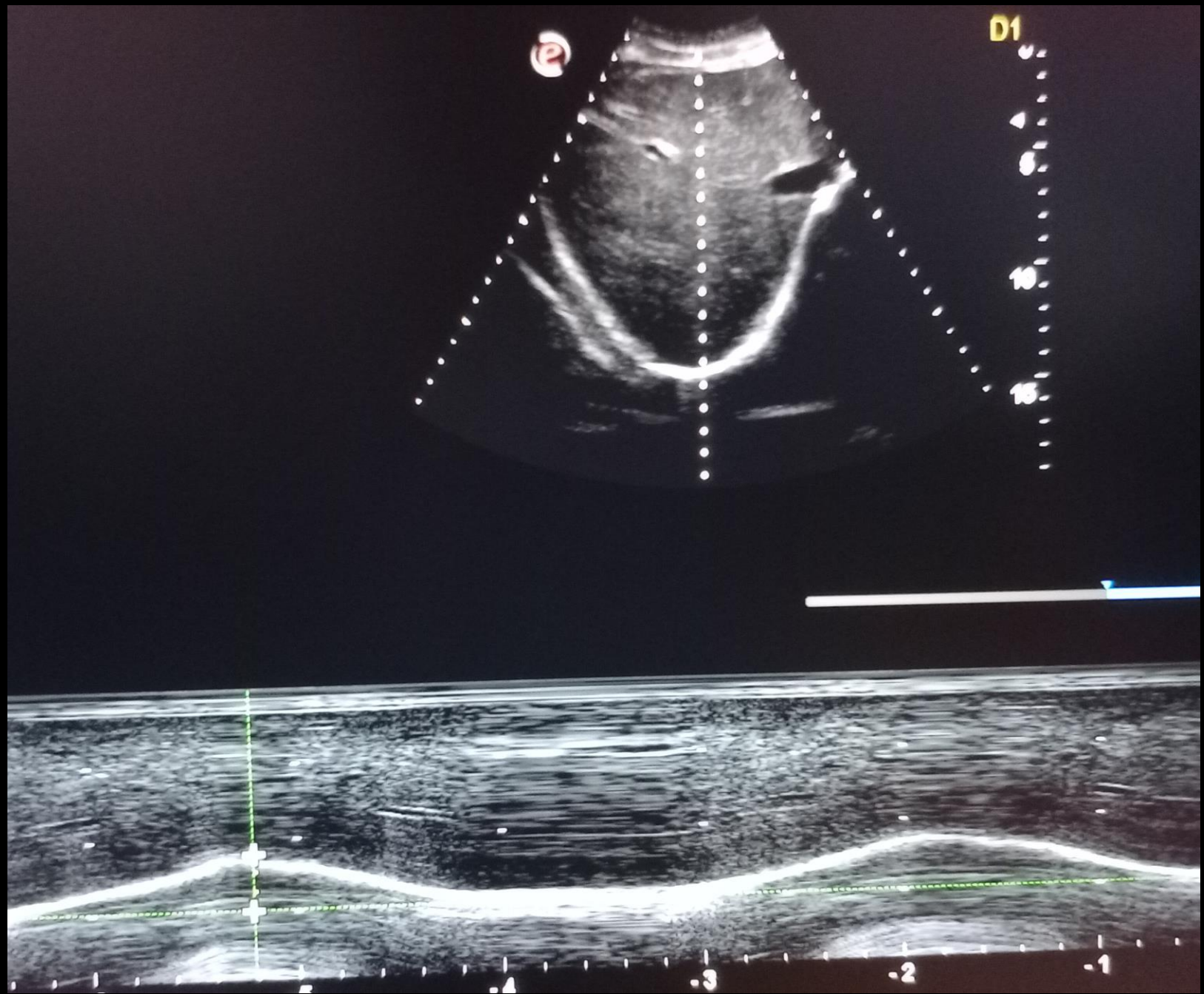
**esaote**

B Res-H G  
TEI D 211 mm X/M C1/-  
PRC 10/1/2/0 PRS 3

Abdominal  
AC2541 Lung





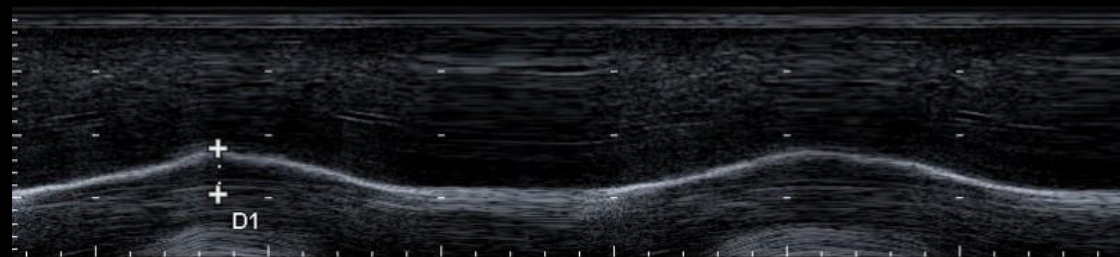
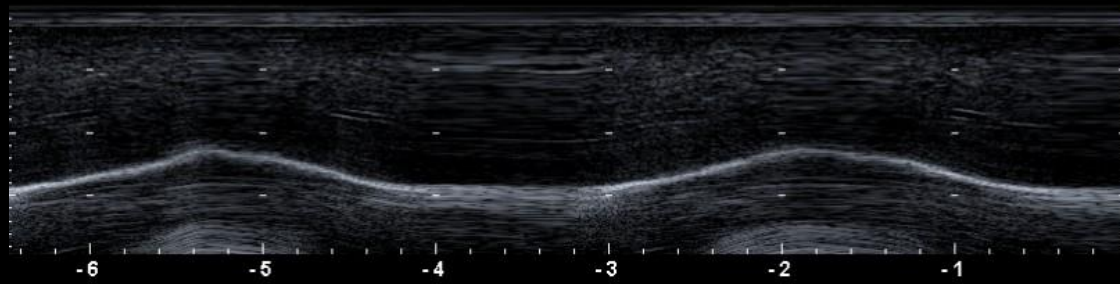


Abdominal  
AC2541 Lung



D1

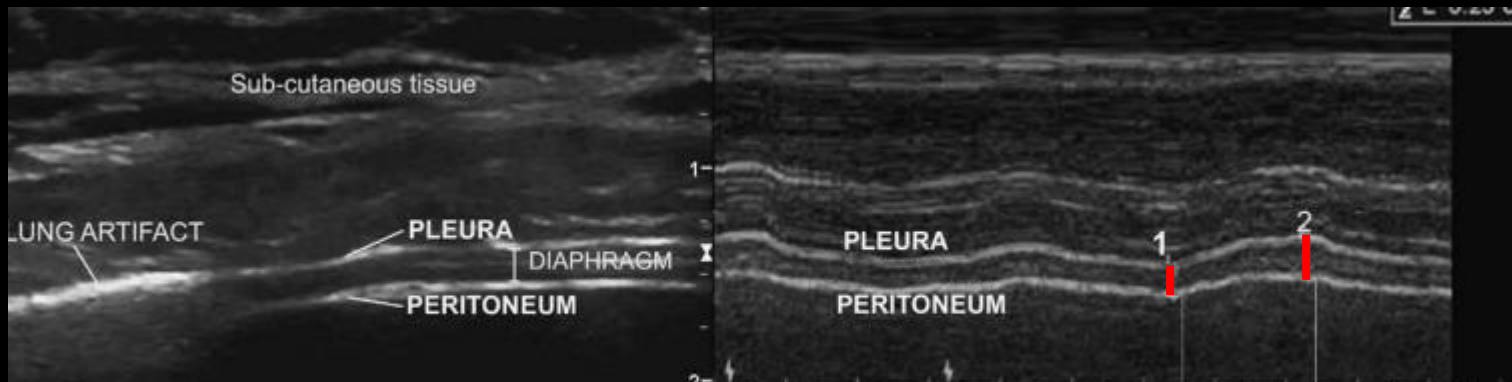
38.2 mm



# Πάχος διαφράγματος



$$\Delta Tdi (\%) = \left( \frac{\text{end-inspiration Tdi} - \text{end-expiration Tdi}}{\text{end-expiration Tdi}} \right) \times 100$$



Εκπνοή Εισπνοή

RESEARCH

Open Access



# EXpert consensus On Diaphragm UltraSonography in the critically ill (EXODUS): a Delphi consensus statement on the measurement of diaphragm ultrasound-derived parameters in a critical care setting

## Changes in thickness

$\geq 10\%$  decrease from baseline thickness is regarded as cut-off for clinically relevant atrophy

## Dysfunction

Diaphragm excursion  $< 2$  cm is indicative of dysfunction during quiet breathing

No consensus was achieved on cut-off for dysfunction based on thickening fraction