

Artifacts στην Υπερηχογραφία



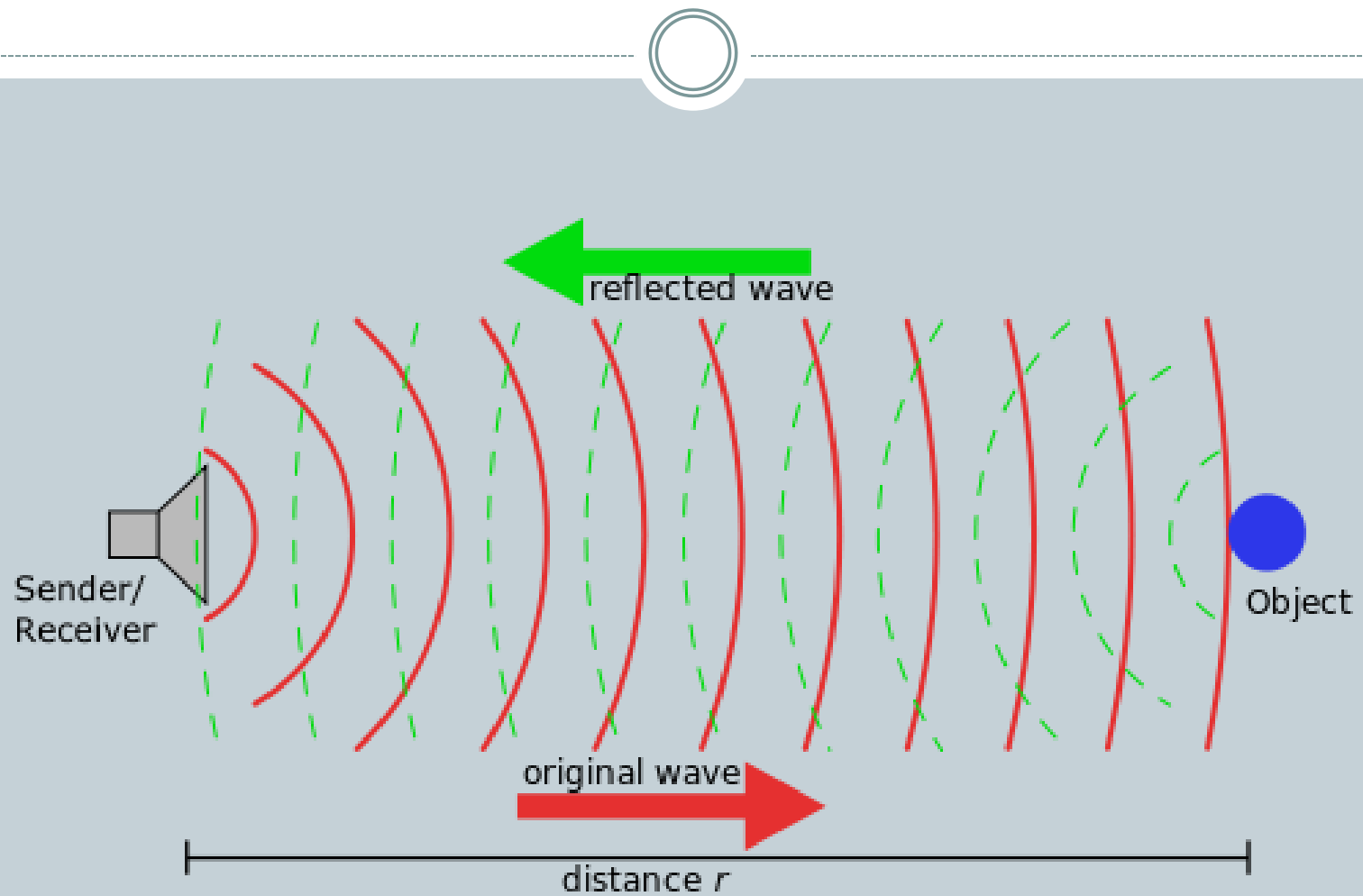


- Στην ιατρική απεικόνιση ο όρος artifact, χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει κάθε περιοχή της εικόνας που δεν αντιπροσωπεύει ακριβώς την ανατομία της απεικονιζόμενης περιοχής
- Μπορεί να επηρεάσουν την ανάγνωση μιας εικόνας
- Η απεικόνιση με υπερήχους στηρίζεται σε φυσικές συμβάσεις για να προσδιορίσει τη θέση και την ένταση κάθε λαμβανόμενης ηχούς
- Όταν οι συμβάσεις δεν ισχύουν προκαλούνται artifacts



Αυτές οι συμβάσεις/προϋποθέσεις είναι:

- Η ηχώ παράγεται μέσα στην κύρια δέσμη των ήχων
- Η ηχώ υφίσταται μόνο μια ανάκλαση
- Το βάθος μιας δομής σχετίζεται άμεσα με το χρόνο μεταξύ εκπομπής/καταγραφής
- Η ταχύτητα του ήχου στο ανθρώπινο σώμα είναι σταθερή
- Ο ήχος και η ηχώ ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή
- Η ακουστική ενέργεια εξασθενεί ομοιόμορφα μέσα στο πεδίο $0,5\text{dB/cm/MHz}$



Απόσταση από τον ηχοβολέα

- Υπολογισμός απόστασης

Ο υπερηχογράφος υπολογίζει ακριβώς την καθυστέρηση από την παραγωγή του ήχου μέχρι τη λήψη της ηχούς

Απόσταση = κατά σύμβαση ταχύτητα X καθυστέρηση / 2

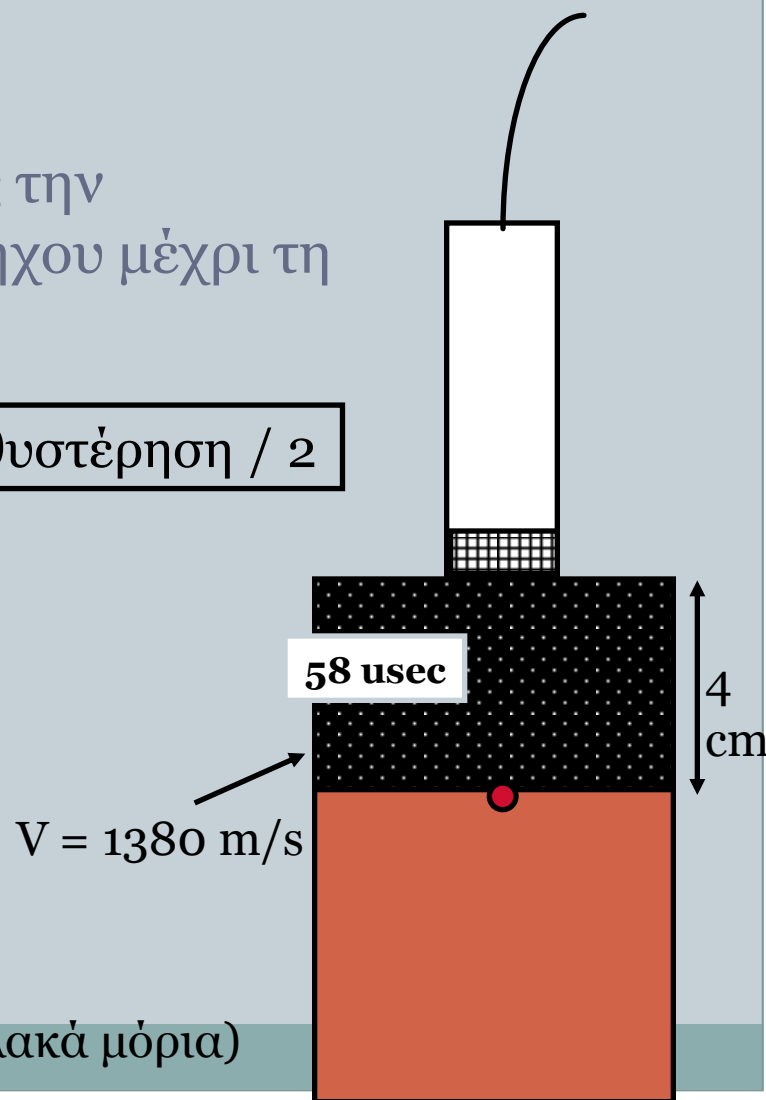
Πραγματική απόσταση

$$1380 \text{ m/s} \times 58 \text{ usec} / 2 = 4 \text{ cm}$$

Υπολογιζόμενη απόσταση

$$1540 \text{ m/s} \times 58 \text{ usec} / 2 = 4.47 \text{ cm}$$

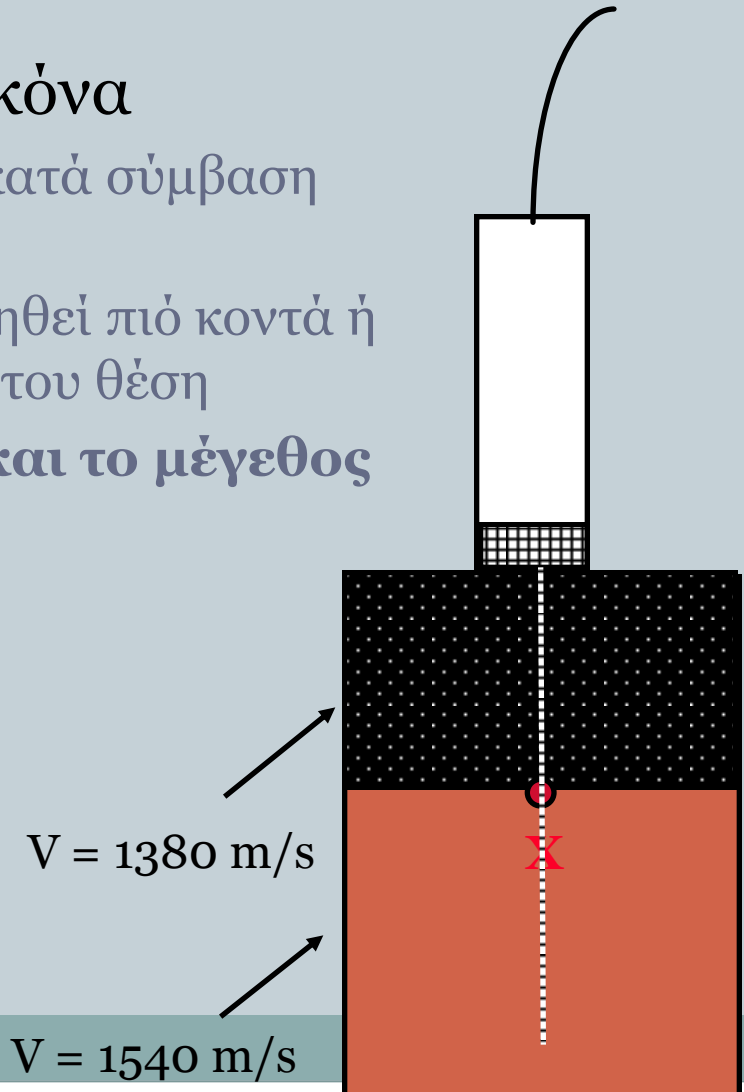
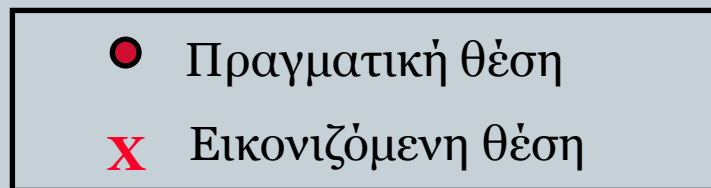
(μέση ταχύτητα ήχου στα μαλακά μόρια)



Απόσταση από τον ηχοβολέα

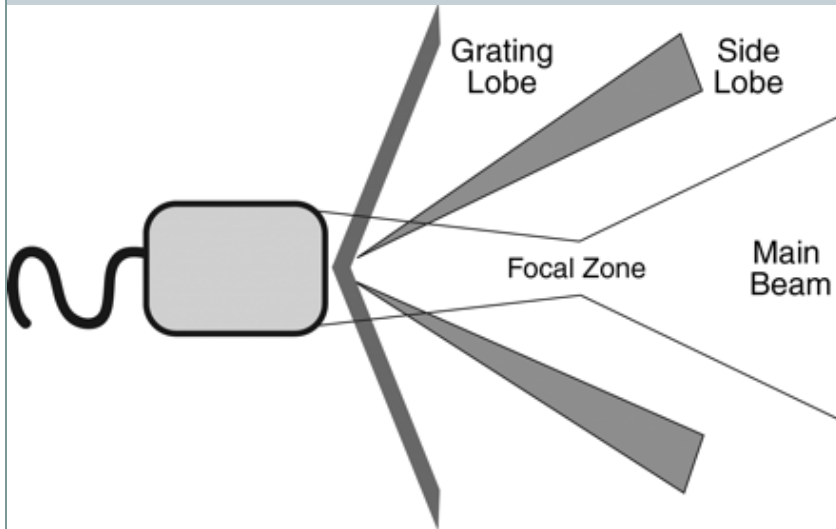


- Θέση του ανακλαστή στην εικόνα
 - Απόσταση υπολογίζεται από την κατά σύμβαση ταχύτητα
 - Ο ανακλαστής μπορεί να τοποθετηθεί πιο κοντά ή πιο μακριά από την παραγματική του θέση
 - Μπορεί να αλλάξει το σχήμα και το μέγεθος



Artifacts

που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της δέσμης

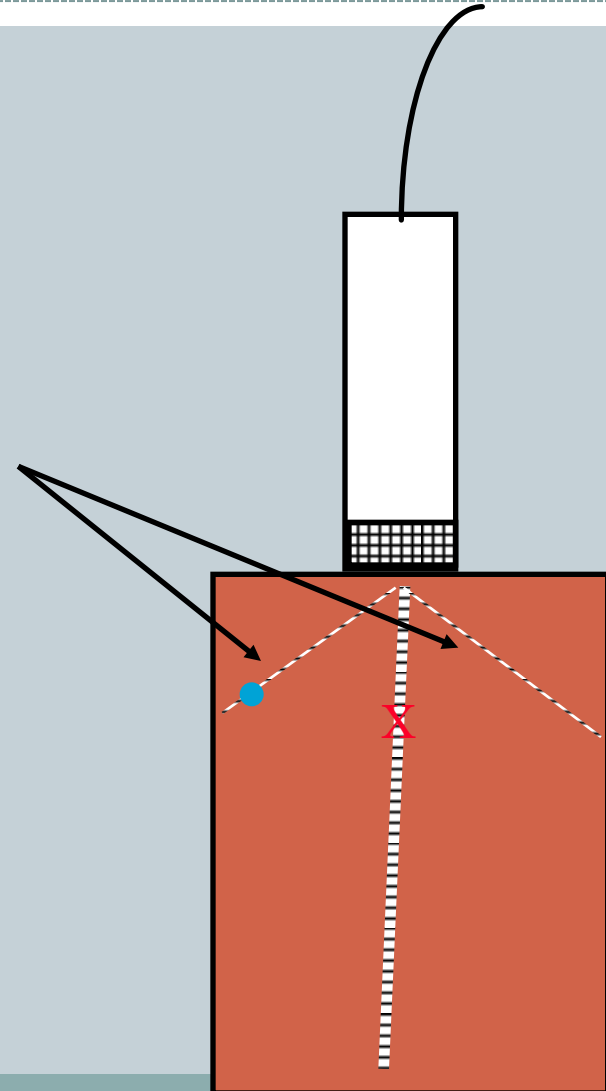


- Η δέσμη των υπερήχων έχει τριασδιάστατη δομή με πλευρικούς λοβούς
- Ο υπολογισμός θεωρεί ότι κάθε ανιχνευόμενη ηχώ παράγεται στη διαδρομή της κύριας δέσμης

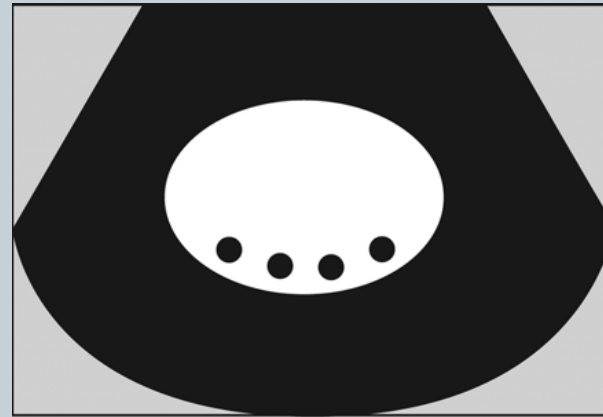
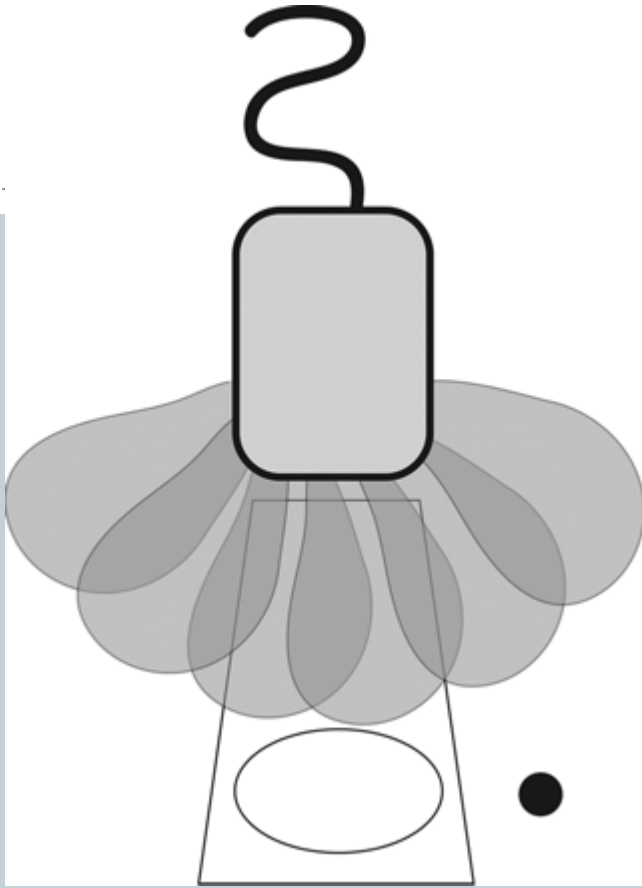
Artifacts πλευρικών λοβών



- Πλευρικοί λοβοί
 - Δέσμες από τον ηχοβολέα ενός στοιχείου με διαφορετική κατεύθυνση από την κύρια δέσμη
 - Η ηχώ από αντικείμενα στη διαδρομή των πλευρικών λοβών προβάλλεται στη διαδρομή της κύριας δέσμης
- Grating Lobes
 - Το αντίστοιχο των πλευρικών λοβών για ηχοβολείς πολλαπλών στοιχείων

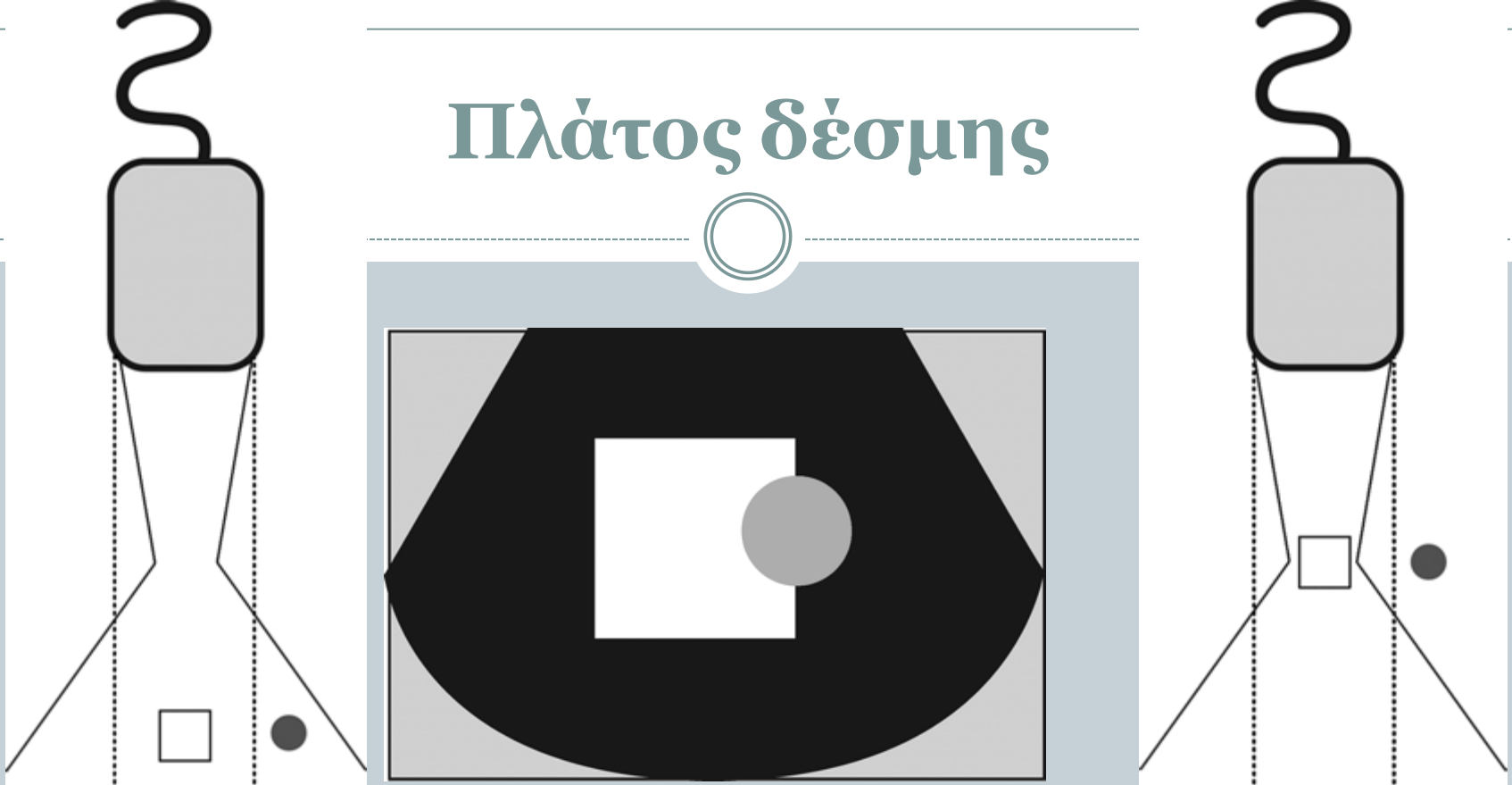


Πλάγιοι λοβοί



- Artifact πλαγίων λοβών. **(α)** Πολλαπλές έκκεντρες ασθενείς δέσμες προσπίπτουν σε δομές εκτός της κύριας διαδρομής. **(β)** Το σύστημα τοποθετεί τη δομή εντός της δέσμης και την πολλαπλασιάζει.

Πλάτος δέσμης



- Η δέσμη έχει το ίδιο πλάτος με τον ηχοβολέα στην αρχή της μετά στενεύει στην περιοχή της εστίας και περιφερικότερα φαρδαίνει περισσότερο από το πλάτος του ηχοβολέα
- Προσαρμογή της εστίας, περιορίζει το artifact



- Ορθή τοποθέτηση ηχοβολέα και εστίας στο β

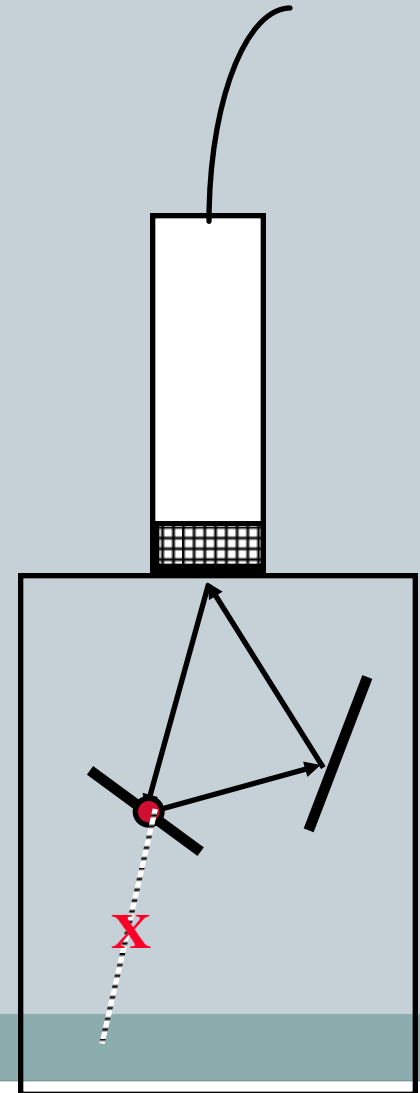
Συμβάσεις



Το σήμα που καταγράφεται
προέρχεται από μια ανάκλαση

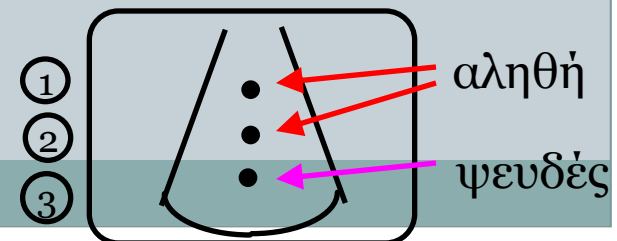
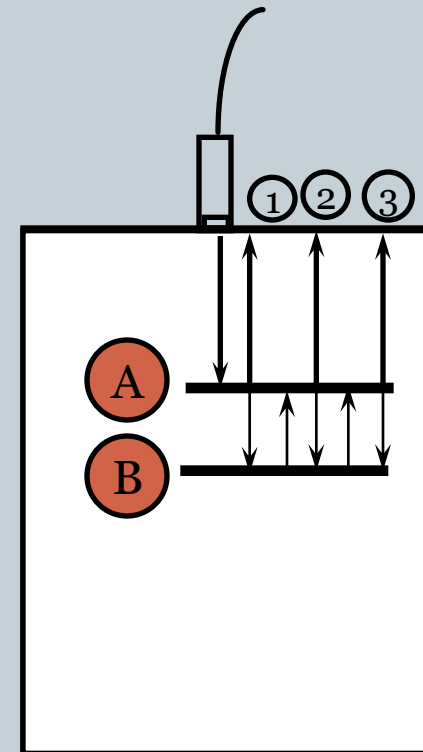
Πολλαπλές ανακλάσεις

- Πραγματική θέση
- ✗ Υπολογιζόμενη θέση στην εικόνα



Πολλαπλές ανακλάσεις

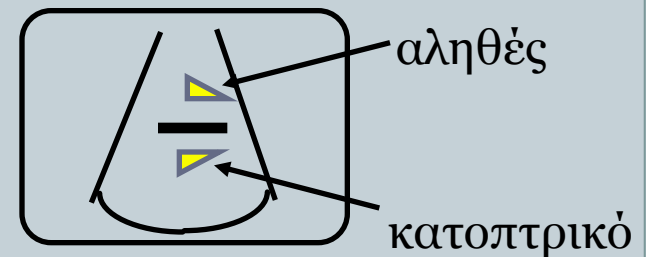
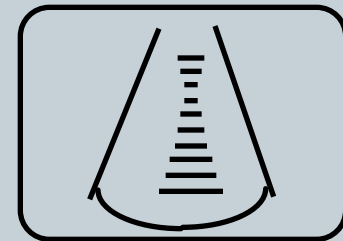
- Ηχώ από τον ανακλαστή “B” διαχωρίζεται στο “A”
- Τμήμα της δέσμης επιστρέφει στο “B”
- Αποτέλεσμα
 - Καθυστερημένη ηχώ
 - Το μηχάνημα τοποθετεί ένα ψευδές “A” συμμετρικά πίσω από τον ανακλαστή “B”



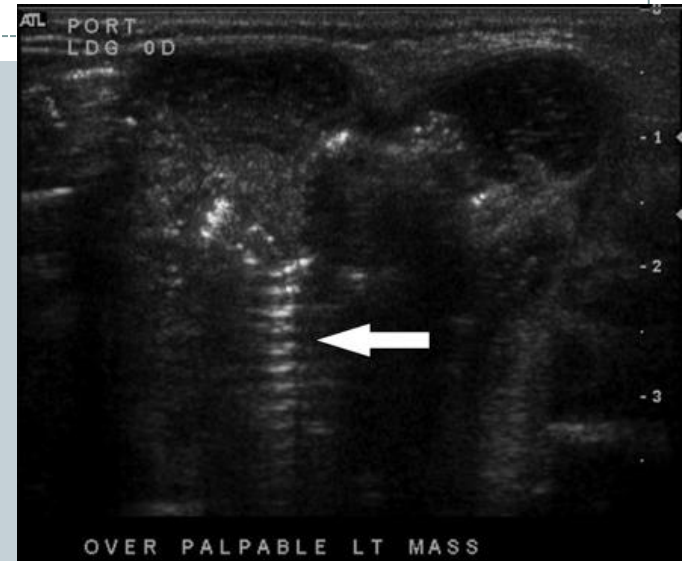
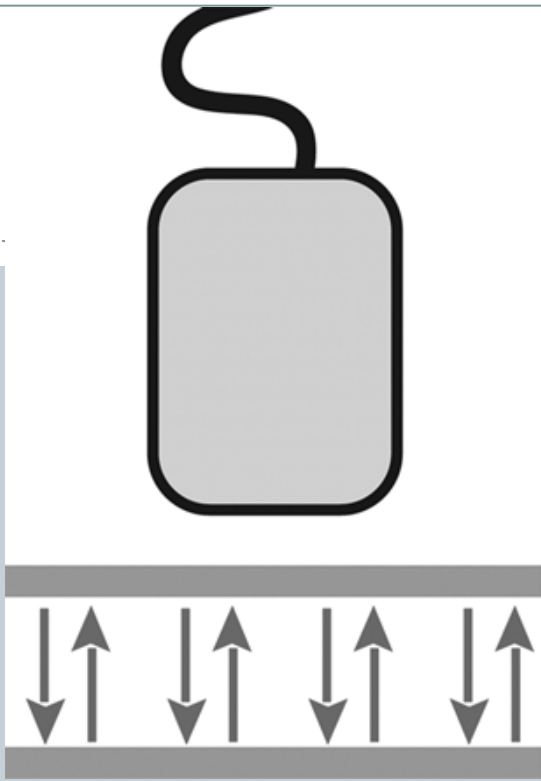
Artifacts



- Artifact πολλαπλών ανακλάσεων
 - “ουρά κομήτη” ένας τύπος
 - Μπορεί να υπάρχουν πολλαπλές ανακλάσεις μεταξύ
 - ✦ Ηχοβολέα & ανακλαστή
 - ✦ 2 ανακλαστικών επιφανειών
- Εικόνα κατόπτρου

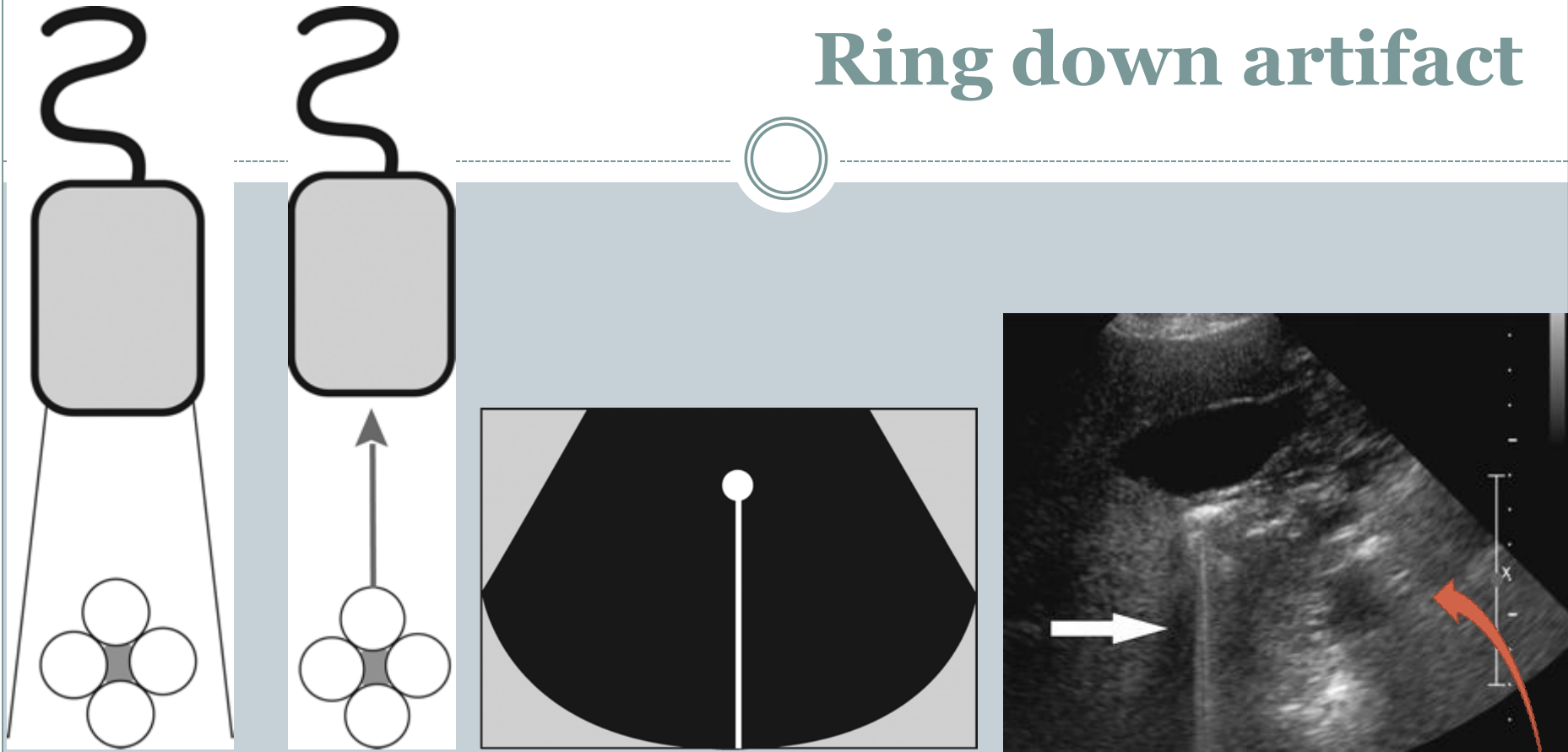


Πολλαπλές ανακλάσεις



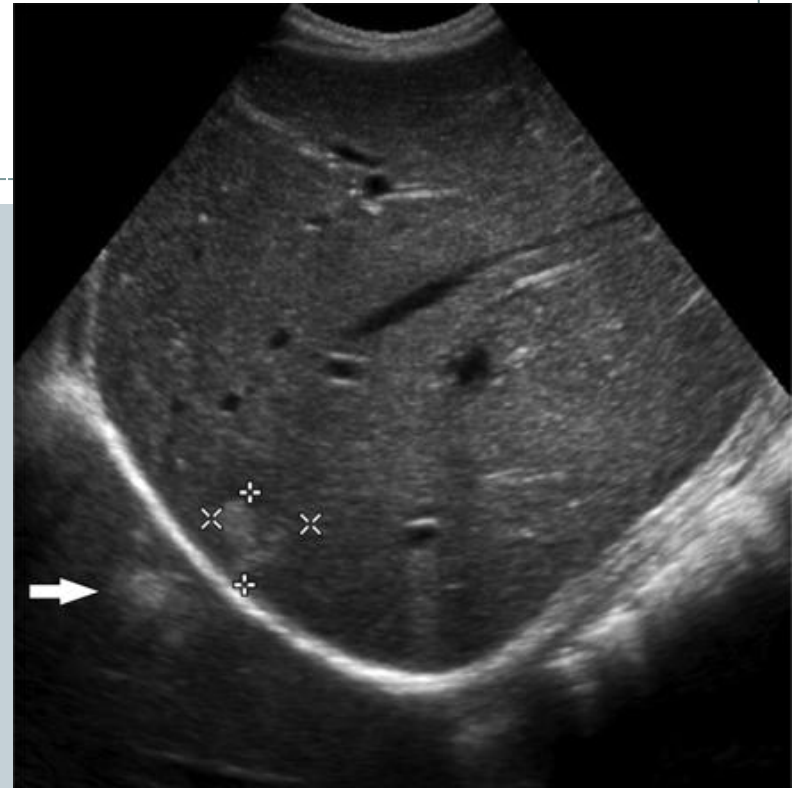
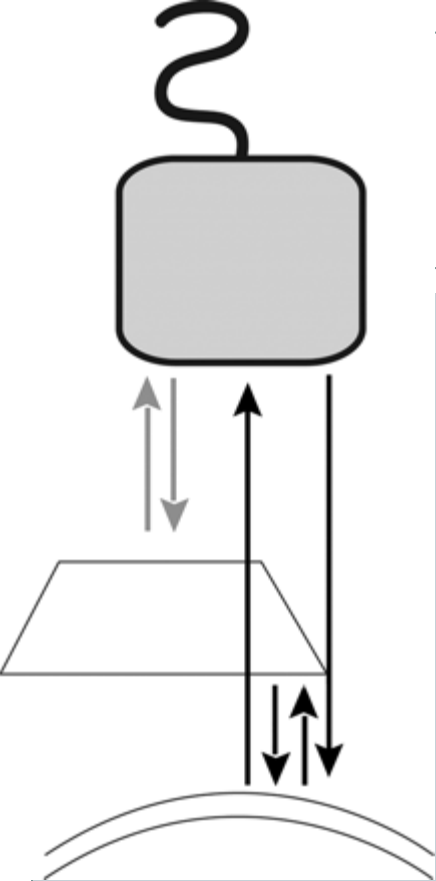
- Όταν υπάρχουν δύο παράλληλες ανακλαστικές επιφάνειες η ηχώ μπορεί να ανακλασθεί μπρος πίσω πολλαπλές φορές πριν επιστρέψει στον ηχοβολέα
- Όταν συμβαίνει αυτό καταγράφονται πολλαπλές ανακλαστικές επιφάνειες

Ring down artifact



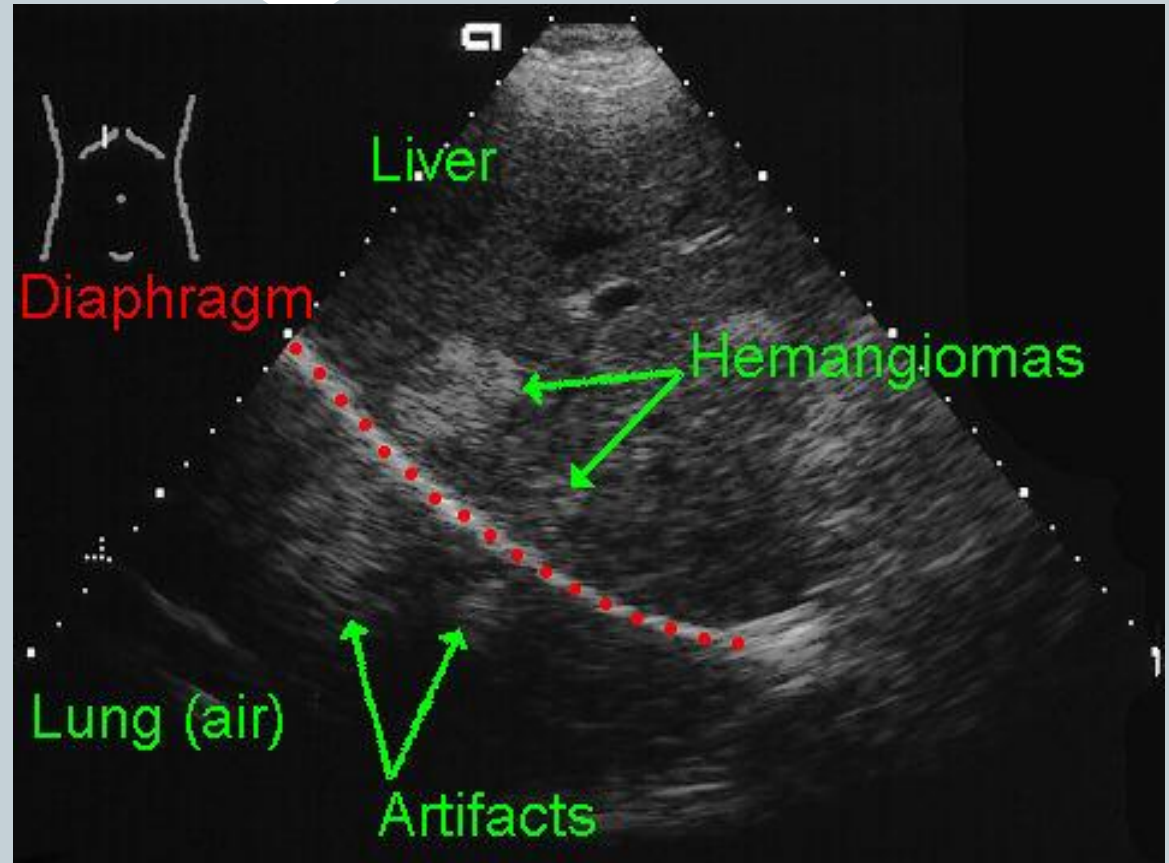
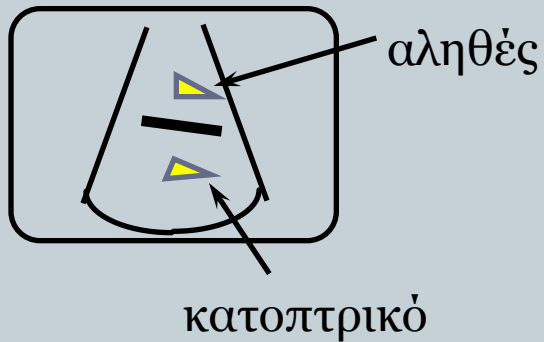
- Υγρό εγκλωβισμένο σε αέρα παράγει συνεχή ηχώ που καταγράφεται σαν υπερηχογενής γραμμή
- Παράδειγμα το 12δάκτυλο πίσω από τη χοληδόχο κύστη

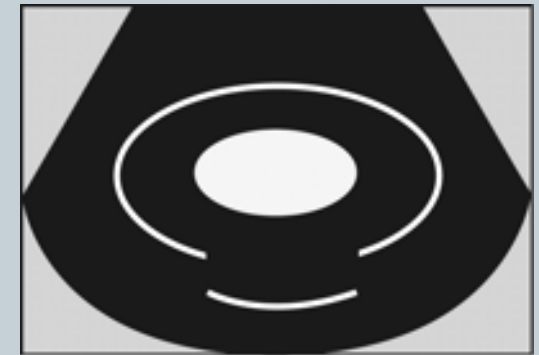
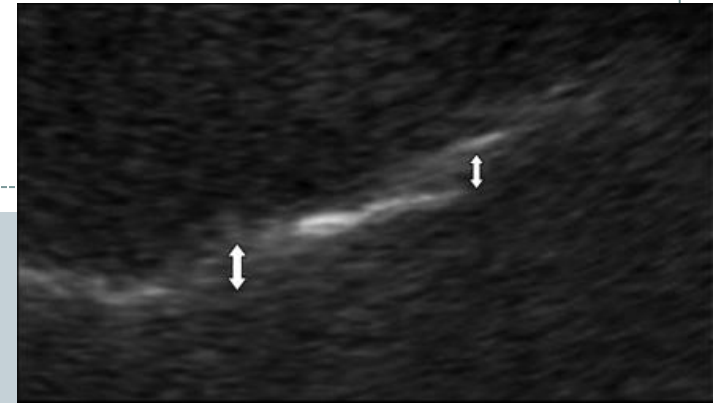
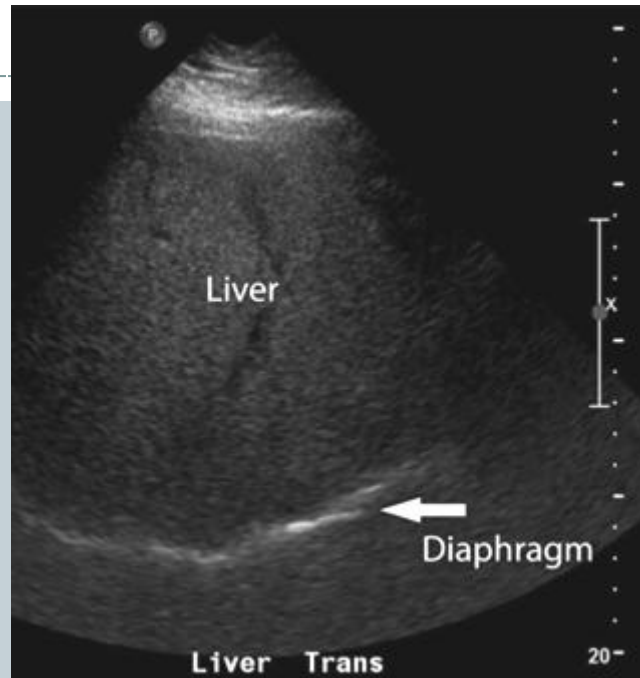
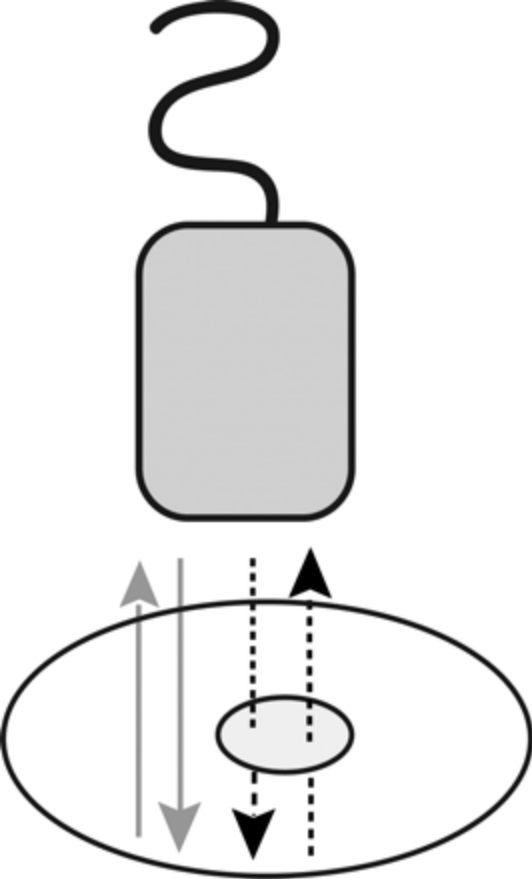
Κάτοπτρο



- Οφείλεται σε πολλαπλές ανακλάσεις
- Όταν η δέσμη συναντά έντονα ανακλαστική επιφάνεια η ηχώ επιστρέφει συναντά την οπίσθια επιφάνεια μιας δομής και ξαναγυρνά στην ανακλαστική επιφάνεια
- Αποτέλεσμα διπλασιασμός της δομής σε ίση απόσταση όπισθεν της ανακλαστικής επιφάνειας.
- Κυρίως απαντάται στο διάφραγμα (πνεύμονας / ήπαρ) με δομές του ήπατος να προβάλλονται στον πνεύμονα

Πολλαπλές ανακλάσεις





- Όταν η ταχύτητα του ήχου σε μια δομή είναι αρκετά χαμηλότερη από 1540 m/sec , η ηχώ καθυστερεί να επιστρέψει.
- Ο επεξεργαστής με βάση το χρόνο επιστροφής τοποθετεί τη δομή σε μεγαλύτερο βάθος από αυτό που είναι πραγματικά.

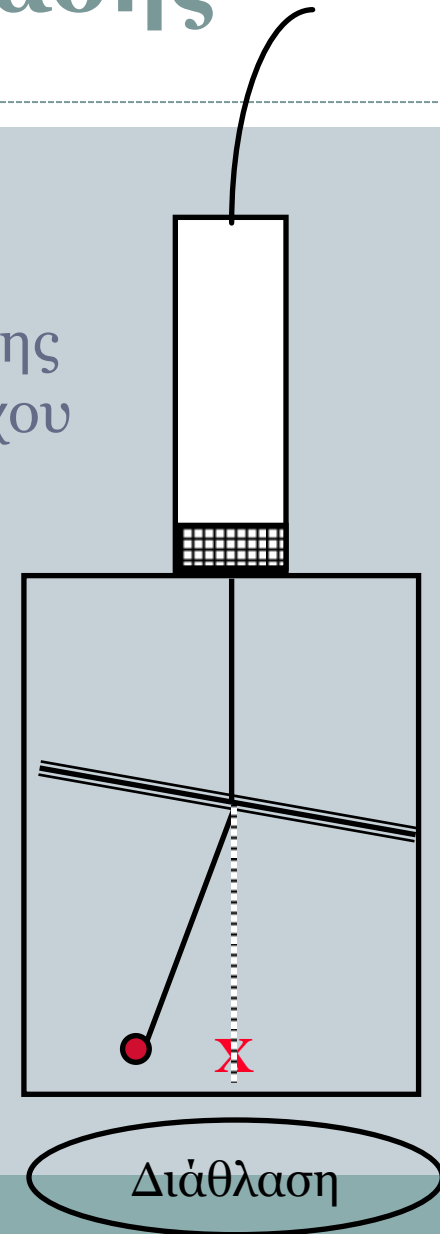
Συμβάσεις - Artifact διάθλασης



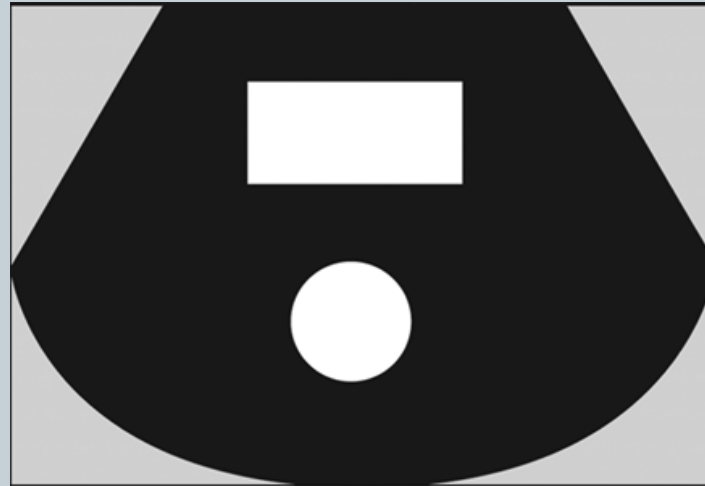
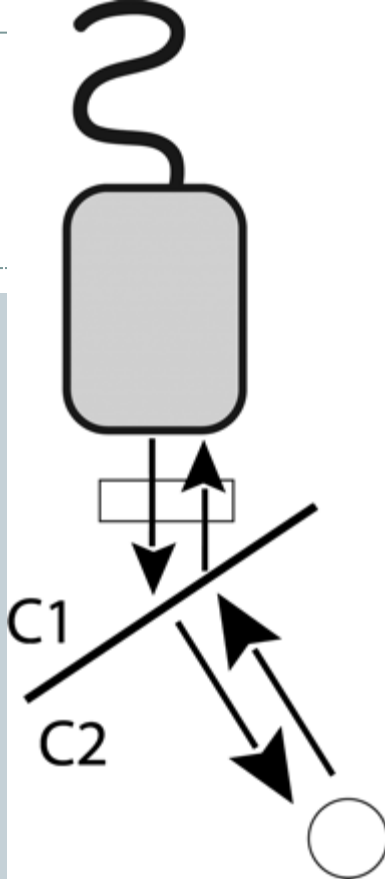
- Θέση ηχούς στην εικόνα
 - Η ηχώ ταξιδεύει στη διαδρομή της εκπεμπόμενης κύριας δέσμης ήχου
- Η διάθλαση αλλάζει την πορεία την δέσμης



- Πραγματική θέση αντικειμένου
- ✗ Θέση στην εικόνα



Διάθλαση

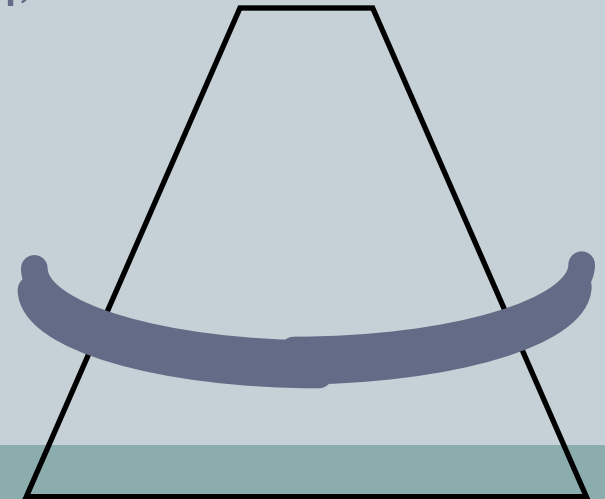


- Όταν ο ήχος ταξιδεύει σε γειτονικές δομές με διαφορετική ταχύτητα μετάδοσης διαθλάται στη διαχωριστική επιφάνεια
- Το σύστημα θεωρεί ότι ο ήχος ταξιδεύει στην ευθεία
- Δομές στη λοξή κατεύθυνση προβάλλονται σε ευθεία γραμμή

Εξασθένιση δέσμης



- Για όλες τις συνθήκες ο υπερηχογράφος θεωρεί ότι
 - Η εξασθένιση στα μαλακά μόρια είναι 0.5 dB/cm / MHz
- Ο υπερηχογράφος διορθώνει την ένταση της δέσμης ανάλογα με το βάθος
 - Αντισταθμίζοντας την εξασθένιση
 - Επιτρέπει λεπτές διορθώσεις στον χρήστη, TGC



Ακουστική σκιά



- εκδήλωση

- Μείωση της έντασης του λαμβανόμενου ήχου

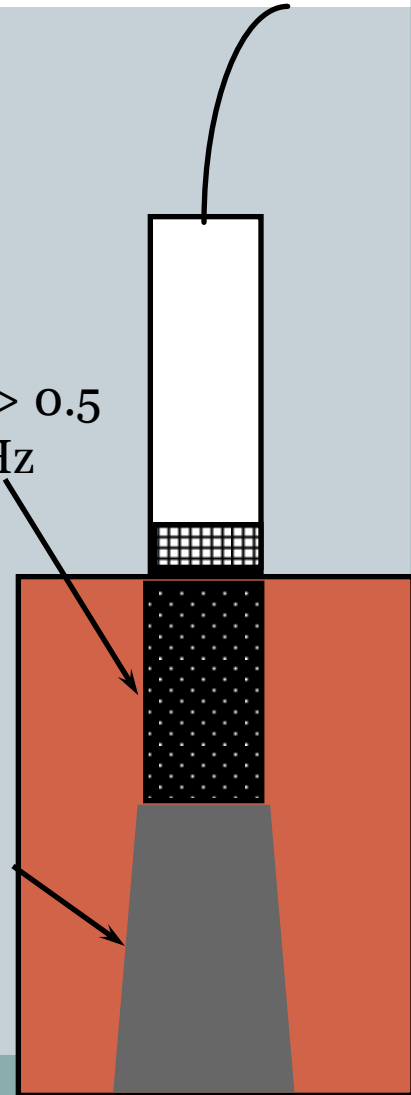
- αιτία

- Μεταξύ της περιοχής με μειωμένη ηχογένεια και του ηχοβολέα παρεμβάλεται δομή που εξασθενεί τον ήχο εντονότερα από την θεωρούμενη εξασθένιση
- Η αυτόματη διόρθωση δεν επαρκεί

- αντίθετο η ακουστική ενίσχυση

Εξασθενεί > 0.5
dB/cm/MHz

Ακουστική
σκιά

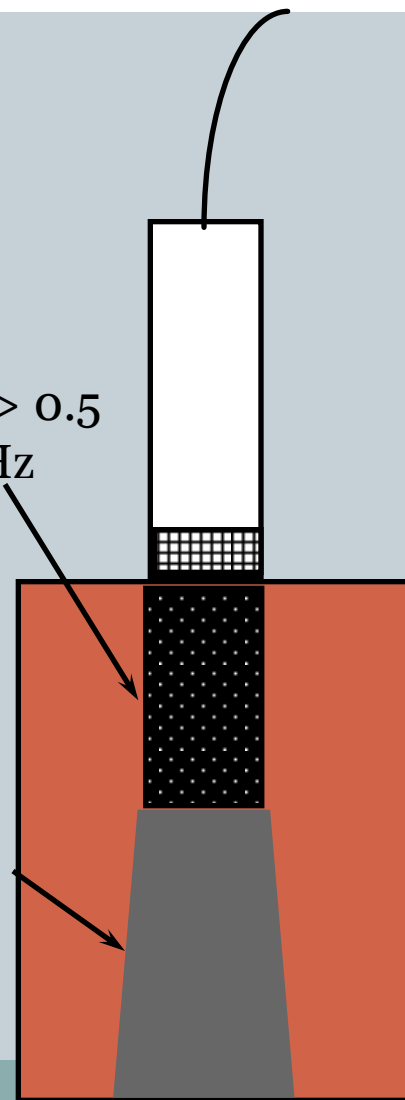


Ακουστική σκιά

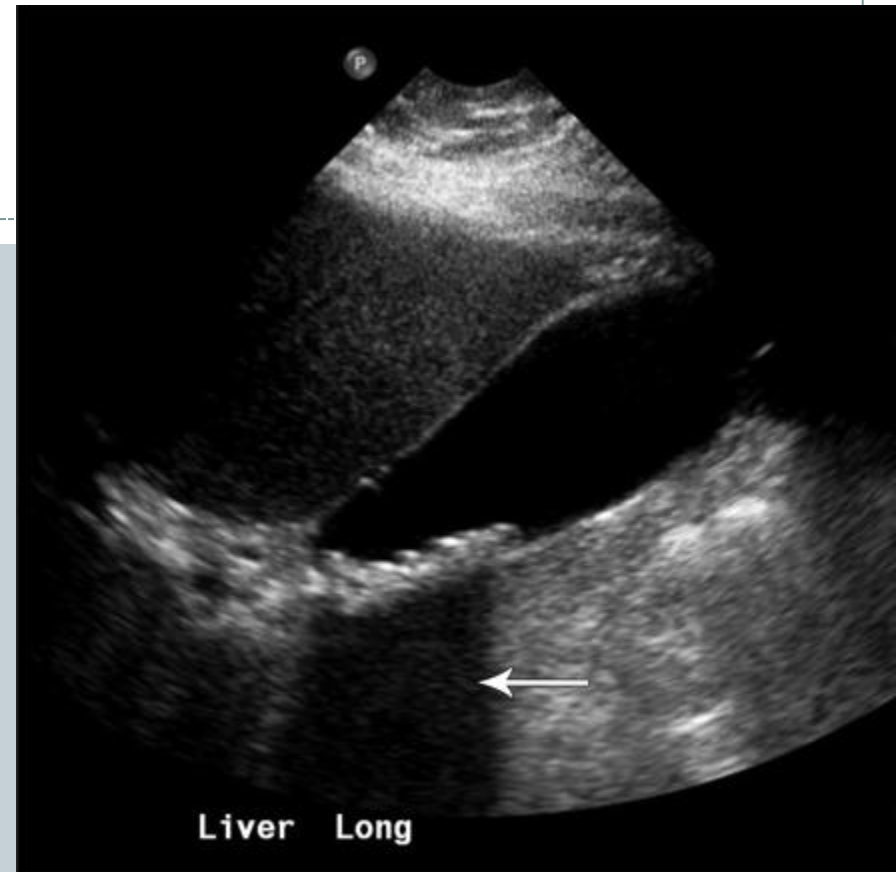
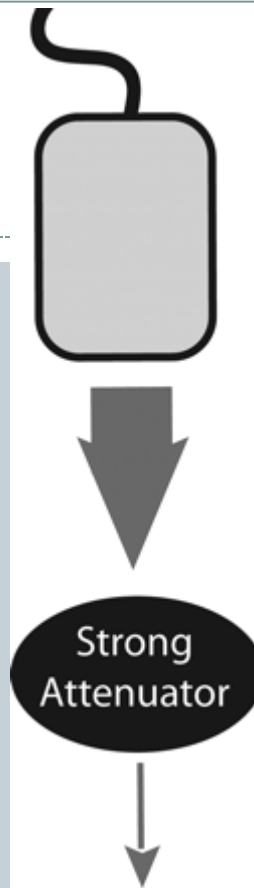


Εξασθενεί > 0.5
dB/cm/MHz

Ακουστική
σκιά



Ακουστική σκιά

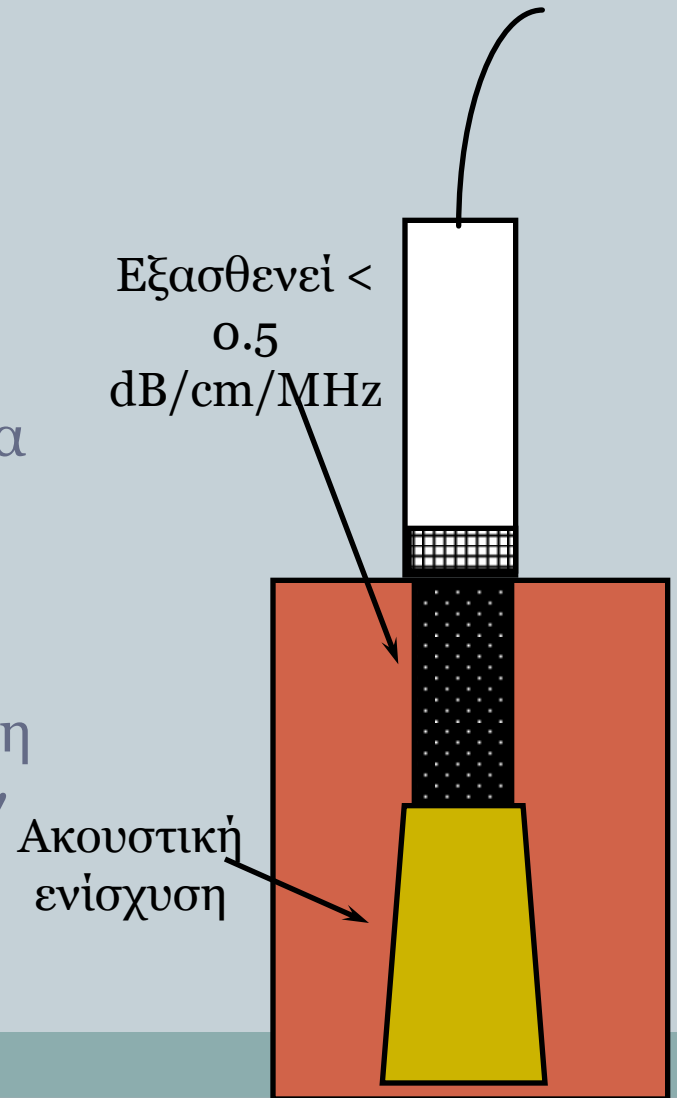


- Όταν η δέσμη συναντά δομή που εξασθενεί τον ήχο περισσότερο από το περιβάλλον της η ένταση του ήχου στο βάθος της συγκεκριμένης δομής είναι μικρότερη από το περιβάλλον

Ακουστική ενίσχυση



- εκδήλωση
 - Αύξηση της εν τω βάθει ηχογένειας
- αιτία
 - Μεταξύ περιοχής με αυξημένη ηχογένεια και ηχοβολέα παρεμβάλλεται δομή που εξασθενεί τον ήχο λιγότερο από την θεωρητική εξασθένιση
 - Η αυτόματη διόρθωση είναι περισσότερη από όση χρειάζεται για να αποδώσει την ορθή ηχογένεια της περιοχής
- αντίθετο της ακουστικής σκιάς

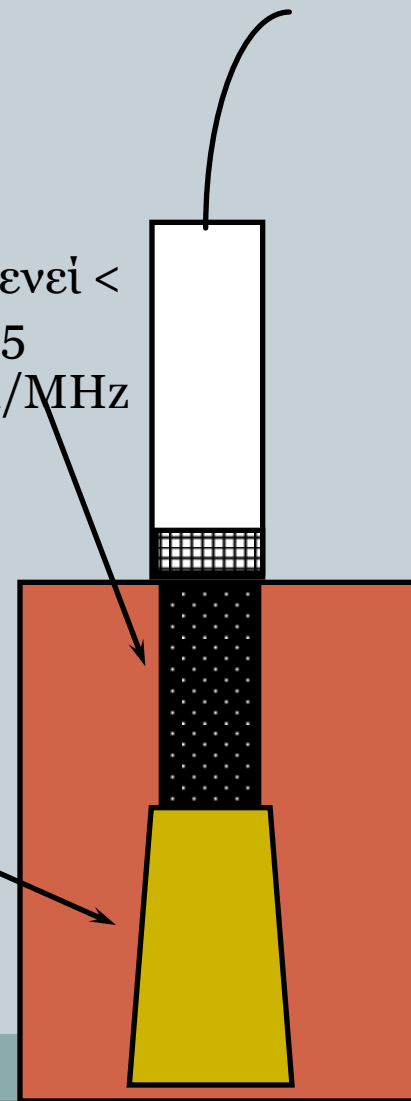


Ακουστική ενίσχυση

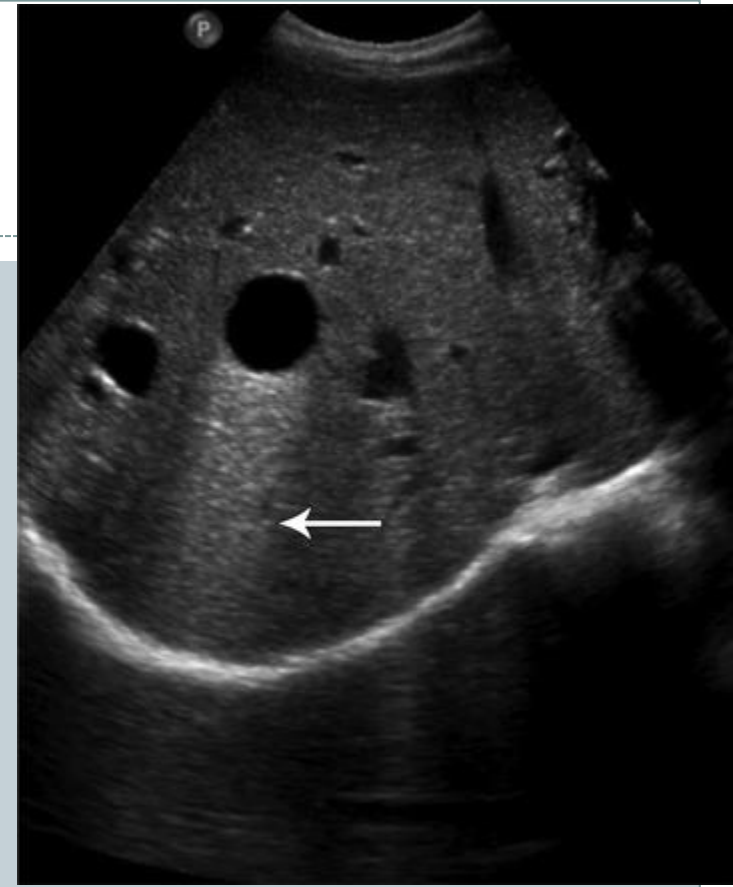


Εξασθενεί <
0.5
dB/cm/MHz

Ακουστική
ενίσχυση



Ακουστική ενίσχυση



- Όταν η δέσμη συναντά δομή που εξασθενεί τον ήχο λιγότερο από το περιβάλλον της, η ένταση του ήχου στο βάθος της συγκεκριμένης δομής είναι μεγαλύτερη από το περιβάλλον

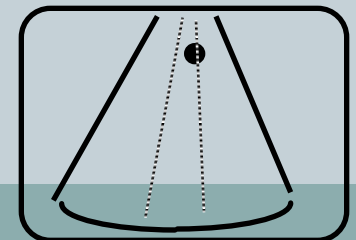
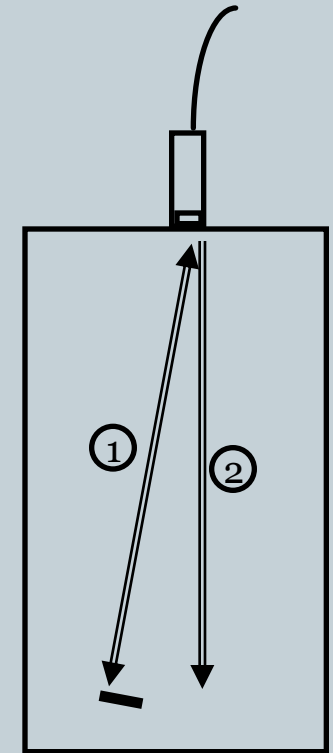


- Η ακουστική σκιά και η ακουστική ενίσχυση είναι artifacts που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό αλλοιώσεων

Λανθασμένη καταγραφή λόγω χρόνου



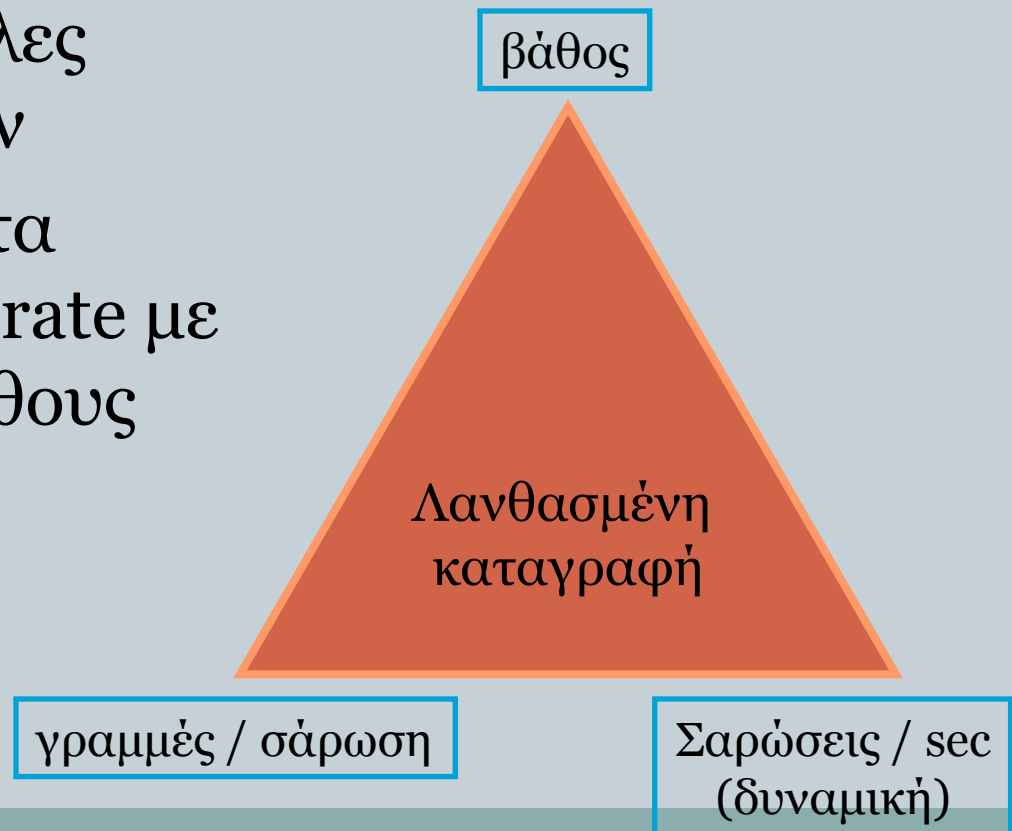
- Ηχώ 1^{ου} παλμού επιστρέφει μετά την εκπομπή του 2^{ου} παλμού
 - Το μηχάνημα θεωρεί ότι η ηχώ προέρχεται από τον 2^ο παλμό
 - την τοποθετεί κοντύτερα από την πραγματική της θέσης ή σε λαθος κατεύθυνση



Λανθασμένη καταγραφή λόγω χρόνου



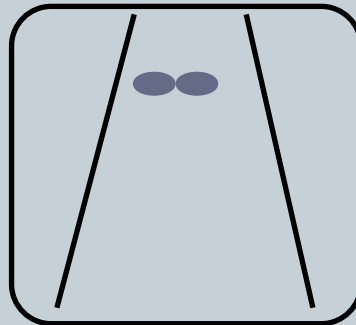
- Για να βελτιωθεί οποιαδήποτε παράμετρος η μια ή και οι δύο άλλες πρέπει να αλλάξουν
- Μερικά μηχανήματα μειώνουν το frame rate με την αύξηση του βάθους



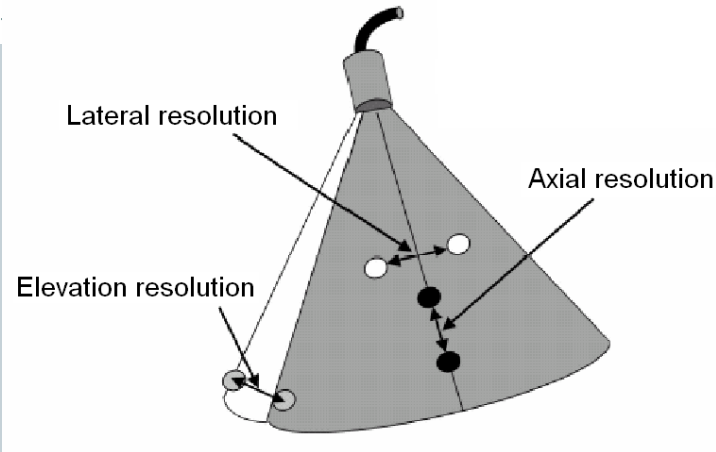
Διακριτική ικανότητα



- Πλάγια και αξονική διακριτική ικανότητα
 - Καθορίζει τη δυνατότητα διάκρισης παρακείμενων δομών
 - Το ελάχιστο μέγεθος δομής καθορίζει τη διακριτική ικανότητα σε κάθε κατεύθυνση



Χωρική διακριτική ικανότητα



- **Αξονική χωρική διακριτική ικανότητα** – κατά μήκος της δέσμης η μικρότερη απόσταση δύο ξεχωριστών δομών – εξαρτάται από τη συχνότητα κυρίως (στα 3.5 MHz περίπου 0.5 mm)
- **Πλάγια χωρική διακριτική ικανότητα** – η μικρότερη απόσταση δύο διαφορετικών δομών κάθετα στην κατεύθυνση του ήχου – εξαρτάται από το πλάτος της δέσμης

Χωρική διακριτική ικανότητα

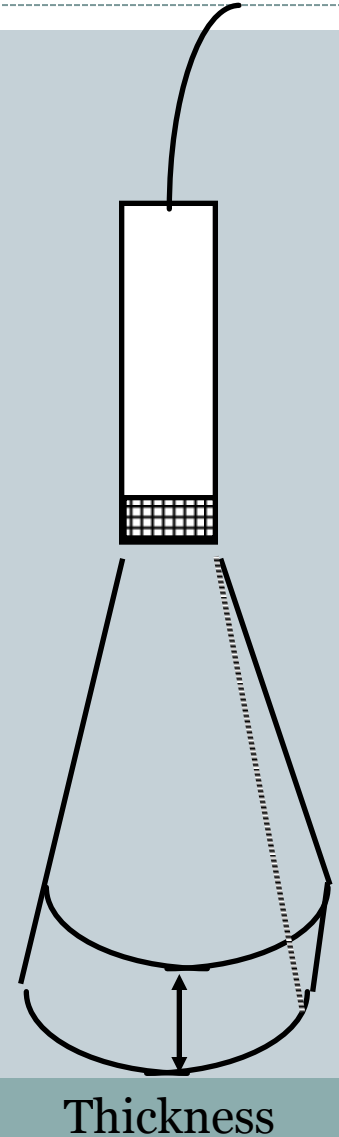


- Η καλύτερη ΧΔΙ βρίσκεται στο στενότερο τμήμα της δέσμης
- **Εστία** – η δέσμη εστιάζεται με ακουστικούς φακούς (τοσχήμα του στρώματος που καλύπτει τον ηχοβολέα) ή ηλεκτρονικά
- Οι ηχοβολείς μπορεί να είναι όλων των χρήσεων ή ειδικοί με διαφορετικές εστίες
- Η θέση της εστίας μπορεί να αλλάξει στους περισσότερους κυρτούς ηχοβολείς.

Artifact πάχους τομής



- Το αντίστοιχο του φαινομένου μερικού όγκου στην CT & MRI (**partial volume effect**)

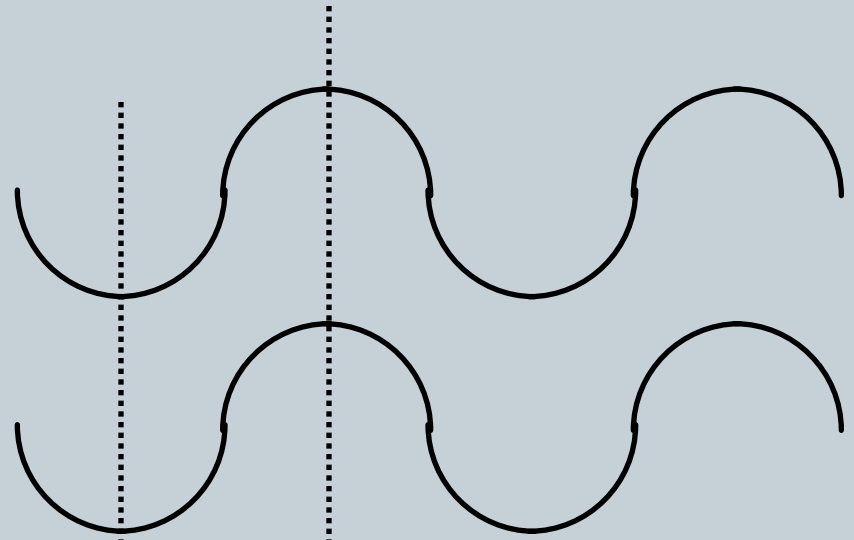


Αθροιστική συμβολή ανακλάσεων

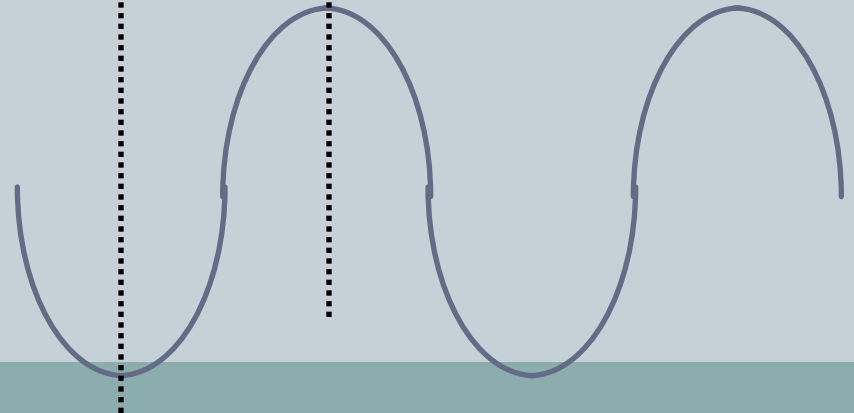


- 2 ανακλάσεις που λαμβάνονται την ίδια στιγμή και
- είναι σε φάση
- καταγράφονται
 - ως ένα σήμα υψηλότερης έντασης

+



=



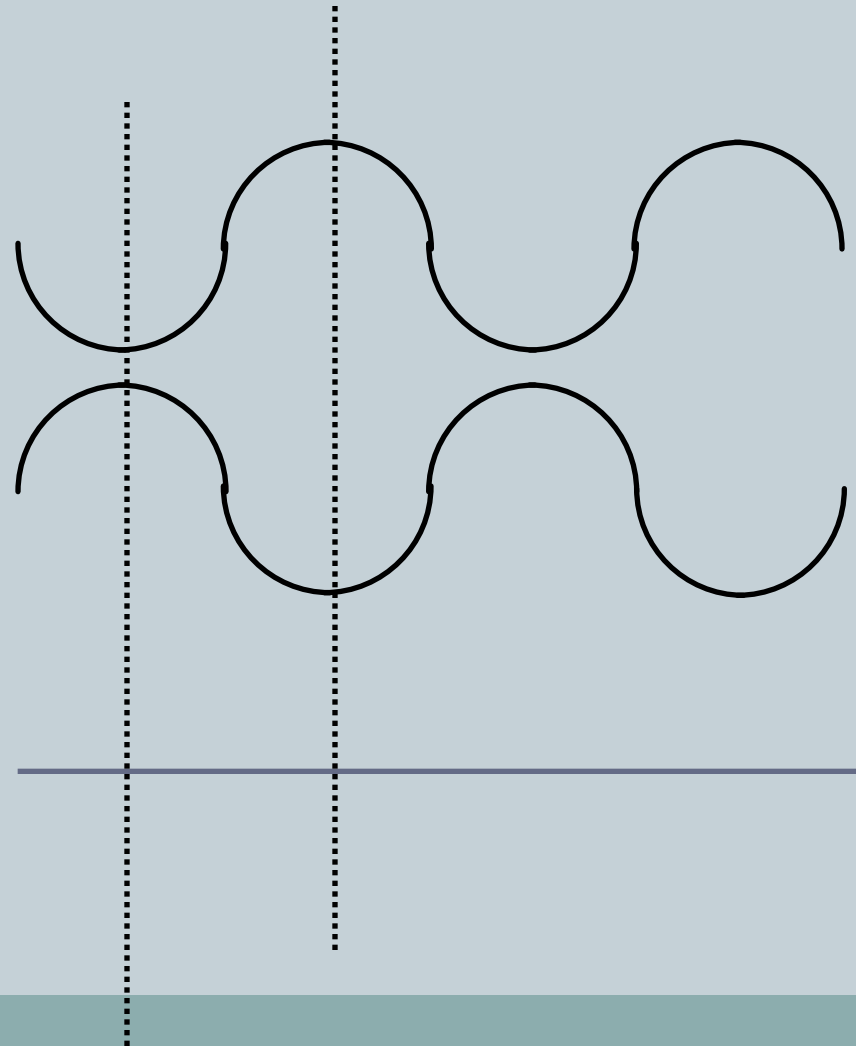
Ακυρωτική συμβολή ανακλάσεων



- 2 ανακλάσεις που λαμβάνονται την ίδια στιγμή
- 180° εκτός φάσης
- αλληλοακυρώνονται

—

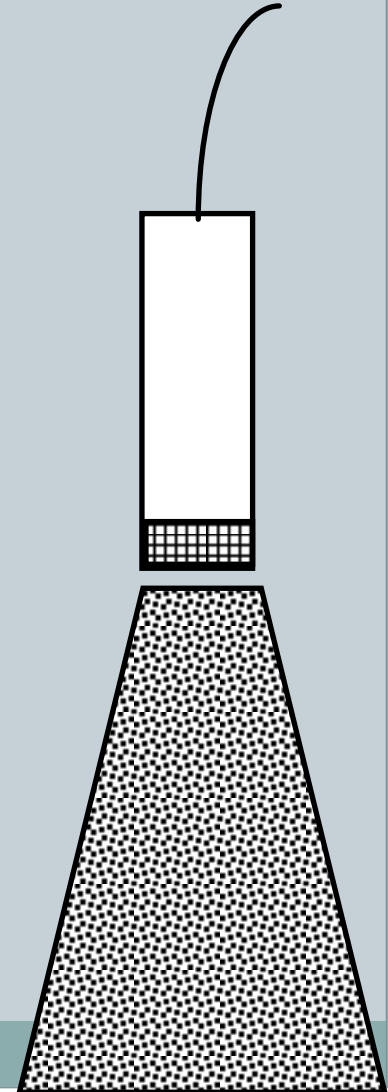
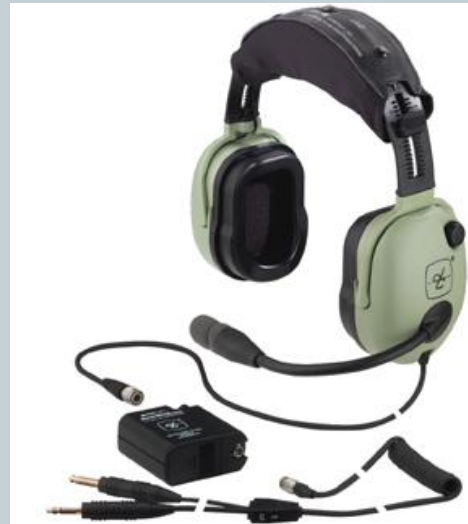
==



Ακουστική σκέδαση



- Η ηχοδομή που παρατηρούμε στην εικόνα μπορεί να μην αντιπροσωπεύει την πραγματική ιστική δομή &
- Να είναι αποτέλεσμα φαινομένων συμβολής



Εικόνα κατόπτρου και Doppler

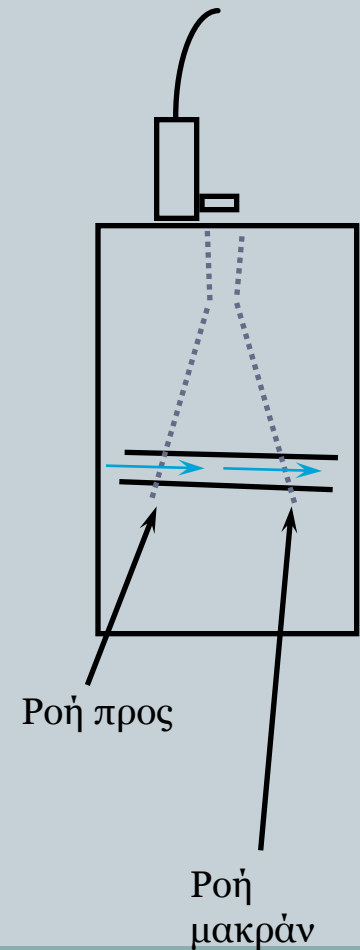


- Αγγεία μπορεί να απεικονισθούν κατοπτρικά
- Doppler δεδομένα μπορεί να διπλασιαστούν
 - Ροή & φάσμα του πραγματικού αγγείου

Διπλασιασμός φάσματος ροής



- Κατοπτρική εικόνα του φάσματος Doppler εκατέρωθεν της βασικής γραμμής
- αιτία
 - Ηλεκτρονικός διπλασιασμός από υψηλή ρύθμιση του receiver gain
 - ✦ υπερφόρτωση
 - Πραγματικό λόγω μεγάλης γωνίας Doppler
 - ✦ Η δέσμη καλύπτει ροή και στις δύο κατευθύνσεις



Doppler Artifacts



- Doppler φάσμα σκέδαση
- Αιτία
 - Όπως και η ακουστική σκέδαση
 - Τυχαία αθροιστική ή ακυρωτική συμβολή από ήχους που σκεδάζονται στα αιμοσφαίρια

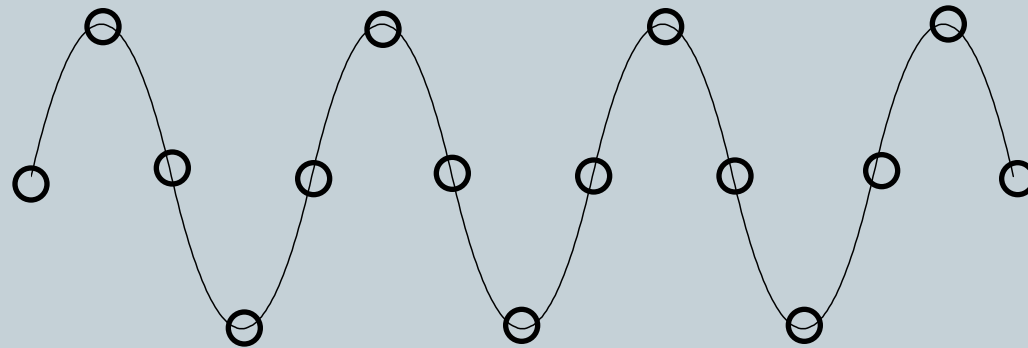
Aliasing, ανεπαρκής δειγματοληψία



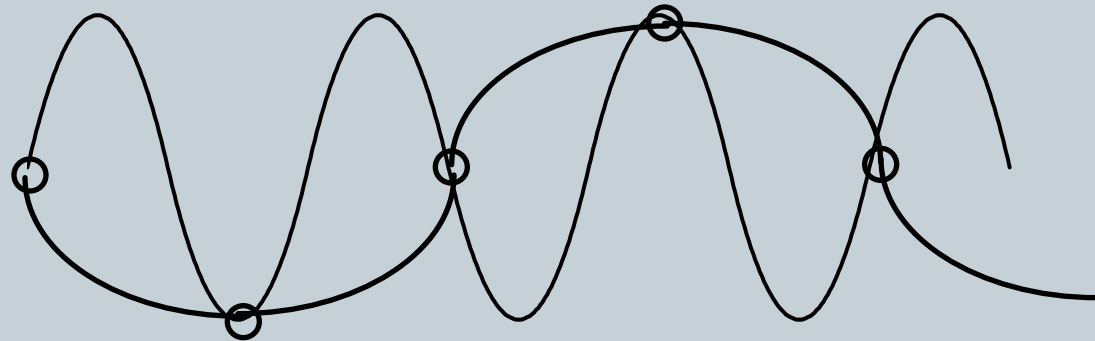
- Προκαλεί καταγραφή λανθασμένης κατεύθυνσης ροής
- Επειδή ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι μικρός
- Όμοιο με την ανάποδη κίνηση των τροχών στις παλαιές ταινίες.



Aliasing, ανεπαρκής δειγματοληψία



Επαρκής δειγματοληψία

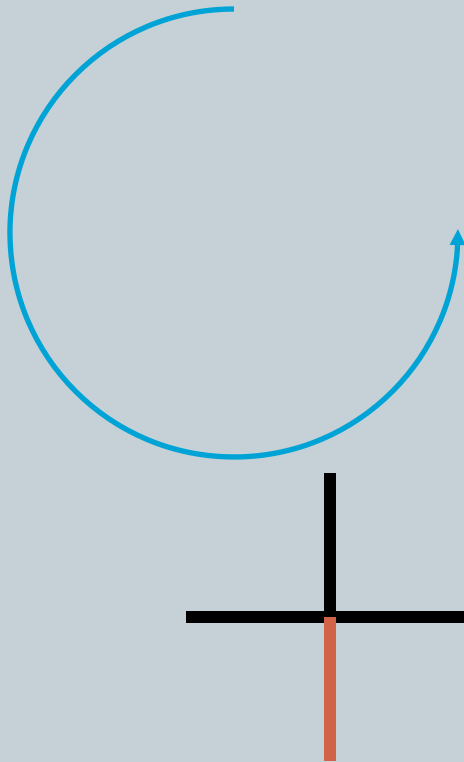


Ανεπαρκής δειγματοληψία

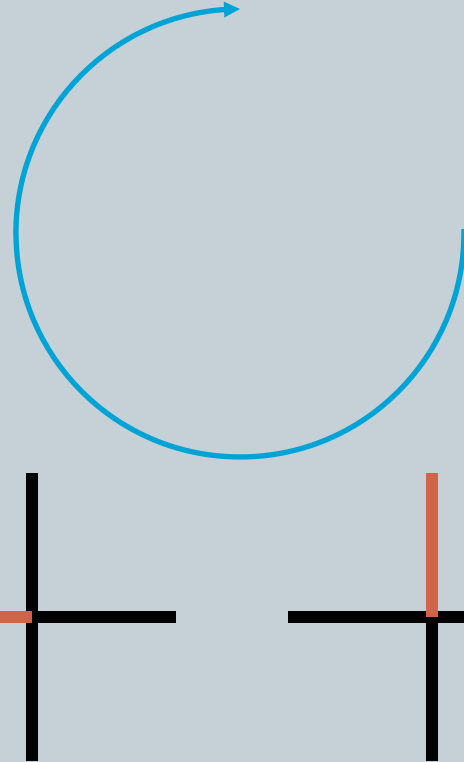
Aliasing, ανεπαρκής δειγματοληψία



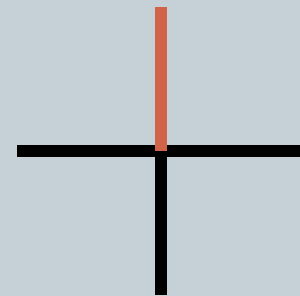
- Ποιά είναι η κατεύθυνση περιστροφής?



#1



#2



#3

Ανεπαρκής δειγματοληψία



- Ρυθμός δειγματοληψίας
 - = PRF
 - Για ορθή καταγραφή πρέπει να είναι διπλάσιος της συχνότητας που θα καταγραφεί
- Ανεπαρκής δειγματοληψία συμβαίνει όταν η μετατόπιση συχνότητας Doppler $> 0.5 * PRF$
- Δεν συμβαίνει στο συνεχές Doppler
- Μόνο στο παλμικό

Μέγιστη ανιχνεύομενη μεταβολή = $\frac{1}{2} PRF$

Ανεπαρκής δειγματοληψία



- Μείωση της συχνότητας του ηχοβολέα
 - Μείωση της μετατόπισης συχνότητας Doppler
 - Μετατόπιση ανάλογη της συχνότητας ηχοβολέα
- Αύξηση του PRF
 - Μείωση του βάθους απεικόνισης
 - Αυξάνει τα σφάλματα καταγραφής βάθους

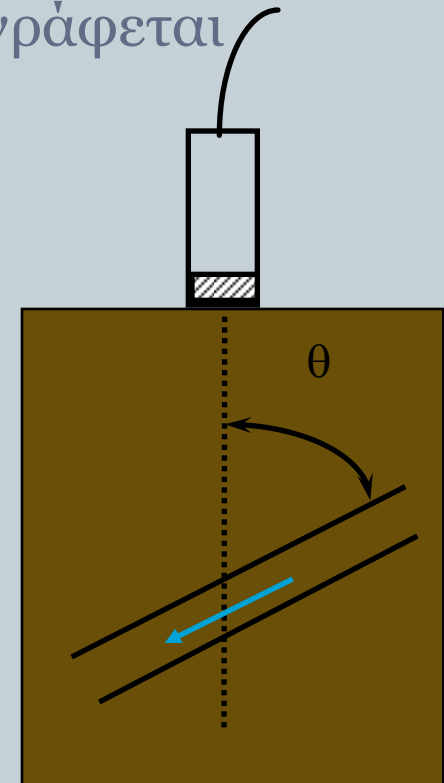
$$v \text{ (cm/s)} = \frac{77 \times f_D \text{ (kHz)}}{f_o \text{ (MHz)} \times \cos\theta}$$

Ανεπαρκής δειγματοληψία



- Αύξηση της γωνίας Doppler
 - Μειώνει τη σχετική ροή μεταξύ αίματος και ηχοβολέα
 - Μειώνει τη μετατόπιση Doppler που καταγράφεται

$$v \text{ (cm/s)} = \frac{77 \times f_D \text{ (kHz)}}{f_o \text{ (MHz)} \times \cos\theta}$$



Ανεπαρκής δειγματοληψία – Αλλαγή θέσης της βασικής γραμμής

- Το μηχάνημα δεν διακρίνει πότε συμβαίνει η ανεπαρκής δειγματοληψία

Ασφαλής χρήση της υπερηχογραφίας



- Η ΥΓ είναι ασφαλής μέθοδος αλλά επειδή αρκετές βιολογικές επισράσεις δεν έχουν πλήρως μελετηθεί πρέπει να χρησιμοποιείται με σύνεση.
- ALARA – η μικρότερη επαρκής έκθεση
- Συνετή χρήση = αιτιολόγηση + βελτιστοποίηση



- Η γενική αντίληψη είναι ότι η ΥΤ είναι ασφαλής μέθοδος
- Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει κάποιες επιδράσεις
- Οι βιολογικές επιδράσεις μπορεί να είναι θερμικές ή μηχανικές
- Οι δείκτες ασφάλειας είναι ο θερμικός (thermal index, TI) και ο μηχανικός (mechanical index, MI)



ALARA και στην ΥΓ

- Μικρότερη ακουστική ενέργεια
- Μικρότερη διάρκεια έκθεσης
- Μικρότερη έκθεση ευαίσθητων ιστών

Βιολογικές επιδράσεις



- Πιθανές: αδρανοποίηση ενζύμων, μεταβολή μορφολογίας κυττάρων, εσωτερική αιμορραγία, δημιουργία ελευθέρων ριζών
- Μηχανισμοί:
 - Μηχανικές επιδράσεις
 - ✦ Μετατόπιση / επιτάχυνση βιολογικών μορίων
 - ✦ Φυσσαλίδες / **cavitation**
 - Αύξηση θερμοκρασίας των ιστών
- Όλες οι βιολογικές επιδράσεις είναι deterministic με (cavitation) ή χωρίς κατώφλι (θερμότητα)



- Υπέρηχος είναι μηχανική ενέργεια που διαπερνά τους ιστούς υπό μορφή κυματικής μεταβολής πιέσεων
- B, M & 3D παλμική έκθεση
- Doppler

Παράμετροι επικινδυνότητας



- Τύπος εκπομπής από το μηχάνημα
- Σύσταση ιστού – ευαισθησία
 - πρωτεϊνικοί ιστοί – θερμική ευαισθησία
 - υγρό & Αέρας στο περιεχόμενο – μηχανική ευαισθησία
- Ευαισθησία ιστού
 - ταχέως εξελισσόμενοι εμβρυϊκοί ιστοί πιο ευαίσθητοι από τους ενήλικες ιστούς
- Κλινική περίπτωση
 - Τύπος ηχοβολέα
 - Βάθος διείσδυσης
 - Επιπολής ιστοί

Θερμικές επιδράσεις



- Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι η πιο σημαντική επίδραση
- Μπορεί να προκληθεί από μεταβολή των ρυθμίσεων και από παρατεταμένη εφαρμογή
- Τα υγρά και τα μαλακά μόρια διαχέουν την ενέργεια διαμήκως προς όλες τις διευθύνσεις
- Το οστό διαχέει την ενέργεια στις παρακείμενες δομές (πχ. εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός)



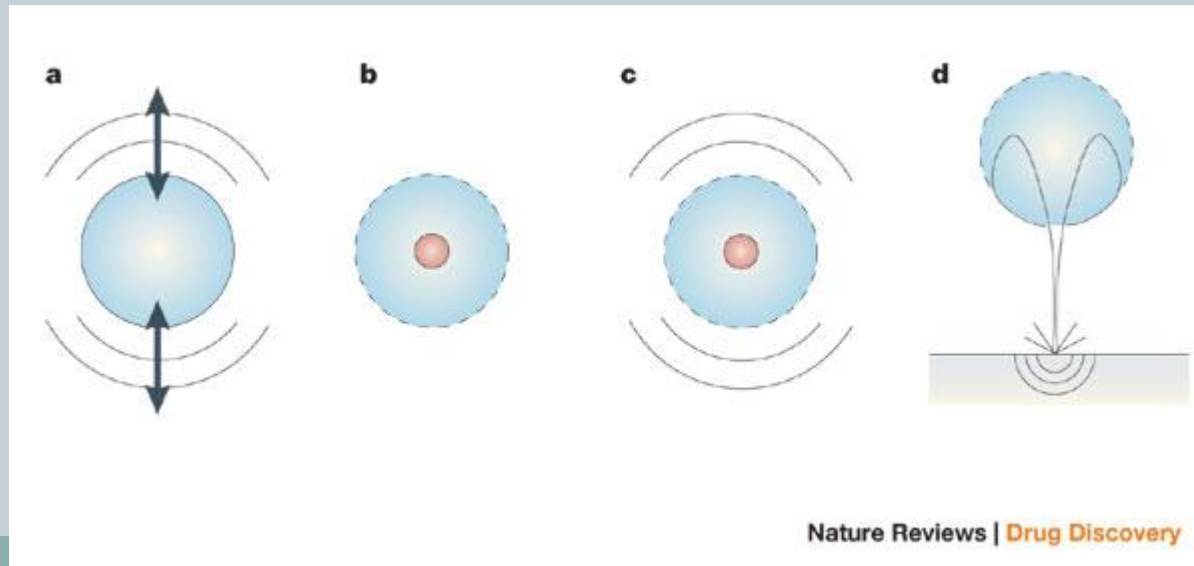
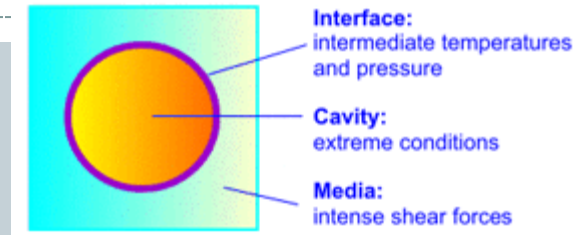
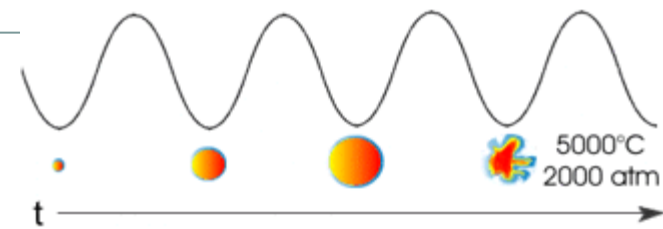
- Αύξηση της θερμοκρασίας συμβαίνει όταν η ενέργεια των υπερήχων γίνεται θερμική ενέργεια
- Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι αύξηση θερμοκρασίας $>4^{\circ}\text{C}$, διάρκειας > 5 λετών μπορεί να είναι επικίνδυνη
- Αύξηση θερμοκρασίας κατά $1,5^{\circ}\text{C}$ δεν προκαλεί πρόβλημα
- Ο κίνδυνος αυξάνει επί πυρετού
- Χαλασμένο μηχάνημα



- Στάσιμος στόχος και σταθερός ηχοβολέας αυξάνουν τον κίνδυνο
- Το ΚΝΣ του εμβρύου είναι ο πιο ευαίσθητος ιστός
- Υπερθερμία μπορεί να συμβεί σε ανωμαλίες
- Η εξέταση Doppler μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας

Μηχανικές επιδράσεις

- Βλάβη από cavitation
- Δημιουργία φυσαλίδων
- Ιστοί που περιέχουν εστίες αέρα πλέον ευπαθείς
- Τα σκιαγραφικά υπερήχων αυξάνουν τον κίνδυνο



Θερμικός δείκτης, TI



- Δείκτης της αύξησης θερμοκρασίας
- Η ακουστική ενέργεια που απαιτείται για αύξηση θερμοκρασίας κατά 1°C , υπό συνθήκες μη απαγωγής θερμότητας
- TIS για μαλακά μόρια
- TIB για οστά
- Συνιστώμενο TI = 0.5

Μηχανικός δείκτης, MI



- Δείκτης της βλάβης από cavitation
- Συνιστώμενο $MI = 0.3$
- >0.3 πιθανή βλάβη πνεύμονα, εντέρου εμβρύου



- ΥΓ είναι ασφαλής τεχνική
- Δεν έχουν παρατηρηθεί μόνιμες αλλοιώσεις
- Πρέπει να χρησιμοποιείται η μικρότερη ακουστική ενέργεια με τη μικρότερη σε διάρκεια έκθεση των ευαίσθητων ιστών που επιτρέπουν ασφαλή διάγνωση

Ακουστική ισχύς ηχοβολέα



- Ποικίλλει μεταξύ μηχανημάτων
- Αυξάνεται στο colour Doppler
- M-mode ακουστική ισχύς είναι χαμηλή, αλλά η δόση στους ιστούς υψηλή επειδή η δέσμη είναι στατική.

Αιτιολόγηση



- Καλύτερα να μη γίνεται επίδειξη επί ανθρώπων
- όχι επί σπουδαστών
- Όχι εξετάσεις χωρίς ιατρική αιτιολόγηση (μαιευτική)

Βελτιστοποίηση



- **Μείωση TI και MI, χρήση κατάλληλων δεικτών (TIS, TIB, TIC)**
- **Έλεγχος της ακουστικής ισχύος στις οδηγίες του μηχανήματος**
- **Υψηλό receiver gain αντί για υψηλή ενέργεια εκπομπής**
- **Εκκίνηση με χαμηλή ακουστική ισχύ και αύξηση βαθμιαία**

Βελτιστοποίηση



- **Αποφυγή επαναλήψεων μείωση χρόνου έκθεσης**
- **Μετακίνηση του ηχοβολέα**
- **Προσοχή κατά τη χρήση σκιαγραφικών**
- **Προσοχή στη χρήση Doppler στη Μαιευτική**
- **Τακτικός ποιοτικός έλεγχος μηχανήματος**