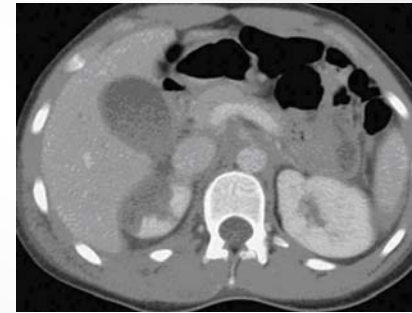
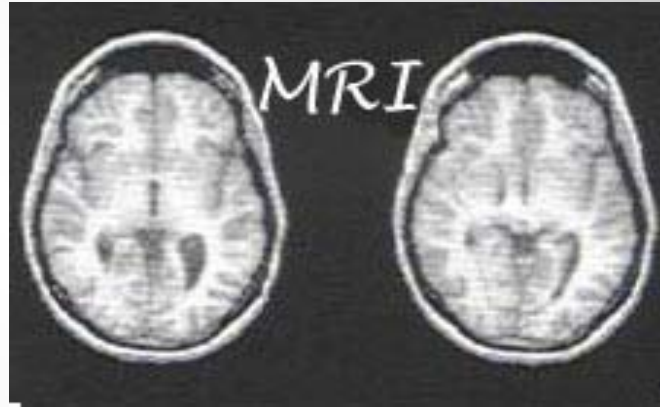


Υπέροχοι Υπέρηχοι

Φυσική, τεχνολογία και νέες τάσεις στην διάγνωση με Υπερήχους



Απεικόνιση: μετά την αλληλεπίδραση της ενέργειας (φως, ραδιοκύματα, υπέρηχοι και άλλα) με την ύλη -ένα αντικείμενο-στόχο-, μπορεί να παραχθεί μία εικόνα που μεταφέρει πληροφορίες σχετικές με τον στόχο και μπορεί να γίνουν αντιληπτές από τον άνθρωπο- παρατηρητή

ΥΠΕΡΗΧΟΙ

Απεικόνιση

- ✓ **Αναίμακτα**
- ✓ **Χωρίς ακτινική επιβάρυνση**
- ✓ **Χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία του εξεταζόμενου**

Δίνοντας πληροφορίες

- ✓ **Για τη μορφολογία των οργάνων**
- ✓ **Για το χαρακτηρισμό των ιστών**
- ✓ **Για κινούμενα όργανα του εσωτερικού του σώματος**

- **Δυνατότητα επανάληψης**
- **Εφαρμογή κατά την κύηση ή σε νεογνά και νεαρές ηλικίες**

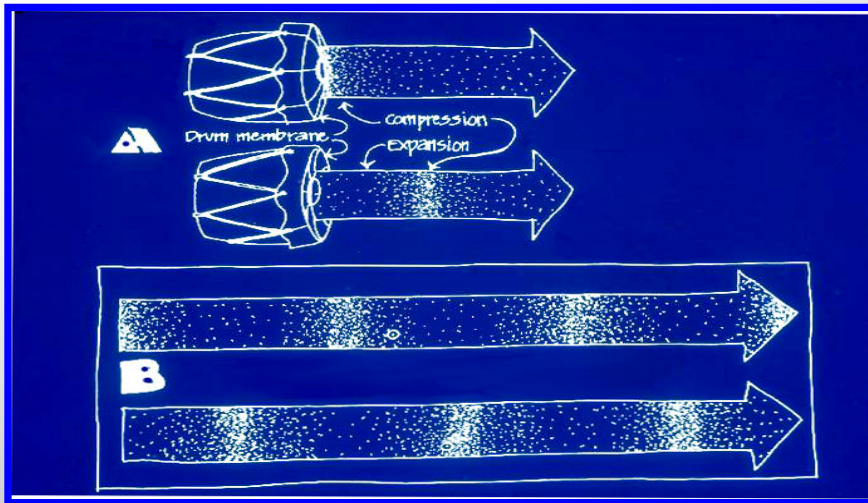


Η υπερηχητική ενέργεια μπορεί να διαδίδεται, όπως και οι ακτίνες-Χ, στους μαλακούς ιστούς και μπορούμε να παράγουμε ιατρικές εικόνες από όργανα στο εσωτερικό του σώματος

Βασικές διαφορές μεταξύ Υπερήχων και ακτίνων-Χ

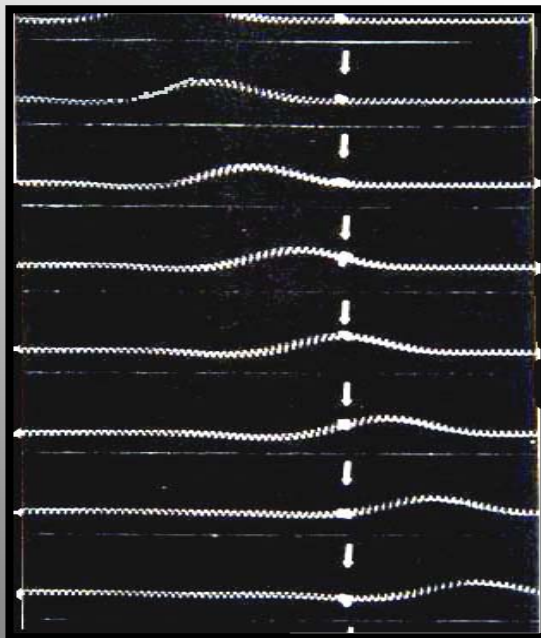
	Διαγνωστικοί Υπέρηχοι	Ακτίνες-Χ
Τύπος κύματος	Επιμήκη μηχανικά κύματα	Ηλεκτρομαγνητικά κύματα
διάδοση	Σε ελαστικό μέσο	Και στο κενό
γέννεση	Συμπίεση του μέσου	Επιτάχυνση ηλεκτρικών φορτίων
ταχύτητα	Εξαρτάται από το μέσο διάδοσης	σταθερή: $\sim 300,000$ m/s
Όμοια κύματα	σεισμικά, ακουστοί ήχοι	ραδιοκύματα, φως

ΗΧΟΣ είναι η αντίληψη των ταλαντώσεων που διεγείρουν το αυτί



Ο ήχος είναι περιοδική ταλάντωση που στις πυκνότητες των υγρών διαδίδεται ως επιμήκη κύματα

Υπέρηχοι είναι ήχοι με συχνότητα άνω των 20,000 Hz, που είναι το άνω όριο της ανθρώπινης ακουστότητας.



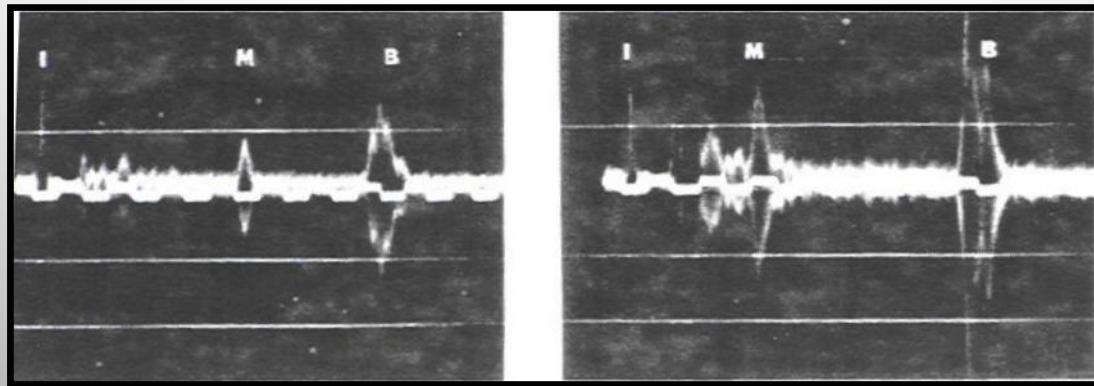
Η πρώτη χρήση των διαγνωστικών Υπερήχων

Dr. Karl Dussik, ψυχίατρος στην Αυστρία, δημοσίευσε το 1942, την 1^η ιατρική χρήση των διαγνωστικών Υπερήχων

(Τεχνική διάδοσης), με το

"**hyperphonography Εγκεφάλου**".

Προσπάθησε να εντοπίσει όγκους του εγκεφάλου με ένα πομπό υπερήχων στο ένα άκρο και ένα δέκτη στο άλλο του κρανίου



Το ήχο-εγκεφαλογράφημα που έγινε από τον Leksell, 1953 δείχνει μετατόπιση της μέσης γραμμής με την τεχνική ανακλάσεως

Sound Characteristics



- Συχνότητα f
- Περίοδος T
- Μήκος κύματος λ
- Ταχύτητα C
- Ακουστική αντίσταση Z

$$T=1/f$$

$$\lambda=c/f$$

$$C=[B/\rho]^{1/2}$$

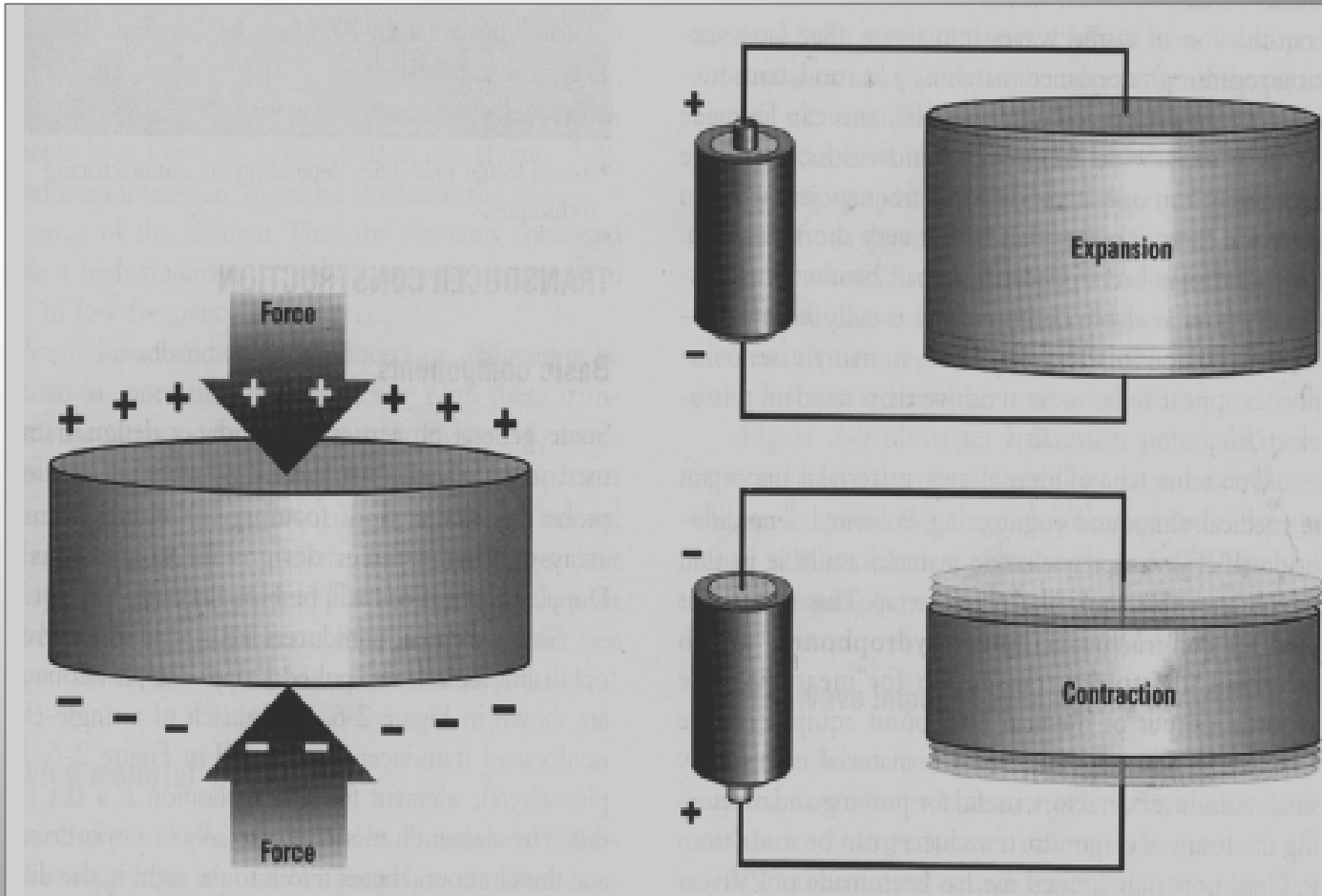
$$Z=\rho \cdot C$$

ρ = πυκνότητα του μέσου, B = συντελεστής ελαστικότητας

Ταχύτητα του ήχου σε μερικά βιολογικά υλικά

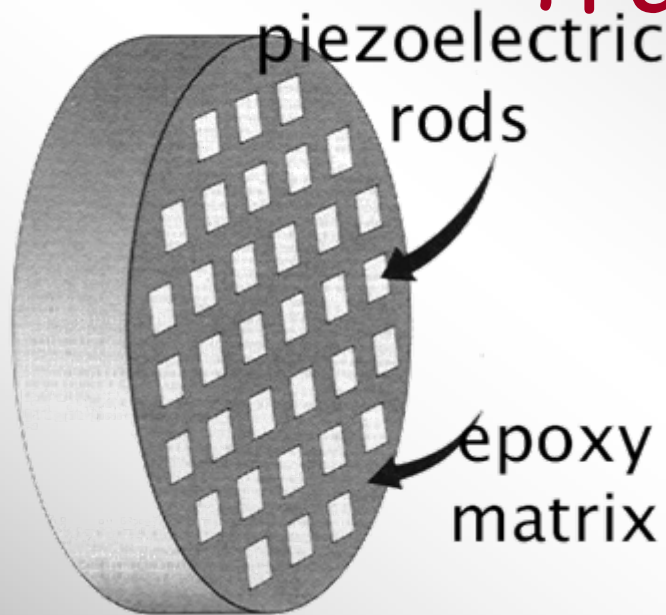
Υλικό	Ταχύτητα ήχου (m/s)	Α.αντίσταση (Rayl $\times 10^{-6}$)
Αέρας	330	0.0004
Λίπος	1450	1.38
Νερό	1480	1.48
Μέσος μαλακός ιστός	1540	1.63
Ήπαρ	1550	1.65
Νεφρά	1560	1.62
Αίμα	1570	1.61
Μύες	1580	1.7
Οστούν κρανίου	4080	7.8

Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

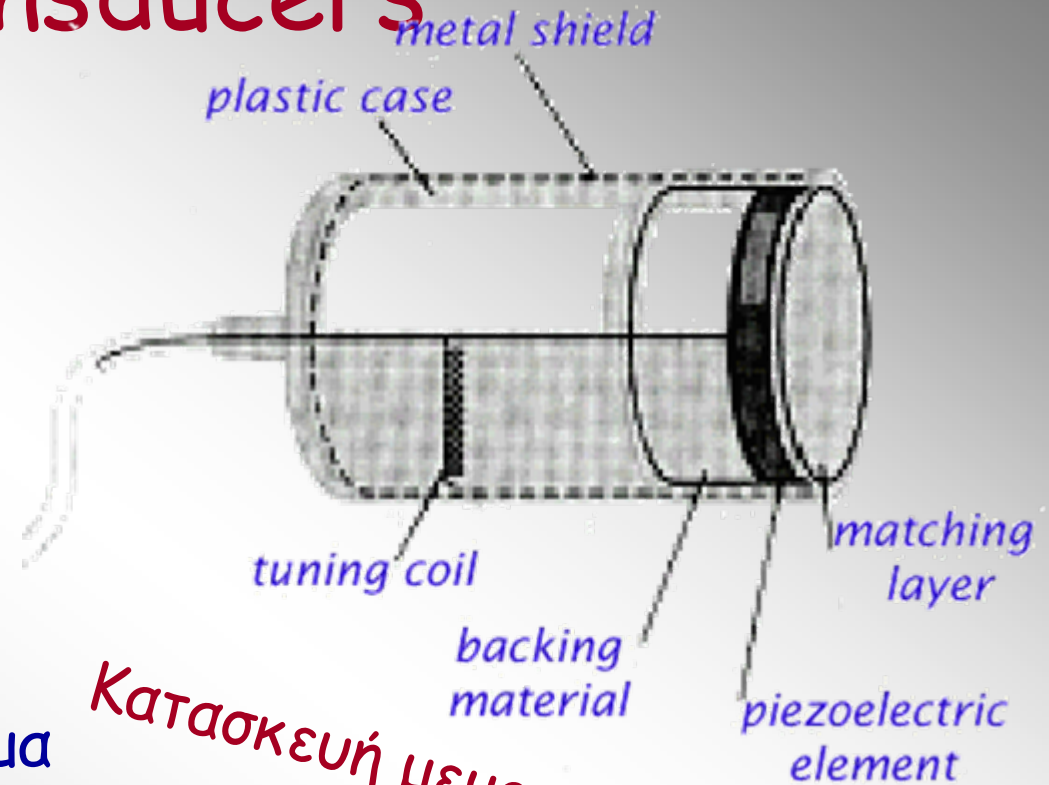


Transducer(ο ανιχνευτής): μετατρέπει ενέργεια από μία μορφή σε άλλη. Αποτελείται κυρίως από κρύσταλλο **πιεζοηλεκτρικό** (χαλαζία ή συνθετικό κεραμικό Lead Zirconate Titanate).

Ανιχνευτές υπερήχων Transducers

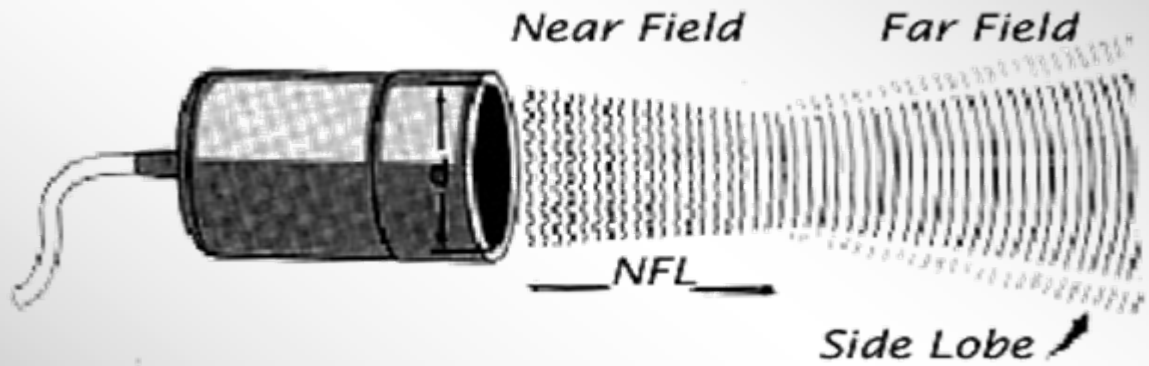


Πιεζοηλεκτρικά στοιχεία από PZT κεραμικό, σε σχήμα ράβδων. Επωξική ρητίνη συμπληρώνει τα κενά.



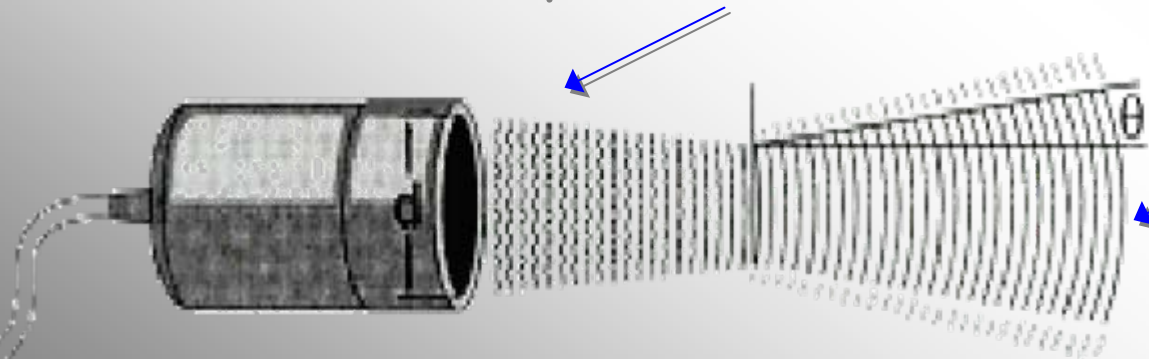
Κατασκευή μεμονωμένου στοιχείου

Υπερηχητική Δέσμη



Πλάγιοι λοβοί :
Ηχητική ενέργεια εκτός της κύριας δέσμης

NFL: Near Field Length (εγγύς πεδίο)
Ζώνη frenel

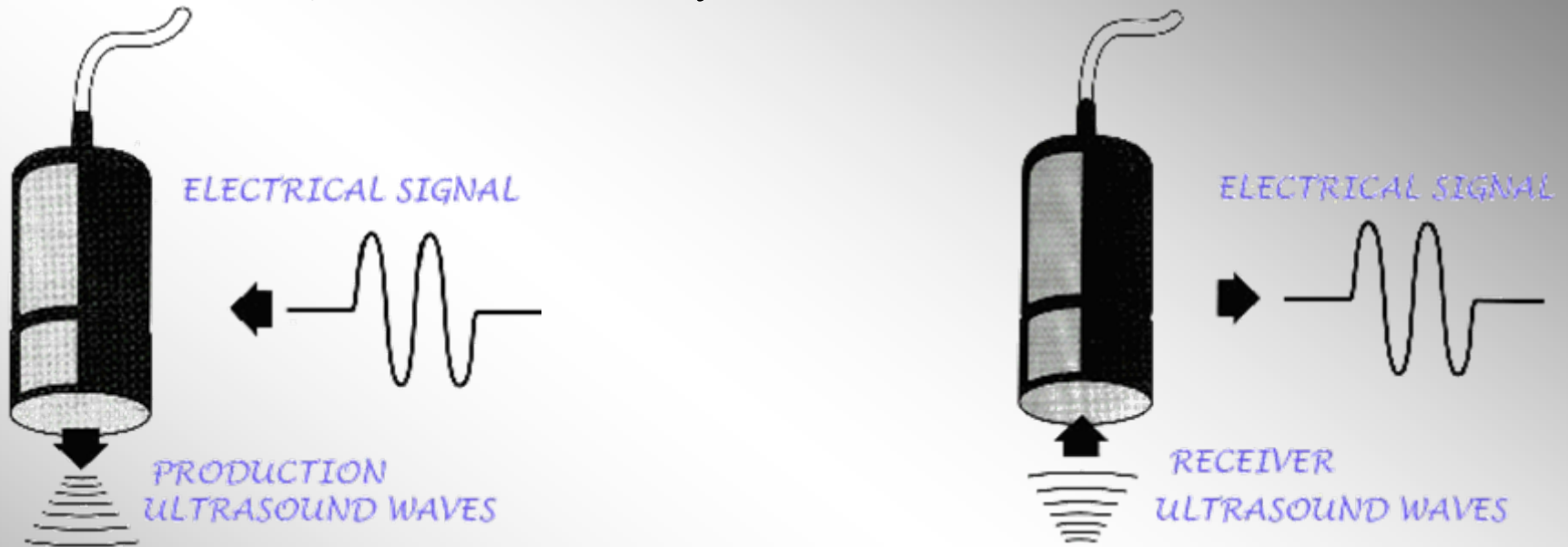


Ζώνη fraunhofer
Απόμακρο πεδίο

$$\sin(\theta) = \frac{1.2 \text{ Wavelength}(\lambda)}{\text{Diameter}}$$

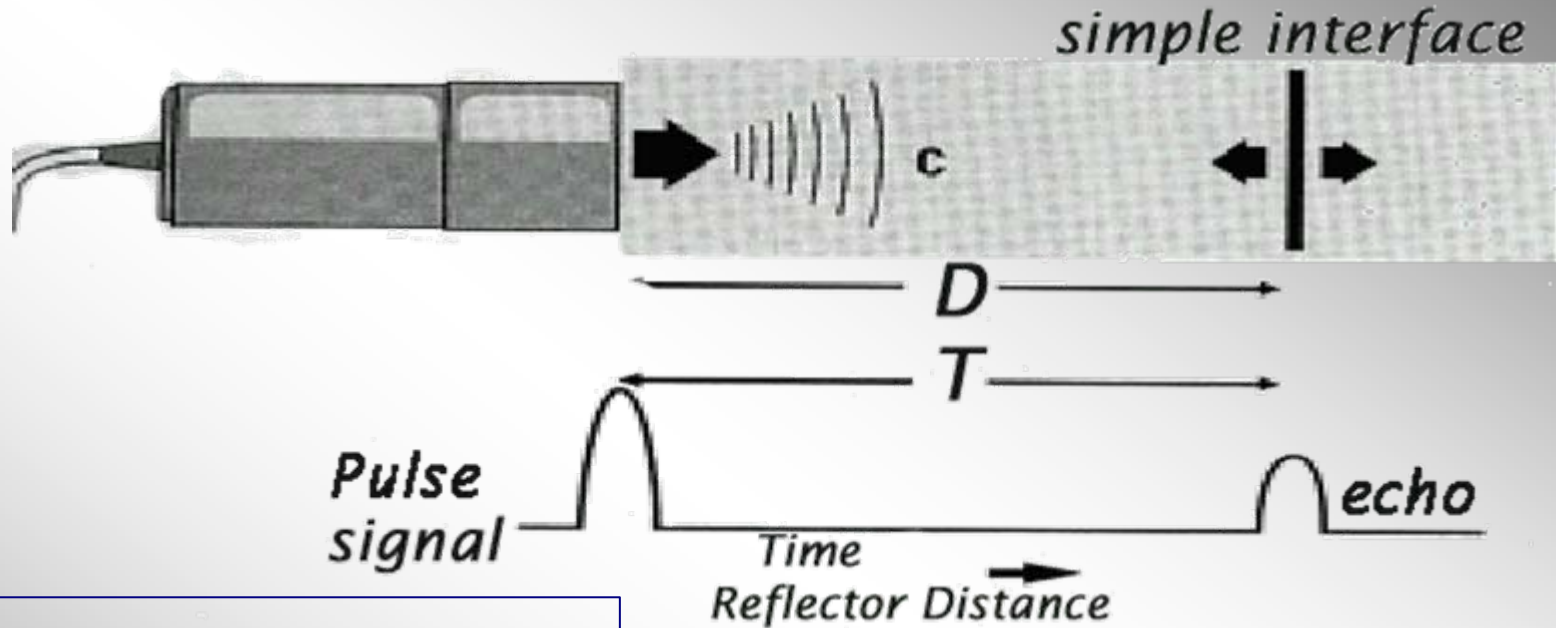
Γωνία απόκλισης θ :
Ανάλογη του μήκους κύματος λ
αντιστρόφως ανάλογη των d, f

Τεχνική παλμών-ανακλάσεων



στην διάγνωση με υπερήχους, ανακλάσεις μετατρέπονται σε ηλεκτρικούς παλμούς (transducer) και οι ηλεκτρικοί παλμοί ψηφιοποιούνται (Digital Scan Converter)

Διάδοση ιατρικών υπερήχων

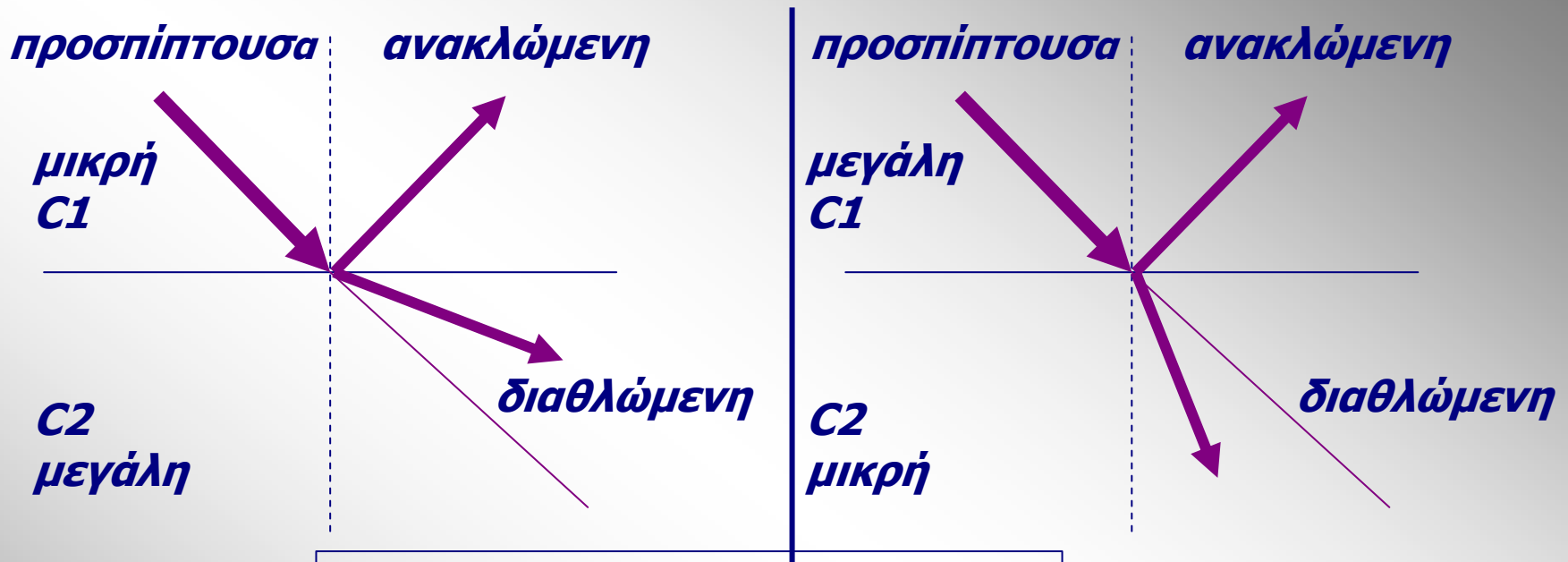


$$T = \frac{2D}{c}$$

Η διαφορά χρόνου μεταξύ διαδιδόμενου παλμού & λαμβανομένης ανάκλασης καθορίζει την απόσταση D

Παράγων χρήσης (Duty Factor): 99% του ενεργού χρόνου καταναλώνεται στην λήψη ανακλάσεων από τις διαχωριστικές επιφάνειες των ιστών

Ανάκλαση & Διάθλαση σε Επιφάνεια



$$\frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

Αν $Z_1 \gg Z_2$ τότε $I_r \approx I_i$ (π.χ. ιστό \rightarrow αέρα)

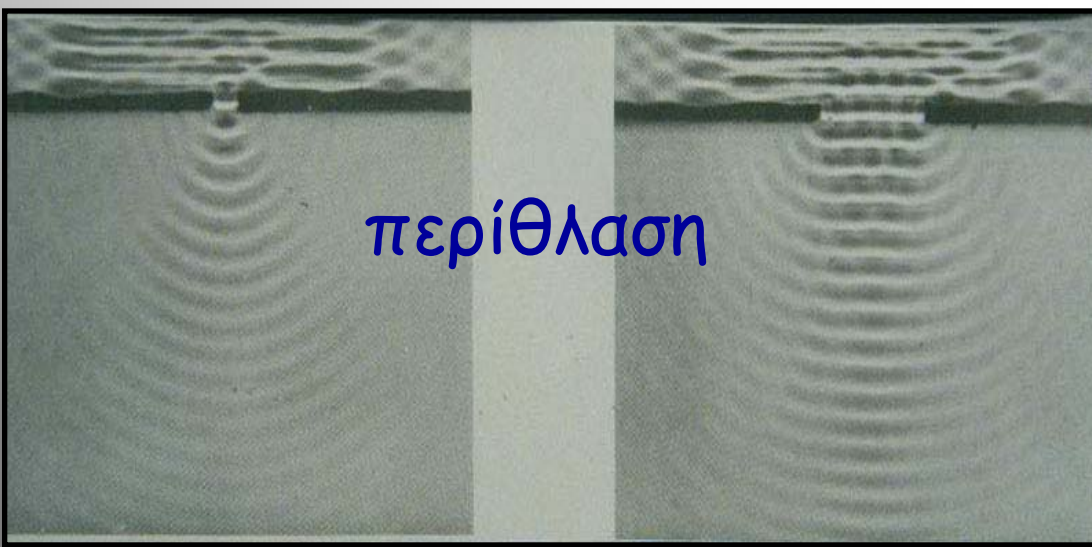
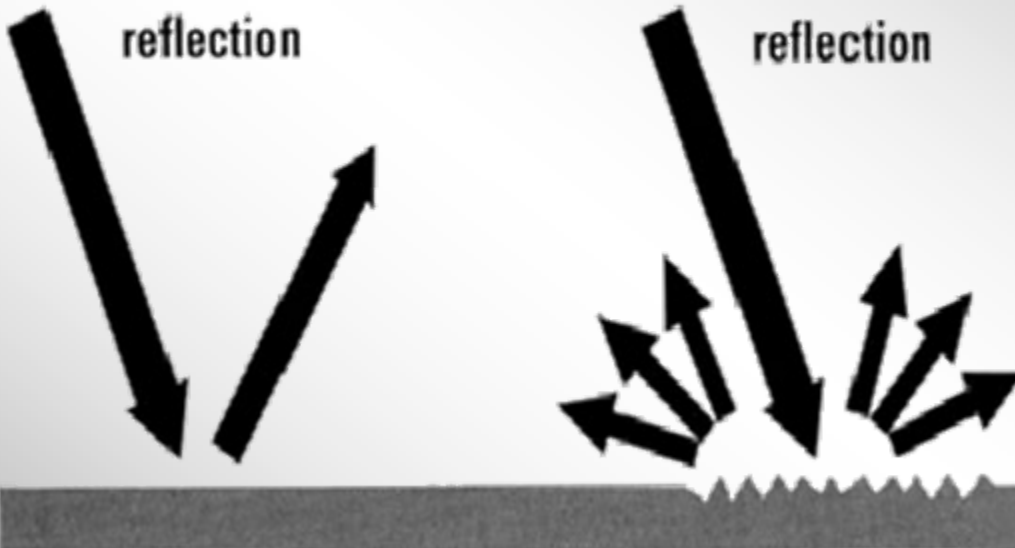
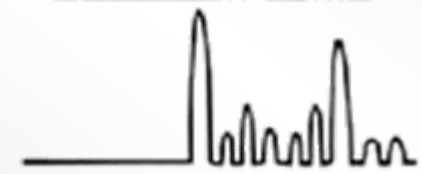
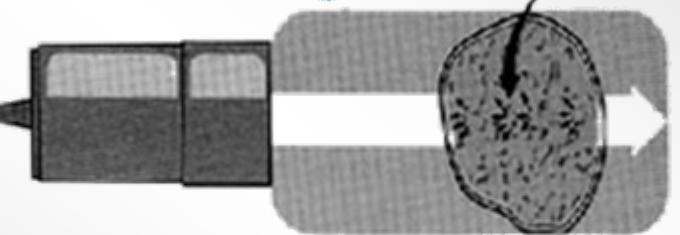
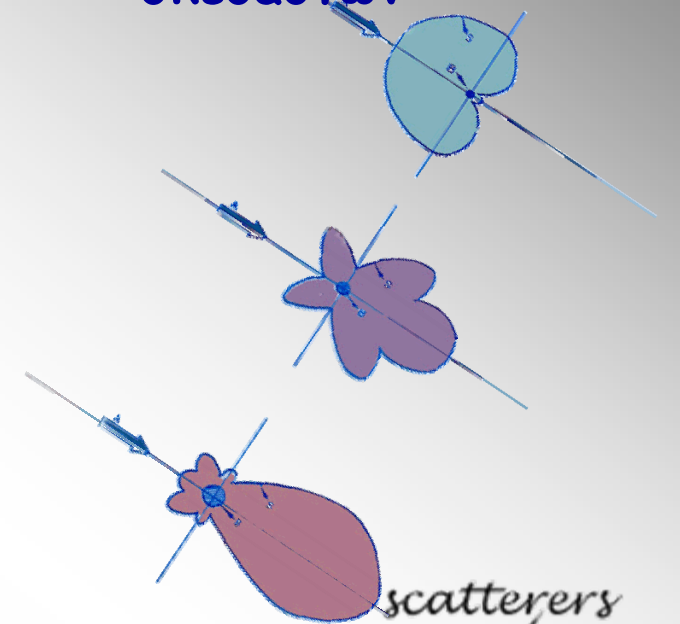
Αν $Z_1 \ll Z_2$ τότε $I_r \approx I_i$ (π.χ. ιστός \rightarrow οστούν)

Ανάκλαση και Σκέδαση

Specular reflection

Diffuse reflection

Η οπισθοσκέδαση της δέσμης εξαρτάται από το μέγεθος των σκεδαστών



περίθλαση

Ακουστική Ισχύς-Ένταση-Σχετική Ένταση dB

- **Ισχύς P:** ο ρυθμός που η ενέργεια μεταφέρεται στο υλικό μέσο (mW)
- **Ένταση I:** η υπερηχητική ισχύς ανά μονάδα επιφανείας (mW/cm²)

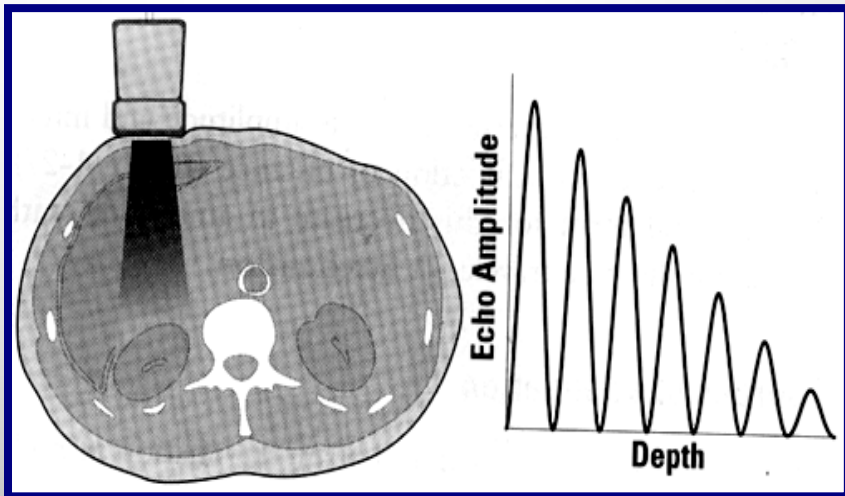
Η Ένταση (I) των διαγνωστικών υπερήχων είναι χαμηλή
~100 mW/cm²

DeciBel

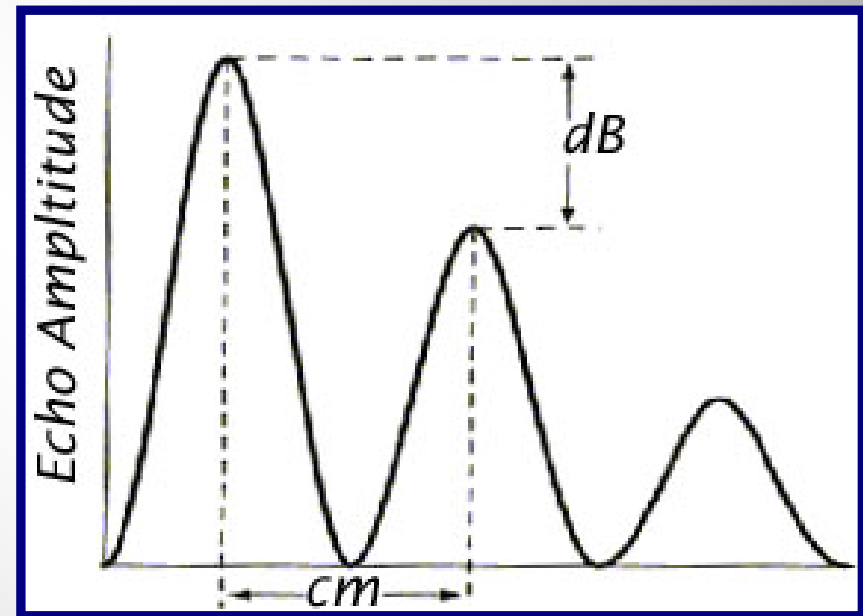
Επίπεδο Σχετικής Έντασης (dB) = $10 \log(I_2/I_1)$

Τα Decibels συγκρίνουν εντάσεις 2 σημάτων.

Εξασθένηση



- Ανάκλαση & σκέδαση
- Απορρόφηση (ηχητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα)



Ιστός

**Εξασθένηση σε 1MHz
(dB/cm)**

νερό

0.0002

αίμα

0.18

ήπαρ

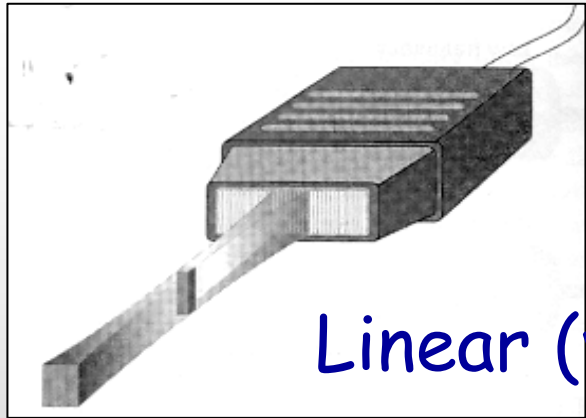
0.50

μύες

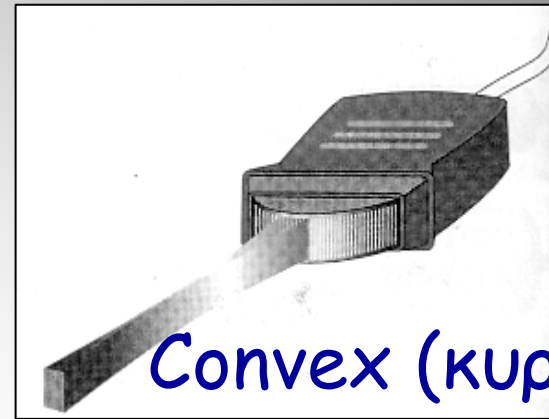
1.20

**Συντελεστής εξασθένησης
σε DB/cm /MHz**

Τύποι Real time Transducers



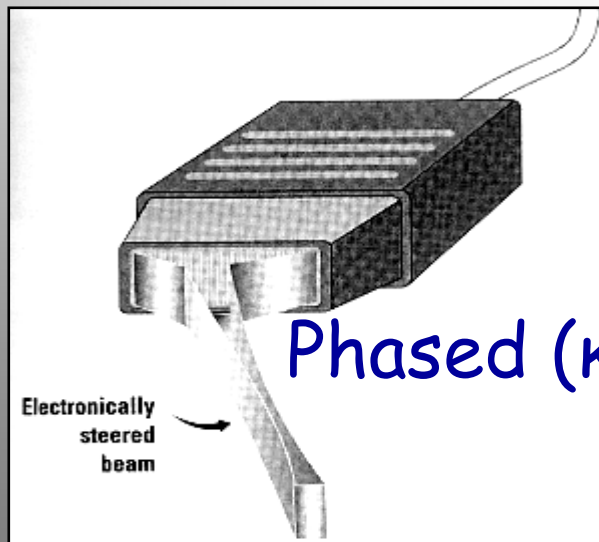
Linear (γραμμικός)



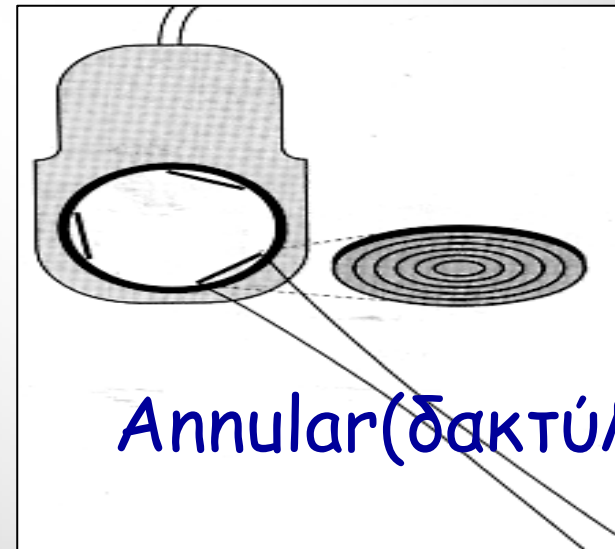
Convex (κυρτός)

Ηλεκτρονική σάρωση

Μηχανική σάρωση



Phased (κατά φάση)



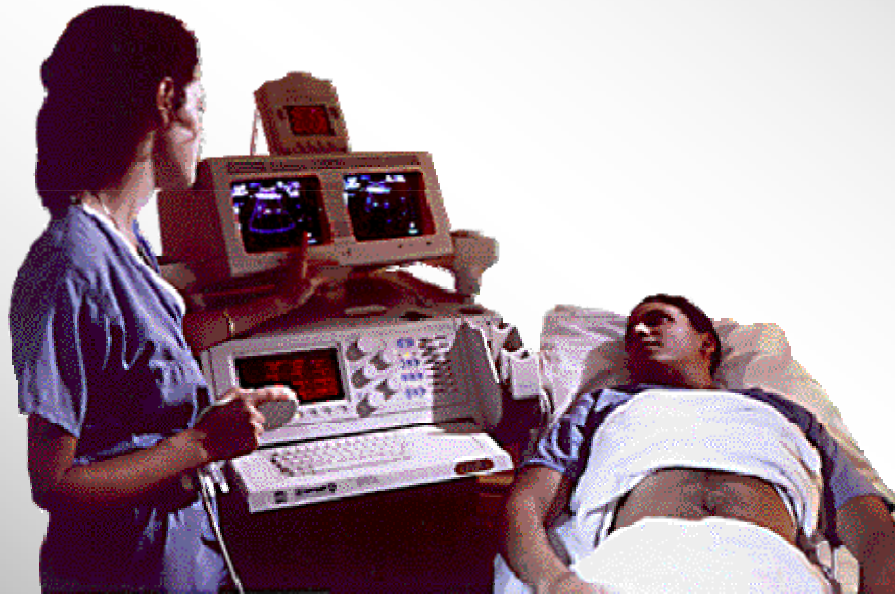
Annular (δακτύλιος)

Έλεγχος της εστίασης

Πολλαπλές εστιακές ζώνες



Σύστημα Υπερήχων



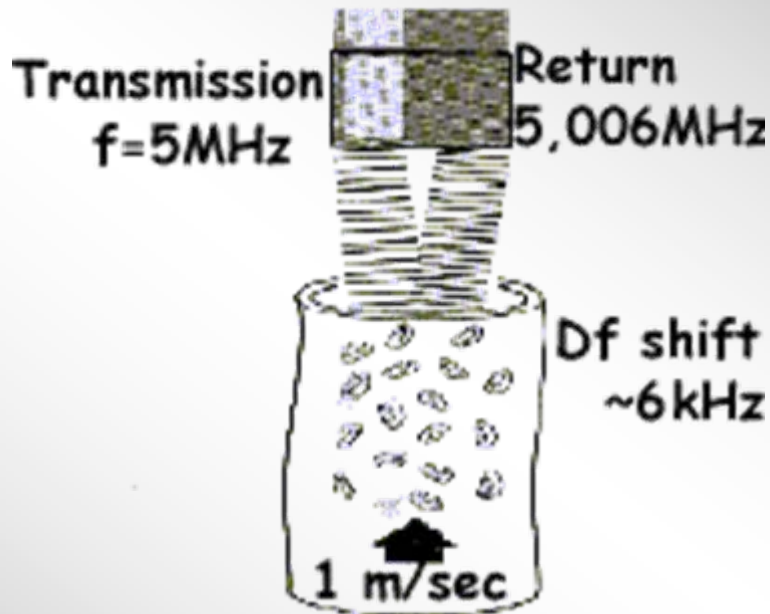
Φαινόμενο Doppler - Doppler μετατόπιση



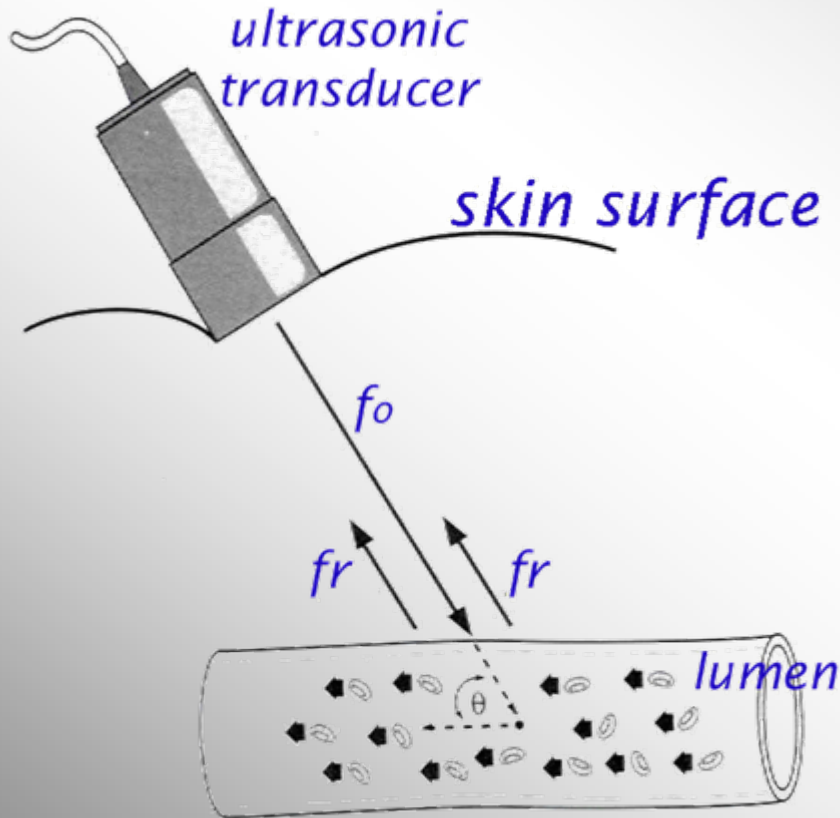
Εξίσωση Doppler :

$$Df = 2 f v \cos\theta / c$$

Το φαινόμενο Doppler απεικονίζει & ποσοτικοποιεί την ροή αίματος



Γωνία Doppler : η γωνία προσπίπτουσας δέσμης και της κατ'έκτιμηση κατεύθυνσης της ροής.

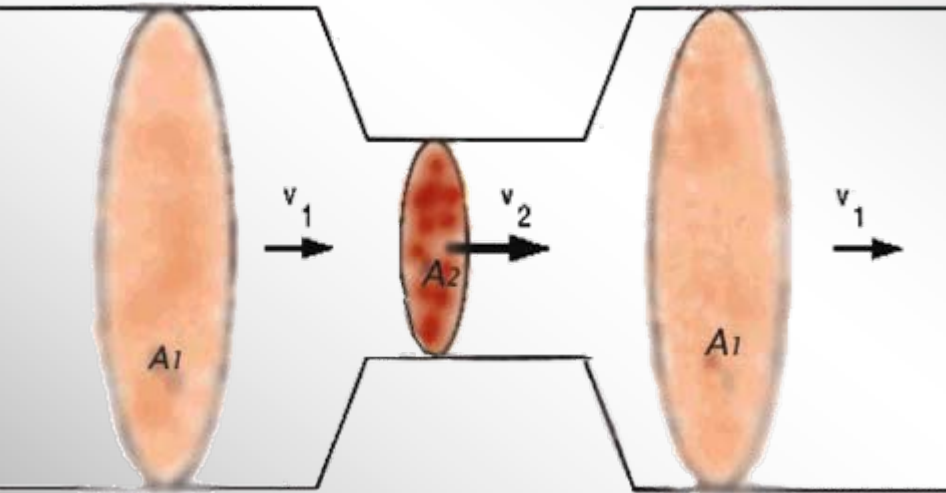


Οι συχνότητες Doppler που ανιχνεύονται εξαρτώνται από την γωνία Doppler

Η μετατόπιση Doppler είναι 0 για γωνία Doppler 90°

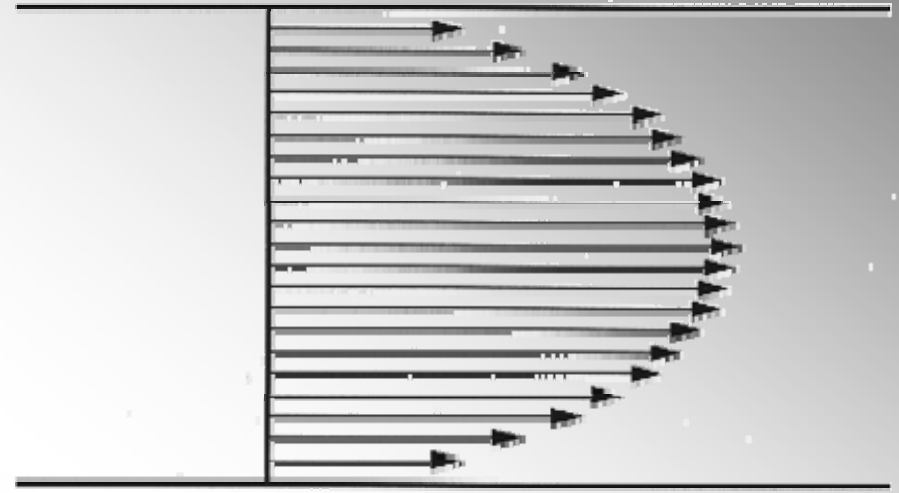
Αιμοδυναμική

Σταθερή ροή



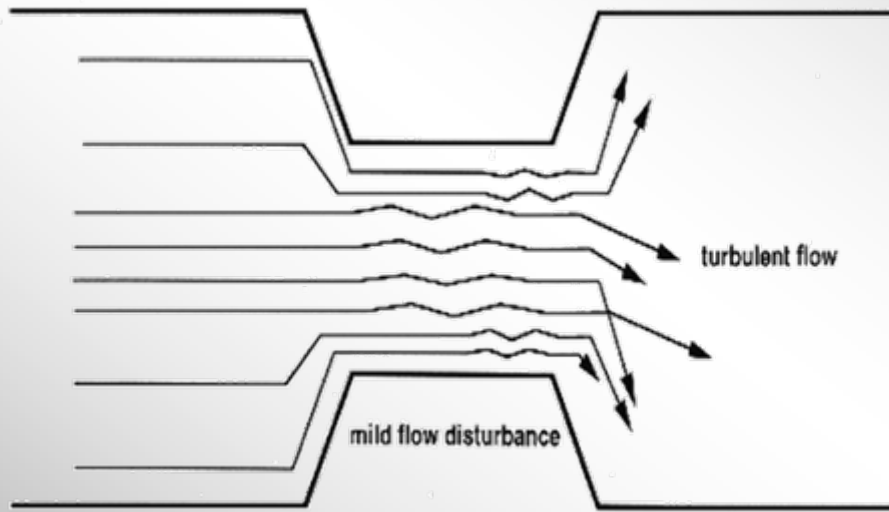
Σε σταθερή ροή, καθώς η διατομή (A) μειώνεται, η ταχύτητα (v) αυξάνει.

Στρωματική ροή



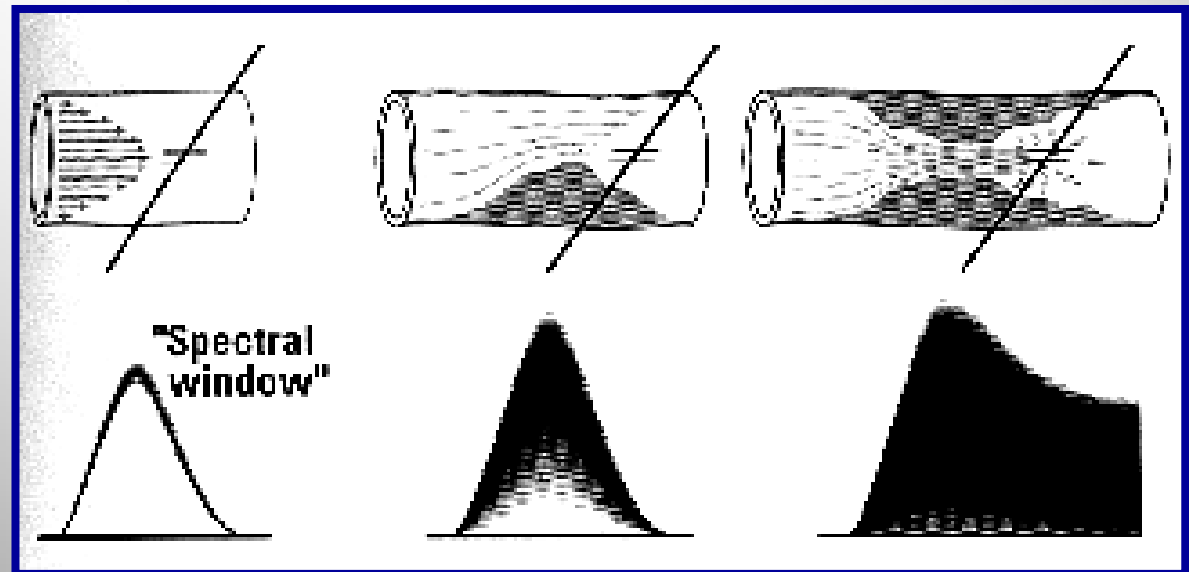
Η ροή αίματος είναι παραβολική στρωματική (laminar), με την μέγιστη ταχύτητα στο μέσον, και με προοδευτική μείωση της ταχύτητας προς τα τοιχώματα του αγγείου.

Διαταραγμένη ροή.

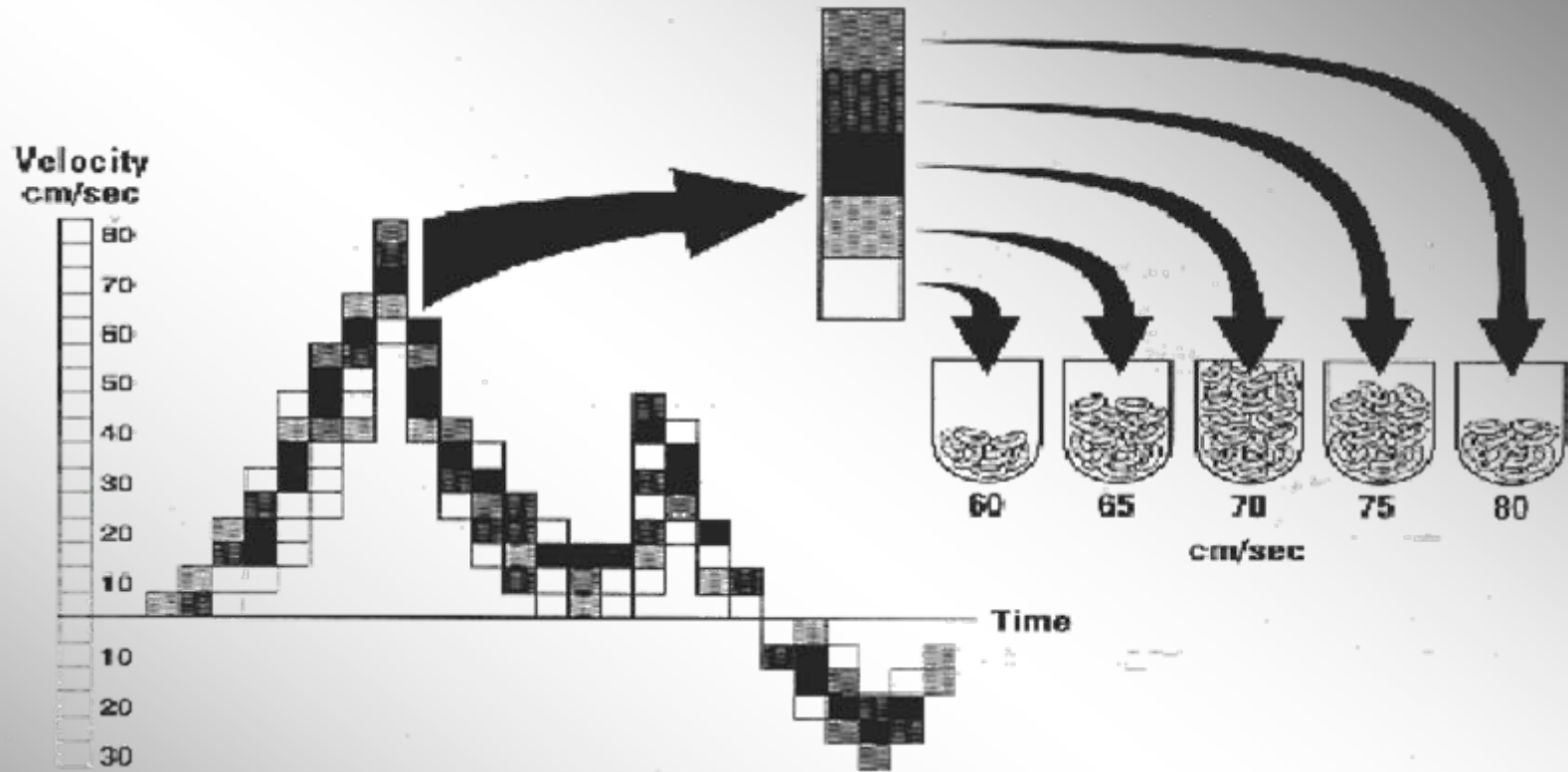


Διαταραχή της στρωματικής ροής σε στένωση (**ήπια διαταραχή ροής**), ή ασταθής ροή σε υψηλές ταχύτητες, κοντά στην στένωση (**τυρβώδης ροή**).

Η παρουσία ανωμαλίας μπορεί ν' άνιχνευθεί από το φάσμα Doppler



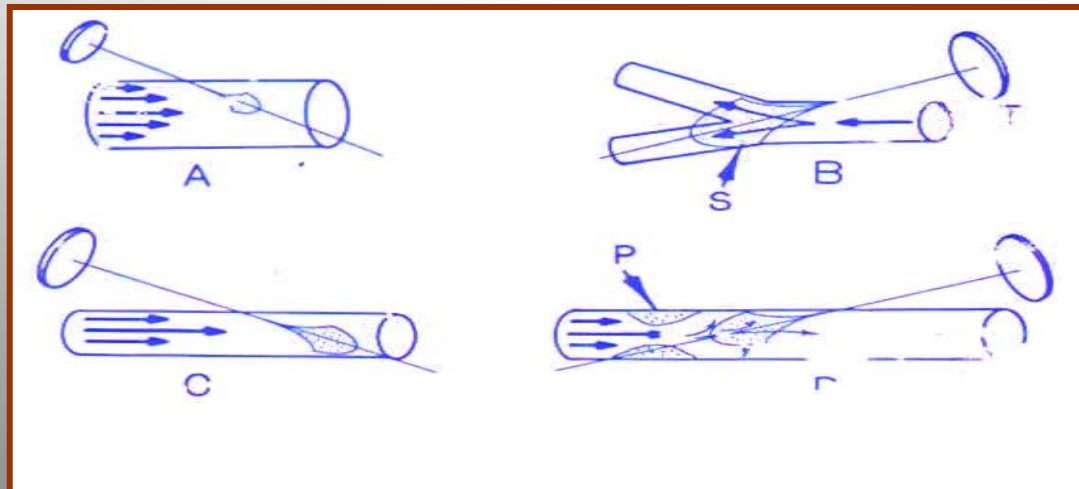
Ανάλυση φάσματος Doppler



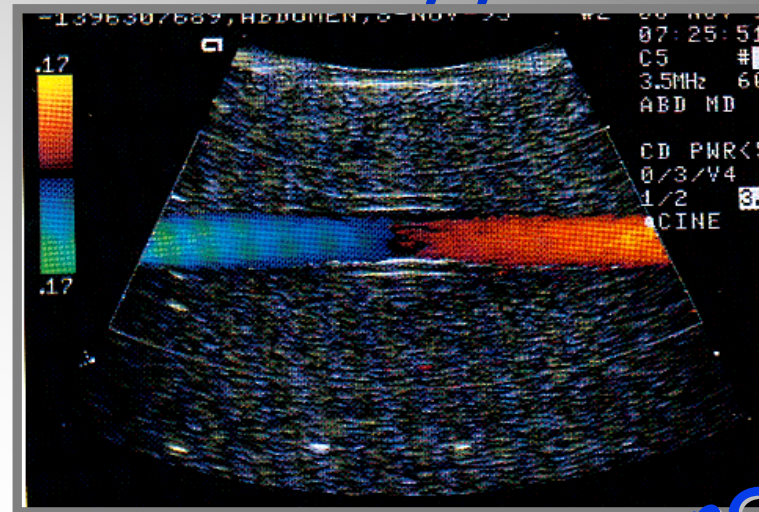
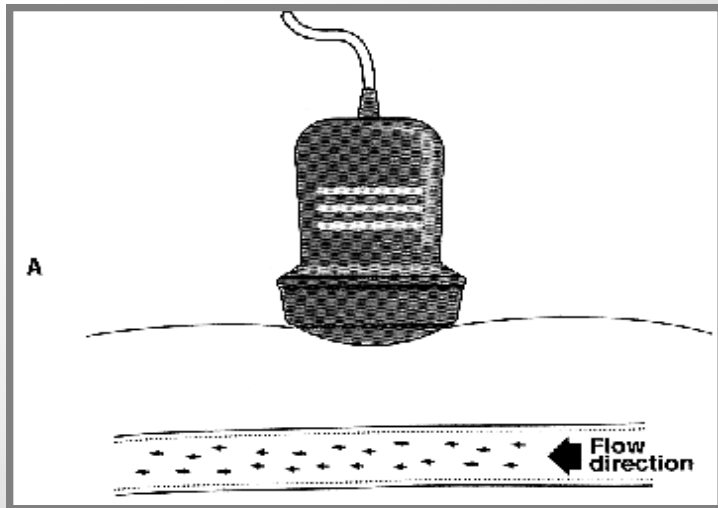
Το φάσμα Doppler είναι χρήσιμο όταν ποσοτικές πληροφορίες για τις ταχύτητες ροής είναι σημαντικές

Αιτίες διεύρυνσης του φάσματος Doppler.

- Επιλογή του δείγματος στο άκρο της κατανομής ταχυτήτων ροής.
- Το δείγμα- όγκου εντοπίζεται σε διακλάδωση αγγείων και επομένως με σύνθετη ροή.
- Μικρό δείγμα- όγκου διασταυρώνεται με υψηλής ταχύτητας ροή.
- Διαταραγμένη και τυρβώδης ροή προκαλείται από πάθηση του αγγείου [π.χ. αθηρωματώδης πλάκα και στένωση του αυλού του αγγείου.]



Απεικόνιση με έγχρωμο Doppler



Η διεύθυνση ροής επιλέγεται αυθαίρετα-

- Κόκκινο-ροή προς τον ανιχνευτή
- Μπλέ- η ροή απομακρύνεται από τον ανιχνευτή
- Άλλα χρώματα - μικρότερη μετατόπιση Doppler

**Επιλογή χρήσης
χρώματος**

Χρώμα εμφανίζεται, κατά προτίμηση, όπου δεν υπάρχει ανάκλαση (όριο ανακλάσεων Doppler)

- Ανιχνεύεται γρήγορα η μέγιστη ταχύτητα σε στένωση αρτηρίας,
- ή π.χ. αποκαλύπτεται ενδονεφρική αρτηρία "αόρατη" στην κλίμακα του γκριζου

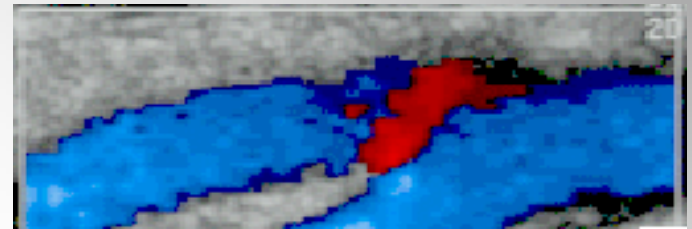
Εγχρωμη Απεικόνιση Doppler

Πλεονεκτήματα

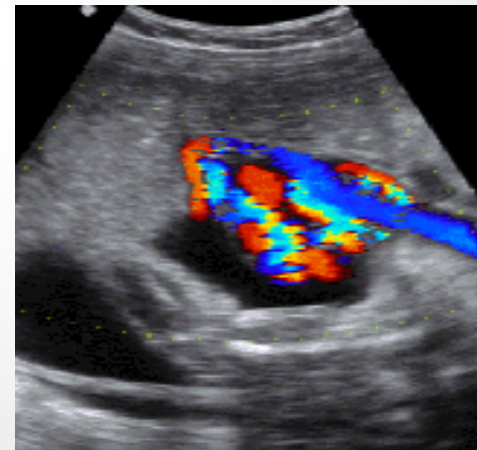
- πολυδιάστατες πληροφορίες
- Real Time εικόνα και έγχρωμο Doppler
 - ακρίβεια μέτρησης όγκου ροής
- διεύθυνση και φορά ροής [χρώμα]
 - κατάσταση θέσης

Χρωματική απεικόνιση της φοράς της αιματικής ροής

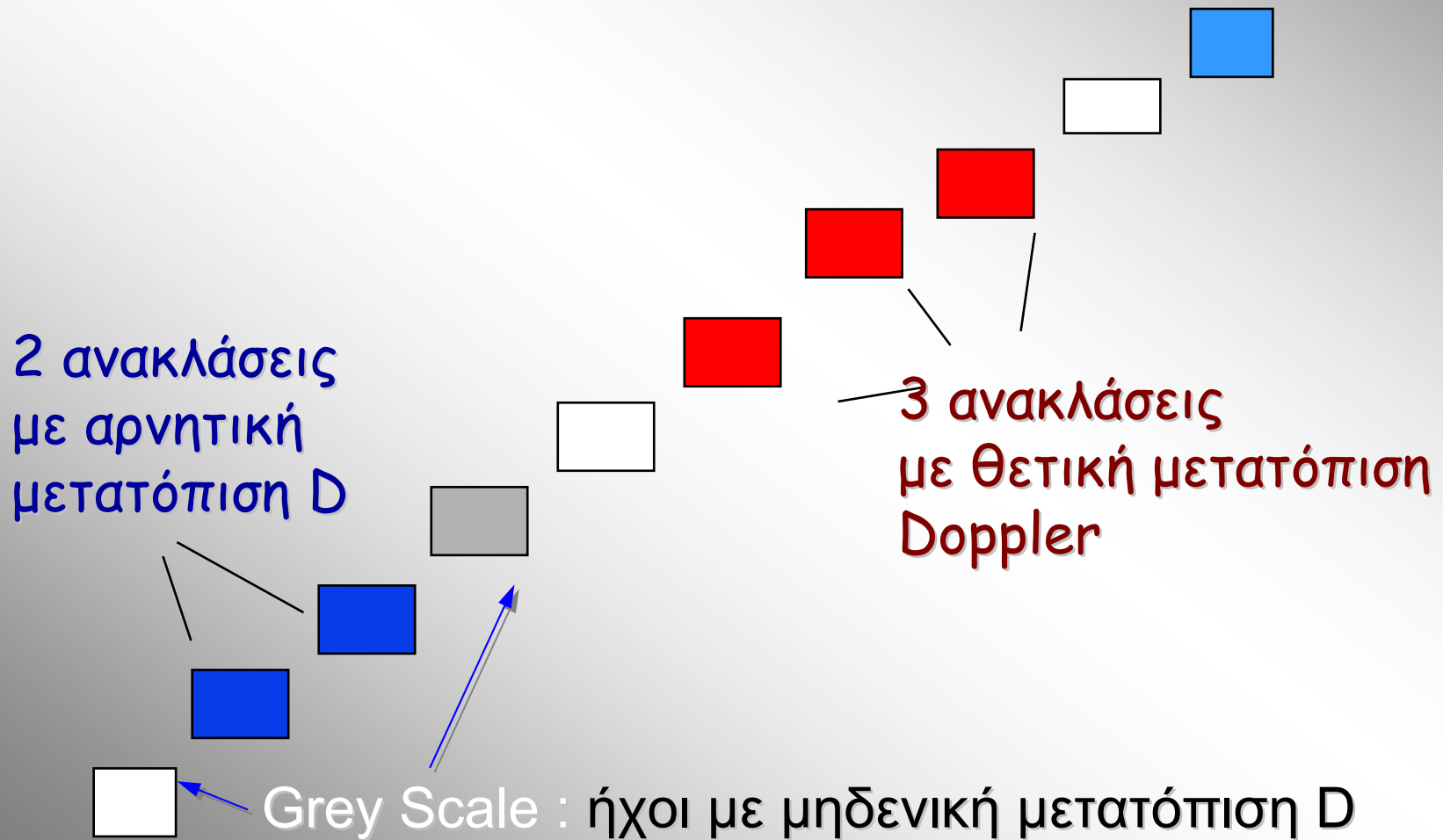
συμβατική θετική
[κόκκινο]
και αρνητική φορά
[μπλέ] αιματικής ροής



Απεικόνιση ομφάλιου λώρου
-3 φυσιολογικά αγγεία
με διαφορετική φορά-



Δημιουργία έγχρωμης εικόνας Doppler



Ψευδείς πληροφορίες (Artifacts)

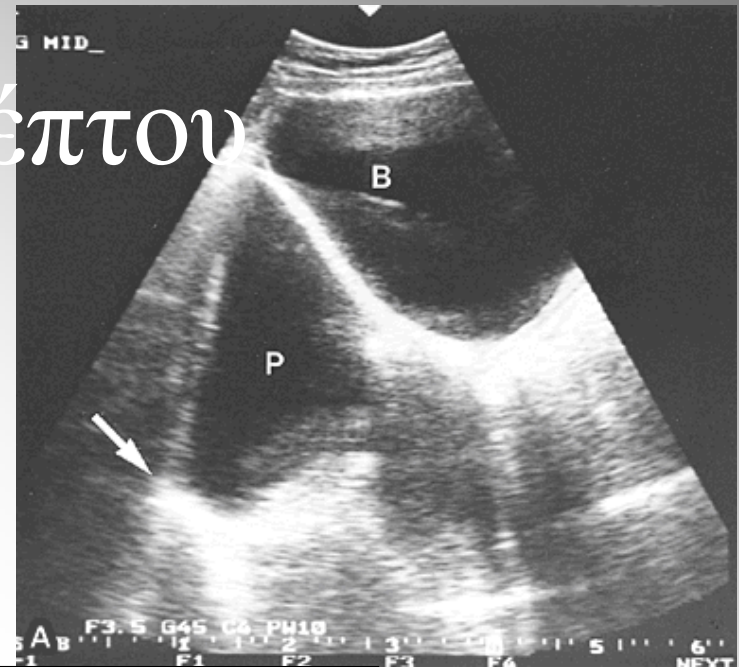
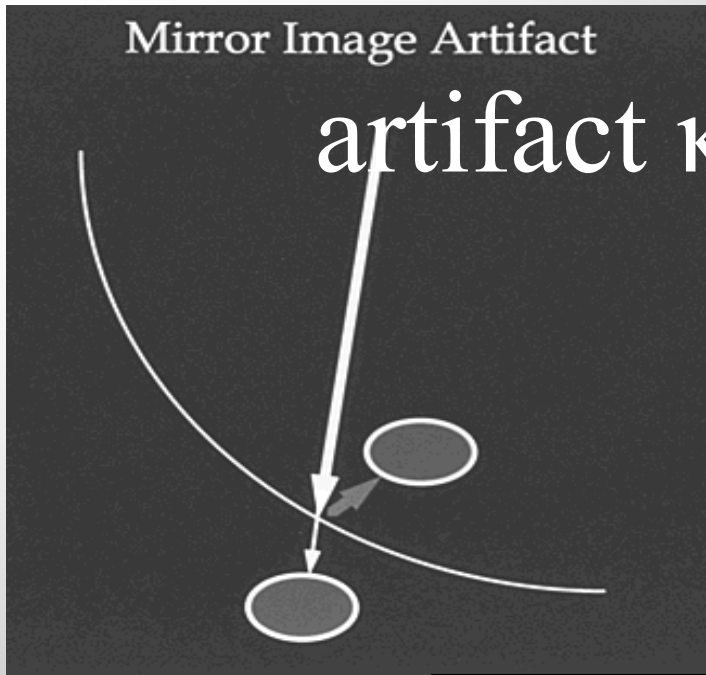
χαρακτηριστικά στην εικόνα
που δεν έχουν αντιστοιχία
στο όργανο που απεικονίζεται

Προϋποθέσεις υπερηχοτομογραφήματος

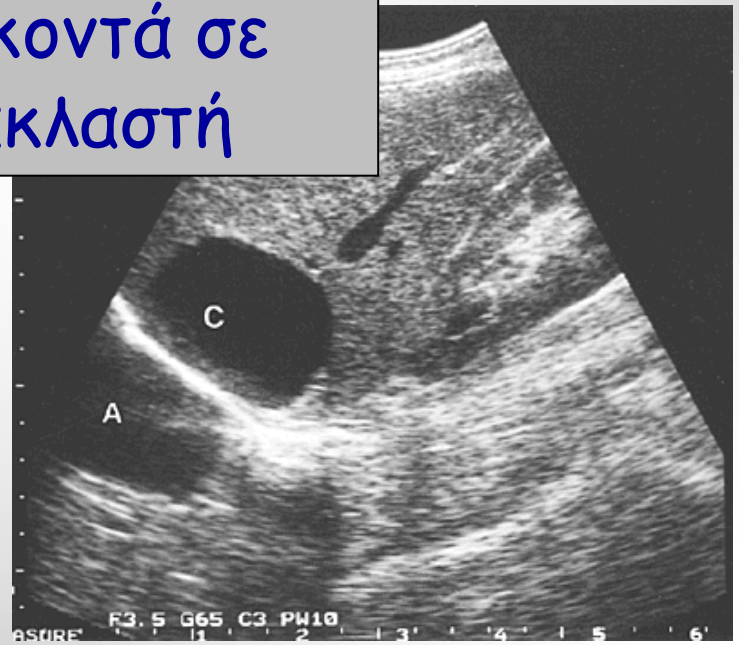
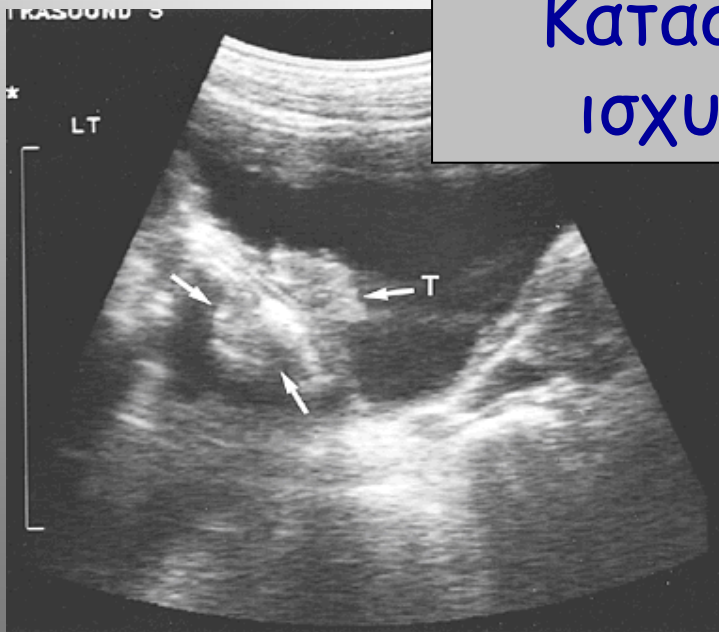
- Οι επιφάνειες που δίδουν τις ανακλάσεις βρίσκονται στον άξονα της δέσμης
 - Η ταχύτητα του ήχου είναι σταθερή ίση με 1540m/sec
 - Η ένταση της ανάκλασης δείχνει μόνο την ηχογένεια του οργάνου
- ➡ Στην πραγματικότητα αυτές οι προϋποθέσεις δεν πληρούνται πάντα όλες

Mirror Image Artifact

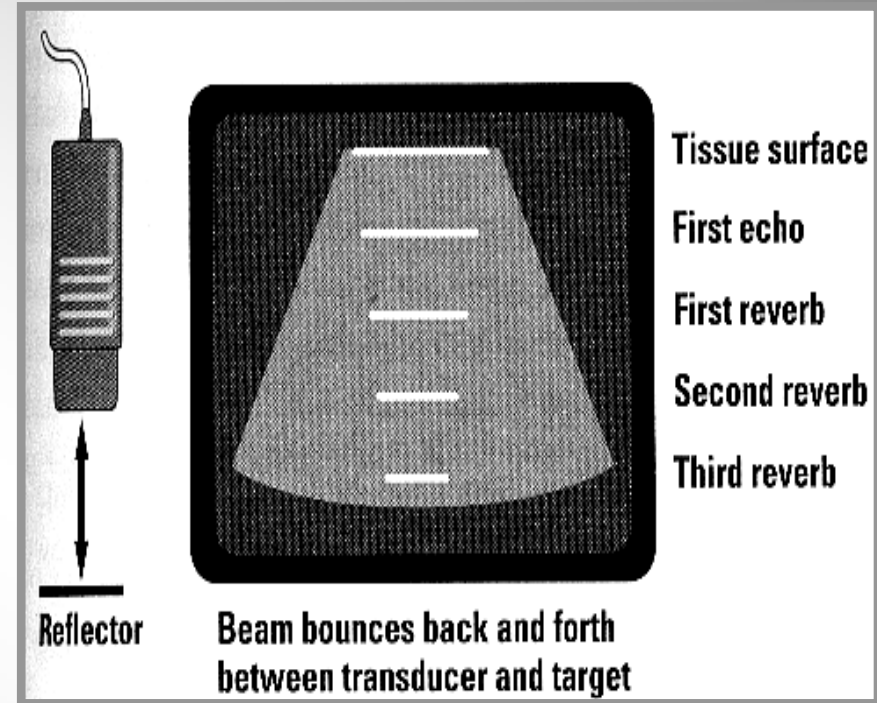
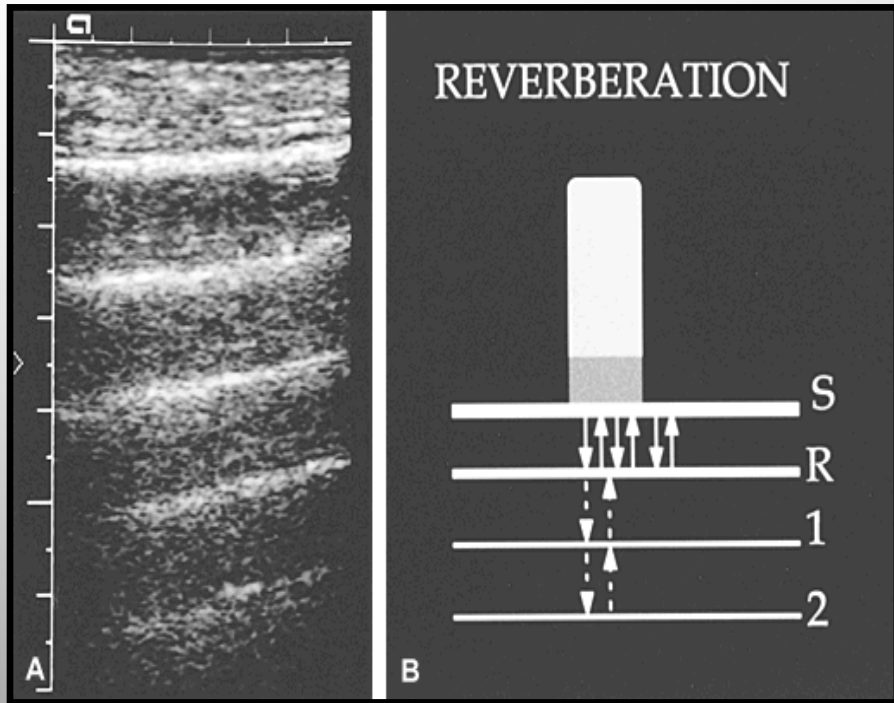
artifact καθρέπτου



Κατασκευή κοντά σε ισχυρό ανακλαστή

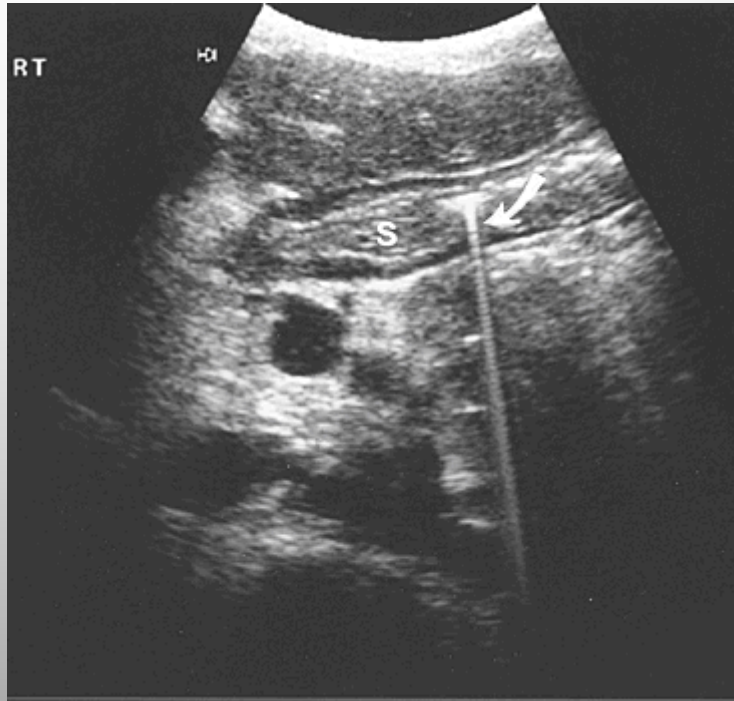


• Reverberation artifacts Αντανάκλαση



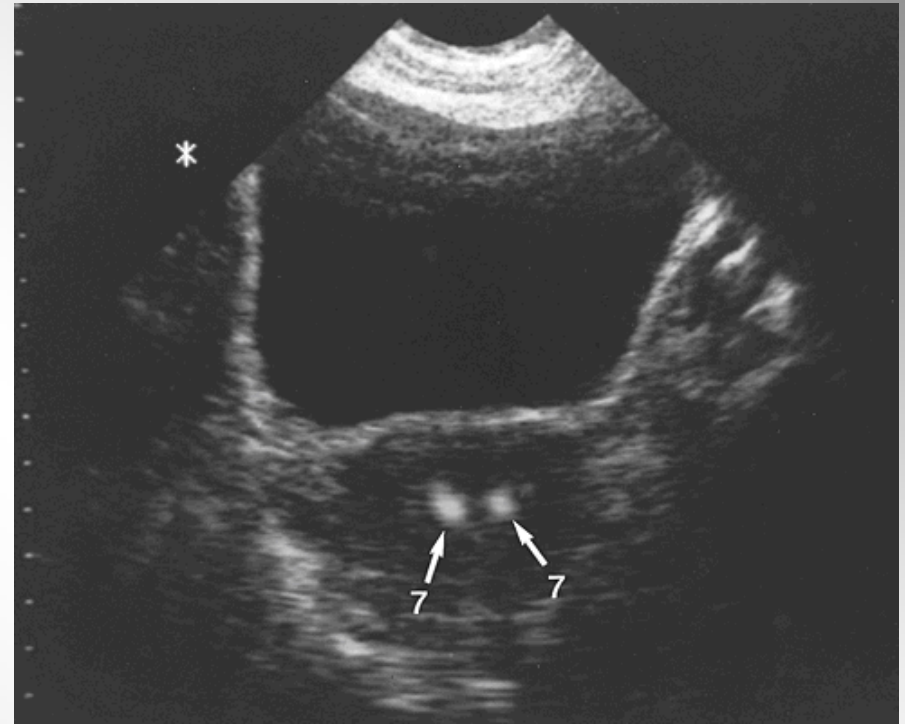
Ανάκλαση σημαντικού πλάτους ανακλάται μερικώς στην επιφάνεια του ανιχνευτή & επανα-προσανατολίζεται προς την διαχωριστική επιφάνεια

Ring Down ή ουρά κομήτη Artifact



Αιτία: κομμάτι μέταλλο
ή συλλογή αέρα

Artifact Διάθλασης

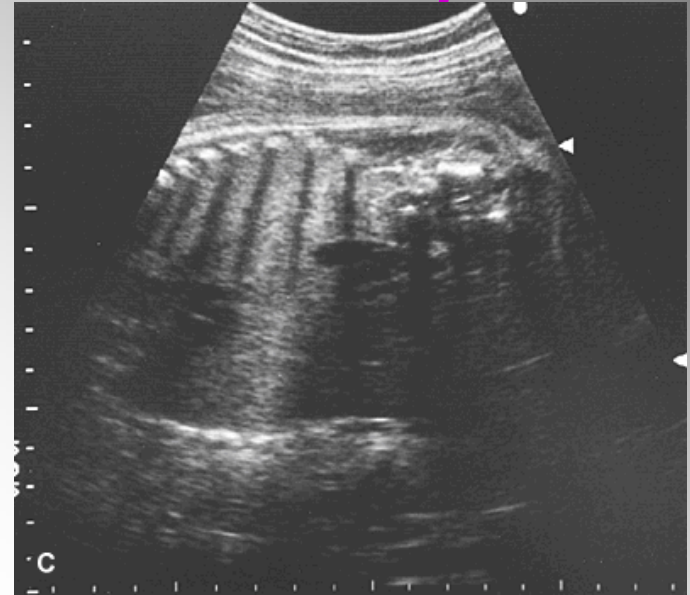
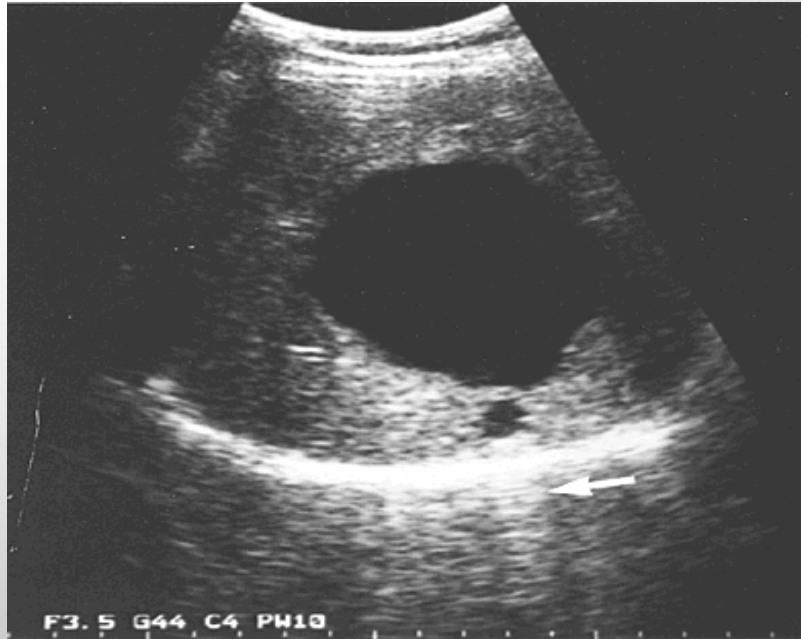


Διπλασιασμός του αντικειμένου

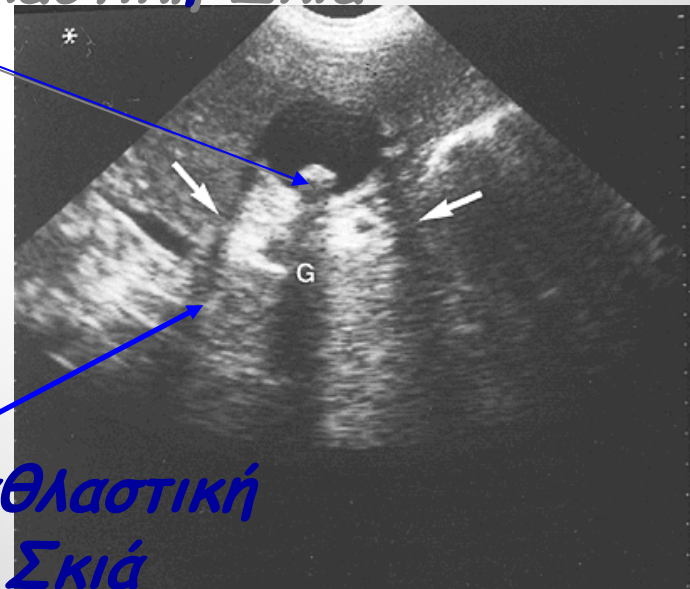
Ενίσχυση

-

Σκίαση

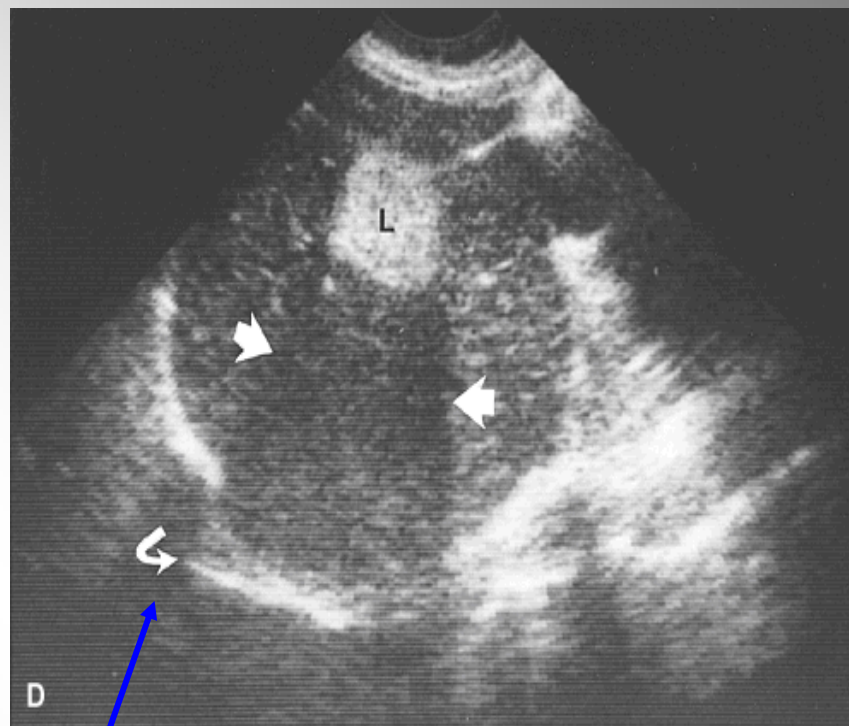


Ανακλαστική Σκιά



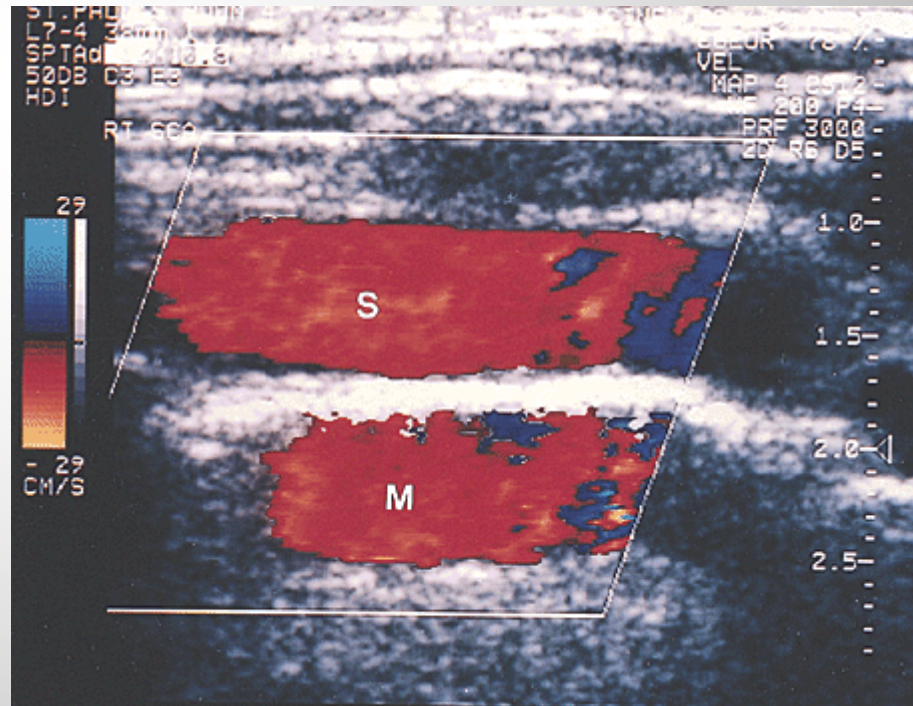
Διαθλαστική Σκιά

Artifact εύρους δέσμης ή πλάγιων λοβών



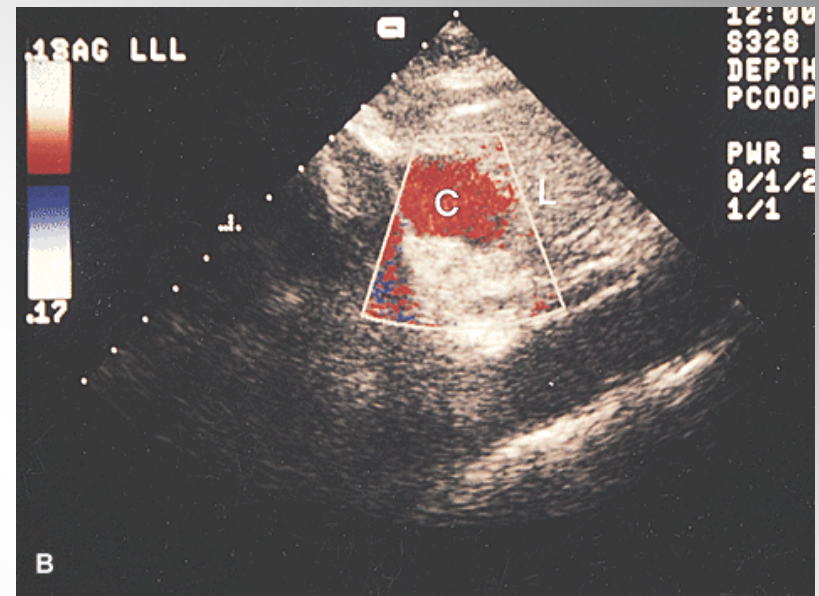
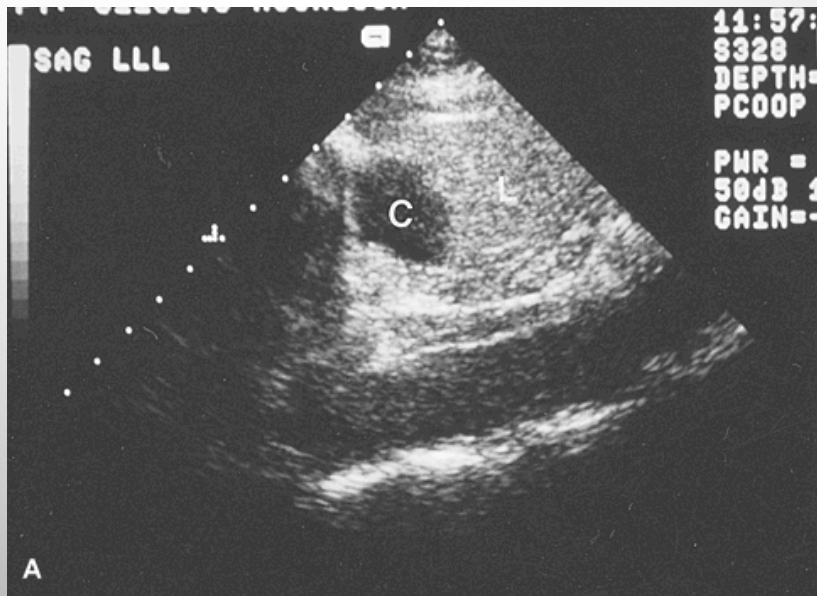
• Artifact σφάλματος στην ταχύτητα διάδοσης

Artifact καθρέπτου σε έγχρωμη ροή (Doppler)



- Η αρτηρία κοντά στην κορυφή του δεξιού πνεύμονα
- η επιφάνεια του αέρα αποτελεί ακουστικό καθρέπτη
- προκαλεί εικόνες καθρέπτου της ροής στο αγγείο

Χρώμα χωρίς ροή! (θόρυβος χρώματος)



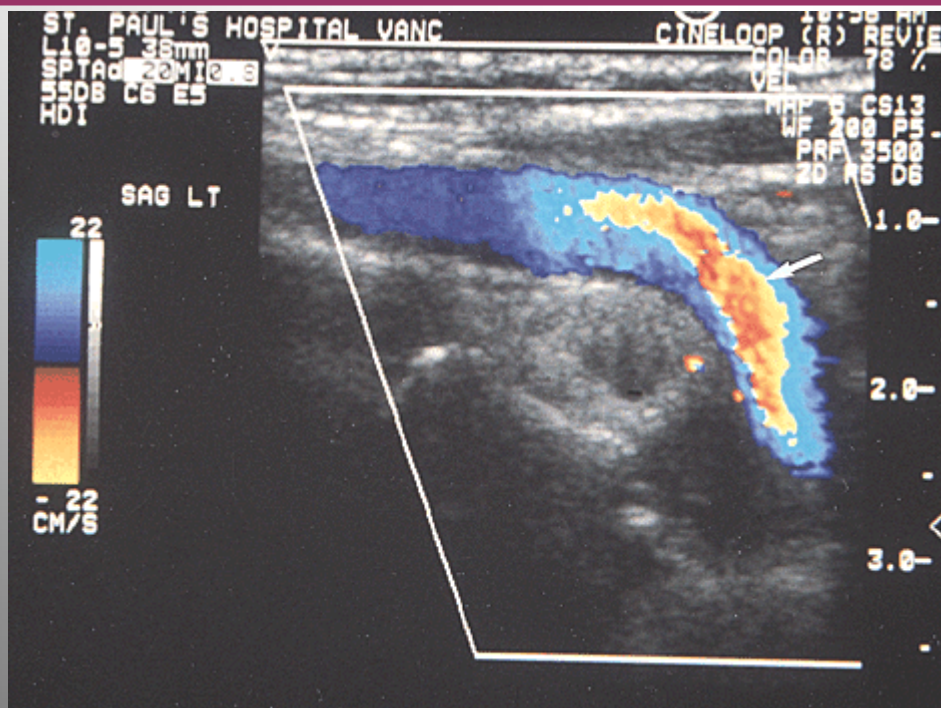
- Κύστη στον αριστερό λοβό του ήπατος προσομοιάζει αριστερό κοιλιακό ανεύρυσμα "γιατί"
- στο έγχρωμο Doppler φαίνεται "τεχνητή ροή" λόγω της μεταφοράς των παλμών από την αριστερή κοιλία

Aliasing (ψευδής μετατόπιση)

- συχνότητα *Nyquist*

Η συχνότητα επανάληψης του παλμού PRF πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια της μέγιστης μετατόπισης Doppler

$$[PRF \geq 2 NF]$$



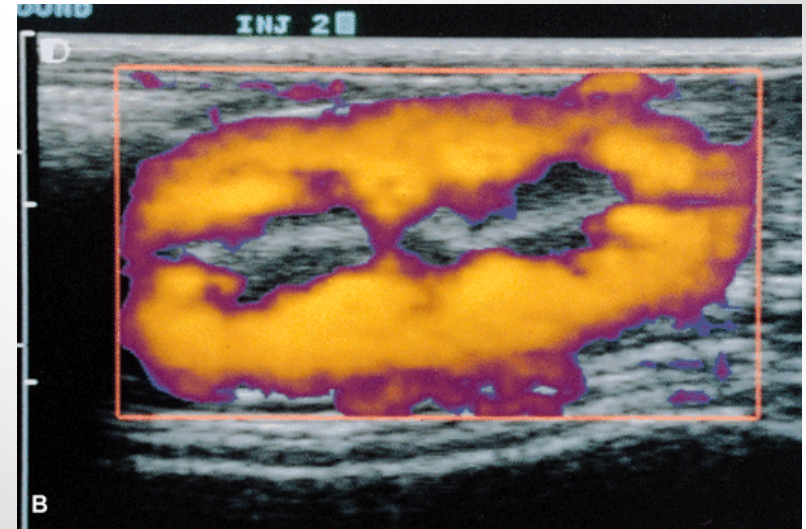
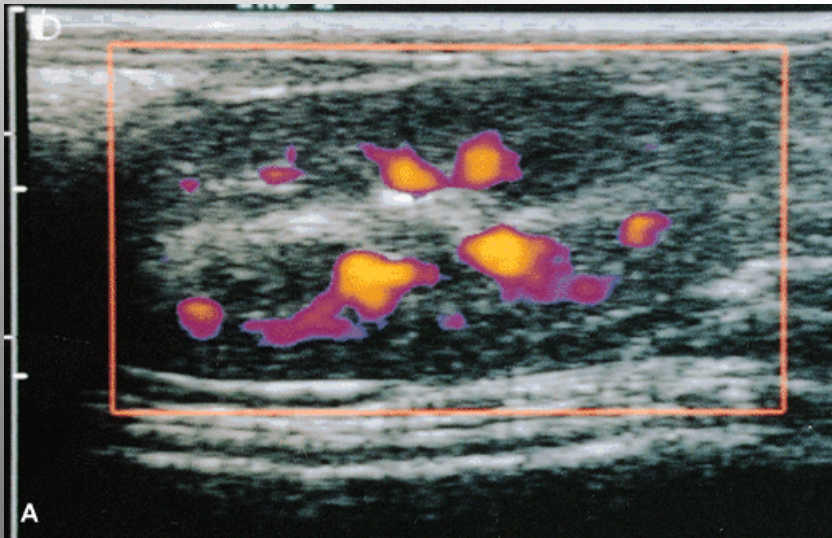
Συνδυασμός στρωματικής ροής με υψηλές ταχύτητες στην καμπυλότητα του αγγείου

Aliasing, σε απουσία στένωσης

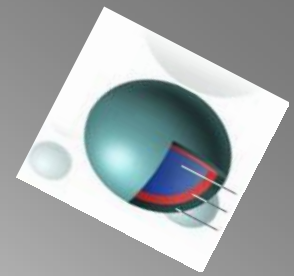
Ενίσχυση πληροφοριών -σκιαγραφικά

- Στην μελέτη μικρών και εν τω βάθει οργάνων η χωρική διακριτική ικανότητα του γκρίζου και η ευαισθησία του Doppler βελτιώνονται.

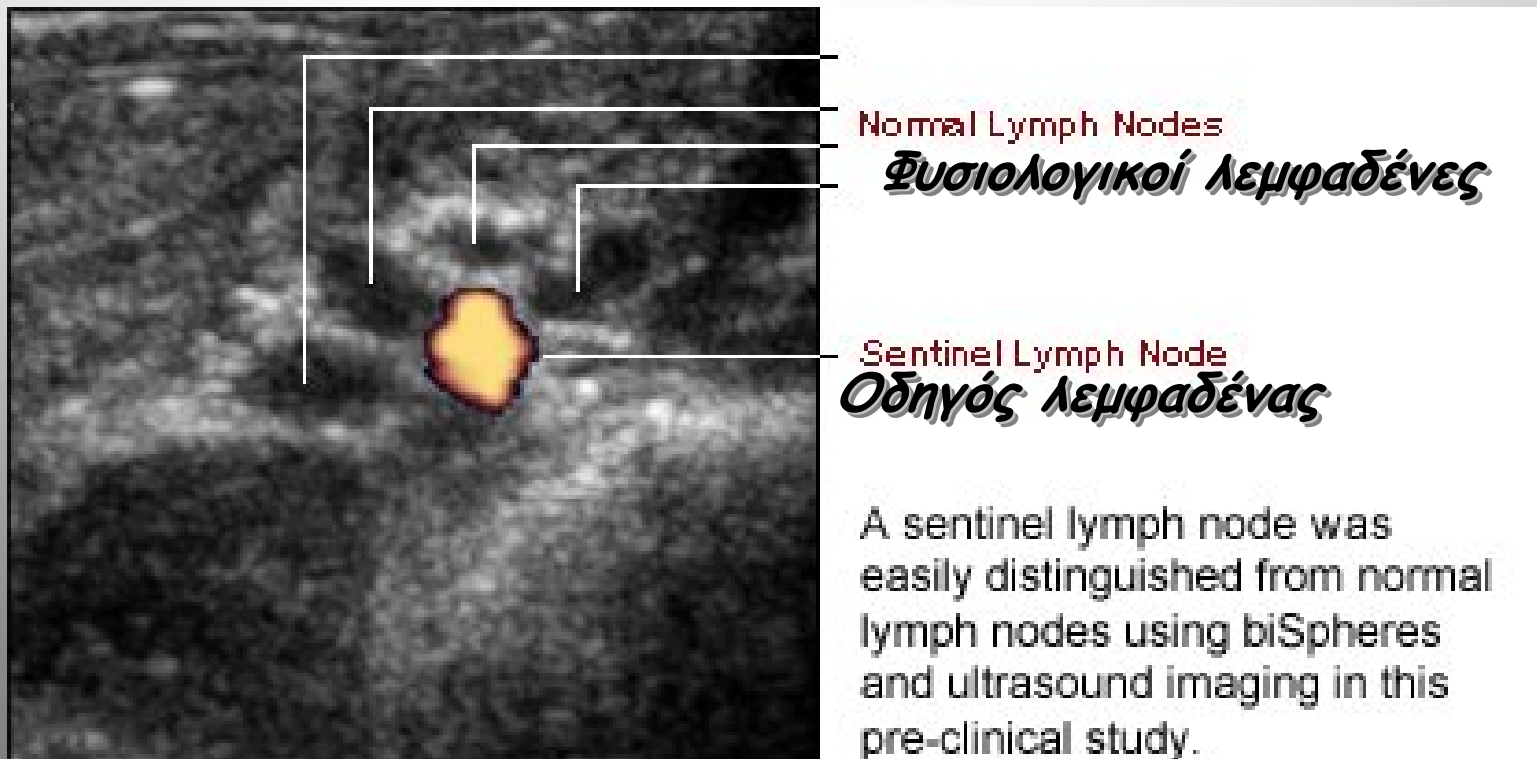
Τα σκιαγραφικά υπερήχων βελτιώνουν την ευαισθησία και την ειδικότητα της μεθόδου



Υπερηχογράφημα λεμφαδένα μετά χορήγηση μικροσφαιρών.

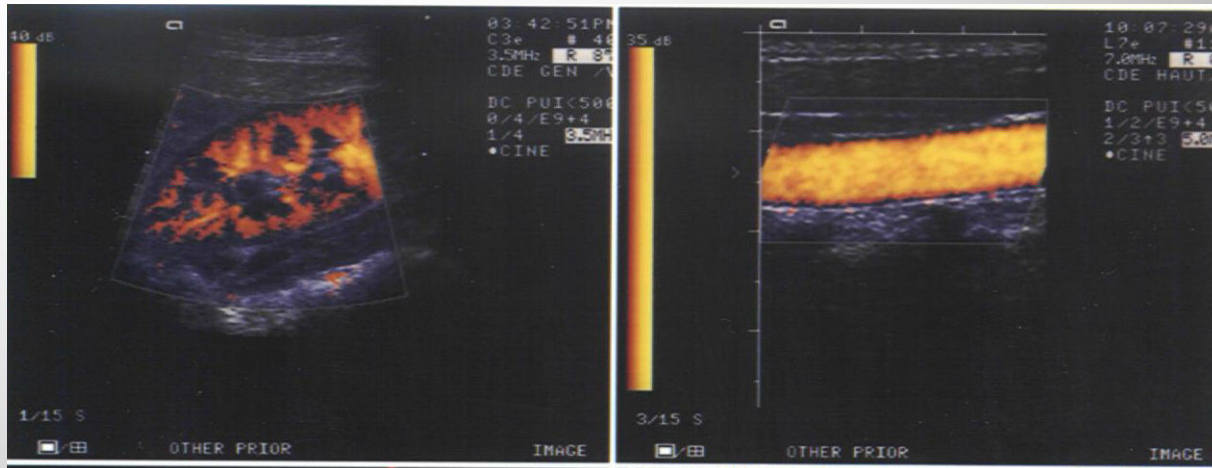


■ Μικρόσφαιρες αντίθεσης (Contrast) έχουν μεγέθη ίσα ή μικρότερα των ερυθρών αιμοσφαιρίων και κυκλοφορούν μαζί!



Τεχνική Ισχύος (Power Doppler)

Υπολογίζει την ολική ισχύ του σήματος Doppler & σχετίζεται με τον αριθμό των κινούμενων ερυθρών κυττάρων, ανεξάρτητα από την ταχύτητα τους



Ευαίσθητη μέθοδος

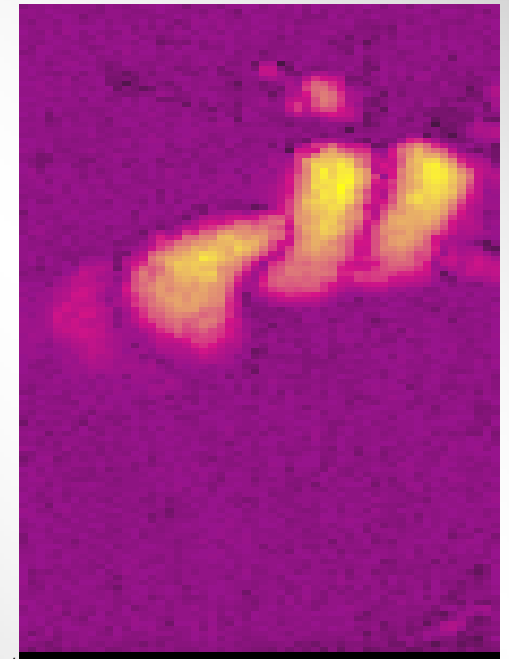
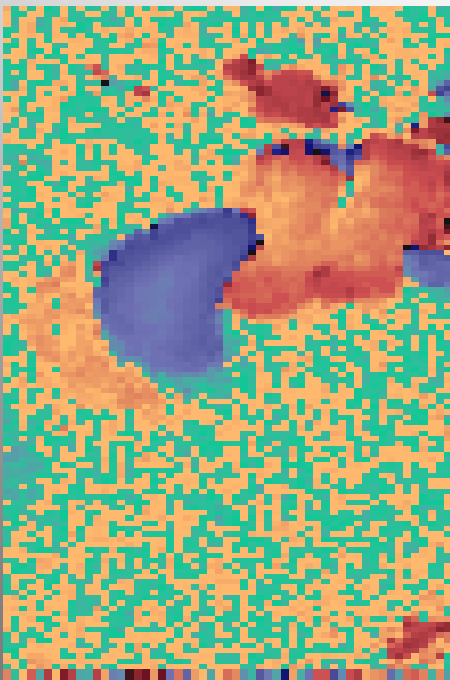
στην ανίχνευση παρουσίας & όγκου της ροής

Άλλα χαρακτηριστικά της τεχνικής power Doppler:

- ✓ απουσία πληροφορίας διεύθυνσης,
- ✓ απουσία ψευδούς μετατόπισης,
- ✓ ανεξάρτητη από την γωνία ροής.

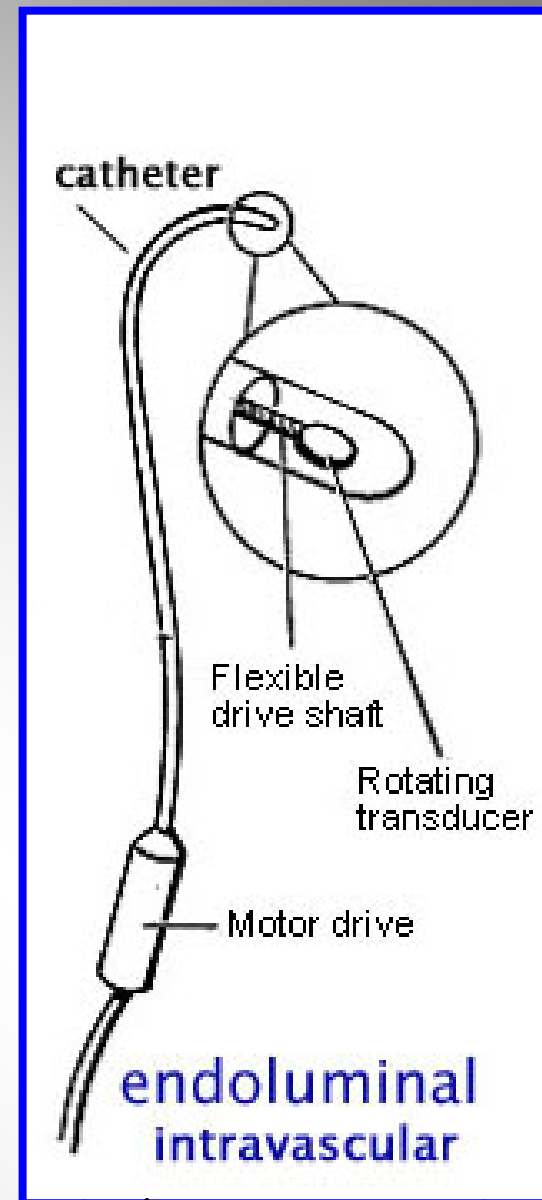
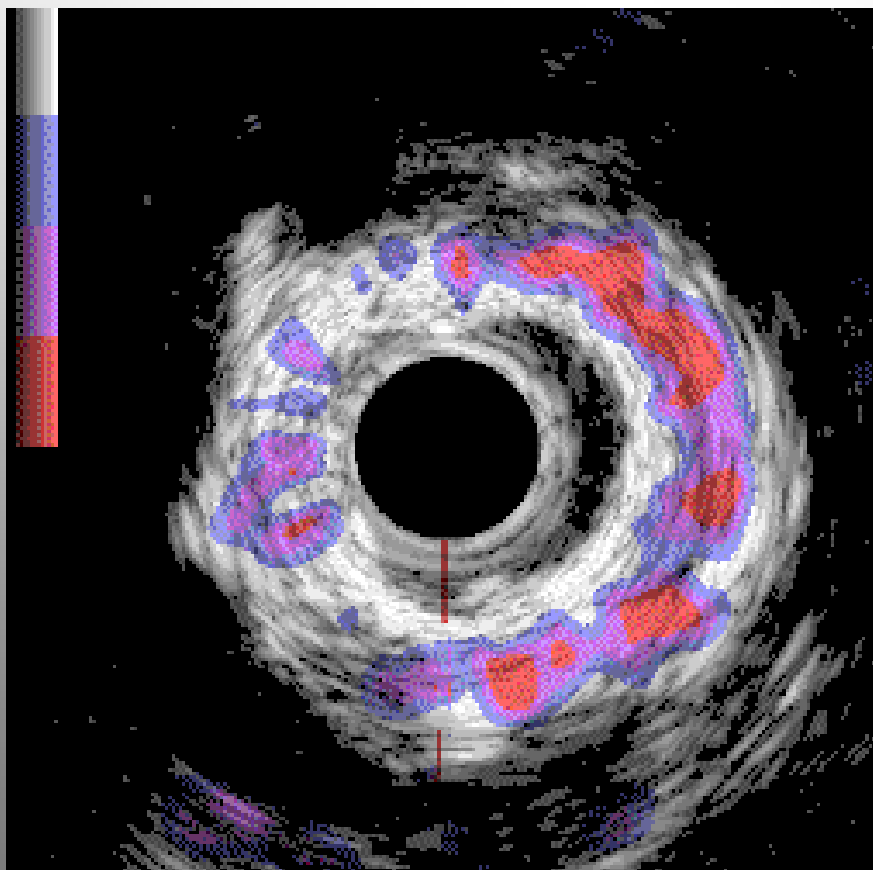
Εγχρωμες εικόνες Doppler, του ομφάλιου λώρου, που αναδεικνύουν τον ελικοειδή σχηματισμό της διπλής ομφάλιας αρτηρίας.

Η εικόνα αριστερά είναι κωδικοποίηση των δεδομένων ταχύτητας, ενώ αυτή δεξιά δημιουργήθηκε με την τεχνική ισχύος Doppler.



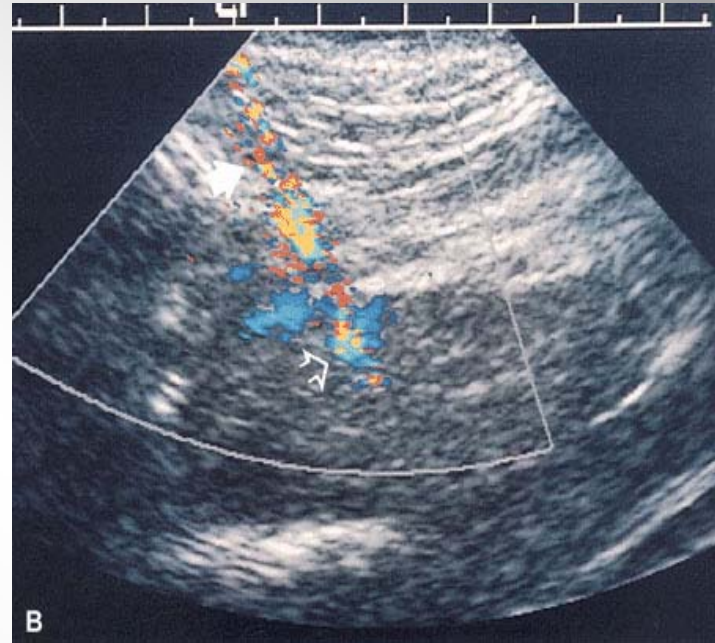
• Τεχνική ανίχνευσης περιοχών εκφύλισης των τοιχωμάτων αρτηριών με ενδαγγειακούς Υπερήχους.

Οι πληροφορίες χαρακτηρισμού των ιστών απεικονίζονται σαν χρωματική κατανομή -Αθηρωματώδεις πλάκες-



Ενδοαυλικός/ ενδοαγγειακός
ανιχνευτής

Βιοψία με Υπερήχους



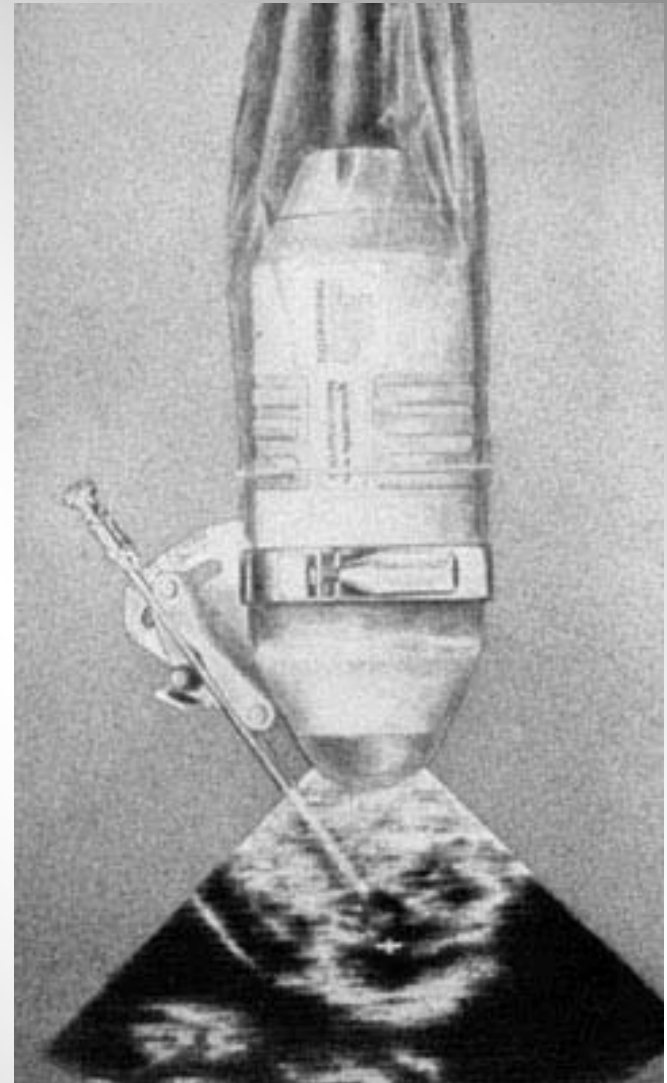
Βιοψία ήπατος με υπερήχους.
Η βελόνη εντός απεικονίζεται
καλύτερα με έγχρωμους υπερήχους

Διεγχειρητικοί υπέρηχοι

Σχηματικά δεικνύεται η ικανότητα των υπερήχων ν' ανιχνεύουν την θέση της βελόνης μέσα στον εγκέφαλο

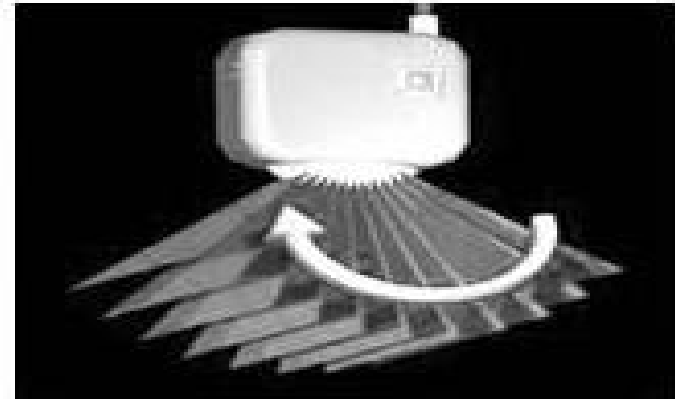
Οι συχνότητες των ανιχνευτών στους χειρουργικούς Υπερήχους (Intraoperative ultrasound), ποικίλουν από 5- 10 MHz, ανάλογα με το απεικονιζόμενο όργανο και το βάθος της βλάβης.

Μεγαλύτερης συχνότητας ανιχνευτές έχουν καλύτερη διακριτική ικανότητα αλλά μικρή διείσδυση σε βάθος.



3-D/ έγχρωμοι υπέρηχοι

2D συστήματα και μηχανικά περιστρεφόμενοι transducers παράγουν 3-D υπερηχογραφήματα

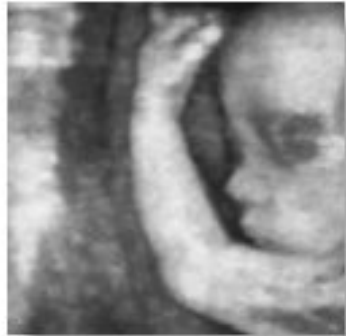


Hand-held 3-D probe from Kretztechnik

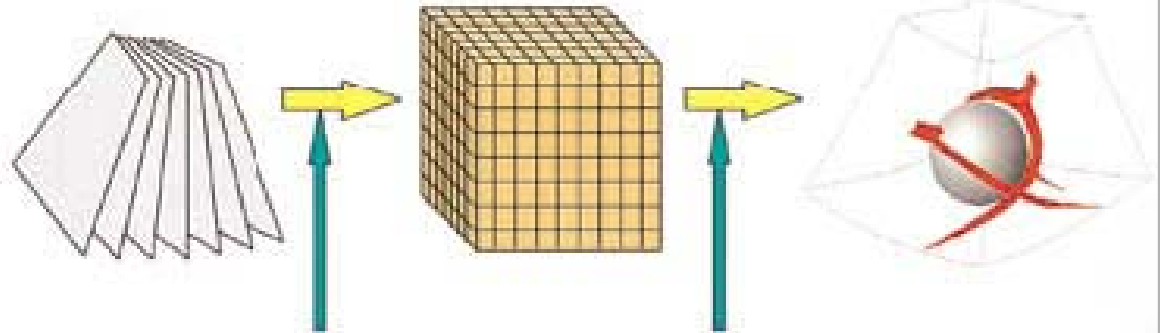


color doppler assessment of a VSD ***

Τρισδιάστατη εικόνα εμβρύου



3-D image of the fetus from real-time processable 3-D



Ασφαλεια χρήσης διαγνωστικών υπερήχων

Μάρτιος 1998, ΑΙΥΜ

Οι διαγνωστικοί υπέρηχοι χρησιμοποιούνται από το 1950
Δεν πιστοποιήθηκε βιολογική δράση μη αναστρέψιμη από
την χρήση τους μέχρι σήμερα

