Corso teorico-pratico in Ecografia del Torace

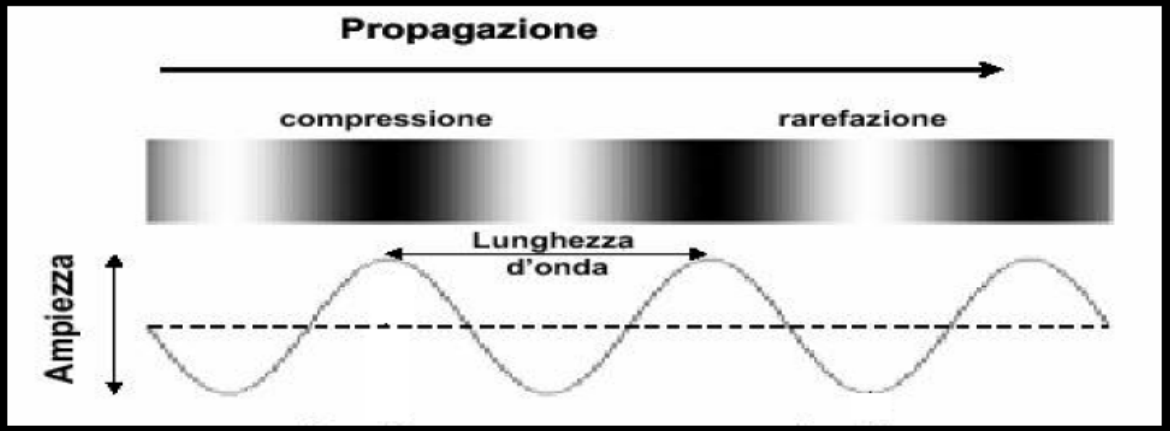
Principi base per l'utilizzo dell'ecografia toracica

Dott. Simone Scarlata
Area di Geriatria - Servizio di fisiopatologia respiratoria
Policlinico Universitario Campus Bio Medico di Roma

GLI ULTRASUONI

- Le onde sonore sono onde meccaniche che si formano per il trasferimento di energia generata dalle oscillazioni (compressioni e decompressioni) di un mezzo che viene perturbato.
- Il suono per viaggiare ha bisogno della presenza di un mezzo e la propagazione dell'onda potrà avvenire in modo longitudinale o trasversale.

Un'onda è un'oscillazione caratterizzata da
LUNGHEZZA AMPIEZZA FREQUENZA



GLI ULTRASUONI

Onde sonore ad altissima frequenza

Percezione orecchio umano 20-20.000 Hz

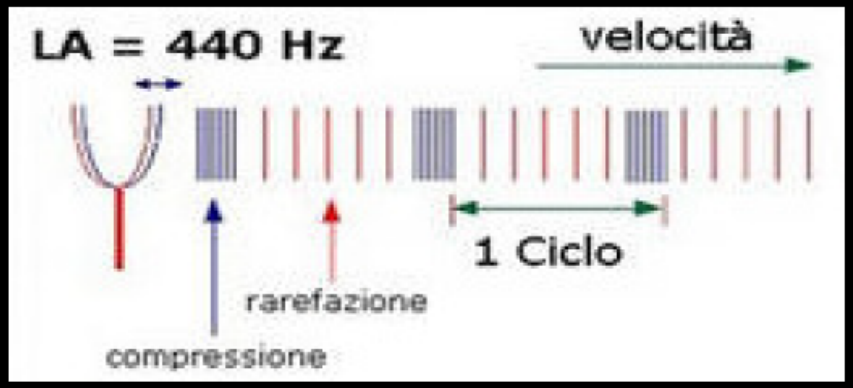
Ultrasuoni >20.000 Hz

Infrasuoni <20 Hz

Molti animali (cane) possono udire suoni con frequenza fino a 100.000 Hz

Frequenza voce maschile 100 Hz e femminile 200 Hz

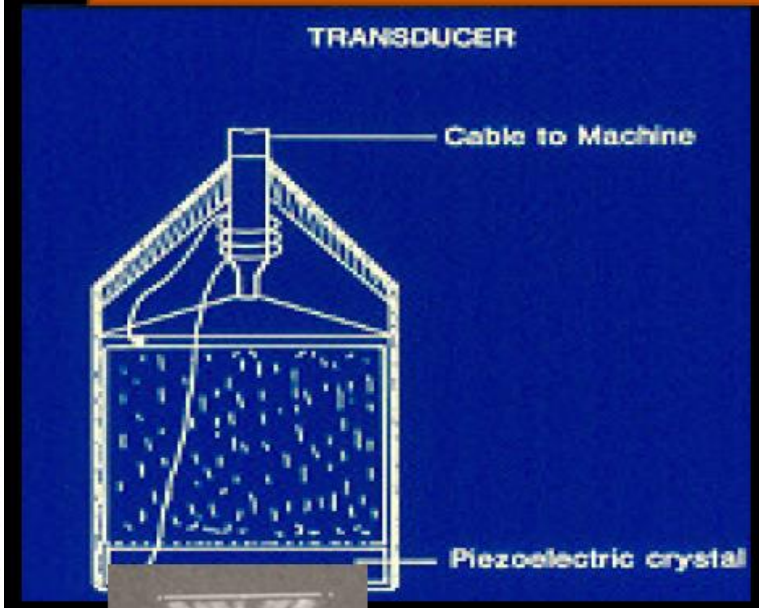
Frequenza nota «LA» del diapason 440 Hz



GLI ULTRASUONI

- Gli ultrasuoni utilizzati in Diagnostica per Immagini, presentando frequenze elevatissime (nell'ordine di milioni di Hertz!) hanno, di conseguenza, lunghezza d'onda cortissima (frazioni di millimetro).
- Questo, come vedremo in seguito, rappresenta il principale requisito per il potere di risoluzione spaziale della tecnica. Pertanto, maggiore è la frequenza, minore è la lunghezza d'onda e maggiore è la risoluzione spaziale dell'immagine ottenibile.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

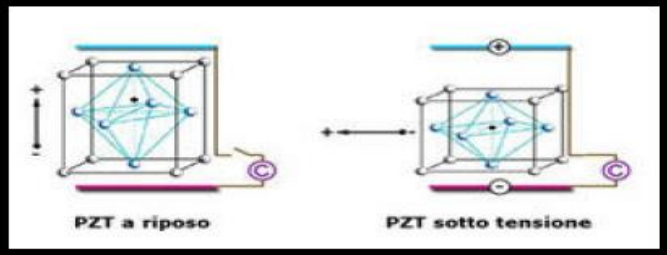


Sonda formata da cristalli piezolettrici: vibrano quando sottoposti a tensione elettrica
(fratelli Pierre e Jacques Curie - 1880)

I cristalli posti in un campo elettrico si deformano per l'orientamento delle cariche delle molecole a 90°. Cessata la tensione elettrica i cristalli riprendono rapidamente la forma iniziale

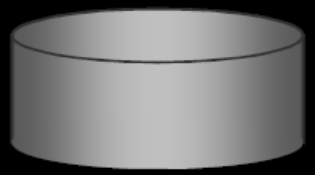
Questo repentino ritorno elastico fa entrare in risonanza i cristalli, determinando una piccola serie di vibrazioni che generano gli ultrasuoni

Il fenomeno può avvenire in ambedue le direzioni



PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

- The *thickness* of the crystal determines the frequency of the scanhead



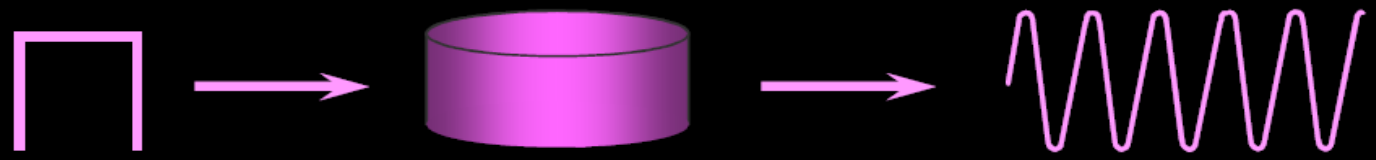
Low Frequency
3 MHz

High Frequency
10 MHz

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Il trasduttore contiene cristalli piezoelettrici che producono impulsi ultrasonori (per 1% del tempo)

Questi elementi convertono l'energia elettrica in onde meccaniche ultrasonore



PROPAGAZIONE DEGLI ULTRASUONI

La velocità di propagazione dipende dalla densità
e dalle proprietà elastiche del mezzo

Le onde sonore si propagano meglio e più velocemente
nei liquidi che nell'aria

L'impedenza è la resistenza opposta dal mezzo al passaggio;
l'unità di misura è il Rayl

$$Z = \rho c$$

Z = impedenza acustica
ρ = densità (g/cm3)
c = velocità del suono nel mezzo

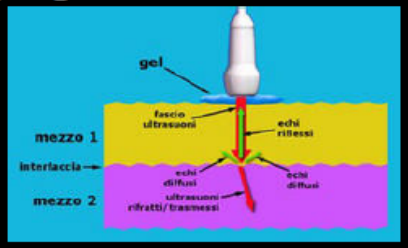
PROPAGAZIONE DEGLI ULTRASUONI

	Densità (kg/m3)	Impedenza (kg/m2s)	Velocità (m/s)
ARIA	1.2	0.0004	330
GRASSO	920	1.35	1460
FEGATO	1060	1.64	1550
MILZA	1060	1.66	1560
SANGUE	1060	1.62	1560
RENE	1040	1.62	1560
MUSCOLO	1070	1.7	1590
OSSO	1380-1810	3.75-7.38	2700-4100

Il Mezzo Attraversato

Durante l'attraversamento l'ultrasuono viene progressivamente attenuato per:

- Riflessione
- Trasmissione
- Rifrazione



La riflessione avviene con un angolo che sarà equivalente a quello incidente dell'ultrasuono

Gli ultrasuoni residui o non riflessi proseguiranno il loro percorso nei tessuti con un'intensità ridotta (trasmissione) e con angolo leggermente modificato (rifrazione)

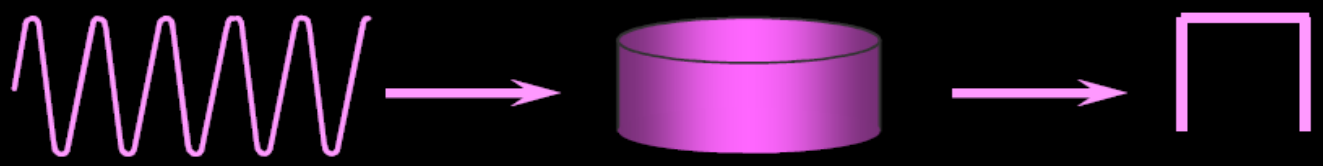
L'attenuazione del fascio ultrasonoro avviene secondo la relazione: 1dB/cm/MHz
L'attenuazione aumenta all'aumentare del percorso e all'aumentare della frequenza

Quindi più è alta la frequenza più è superficiale il campo di vista e viceversa

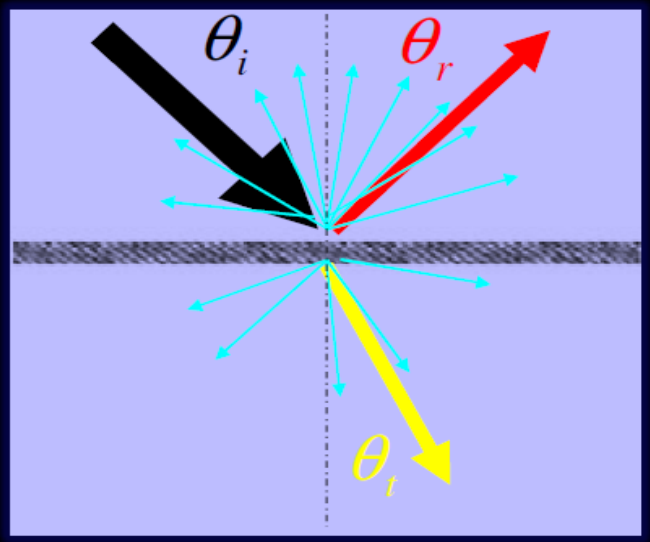
PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Gli echi riflessi ritornano alla sonda , dove gli elementi piezoelettrici convertono l'onda ultrasonora di ritorno in segnale elettrico

Il segnale elettrico viene processato dal sistema ecografico



PROPAGAZIONE DELLE ONDE SONORE



- Onda Incidente
- Onda Riflessa
- Onda Trasmessa e/o Rifratta
- Onda Diffusa o Scattering

ULTRASUONI E FORMAZIONI DEGLI ECHI

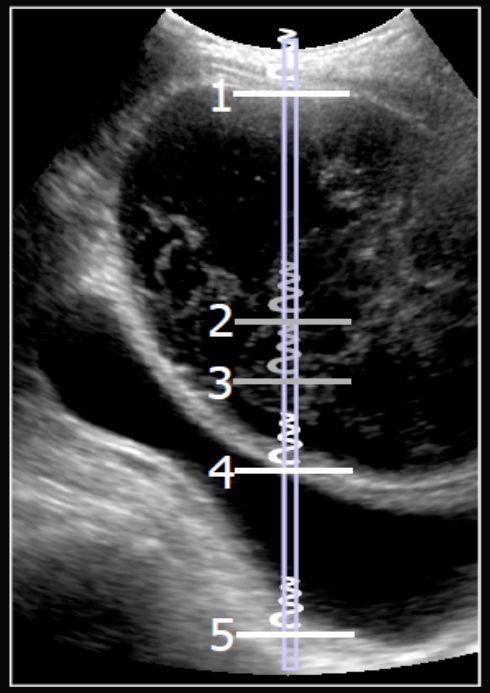
La sonda trasmette "pacchetti" di ultrasuoni (di solito, 2 o 3 cicli) per l'1% del tempo (circa 1-2 milionesimi di secondo); per il restante 99% (100-200 milionesimi di secondo), la sonda resta in ascolto degli echi di ritorno

gli echi provenienti da strutture distali saranno meno intensi e vengono amplificati rispetto a quelli più vicini (T.G.C. Time Gain Compensation)

nei liquidi e nei tessuti molli in 10^{-7} di secondo percorrono circa 1,5 cm

FORMAZIONE DELLE IMMAGINI

- Gli echi si formano quando il fascio di US raggiunge l'interfaccia tra mezzi a diversa impedenza acustica
  - *riflessione del fascio di US (intensità degli echi)*
- La profondità di provenienza dell'eco è determinata in base all'intervallo di tempo tra emissione dell'impulso di US e arrivo dell'eco

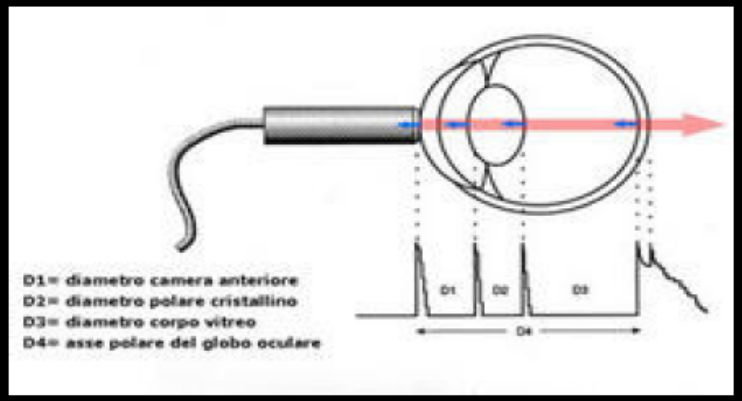


FORMAZIONE DELLE IMMAGINI

Gli echi prodotti possono essere visualizzati con diverse modalità.

- A-mode (Amplitude mode)
- B-mode (Brightness mode)
- M-mode o TM-mode (Motion o Time Motion mode)
- Doppler

A - MODE



L'A-mode (amplitude=ampiezza) è la prima modalità di visualizzazione di un eco (SONAR)

E' la modalità monodimensionale:
l'eco è rappresentato con dei picchi

L'ampiezza dei picchi è proporzionale all'intensità dell'eco, mentre la profondità è proporzionale alla distanza delle interfacce che hanno generato l'eco

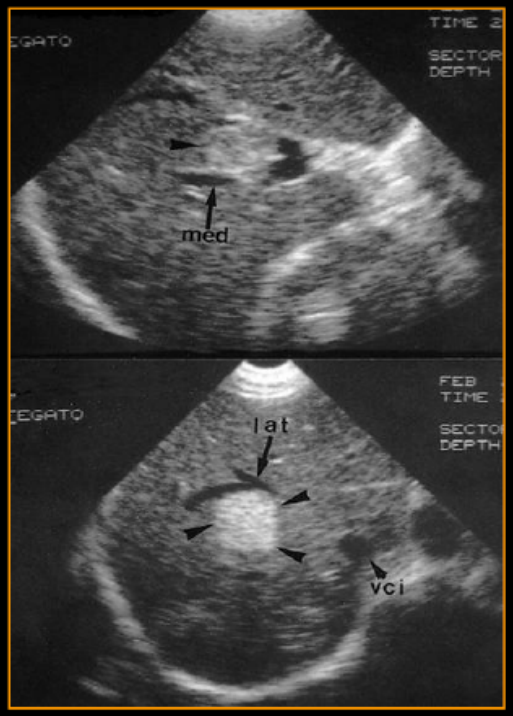
B - MODE

Anche nella modalità B (brightness = luminosità) la visualizzazione è monodimensionale

Gli echi vengono rappresentati in sequenza lungo una linea a seconda della loro distanza dalla sorgente

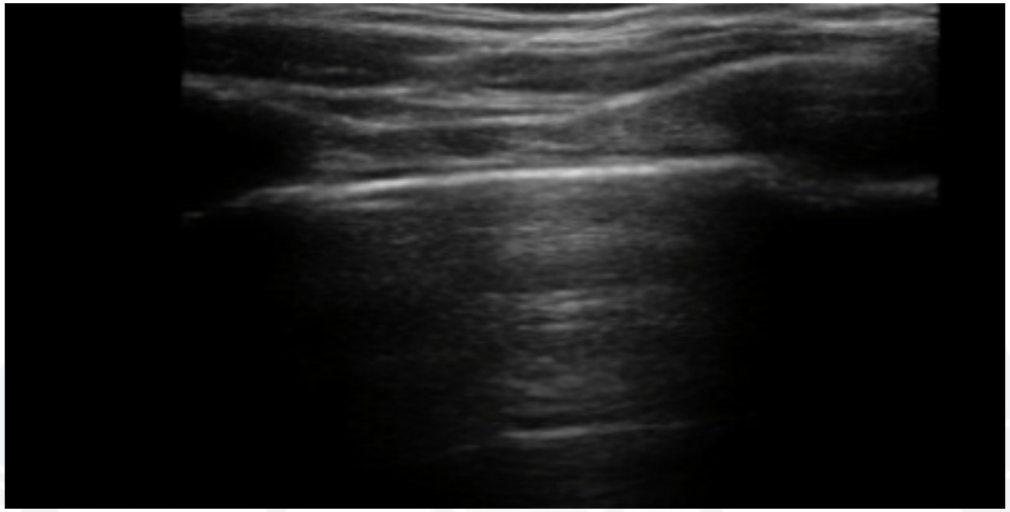
Intensità presentata in scala di grigi: il bianco corrisponde al massimo dell'intensità mentre il nero all'assenza di echi

È la modalità di visualizzazione degli echi più utilizzata in ecografia



B-Mode Real-time

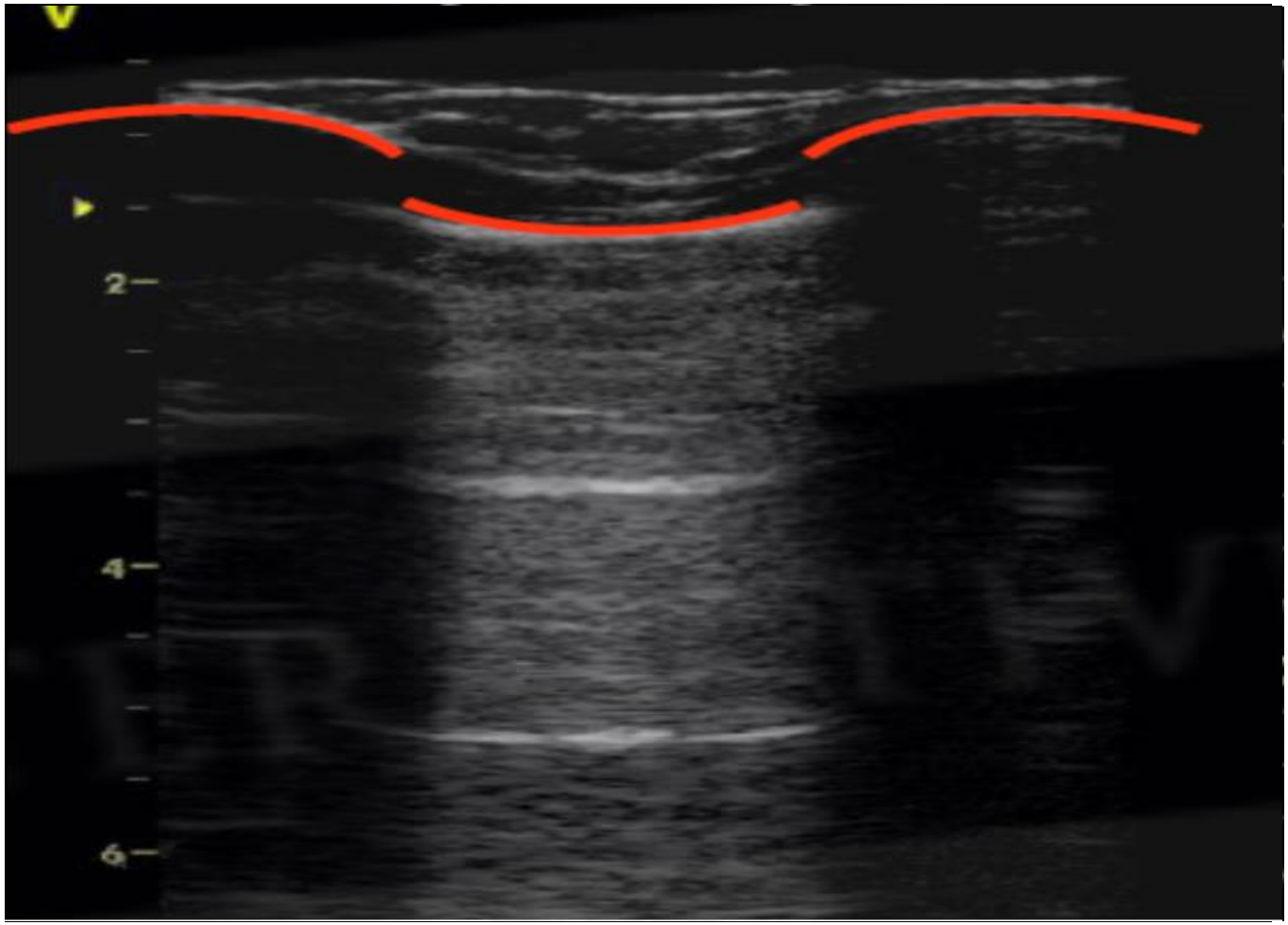
- La modalità B in Real Time è la naturale evoluzione del B-mode. Nel B-mode RT, la singola linea di scansione è affiancata a molte altre così da formare un "pennello" o un "ventaglio" che fornirà, quindi, immagini bidimensionali di sezioni di un organo o di un tessuto (immagine di tipo tomografico). Gli echi dei singoli fasci ultrasonori arrivano ai cristalli della sonda, con una sequenza opportunamente temporizzata, continuamente processati ed elaborati, così da fornire "frame" che, se in numero adeguato (almeno 15 per secondo), daranno una sensazione di "fluidità" alle immagini visualizzate sul monitor. Nei moderni apparecchi ecografici il segnale analogico degli echi viene convertito in segnale digitale prima di formare l'immagine. La risoluzione più utilizzata in ecografia è 512 x 512 (262144 pixel) a 8 bits (256 livelli di grigio).



Anecogena: Assenza di onde di riflesse

Iperecogena: La struttura è più lucente delle strutture intorno, più echi riflessi

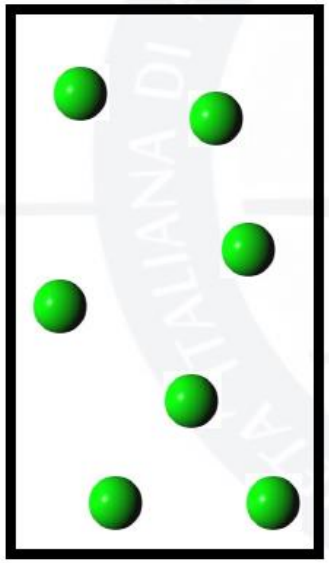
Ipoecogena: pochi echi sono riflessi, la struttura sembra meno lucida delle strutture intorno


2
4
6

Il contenuto aereo del polmone si oppone alla diffusione degli US impedendo una descrizione anatomica dell'organo.

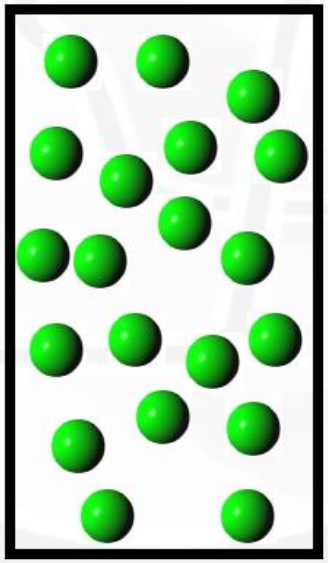
VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DEL SUONO NEI TESSUTI BIOLOGICI

Gas



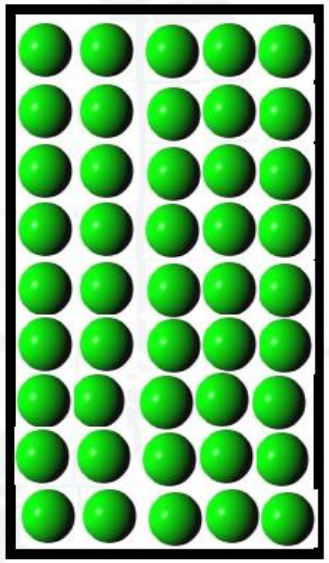
330 m/sec

Fluidi



tessuti molli 1540 m/sec

Solidi



ossa > 4000 m/sec

ECOGRAFIA DEL TORACE

Strutture esplorabili

- Parete toracica
- Diaframma
- Pleura
- Parenchima polmonare*
- Mediastino**

* Patologia periferica (il polmone aerato crea riflessione del fascio US)
** Patologia a localizzazione antero superiore e angoli cardio frenici

ECOGRAFIA DEL TORACE

Sonde

Settoriali, Convex, Microconvex

Lineari

3,5-5 MHz
Strutture profonde
(visione panoramica)

7-10 MHz
Strutture superficiali
(parete toracica, pleura, …)

Eco-color Doppler

ECOGRAFIA DEL TORACE

Tecnica di esecuzione

Preparazione

- Nessuna
- Talvolta (O_2 terapia, sedativi tosse)

Posizione del paziente

- Supina (pl. basale e diaframma)
- Seduta (visione panoramica)
- Ortostatica (seni costo frenici)

Scansioni multiple

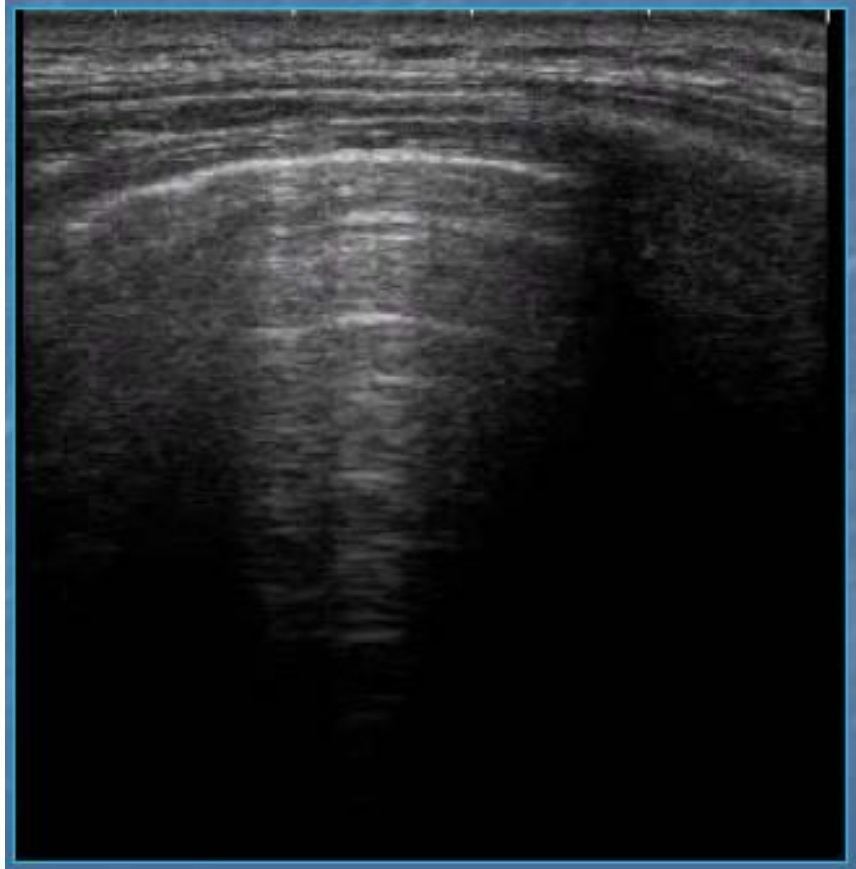
- Intercostali
- Longitudinali
- Trasversali
- Oblique
- Sovraclaveari
- Sovra e parasternali
- Paravertebrali
- Sottocostali

Finestre acustiche: fegato e milza

PLEURA

PARETE TORACICA E PLEURA

Anatomia ecografica



Linea pleurica

Aspetto US

- Iperecogena
- Sincrona ai movimenti respiratori segno dello scivolamento:

"gliding sign"

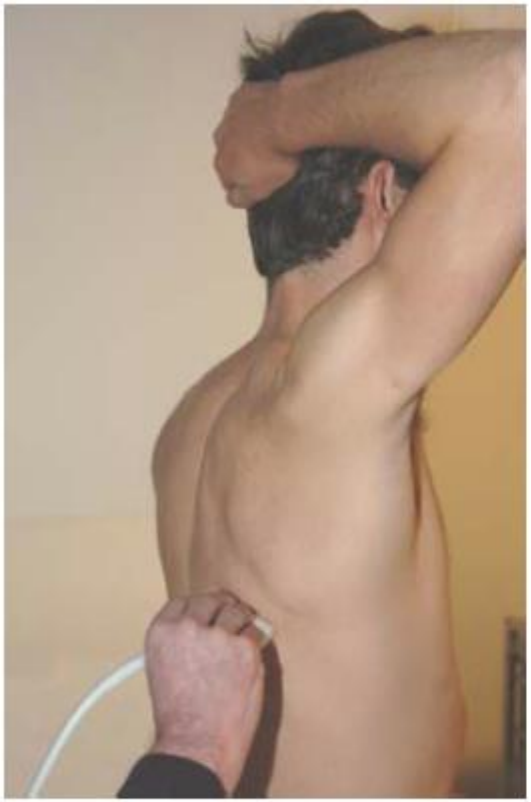
↓

dovuta ad attenuazione fascio US tra tessuti molli superficiali e l'aria contenuta nel polmone

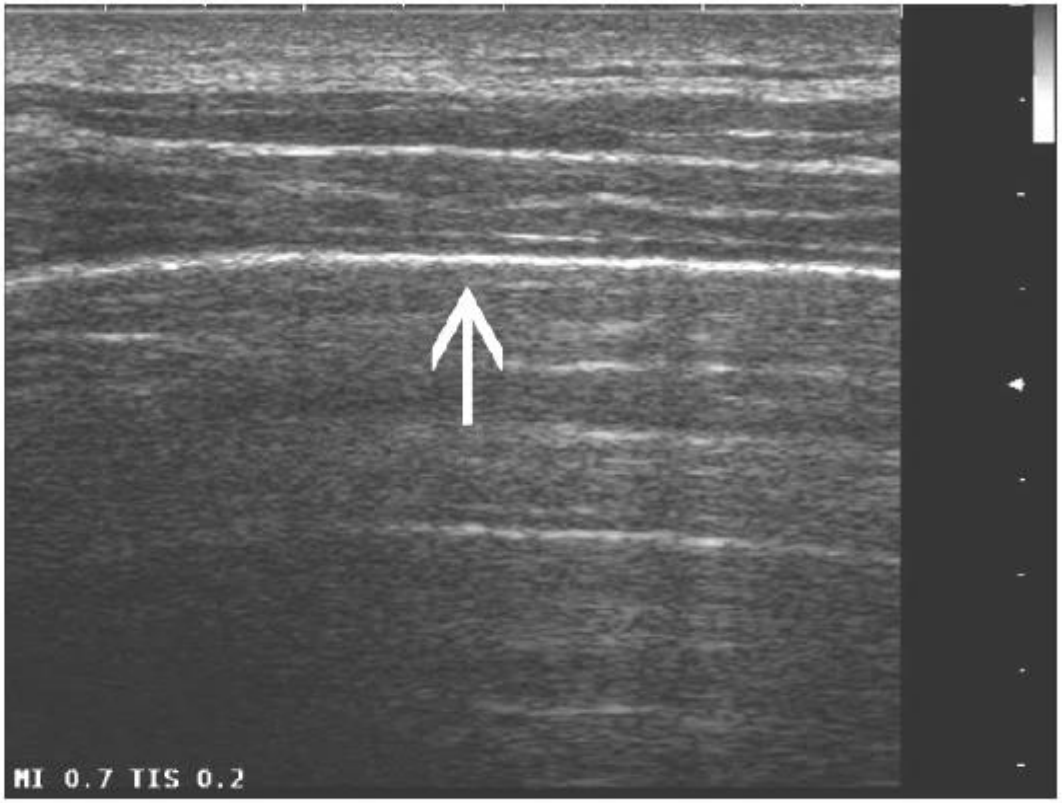
Non coincide esattamente con la pleura *(ecograficamente non visibile)*

Approccio intercostale con sonda lineare

Linear probe placed intercostally in an oblique view. The right arm is elevated behind the head or positioned on the contralateral shoulder. The intercostals spaces are extendend and the scapula is turned. B: Corresponding sonographic view. → = sliding line of the visceral pleura



a

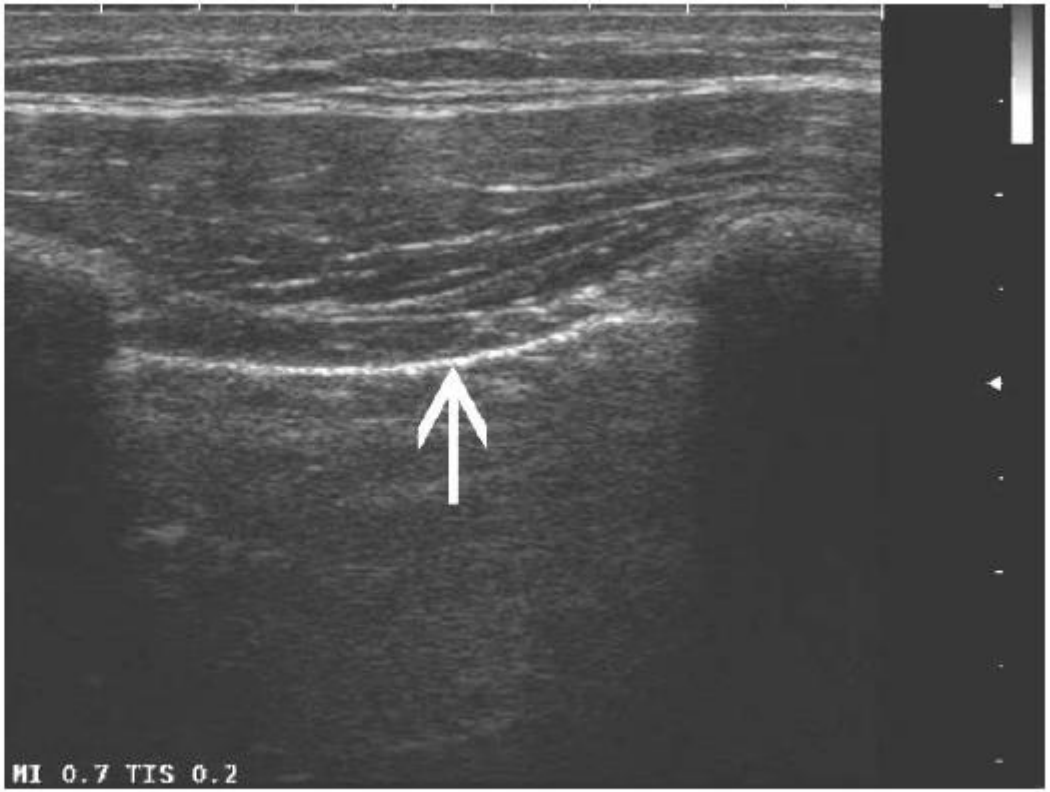


b

Approccio intercostale con sonda lineare

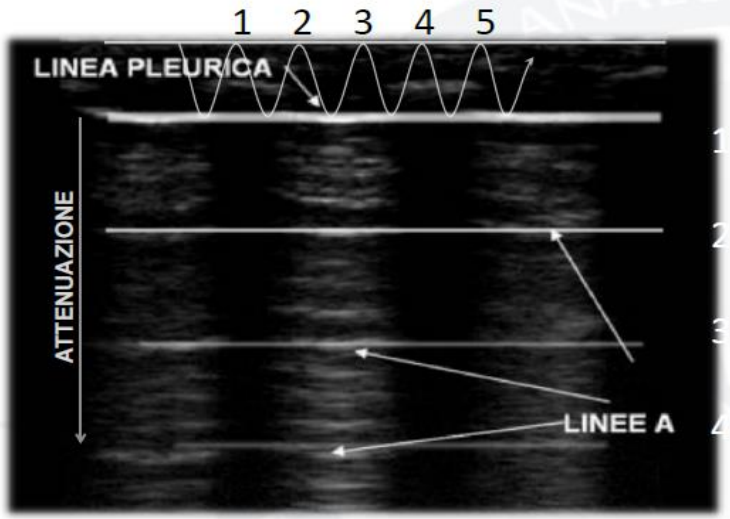
Linear probe in an anterior longitudinal scan. B : Corresponding sonographic image, → = slidinging line of the visceral pleura

a

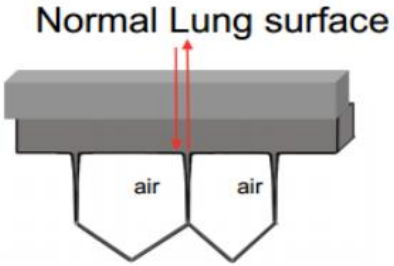


b

LINEE A



A livello polmonare le linee A sono espressione di contenuto aereo

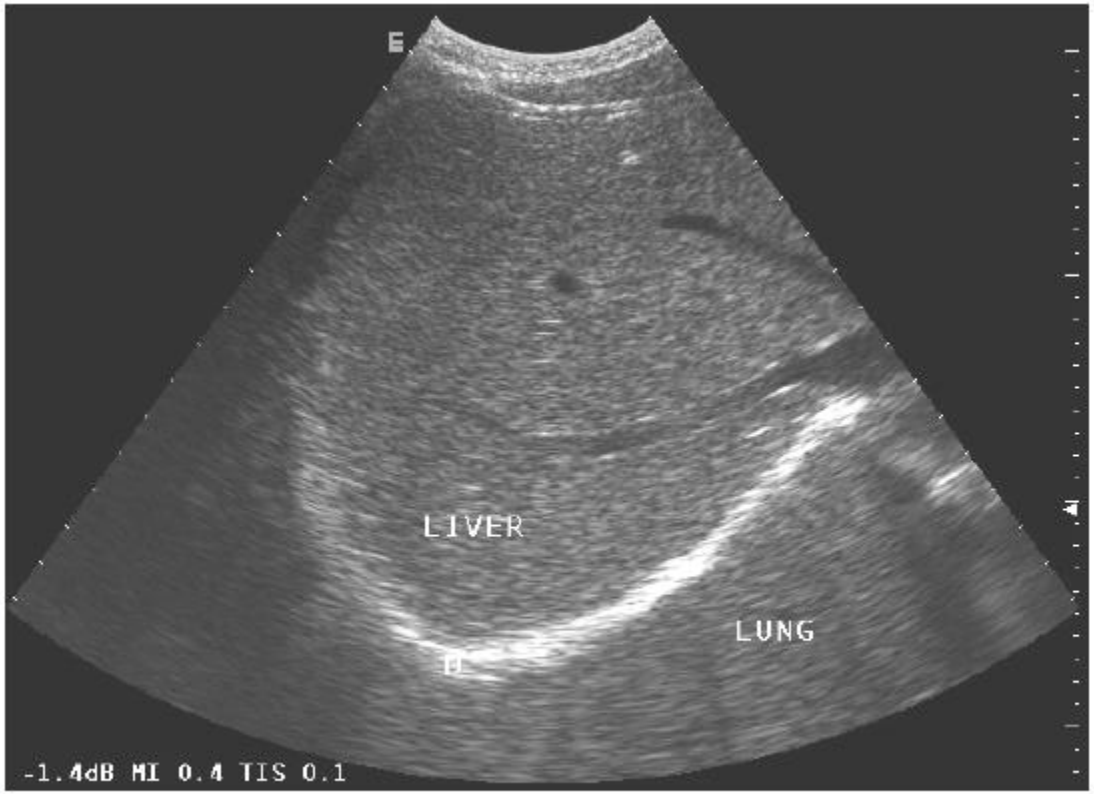


Sliding/Gliding sign

Curtain sign

Examination Technique

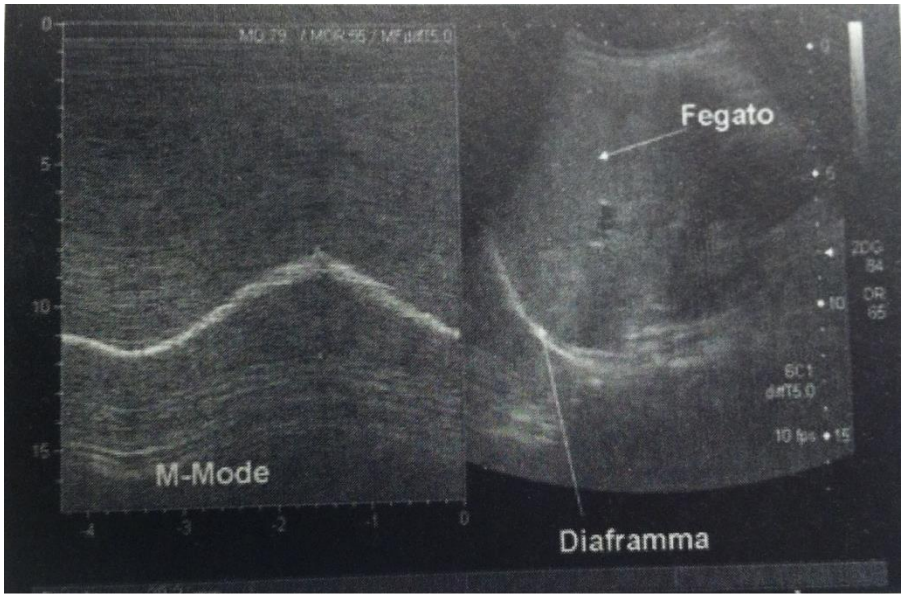
Approccio sottocostale con sonda convex



a b

a: Convex probe placed subcostally from the right.
b: Corresponding sonographic image, Lung is indicated as a mirror artefact above the diaphragm

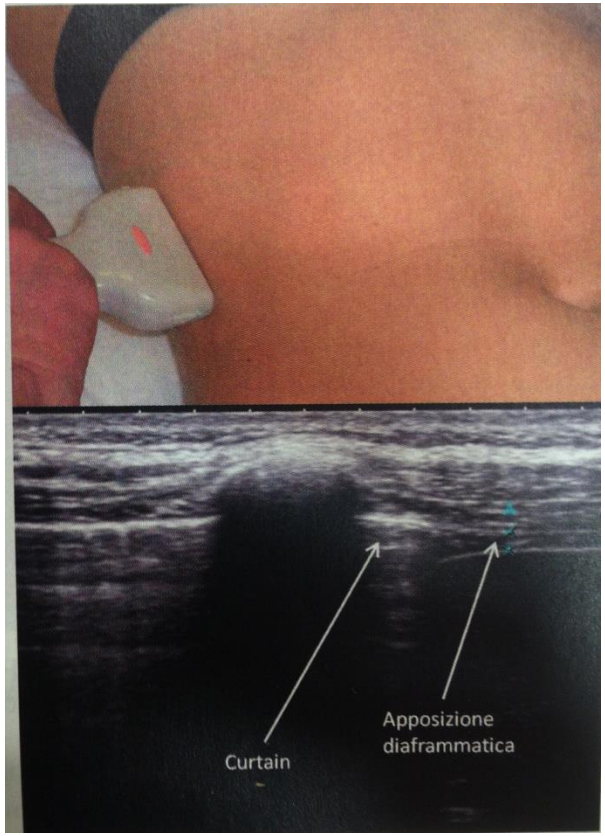
DIAFRAMMA

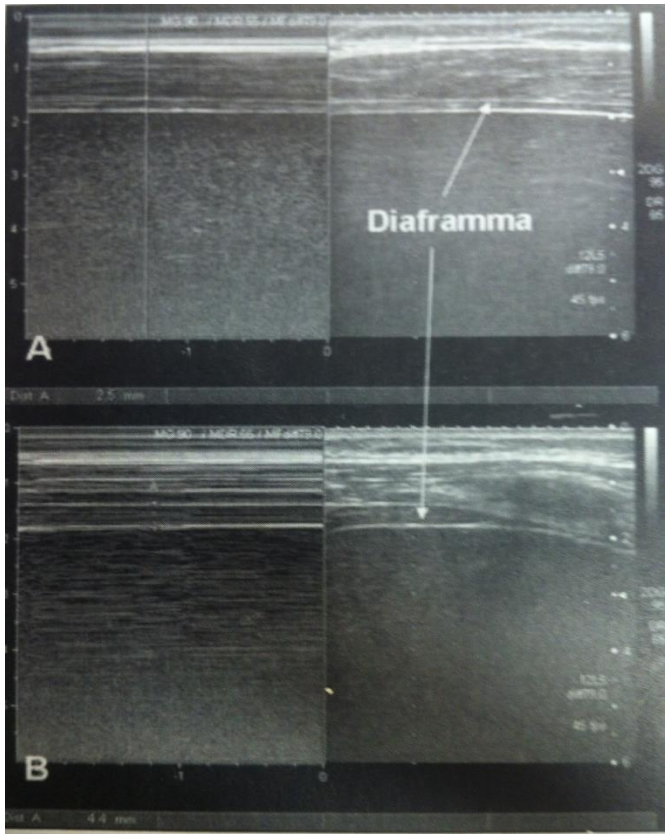


Scansione sottocostale destra ascendente

Il tracciato **M-Mode** evidenzia i movimenti respiratori del diaframma.
Spesso la visualizzazione degli emidiaframmi non è completa per gli artefatti generati all'apice dell'inspirio e relativi all'interposizione del margine polmonare che scende nel seno costofrenico.

DIAFRAMMA





Scansione coronale per la visualizzazione della zona di apposizione diaframmatica

L'ispessimento del diaframma nella zona di apposizione destra. **A:** respiro normale; **B**: Inspirazione massimale. E' evidente l'incremento di spessore del muscolo da 2,5 a 4,4 mm

ECOGRAFIA DEL TORACE

Vantaggi US

- Affidabile
- Basso costo
- Innocua
- Ripetibile

Limitazioni US

- Aria nei polmoni
- Strutture ossee

Indicazioni US

- Patologie periferiche
  diaframma, parete tor., pleura, polmone
- Mediastino antero-sup.

Ruolo US

Complementare a

- Rx
- TC
- RM

Corso teorico-pratico in Ecografia del Torace

FINE

Dott. Simone Scarlata
Area di Geriatria - Servizio di fisiopatologia respiratoria
Policlinico Universitario Campus Bio Medico di Roma