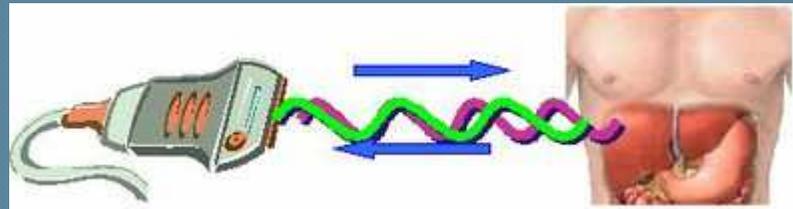


Accessi vascolari ecoguidati
Napoli 19 Ottobre 2019

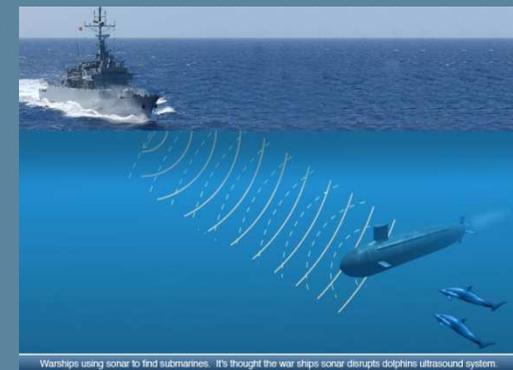


**TECNOLOGIA E STRUMENTAZIONE:
ACQUISIZIONE DELL'IMMAGINE**

Dr. Vincenzo Ricchiuti

Ultrasuoni

- **PIPISTRELLI** utilizzano ultrasuoni per orientarsi nel volo notturno; inviano ultrasuoni con il loro sistema vocale e percepiscono gli echi che si formano sulle superfici dell'ambiente e delle prede, ottenendo informazioni su distanza e morfologia
- **SONAR** prima applicazione degli ultrasuoni in ambito militare; il sonar montato a bordo di navi e sottomarini permette l'individuazione di ostacoli in profondità durante navigazione , esempio mine

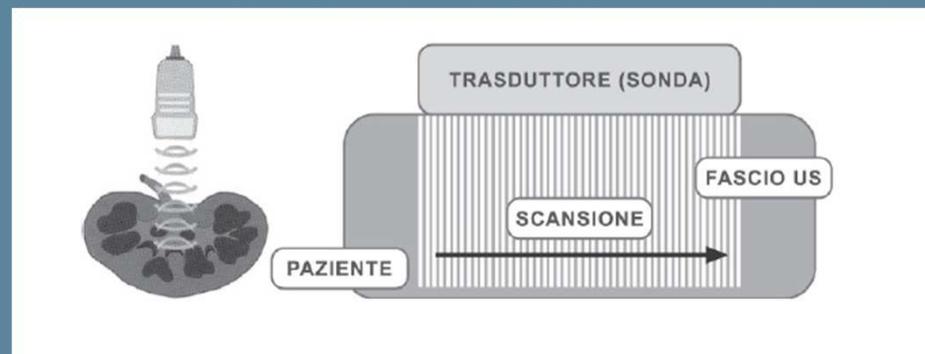


Ecografia

TECNICA DI DIAGNOSTICA PER IMMAGINI BASATA SUGLI ECHI PRODOTTI DAL PASSAGGIO DI UN FASCIO DI ULTRASUONI NEI TESSUTI DEL CORPO UMANO.

Un fascio ultrasonoro viene prodotto dalla sonda e si propaga nei diversi tessuti del paziente: il fascio in parte viene riflesso, ovvero torna indietro verso la sonda, ed in parte continua a viaggiare in profondità. La frazione riflessa produce un segnale di ritorno detto ECO, rilevato dalla sonda stessa.

La sonda trasmette questi dati ad un calcolatore che li elabora formando un'immagine video.



Suono

- E' una forma di **energia meccanica** che si trasmette in un mezzo fisico per fenomeni di compressione e rarefazione ; pertanto non può propagarsi nel vuoto
- **SORGENTE DEL SUONO**: oggetto elastico messo in movimento da una forza meccanica

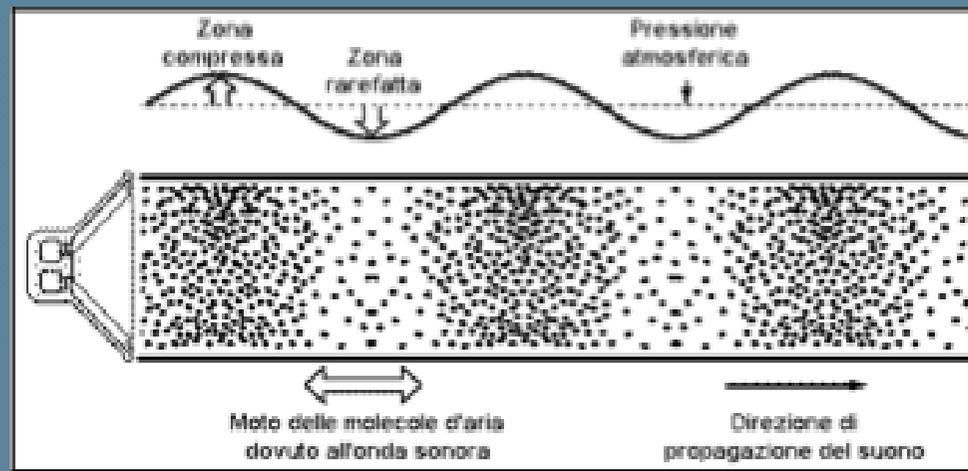


Onda sonora

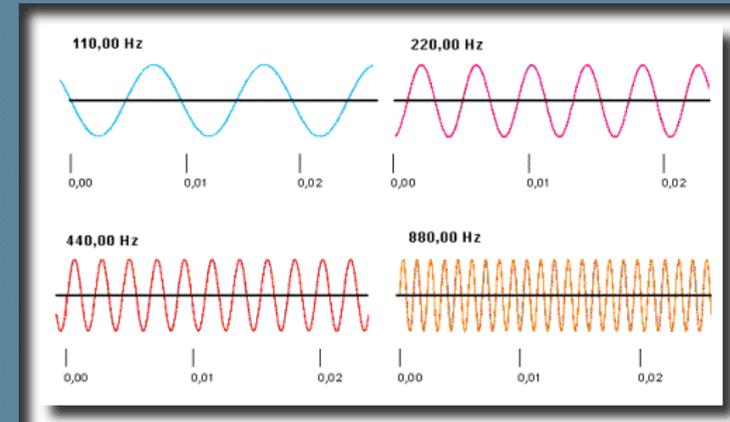
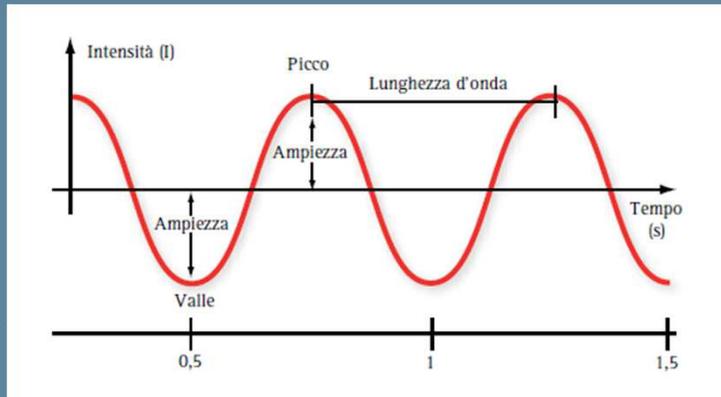
Può essere rappresentata su di un piano cartesiano come **linea sinusoidale** in cui:

i picchi positivi corrispondono alla massima compressione

i picchi negativi corrispondono alla massima rarefazione



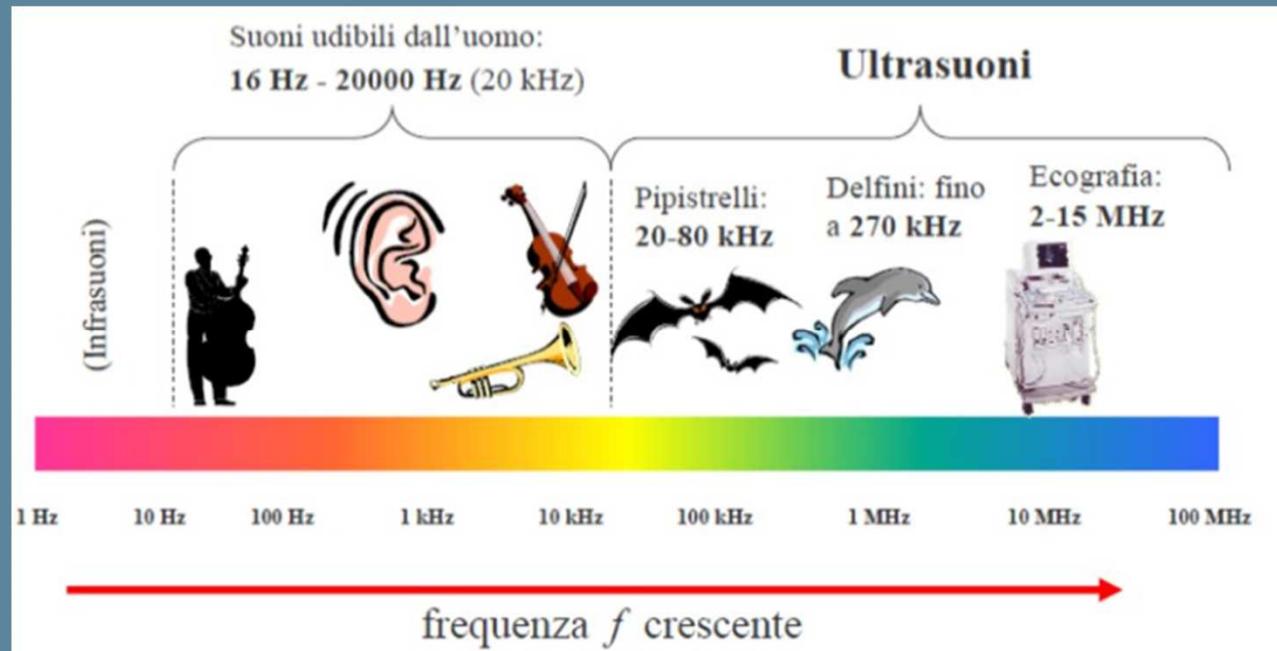
Caratteristiche onda



CICLO COMPLETO è costituito da un picco di rarefazione e un picco di compressione

- **FREQUENZA** numero di cicli al secondo in **HERTZ**
- **LUNGHEZZA ONDA** distanza tra i due picchi di compressione o rarefazione in **METRI** (inversamente proporzionale alla frequenza)
- **VELOCITA'** frequenza x lunghezza d'onda
- **INTENSITA'** energia che fluisce nell'unità di tempo x unità di superficie (watt/cm²) assimilabile all'**AMPIEZZA**
- **PERIODO** tempo che intercorre tra il passaggio di due fronti d'onda consecutivi

Definizione ultrasuoni



- **ONDE SONORE CON FREQUENZA SUPERIORE A 20 MHz** (non udibili)
- Frequenze variano da 1,5 a 15 MHz

Apparecchio Ecografico

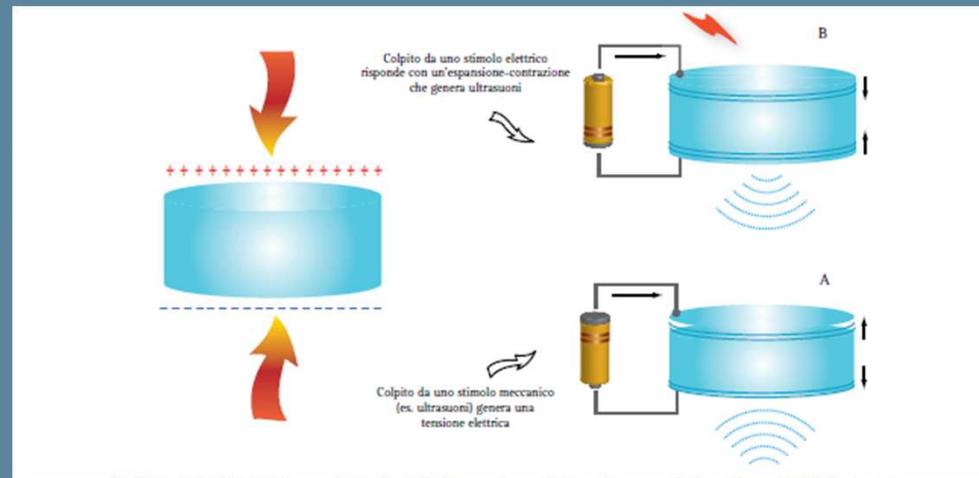
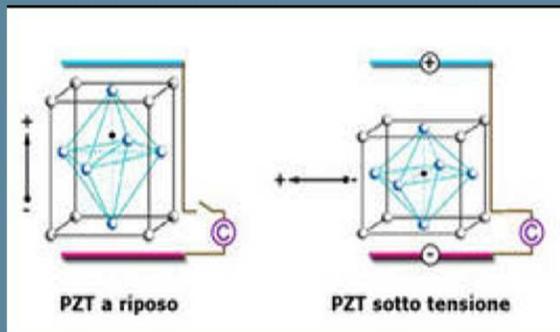
Un ecografo è costituito da:

- **una sonda** , contenente il trasduttore che genera il fascio di US e riceve il segnale di ritorno;
- **un sistema elettronico** che attiva il trasduttore nel suo ciclo elettroacustico ed elabora il segnale;
- **un convertitore di scansione**, che memorizza i dati mentre procede la scansione e li converte successivamente nell'immagine;
- **un sistema di visualizzazione dell'immagine (monitor)**



Effetto Piezoelettrico

- **TRASDUTTORE (SONDA)** : sistema deposto sia alla emissione degli ultrasuoni sia alla rilevazione delle onde di eco
- Composto da cristalli con mancanza di un centro di simmetria nella molecola, denominati cristalli piezoelettrici (ES. **TITANATO-ZIRCONATO DI PIOMBO**)
- Sfrutta una particolare proprietà di tali cristalli denominata **EFFETTO PIEZOELETTRICO**: trasformare energia elettrica in ultrasuoni e viceversa.



Diapositiva 9

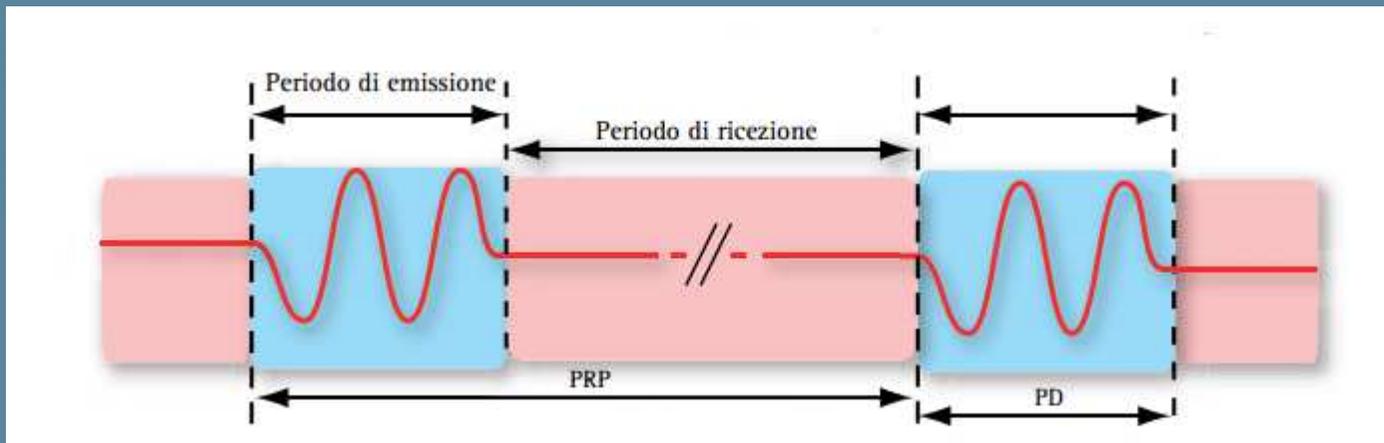
r1

rafafele; 17/10/2017

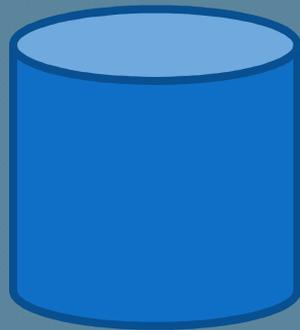
Poiché le due funzioni, di emissione e rilevazione dei segnali, non possono essere espletate contemporaneamente dalla stessa lamina piezoelettrica, nei moderni trasduttori ecografici si alternano continuamente una *fase di trasmissione* ed una *fase di ricezione*

Nella *fase di trasmissione*, della durata di circa un milionesimo di secondo, la lamina eccitata elettricamente emette un brevissimo treno di onde ultrasonore

Nella *fase di ricezione*, più lunga, della durata di circa un millisecondo, la lamina resta in “ascolto” degli echi di ritorno dalle varie profondità tissutali



-
- La frequenza con cui vengono emessi gli ultrasuoni dal trasduttore è inversamente proporzionale allo spessore del cristallo.



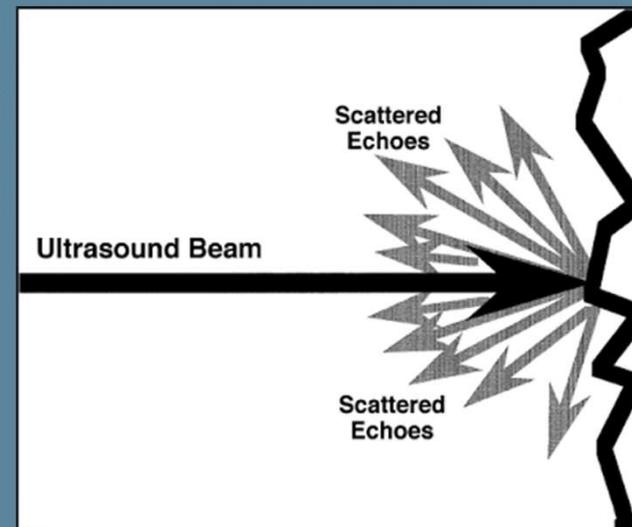
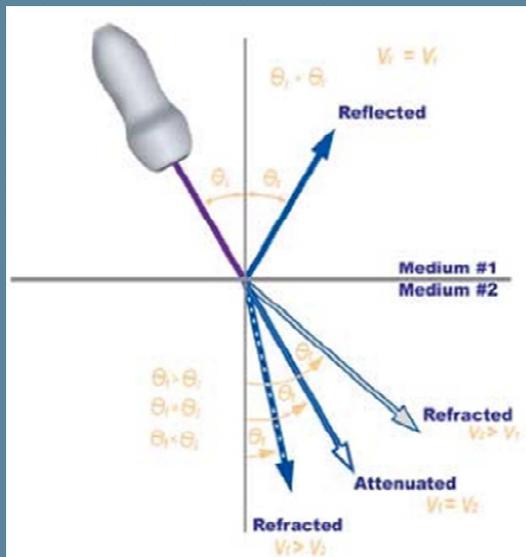
**Bassa frequenza
3 MHz**



**Alta frequenza
10 MHz**

Propagazione degli ultrasuoni

- **RIFLESSIONE**: la parte del suono che viene rinvia indietro dalla superficie limitante di un mezzo (eco) → **INFORMAZIONI DIAGNOSTICHE**
- **RIFRAZIONE**: il cambiamento di direzione di un suono quando passa da un mezzo ad un altro di diversa impedenza → **ARTEFATTI**
- **ASSORBIMENTO** → **EFFETTI TERMICI**
- **ATTENUAZIONE** → **AUMENTA CON PROFONDITÀ E FREQUENZA**
- **DIFFUSIONE (SCATTERING)** → **IMMAGINE DI PARENCHIMA**



Riflessione ed Impedenza acustica

- **IMPEDENZA ACUSTICA (Z)** è la forza con cui ogni mezzo si oppone al passaggio degli ultrasuoni
- è direttamente proporzionale alla velocità del suono e alla densità della materia secondo la formula:

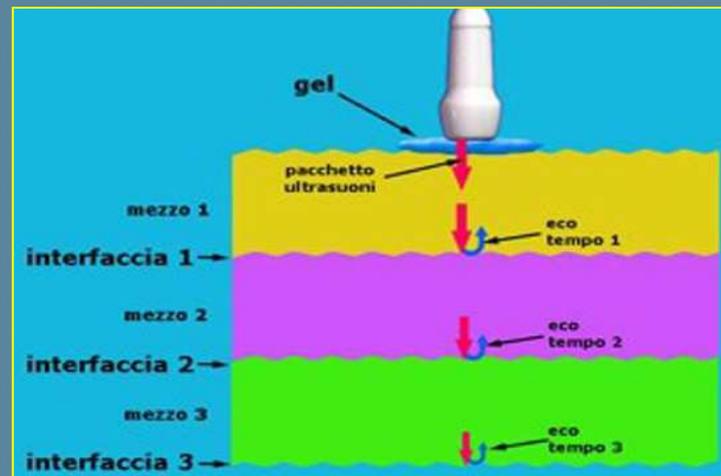
$$Z = D \times v \quad \text{U.M. Rayl}$$

Z = impedenza acustica

D= densità del mezzo (gr/cm³)

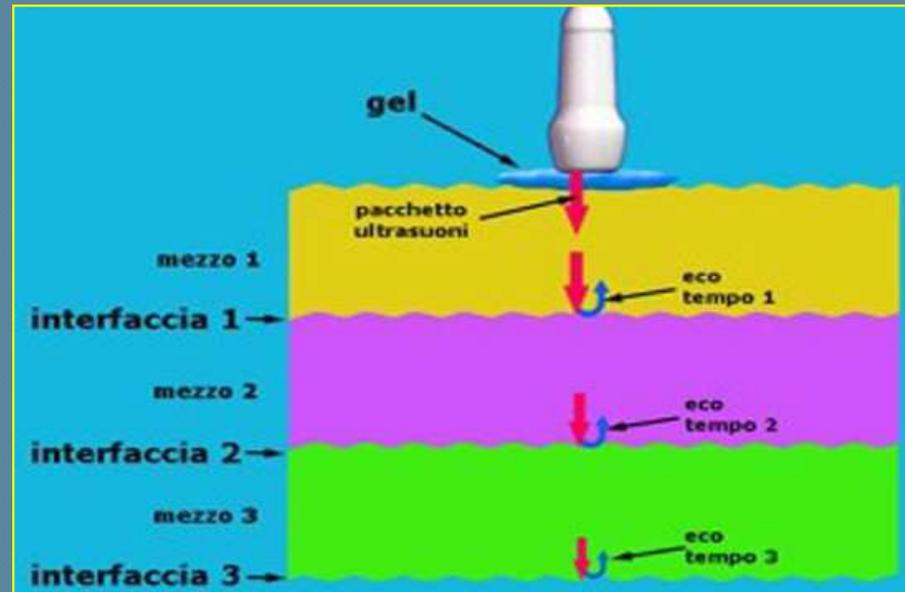
V = velocità del suono

Interfaccia acustica



- La superficie di separazione tra due mezzi con impedenza acustica differente è denominata **INTERFACCIA ACUSTICA**.
- Ai fini della produzione delle immagini ecografiche, ha importanza non tanto il valore assoluto dell'impedenza nelle varie strutture esaminate, ma la **DIFFERENZA DI IMPEDENZA (ΔZ)** tra regioni adiacenti attraversate dal fascio ultrasonoro.
- Infatti se un ultrasuono si diffonde in un volume a densimetria omogenea, continuerà indisturbato la sua propagazione

Riflessione ed interfaccia



- Quando il fascio ultrasonoro incontra un' **INTERFACCIA ACUSTICA**:
 - parte della sua energia viene riflessa e torna indietro verso la sonda (onde di eco: informazioni diagnostiche)
 - la componente residua continua la sua propagazione, con energia ridotta.

Tabella valori impedenza

Sostanza/tessuto	ρ (kg m^{-3})	c (m s^{-1})	Z ($10^6 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Aria a 20 °C	1.29	344	0.000444
Acqua a 20 °C	1000	1430	1.43
Grasso	920	1460	1.34
Fegato	1060	1550	1.64
Milza	1060	1560	1.65
Sangue	1060	1560	1.65
Rene	1040	1560	1.62
Muscolo	1070	1590	1.70
Osso	1380–1810	2700–4100	3.75–7.38

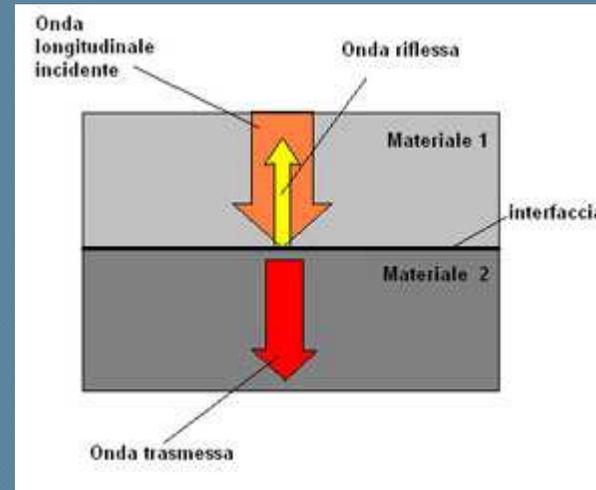
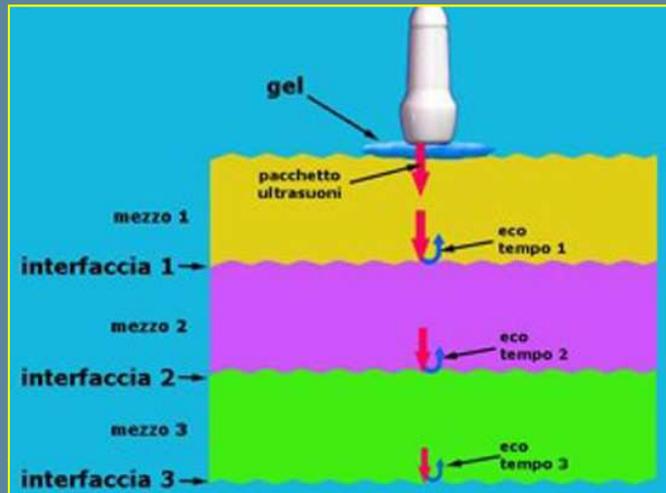
MAGGIORE E' LA ΔZ tra due superfici, **MAGGIORE E' LA RIFLESSIONE** a livello dell'interfaccia acustica.

Le **interfacce tra tessuti molli/aria** e tra **tessuti molli/osso** hanno **elevata ΔZ** determinando **elevata riflessione del fascio US** (impossibile la propagazione del fascio US in profondità e la visualizzazione delle strutture poste al di là dell'interfaccia).

CONSEGUENZE:

- 1) Utilizzare gel tra sonda e superficie corporea per impedire la presenza di aria.
- 2) Non è possibile lo studio ecografico di osso e polmone.

Attenuazione e Frequenza



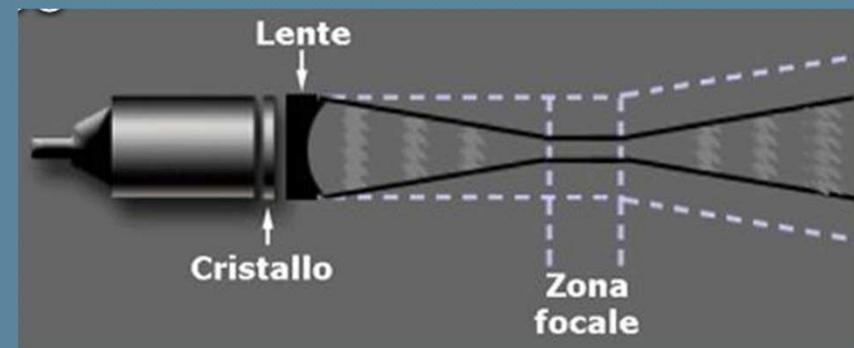
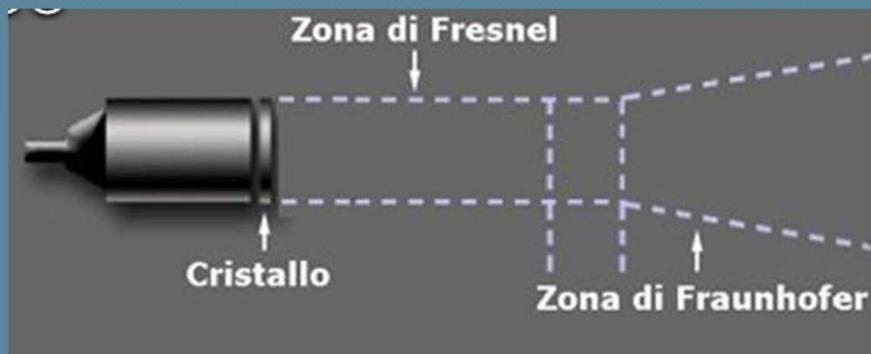
L'ATTENUAZIONE è direttamente proporzionale alla **FREQUENZA**.

Pertanto utilizzeremo trasduttori che producono onde con:

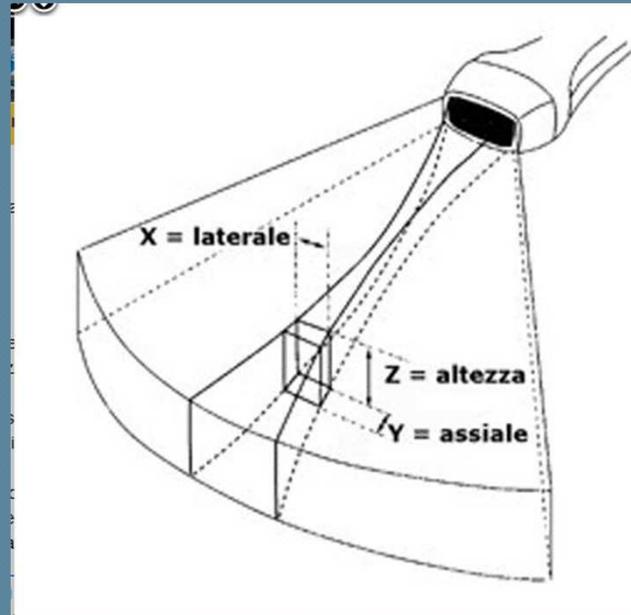
- frequenze elevate per lo studio di tessuti superficiali,
- frequenze basse per lo studio di tessuti profondi.

Caratteristiche del fascio

- Il fascio ultrasonoro è come un “pennello”, ovvero le onde ultrasonore emesse restano parallele fra loro solo per un breve tratto, successivamente divergono.
- Il fascio resta coerente (cioè, con diametro pari a quello del cristallo) fino ad una distanza che è proporzionale al diametro del cristallo. Il tratto nel quale il fascio è coerente viene detto “zona di **FRESNEL**”; quello successivo “**ZONA DI FRAUNHOFER**”.
- Nella **ZONA DI FRESNEL** il fascio sarà ben collimato e pertanto utile ad uso diagnostico.
- Nella **ZONA DI FRAUNHOFER** il fascio comincia a divergere con significativo decremento della **RISOLUZIONE**

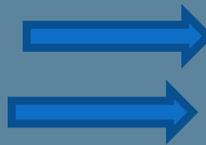


Caratteristiche fascio



Il fascio ultrasonoro emesso dalla sonda ha 3 dimensioni:

- **Assiale Y** (profondità)
- **Laterale X** (larghezza)
- **Altezza Z** (spessore)



dipende dalla frequenza
dipendono dalle dimensioni
del cristallo

Risoluzione spaziale

- La risoluzione spaziale dell'ecografo è la capacità di differenziare due strutture molto piccole in rapporto di contiguità come due entità diverse.

Si distingue una

- **RISOLUZIONE ASSIALE** quando le due strutture sono poste lungo la direzione di propagazione del fascio ultrasonoro;
- **RISOLUZIONE LATERALE** quando le due strutture sono poste lungo la direzione perpendicolare a quello del fascio ultrasonoro.

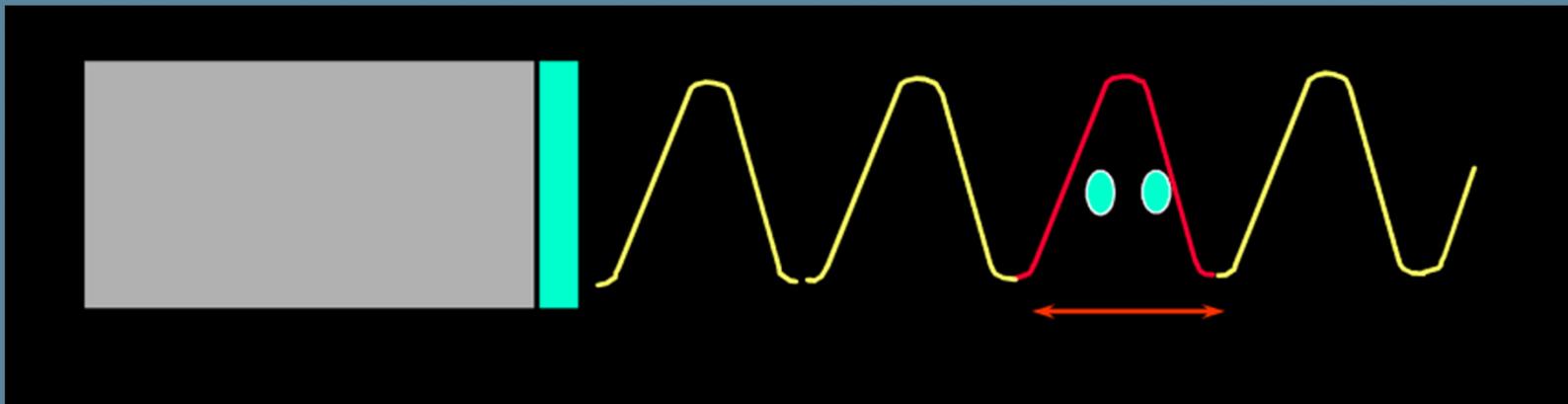
Risoluzione assiale

Oggetti posti a diversa distanza dal trasduttore, lungo la direzione di propagazione del fascio ultrasonoro.

La capacità degli US di risoluzione assiale è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda:

1) un US può distinguere un singolo oggetto solo se presenta dimensioni superiori alla sua lunghezza d'onda; per distinguere oggetti più piccoli, dobbiamo usare US con lunghezza d'onda più corta (frequenza più alta).

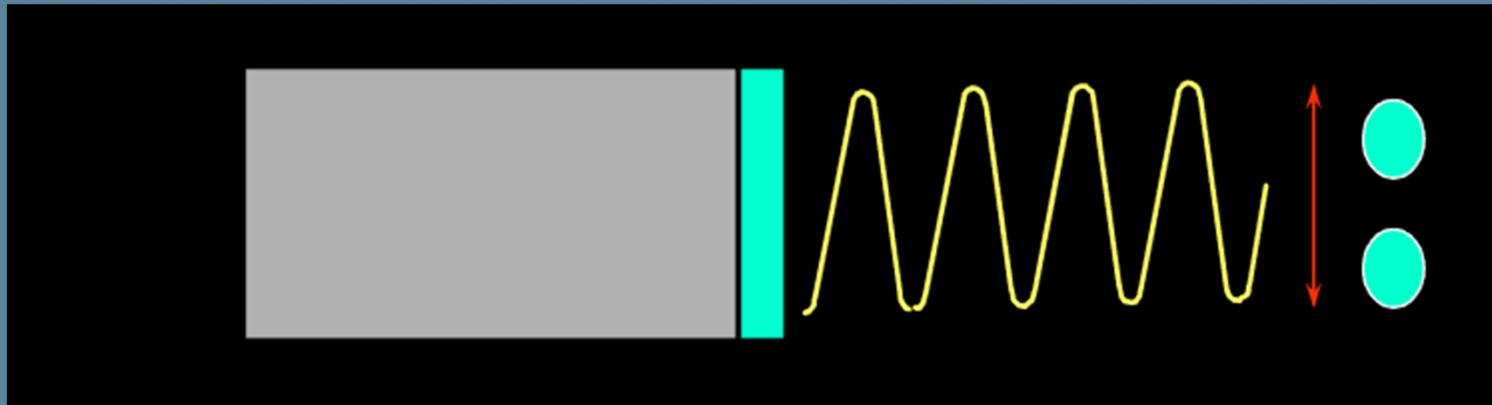
2) La distanza minima fra i 2 oggetti affinché questi siano riconosciuti come distinti deve essere almeno superiore alla metà della lunghezza spaziale dell'impulso ultrasonoro emesso.



-
- In pazienti di maggiori dimensioni corporee è necessario pertanto usare frequenze più basse per favorire la penetrazione, con conseguente aumento della lunghezza d'onda utilizzata, e quindi riduzione della qualità dell'immagine.

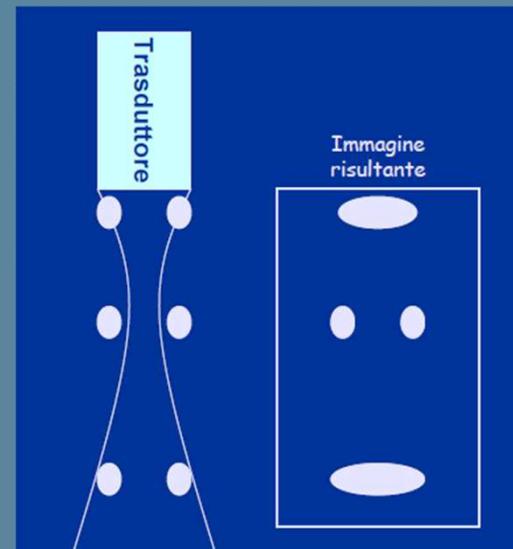
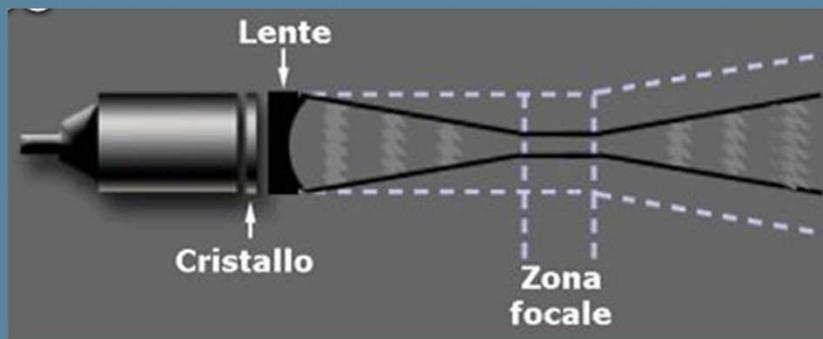
Risoluzione laterale

- Oggetti equidistanti dal trasduttore, lungo un piano perpendicolare al fascio ultrasonoro.
- La risoluzione laterale dipende dalla larghezza del fascio ultrasonoro in quel punto, ovvero dallo spessore del cristallo che emette gli ultrasuoni, ed è migliore nella zona focale del fascio ultrasonoro.
- È proporzionale alla frequenza: maggiore è la frequenza dell'US, migliore è la risoluzione laterale.



Risoluzione laterale

- Se il fascio di ultrasuoni è più largo della distanza che separa due punti, questi verranno rappresentati come un unico punto pur essendo distinti.
- Con le moderne apparecchiature è possibile modificare la geometria del fascio; è possibile infatti creare zone del campo a estensione prefissata (zone focali) nelle quali il diametro del fascio è inferiore a quello della zona più vicina e a quello della zona più lontana, rispetto al trasduttore. All'interno della zona focale si potrà avere la massima risoluzione.
- E' possibile anche ottenere più punti di focalizzazione a diverse profondità.



Sonda

- Le sonde possono essere classificate secondo diversi criteri.

1) **Presenza o meno di parti in movimento** :

Sonde meccaniche;

Sonde elettroniche.

2) **Disposizione dei cristalli piezoelettrici** potremo avere:

Sonde settoriali;

Sonde lineari;

Sonde curvilinee (Convex o Microconvex);

Sonde anulari.

3) **Zona di applicazione** potremo avere:

Sonde transcutanee;

Sonde endocavitare.

4) **Frequenza:**

Sonde a bassa frequenza;

Sonde ad alta frequenza;

Sonde multifrequenza.

Sonde Meccaniche / Elettroniche

Trasduttori Meccanici

Utilizzano motori elettrici per far ruotare ed oscillare gli elementi attivi del trasduttore ed effettuare ogni linea del settore di scansione. Gli elementi attivi vibrano in un contenitore pieno di liquido

Trasduttori Elettronici

Fascio ultrasonoro di scansione è formato da emissioni degli elementi piezoelettrici controllate elettronicamente.

Tali elementi vengono attivati in rapida sequenza di piccoli gruppi embricati realizzando l'acquisizione delle varie linee di scansione senza alcun movimento fisico dei cristalli.

Sonda lineare

- Emette onde sonore parallele tra loro
- Produce un'immagine rettangolare.

Vantaggio: buona risoluzione negli strati superficiali, principalmente utilizzata con alte frequenze (7 a 15 Mhz) per valutare ad esempio i tessuti molli, la ghiandola tiroide, i testicoli.

Svantaggio: ampia superficie di contatto, causa artefatti dovuti agli spazi di aria tra cute e sonda se quest'ultima viene applicata su regioni corporee curve.

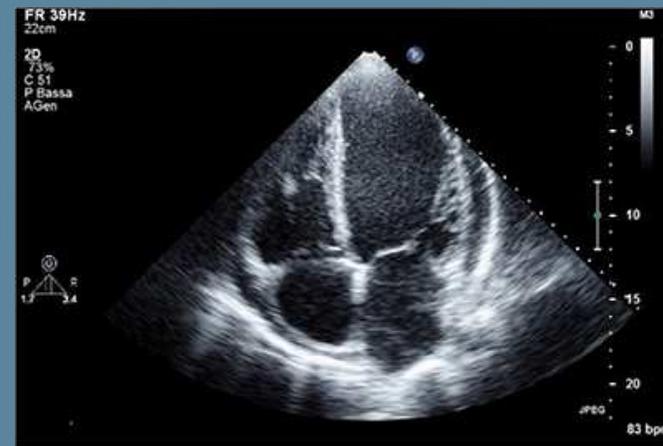


Sonda settoriale

Produce un'immagine a ventaglio, stretta vicino alla sonda, con aumento di larghezza in profondità.

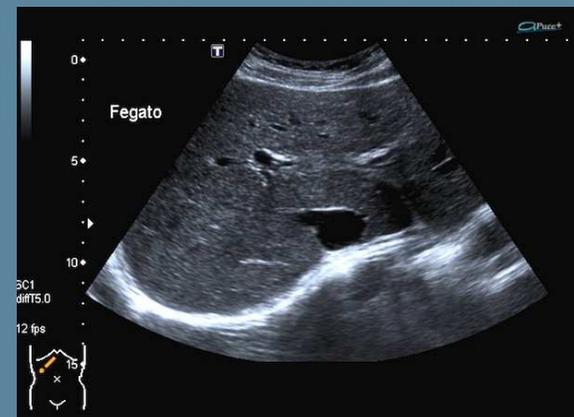
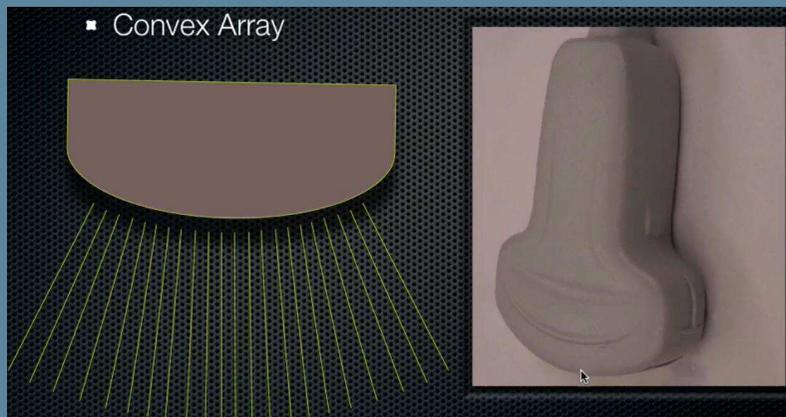
Utilizzata soprattutto in cardiologia, con frequenze tra i 2 e i 3 Mhz, che permettono maggiore penetrazione in profondità.

Grazie alla propagazione a ventaglio degli ultrasuoni, il cuore può essere ben visualizzata tramite una piccola finestra intercostale, evitando l'interferenza delle ombre acustiche delle coste.



Sonda convex

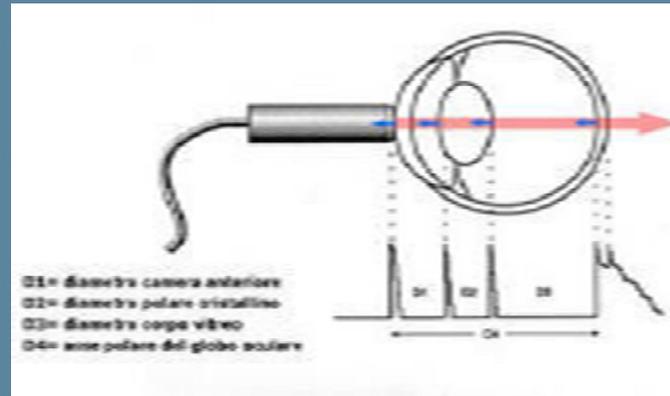
- È una combinazione dei due tipi di sonda usati in precedenza; la forma dell'immagine sullo schermo è assimilabile ad un tronco di cono,
- fornisce buona risoluzione sia del campo vicino alla sonda, che di piani profondi. Il maggiore vantaggio della lieve curvatura della superficie di contatto con la cute è la capacità di dislocare l'aria contenuta nelle anse intestinali.
- Sonde principalmente utilizzate in ecografia addominale con frequenze tra 2,5 Mhz (pazienti obesi) e 5 Mhz (pazienti magri)



Gli echi prodotti possono essere visualizzati con diverse modalità:

- A Mode
- B Mode
- M-mode o TM mode

A-mode



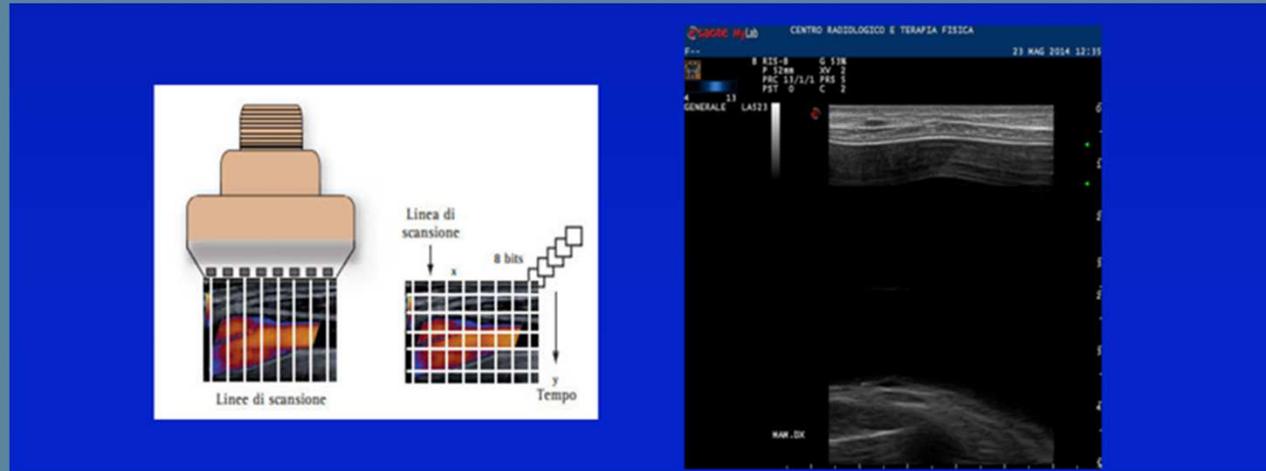
L'A-MODE (amplitude=ampiezza) è la prima modalità di visualizzazione dell'eco (SONAR)

E' una modalità monodimensionale: l'eco di ritorno è rappresentato con dei picchi.

L'ampiezza dei picchi è proporzionale all'intensità dell'eco di ritorno, mentre la posizione del picco lungo la linea di base è espressiva della profondità alla quale si è formato l'eco di ritorno.

Utilizzato in ecografia oculistica.

B(brightness)-mode

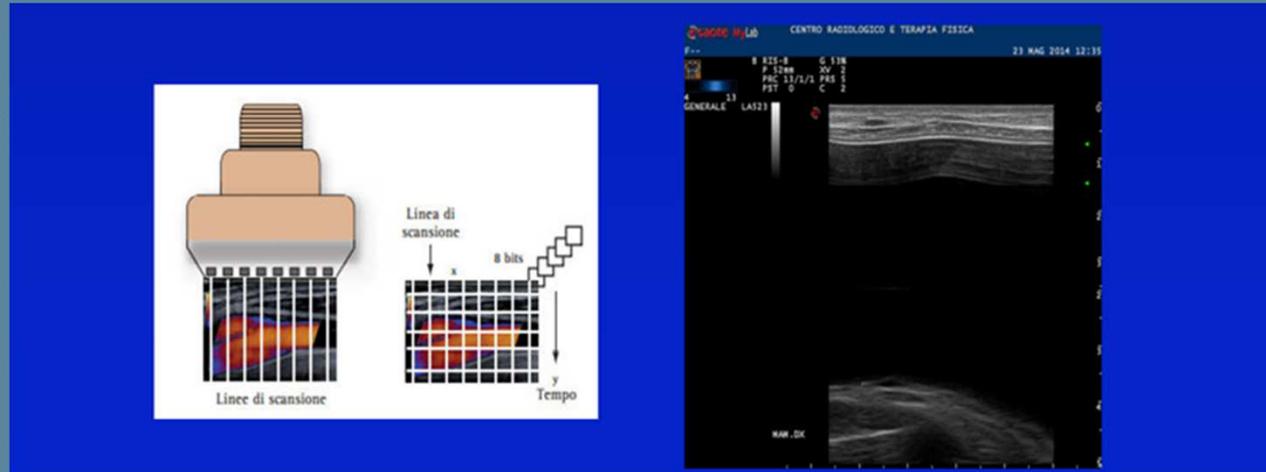


L'area da studiare viene scansionata attraverso linee successive, mediante l'attivazione sequenziale dei cristalli.

Il cristallo del trasduttore emette il primo impulso di US , lungo la prima linea di scansione (**fase di emissione**: durata 1-2 milionesimi di sec); successivamente il trasduttore si pone in ascolto (**fase di ricezione**: 100-200 milionesimi di secondo), registrando uno per uno gli echi di ritorno lungo la linea di scansione.

Ultimato il primo ciclo, il cristallo ripete il procedimento lungo la linea adiacente e così via, fino alla scansione per raggi successivi di tutto il settore corrispondente al formato dell'immagine.

B(brightness-mode)



Quando tutta l'informazione è stata acquisita, il segnale viene trasmesso al monitor TV, in cui gli echi sono rappresentati per ogni punto :

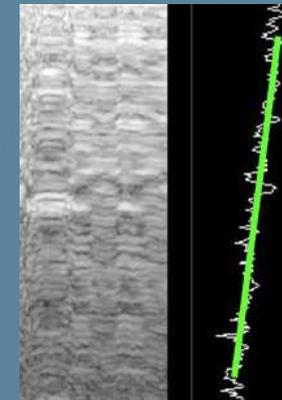
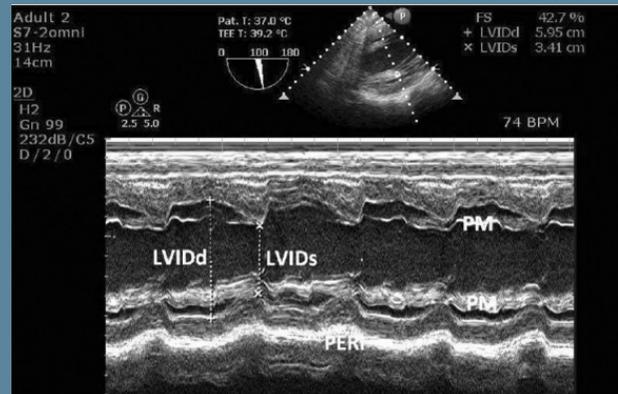
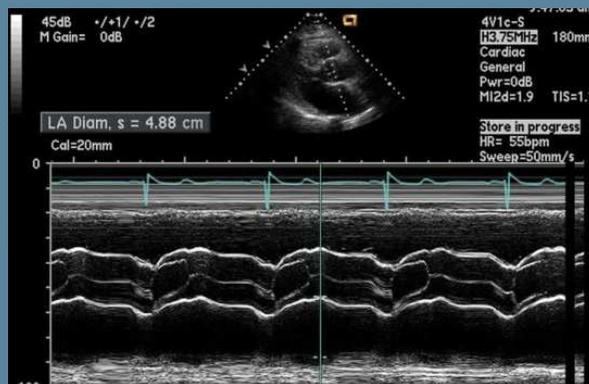
- con luminosità crescente al crescere dell'intensità, espressa in scala di grigi (bianco massima intensità onda di ritorno, nero assenza di echi di ritorno)
- con una posizione lungo la rispettiva linea in base alla profondità di appartenenza (gli echi superficiali in alto nell'immagine, quelli più profondi in basso)

Il procedimento è completato in tempi brevissimi, in modo tale da poter ottenere almeno 16 immagini in un secondo, in modo che l'immagine venga percepita in movimento dall'occhio umano.

M-mode e TM-mode

Ecografia MMode o TMMode (TimeMotion Mode) è una forma particolare di ecografia BMode che prevede l'acquisizione del segnale eco lungo una sola linea del campo di scansione

Presenta elevata risoluzione temporale e trova larga applicazione in cardiologia (movimenti valvolari e di parete, misura delle Cavità cardiache, calcolo della FE)



I tasti principali dell'ecografo

- PATIENT
- DISTANCE
- FREEZE
- DEPTH
- FOCUS
- COLOR
- POWER

Patient o nuovo esame

- Inizia un nuovo esame e cancella tutte le informazioni del paziente precedente.
- Deve essere premuto prima di iniziare lo studio di un nuovo paziente.
- Inserire i dati del paziente mediante la tastiera alfanumerica.

Profondità (DEPHT)

- la regolazione della profondità viene effettuata durante l'esame in base all'organo da studiare e alla costituzione del paziente
- consiglio: scegliere sempre profondità minore in modo tale da non rimpicciolire eccessivamente l'immagine con perdita di informazioni diagnostiche.



Freeze

- Consiste nel “congelare”, fissare l’immagine migliore per fotografarla e misurarla.
- Blocca la successione di frame dell’esame, in tempo reale, nel momento in cui, a giudizio dell’operatore, si sta visualizzando meglio un certa struttura od organo
- Di solito agendo sulla trackball è possibile selezionare l’immagine migliore da freezare con la possibilità di scegliere tra gli ultimi frames memorizzati, quello migliore (CINE-SCROLL)
- Sull’immagine “congelata” è possibile eseguire una serie di misurazioni, inserire delle note scritte, delle frecce o dei simboli, ecc



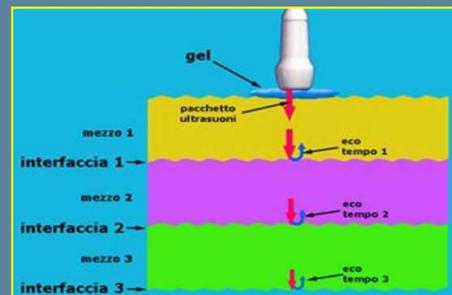
Guadagno (gain)

- Aumentando il guadagno aumenterà l'intensità degli echi prodotti e, quindi, l'ecogenicità delle strutture esaminate
- Aumentando l'intensità aumenta l'energia degli ultrasuoni e, quindi, le eventuali modificazioni nei tessuti, indotte dagli ultrasuoni
- Al fine di ridurre eventuali artefatti ed effetti nocivi cellulari degli ultrasuoni, è necessario regolare al minimo il guadagno.



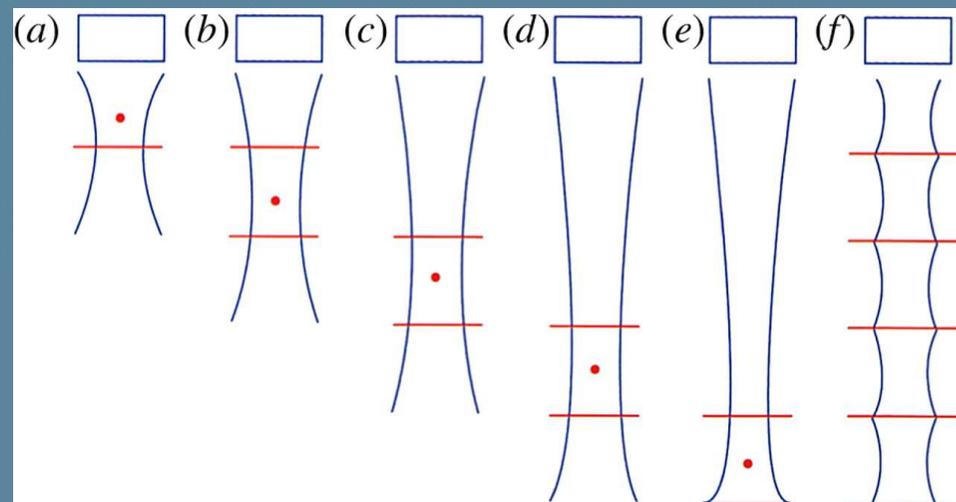
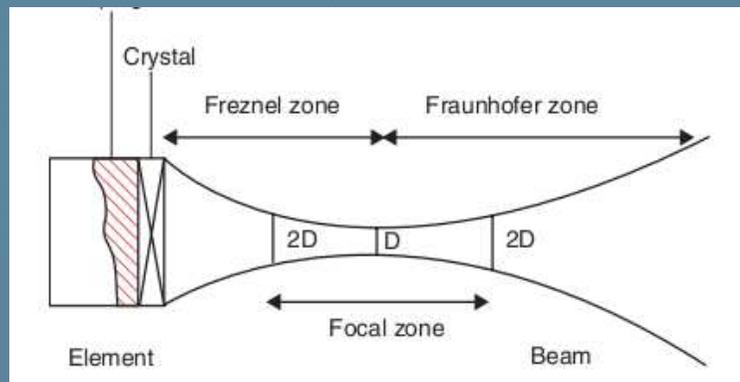
Time gain compensation

- Gli ultrasuoni si attenuano durante la loro progressione attraverso i tessuti, per cui gli echi provenienti dalle zone più profonde sono sempre meno intensi a prescindere dalla differenza di impedenza che li ha determinati: per cui due interfacce di uguale differenza di impedenza poste a differenti profondità apparirebbero sempre diverse sul monitor. Per correggere questo problema, negli apparecchi ecografici esiste un amplificatore che è regolato sul tempo che gli echi prodotti impiegano per ritornare alla sonda: maggiore è il ritardo, maggiore sarà l'amplificazione (Time Gain Compensation). In molti apparecchi ecografici, oltre alla regolazione automatica operata dalla macchina, è possibile regolare il TGC degli echi che ritornano alla sonda



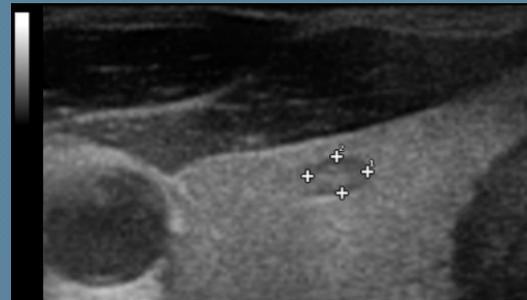
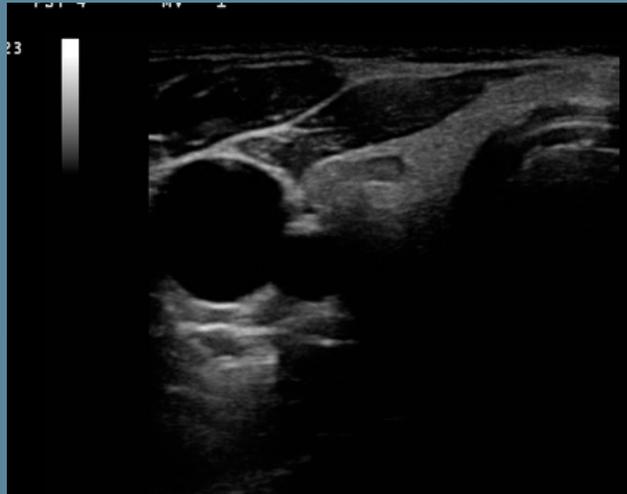
Fuochi

- Focalizza il fascio US sulla zona o l'organo di studio per migliorare la qualità dell'immagine.
- Quindi, attivando i cristalli facciamo convergere la maggior parte del fascio ultrasonoro in uno strato invece che su un altro.
- Possiamo mettere più fuochi ma la macchina sarà più lenta



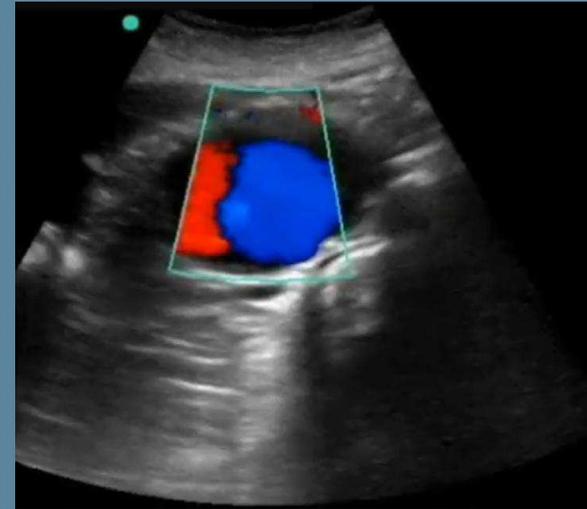
Zoom

- La funzione zoom esalta un particolare dell'immagine a qualunque profondità si trovi.
- Il particolare viene ingrandito ma l'immagine che si ottiene risulta sgranata



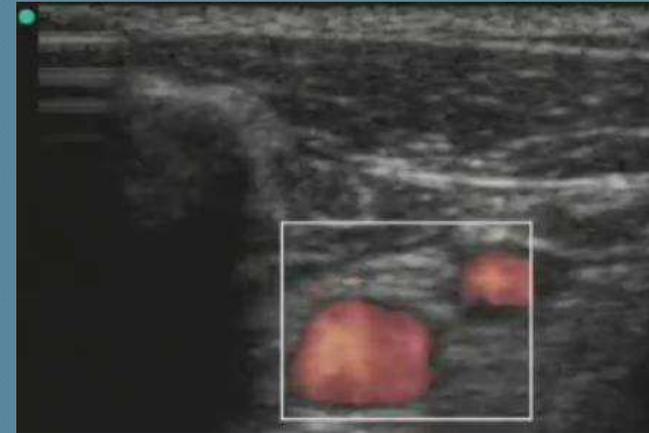
Color doppler

- Il flusso sanguigno viene visualizzato come una mappa di colore sovrapposta all'immagine in B-mode
- Il colore è codificato, di solito, in maniera tale che il rosso è assegnato al flusso diretto verso la sonda, mentre l'azzurro è assegnato a quello che se ne allontana.
- Questa modalità non è in grado di dare informazioni quantitative ma solo qualitative sul flusso: un rosso molto intenso o un blu molto intenso significherebbero flussi molto veloci in avvicinamento o in allontanamento; la presenza di un mosaico di colori in un vaso, testimonierebbero un flusso di tipo turbolento



Power doppler

- Questa modalità di visualizzazione Doppler permette di evidenziare flussi anche piuttosto lenti, perché considera solo l'integrale dell'energia posseduta dall'eco
- In questo modo è possibile visualizzare come una mappa di colori l'intensità del segnale Doppler (come nel caso del Color Doppler) però a prescindere dalla direzione in cui lo spostamento avviene
- Di solito la scala di colore va dal giallo al rosso magenta
- Questa modalità è utile per visualizzare circoli sanguigni periferici con velocità ridotte in cui, appunto, più che la velocità, è importante evidenziare o meno la presenza di vasi (caratterizzazione di masse tumorali, distinzione tra lesioni strutturate o coaguli, ecc.)





GRAZIE PER L'ATTENZIONE