ULTRASUONI E STATO IDRICO: PRINCIPI DI BASE DELL'ULTRASONOGRAFIA

Diana Lelli - Chiara Peccenini
UOC di Geriatria
Fondazione Policlinico Universitario Campus Bio-Medico

SOCIETÀ ITALIANA DI GERONTOLOGIA E GERIATRIA

Roma, 30 novembre - 3 dicembre 2022
UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE

ECOGRAFIA – COS'E'

Metodica diagnostica che utilizza le proprietà degli ultrasuoni (onde meccaniche) per ottenere immagini e segnali finalizzati a ricavare dati di ordine morfologico e funzionale.

Gli ultrasuoni si diffondono come onde sonore, ovvero mediante oscillazioni meccanico-elastiche di compressione e rarefazione delle particelle che costituiscono il mezzo in esame

Interazione tra ultrasuoni e le particelle del mezzo (organi e tessuti) da essi attraversato: I TESSUTI NON SONO OMOGENEI, ma sono costituiti da piccole particelle con differente resistenza acustica specifica

NB. L'onda necessita sempre di un mezzo per essere propagata!

Un po' di terminologia…

Impendenza: «resistenza» opposta da un mezzo alla propagazione dell'onda sonora

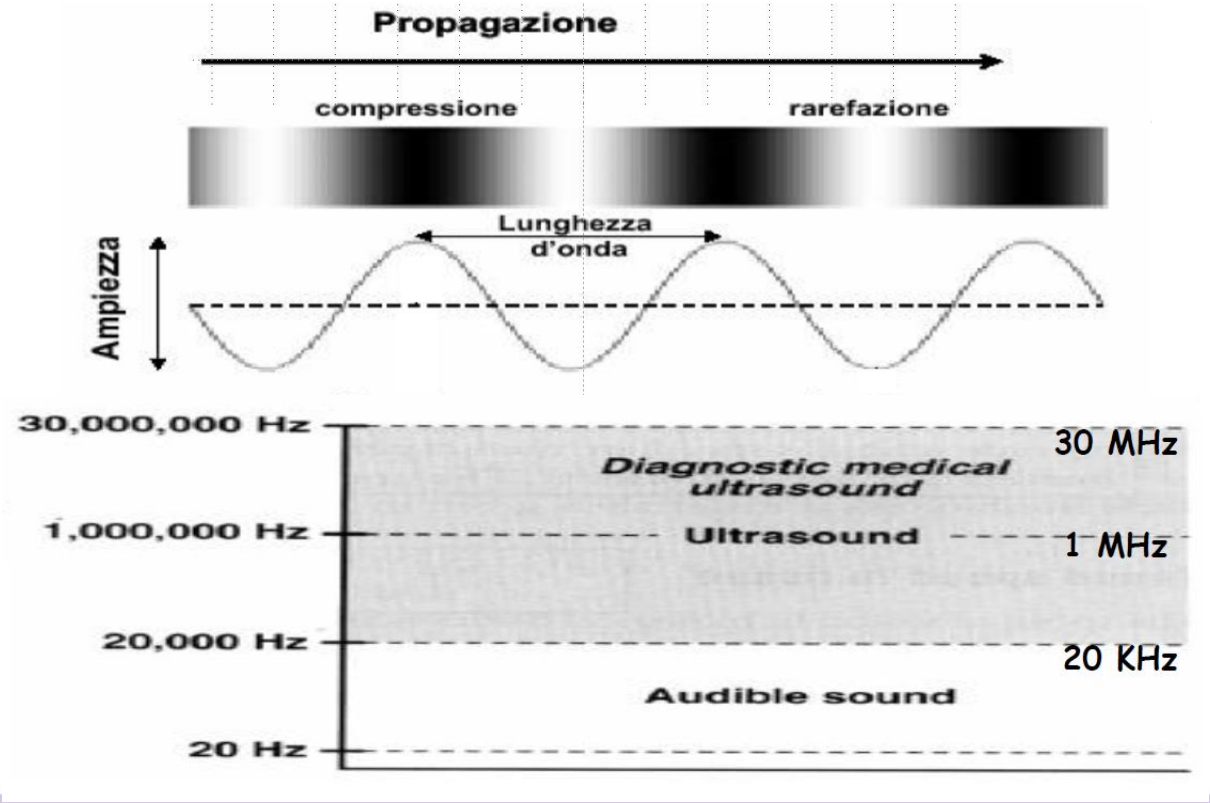
$$Z = \rho \cdot c$$

Interfaccia acustica: limite tra due mezzi con differente impedenza acustica

Sono rappresentati graficamente come una sinusoide, in cui la dimensione orizzontale è il tempo e quella verticale l'intensità o ampiezza.

Lunghezza d'onda (λ): distanza fra due vibrazioni

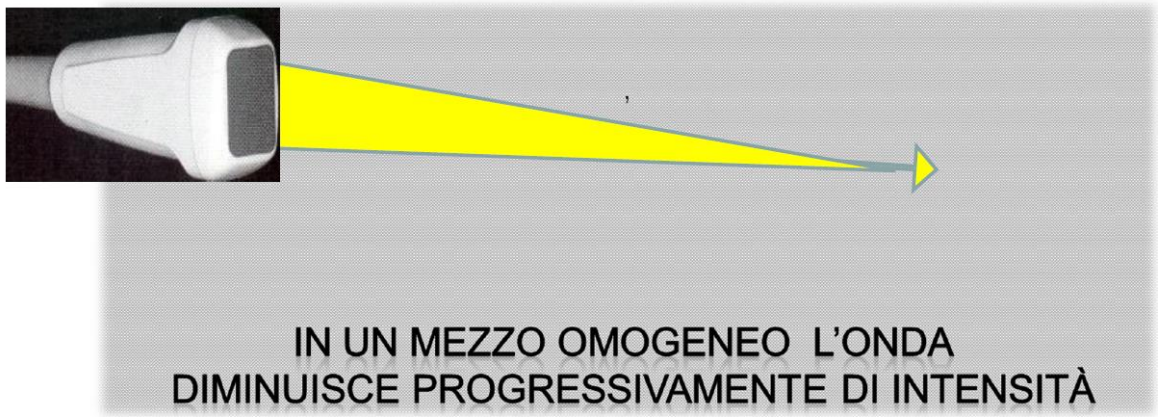
Frequenza (f) dell'onda: numero di cicli in un secondo (1 ciclo = 1 Hz)



A seconda dell’interfaccia possiamo avere diversi fenomeni fisici:

- ATTENUAZIONE
- RIFLESSIONE
- REFRAZIONE
- DIFFUSIONE O SCATTERING

ATTENUAZIONE DELL'ONDA



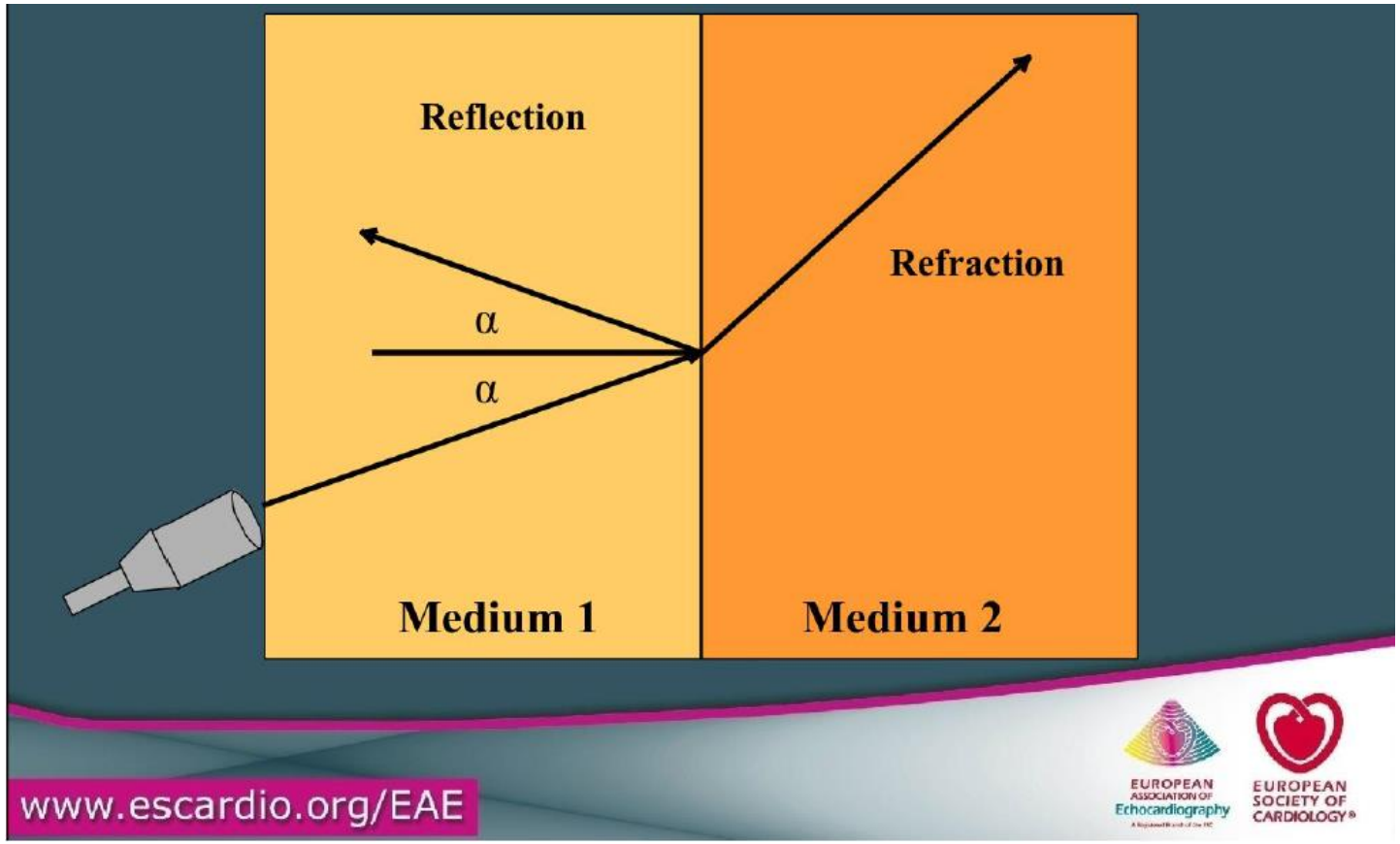
Proporzionale alla distanza e al tipo di tessuto

Dipende anche dall'interfaccia acustica

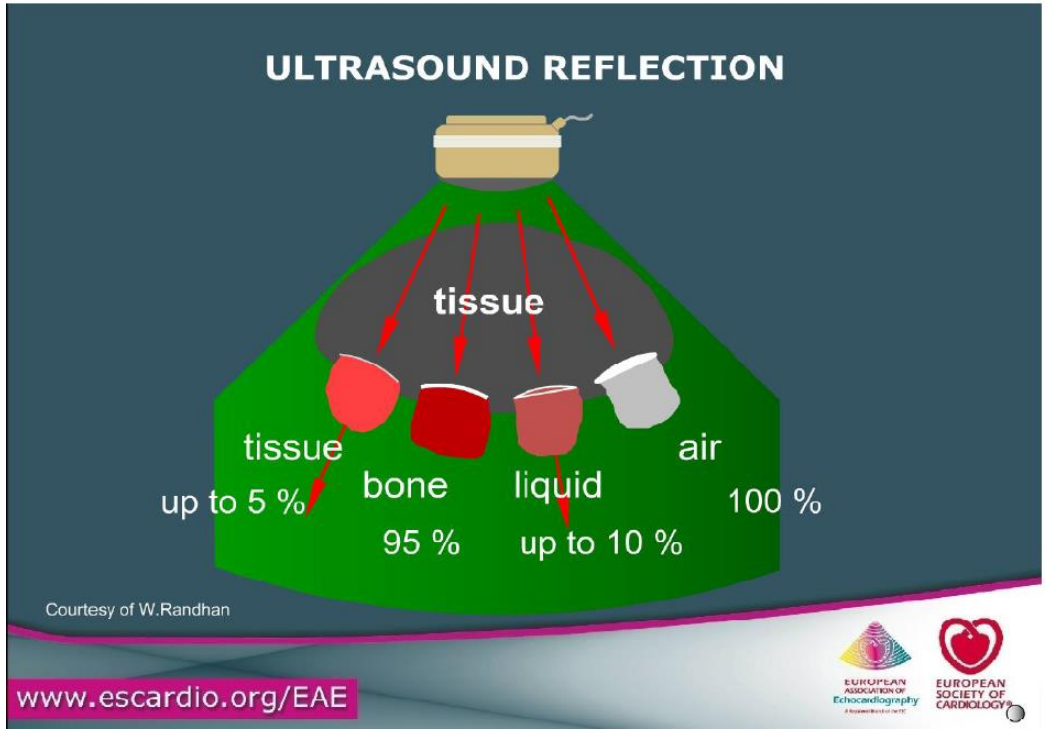
Secondaria alla trasformazione di energia meccanica in energia termica (assorbimento)

Onde di bassa frequenza penetrano più in profondità

RIFLESSIONE - REFRAZIONE

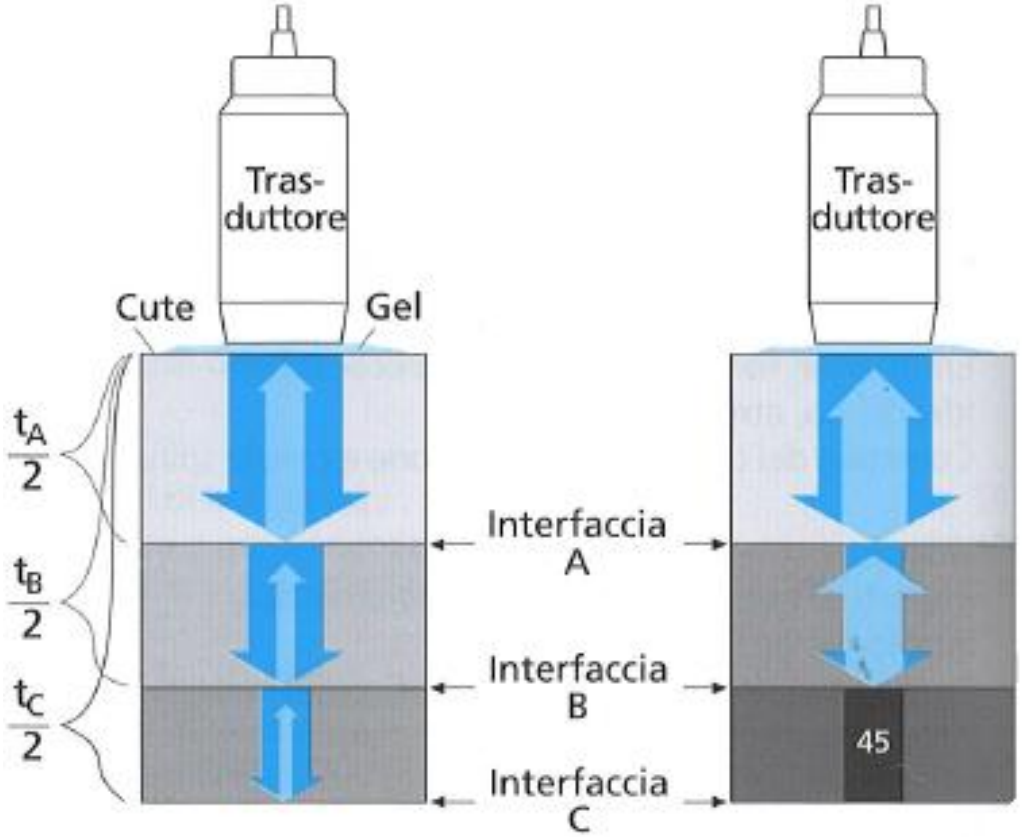


La riflessione del suono varia a seconda del mezzo attraversato:

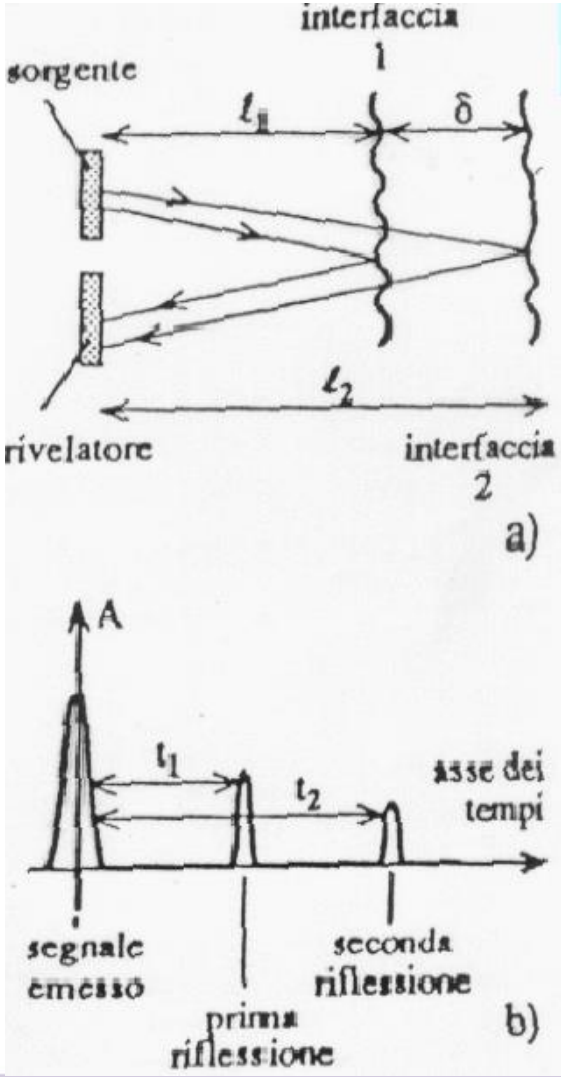


Ogni interfaccia riflette sotto forma di echi solo una piccola porzione delle onde sonore originarie.

Se le onde sonore incontrano sul loro percorso aria o coste: riflessione totale.



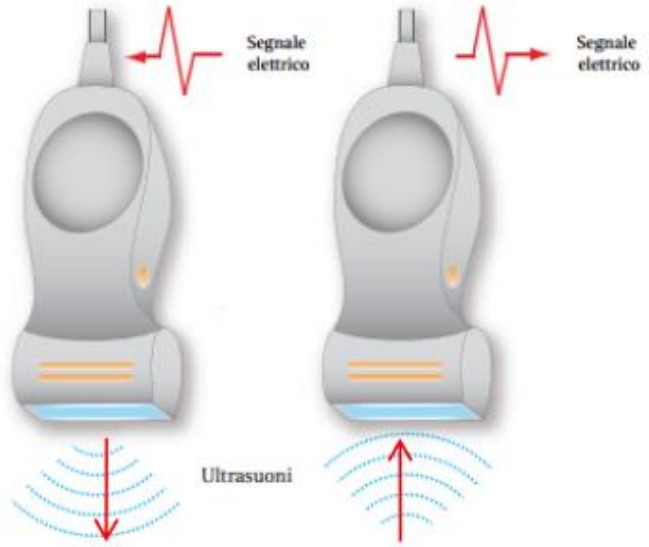
- Ogni interfaccia produce un'eco per riflessione
- Il tempo di ricezione permette di localizzare l'interfaccia, ossia di stimare la sua distanza dalla sonda: dal tempo di arrivo dell'eco si risale alla distanza della struttura riflettente



COME SI FORMA L'IMMAGINE ECOGRAFICA?

All'interno delle sonde ecografiche vi sono **cristalli piezoelettrici**, che hanno la proprietà di deformarsi ed emettere ultrasuoni se sottoposti a impulsi elettrici e inversamente di deformarsi ed emettere impulsi elettrici una volta che siano raggiunti da ultrasuoni.

La sonda o trasduttore è il "cuore" dell'ecografo; essa emette US e riceve echi riflessi.

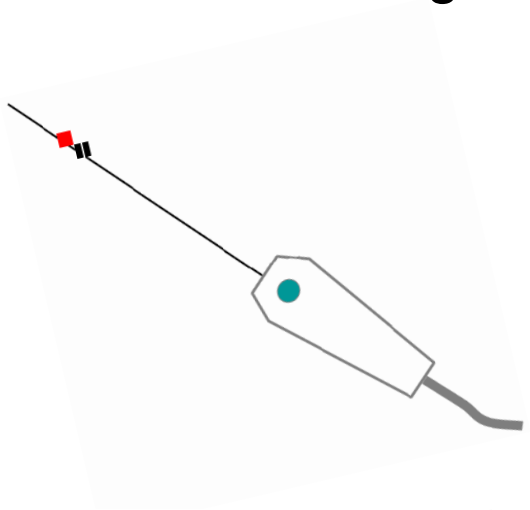


RISOLUZIONE

Minima distanza tra due strutture in grado di produrre echi distinguibili

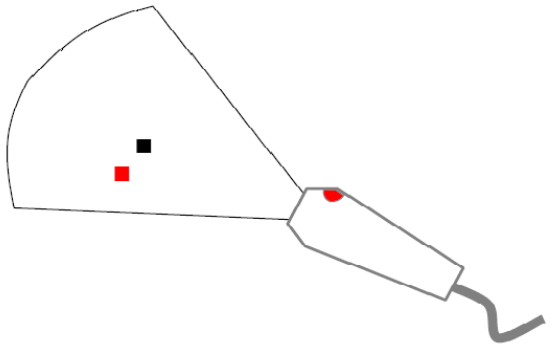
Assiale: Capacità di distinguere strutture disposte lungo l'asse del fascio ultrasonoro

Dipende dalla lunghezza d'onda: più la frequenza è elevata, minore sarà la lunghezza d'onda e maggiore la risoluzione assiale.



Laterale: capacità di distinguere due punti adiacenti posti sullo stesso piano

Dipende dalle dimensioni e dalla forma del fascio acustico: tanto più largo è il fascio acustico tanto peggiore è la risoluzione laterale



TRASDUTTORI

Ne esistono diversi tipi, con diverse frequenze. Quale scegliere?

Aumentando la frequenza di emissione di ultrasuoni, migliora la risoluzione ma diminuisce la capacità degli ultrasuoni di penetrazione tissutale

Bisogna scegliere in base a cosa vogliamo studiare e alle caratteristiche del paziente!

SONDE LINEARI

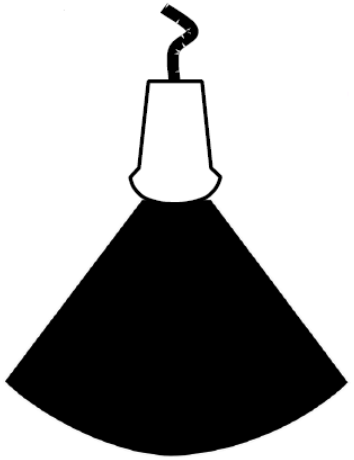
Ad alta frequenza (5-13 MHz)

Produce immagini rettangolari

Utilizzate per lo studio delle parti molli, hanno il vantaggio di riprodurre i tessuti col minor numero di artefatti spaziali possibile: più il fascio è collimato (cioè sottile) e perpendicolare al piano di appoggio della sonda, maggiore è la sua risoluzione.

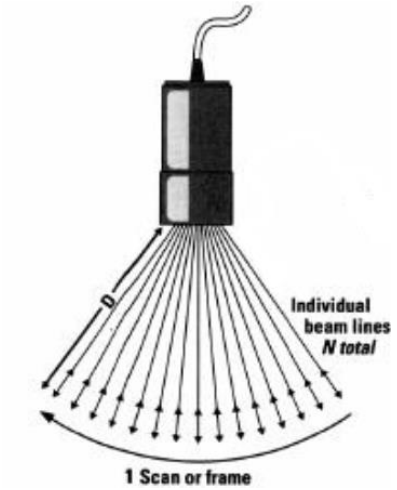
SONDE “CONVEX” (a superficie convessa)

- Frequenze: 2,5-5 MHz
- Generalmente utilizzate per l’addome
- Hanno il vantaggio di richiedere una minor superficie d’appoggio
- Limitazione: la loro morfologia è responsabile di artefatti periferici

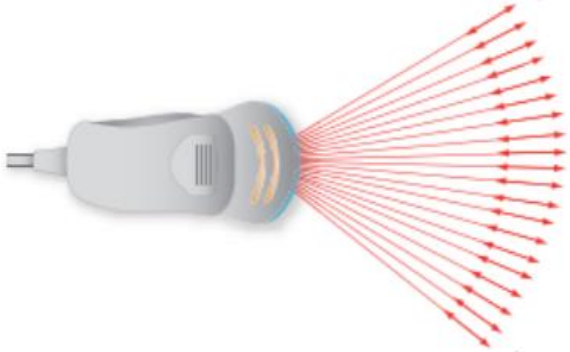


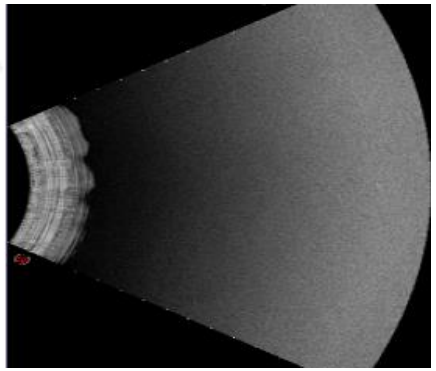
SONDE SECTOR

- Frequenze: 2-3 MHz
- Immagine a ventaglio
- Settore di ampiezza fino a 90°
- Utilizzata per lo studio del cuore

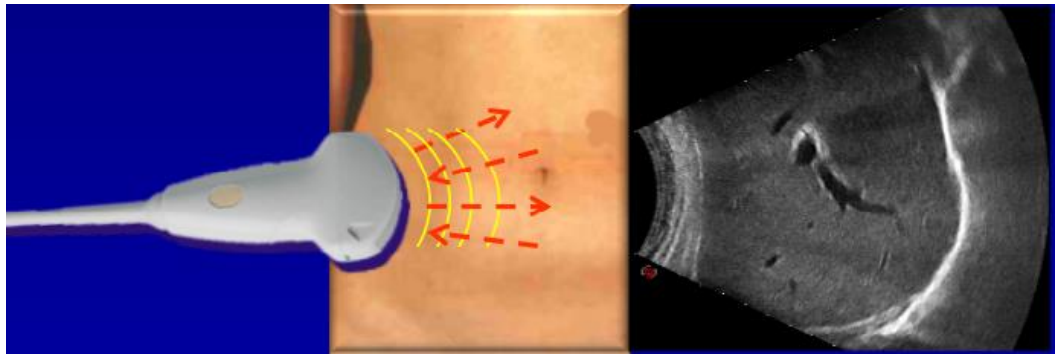


Il piano di scansione di ciascun trasduttore si compone di un certo numero di linee di vista (120 -150) ciascuna delle quali viene usata per formare l'immagine bidimensionale.





Dopo l'emissione (simultanea o sequenziale) dell'impulso US la sonda resta "in ascolto" degli echi di ritorno che originano da ciascuna linea del campo sonoro.



VISUALIZZAZIONE DELLE IMMAGINI

B-MODE (B = Brightness)

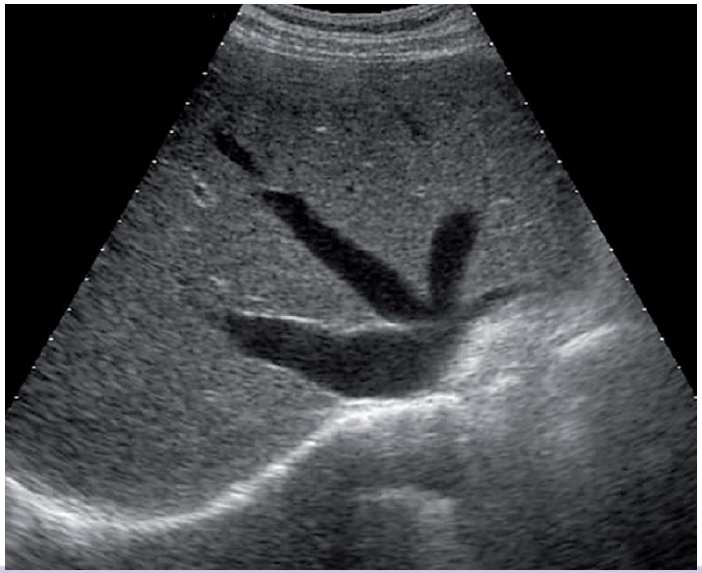
I singoli echi vengono allineati sotto forma di punti luminosi.

La rappresentazione bidimensionale delle immagini avviene attraverso l'impiego di una scala di grigi, espressione della diversa intensità degli echi

Intensità = luminosità

Profondità = distanza

(porzione superiore del monitor: strutture superficiali)

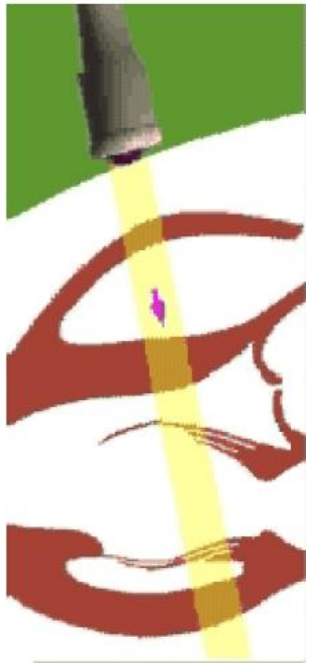


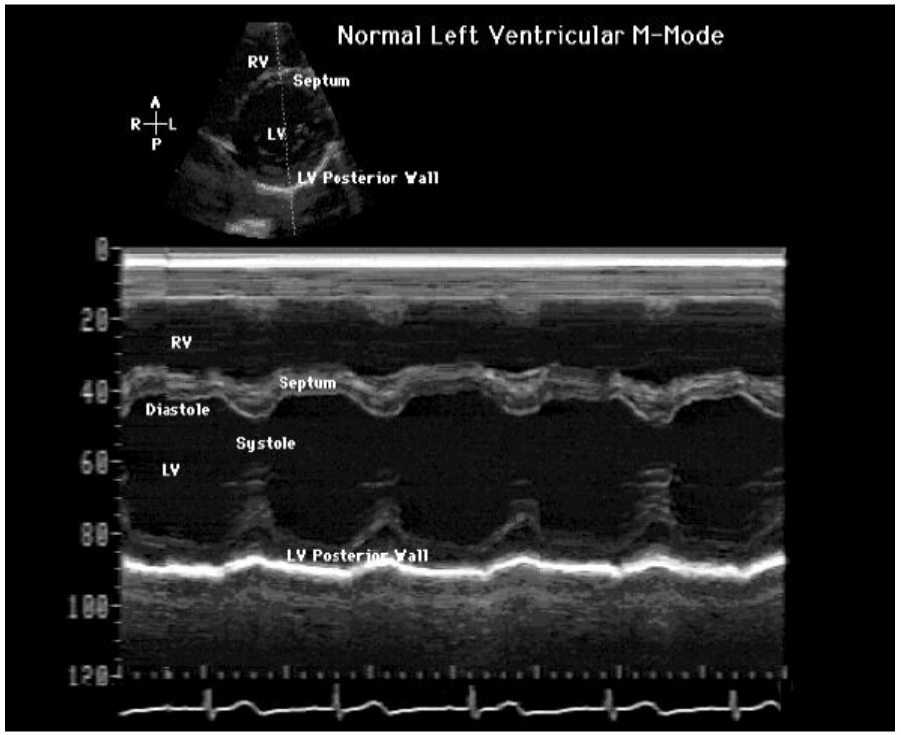
M-MODE (M=motion)

Prevede l'acquisizione del segnale eco lungo una sola linea del campo di scansione

I singoli puntini scorrono a velocità costante nel tempo sul monitor

Ricostruiscono l'immagine della posizione spaziale delle struttura nel tempo





SEMEIOTICA ECOGRAFICA

Gli echi riflessi vengono rappresentati con diversa luminosità corrispondente alla diversa ampiezza del segnale, mediante una scala di grigi.

In relazione alle loro caratteristiche strutturali ed all'intensità degli echi riflessi, possono apparire più o meno luminosi rispetto ad un parametro di riferimento. Ecosegnali forti: punti più luminosi.

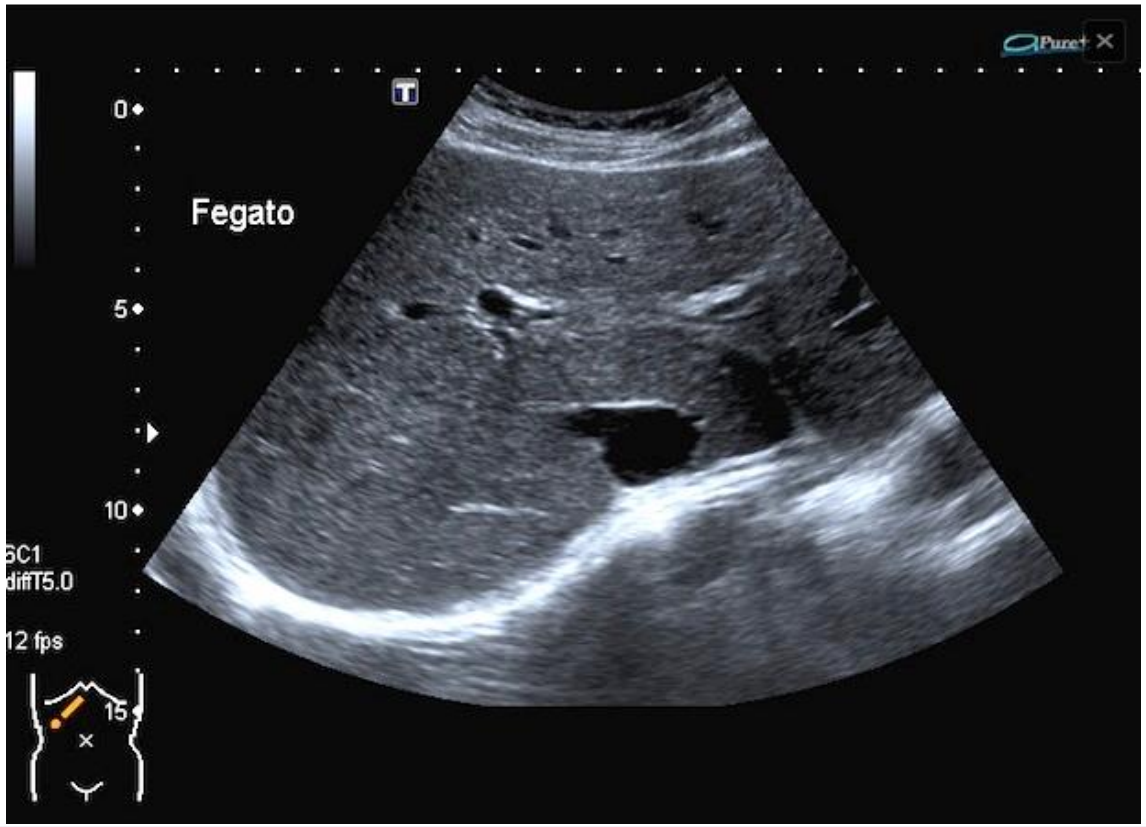
QUATTRO TERMINI per descrivere la maggiore o minore luminosità degli echi in relazione alla loro distribuzione nella scala dei grigi:

- ECOGENO
- IPERECOGENO
- IPOECOGENO
- ANAECOGENO

ECOGENA

Struttura solida che, attraversata dagli ultrasuoni, ne riflette una quantità tale da essere rappresentata come un tappeto di echi nella parte centrale della scala dei grigi.

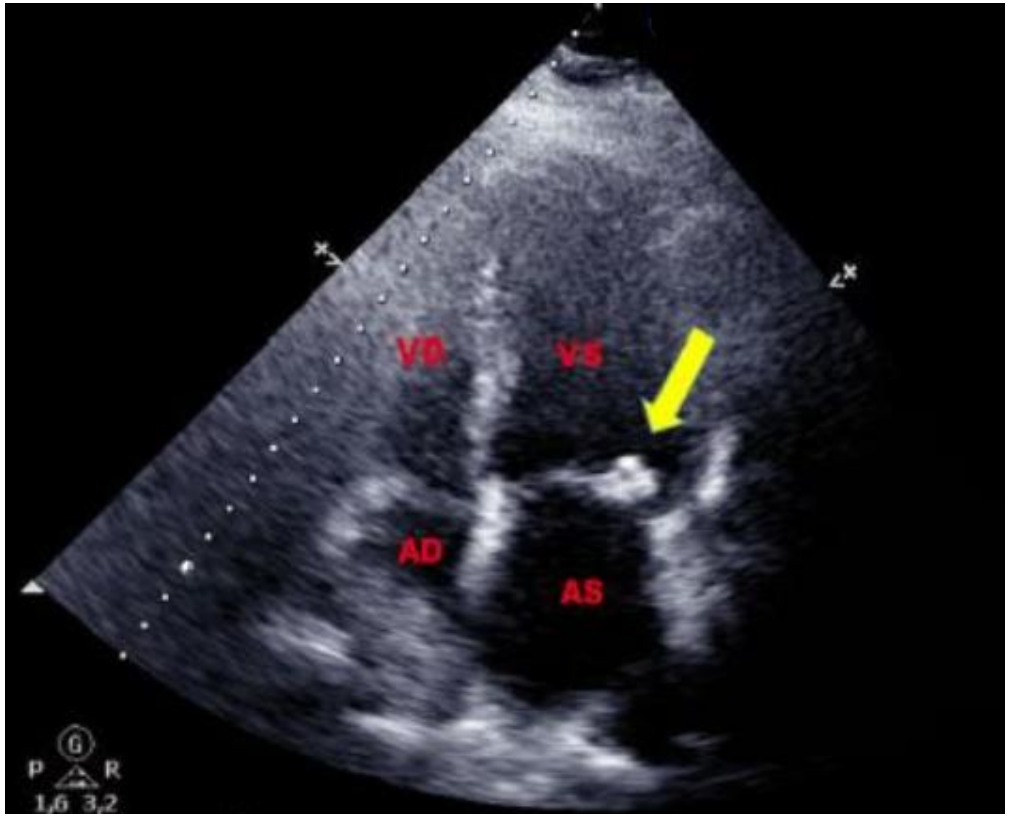
Es. parenchima epatico



IPERECOGENA

Struttura anatomica che fornisce echi luminosi nella parte più alta della scala dei grigi

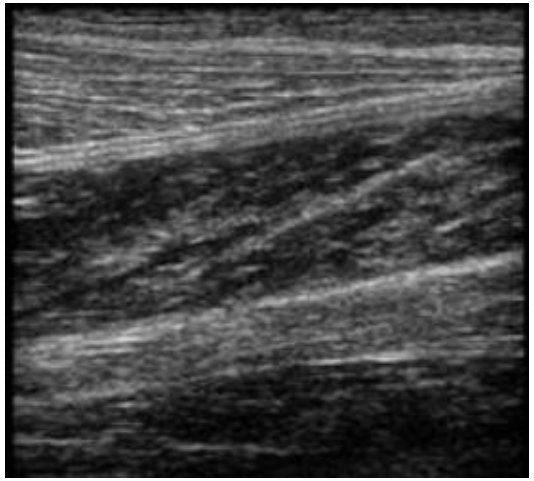
Es. aria ed osso



IPOECOGENA

Struttura caratterizzate da echi nella parte bassa della scala dei grigi

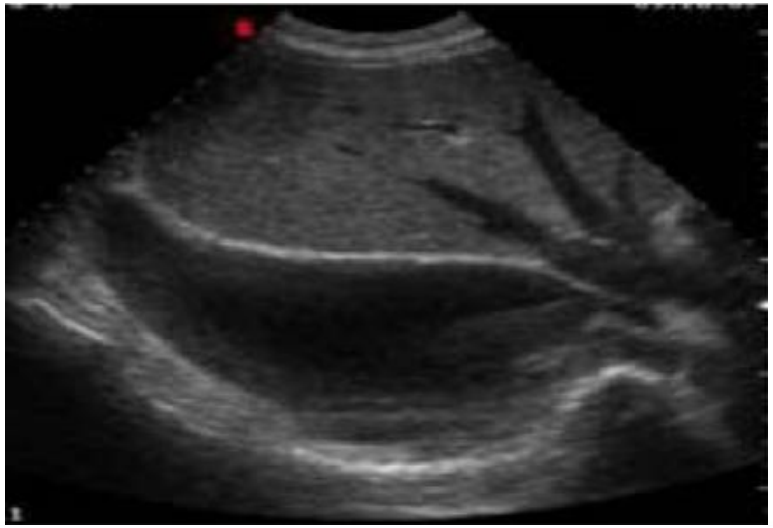
Es. muscolo



ANECOGENA

Struttura caratterizzata dall’assenza di echi, rappresentata dall’estremo inferiore della scala dei grigi

Es. liquidi



EFFETTO DOPPLER

Fenomeno fisico in cui la frequenza del suono di una sorgente (f_0) aumenta mentre si avvicina ad un ascoltatore (f_{D+}) o, al contrario, si riduce se se ne allontana (f_{D-}).

In ecografia l'effetto Doppler viene sfruttato per rivelare i flussi ematici.

Nel sangue, i globuli rossi rappresentano le interfacce sulle quali si generano gli echi la cui frequenza sembrerà aumentare, nel caso di flussi in avvicinamento alla sonda (Doppler positivo – $\mathbf{f_{D+}}$), o sembrerà ridursi, nel caso opposto (Doppler negativo – $\mathbf{f_{D-}}$) rispetto alla frequenza degli ultrasuoni emessi dalla sonda ($\mathbf{f_0}$).

DOPPLER PULSATO (PW)

Il trasduttore funziona da trasmettitore e da ricevitore di ultrasuoni.

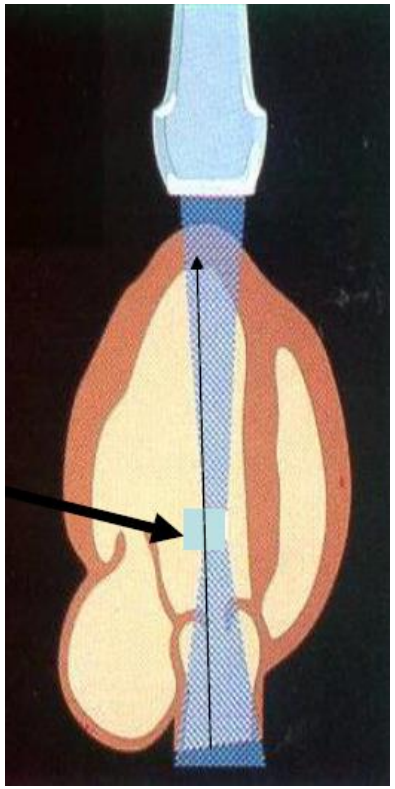
Inviata la “scarica” (burst) di ultrasuoni, il trasduttore si mette in attesa di ritorno degli impulsi riflessi.

La zona dove è inviato il burst di ultrasuoni è di dimensioni variabili: “volume campione”, che può essere posizionato a varie profondità (posizione spaziale) ottenendo informazioni proprio dall’area selezionata

La “scarica” (burst) di ultrasuoni, viene emessa ad una frequenza (**PRF**) che è inversamente proporzionale alla profondità a cui si campiona la velocità.

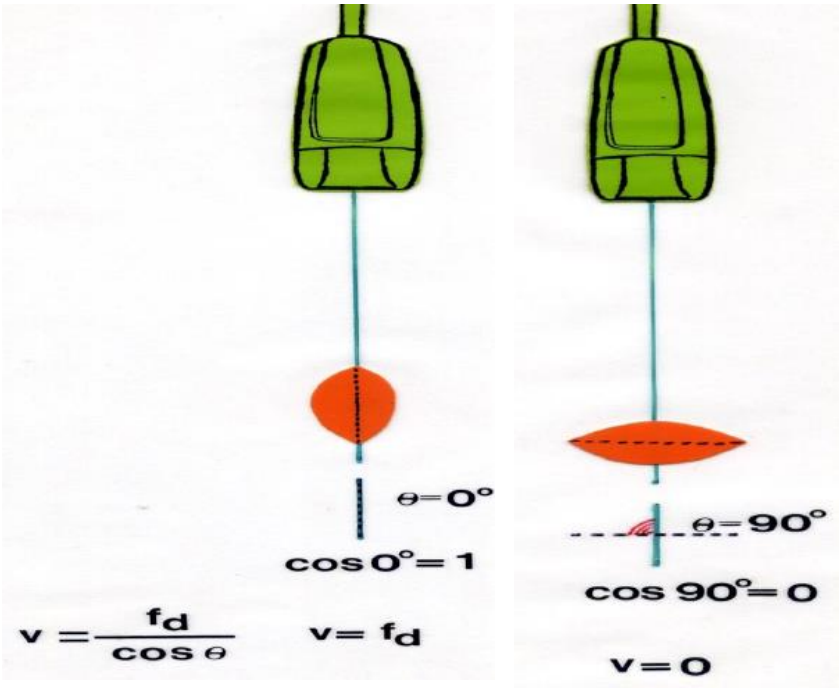
Per avere un segnale attendibile la PRF (frequenza ripetizione impulsi) deve essere almeno il doppio della velocità presente nella zona esplorata (**LIMITE DI NYQUIST)**

Se si va oltre: fenomeno dell’**ALIASING**



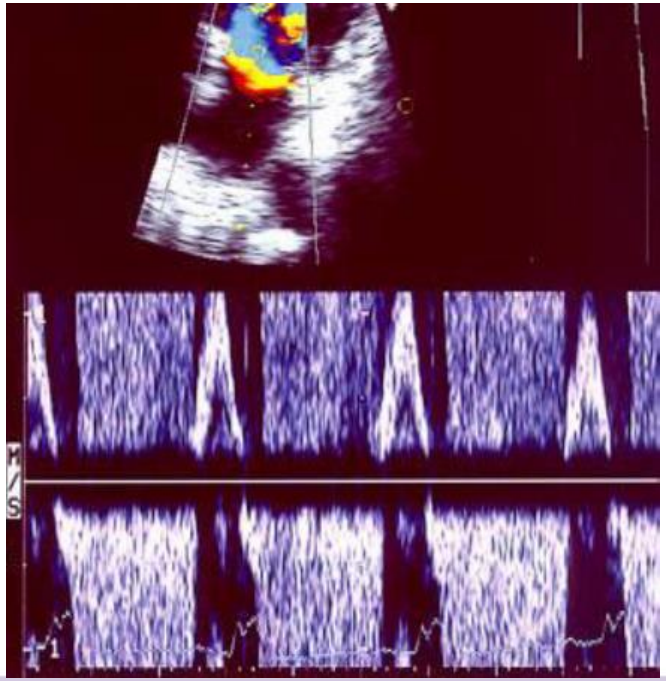
PER RIDURRE ERRORE:

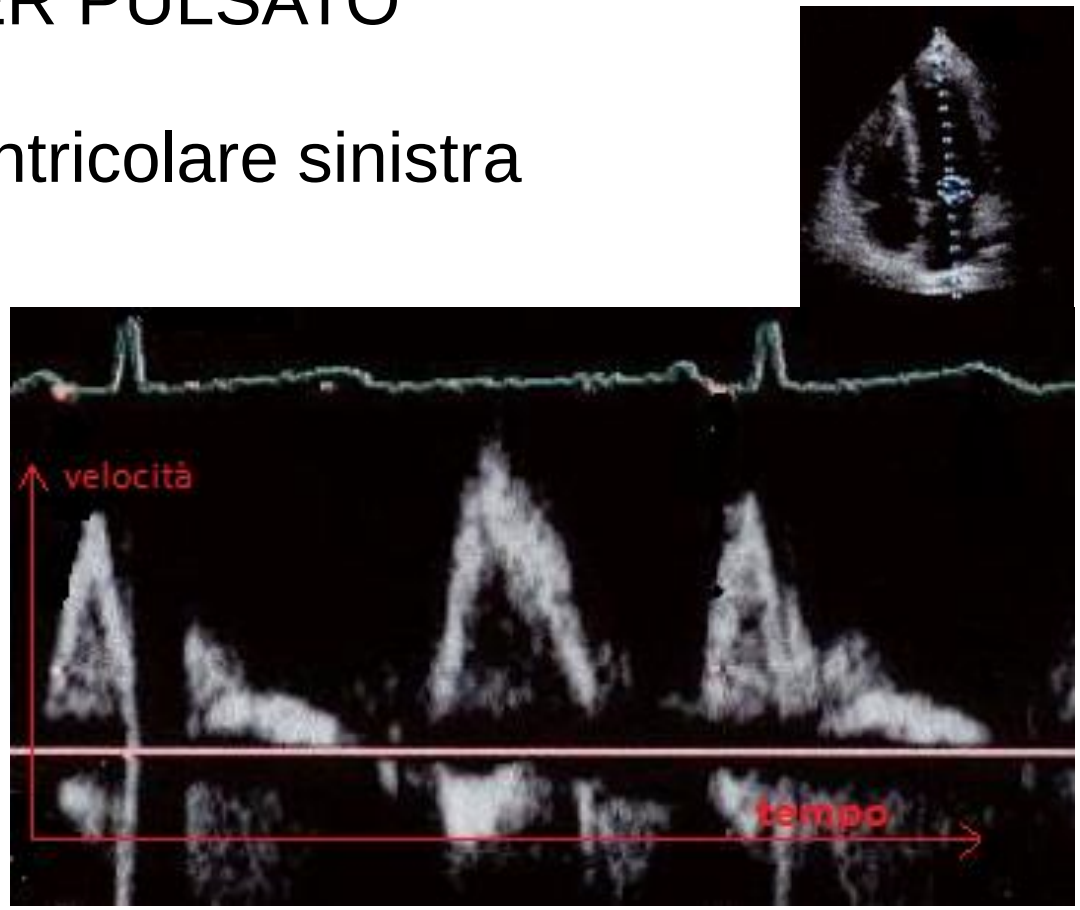
- Fondamentale essere paralleli al flusso: massima velocità.
- Se siamo perpendicolari al flusso: non misuro velocità.



ESEMPIO DI DOPPLER PULSATO

Funzione diastolica ventricolare sinistra





Aliasing

DOPPLER CONTINUO (CW)

Il trasduttore funziona da trasmettitore e ricevitore in tempo “continuo”

Viene superato il limite di Nyquist ed è possibile analizzare flussi ad alte velocità a qualsiasi livello di profondità.

Problema: il campionamento avviene durante tutto il fascio, quindi non è identificabile il livello di profondità

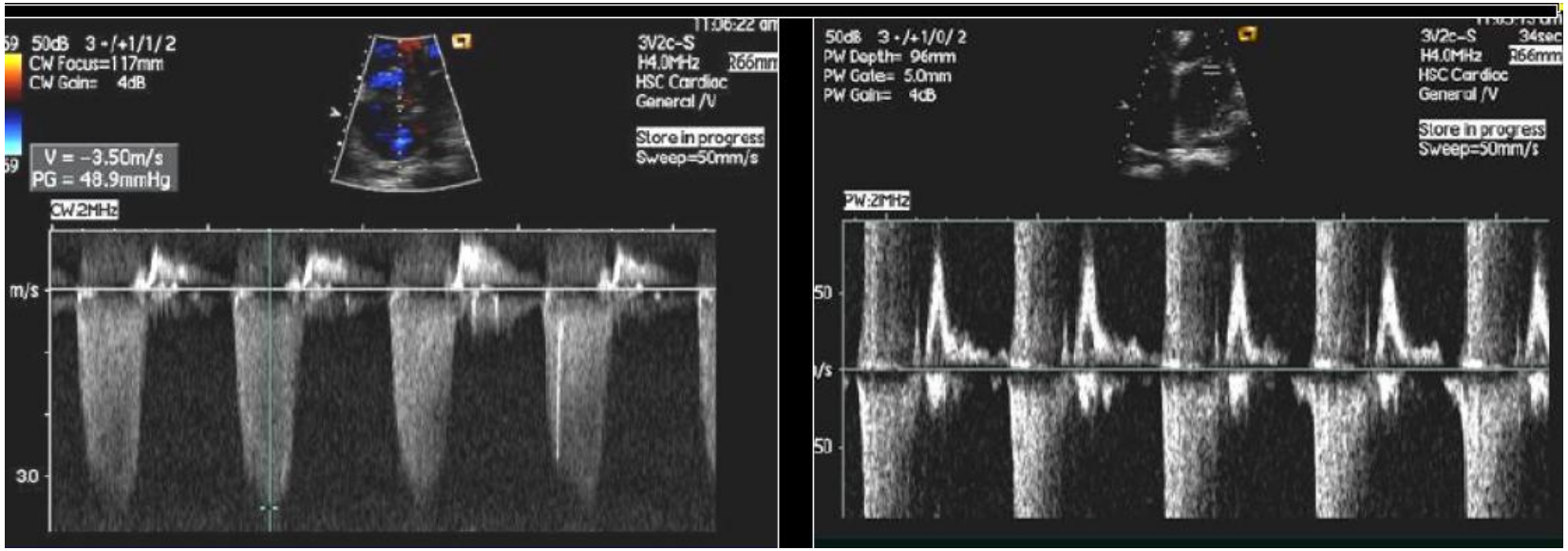
MODALITÀ DOPPLER SPETTRALE

Doppler continuo

- Non limiti velocità esplorabili
- Ambiguità spaziale

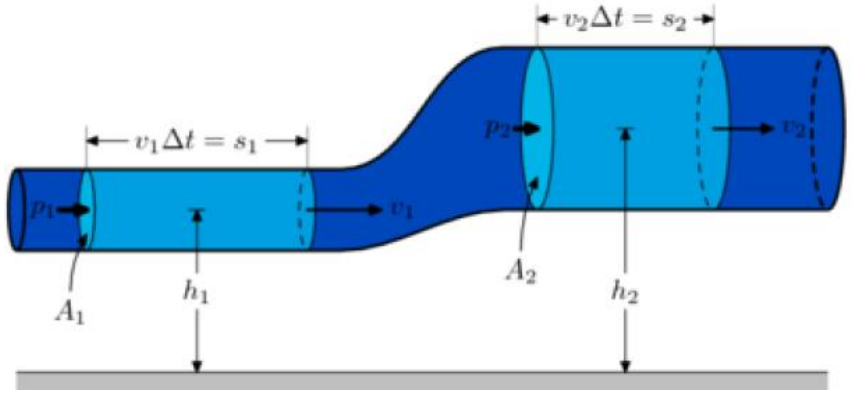
Doppler pulsato

- Limiti di velocità esplorabili condizionati dall'aliasing
- Esatta localizzazione spaziale



STUDIO DEI GRADIENTI TRANSVALVOLARI

Equazione di Bernoulli



Il flusso all'interno dei vasi è costante: se si modifica il calibro del vaso si avrà una modificazione della velocità e quindi della pressione

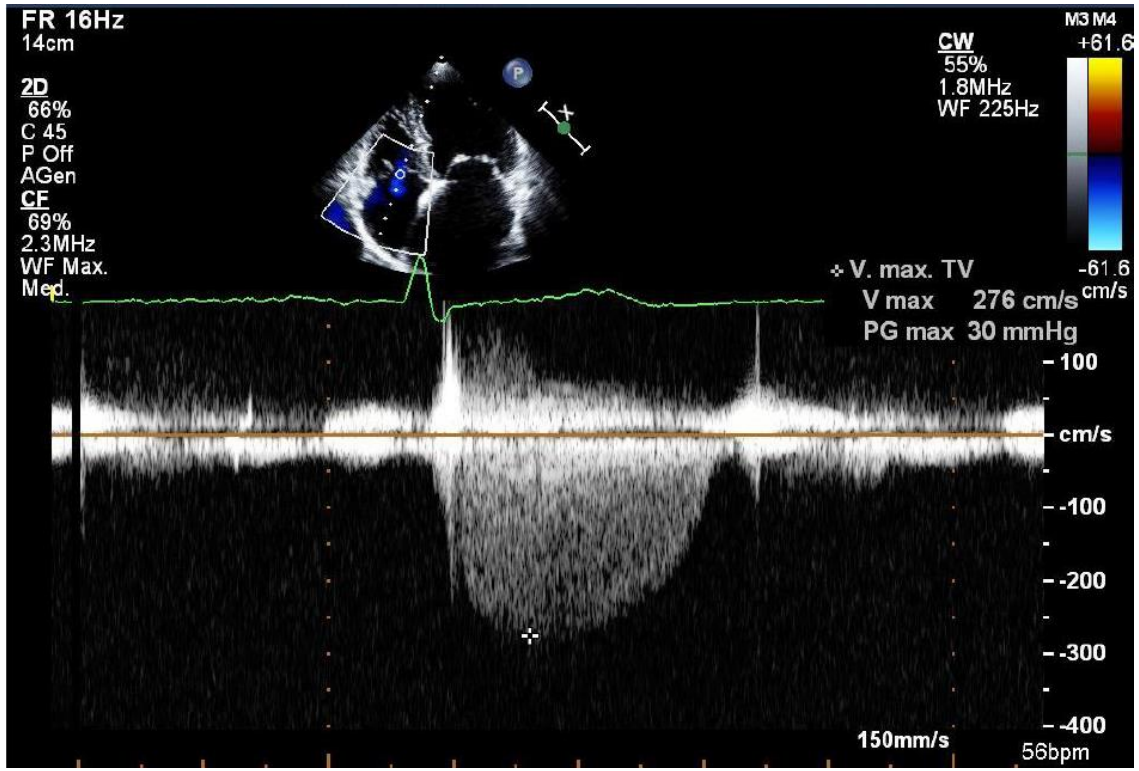
Equazione semplificata:

$$\Delta P = 4\,V^2$$

P= Pressione (mmHg)

V=Velocità (m/sec)

Calcolo della PAPs



Avremo il gradiente atrio-ventricolare al quale dobbiamo aggiungere la pressione atriale destra (stimata tramite la valutazione della vena cava inferiore)

COLORDOPPLER

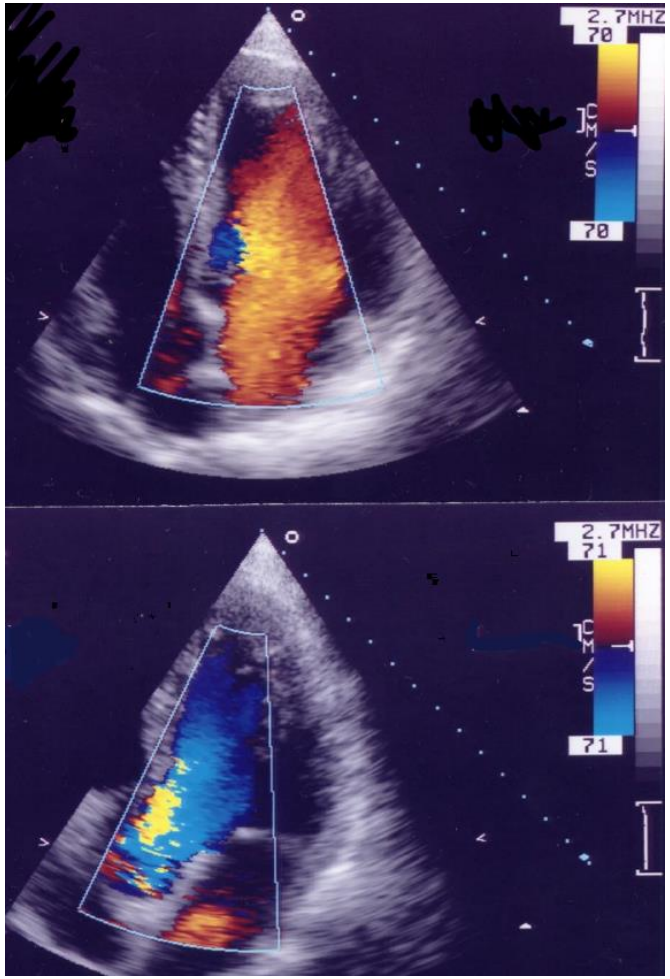
Estensione del doppler pulsato

La velocità è rappresentata da un codice colori: il colore è determinato dalla velocità media del flusso

Per convenzione i flussi in avvicinamento sono codificati in rosso, quelli in allontanamento in blu;

L'aliasing determina un mosaico di colori con preponderanza della colorazione corrispondente al flusso patologico

Utilizzato per la valutazione di flussi sanguigni, di stenosi e valvulopatie.



Grazie per l’attenzione