

# Brevi cenni sul miglior settaggio della macchina e riconoscimento degli artefatti

**Agata Privitera**

U.O. di Cardiologia Pediatrica dir. prof. F. De Luca  
AOU Policlinico Vittorio Emanuele  
Presidio Santo Bambino CATANIA

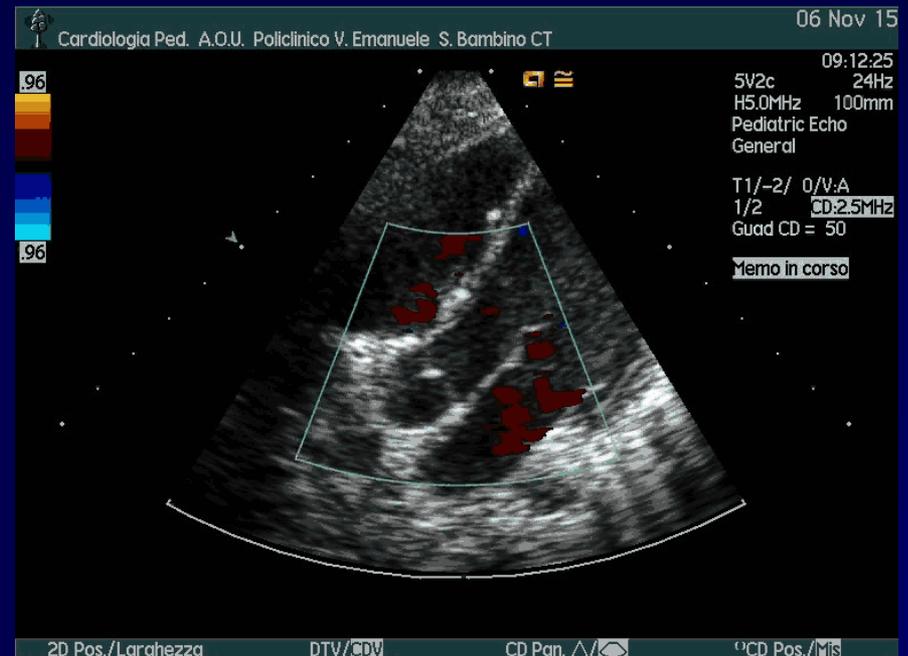
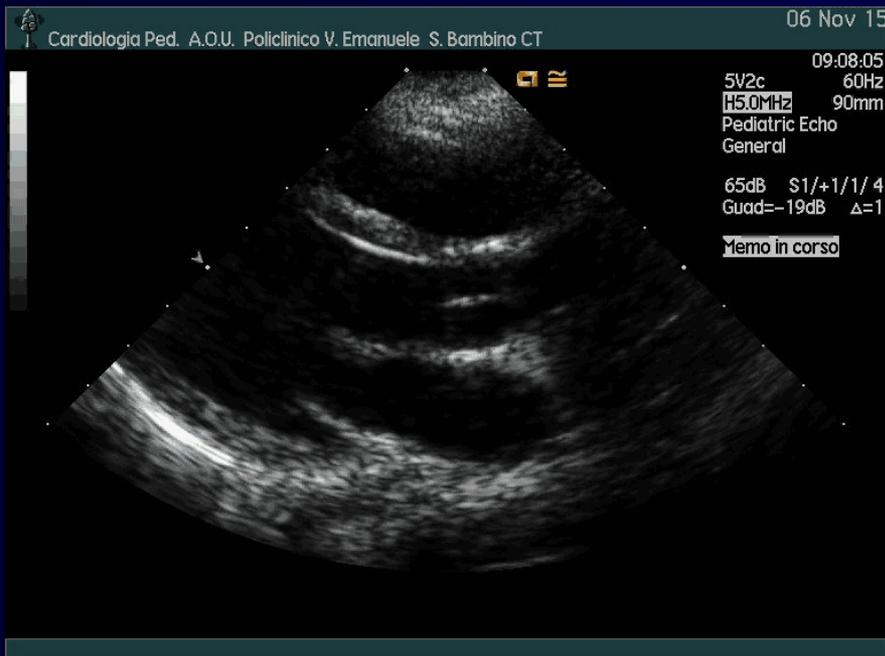
[www.cardiologiapediatricact.com](http://www.cardiologiapediatricact.com)



**Agrigento 9-10 dicembre 2015**

# Ecocardiografia

In ecocardiografia, in tempo reale, vengono generate immagini in movimento del cuore, insieme con i dati quantitativi sul flusso sanguigno e il movimento dei tessuti

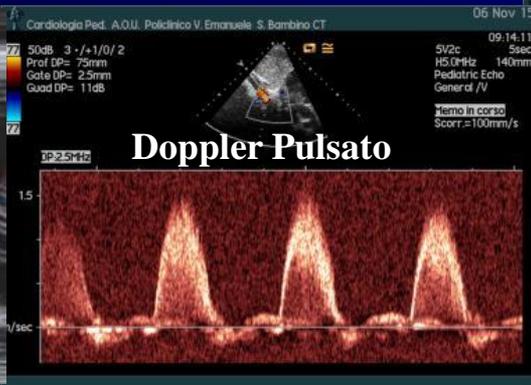
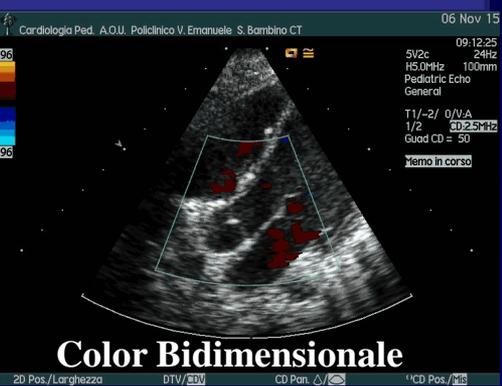




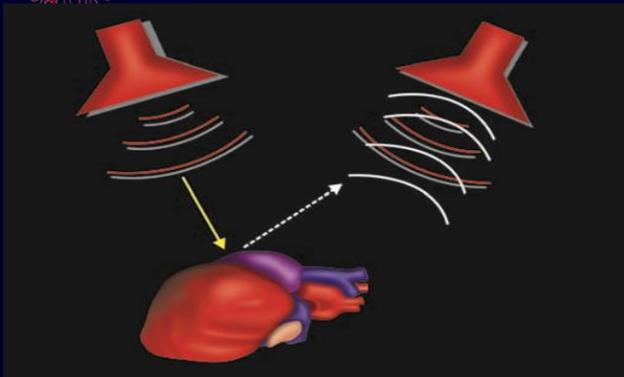
# Caratteristiche ecografo

Immagine di **Buona qualità**  
**Alta Risoluzione**

- Moduli necessari in real -Time :
  - a. Funzione bidimensionale , Funzione M-mode
  - b. Funzione Doppler: colore, pulsato, continuo, HPRF, tissutale



# principio di costruzione dell'immagine anatomica riprodotta sullo schermo



La sonda elettronica contiene cristalli piezoelettrici, posta a contatto con la cute, trasmette ultrasuoni  
 Gli ultrasuoni si propagano attraverso i tessuti molli del corpo umano; per ogni struttura che incontrano lungo il percorso subiscono due fenomeni

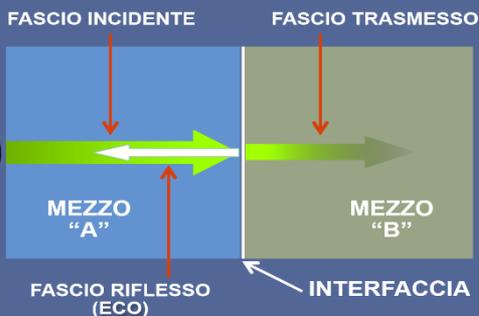
## Rifrazione

Parte degli ultrasuoni proseguono la propria traiettoria subendo una leggera deviazione

## Riflessione

parte degli ultrasuoni vengono riflessi in forma di **eco**  
 l'energia riflessa è direttamente proporzionale alla variazione d'impedenza acustica tra due superficie  
 la riflessione è massima se il fascio incidente è perpendicolare

### Propagazione dell'onda sonora



Echi	Scala di Grigi	Ecogenicità
Intensi		Iperecogeno
Intermedi		Ecogeno
Assenti		Anecogeno



Ciascun eco riflesso viene elaborato, amplificato e rappresentato come immagine

Dal tempo tra produzione e ricezione lo strumento calcola la profondità di provenienza

# Guadagno generale e settoriale

**GAIN** general gain control (guadagno generale) rapporto tra il segnale d'ingresso e segnale amplificato

Aumenta/diminuisce il livello di ricezione del segnale, senza variare l'intensità di emissione degli ultrasuoni

**Time-gain compensation:**  
compensazione del guadagno in funzione della **DISTANZA**

Attraverso dei potenziometri: ↑ / ↓  
il livello di ricezione degli echi riflessi selettivamente a differenti profondità

↓ più superficiali (più intensi)  
↑ più profonde (più deboli)

I nuovi ecocardiografi dispongono di tasti di ottimizzazione automatica che aiutano molto nel migliorare la qualità delle immagini



↑ immagini chiare e brillanti



↓ immagini più scure



ottimale tutte le strutture distinguibili

regolare al minimo indispensabile (cavità nera)

# Sonde cardiologiche

L'emissione degli ultrasuoni segue una sequenza ordinata e sequenziale di cui il principio pulse-echo

Invia ultrasuoni

Riceve eco di ritorno



immagini in movimento, real time, se la sequenza si ripete

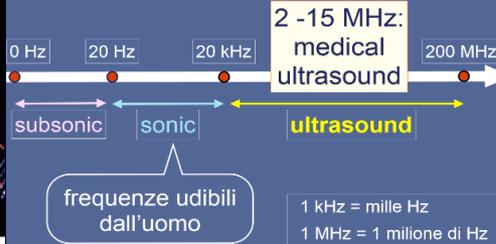
**La risoluzione temporale**, separare due eventi temporalmente vicini come distinti, dipende dal numero di immagini al secondo o Frame Rate

**La frequenza di ripetizione (PRF)** è limitata, dal tempo richiesto che l'eco riflesso arrivi al trasduttore, dipendente da:

velocità finita degli ultrasuoni nei tessuti ( $\approx 1540$  metri/sec)

profondità dei tessuti da esaminare

## Le frequenze del suono



## Sonda SETTORIALE

ad alta frequenza

Effettua scansioni attraverso gli spazi intercostali, superando il limite polmone e gabbia toracica e costruisce immagini a settore che vanno dai 30° a 100°

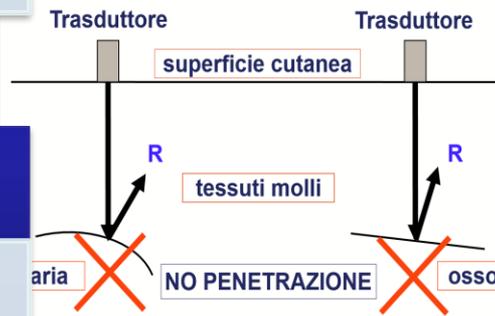
## Dimensioni ridotte

in particolare quelle utilizzate in età neonatale/pediatria

## Phased array

attivazione dei cristalli in successione (la profondità raggiunta è proporzionale al ritardo con cui avviene l'attivazione dei cristalli piezoelettrici)

## Riflessione completa del fascio U.S.



## Messaggio:

In età neonatale/pediatria per le alte frequenze  
**Necessarie sonde ad alte frequenze, Frame Rate Elevato**, evita sovrapposizioni di strutture

# Risoluzione e Sonde cardiologiche

## RISOLUZIONE

è la distanza minima tra due punti che può essere rappresentata sullo schermo

### Risoluzione assiale

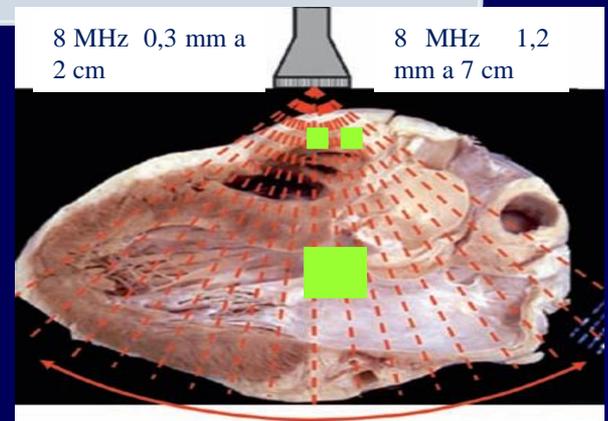
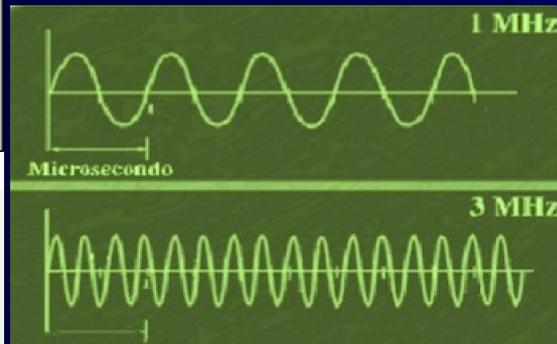
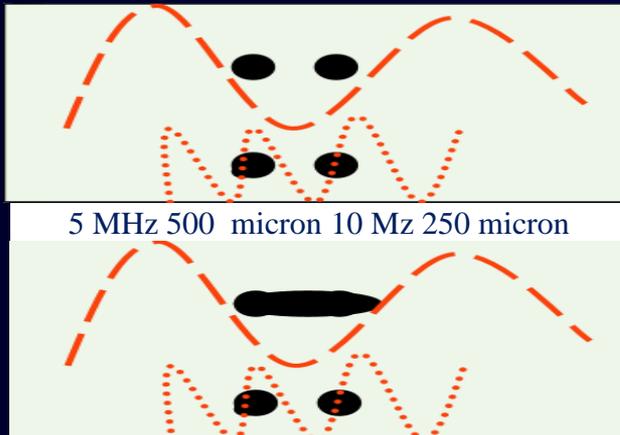
Lungo il fascio :

inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda a sua volta inversamente proporzionale alla frequenza di emissione

### Risoluzione azimutale laterale

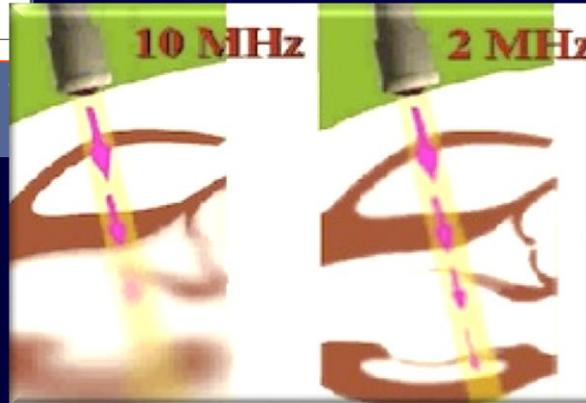
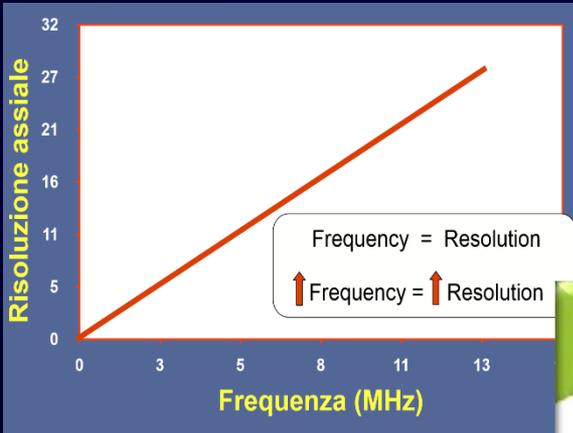
Perpendicolare al fascio ..

inversamente proporzionale alla larghezza (densità) del fascio e dipendenti dalla profondità in cui sono collocati



# Riassumendo

mettendo a confronto penetrazione e risoluzione



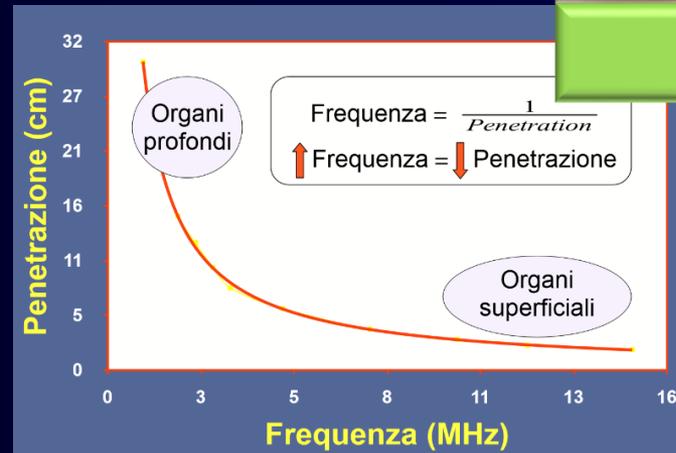
**attenuazione**

Sonda a più alta frequenza

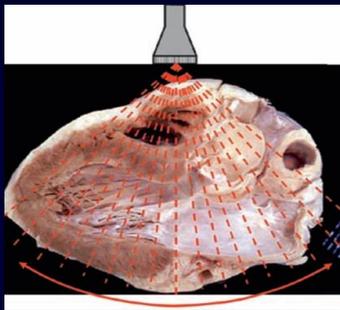
- **Vantaggi:** > risoluzione spaziale > capacità di discernere le strutture
- **Limiti:** ridotta penetrazione nei tessuti

Sonda a più bassa frequenza

- **Vantaggi:** > penetrazione nei tessuti con > risoluzione delle strutture profonde
- **Limiti:** minore risoluzione spaziale



**Messaggio** Per ciascun paziente è necessario utilizzare il trasduttore con più alta frequenza possibile



# Accorgimenti

**Seconda Armonica:** trasmette ad una frequenza e riceve a frequenza doppia utilizzando armoniche di secondo ordine sfruttando il fenomeno di distorsione delle onde durante la propagazione (propagazione delle onde non lineari) questa distorsione d'onda implica che vengono generati frequenze armoniche (cioè, multipli interi della frequenza trasmessa).

Migliore rapporto segnale-rumore filtrando i segnali deboli dalla cavità cardiache

- > potere di risoluzione delle immagini
- > definizione del bordo endocardico

**Come aumentare il frame rate** fattore determinante di risoluzione temporale

**Ridurre il settore di scansione (angolo)**

**Ridurre la profondità**

**Fuoco: usare singolo fuoco**

- Fuochi multipli penalizzano il frame-rate
- Nei nuovi ecografi la focalizzazione è continua e dinamica sul tutto il campo senza necessità di selezione zone d'interesse



# Riassumendo



**Massima Frequenza II Armonica**

- scegliere quella con miglior rapporto tra *risoluzione e contrasto*



**Profondità immagine**

- Bambini 5-6 cm
- adulti 15-20 cm



**Fuoco**

- altezza valvola mitrale

**Guadagno generale e Settoriale**

- immagine omogenea in tutta la profondità



**Bassi livelli di persistenza 0-1 media**

*d'immagini mantenuta all'interno della memoria per poi inviarle sul display*

**Compressione scala di grigi**

- Alta più sfumature immagine più morbida
- Bassa forte contrasto nero/bianco più dura

**Dynamic Range (DR)**

- Permette di distinguere la differente densità e consistenza dei tessuti
- Bassi valori di DR aumenta il contrasto dell'immagine

**Angolo settore e poi zoom**

- disponibili ZOOM HD ad alta definizione



**Posizione**

- Permette di cambiare posizione senza variare grandezza e profondità

**Sincronizzatore ecg**

- Visualizza una fase del ciclo cardiaco allo scopo di una visione più dettagliata

**Velocità**

- Scorrimento immagine m-mode, Doppler pulsato e continuo 25-50-100 mm/sec



# Limiti e artefatti

## Operatore Dipendente



### Impedenza Acustica Scarsa *qualità dell'immagine*

- Obesità
- Periodo post operatorio
- Problemi respiratori
- Spazi intercostali piccoli

### Ambiguità di intervallo (effetto specchio)

- Il segnale eco trasmesso viene ricevuto dal trasduttore durante il ciclo successivo
- Seconda immagine del cuore più profonda

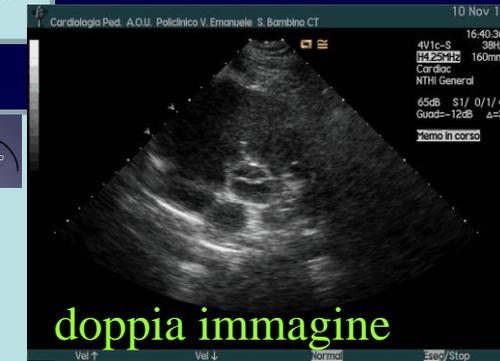


### Ombra

- Riflesso di segnali ultrasonori da parte di strutture ad alto potere riflettente
  - Protesi valvolari
  - Calcificazioni

### Rifrazione

- Deviazione del segnale ultrasonoro dal percorso centrale
- Doppia valvola aorta o ventricolo sn



### Riverbero tra due strutture ad alto potere riflettente

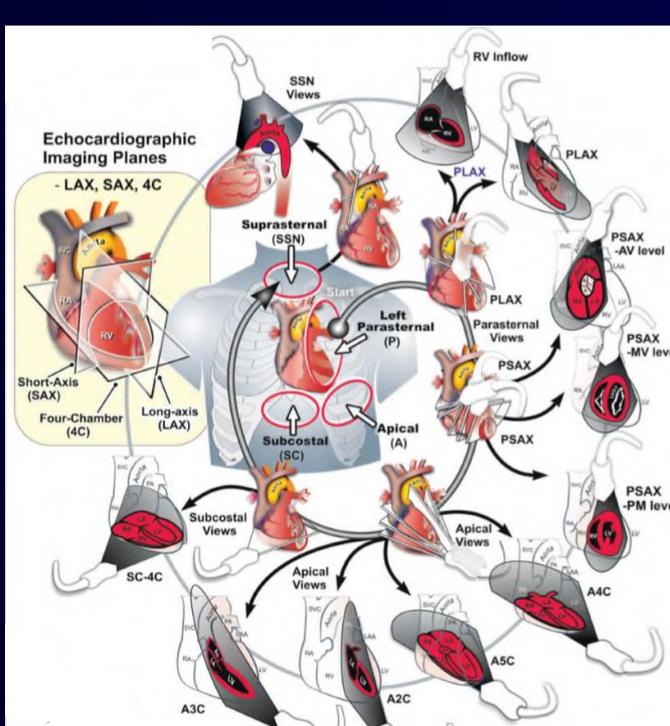
- Echi al di là delle strutture cardiache, per il ritardo con cui essi sono ricevuti

### Fasci spuri



# Ecocardiografia B mode

Nell'ecografia bidimensionale gli ultrasuoni si muovono su due dimensioni, così è possibile ottenere sezioni del cuore che si avvicinano alla sua reale configurazione anatomica

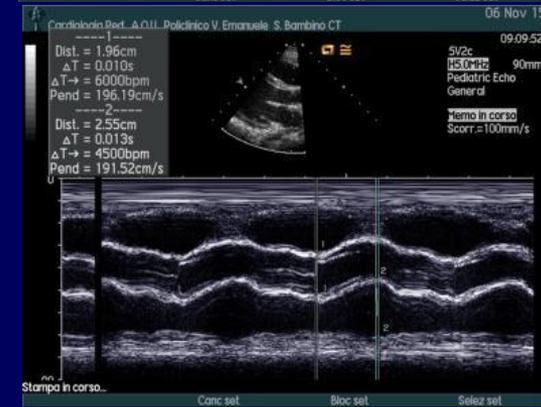
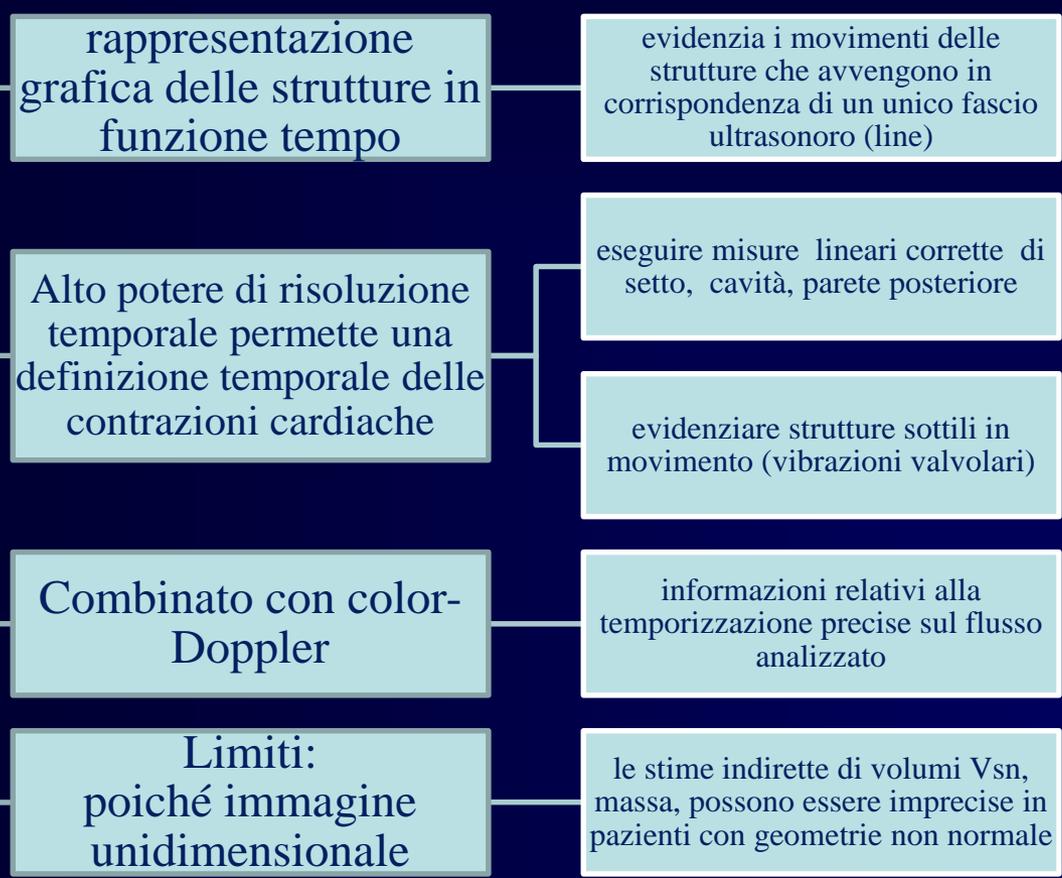


Funzione seguendo un percorso sequenziale è possibile avere:

Informazione sull'anatomia

Orientamento sulla fisiopatologia

# M-Mode



# Funzione Doppler

Utilizzata per valutare la velocità di strutture in movimento

In ecocardiografia viene applicata per analizzare  
velocità dei globuli rossi      velocità del miocardio ventricolare

Doppler pulsato

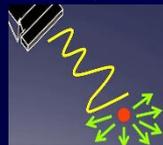
Doppler continuo

Doppler colore

Doppler tissutale colore

Doppler tissutale pulsato

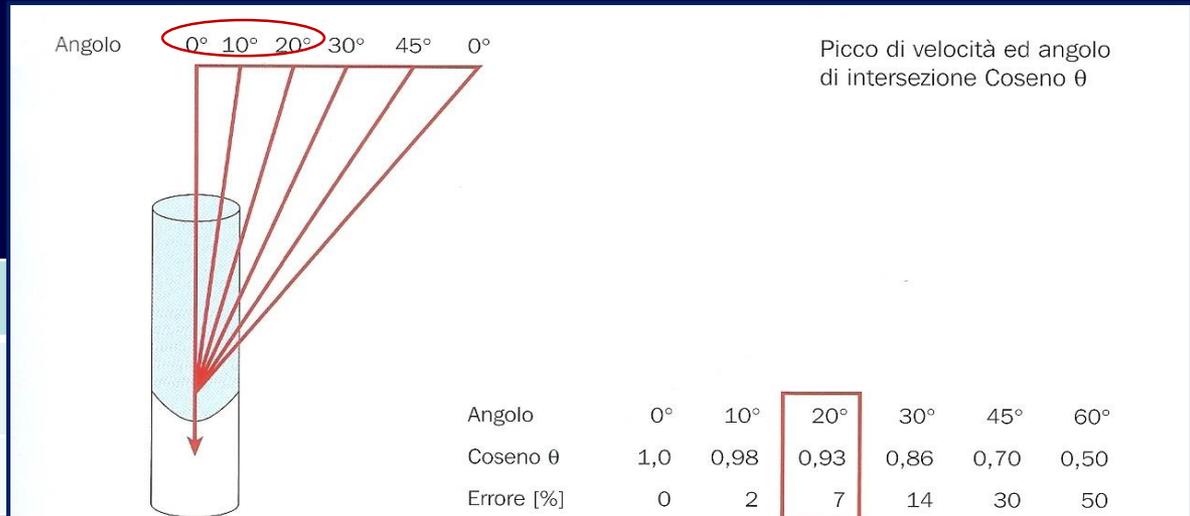
*Nota nel bidimensionale il flusso ematico è **anecogeno** l'energia si disperde in tutte le direzioni perché i globuli rossi sono molto piccoli molto al di sotto della lunghezza d'onda e non vengono colpiti dagli ultrasuoni (fenomeno della **diffrazione**)*



# Principio Doppler angolo trasduttore

- Gli ultrasuoni trasmesse dal trasduttore fisso colpiscono i globuli rossi in movimento ad una **Frequenza di trasmissione Ft**
- I globuli rossi in movimento colpiti, riflettono gli ultrasuoni al trasduttore **Frequenza di ricezione Fr**
- La velocità dei globuli rossi è data dalla seguente formula

$$V = \frac{c(Ft - Fr)}{2Ft (\cos \theta)}$$



## Regola

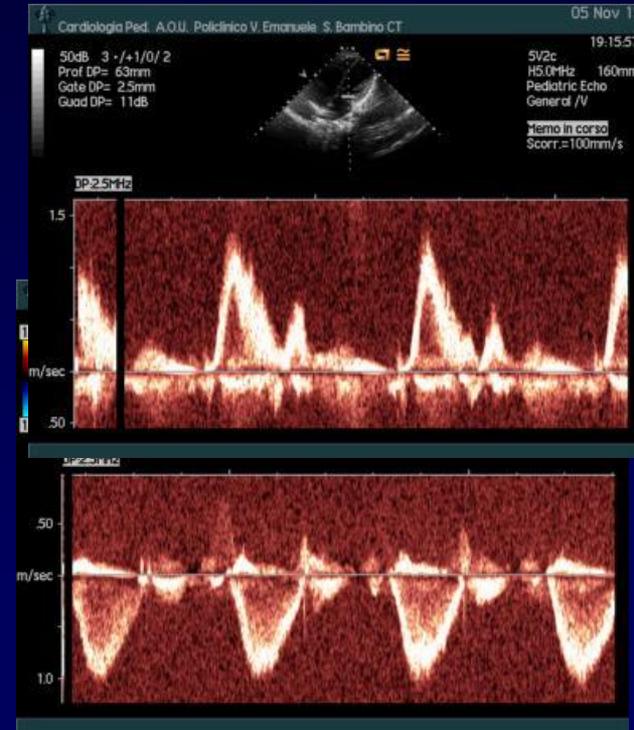
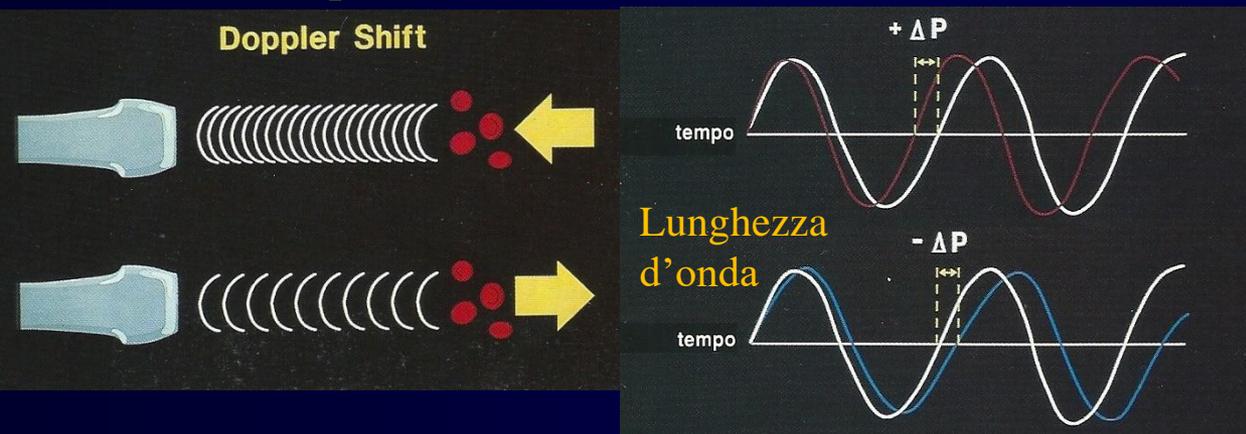
Per campionare un flusso è necessario disporsi più parallelamente possibile

## Fattore di correzione

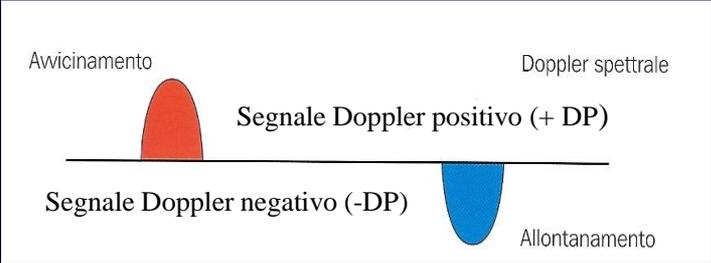
- Utilizzato per il Doppler vascolare periferico
- Non è valido per i flussi intracavitari

# Principio Doppler rappresentazione spettrale

- La Frequenza di ricezione del trasduttore rispetto alla frequenza di trasmissione è:
  - Molto più alta se movimento in avvicinamento
  - Molto più bassa se movimento in allontanamento

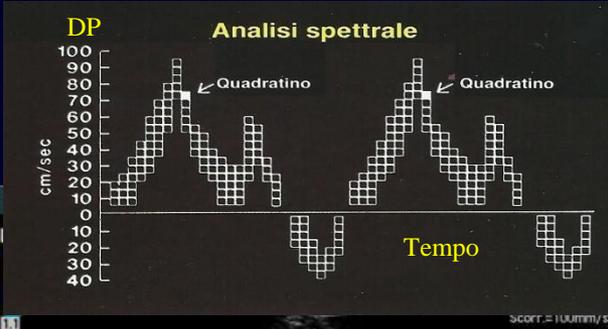


Variazioni di frequenza in base alla direzione del flusso

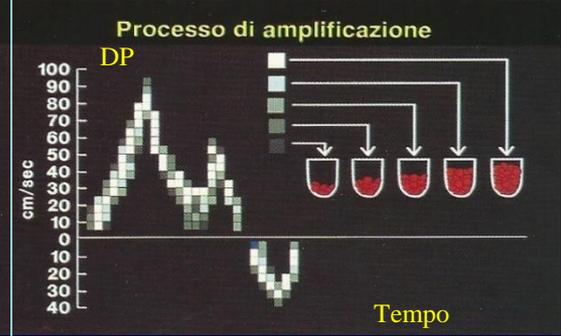


**Regola**  
 Onda positiva in avvicinamento  
 Onda negativa in allontanamento

# Principi Doppler Analisi spettrale e Processo di Amplificazione



Ogni punto dello Spettro Doppler corrisponde:  
**Direzione, Velocità, Ampiezza del flusso** (asse ordinate) in funzione tempo (asse ascisse)

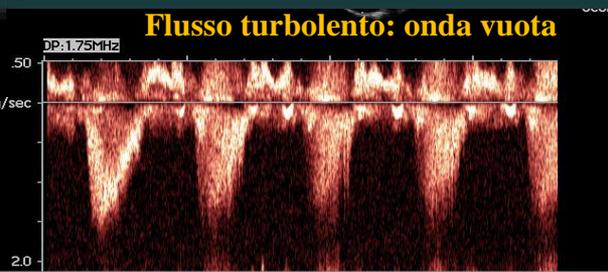


Flusso Laminare

I globuli rossi accelerano e decelerano alla stessa velocità

Registrazione spettrale pulita

Suono musicale



Flusso Turbolento

In caso di stenosi i globuli rossi hanno molteplici differenti velocità e direzioni

Registrazione spettrale ≠ velocità nello stesso momento

Suono rauco stridente

**Regola**  
Dal suono e dal tipo di curva riconoscere un flusso laminare da un flusso turbolento



# Doppler Pulsato

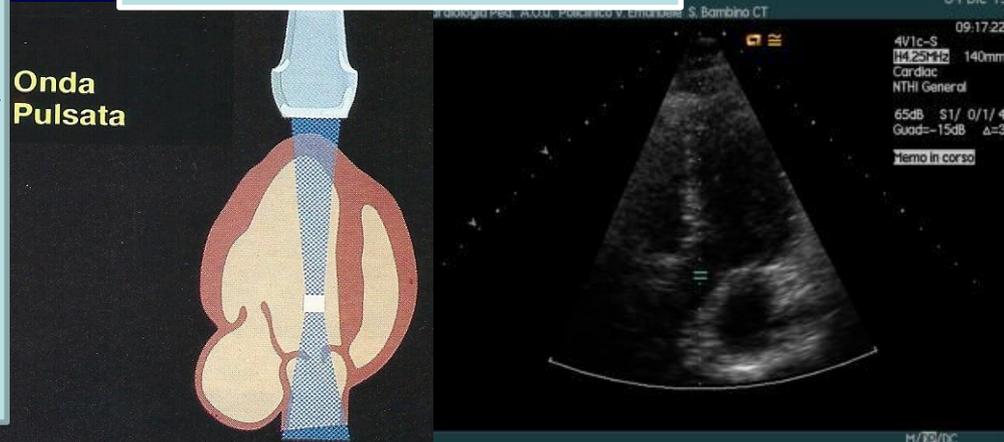
Registra velocità in punti d'interesse in basa alla posizione del volume campione (VC)

Il vc è visualizzato su una linea sull'immagine 2D, una volta attivato il pulsante Doppler l'immagine bidimensionale viene congelata e periodicamente aggiornata

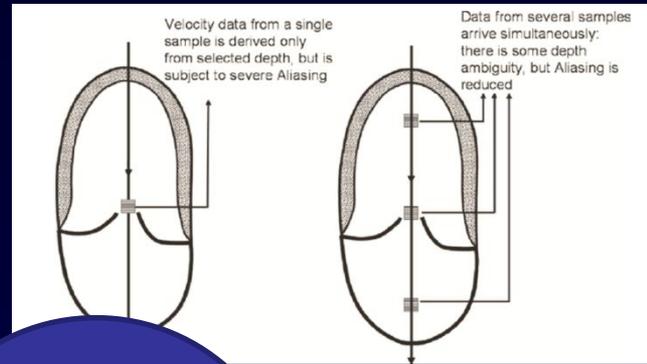
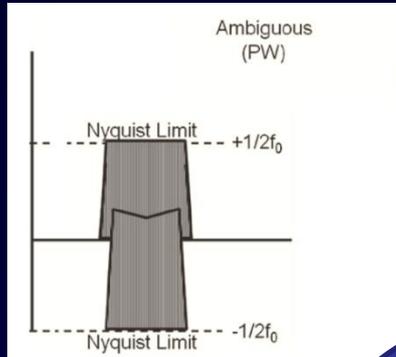
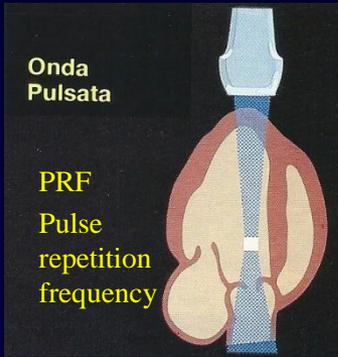
**range gating** (selezione della posizione spaziale): capacità di identificare un punto nello spazio dove originano gli ultrasuoni riflessi

**circuito range gate:** il trasduttore invia al VC un pacchetto di ultrasuoni a frequenza e intervalli costanti e alternativamente riceve gli ultrasuoni di ritorno

**Pulse repetition frequency (PRF)** numero di volte in un secondo cui viene inviato il pacchetto d'impulsi



**Regola Doppler pulsato**  
 Allineare il fascio ultrasonoro più parallelamente possibile al flusso da esaminare  
 Porre il volume campione, su immagine 2D, in prossimità della struttura d'analizzare  
 Volume campione piccolo o comunque inferiore al calibro vaso/valvola da indagare



# Frequenza di Nyquist

La massima velocità che può essere quantificata in un dato volume campione max velocità 1.5-2m/sec

sopra la quale si ha **effetto aliasing** (spetto Doppler interrotto alla frequenza di Nyquist il resto viene registrato nella parte opposta alla linea 0

direttamente correlata alla PRF (pari alla sua metà), che a sua volta è inversamente proporzionale alla distanza del volume campione al trasduttore

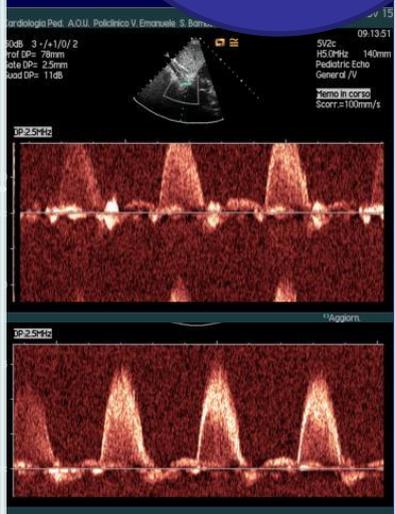
# Limite di Nyquist come superare

spostando la linea dello 0

Utilizzando sonde ad alta PRF (HPRF) o Doppler a gamma estesa

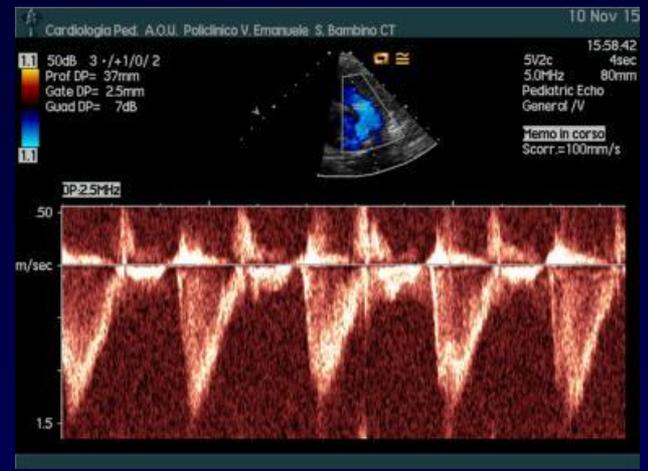
HPRF supera il limite dell'aliasing ma introduce un margine di errore di ambiguità di campionamento

Con la PRF raddoppiata, invece di riportare i dati di spostamento Doppler da un'unica profondità, arrivano contemporaneamente da più di un volume del campione, portando ad ambiguità

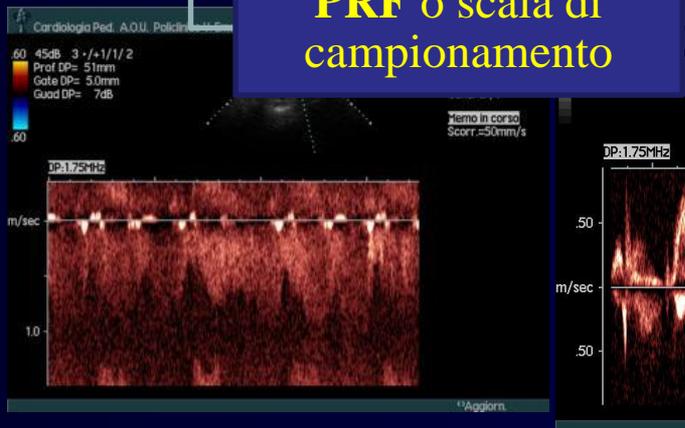


$$\text{Limite di Nyquist} = \frac{\text{numero di impulsi/secondo}}{2}$$

# Doppler Pulsato



- 7-20 cm/s flussi venosi;
- 40-60 cm/s valvole atrio-ventricolari;
- 50-90 cm/s semilunari aortica/polmonare



# Doppler continuo

Sull'immagine bidimensionale, si guida il fascio (line) all'interno di strutture in esame e si attiva la modalità Doppler Continuo con possibilità di passare alternativamente dal bidimensionale al Doppler continuo (DC)

Nella funzione Doppler Continuo

il trasduttore prevede elementi piezoelettrici dedicati alla:

trasmissione continua degli ultrasuoni con elevatissima frequenza di ripetizione (PRF)

ricezione continua degli ultrasuoni

Il sistema calcola in continuazione la differenza di frequenza fra impulsi inviati e quelli ricevuti cioè la velocità massima di tutto ciò che si trova lungo il percorso degli ultrasuoni

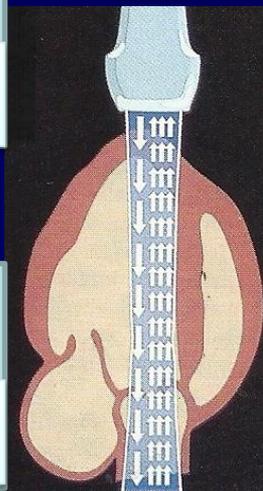
Vantaggi: Capacità di misurare alte velocità

Svantaggi: non discrimina la profondità perché il campionamento viene fatto lungo tutto il fascio

Rappresentazione spettrale del Doppler continuo come il Doppler pulsato

con deflessione negativa se flusso in allontanamento

con deflessione positiva se flusso in avvicinamento



# Doppler continuo

Linea Campione parallela con il flusso da campionare (^ 0-20°)

Usare la frequenza minima possibile

Senza peggiorare lo sfondo

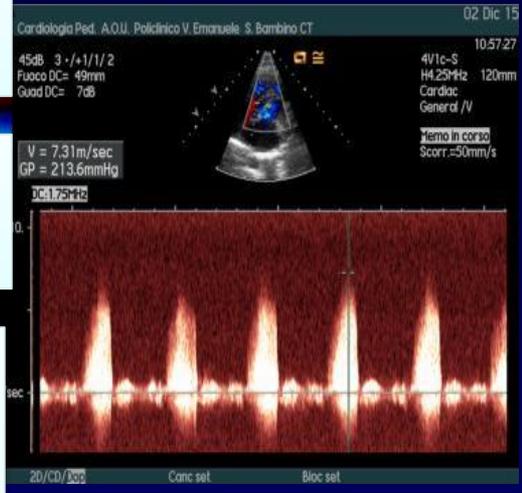
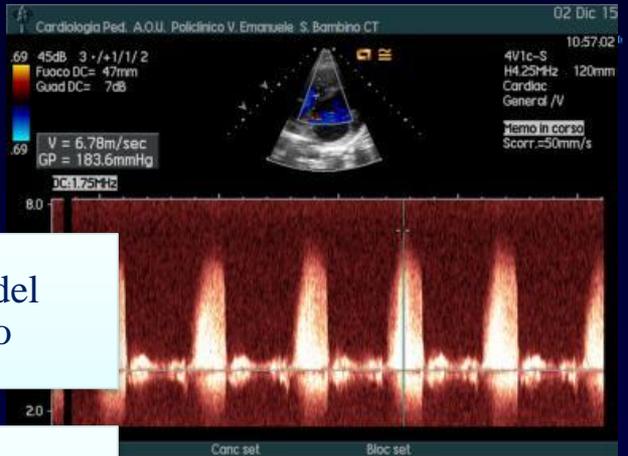
Per segnali deboli spostare il repere del continuo aumenta la sensibilità del Doppler

Rischio sottostima del gradiente massimo

Rischio sovrastimare il gradiente

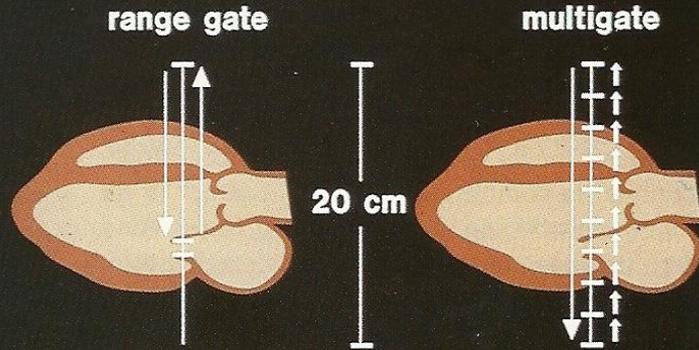
Per velocità in aliasing, spostare prima la linea dello 0 e dopo aumentare la PRF

compressione massima  
 reiezione minima  
 Filtro alto 300Hz  
 guadagno minimo (I-II) di grigio



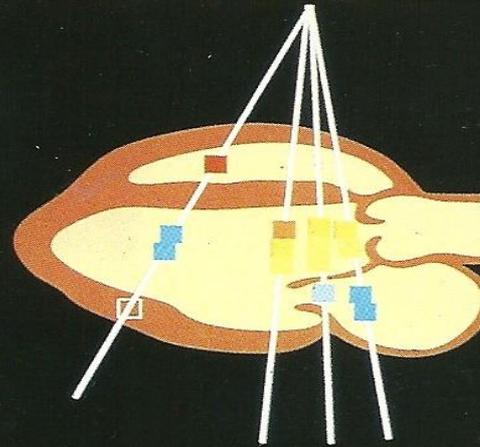
# Doppler colore

## Doppler pulsato

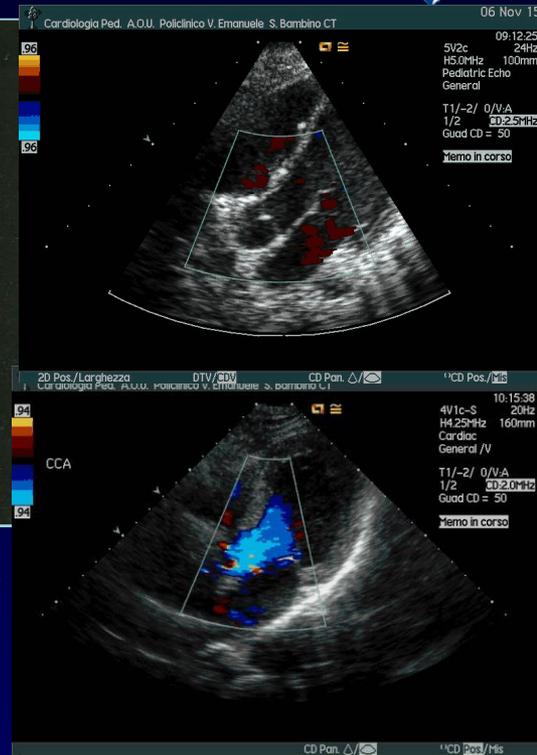


Il Doppler colore segue gli stessi principi del Doppler pulsato, in formato multigate invece che in range gate

## Gate multipli



In ogni linea sono presenti centinaia di gate che si traducono in immagine colore  
 Nei gate dove sono presenti strutture anatomiche il colore non è rappresentato



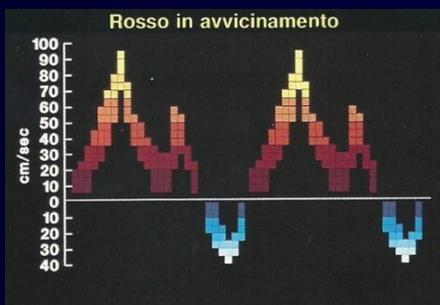
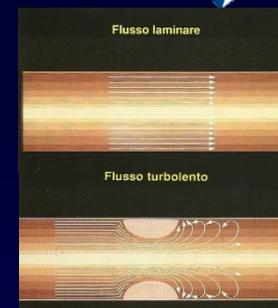
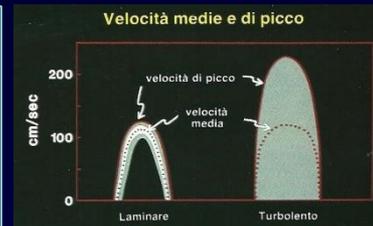
Utilizzato per convenzione  
**rosso** avvicinamento  
**Blu** allontanamento

Messaggio: I colori, sovrapposti alle immagine bidimensionale, sono funzioni di direzione e velocità del flusso ematico

# Doppler colore

Il colore in ogni gate è la velocità media, in ogni istante del tempo e direzionalità, del flusso

Flusso laminare: la velocità media = alla massima



La velocità di flusso è espressa dalle diverse tonalità di colore

Alta velocità tonalità più chiara

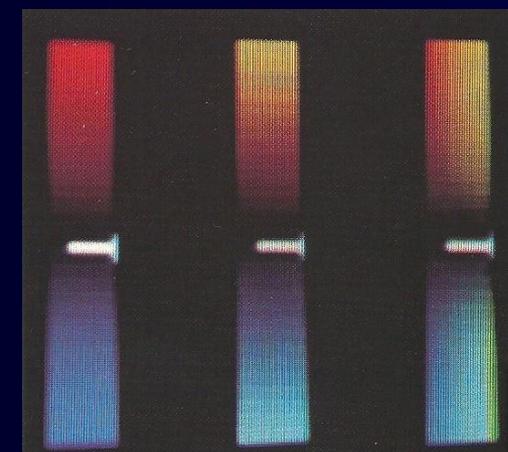
Bassa velocità tonalità più scura



## La varianza

Esprime il grado con cui le velocità all'interno di un volume campione differiscono dalla velocità media dello stesso campione

Flusso turbolento alta varianza



## Mappe di colore

Assenza di flusso nero

Banda di centro mappa amplificata

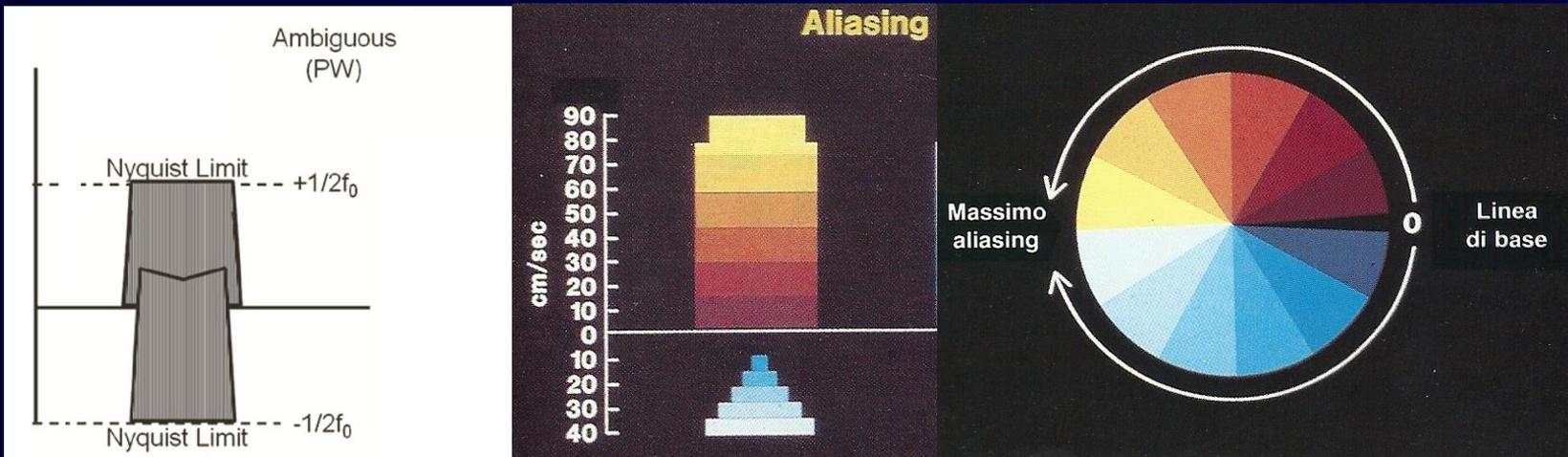
Banda di destra mappa varianza\*

\* Identificatori di turbolenza: tonalità di verde/giallo quando presente una spiccata varianza nella velocità ematica

# Doppler Colore Fenomeno aliasing

Aliasing è associato a flussi ad elevata velocità/turbolenti

L'immagine in aliasing appare come un mosaico di tonalità molto più chiare sino a virare all'inversione di colore



## Limiti di Nyquist

Rappresentazione spettrale di un flusso a colori si potrebbe notare

1. Flusso in avvicinamento in aliasing fuori scala
2. Flusso in aliasing nel canale opposto invertito di colore

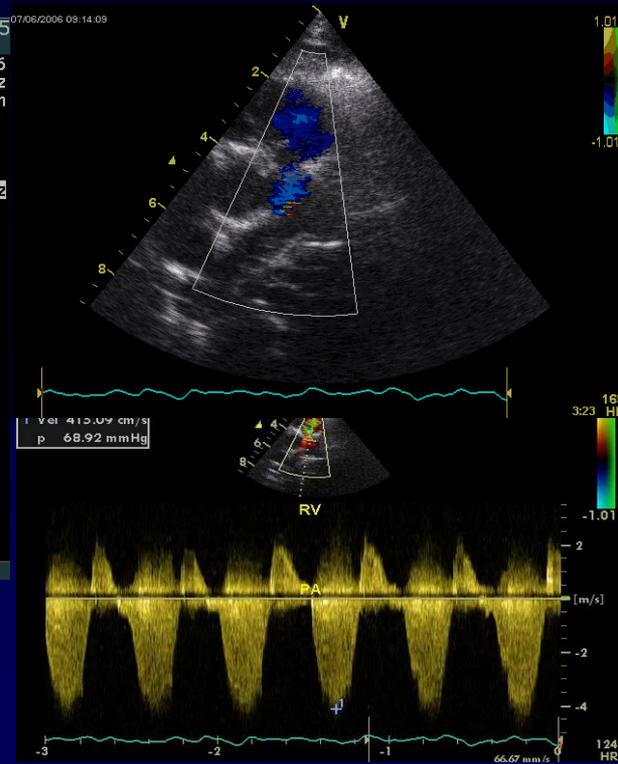
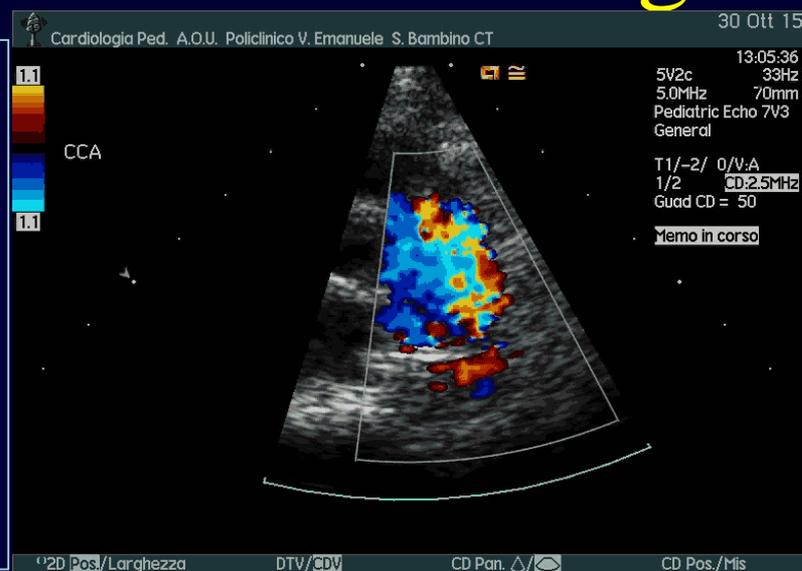
# Doppler colore aliasing

## Doppler pulsato

risulta un limite

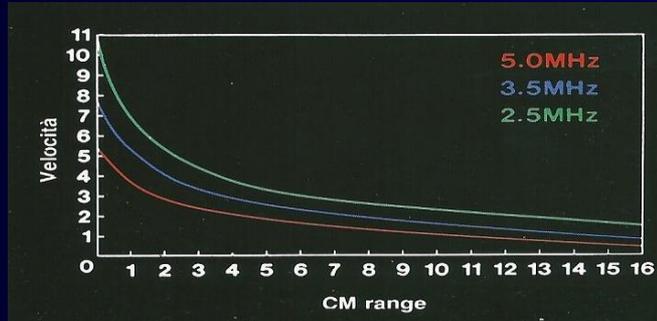
## Doppler colore:

permette di  
 riconoscere, in  
 maniera rapida, aree  
 di turbolenza: stenosi-  
 rigurgiti-shunt



## Aliasing Fonte di Errore

Aliasing: dipende dalla frequenza e profondità degli ultrasuoni dal trasduttore

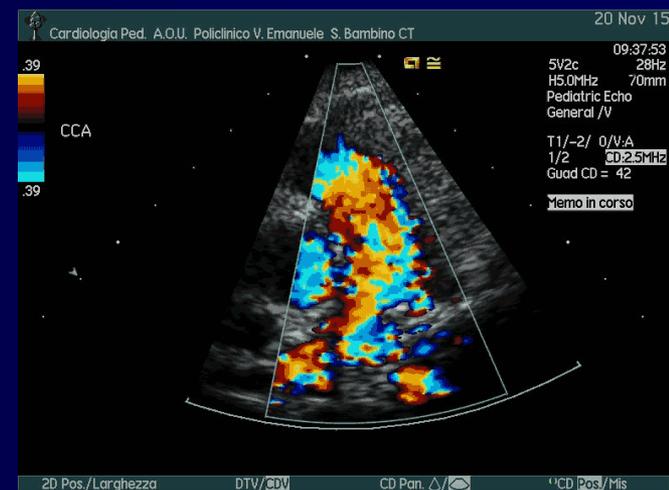
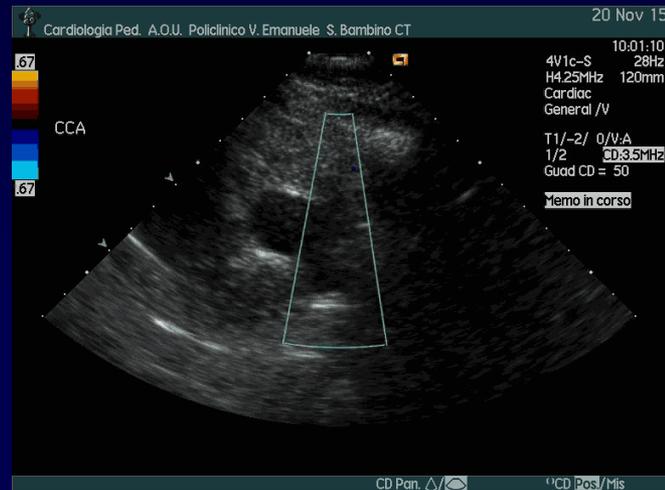
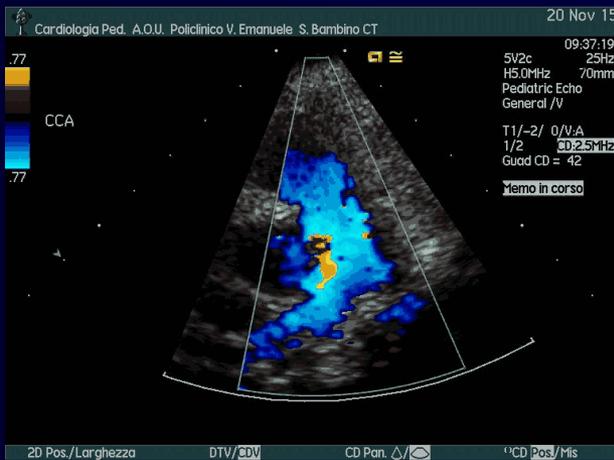


Limite delle velocità di picco, per i diversi trasduttori, alle diverse profondità registrate senza aliasing

più lontano si arriva nel tessuto, più bassa è la velocità che può essere misurata con accuratezza

# Aliasing Fonte di Errore

La rappresentazione a colore dei flussi dipende dalla frequenza del trasduttore usato  
 Flussi normali possono essere rappresentati in aliasing da uso di trasduttore sbagliato



# Doppler colore



## artefatti

Non strettamente necessario un orientamento parallelo al flusso da esaminare

Gain colore massimo prima della comparsa degli artefatti non sovrastima

Sottostima del segnale  
Guadagno basso

Rumore di fondo colore a chiazze interno del settore per guadagno alto



Box Colore stretto registrazione più fedele delle informazione

Arco intero, maggior tempo di analisi con conseguente

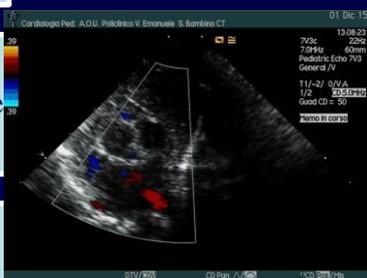
Qualità immagine inferiore per riduzione densità linee

**PRF**  
alta 50-90 cm/sec distretto cardiaco e grandi vasi  
bassa 7-20 cm/sec distretto venoso

scala bassa aliasing  
scala alta  
flusso non visualizzato

distorsioni temporali dei pattern di flusso per riduzione frequenza dell'immagine

aliasing a velocità più basse  
Range di profondità aumentato fa diminuire la PRF e il limite di Nyquist

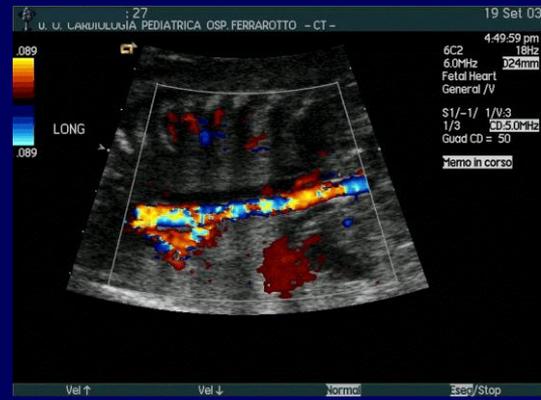


Filtro di Parete alto 150-300 Hz in modo che non vengano registrati movimenti dei setti e delle valvole ma solo dei flussi sanguigni

Persistenza minima

Interferenza elettronica artefatti lineari esterni all'immagine 2D

Rane dinamico colore alto



# Funzione Doppler

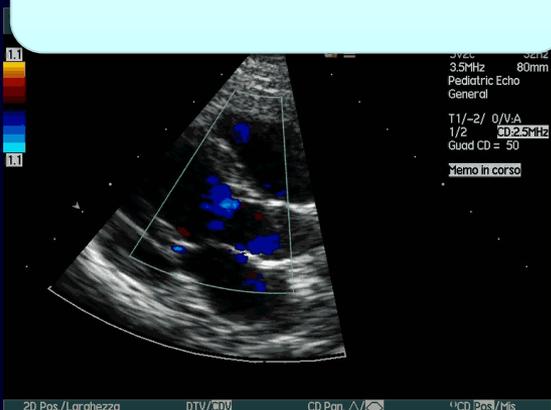
## Doppler colore

### Vantaggi:

- Informazione colore direttamente su B-mode
- Immediata valutazione di flussi normali o anormali, eccentrici

### Svantaggi:

- Manca di rappresentazione spettrale o temporale
- Non da informazioni quantitative



## Doppler Pulsato

### Vantaggi:

- identifica in maniera precisa la sede di flussi turbolenti
- La distribuzione nel tempo degli eventi di flusso

### Svantaggi:

- Segnale Doppler ed immagine 2D in contemporanea
- Limite di Nyquist: manca di informazioni quantitative per le alte velocità



## Doppler continuo

### Vantaggi:

- Capacità di registrare velocità molto alte senza limite

### Svantaggi:

- Non è possibile localizzare la sede ad alta velocità con precisione



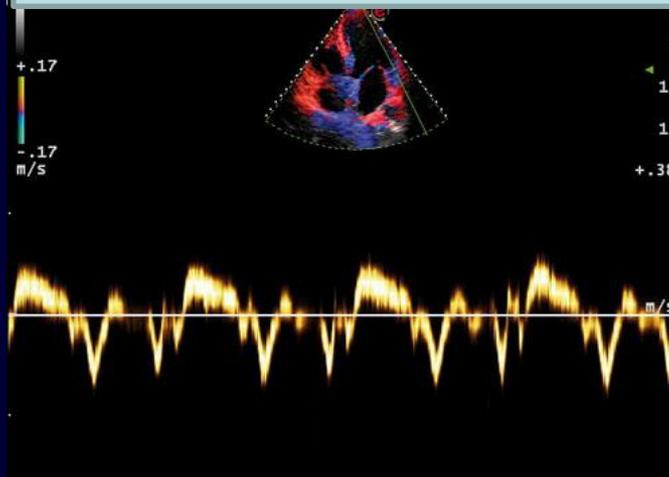
# Doppler Tissutale colore e pulsato

## Indici di Funzione globale sistolica e diastolica

Doppler tissutale colore e pulsato

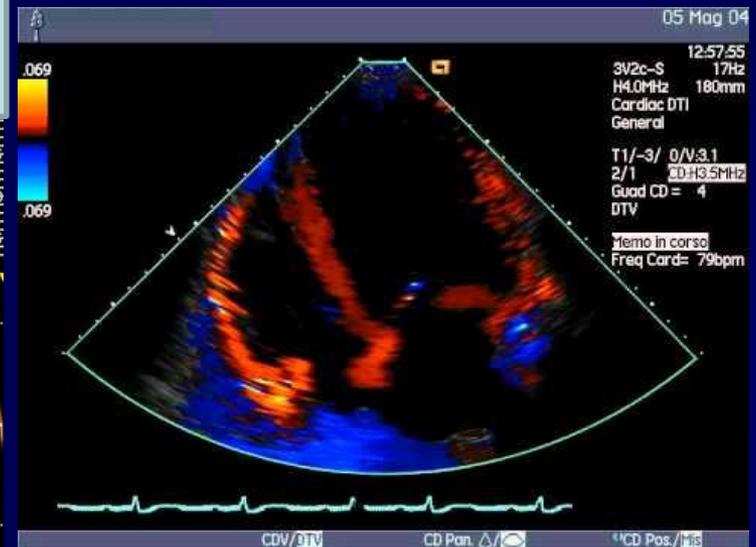
Pulsato: Misura velocità sisto-  
 diastoliche delle pareti  
 valutazione funzione longitudinale  
 globale dei ventricoli

Colore le velocità miocardiche è  
 superimpostata alla scala di grigi  
 mono e bidimensionale indicatore di  
 direzione e velocità di movimento



Dall'approccio apicale in  
 corrispondenza anello mitralico  
 sezione 4-2-3 camere valutazione  
 ventricolo sinistro

Dall'approccio apicale  
 Corrispondenza anello tricuspide il  
 movimento globale del ventricolo  
 destro



# Le sette regole del prof. Norman H. Silverman



1. Imaging Quality
2. Imaging Quality
3. Imaging Quality
4. Imaging Quality
5. Imaging Quality
6. Imaging Quality
7. Imaging Quality

# GRAZIE!

**Agrigento 9-10 Dicembre 2015**