



DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE E TECNOLOGIE
DELL'INFORMAZIONE E DELLA COMUNICAZIONE



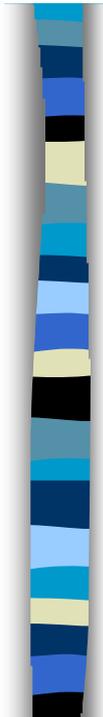
Ecografia



Dott. Ing. Laura Bruzzo
Tutor Aziendale: Dott.Ing. Marco Brusacà
Esaote S.p.A.: Laboratorio ultrasuoni

Gli ultrasuoni

- La dizione ultrasuonodiagnostica accomuna un insieme di tecniche utilizzando fasci ultrasonori (US) con finalità di ottenere informazioni diagnostiche:
 - morfologiche
 - parametriche
 - funzionalisulle strutture corporee incontrate



Gli ultrasuoni

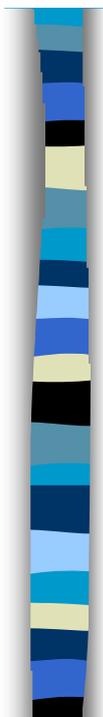
■ Pregi dell'ecografia medica:

- Pressoché assoluta innocuità
- La praticità e la rapidità di realizzazione delle indagini, effettuabili anche con apparecchiature portatili al letto del paziente o al tavolo operatorio
- Il costo globale contenuto, sia per quanto concerne l'acquisto e la manutenzione dell'apparecchiatura, sia per quanto concerne il consumo di materiali

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

3



Gli ultrasuoni

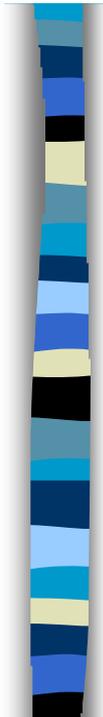
■ Difetti dell'ecografia medica:

- Notevole dipendenza del risultato dalla perizia dell'operatore
- Si evidenzia inoltre la necessità continua
 - di adattare la direzione di puntamento del trasduttore per dimostrare reperti altrimenti non visibili

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

4



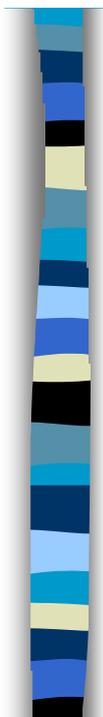
Gli ultrasuoni

- di utilizzare nella forma più opportuna i dispositivi di controllo dei circuiti elettronici che trattano i segnali prodotti dagli echi di ritorno
- di interpretare l'immagine in "tempo reale", prospettando in maniera concreta un *intergioco complesso tra operatore, macchina e paziente*

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

5



Evoluzione degli ultrasuoni

L'introduzione clinica dell'ecografia risale agli anni '60, ma solo a partire dalla seconda metà degli anni '70 la tecnologia degli US ha iniziato ad evolvere in maniera rapida

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

6

Ultrasuoni: evoluzione

- Si è arrivati alla scansione dinamica in tempo reale
- Da immagini costituite da solo punti neri o bianchi, senza grigi intermedi, limitate nella loro utilità diagnostica alla differenziazione di masse liquide da masse solide (*immagini bistabili*)



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

7

Ultrasuoni: evoluzione



si è costituita una rappresentazione dotata di un'ampia gamma tonale in modo da poter definire

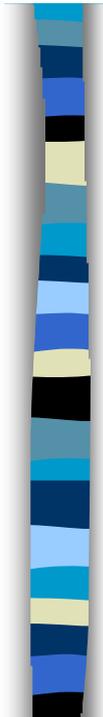
- gli aspetti ecostrutturali degli organi
- le componenti corpuscolari nel contesto di rilievi liquidi

Quindi le immagini con scala dei grigi

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

8



Applicazioni

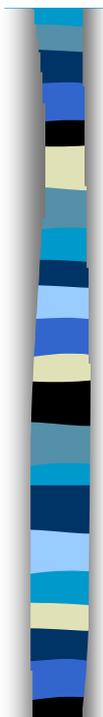
I campi di applicazione dell'ecotomografia si sono progressivamente estesi:

- studio di dettaglio di strutture e organi superficiali
- esplorazione per via endocavitaria
- misurazione della velocità dei flussi vascolari (sistemi eco-Doppler e color-Doppler)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

9



Applicazioni

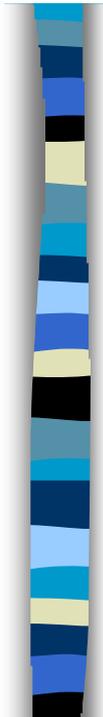
Accanto all'uso propriamente internistico dell'ultrasonodiagnostica (**ecografia internistica**) si sono sviluppate:

- Ecografia ostetrico-ginecologica
- Ecografia oculistica
- Ecocardiografia
- Ecografia vascolare
- Ecografia intraperatoria e perendoscopica

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

10



Ultrasuoni

Suono

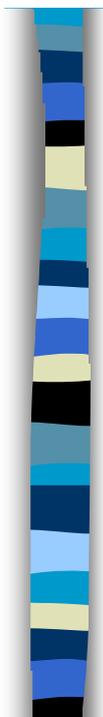
β

Energia meccanica trasmessa
attraverso un mezzo

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

11



Ultrasuoni

Le misure sono riferite non alla
componente “trasmessa” del fascio ma
a quella riflessa

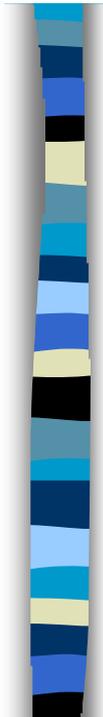
β

prefisso **ECO**

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

12



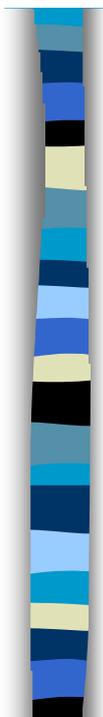
Le onde

- Oscillazione o vibrazione: processo che comporta una variazione di uno stato fisico
- Se la variazione si propaga nello spazio o nella materia si dice che dall'oscillazione iniziale si origina un'onda

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

13



Le onde

- Le onde sonore sono oscillazioni meccaniche elastiche della materia che si propagano nei mezzi materiali, siano essi solidi, liquidi o gassosi.
- Si definiscono ULTRASUONI le onde sonore con frequenza comprese tra 1 e 20 milioni di Hz (20.000 Hz = limite massimo di percepibilità dell'orecchio umano)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

14

Le onde

- Cambiamenti periodici nella pressione del mezzo (acqua, aria o altro) sono generati da forze agenti sulle molecole, causandone l'oscillazione attorno ad una posizione principale
- La variazione periodica dello stato fisico nel caso delle onde ultrasonore consiste nella **variazione della pressione e della densità del mezzo elastico** in cui queste si propagano

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

15

Le onde

- Una sorgente ultrasonora induce una sequenza coordinata di compressioni e rarefazioni del mezzo in cui si trova, facendo sì che le particelle del mezzo siano forzate ad oscillare con frequenze definite attorno alla loro posizione di equilibrio
- Il moto indotto è **oscillatorio** e la propagazione degli US equivale alla propagazione di un moto ondulatorio generante, nel mezzo attraversato, bande alternate di compressione e rarefazione delle particelle che lo costituiscono

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

16

Le onde

In un'onda trasversale le particelle del fluido si muovono in direzione perpendicolare alla propagazione



In un'onda longitudinale lo spostamento è parallelo alla propagazione



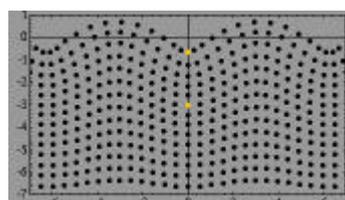
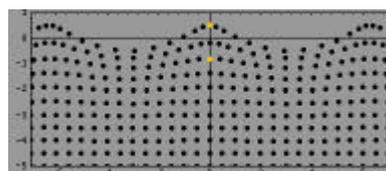
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

17

Altri tipi di onde

- Onde marine
 - Il raggio dei cerchi diminuisce all'aumentare della profondità
- Onde superficiali di Rayleigh
 - le particelle alla superficie descrivono un'ellisse anti-oraria, le particelle più profonde di $1/5$ della lunghezza d'onda descrivono un'ellisse in senso orario



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

18

Parametri dell'onda acustica

Le grandezze che assumono rilievo nell'uso clinico degli US sono fundamentalmente cinque:

1. **Frequenza (ν)** = numero di cicli di compressione e rarefazione espletati nell'unità di tempo, la cui misura è l'Hertz (Hz)
1 Hz = 1 ciclo/s

Il reciproco della frequenza, detto **periodo (T)** rappresenta il tempo impiegato per percorrere una distanza pari alla lunghezza d'onda (dell'ordine dei decimi di microsecondo)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

19

Parametri dell'onda acustica

2. **lunghezza d'onda (λ)** = distanza tra due successive bande di compressione o rarefazione (0.07 ÷ 1.5 mm)
3. **Velocità di propagazione del fascio (c)** dipendente criticamente dalla densità e dalla compressibilità del mezzo attraversato
4. **Intensità del fascio**, che esprime la quantità di energia che attraversa nell'unità di tempo una superficie unitaria disposta ortogonalmente rispetto alla direzione di propagazione del fascio (W/m^2 ossia J/m^2s)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

20

Parametri dell'onda acustica

La **potenza del fascio** (espressa in W) esprime invece, la quantità di energia trasportata dal fascio di US nell'unità di tempo

5. **Impedenza acustica (Z)**, grandezza tipica del mezzo attraversato dal fascio di US. Fornisce una misura delle forze che si oppongono alla propagazione dell'onda sonora. L'unità di misura è il Rayl (Kg/ m²s)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

21

Parametri dell'onda acustica

L'impedenza è il rapporto fra forza e velocità. La forza per unità di area è la pressione, pertanto l'impedenza acustica specifica è definita come:

$$Z = \frac{p}{u}$$

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

22

Parametri dell'onda acustica

La **densità di energia** è definita come $e_i = \frac{dE}{dV_0}$

e la **densità media di energia** è $e \equiv \frac{1}{T} \int_0^T e_i dt$

l'**intensità acustica** è il flusso medio di energia attraverso un'area unitaria perpendicolare alla direzione di propagazione

$$I = ce$$

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

23

Parametri dell'onda acustica

- Esempio di onda ultrasonora (1MHz, 100 mW/cm² in acqua)
 - $\lambda = 1.5$ mm
 - spostamento massimo 0.006 μm (1/250 of λ)
 - velocità massima delle particelle 4 cm/s
 - pressione di picco 1.8 atm
 - equivalente calorico 0.024 cal/(s cm²) (40 s per un innalzamento di temperatura di 1°C)

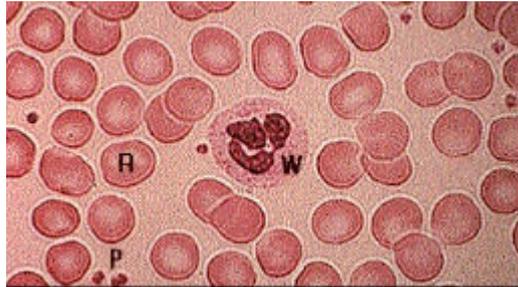
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

25

Ultrasuoni e materia vivente

- Diametro tipico di una cellula 10-100 μm
- Spessore della membrana cellulare 10 nm
- Lunghezza d'onda tipica 0.5 mm
- Spostamento massimo 6 nm

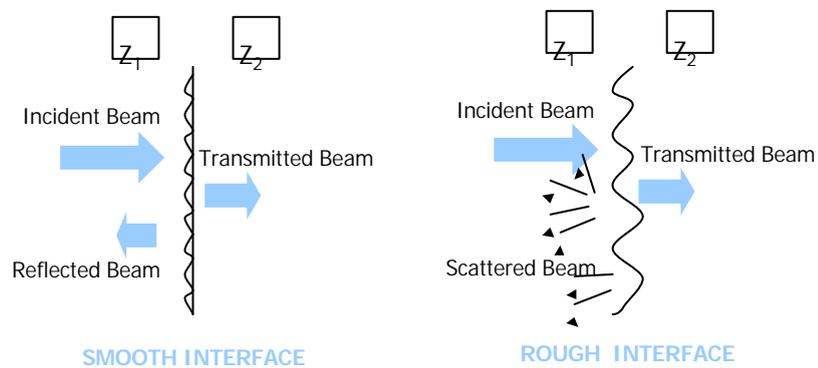


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

26

Riflessione e scattering



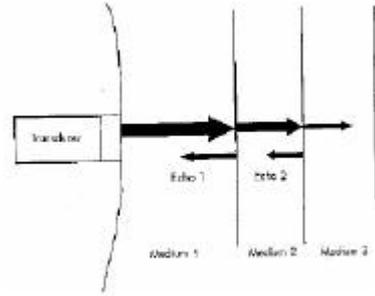
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

27

Riflessione e scattering

Quando un fascio di onde acustiche incontra più superfici lungo il suo percorso, ad ogni superficie di separazione si ha una riflessione ed una rifrazione. Quello che riceve un eventuale trasduttore è quindi una serie di echi.



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

28

Riflessione e scattering

- La riflessione dipende dalla differenza di impedenza
- L'impedenza è il rapporto fra forza e velocità
 $Z = \rho c$

Grasso	1.38E+06
Muscolo	1.70E+06
Aria	394.35
Osso	7.00E+06

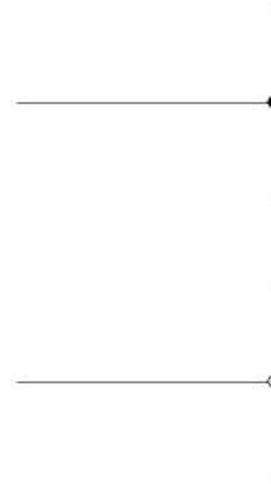
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

29

Riflessione e scattering

- Una impedenza elevata provoca l'inversione dell'onda
- Una impedenza bassa provoca una riflessione dello stesso segno



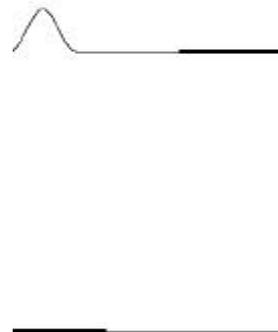
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

30

Riflessione e scattering

- La velocità di propagazione dipende dall'impedenza caratteristica del mezzo.
- Se si ha una variazione di impedenza si ha una riflessione parziale.



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

31

Riflessione e scattering

Intensità dell'onda riflessa

$$R = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Dall'aria al muscolo 99.9%

Dal muscolo all'osso 37.1%

Intensità dell'onda trasmessa

$$T = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Dal muscolo al grasso 98.9%

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

32

Speckle

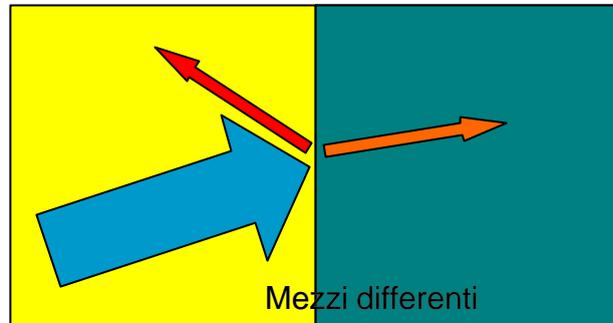
- Le immagini ultrasonore sono caratterizzate dallo "speckle": una peculiarità di tutti i sistemi di imaging coerente.
- Lo speckle è il risultato dell'interferenza fra le riflessioni di molti scatterer nella cella di risoluzione.

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

33

Fasci ultrasonori



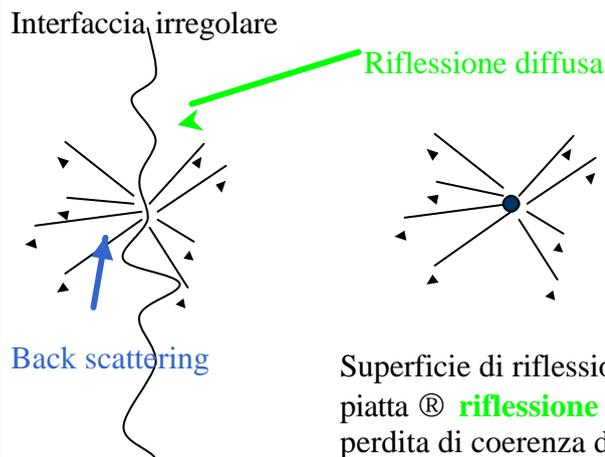
- █ Fascio incidente
- █ Fascio rifleso
- █ Fascio trasmesso
- █ Fascio rifratto

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

34

Diffusione

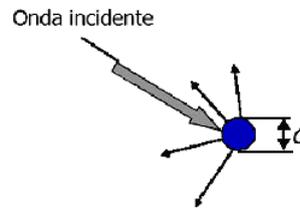
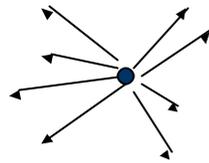


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

35

Scattering



Scattering (diffusori)

→ dimensioni più piccole della lunghezza d'onda (p.e. globuli rossi)

→ *riflessione minima*

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

36

Speckle

Gli scatteratori sono:

- Molto numerosi
- Posizionati in modo più o meno random nei tessuti
- Vicini tra di loro



l'immagine ecografica risultante è la rappresentazione del segnale ecografico in cui interferiscono i gruppi di scatterer

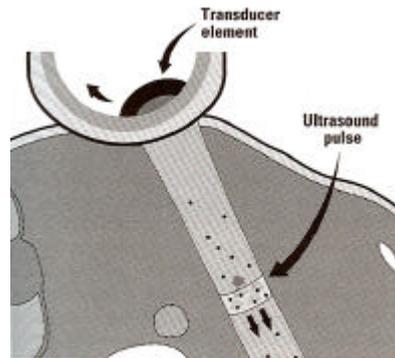
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

37

Speckle

- Il fascio di onde acustiche incontra più superfici lungo il suo percorso, ad ogni superficie di separazione si ha una riflessione ed una rifrazione
- Trasduttore riceve una serie di echi
- Parte del fascio incidente subisce scattering e torna alla sonda (quasi) contemporaneamente alla parte del fascio riflessa
- L'influenza dello scattering dipende dalla predominanza dell'interferenza distruttiva o costruttiva
- La posizione degli scatterer influisce sull'interferenza
- Rifrazione \otimes ulteriore perdita risoluzione in US



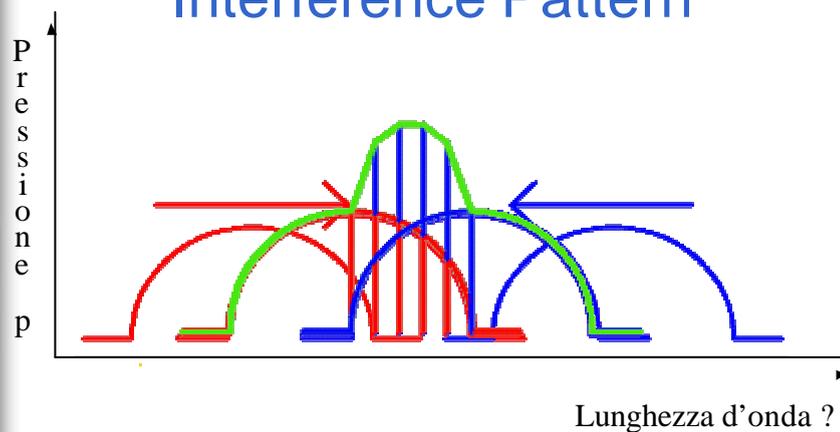
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

38

Speckle

Interference Pattern



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

39

Un esempio di speckle

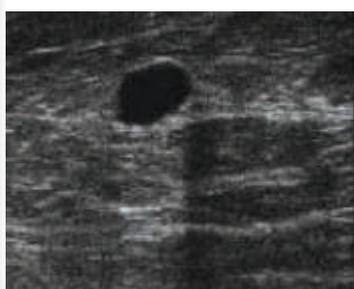


28-Maggio-04

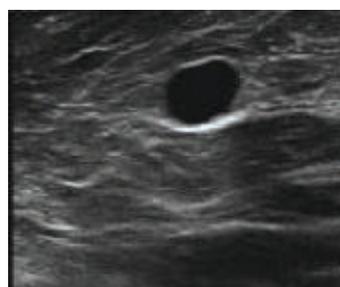
DIST Università di Genova

40

Un esempio di speckle



Pattern granulari

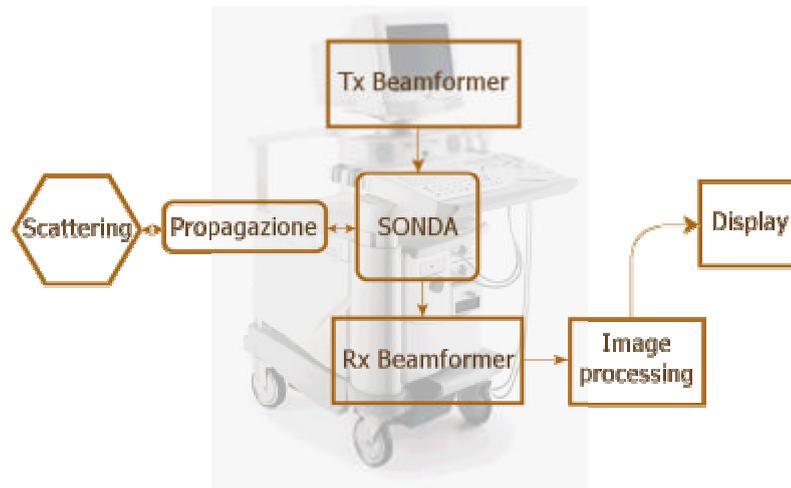


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

41

Anatomia di un ecografo



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

42

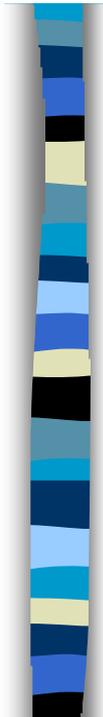
Struttura di base di un ecografo

1. Trasduttore
2. Sistema elettronico
3. Convertitore di scansione
4. Sistema di visualizzazione e di registrazione

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

43



1. Trasduttore

- Genera e trasmette l'impulso di US
- Riceve gli echi di ritorno

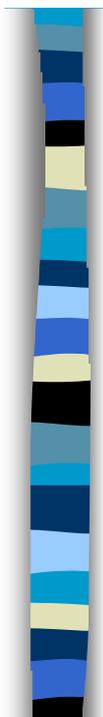
2. Sistema elettronico

- Pilota il trasduttore nel suo ciclo elettroacustico
- Genera l'impulso elettrico di eccitazione
- Riceve il segnale elettrico prodotto dall'eco di ritorno

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

44

- 
- Digitalizza (A/D) e memorizza i dati man mano che la scansione procede
 - Elabora il segnale ed estrae informazioni

3. Convertitore di scansione

- Converte i dati nel formato necessario per la formazione dell'immagine o del tracciato

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

45

4. Sistema di visualizzazione e di registrazione

- Visualizza l'immagine o il tracciato
- Registra l'immagine o il tracciato

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

46

Ciclo elettroacustico del trasduttore

- Il **trasduttore** accentra su di sé la duplice funzione di *TRASMETTITORE* e *RICEVITORE*



emette il treno di US
riceve gli echi di ritorno

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

47

Ciclo elettroacustico del trasduttore

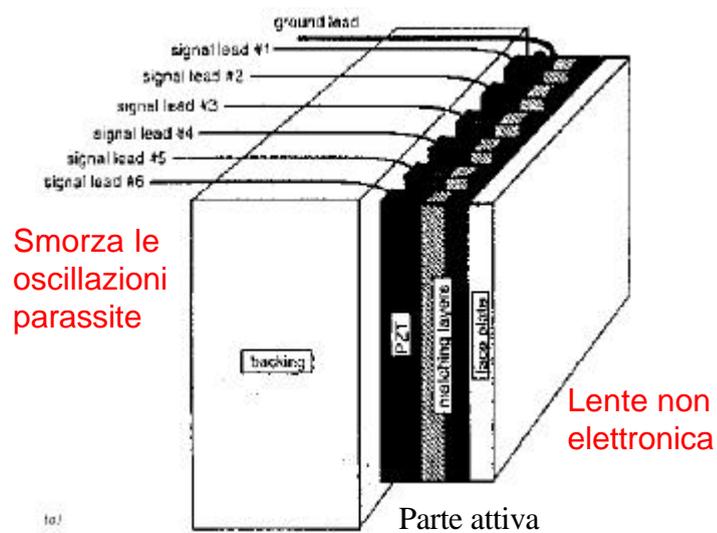
- Il ciclo è costituito da tre fasi indipendenti:
 1. **La fase di trasmissione**, nella quale ha luogo l'emissione dell'impulso ultrasonoro
 2. **La fase di ricezione**, nella quale sono ricevuti gli echi di ritorno
 3. **La fase di azzeramento** del sistema

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

48

Il trasduttore

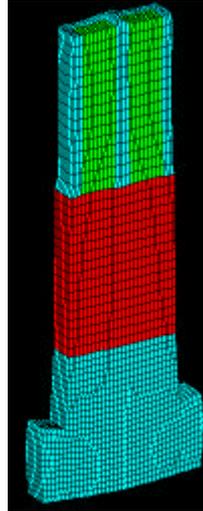
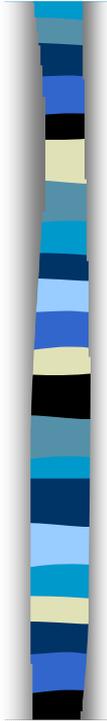


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

49

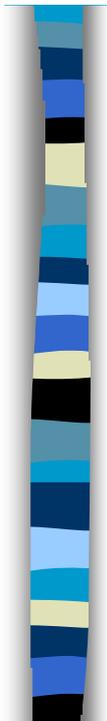
Un elemento del trasduttore



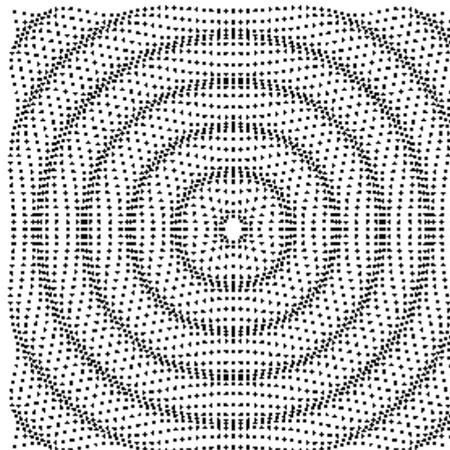
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

50



- Il suono emanato da un singolo elemento si diffonde in modo sferico o cilindrico

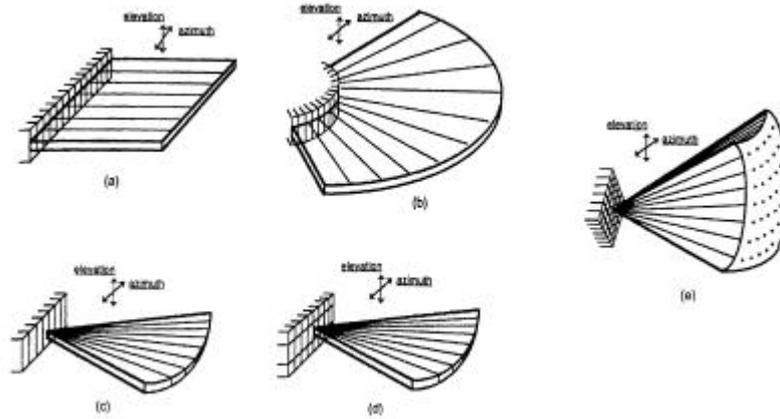


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

51

I vari tipi di trasduttore



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

52

I vari tipi di trasduttore



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

53

CA421 5-2

- Convex Array
- 40 mm
- 82.5° Field of view
- B-mode frequencies
5.0/4.0/3.5/2.5 MHz
- Doppler frequencies
3.6/2.8 MHz
- 192 elementi
- 145 g



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

54

CA621 7-2

- Convex Array
- 60 mm
- 61° Field of view
- B-mode frequencies
7.0/4.5/3.5/2.5 MHz
- Doppler frequencies
3.6/2.8 MHz
- 127 g



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

55

Convex



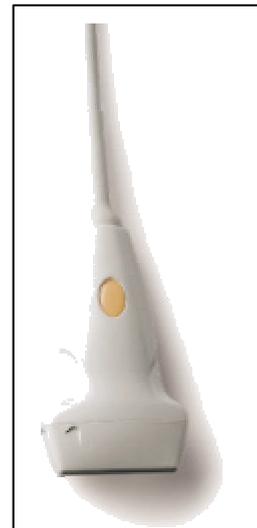
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

56

LA523 10-5

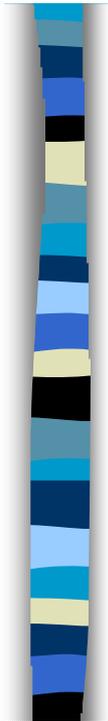
- Linear Array
- 50 mm Field of view
- B-mode frequencies
10/8.5/7.5/5.5 MHz
- Doppler frequencies
7.1/6.3/5.6 MHz
- 192 elementi
- 100 g



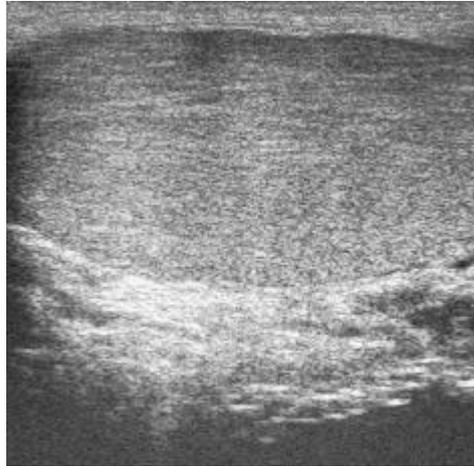
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

57



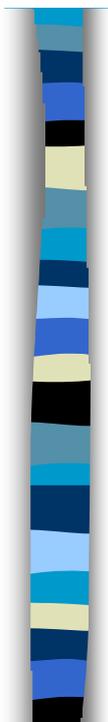
Linear



28-Maggio-04

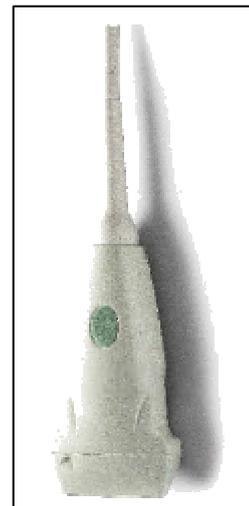
DIST Università di Genova

58



LA424 14-8

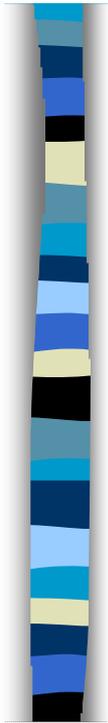
- Linear Array
- 40 mm Field of view
- B-mode frequencies
13.0/10.0/8.5/7.5 MHz
- Doppler frequencies
12.5/10.0/8.3 MHz
- 95 g



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

59



EC123 9-5

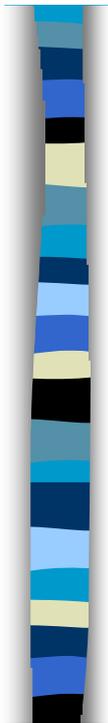
- Endocavitary end-fire
- Micro-convex Array
- 200° Field of view
- B-mode frequencies
8.5/7.5/6.5/5.5 MHz
- Doppler frequencies
7.1/6.3/5.0 MHz
- 145 g



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

60



PA230 E

- Phase Array
- 128 elementi
- B-mode frequencies
2-4 MHz

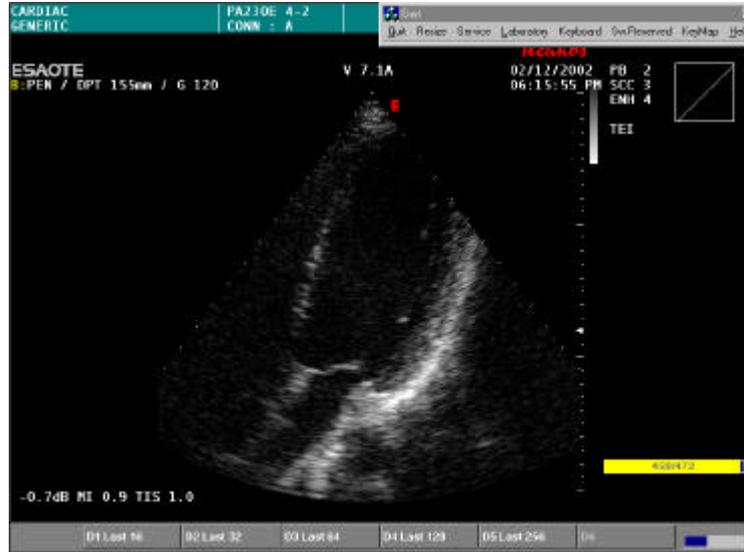


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

61

Phase Array

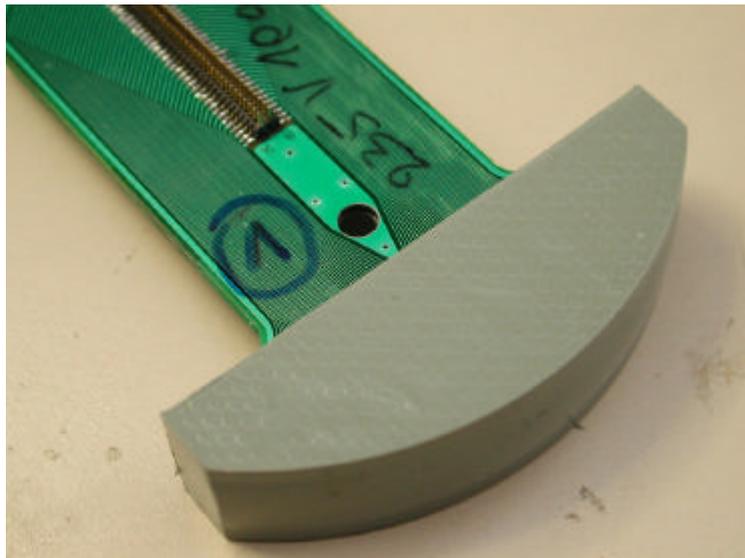


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

62

Trasduttori



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

63

Trasduttori



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

64

Trasduttori



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

65

Trasduttori



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

66

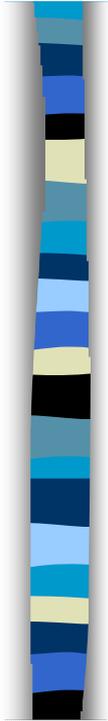
Trasduttori



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

67



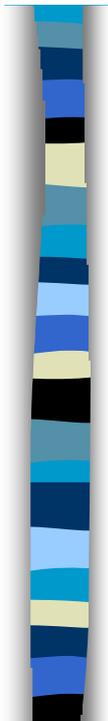
Trasduttori



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

68



Trasduttori



28-Maggio-04

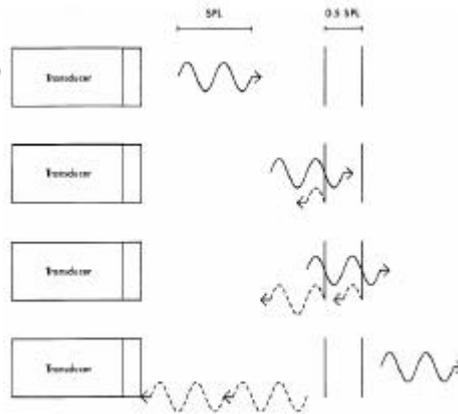
DIST Università di Genova

69

Risoluzione assiale

- LSI= lunghezza spaziale dell'impulso

- **Risoluzione Spaziale Assiale**
R.S.A. = LSI/2



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

70

Risoluzione assiale

- La risoluzione assiale (RA) di un ecografo è la capacità di rappresentare separatamente due oggetti disposti in serie lungo l'asse del fascio
- Due oggetti sono riconosciuti come separati (sono risolti spazialmente) se la LSI (=lunghezza spaziale dell'impulso) è inferiore al doppio della distanza che li separa
- La LSI è inversamente proporzionale alla frequenza ν più elevata è la frequenza del trasduttore, migliore sarà la risoluzione assiale ($LSI=2(1.540.000/\nu)$)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

71

Risoluzione laterale

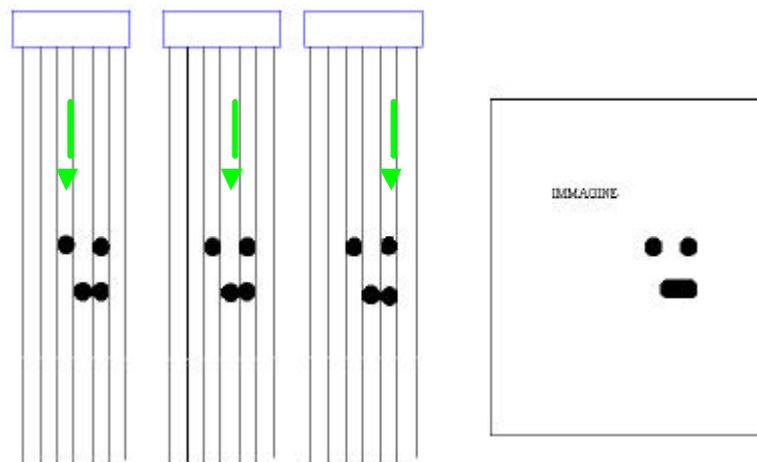
- La risoluzione spaziale laterale (RL) esprime la capacità del fascio di US di separare due oggetti adiacenti disposti allo stesso livello di profondità
- La RL dipende criticamente dalle dimensioni della sezione del fascio di US
- Riducendo il diametro del cristallo si riduce la sezione del fascio di US ma simultaneamente se ne diminuisce l'intensità

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

72

Risoluzione spaziale laterale



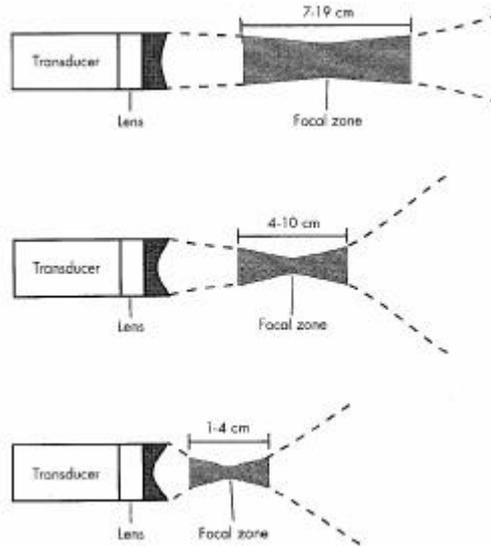
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

73

La focalizzazione

- Una migliore RL si può avere grazie alla **focalizzazione**



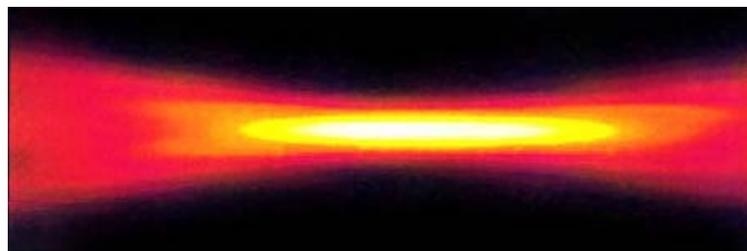
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

74

Il "beamforming"

Per ottenere un fascio collimato è necessaria una lente, reale o virtuale.

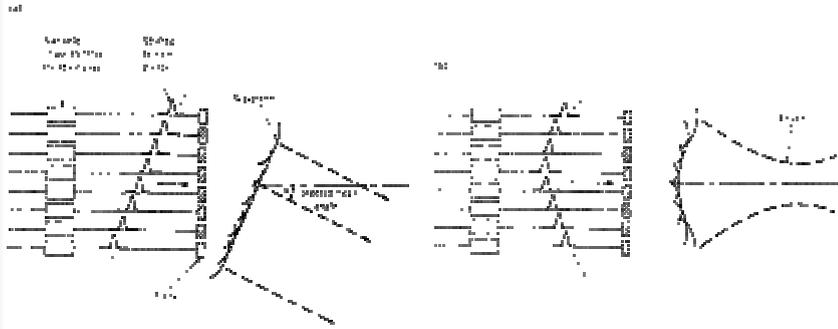


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

75

Il "beamforming"

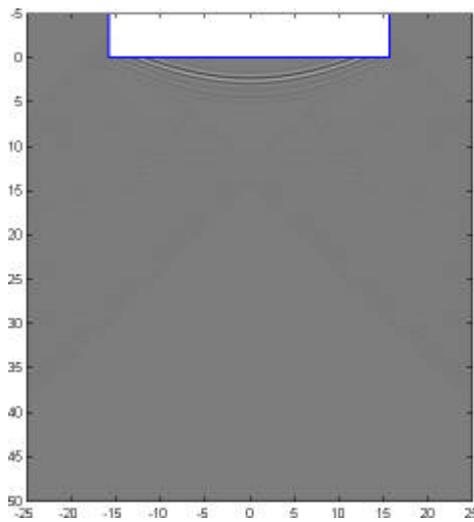


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

76

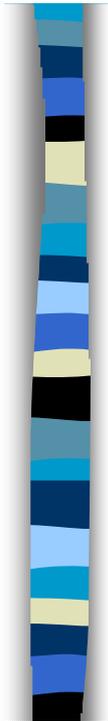
Il "beamforming"



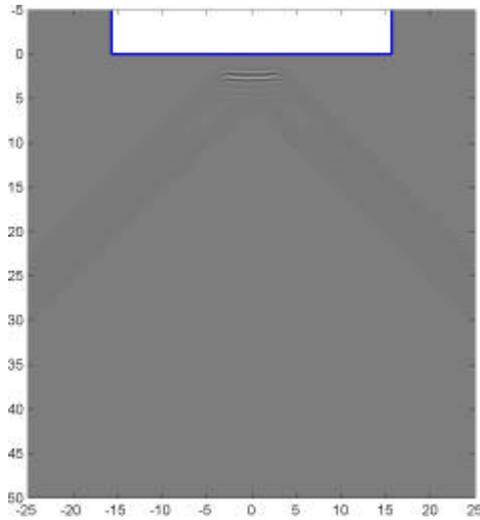
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

77



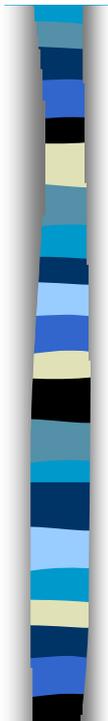
Il “beamforming”



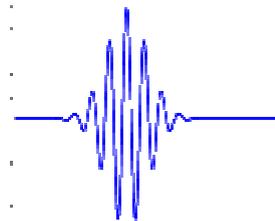
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

78



Dall'eco all'immagine



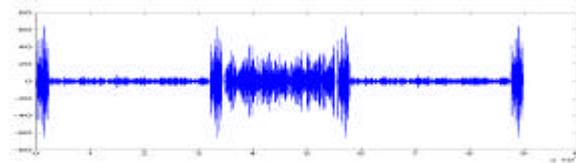
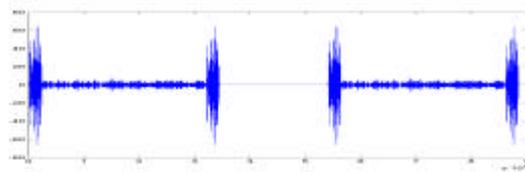
Per ottenere
l'immagine si invia un
breve impulso e si
acquisisce il segnale di
ritorno

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

79

Dall'eco all'immagine



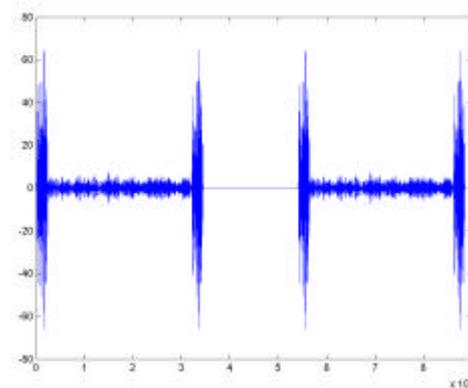
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

80

Dall'eco all'immagine

Il segnale sarà più forte in corrispondenza delle riflessioni più intense. Poiché la velocità di propagazione è costante si può dedurre la posizione dei riflettori.



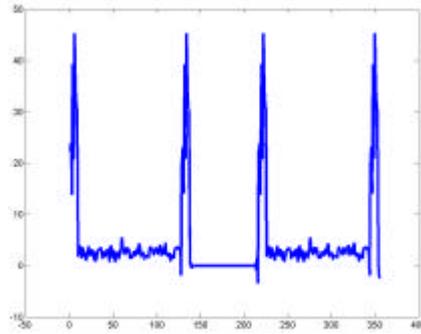
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

81

Dall'eco all 'immagine

L'intensità di riflessione è presentata come luminosità sulla linea che corrisponde alla direzione del fascio. Notare che l'informazione di fase è completamente trascurata.



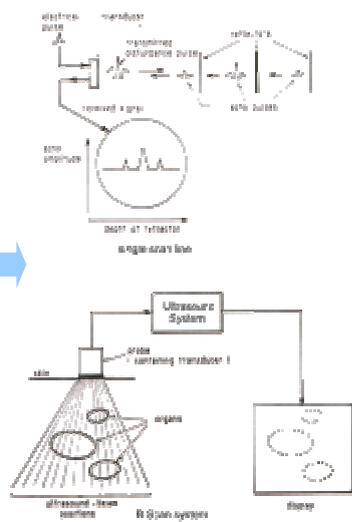
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

82

Formazione dell'immagine

Una immagine ultrasonora 2D è una MAPPA delle differenze di Impedenza acustica lungo le diverse linee di scansione

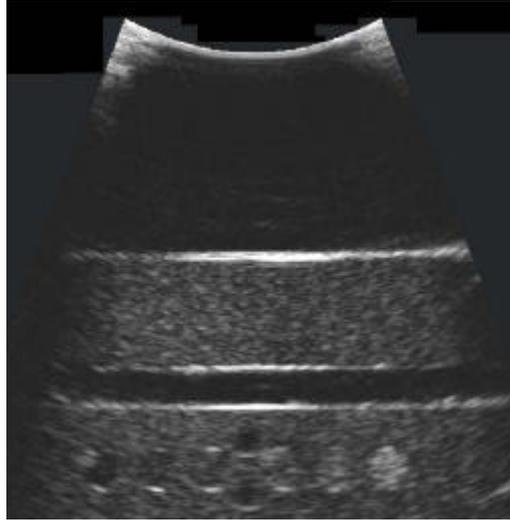


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

83

Il risultato finale

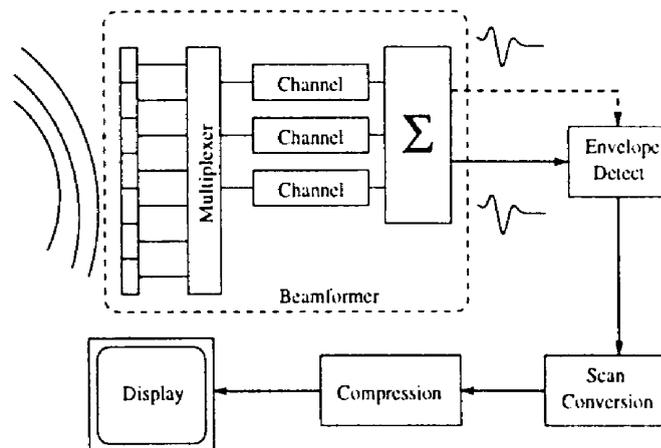


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

84

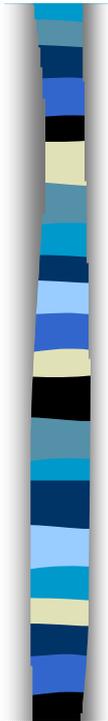
Riassumendo



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

85

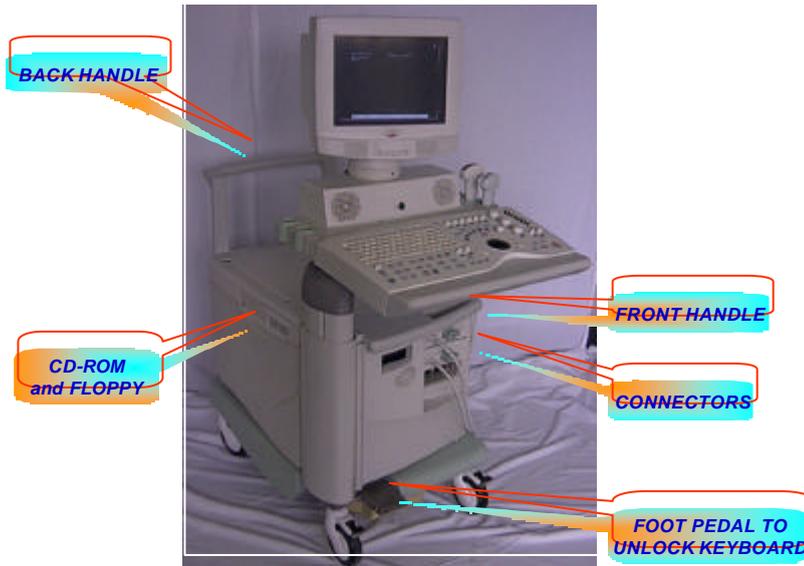
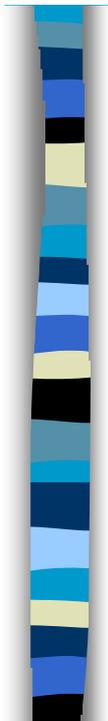


28-Maggio-04

DIST Università di Genova



86



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

87

La frequenza di trasmissione

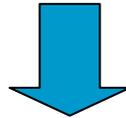
- Frequenza maggiore \Rightarrow minore lunghezza d'onda.
- La penetrazione degli ultrasuoni nei tessuti è tanto maggiore quanto maggiore è la lunghezza d'onda
- La risoluzione d'immagine è tanto migliore quanto minore è la lunghezza d'onda

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

88

Sonde ad alta frequenza 6 -10 MHz



- Ottima risoluzione d'immagine
- Possibilità' di esaminare gli strati superficiali dei tessuti

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

89

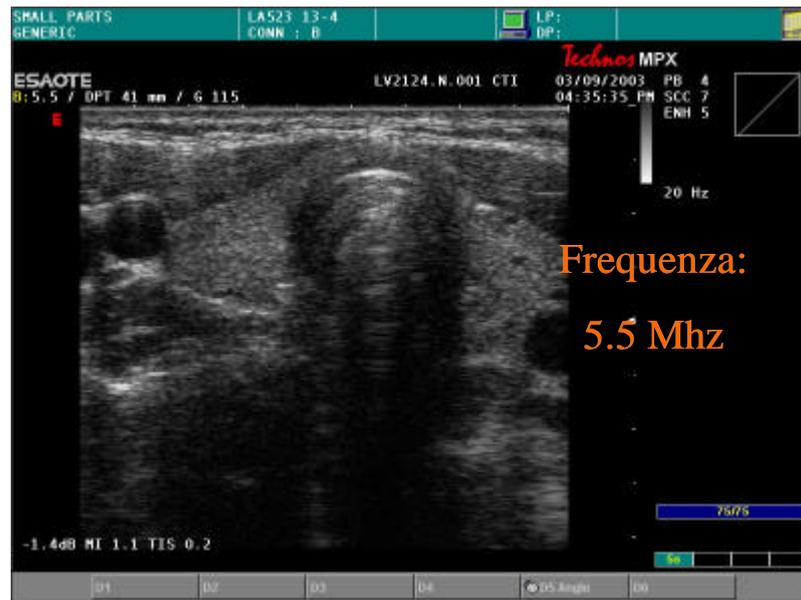
Sonde ad alta frequenza

- i vasi del collo
- la tiroide
- i linfonodi superficiali
- i vasi degli arti
- l'apparato muscolo-tendineo

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

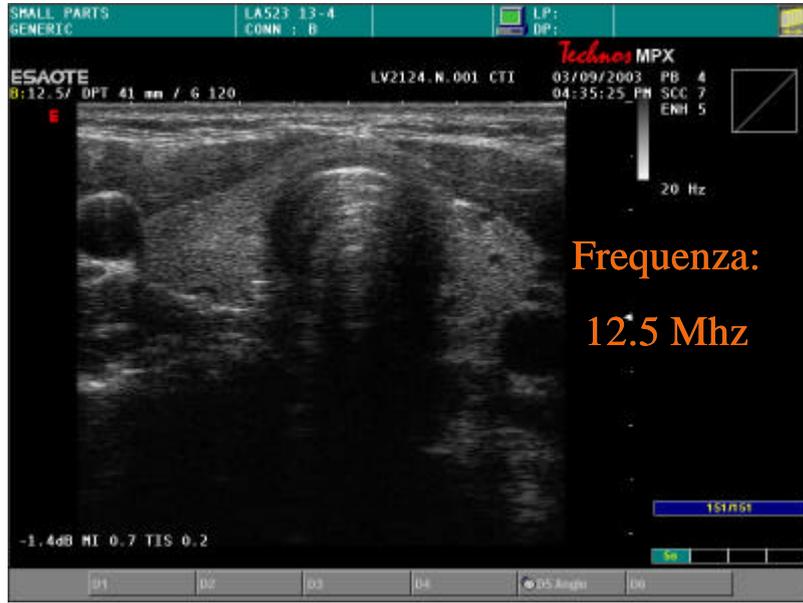
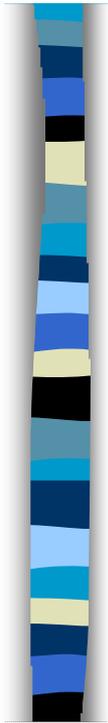
90



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

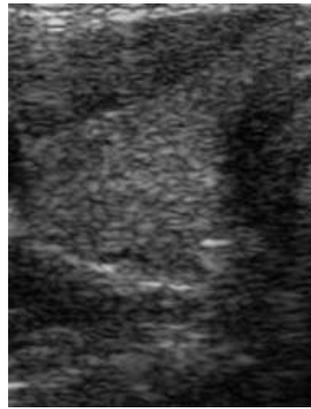
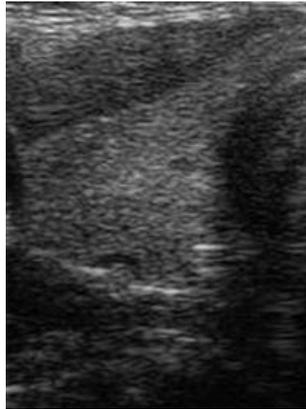
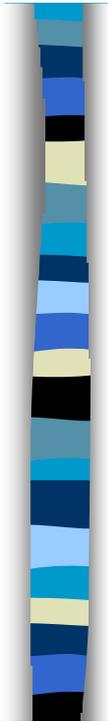
91



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

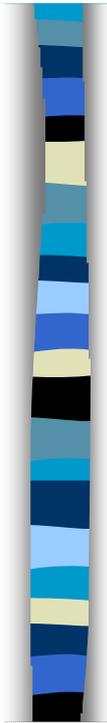
92



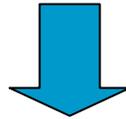
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

93



Sonde a basse frequenze 2- 5 Mhz

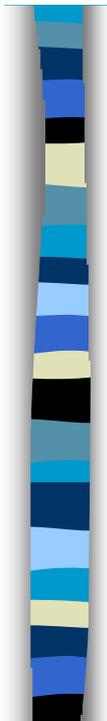


- penetrare più in profondità avendo però una minor definizione
- possibilita' di esaminare gli organi situati in profondità

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

94



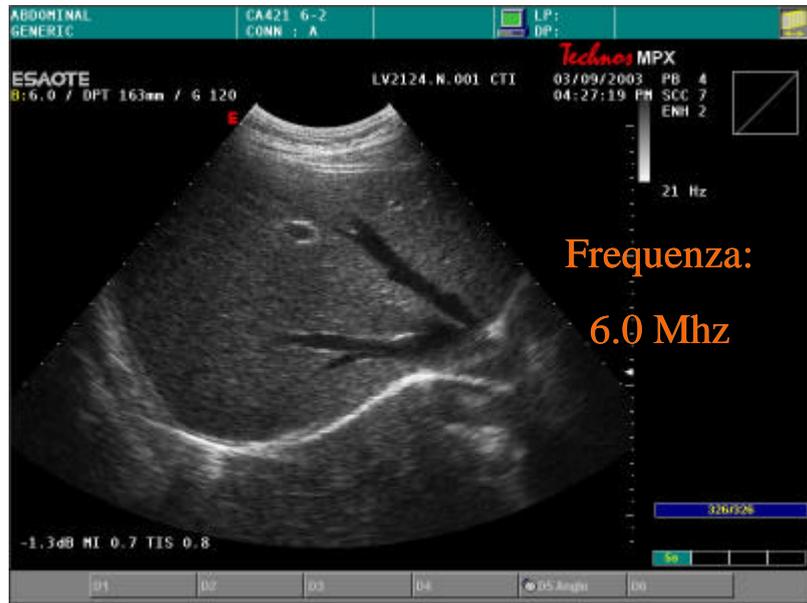
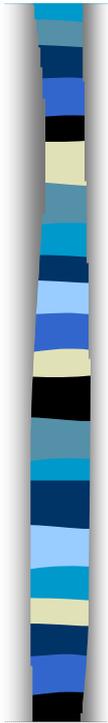
Sonde a basse frequenze

- fegato
- reni
- pancreas
- utero
- ovaie

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

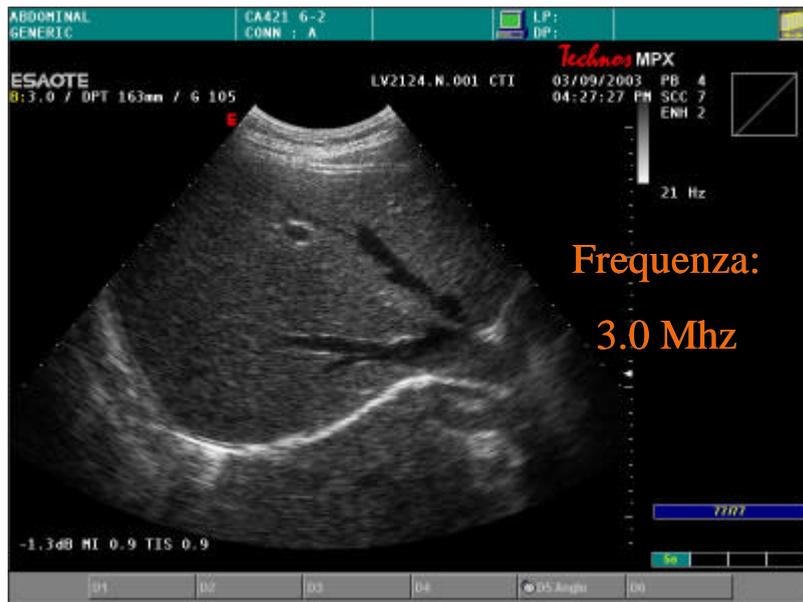
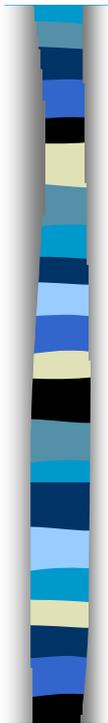
95



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

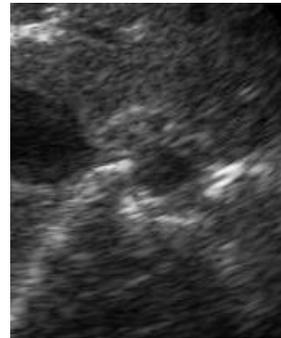
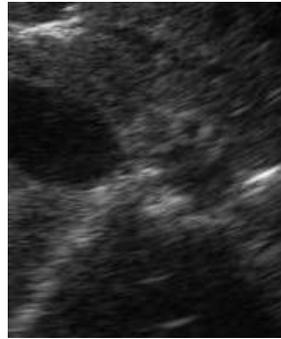
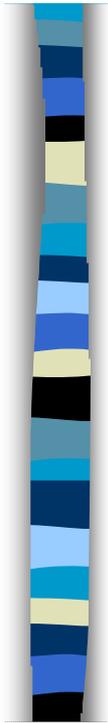
96



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

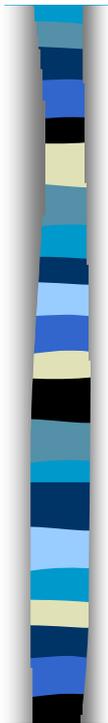
97



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

98



B-mode - esempi

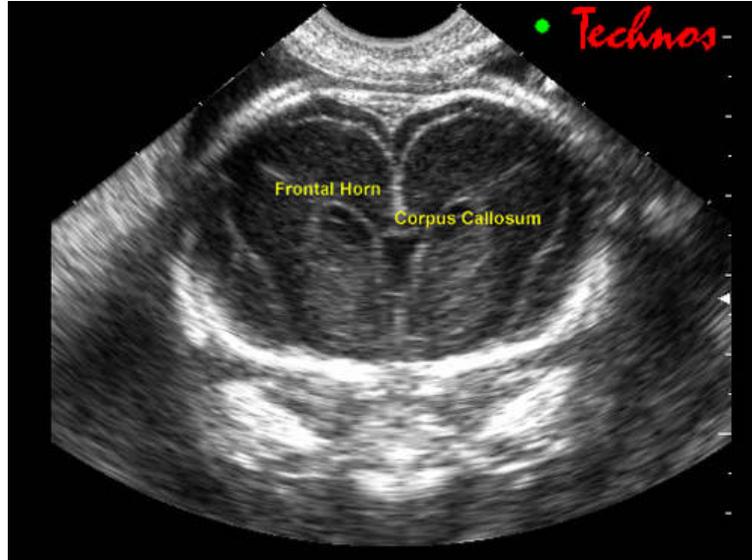


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

99

B-mode - esempi

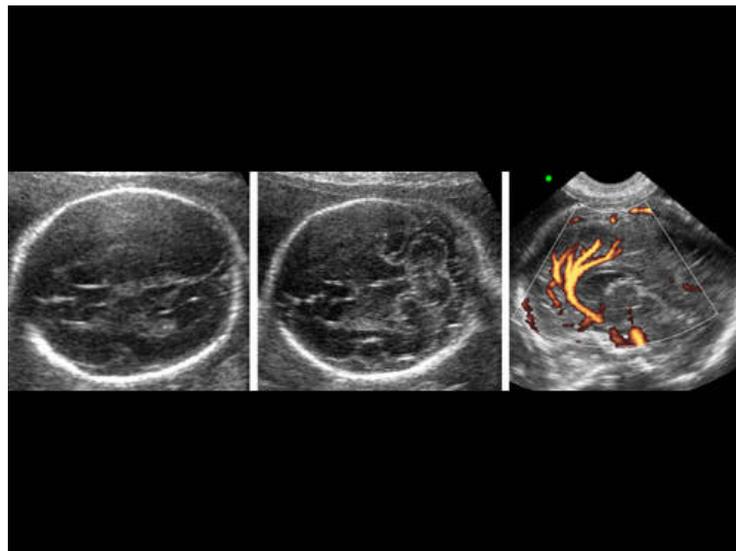


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

100

B-mode - esempi



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

101

B-mode - esempi

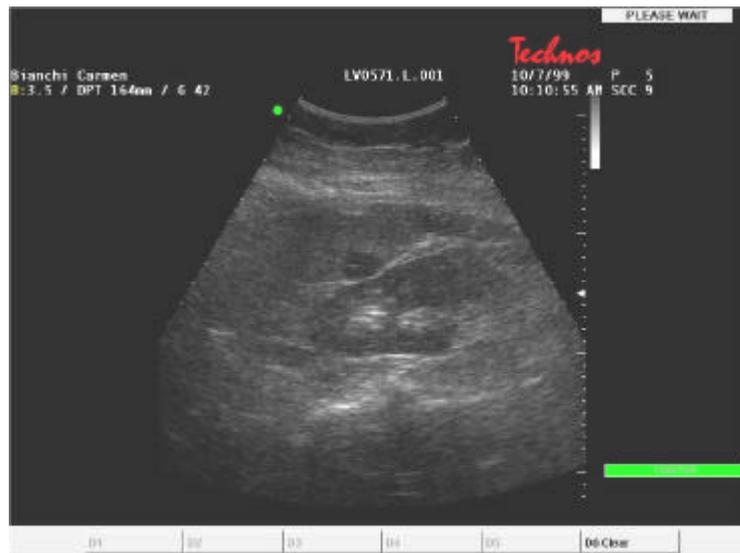


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

102

B-mode - esempi



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

103

L'effetto Doppler

- In ecotomografia gli echi sono codificati in base all'intensità e alla profondità di provenienza
- Non viene tenuto conto della **frequenza!**
- L'onda ultrasonora riflessa da una struttura **in movimento** (p.e. globuli rossi) subisce una variazione di frequenza in difetto o in aumento rispetto all'onda incidente a seconda che la struttura si muova allontanandosi o avvicinandosi al trasduttore

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

104

L'effetto Doppler

- Il fenomeno appena descritto prende il nome di **EFFETTO DOPPLER**
- La variazione assoluta della frequenza dipende dalla velocità della struttura-bersaglio (**Doppler-shift**)
- Misurazioni su vasi sanguigni forniscono frequenze riflesse che sono distribuite in uno spettro più o meno ampio (**spettro Doppler**)

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

105

L'effetto Doppler

- Frequenze ultrasonore impiegate nella pratica clinica sono comprese tra 2 e 5 MHz
- Velocità del sangue è inferiore a 4 m/s
- Variazioni di frequenza tra onda incidente ed eco (che costituiscono il segnale Doppler) sono comprese tra 1000 e 15.000 Hz e rientrano quindi nell'ambito della gamma sonora

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

106

L'effetto Doppler

- Tali frequenze possono essere *ascoltate* dall'operatore dopo opportune amplificazioni con l'ausilio di un semplice altoparlante connesso all'ecografo
- **VALUTAZIONE VISIVA DEL SEGNALE DOPPLER ®** rappresentato sul monitor TV come tracciato bidimensionale
- **ASCOLTAZIONE DEL SEGNALE ®** permette all'operatore di orientarsi con immediatezza, in base alle alterazioni delle caratteristiche timbriche, su elementi di interesse clinico

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

107

Spectral Doppler

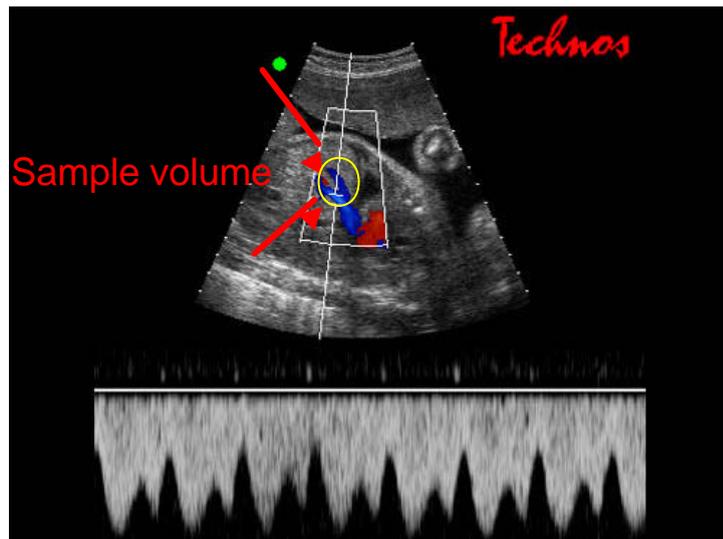
- 128 points FFT (campioni)
- PRF: 1 ÷ 12 kHz (pulse repetition frequency)
- Sample volume: 0.5 ÷ 16 mm
- Wall filter: 50 ÷ 1600 kHz

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

108

Spectral Doppler - esempi

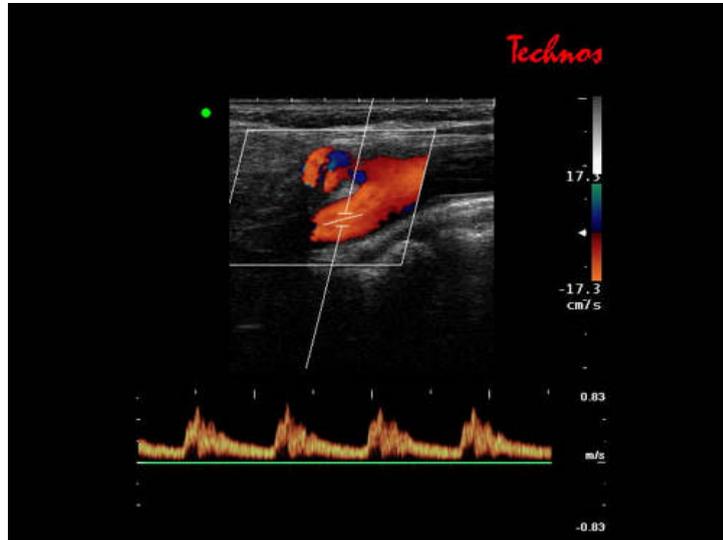


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

109

Spectral Doppler - esempi

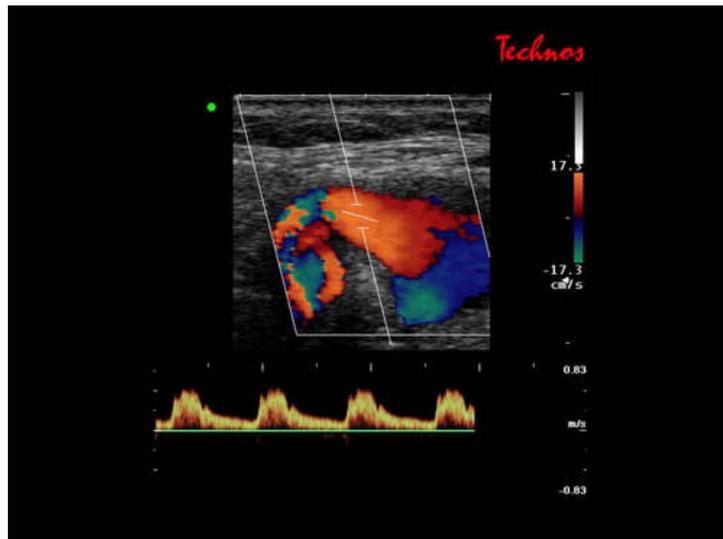


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

110

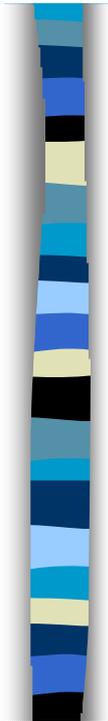
Spectral Doppler - esempi



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

111



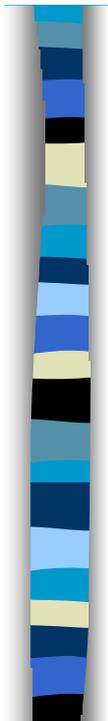
Color & Power Doppler

- 2.8 ÷ 12.5 MHz frequency
- Up to three transmission frequencies
- PRF: 125 Hz ÷ 12 kHz

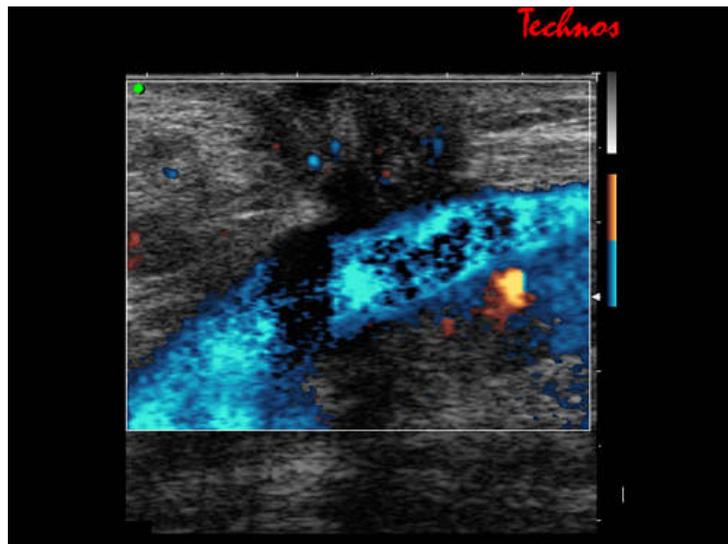
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

112



Color & Power Doppler - esempi

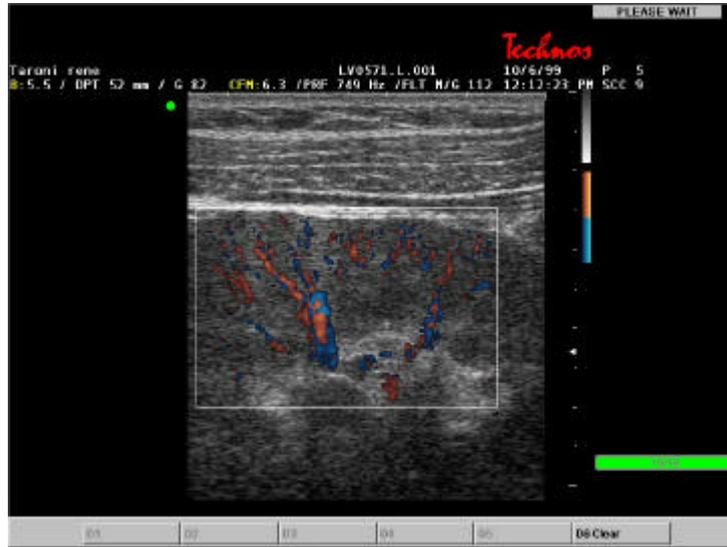


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

113

Color Doppler - esempi

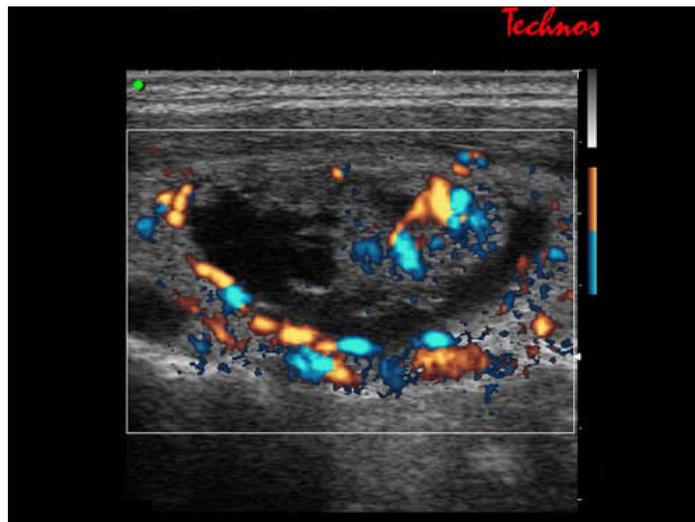


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

114

Color & Power Doppler - esempi

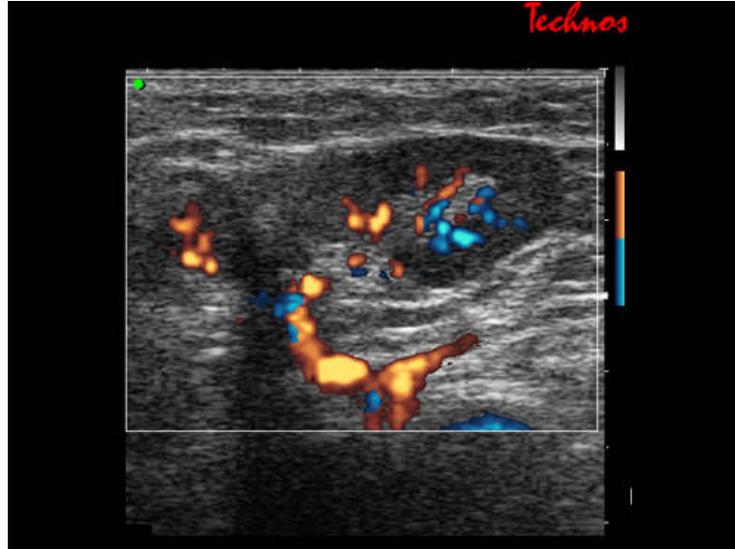


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

115

Color & Power Doppler - esempi



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

116

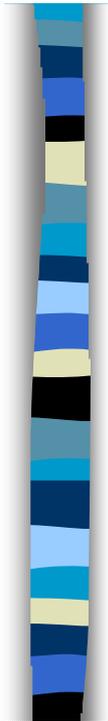
Color & Power Doppler - esempi



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

117



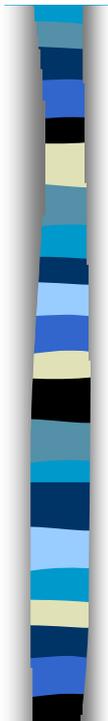
Color & Power Doppler - esempi



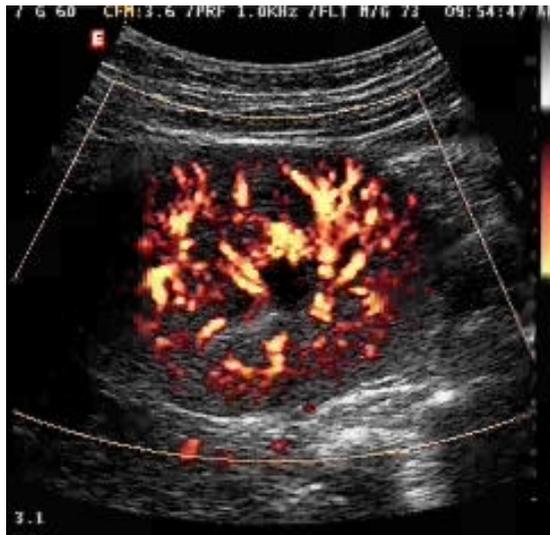
28-Maggio-04

DIST Università di Genova

118



Color & Power Doppler - esempi

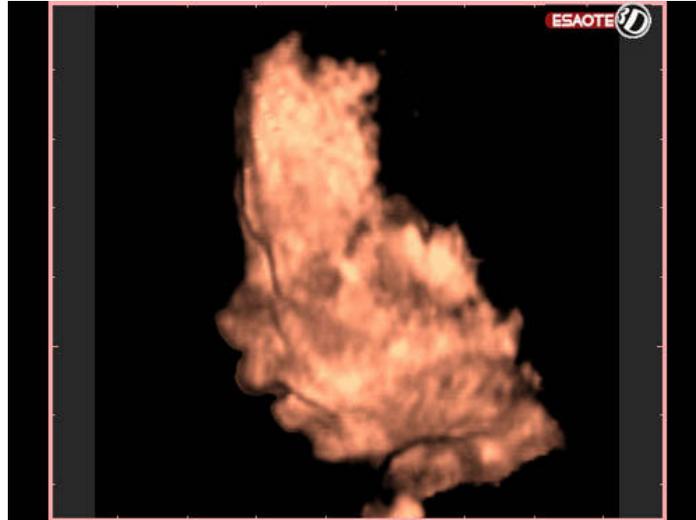


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

119

Nuove metodologie – 3D



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

120

Nuove metodologie – 3D



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

121

Nuove metodologie – 3D

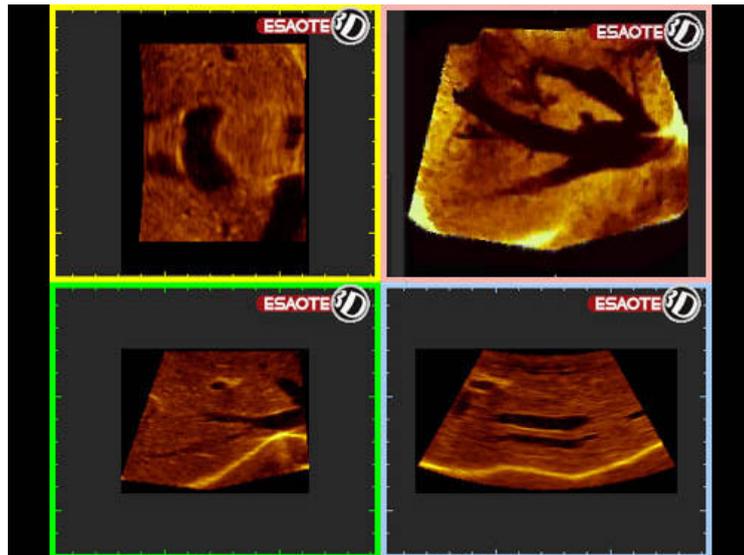


28-Maggio-04

DIST Università di Genova

122

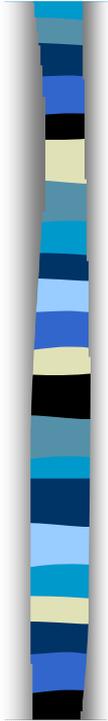
Nuove metodologie – 3D



28-Maggio-04

DIST Università di Genova

123



Fine

28-Maggio-04

DIST Università di Genova

124