SIEMC

Società Italiana di Ecografia  
in Medicina e Chirurgia

III CORSO NAZIONALE  
DI ECOGRAFIA CLINICA  
SIEMC



RIMINI  
7 - 10 OTTOBRE 2016  
AQUA HOTEL • ARIA HOTEL

# **TERMINOLOGIA ECOGRAFICA ATTEZZATURE E SONDE**

**GERARDO TRATELLI**

# Terminologia ecografica

Come in ogni disciplina medica, anche in ecografia la **fase semeiologica** con una corretta rilevazione ed interpretazione dei **segni**, rappresenta il momento preliminare che conduce alla diagnosi o che guida l'ulteriore approfondimento clinico-strumentale



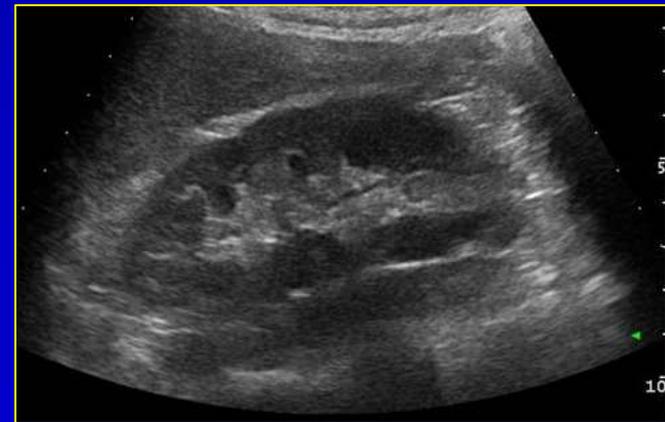
# Terminologia ecografica

La terminologia ecografica, che poi sarà utilizzata nella stesura del referto, deve essere *appropriata*, uniformata cioè a quella ampiamente *codificata* in campo ecografico, in modo da risultare facilmente condivisibile e non ingenerare confusione d'interpretazione



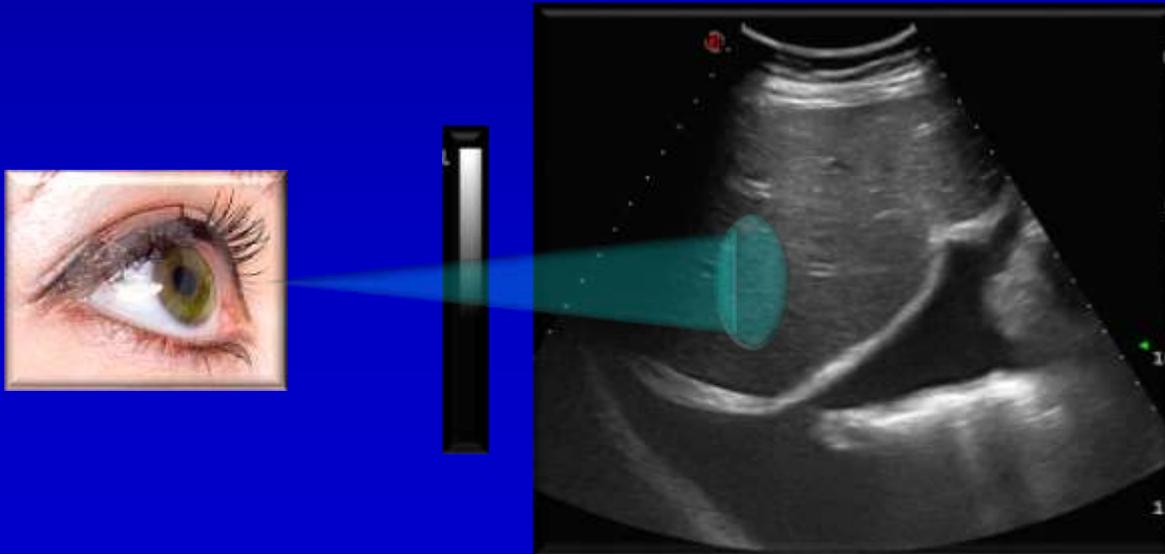
# Terminologia ecografica

L'immagine ecografica è un'*immagine virtuale* che riproduce su un piano bidimensionale una sezione anatomica tridimensionale dell'organo insonato, quindi di per sé ricca di artefattualità e con un rapporto segnale/rumore nettamente sfavorevole



# Terminologia ecografica

Inoltre l'operatore interpreta un'immagine che viene proposta sullo schermo dell'ecografo con **256 livelli di grigio**, mentre l'occhio umano è in grado di discriminarne adeguatamente solo 60-90 livelli



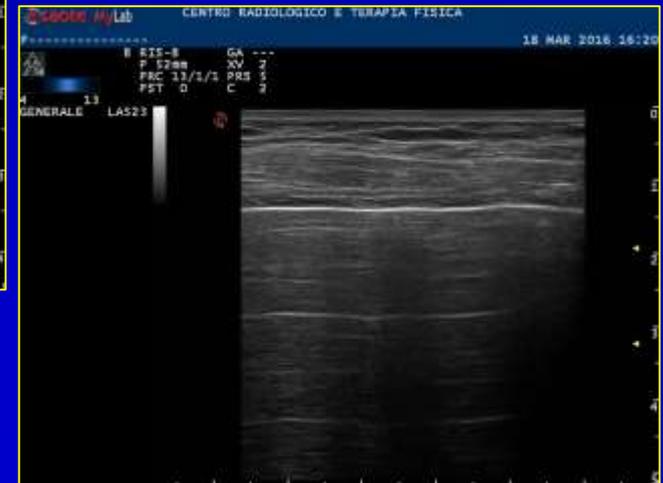
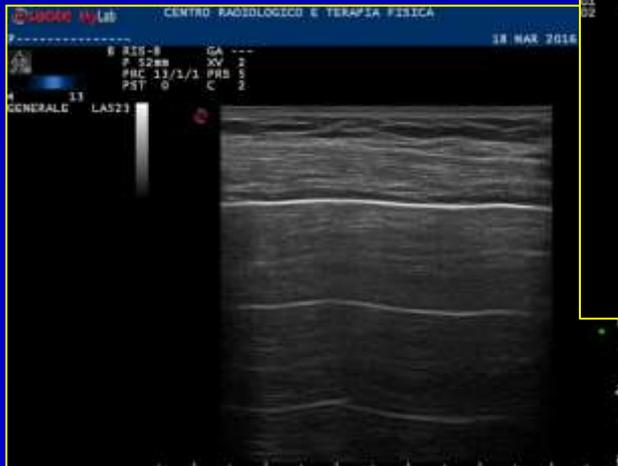
# Terminologia ecografica

L'ecografista che esegue l'esame e legge in tempo reale l'immagine, deve possedere l'*arte* e l'*esperienza* per discriminare quello che è "vero" da ciò che può essere vero o è solo un "artefatto"



# Terminologia ecografica

Diverso è invece il significato dell'**ecografia artefattuale** che, a differenza di quella morfologica, è diretta proprio all'analisi degli artefatti come quelli tipici del polmone speculare normoaerato



# Terminologia ecografica

Fondamentale e preliminare ad ogni tipo di rilievo semeiologico  
è la differenziazione tra struttura **liquida** e **solida**



# Terminologia ecografica



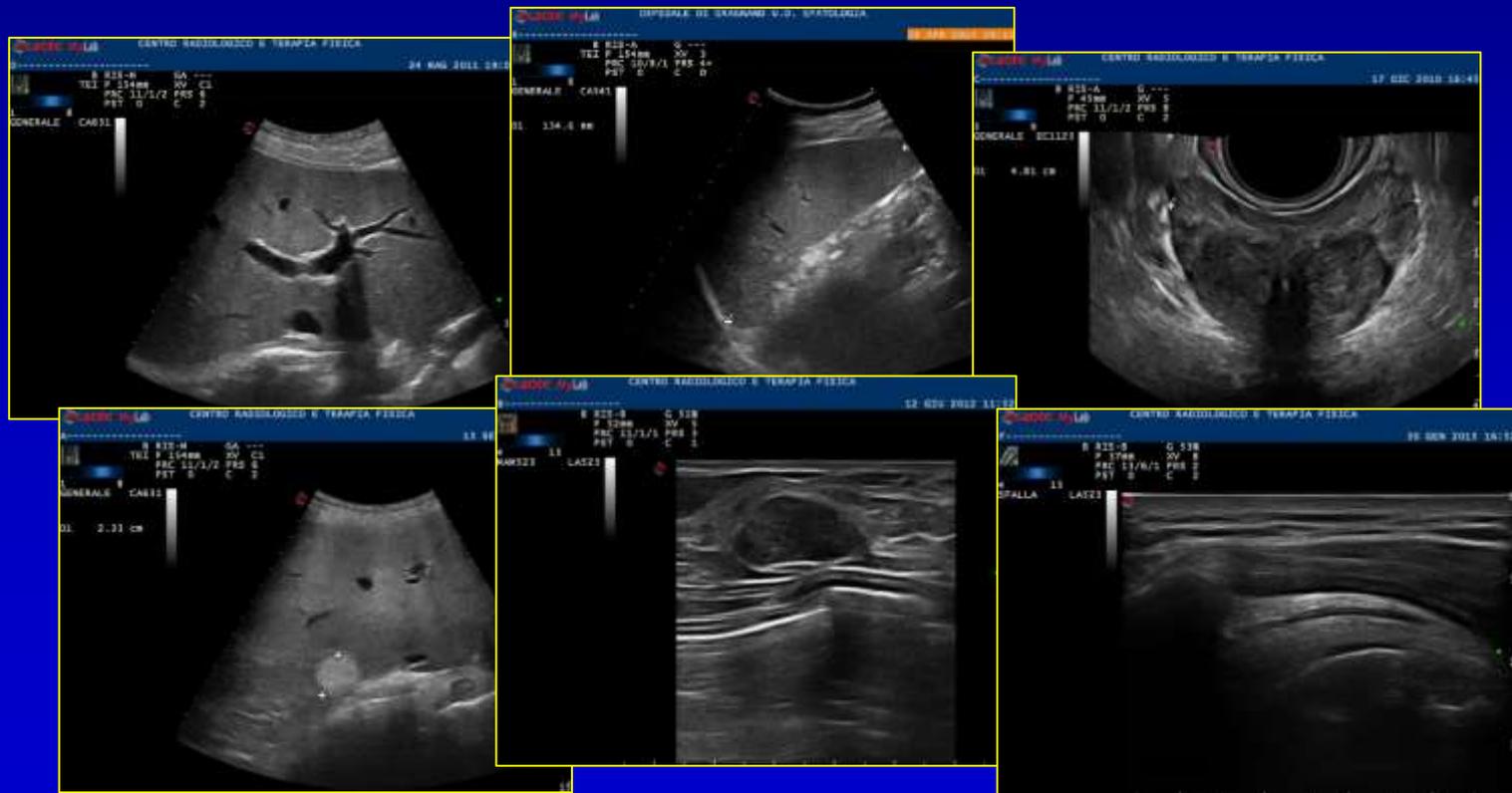
1. **Anecogene**: strutture a contenuto liquido, prive di interfacce e quindi di echi riflessi



# Terminologia ecografica



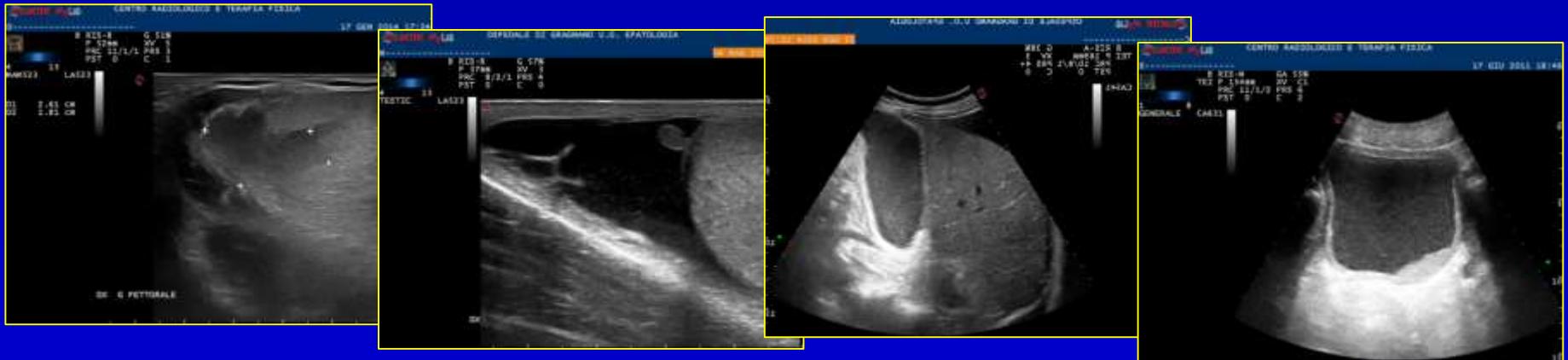
2. **Ecogene**: strutture solide, capaci di generare riflessioni ultrasonore



# Terminologia ecografica

## *Formazioni anecogene disomogenee*

Si presentano non completamente anecogene per la presenza di echi in sospensione o stratificati, espressione di componente solida dovuta a corpuscolato di varia natura (flogistico-suppurativo, ematico, sabbia biliare, sedimento urinario, ecc.)

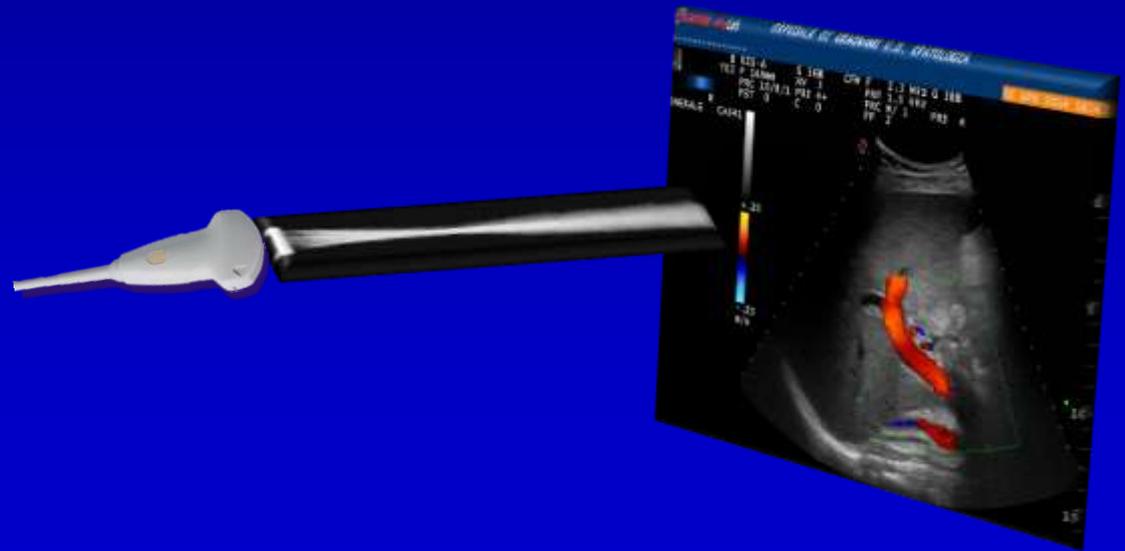


# Terminologia ecografica

## Formazioni ecogene

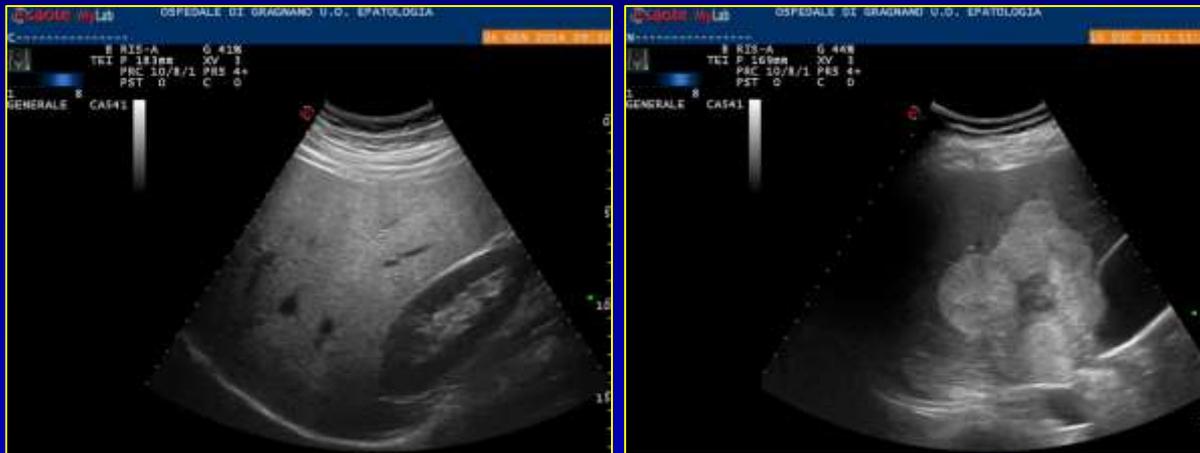
In relazione alle loro caratteristiche strutturali ed all'intensità degli echi riflessi, possono apparire più o meno luminose rispetto ad un parametro di riferimento

- *Iperecogene*
- *Isoecogene*
- *Ipoecogene*



# Terminologia ecografica

## Formazioni iperecogene



# Terminologia ecografica

## Formazioni isoecogene



# Terminologia ecografica

## Formazioni ipoecogene



# Terminologia ecografica

***Ecostruttura omogenea***



# Terminologia ecografica

***Ecostruttura disomogenea***



# Terminologia ecografica

***Ecotessitura omogenea***



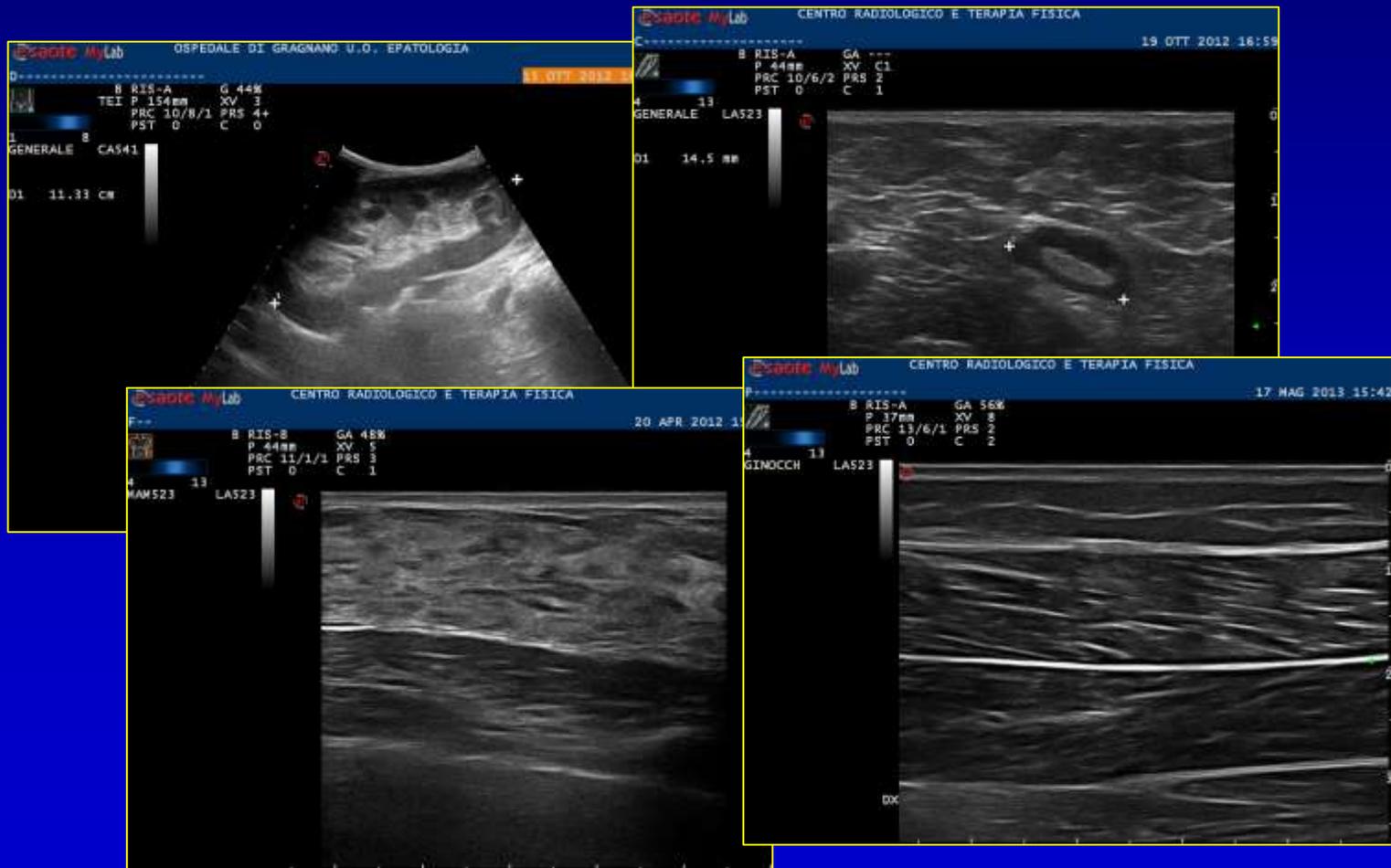
# Terminologia ecografica

## *Ecotessitura disomogenea*



# Terminologia ecografica

**Ecostruttura regolare**



# Terminologia ecografica

**Ecostruttura regolare**



# Terminologia ecografica

## *Ecostruttura irregolare*



# Terminologia ecografica

## Complex mass

Si caratterizza per l'elevata disomogeneità ecostrutturale che non è riconducibile ad uno dei modelli di base descritti



# Terminologia ecografica

## Complex mass



# Terminologia ecografica

## Modelli ecostrutturali di base

1. Iperecogeno
2. Isoecogeno
3. Ipoecogeno
4. anecogeno



- a. Omogeneo
- b. disomogeneo



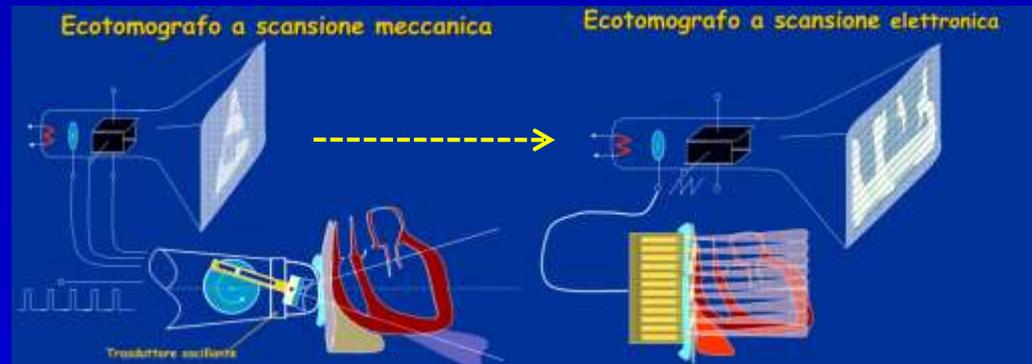
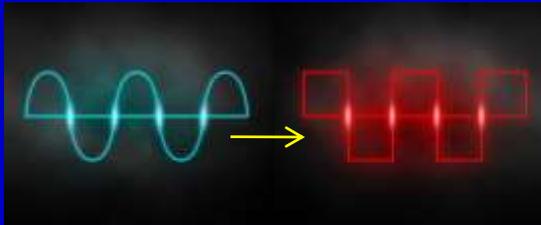
**5. *Complex mass***

# Attrezzature e sonde



# Attrezzature e sonde

Il passaggio dall'*analogico* al *digitale* ha consentito una notevole evoluzione tecnologica nell'ambito della progettazione e costruzione delle apparecchiature ecografiche e la sostituzione dei trasduttori a tecnologia *meccanica* con quelli *elettronici*



# Attrezzature e sonde

Le moderne apparecchiature ecografiche *real time* sono costituite da tre elementi fondamentali:

1. La sonda
2. Il sistema centrale
3. Il monitor



# Attrezzature e sonde

## *Sonda o trasduttore*

I **trasduttori** sono dispositivi in grado di convertire una forma di energia in entrata in una forma diversa di energia in uscita



# Attrezzature e sonde

## *La sonda ecografica*

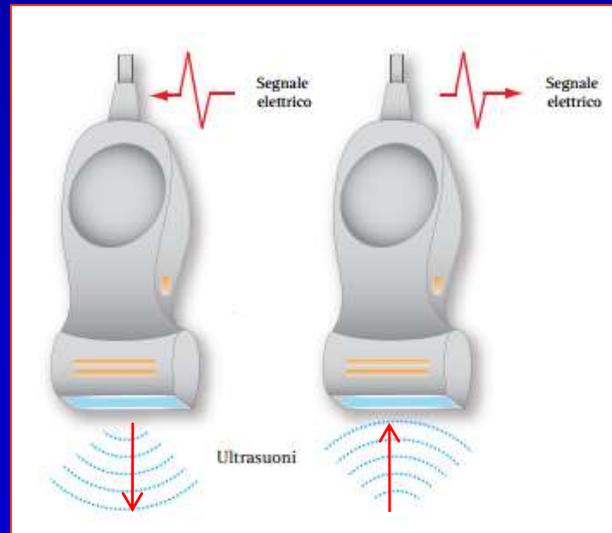
Rappresenta l'elemento centrale dell'apparecchiatura ecografica



# Attrezzature e sonde

## La sonda ecografica

Nella sonda la corrente elettrica alternata di rete viene convertita in ultrasuoni e viceversa, per *effetto piezoelettrico inverso* e *diretto*



# Attrezzature e sonde

## *La sonda ecografica*

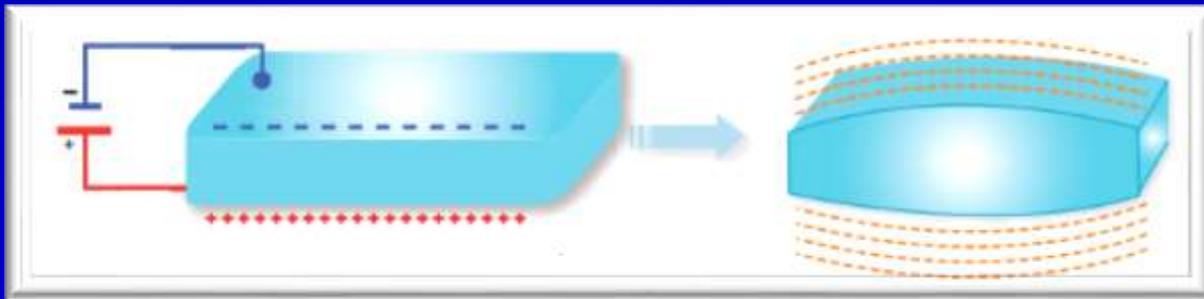
La *piezoelettricità* è un fenomeno fisico descritto per la prima volta dai fratelli Pierre e Jacques Curie (1880) nel quarzo e nei sali di Rochelle (tartrato di sodio e potassio)



# Attrezzature e sonde

## L'effetto piezoelettrico

Si manifesta in diversi altri solidi cristallini quali la tormalina, il titanato di bario, *il titanato-zirconato di piombo (PZT)* che resta la ceramica più usata nella costruzione delle sonde ecografiche

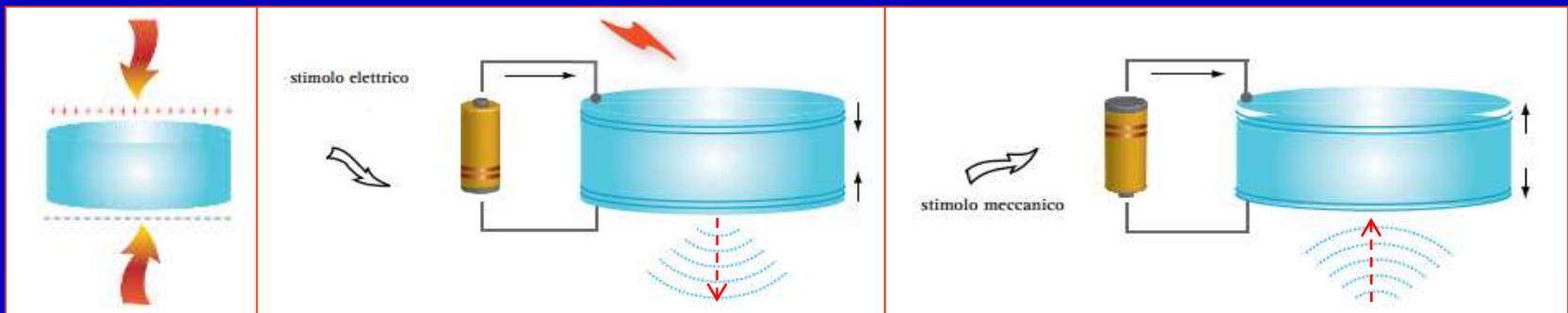


# Attrezzature e sonde

## L'effetto piezoelettrico

Per la loro peculiare asimmetria strutturale microscopica, questi cristalli sollecitati da una tensione elettrica, si contraggono ed espandono generando US per conversione di energia elettrica in meccanica (*effetto piezoelettrico inverso*)

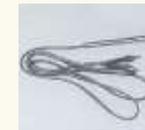
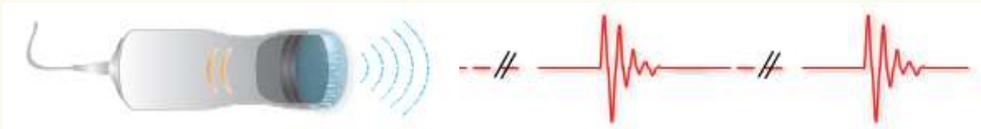
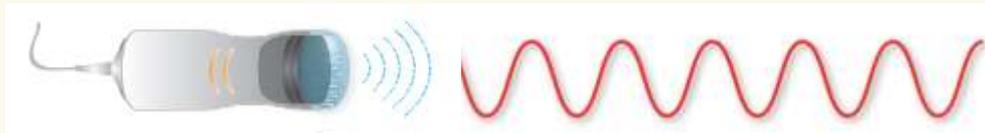
Viceversa, lo stimolo meccanico esercitato dall'eco di ritorno genera una tensione elettrica (*effetto piezoelettrico diretto*)



# Attrezzature e sonde

## L'effetto piezoelettrico

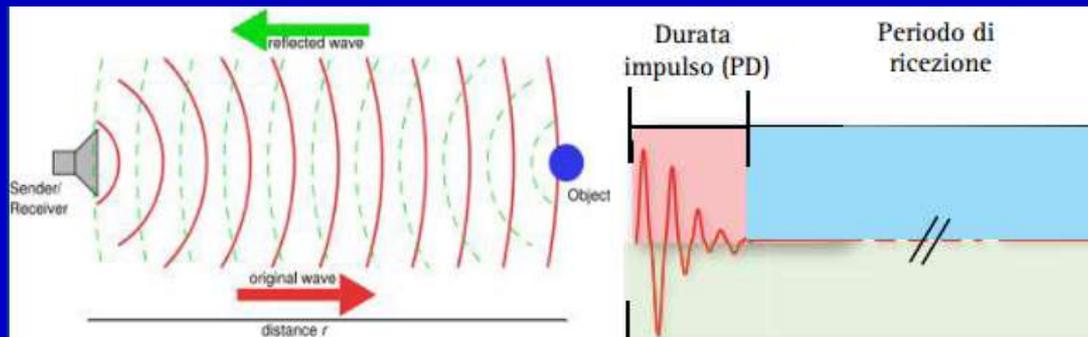
I cristalli possono essere sollecitati con corrente elettrica continua o discontinua (alternata), con conseguente *emissione continua* o *pulsata* di ultrasuoni



# Attrezzature e sonde

## L'effetto piezoelettrico

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

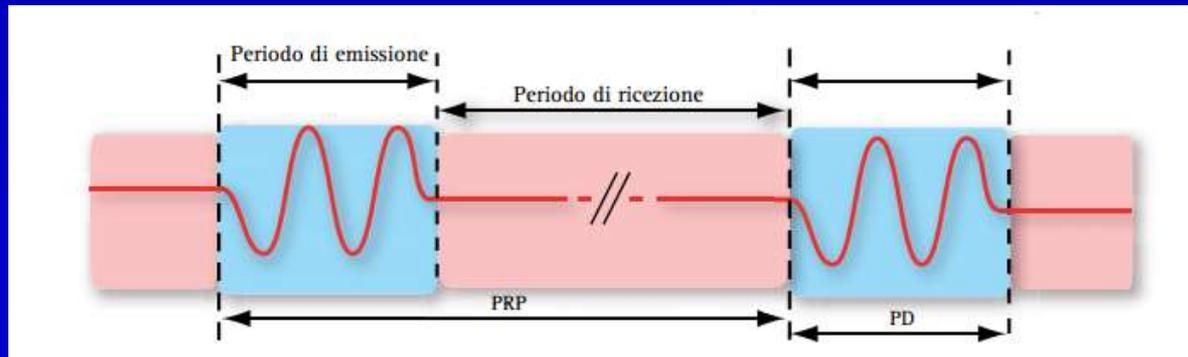


# Attrezzature e sonde

## L'effetto piezoelettrico

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

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

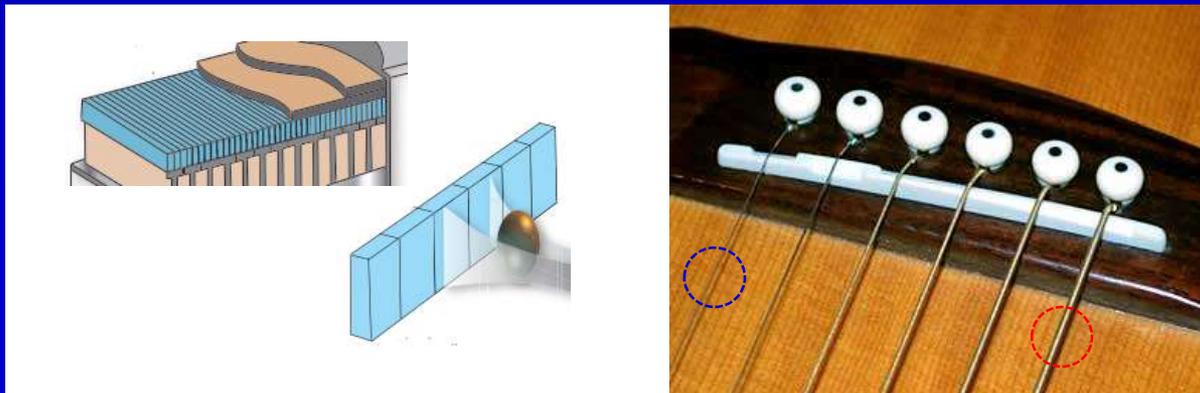


# Attrezzature e sonde

## La frequenza

La **frequenza** con cui vibra una lamina piezoelettrica è strettamente dipendente dallo spessore dei suoi elementi (*frequenza nominale o di risonanza*)

Quanto più ridotto è il suo spessore tanto maggiore sarà la frequenza degli ultrasuoni emessi



# Attrezzature e sonde

## La frequenza

La *frequenza* utilizzata è importante perché da essa, e da alcune caratteristiche del trasduttore, dipende la risoluzione spaziale e quindi la qualità dell'immagine



5 MHz



3 MHz



11 MHz



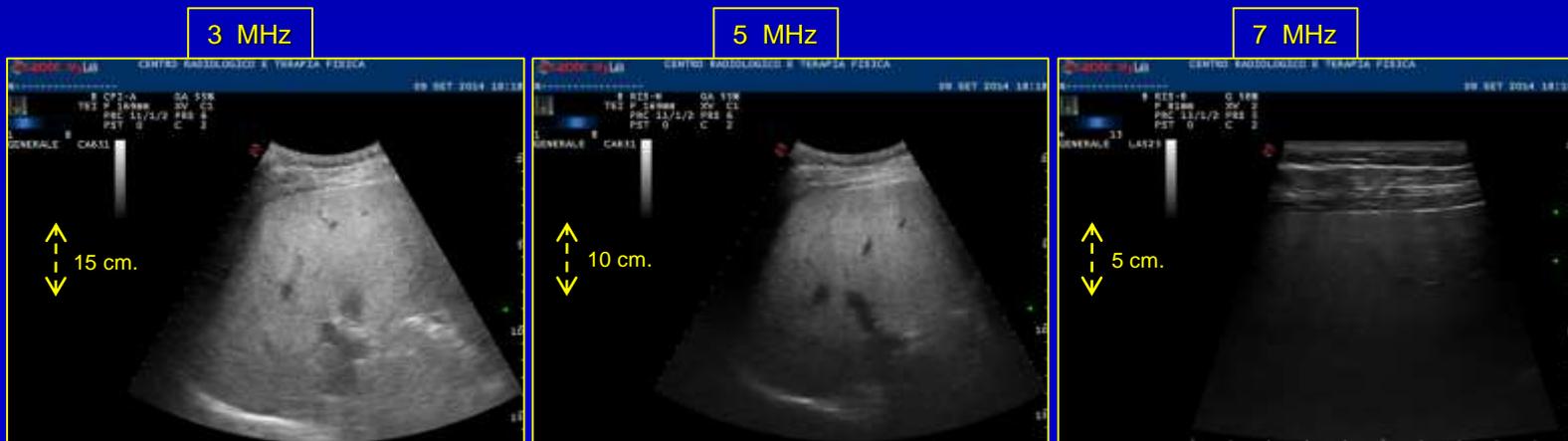
7 MHz

# Attrezzature e sonde

## La frequenza

Incrementando la frequenza, però, si riduce progressivamente l'intensità del fascio con perdita della *capacità di penetrazione* in profondità

Tale *attenuazione*, dovuta alle varie forme di riflessione e soprattutto all'assorbimento acustico, è legata con rapporto lineare alla frequenza impiegata



# Attrezzature e sonde

## La frequenza

Per questo motivo per lo studio delle strutture superficiali occorre utilizzare sonde a più alta frequenza (7,5 – 13 MHz) mentre la valutazione di organi profondi richiede l'impiego di basse frequenze (3,5 – 5 MHz)

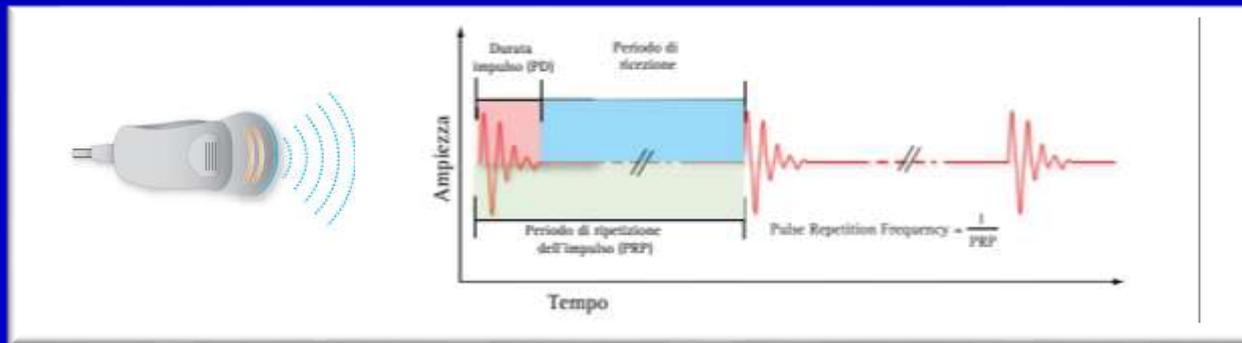


# Attrezzature e sonde

## La frequenza di ripetizione degli impulsi (PRF)

La **PRF** (*pulse repetition frequency*) indica quanti impulsi vengono generati dalla sonda in un secondo e viene espressa di KHz (200-2000 emissioni/sec)

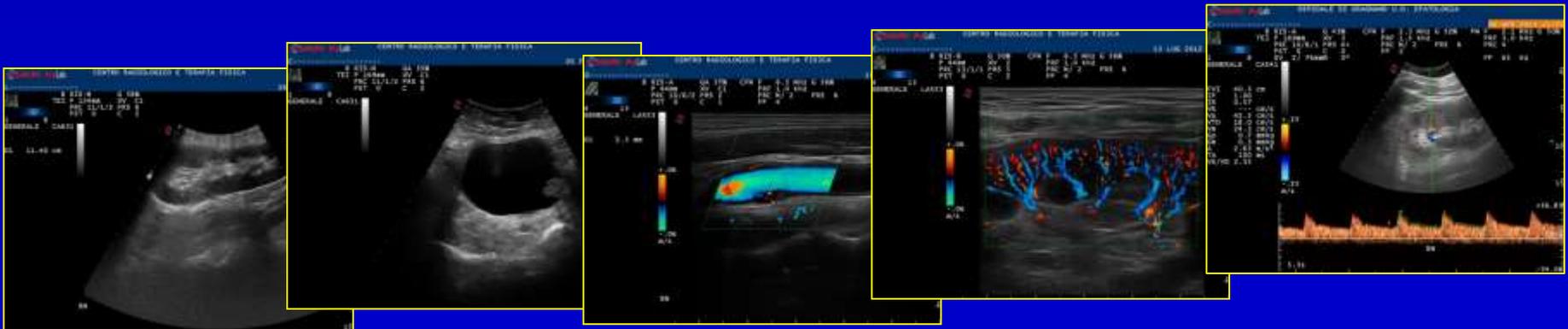
E' indispensabile che la PRF sia tale da premettere, nella fase di ascolto, anche l'arrivo dei segnali più lontani



# Attrezzature e sonde

## La frequenza di ripetizione degli impulsi (PRF)

Nell'imaging convenzionale in *B-Mode*, la regolazione di tale parametro è meno importante che nel campionamento *Doppler* in quanto la durata del tempo di ricezione degli impulsi (oltre il 99%) è molto più lungo della durata del tempo di trasmissione (<1%)



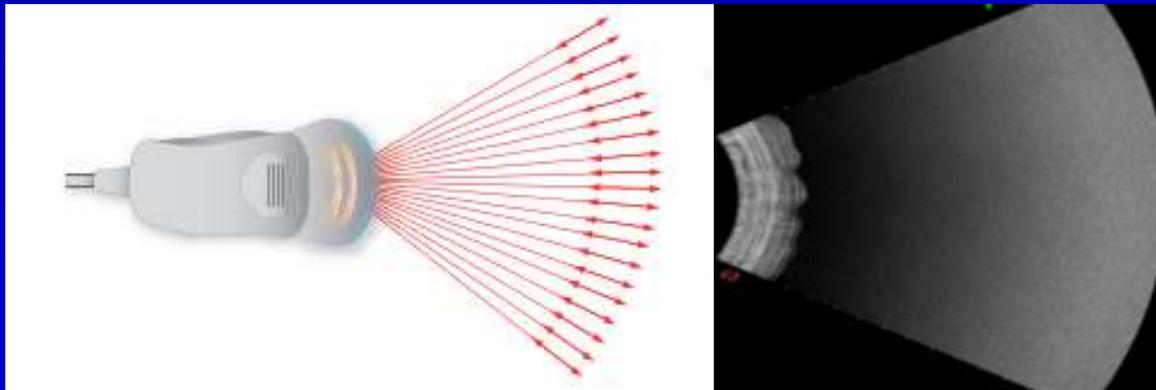
# Come si forma l'immagine ecografica



# Attrezzature e sonde

## **Formazione dell'immagine ultrasonografica**

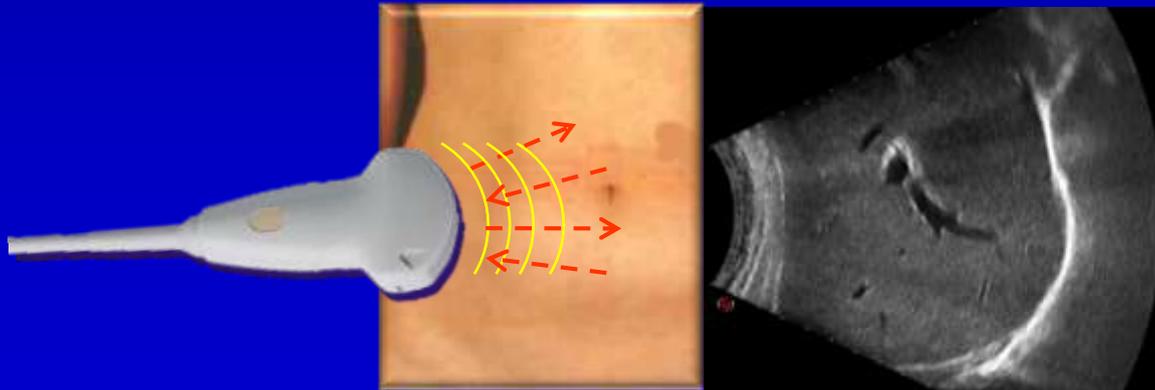
Il piano di scansione di ciascun trasduttore si compone di un certo numero di *linee di vista* (120 - 150) ciascuna delle quali viene usata per formare l'immagine bidimensionale



# Attrezzature e sonde

## *Formazione dell'immagine ultrasonografica*

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

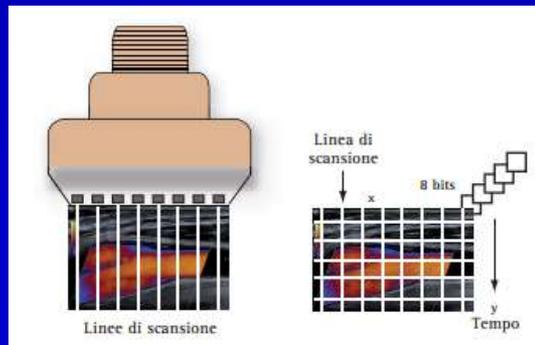


# Attrezzature e sonde

## *La scansione ultrasonografica*

Il segnale raccolto viene memorizzato in una matrice digitale di 512x512 pixel

Nel monitor l'immagine viene riprodotta lungo linee orizzontali progressive dall'alto verso il basso in funzione del tempo d'arrivo

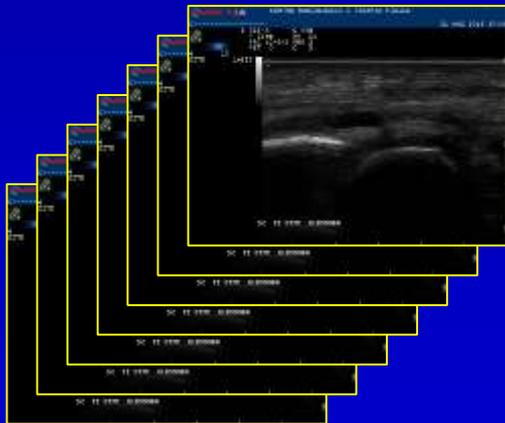




# Attrezzature e sonde

## La scansione ultrasonografica

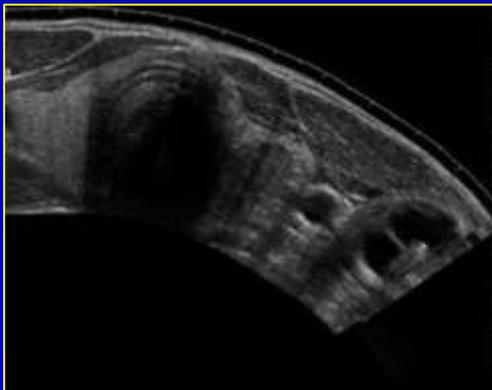
Questo processo è così rapido da ripetersi più volte in un secondo, formando un numero d'immagini complete, da 5 a 40 al secondo, sufficiente perché l'occhio umano le recepisca in movimento (*real time*)



# Attrezzature e sonde

## Modalità di presentazione dell'immagine

1. **Ecografia B-Mode** o **Brightness-Mode**, statica o in real-time rappresenta il segnale sottoforma di punti (pixel) con luminosità proporzionale all'intensità del segnale eco di ritorno alla sonda, posizionati sul monitor in funzione del tempo, formando un'immagine bidimensionale in scala di grigi

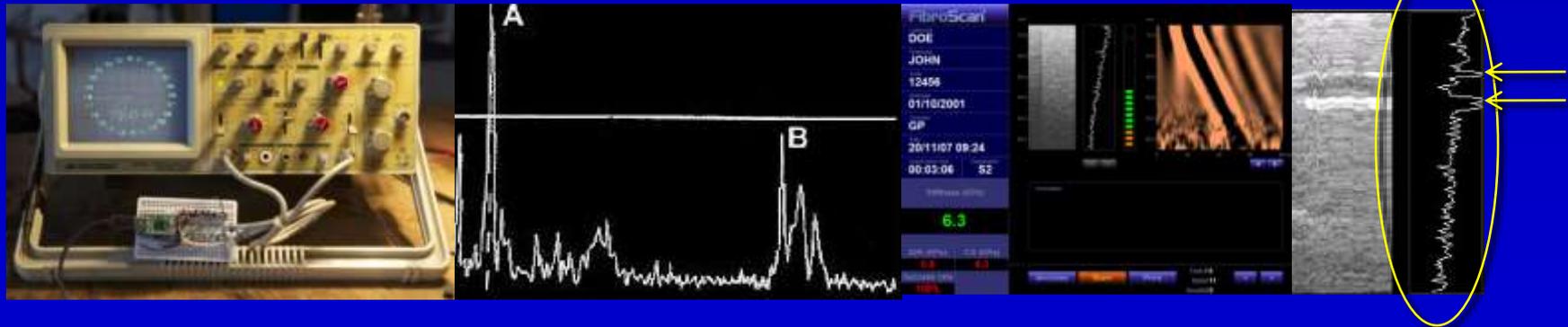


# Attrezzature e sonde

## Modalità di presentazione dell'immagine

2. *Ecografia A-Mode* o *Amplitude-Mode* (modulazione di ampiezza) è la più semplice modalità di rappresentazione del segnale, utilizza una sonda fissa e fornisce un'immagine monodimensionale

Ha applicazioni molto marginali rivestendo per lo più un ricordo storico



# Attrezzature e sonde

## Modalità di presentazione dell'immagine

3. *Ecografia M-Mode* o *TM-Mode* (*Time-Motion Mode*) è una forma particolare di ecografia B-Mode che prevede l'acquisizione del segnale eco lungo una sola linea del campo di scansione

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



# Attrezzature e sonde

## *I tipi di sonda*

- **Trasduttori a tecnologia meccanica**
- **Trasduttori a tecnologia elettronica**



# Attrezzature e sonde

## *I tipi di sonda*

### ***Trasduttori Meccanici***

Utilizzano motori elettrici per far ruotare ed oscillare gli elementi attivi del trasduttore ed effettuare ogni linea del settore di scansione



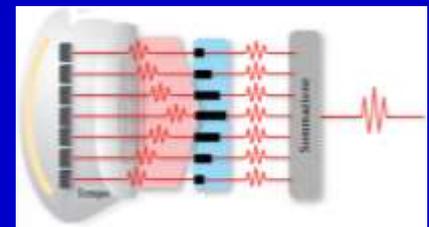
# Attrezzature e sonde

## *I tipi di sonda*

### *Trasduttori Elettronici*



Il fascio ultrasonoro di scansione è formato da emissioni sequenziali degli elementi piezoelettrici controllate elettronicamente realizzando l'acquisizione delle varie linee di scansione senza alcun movimento fisico dei cristalli



# Attrezzature e sonde

## *Trasduttori multielemento o Arrays*

Sono costituiti da numerosi elementi piezoelettrici (da 64 a più di 500) disposti a filiera con disegno geometrico variabile

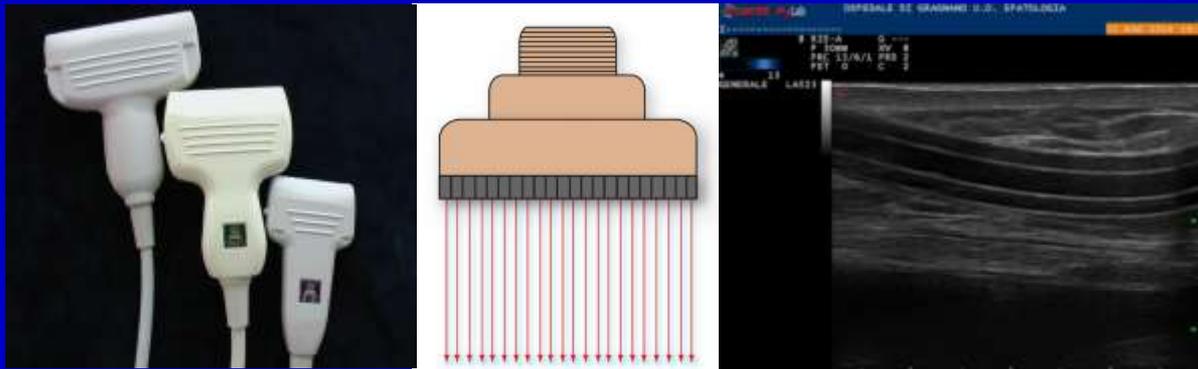
- Sonde lineari
- Sonde con profilo convesso (convex)
- Sonde settoriali fasate (phased arrays)
- Sonde anulari (anular arrays)
- Sonde biplanari



# Attrezzature e sonde

## Trasduttori multielemento o Arrays

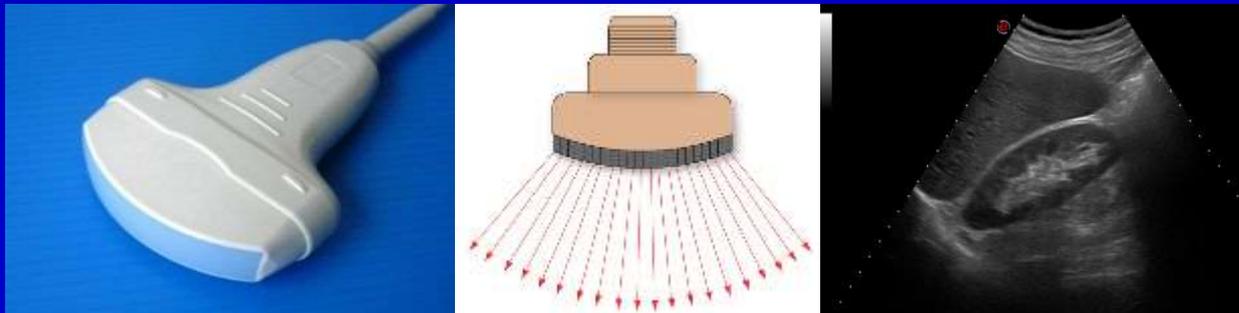
- a. Sonde lineari:** i cristalli sono disposti in linea, hanno una lunghezza fra 2,5 e 10 cm, frequenza elevata, area di scansione di *forma rettangolare*



# Attrezzature e sonde

## Trasduttori multielemento o Arrays

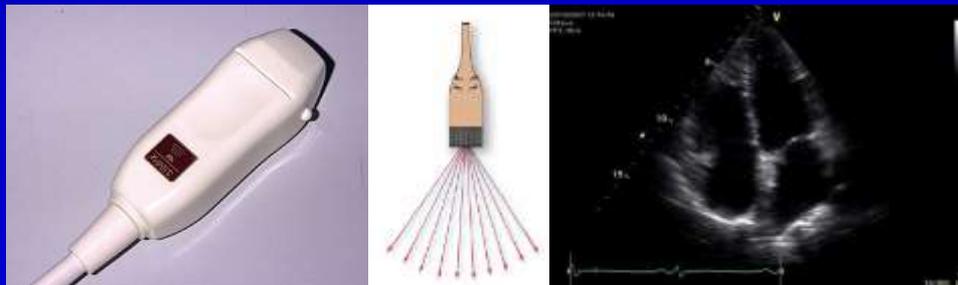
- b. Sonde convex:** la geometria esterna del trasduttore, le cui dimensioni variano da 20 a 120 mm, viene concepita in modo che gli elementi attivi sono disposti su un arco di circonferenza generando un'area di scansione "a tronco di cono"



# Attrezzature e sonde

## Trasduttori multielemento o Arrays

- c. Sonde settoriale fasate (phased array):** più piccole delle lineari e delle convex, sono costituite da microcristalli multipli affiancati che vengono attivati con piccolissimi ritardi generando un fascio inclinato (*steering*) la cui risultante area di scansione è di tipo *conico*



# Attrezzature e sonde

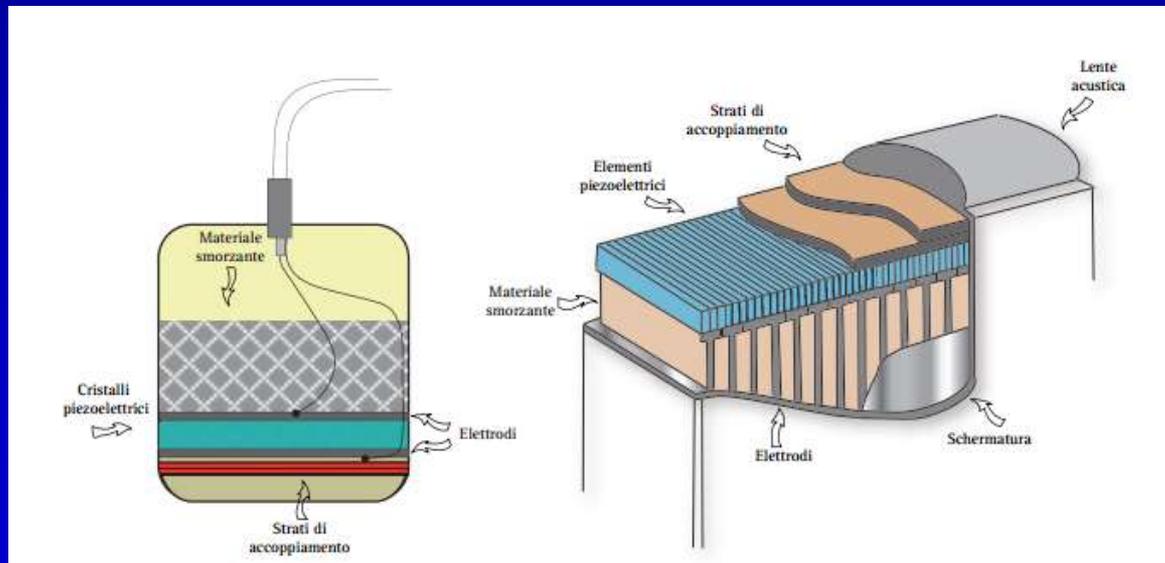
## Trasduttori multielemento o Arrays

- d. Sonde endocavitari:** possono essere biplanari e multiplanari, consentendo di ottenere con la stessa sonda scansioni in più piani diversi o “*end fire*” con disposizione dei cristalli settoriale o convex all’apice della sonda



# Attrezzature e sonde

## Sezione schematica di un trasduttore



# Attrezzature e sonde

## Tipi di sonda ed applicazione

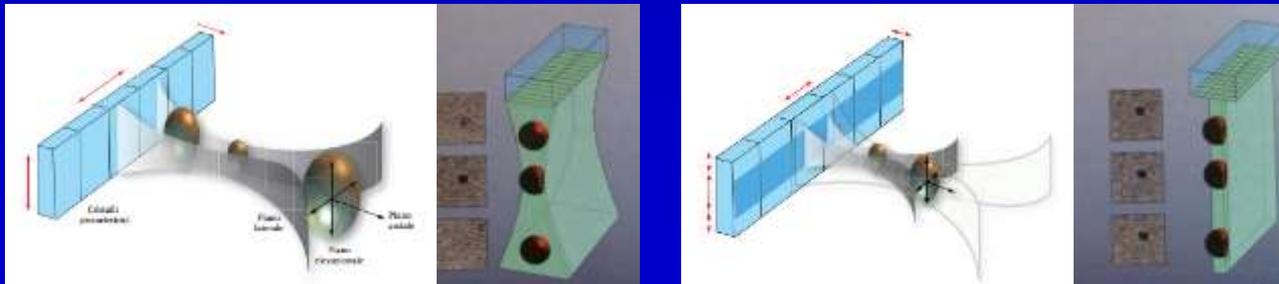
Tipo di sonda e frequenza di trasmissione	Applicazione
<b>Convex, microconvex, settoriale</b> 2,5 – 3,5 MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Addome superiore</li><li>• Addome inferiore</li><li>• Aorta, vasi profondi, vasi portali, retroperitoneo</li></ul>
<b>Convex, lineare</b> 5,0 – 7,5 MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Addome pediatrico, vasi profondi addominali, testicoli, tiroide</li></ul>
<b>Lineare</b> 7,5 - 10 – 12 MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiroide, paratiroidi, tessuti superficiali, vasi superficiali</li><li>• ligamenti, articolazioni, corpi estranei nei tessuti molli</li></ul>
<b>Biplanare (side-fire, end-fire)</b> <b>Lineare endocavitaria</b> 7,5 – 10 MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transvaginale (utero, ovaie, scavo pelvico)</li><li>• Transrettale (prostata, vescicole ed ampolle seminali)</li></ul>

# Attrezzature e sonde

## *Progressi tecnologici*

### *Sonde a matrice attiva*

Prevedono la collocazione dei cristalli disposti sia in file che in colonna con ottimizzazione del fascio nelle tre dimensioni, assiale, trasversale e coronale, con maggiore risoluzione spaziale e uniformità della focalizzazione in tutto il campo di scansione

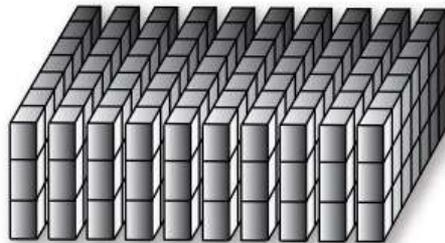


# Attrezzature e sonde

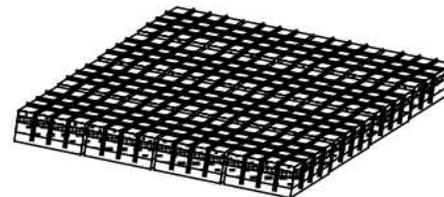
## *Progressi tecnologici*

### *Sonde a matrice attiva*

I limiti sono rappresentati dall'elevato numero di cristalli (2500- 4096 elementi) con costi notevoli, necessità di disporre di nuovi materiali con impedenza acustica simile a quella dei tessuti molli, complessità di creare migliaia di connessioni elettriche, necessità di software molto sofisticati



*Matrice 1,5 D*



*Matrice 2 D*

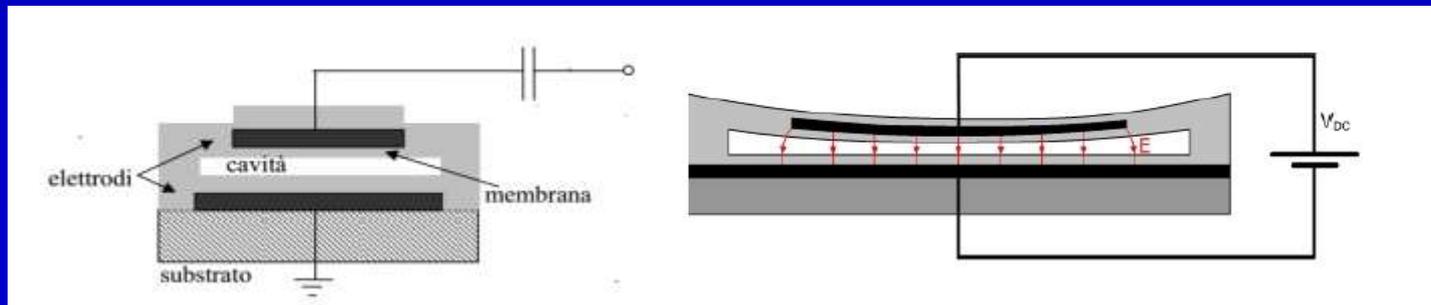
# Attrezzature e sonde

## Progressi tecnologici

### Sonde CMUT (*Capacitive micromachined Ultrasonic Transducer*)

Non utilizzano elementi piezoelettrici ma piuttosto condensatori a piatti paralleli costituiti da una sottile membrana isolante metallizzata sospesa su una cavità con pareti rigide costituente l'elettrodo superiore mobile

L'elettrodo inferiore è fissato al substrato sul quale vibra la membrana

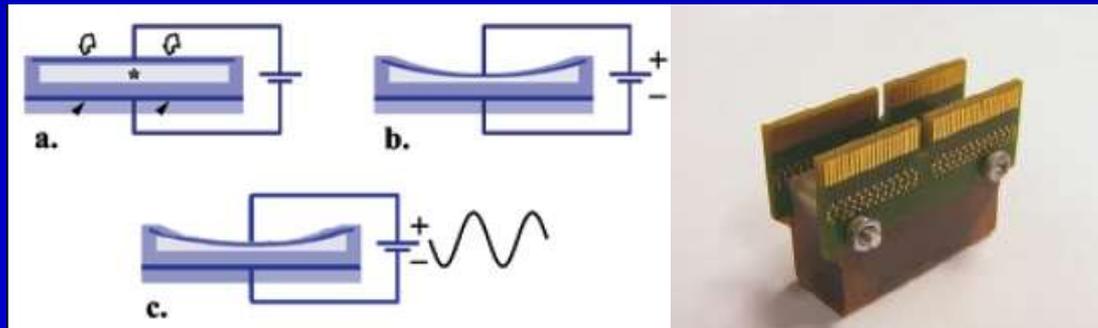


# Attrezzature e sonde

## Progressi tecnologici

### Sonde **CMUT** (*Capacitive micromachined Ultrasonic Transducer*)

L'applicazione di una differenza di potenziale alternata applicata tra i due elettrodi provoca vibrazione dell'elettrodo mobile generando un'onda acustica e viceversa in fase di ricezione



# Attrezzature e sonde

## *Progressi tecnologici*

### *Sonde CMUT (Capacitive micromachined Ultrasonic Transducer)*

Hanno un architettura intrinsecamente a matrice, migliore adattabilità acustica e consentono *imaging 4D* di alta qualità, con minor numero di elementi e costi di produzione inferiori



# Attrezzature e sonde

## *Il sistema centrale*

Comprende due distinte parti elettroniche controllate e sincronizzate da un computer

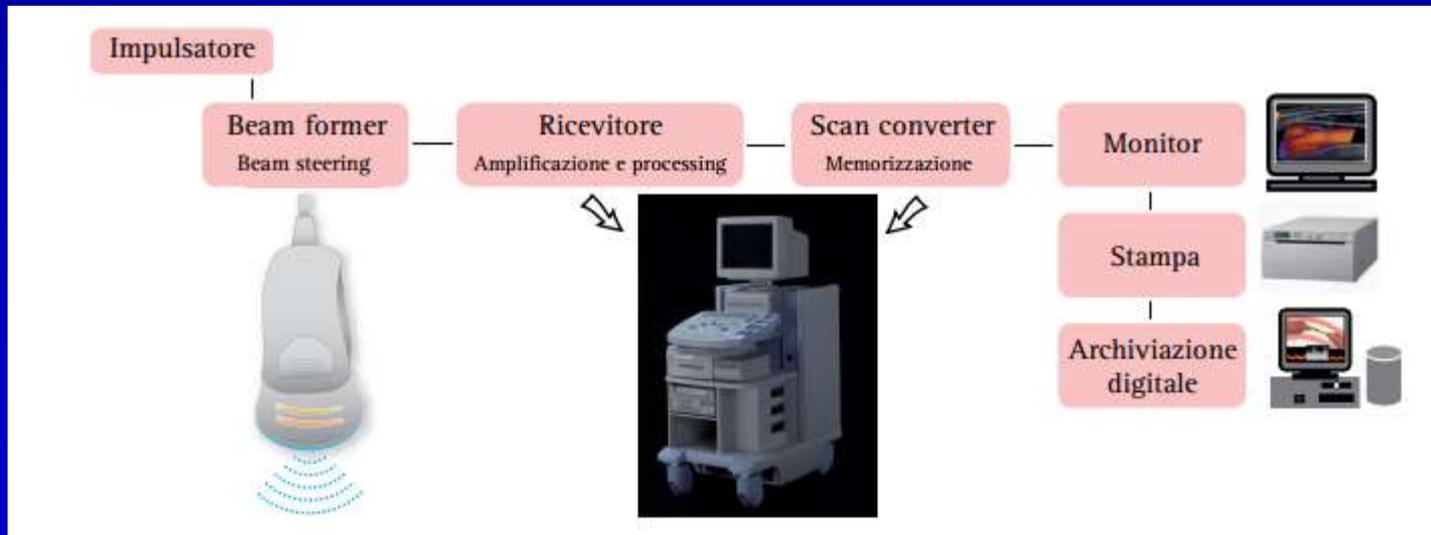
- a. *La sezione di trasmissione*, collegata ad uno o più beamformers (analogici e digitali) che regolano la sequenza di ritardo con cui vengono eccitati i cristalli del trasduttore in uscita ed in ritorno
- b. *La sezione di ricezione e trattamento del segnale*



# Attrezzature e sonde

## *Il sistema centrale*

Tutti i processi di elaborazione del segnale si realizzano nelle schede elettroniche contenute nel sistema centrale



# Attrezzature e sonde

## La console

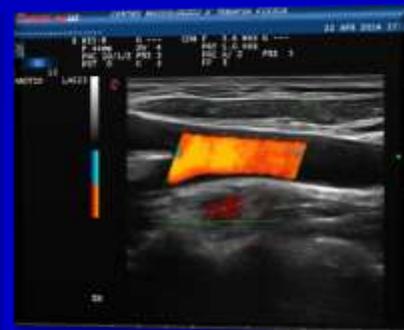


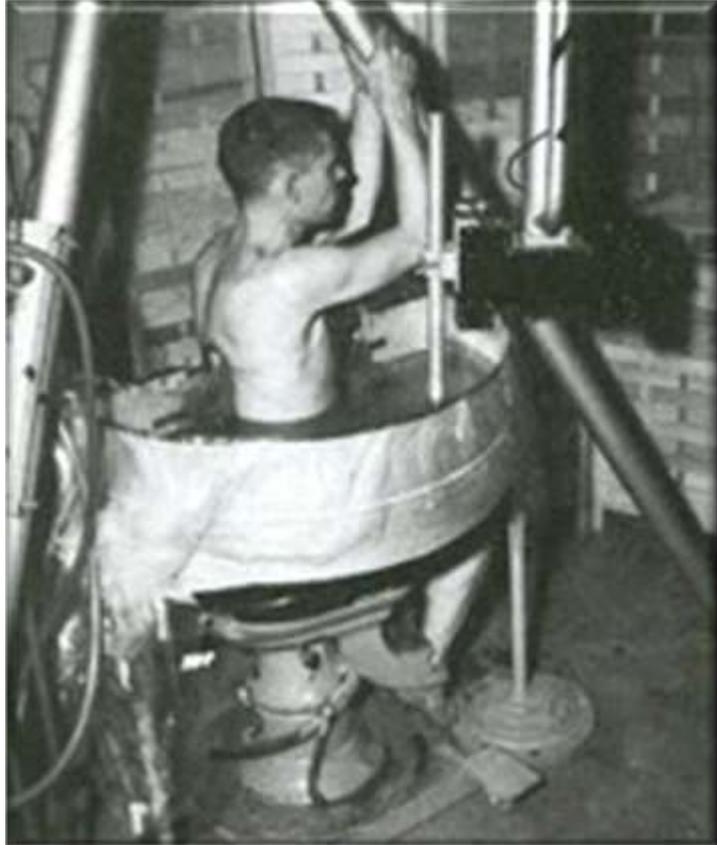
# Attrezzature e sonde

## *Il monitor*

E' il sistema necessario per visualizzare in scala di grigi o a colori le immagini ecografiche o color-Doppler

L'immagine presentata sul monitor può essere riprodotta su carta termica o immagazzinata in sistemi di memoria elettronica (hard disk, CD, memorie mobili)





***Ecografo ad immersione  
Pan-scanner - 1957***

