

# Principi di base di ecografia

**1.1** **Ecografia: fisica, apparecchiature, semeiotica, modalità di visualizzazione e artefatti**

Roberta Scuderi, Renato Farina, Mario Scuderi

**1.2** **I mezzi di contrasto ecografici**

Salvatore Alessandro Maria Antoci, Emilio Castorina

**1.3** **Anatomia e pattern ecografico normale dei principali distretti anatomici**

**1.3.1** **Torace**

Mario Beniamino Cirmi, Mario Scuderi

**1.3.2** **Cuore**

Gaetano Giudice, Mario Scuderi

**1.3.3** **Addome**

Valeria Urzia, Walter Terranova, Mario Scuderi

## 1.1 ECOGRAFIA: FISICA, APPARECCHIATURE, SEMEIOTICA, MODALITÀ DI VISUALIZZAZIONE E ARTEFATTI

Roberta Scuderi, Renato Farina, Mario Scuderi

*L'ecografia è una metodica di diagnostica per immagini che sfrutta l'interazione degli ultrasuoni con la materia per l'ottenimento delle immagini.*

Gli ultrasuoni (US) sono onde meccaniche di tipo sonoro o acustico, con frequenza tra 20.000 Hz e 10 MHz, non udibili dall'orecchio umano, che, attraversando la materia organica, interagiscono con essa mettendone in vibrazione le molecole che la costituiscono.

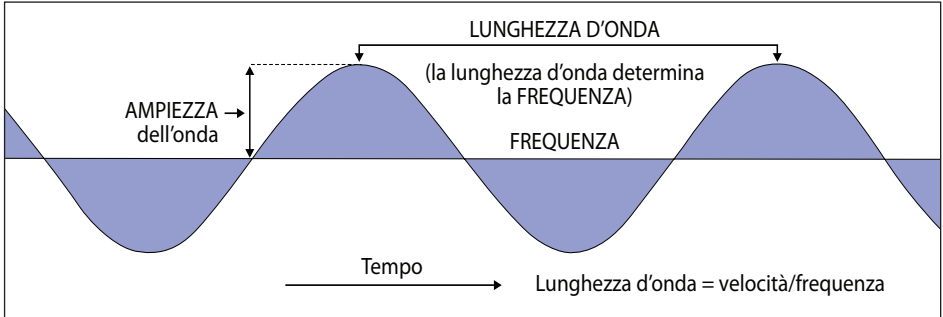
A differenza delle onde elettromagnetiche, gli ultrasuoni non si propagano nel vuoto e sono caratterizzati da alcune proprietà fisiche fondamentali: la frequenza (misurata in Hertz, numero di cicli al secondo), lunghezza d'onda (la distanza, in metri, tra due picchi successivi dell'onda), velocità di propagazione (la distanza percorsa dall'onda nell'unità di tempo, in m/s), l'intensità (l'ampiezza delle onde, in decibel) e il periodo (tempo impiegato per percorrere una distanza pari alla lunghezza d'onda) (Fig. 1.1).

Per produrre queste onde acustiche è necessaria una fonte di vibrazioni come, ad esempio, i cristalli di quarzo, che sono strutture cristalline costituite da molecole asimmetriche, con cariche positive e negative separate ai due estremi, detti dipoli. Se si applica tensione ai dipoli, questi si allineano e il cristallo varia di dimensioni (pochi millesimi di millimetro). Appena la tensione elettrica cessa i cristalli riprendono rapidamente la forma originale. Questo rapido ritorno elastico fa entrare in risonanza i cristalli determinando una piccola serie di vibrazioni che generano degli ultrasuoni o onde acustiche. Questo fenomeno è noto come *effetto piezoelettrico*.

Le onde acustiche, incontrando la materia organica vengono riflesse, in maniera completa o parziale, ritornando al cristallo di quarzo (o materiale piezoelettrico), che funziona da emittente e da ricevente, venendo successivamente modificate e processate prima in impulsi elettrici e successivamente in immagini su scala di grigi.

Quindi, l'ecografia si basa sull'analisi e la rappresentazione delle variazioni di segnale che gli US subiscono nell'attraversare i tessuti biologici secondo alcuni principi fisici fondamentali come la *riflessione*, l'*impedenza acustica*, lo *scattering* o *diffusione*, la *rifrazione*, l'*attenuazione* e l'*assorbimento*.

La *riflessione* degli US avviene nelle interfacce tissutali ossia nei punti in cui la materia possiede valori diverse di *impedenza acustica* (Tab. 1.1), che si definisce un indice dell'ostacolo che gli US incontrano nell'attraversare il tessuto esplorato; pertanto quanto maggiore sarà la differenza di impedenza



**Figura 1.1** Proprietà fisiche fondamentali degli ultrasuoni.

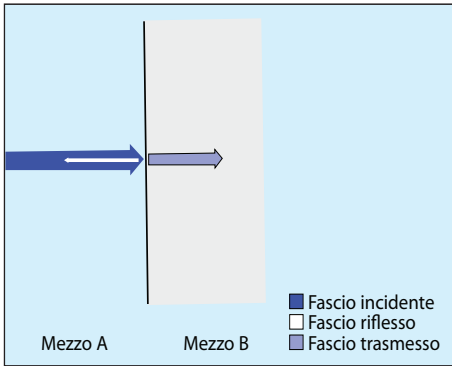
**Tabella 1.I** I mezzi di conduzione a seconda delle loro caratteristiche fisiche hanno una diversa densità, impedenza acustica ( $z$ ) e velocità di propagazione ( $v$ ).

	DENSITÀ	IMPEDENZA	VELOCITÀ
Aria	1,2	0,0004	330
Grasso	920	1,35	1460
Fegato	1060	1,64	1550
Milza	1060	1,66	1560
Sangue	1060	1,62	1560
Rene	1040	1,62	1560
Muscolo	1070	1,70	1590
Osso	1380-1810	3,75-7,38	2700-4100

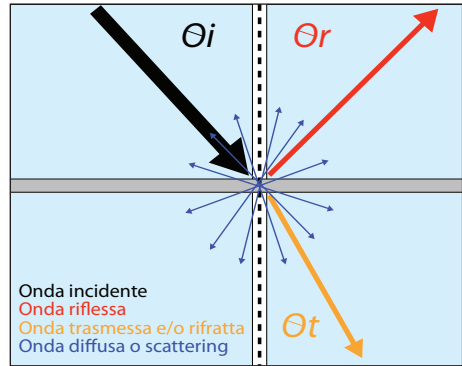
**Tabella 1.II** Percentuali di riflessione acustica alle interfacce tissutali.

INTERFACCIA	PERCENTUALE DI RIFLESSIONE
Grasso/muscolo	1,08
Grasso/rene	0,6
Tessuti molli/acqua	0,2
Osso/grasso	49
Tessuti molli/aria	99

acustica tra le interfacce dei vari tessuti attraversati tanto maggiore sarà la quota degli ultrasuoni che viene riflessa (Tab. 1.II); per questo, essendo l'energia di riflessione direttamente proporzionale alla differenza dell'impedenza acustica tra due superfici, per variazioni molto significative di densità, il fascio ultrasonoro può subire una riflessione completa.



**Figura 1.2** Riflessione acustica alle interfacce tissutali.



**Figura 1.3** Schema esplicativo riflessione, scattering e rifrazione.

In altri casi di minore differenza di impedenza acustica, l'onda acustica si scompone in due componenti una che torna indietro per riflessione al cristallo che l'ha emessa e l'altra che prosegue in profondità nei tessuti, finché non esaurisce l'energia (Fig. 1.2).

Quando il fascio US incontra una superficie irregolare o tante piccole superfici orientate in modo diverso subisce una *diffusione* o *scattering* in tutte le direzioni (p.e., visualizzazione di contorni arrotondati). Quando, invece, l'onda acustica attraversa due mezzi a diversa impedenza acustica, il fascio ultrasonoro cambia direzione. Tale fenomeno si definisce *rifrazione* ed è facilmente spiegabile se teniamo presente che gli US viaggiano più velocemente in mezzi più densi (Fig. 1.3).

L'*attenuazione* descrive, invece, la perdita di intensità delle onde acustiche attraverso la dispersione spaziale nel tessuto e la dispersione termica. In altre parole, quando un'onda ultrasonora viene a contatto con una superficie (o un organo o parenchima) si determina una considerevole perdita di potenza dovuta ai fenomeni di riflessione, scattering e rifrazione sopradescritti; pertanto, nella norma si determina una considerevole perdita di potenza nei piani profondi, la cui compensazione tecnico-strumentale, vedremo più avanti, avviene mediante apposito equalizzatore o compensatore di profondità (*Time Gain Compensation* - TGC).

Allo stesso tempo, l'onda acustica venendo a contatto con il mezzo gli trasferisce energia che viene dissipata sotto forma di calore (*assorbimento*).

La generazione e la ricezione degli ultrasuoni avviene attraverso appositi strumenti definiti *trasduttori* o *sonde*, in grado di convertire energia elettrica in energia meccanica ad alta frequenza, e viceversa, e contenenti il cristallo con proprietà piezoelettriche.

Dalla frequenza degli ultrasuoni emessi dal trasduttore dipendono la *risoluzione spaziale*, la *definizione dell'immagine* e il *potere di penetrazione* degli ultrasuoni.

*Maggiore sarà la frequenza, migliore sarà la risoluzione spaziale, minore però sarà la lunghezza d'onda e quindi il potere di penetrazione. Per questo occorre scegliere le sonde in relazione alle specifiche indicazioni cliniche e quindi ai distretti da esaminare.*

Gli ultrasuoni usati ai fini diagnostici hanno frequenza altissima (dai 2 ai 20 MHz), lunghezza d'onda cortissima di 0,07-1,5 mm e periodi di decimo di microsecondo.

Il fascio di ultrasuoni può essere anche descritto come un pennello i cui i peli tendono ad allargarsi poco dopo essere usciti dalla sonda. Essi restano paralleli fra loro solo per un breve tratto: il fascio resta coerente (cioè, con diametro pari a quello del cristallo) fino a una distanza che è proporzionale al diametro del cristallo. Il tratto nel quale il fascio è coerente è detto *zona di Fresnel*; quello successivo, *zona di Fraunhofer*. Il punto di passaggio tra le due zone rappresenta la zona focale del fascio ultrasonoro. La focalizzazione, nelle vecchie sonde di tipo meccanico, era fissa.

*Nelle moderne sonde elettroniche, la presenza di lenti acustiche permette di ottenere più di un punto di focalizzazione a profondità variabili (sonde multifrequenza).*

## Tecnologia, strumentazione e manopologia ecografica

Al momento l'industria fornisce tre gruppi di apparecchi ecografici, distinti riguardo alla trasportabilità (carrellati, portatili, ultraportatili), ognuno dei quali offre prestazioni differenti ed è pensato per l'utilizzo in specifici setting clinici.

- i *carrellati* sono piuttosto grandi e rappresentano, di solito, il top della gamma per prestazioni e accessori, e vengono utilizzati nella diagnostica convenzionale, per lo più ambulatoriale;
- i *portatili* sono caratterizzati dalla compattezza e dalla leggerezza, possono essere dotati di più sonde ed essere completi di color-Doppler e duplex-Doppler. La caratteristica principale è l'estrema maneggevolezza che ne consente una rapida mobilitazione e pronta disponibilità e quindi li rende particolarmente idonei all'uso soprattutto nell'emergenza sia intra che extra ospedaliera;
- gli *ultraportatili* sono estremamente compatti (possono stare nel palmo di una mano) e possono essere dotati di tutte le sonde e di un sistema di registrazione delle immagini oltre a tutte le altre funzioni proprie di un ecografo e rappresentano l'evoluzione tecnologica degli apparecchi portatili.

L'ecografo, sommariamente, è composto da un monitor, da un pannello di controllo o *work station* e dalla sonda. Tralasciando volutamente descrizioni particolari sul monitor, in **Tabella 1.III** sono schematizzati e menzionati i principali tasti presenti sul pannello di controllo, che sono necessari per iniziare e portare a termine l'esame ecografico.

**Tabella 1.III** Principali tasti presenti nel pannello di controllo sulla plancia ecografica.

TASTO SULLA PLANCIA ECOGRAFICA	FUNZIONE ESERCITATA
Tasto di accensione (ON/OFF)	La sua posizione varia a seconda dell'apparecchio utilizzato
Tasto Patient, ID o New Exam	Inizia un nuovo esame e cancella tutte le informazioni del paziente precedente Il tasto deve essere premuto prima di iniziare con lo studio di ciascun paziente. Inserire i dati del paziente con la tastiera alfanumerica
Manopola Track Ball o mouse ecografico	Si usa per muovere il cursore nella posizione desiderata o per fissare la lunghezza di un asse mentre si disegna un'ellisse. Può variare la dimensione e la posizione del volume di campionamento e cambiare la posizione del cursore modalità Doppler
Tasto Probe o sonda	È il tasto che permette di selezionare la sonda adatta all'organo che deve essere studiato. Ciascuna sonda ha un marker in rilievo, spesso illuminato, che corrisponde di solito, per convenzione, al lato superiore sinistro dello schermo, con un puntino o con il logo della marca dell'apparecchio. L'esame ecocardiografico è eseguito con il marker al lato destro dello schermo, per questo tutti gli apparecchi sono dotati di una funzione che permette di modificare la posizione del marker sullo schermo
Tasto Freeze o fermo immagine	È possibile bloccare la successione di frame dell'esame in tempo reale nel momento in cui, a giudizio dell'operatore, si stia visualizzando al meglio una certa struttura o organo. Di solito agendo sulla track ball è possibile selezionare l'immagine migliore con la possibilità di scegliere tra gli ultimi frame memorizzati quello migliore (cine-scroll) Sull'immagine "congelata" è possibile eseguire una serie di misurazioni, inserire delle note scritte, delle frecce o dei simboli, ecc.
Tasto Body mark	Mostra le icone da selezionare e inserire nella iconografia dell'esame e, comunque, relative, alla sezione anatomica del momento e anche al tipo di scansione in quel momento eseguita
Tasto A-Mode, B-Mode, M-Mode	Scelta della rappresentazione tecnica dell'immagine

TASTO SULLA PLANCIA ECOGRAFICA	FUNZIONE ESERCITATA
Tasto Preset	Consente di personalizzare alcuni parametri in modo che si possano meglio adattare all'utilizzo dell'utente; normalmente esistono preset pre-installati dalla casa costruttrice per ottimizzare la resa delle apparecchiature. I preset possono essere modificati a proprio piacimento oppure possono essere creati dei nuovi ma.
Tasto Gain o regolazione dei guadagni	Regola l'intensità degli echi di ritorno. Incrementando il guadagno si ottengono immagini più chiare, brillanti, viceversa riducendolo si ottengono immagini più scure. Non incide sulla qualità dell'immagine (non modifica il numero di pixel per immagine), quindi, al fine di ridurre gli artefatti, conviene regolare al minimo indispensabile i guadagni. La funzione guadagno è un po' come la funzione volume dello stereo: aumenta o diminuisce il volume emesso ma non modifica la qualità del suono. È possibile regolare il guadagno di tutta la superficie scansionata e solo su alcuni settori
Tasto Focus o fuoco	È una funzione che consente di posizionare, variandola anche più volte durante l'esame, la zona focale del fascio di ultrasuoni sul punto di interesse, per migliorarne la risoluzione e quindi la qualità dell'immagine. Le sonde elettroniche attuali consentono di ottenere uno o più punti di focalizzazione a profondità variabili.
Tasto Measurement o misurazioni	Si accede ai diversi sistemi idonei per operare misure, eseguire calcoli e/o disegnare contorni
Tasto Set	Si usa per selezionare le opzioni e stabilire il punto di partenza e di arrivo durante la misurazione
Tasto Zoom	Permette di ingrandire una zona dell'immagine attraverso un'elaborazione elettronica a discapito della nitidezza dell'immagine
Tasto Depth o profondità	Modifica la dimensione dell'area rappresentata sullo schermo; utile per assicurare che l'intera struttura d'interesse sia compresa nello schermo. In sintesi, aumenta o diminuisce la profondità di scansione in tutte le modalità di imaging
Tasto Dual	Consente l'accoppiamento di immagini sulla stessa schermata (schermi gemelli): opzione in genere utilizzata per comporre immagini di strutture voluminose non contenute nel singolo campo di vista della sonda lineare (es. voluminosa cisti mammaria di diametro >5 cm) o nel caso di necessario confronto lato dx e sn o lato sano o patologico di un organo pari, simmetrico (es. tiroide, reni, mammelle, testicoli, muscoli, ecc.)
Tasto Cine-memory o cine-loop	Consente di scegliere l'immagine preferita scorrendo la sequenza di immagini acquisite durante l'esame

TASTO SULLA PLANCIA ECOGRAFICA	FUNZIONE ESERCITATA
Tasto TGC (Time Gain Compensation) o compensatore di profondità	Permette di aggiustare i guadagni a diverse profondità. Gli echi hanno un'intensità direttamente proporzionale all'intensità dell'ultrasuono che li ha generati. Poiché gli ultrasuoni si attenuano durante la loro progressione attraverso i tessuti, gli echi provenienti dalle zone più profonde sono sempre meno intensi a prescindere dalla differenza d'impedenza che li ha generati: per cui due interfacce di uguale differenza d'impedenza poste a differenti profondità apparirebbero sempre diverse sul monitor. Per correggere il problema, gli apparecchi ecografici usano un amplificatore che è regolato sul tempo che gli echi prodotti impiegano per ritornare alla sonda: maggiore è il ritardo maggiore sarà l'amplificazione (TGC). In molti apparecchi ecografici, oltre alla regolazione automatica operata dalla macchina, è possibile regolare manualmente il TGC degli echi che ritornano alla sonda
Tasto Print o stampa	L'immagine ottenuta e congelata può essere stampata. Solitamente, la stampa viene effettuata su carta termica, in bianco e nero. Le immagini e il video dell'esame ecografico potranno essere memorizzati sull'hard disk dell'apparecchio o su altri supporti digitali tramite diverse uscite ormai presenti su tutti gli apparecchi
Tasto THI o Tissue Harmonic Imaging	Permette, mediante una combinazione di speciali sequenze di emissione di impulsi e di una tecnica di ricezione a banda larga, di utilizzare parte delle frequenze armoniche per produrre immagini ecografiche con più elevata risoluzione spaziale, maggiore contrasto e riduzione dei rumori di fondo. In sintesi, immagine più definita e pulita
Tasto CHI o Contrast Harmonic Imaging	Viene utilizzato quando si utilizzano i mezzi di contrasto ecografici o amplificatori del segnale eco
Tasto CFM o Color Flow Mapping	Il flusso sanguigno viene visualizzato come una mappa di colore sovrapposta all'immagine in B-mode. Il colore è codificato, di solito, in maniera tale che il rosso è assegnato al flusso diretto verso la sonda (arterioso), mentre l'azzurro è assegnato a quello che se ne allontana (venoso). Questa modalità non è in grado di dare informazioni quantitative ma solo qualitative sul flusso: un rosso molto intenso o un blu molto intenso significherebbero flussi molto veloci in avvicinamento o in allontanamento; la presenza di un mosaico di colori in un vaso, testimonierebbero un flusso di tipo turbolento
Tasto CD o Color Doppler	La modalità CD viene comunemente utilizzata per individuare i vasi per poi posizionare su di essi il "gate" per campionare il flusso con il testo o lo spettro PW
Tasto PW o Pulsed Wave o Doppler Pulsato	Il doppler pulsato viene visualizzato sul monitor su un piano cartesiano, come dei grafici (spettro Doppler). L'asse delle ordinate rappresenta la velocità (m/sec o cm/sec) mentre l'asse delle ascisse rappresenta il tempo