

Il linguaggio ecografico: note di fisica, tecnica e semeiotica ecografica

Giuseppe Balconi

L'ecografia ha raggiunto uno sviluppo tecnologico che ne consente un uso diffuso al letto del paziente, in ospedale e sempre più anche sul territorio, con apparecchiature di piccole dimensioni ad alta potenzialità diagnostica (Figura 1). Vi sono anche apparecchiature molto sofisticate che consentono rilievi complessi utilizzate in ambienti specialistici.

Il linguaggio ecografico è comunque sempre lo stesso, derivato dai principi fisici delle onde meccaniche e dalla loro interazione col corpo umano. Per poter usufruire e comprendere appieno la metodica è indispensabile conoscerlo.

La macchina ecografica

L'ecografo produce impulsi elettrici attraverso un cristallo, da cui ne riceve altri di ritorno che poi elabora in modo da dare informazioni sulla distanza del corpo esaminato. I cristalli consentono di convertire

il segnale elettrico in un'onda di pressione e viceversa. Elemento essenziale è la sonda entro la quale sono posti i cristalli. La sonda può contenere più cristalli e può avere forme diverse in modo da poterla applicare in posizioni diverse del corpo. La rapidità di elaborazione del computer consente di trasformare gli impulsi in immagini in rapida successione tale da consentire uno studio dinamico delle strutture.

Le onde ultrasonore

Le sonde ecografiche emettono generalmente ultrasuoni (suoni oltre l'udibile umano) con frequenze fra 1,5 e i 18 MHz. La velocità con cui si tramettono le onde dipende dal mezzo attraversato, mentre il rapporto tra frequenza e velocità di trasmissione determina la lunghezza d'onda responsabile del potere di risoluzione: minore è la lunghezza d'onda maggiore sarà il potere di risoluzione, con riduzione in questo caso, purtroppo, del potere di penetrazione. L'esame ecografico con la frequenza opportuna andrà ottimizzato

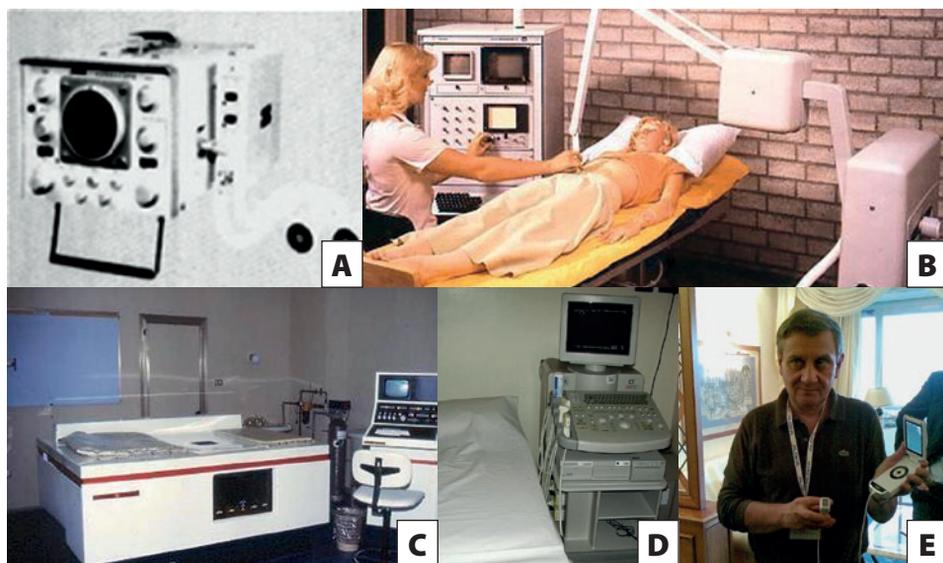


Figura 1. Evoluzione degli apparecchi ecografici negli anni. **A:** anni Sessanta; **B:** anni Settanta; **C:** anni Ottanta; **D:** dagli anni Ottanta a oggi; **E:** dal 2010 a oggi.

pertanto sulla parte da esaminare.

Le onde sonore hanno una potenza (indice meccanico) codificata e non dannosa per il corpo umano.

Gli echi

Le onde passano attraverso il corpo umano con una velocità correlata con la densità del mezzo che oppone ovviamente una certa resistenza a essere compresso (impedenza acustica). Quando l'onda passa da una struttura con una impedenza acustica in un'altra con impedenza acustica diversa cambia direzione: se l'interfaccia fra le due strutture viene colpita in modo perpendicolare l'onda viene riflessa verso la sonda e darà il segnale ecografico, se invece l'interfaccia viene colpita in modo obliquo l'onda verrà rifratta verso altre direzioni, non giungerà alla sonda e potrà causare artefatti. La percentuale di riflessione dell'onda è in relazione alla differenza di velocità di trasmissione fra due strutture: il

passaggio fra tessuto parenchimale (1.540 m/s) verso l'aria (330 m/s) comporta una riflessione pressoché completa dell'onda sonora (non può proseguire oltre).

Macchine più complesse possono sfruttare anche onde dette "armoniche" prodotte dalla vibrazione del tessuto insonato o dalle bollicine dei mezzi di contrasto ecografici.

Il tempo che passa dalla emissione dell'onda dal cristallo al suo ritorno consente di risalire alla distanza del bersaglio in relazione alla velocità di trasmissione dell'onda: velocità media dei tessuti del corpo umano calcolata in circa 1.540 m/s. Ma non tutti i tessuti hanno esattamente la stessa velocità (sangue 1.570 m/s; grasso 1.450 m/s) e questo può dare origine ad artefatti.

Le immagini e il loro significato

► **A-mode.** Le apparecchiature con linguaggio A-mode (*amplitude mode*) sono state le prime a essere utilizzate sul finire degli anni Sessanta e deri-

vavano dal sonar delle navi da guerra. Viene inviato un impulso nel corpo e sullo schermo viene rappresentata, in un diagramma cartesiano, l'ampiezza dell'eco in funzione del tempo (quindi della profondità). Questo sistema di presentazione è ormai praticamente abbandonato, ma è la base di calcolo per il B-mode (Figura 2).

- ▶ **B-mode.** È il sistema di rappresentazione più comunemente usato in ecografia (*brightness mode*): il grafico su una singola linea (A-mode) viene trasformato in intensità luminosa (maggiore la riflessione più chiaro il segnale). Memorizzando le diverse linee di scansione ottenute spostando progressivamente il cristallo si realizza una scansione ecografica. Disponendo di una sonda che contiene numerosi cristalli l'immagine di scansione avviene in modo automatico e in tempo reale consentendo notevole rapidità di esecuzione dell'esame e lo studio in movimento delle strutture.
- ▶ **M-mode.** Posizionando la sonda in un

punto si evidenzia l'eventuale movimento di una struttura sottostante e la variazione della sua posizione nel tempo può essere registrata. Modalità utilizzata per lo studio di strutture in movimento tipo cuore, valvole vascolari, diaframma.

- ▶ **Eco-color-doppler.** Il *doppler* considera la variazione di frequenza dell'onda ultrasonora di ritorno rispetto a quella inviata: un corpo in movimento, come i globuli rossi, verso la sonda ecografica riflette l'onda inviata dalla sonda accelerandola (aumento di frequenza) e al contrario in caso di allontanamento del corpo in esame. I dati ottenuti nel tempo possono essere rappresentati con un grafico che consente una misurazione accurata e ripetibile quindi utile per quantificazione del flusso e per un monitoraggio. Il *color-doppler* esprime il flusso con il colore: rosso verso la sonda, blu in allontanamento, di più rapida e intuitiva esecuzione ma non quantificabile come il grafico *doppler*.
- ▶ **Elastosonografia.** Metodica che valuta la durezza dei tessuti; dapprima, nel corso degli anni Ottanta, comprimendo con la sonda, rilasciando il tessuto in esame e confrontando le immagini ottenute per verificare parti più "dure" (meno deformabili). Al giorno d'oggi avviene mediante la valutazione della velocità di trasmissione delle onde nel tessuto (*fibrosan - shear wave*).

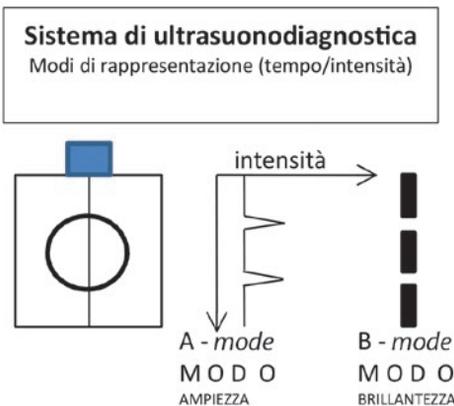


Figura 2. Schema di rappresentazione di una scansione di un cerchio in un vaso di acqua con monocristallo su singola linea in elaborazione A-mode e B-mode.

La semeiotica ecografica

Dalle regole della fisica ne derivano le immagini ecografiche che rappresentano:

- ▶ Immagini (Figura 3) di
 - ▶ parenchima - echi omogenei;
 - ▶ parete - stria iperecogena;
 - ▶ vuoto acustico - assenza di echi.

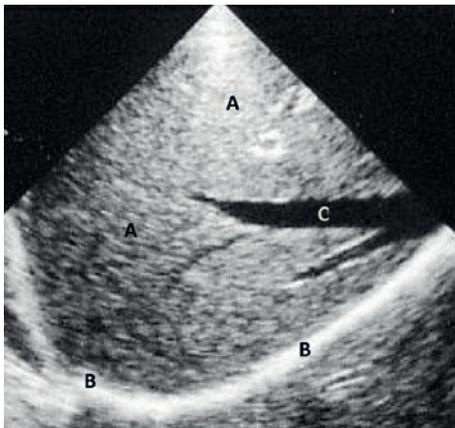


Figura 3. Immagine base di ecografia con scansione assiale di lobo destro epatico. **A:** immagine di parenchima (fegato); **B:** immagine di parete (diaframma); **C:** immagine di vuoto acustico (vena sovraepatica).

- ▶ Immagini di artefatti che sono “false” ma derivano da strutture o da insonazioni specifiche e quindi non sono da eliminare bensì da interpretare (l’ecografia è operatore dipendente) e sono codificati in artefatti da:
 - ▶ riverberazione,
 - ▶ coda di cometa,
 - ▶ ring-down,
 - ▶ cono d’ombra posteriore,
 - ▶ ombre acustiche laterali,

- ▶ lobi laterali,
- ▶ effetto di volume parziale,
- ▶ variazione di velocità,
- ▶ sdoppiamento dell’immagini,
- ▶ effetto specchio.

In riferimento, invece, al vocabolario spesso utilizzato si ricordano qui di seguito alcune definizioni.

- **Iper-iso-ipoecogeno:** non esprimono valori assoluti quantificabili, ma relativi alla struttura in esame (es: nodulo intraepatico) o confronto con organi vicini (fegato rispetto a rene nella steatosi).
- **Anecogeno:** è la descrizione del vuoto acustico.
- **Omogeneo:** echi uguali per dimensioni e intensità.
- **Misto:** formazione a contenuto in parte liquido in parte solido.

Bibliografia di riferimento

- BAAD M, FENG LU Z, REISER I, PAUSHTER D. *Clinical significance of US artifacts*. Radiographics 2017;37:1408-23.
- CALLIADA F. *Principi fisici degli ultrasuoni* in DRUDI FM (a cura di). *Quaderni di ecografia* Roma: Società Italiana di Ultrasonologia in Medicina e Biologia (SIUMB) 2017, volume 2.
- SZABO TL. *Diagnostic ultrasound imaging: inside out*. Amsterdam: Elsevier Academic Press 2013.

ERS SCHOOL COURSES IN EVIDENCE



EBUS TRAINING PROGRAMME PART 1

15-16 October, 2019 (Amsterdam, Netherlands)

www.ersnet.org/courses

INTERVENTIONAL BRONCHOSCOPY

24-26 October, 2019 (Athens, Greece)

www.ersnet.org/courses

INTERSTITIAL LUNG DISEASES

4-6 November, 2019 (Heidelberg, Germany)

www.ersnet.org/courses

PAEDIATRIC RESPIRATORY INFECTIONS

13-15 November, 2019 (Lisbon, Portugal)

www.ersnet.org/courses

MULTI-DISCIPLINARY CARE IN THORACIC ONCOLOGY

15-16 November, 2019 (Athens, Greece)

www.ersnet.org/courses

PULMONARY REHABILITATION

9-11 January, 2020 (Leuven, Belgium)

www.ersnet.org/courses