

Introduzione

Cenni storici

La tecnica ecografica utilizza la proprietà degli ultrasuoni (US) di attraversare i tessuti corporei e di essere riflessi, in variabile entità, al passaggio tra zone con differente capacità di trasmissione. All'origine della applicazione di tali caratteristiche, vi è la scoperta dell'effetto piezoelettrico del quarzo, che consiste nell'emissione di US quando ad esso sia applicato un potenziale elettrico oscillante, avvenuta nel 1880 ad opera dei fratelli Curie (1). Fu un loro allievo, Paul Langevin, che per primo, nel 1916, produsse onde US e le applicò come dispositivo per la rilevazione di segnali sottomarini, in particolare per la localizzazione degli iceberg (2). Successivamente, gli US vennero utilizzati nell'industria militare nel corso della seconda guerra mondiale, e nell'industria chimica, per identificare difetti nella fusione dei metalli (3).

Le prime applicazioni diagnostiche in campo medico riguardarono lo studio delle strutture intracraniche in neurologia e neurochirurgia (4), e si deve a John Wild, nel 1950, il primo impiego degli US in gastroenterologia, per la misurazione dello spessore delle pareti intestinali (5).

La rapida evoluzione tecnologica delle apparecchiature ad US in campo medico ha portato alla attuale produzione delle immagini US in "scala dei grigi", in "tempo reale", ed all'utilizzo dell'effetto Doppler per la valutazione dei flussi delle componenti vascolari, mediante lo studio flussimetrico, il color-Doppler (CD) ed il power-Doppler (PD).

Nozioni di Fisica e Tecnica

In seguito ad un impulso elettrico di eccitazione, il fascio US viene emesso da una lamina di materiale piezoelettrico, posta all'interno del trasduttore, componente fondamentale delle sonde per ecografia. All'interfaccia tra strutture anatomiche a diversa impedenza acustica (grandezza che indica la minore o maggiore capacità dei tessuti di condurre gli US), parte dell'energia del fascio US progredisce distalmente alla sonda, e parte viene riflessa come eco US, ricevuta dal trasduttore e convertita in impulso elettrico. A livello della sonda, le fasi di trasmissione e le fasi di ricezione degli US si alternano

continuamente. I segnali elettrici prodotti dagli echi di ritorno vengono successivamente amplificati e digitalizzati da un convertitore analogico-digitale, consentendone la memorizzazione. Quando tutte le linee di scansione che compongono il fascio US sono state ottenute e memorizzate, i valori digitali di esse vengono riconvertiti in segnali elettrici e visualizzati nello schermo televisivo dell'apparecchio come successione di punti (pixel), la luminosità dei quali è proporzionale al voltaggio, e quindi all'intensità della riflessione del corrispondente eco US di ritorno. Ogni punto può essere graduato fino a 256 toni di grigio. L'immagine bidimensionale rappresentata, ottenuta nella modalità "B-mode " e visualizzata "in scala dei grigi", corrisponde all'area di sezione della regione anatomica esaminata. Tale processo di costruzione dell'immagine viene effettuato ripetutamente, più volte al secondo (frame rate), con il risultato di una visualizzazione continua della struttura studiata "in tempo reale". Ciò permette di valutare il movimento dei tessuti in rapporto all'attività cardiaca, agli atti respiratori, alla peristalsi, alle variazioni del decubito. Il vantaggio principale dell'ecografia in tempo reale è costituito dalla libertà di movimento della sonda sul campo di esplorazione che consente di ottenere una immagine in dinamica, il più possibile completa e precisa della struttura di interesse, utilizzando anche scansioni non convenzionali. L'immagine visualizzata sul monitor dell'ecografo può avere forma diversa a seconda del tipo di sonda impiegata, che determina la forma del fascio US: trapezoidale per le cosiddette sonde convex, rettangolare per quelle lineari, triangolare per le sonde settoriali. I trasduttori abitualmente utilizzati per l'ecografia dell'apparato digerente presentano frequenze US che vanno da 3,5 a 7 MHz. Le frequenze di 3,5 MHz, sono ottimali per lo studio di organi posti in profondità, e sono quelle utilizzate comunemente nella pratica clinica, mentre le frequenze più elevate sono indicate per visualizzare e misurare le strutture superficiali, quali gli strati della parete intestinale. L'impiego di sonde endocavitarie trova precise indicazioni in gastroenterologia (ecoendoscopia del tratto digestivo superiore ed ecografia transrettale).

La Semeiotica ecografica

Considerando la terminologia ecografica, le strutture visualizzate vengono sostanzialmente definite isoecogene, ipo-anecogene, iperecogene, miste o complesse a

seconda dell'intensità degli echi, e quindi dell'impedenza acustica dei tessuti, e del loro grado di omogeneità. Le strutture ecogene, che vengono prese come riferimento, sono i parenchimi, all'interno dei quali gli echi possono essere distribuiti in modo omogeneo (tiroide) o disomogeneo (mammella). Le strutture iperecogene sono più riflettenti delle prime generalmente per la presenza di aria, tessuto connettivo, deposizione di sali di calcio (intestino, litiasi, calcificazioni). I tessuti a minore impedenza acustica sono invece definiti ipoecogeni, e, in condizioni di normalità sono rappresentati dai linfonodi, dal tessuto muscolare liscio, dal tessuto adiposo. Infine, la presenza, fisiologica o patologica, di liquido all'interno delle strutture anatomiche esplorate realizza una immagine anecogena (colecisti, vasi, cisti semplici), all'interno della quale possono, in alcune condizioni, essere individuati echi per una disomogeneità nella composizione del liquido (sabbia biliare, ascessi, ematomi, cisti emorragiche).

La Preparazione del paziente

Per eseguire un'ecografia addominale, la preparazione del paziente consiste nel semplice digiuno per le otto ore precedenti l'esame. Può essere utile ricordare di non effettuare l'esame nei giorni immediatamente successivi uno studio radiologico con bario, e nelle ore immediatamente successive una indagine endoscopica digestiva superiore o inferiore, per la presenza di aria endoluminale residua che può limitare la visualizzazione US degli organi. Il riempimento con acqua dello stomaco e del colon (enteroclisma) può essere necessario per una migliore definizione dei visceri, con la premessa che è comunque primaria la valutazione del paziente in condizioni di base e delle eventuali controindicazioni ad ulteriori procedure di preparazione. Infine il riempimento vescicale è necessario per una visualizzazione accurata nello studio US dei visceri e degli organi pelvici.

Le Indicazioni

In gastroenterologia, l'ecografia si applica allo studio delle malattie del fegato, della colecisti e delle vie biliari, del pancreas, della milza e del tratto gastroenterico. Tuttavia, la contemporanea visualizzazione di strutture retroperitoneali o pelviche (reni, vasi

arteriosi e venosi, annessi) ottenibile durante la scansione addominale, consente potenzialità diagnostiche anche nel caso di patologie di pertinenza extra-digestiva, ma che si manifestano con sintomi addominali (es. dolore in fossa iliaca destra: diagnosi differenziale tra appendicite, ileite terminale, annessite destra).

Vengono riportate schematicamente le principali indicazioni dell'ecografia gastroenterologica (Tabella n. 1).

Ecografia interventistica diagnostica e terapeutica

L'ecografia rappresenta ormai la metodica di prima scelta nella guida e nel controllo successivo alle procedure diagnostiche di aspirazione e biopsia, quando la lesione di interesse sia chiaramente visualizzata ed i parametri di coagulazione siano entro i limiti richiesti per le procedure. L'aspirazione di materiale da una raccolta fluida o da un tessuto consente l'esame citologico, microbiologico (microscopico, e colturale con antibiogramma) e chimico, mentre la biopsia consente lo studio istologico, istochimico ed immunoistochimico.

Le applicazioni dell'ecografia interventistica di tipo terapeutico sono costituite dalla guida all'aspirazione, al drenaggio e all'introduzione di sostanze o materiali, a scopo terapeutico, in corrispondenza della lesione in esame.

L'aspirazione svolge un ruolo diagnostico e terapeutico nelle raccolte fluide, nelle pseudocisti e cisti < 500ml o sintomatiche, negli ascessi d'organo con fluido a bassa viscosità, e quando non sia possibile, per problemi anatomo-tecnici, introdurre un catetere.

Il drenaggio consiste nella rimozione di fluidi raccolti in cavità corporee preformate o neoformate mediante catetere. Le indicazioni sono rappresentate dall'evacuazione di ascite refrattario o infetto, di raccolte fluide, in particolare se il liquido è altamente viscoso e se la raccolta supera i 5-6cm di diametro (ascessi, ematomi, bilomi, pseudocisti, cisti > 500ml, raccolte necrotiche), dal drenaggio di cavità a rifornimento continuo (vie biliari). Il drenaggio viene inoltre spesso associato all'introduzione di sostanze terapeutiche (antibiotici, sclerosanti).

Gli US consentono inoltre di guidare con precisione il trattamento locale di tumori epatici, in particolare le procedure di alcoolizzazione percutanea, di ablazione termica

mediante ipertermia con onde a radiofrequenza e con laser (6,7), e di controllare l'efficacia del trattamento.

L'evoluzione tecnologica

La strumentazione per l'ecografia dell'apparato digerente ha presentato in questi anni una evoluzione tecnologica che, inizialmente, ha portato nella pratica comune l'utilizzo delle scansioni "real time" e dell'imaging nella "scala dei grigi" e, successivamente, l'analisi del segnale Doppler per la valutazione del flusso all'interno delle strutture vascolari visualizzate nella scansione in B-mode. La ricerca tecnologica che si è successivamente indirizzata a migliorare lo studio della vascolarizzazione di strutture anatomiche normali o patologiche, ha consentito l'introduzione delle metodiche del color-Doppler (CD), del power-Doppler (PD) e l'impiego dei mezzi di contrasto intravascolari.

Color-Doppler e power-Doppler Poiché la flussimetria Doppler fornisce le informazioni relative al flusso presente in un dato istante nel "volume campione", la misurazione del flusso all'interno di un vaso visualizzato per un certo tratto con la scansione ecografica convenzionale richiederebbe un tempo ed una applicazione non possibili nella pratica clinica. Con il CD ed il PD si possono ottenere numerosi dati relativi a strutture vascolari all'interno dell'area di sezione anatomica visualizzata nella scansione quali la presenza di flusso al loro interno, la pervietà, la direzione del flusso, presenza di turbolenza, l'assetto anatomico della microcircolazione, che, in alcuni casi quali l'iperplasia nodulare focale del fegato, può avere significato diagnostico. Una volta individuato il vaso con queste metodiche, è poi possibile effettuare lo studio flussimetrico. Il CD analizza le differenze di frequenza e fase dei segnali Doppler, fornendo informazioni sulla velocità e sulla direzione del flusso, che viene visualizzato con il colore rosso dell'interno dell'area del vaso preso in esame quando si avvicina alla sonda, con il blu quando se ne allontana. Il CD consente di individuare e localizzare le strutture vascolari ed, eventualmente, la loro occlusione, di studiare le condizioni emodinamiche e di escludere una ostruzione del flusso. Il CD è in grado di identificare piccoli vasi quali arteriole e capillari e flussi anche $< 1\text{mm/sec}$. Il PD possiede una sensibilità superiore al CD, in quanto analizza l'intensità delle frequenze Doppler ricevute, nonostante non sia in grado di fornire indicazioni sulla direzione del flusso. Con

la metodica del PD la presenza di flusso nel vaso viene identificata con il colore arancione, con un spettro di colori dal giallo all'azzurro a seconda dell'intensità del flusso. Con il PD si ottiene una chiara visualizzazione delle strutture vascolari, anche di vasi molto piccoli con minime velocità di flusso. Consente, inoltre, lo studio della vascolarizzazione di lesioni tumorali (8).

I mezzi di contrasto Con l'uso dei mezzi di contrasto (mdc) intravascolari la sensibilità dello studio Doppler è stata ulteriormente incrementata. L'iniezione di microbolle gassose stabilizzate produce un aumento delle interfacce di riflessione del fascio US all'interno del vaso rispetto ai tessuti circostanti e, quindi, una amplificazione del segnale di ritorno. Le microbolle hanno dimensioni non superiori ai 6 μm di diametro per consentire l'attraversamento dei capillari e la loro distribuzione nella circolazione sistemica (9). L'impiego di mdc costituiti da microbolle stabilizzate da cristalli di galattosio e da acido palmitico, è stato applicato allo studio Doppler della macro e microcircolazione epatica, dalle alterazioni vascolari in corso di cirrosi epatica (ipertensione portale, trombosi portale) e nel post-trapianto (trombosi dell'arteria epatica), allo studio differenziale delle lesioni focali (emangioma, epatocarcinoma, metastasi) e dell'efficacia del trattamento locoregionale dell'epatocarcinoma con chemioembolizzazione intraarteriosa, alcolizzazione, o radiofrequenza.

Harmonic imaging Dall'interazione del fascio US con i tessuti e/o le microbolle del mdc si generano componenti lineari e non lineari dell'eco riflessa. Le componenti lineari corrispondono alla frequenza fondamentale degli US emessi dal trasduttore, le componenti non lineari sono multiple di un fattore 2, 3 o più della frequenza di trasmissione (II, III armonica). L'imaging armonico si basa sulle componenti non lineari dell'eco riflessa, eliminando i segnali nella frequenza fondamentale. Il Tissue harmonic imaging (THI) consente di aumentare la risoluzione spaziale e di contrasto dell'immagine in B-mode (senza mdc), anche in condizioni difficili di indagine. Il Contrast harmonic imaging (CHI) aumenta la sensibilità degli US nell'identificazione di flusso a bassa velocità con le metodiche CD/PD, ottenendo immagini vascolari più definite per la soppressione dei movimenti tissutali e di parete. In B-mode, il CHI migliora la visualizzazione dei pattern di vascolarizzazione nei parenchimi, mediante la soppressione

degli echi tissutali e l'identificazione del flusso nei vasi e l'accumulo del mdc nel sistema capillare di organi e lesioni neoplastiche (10).

3-D US La visualizzazione tridimensionale dell'immagine può essere ottenuta con diverse tecniche. La maggiore utilità del 3-D US è attualmente nella possibilità di calcolo dei volumi di masse tumorali. Possono essere visualizzati anche i volumi delle componenti vascolari arteriose e venose del tumore, e ottenere informazioni sul rapporto tra massa e la sua vascolarizzazione (11).