

GLI ARTEFATTI IN ECOGRAFIA VETERINARIA: COME RICONOSCERLI E CORREGGERLI

ARTIFACTS IN VETERINARY ULTRASONOGRAPHY: HOW TO INTERPRET AND CORRECT THEM

GILIOLA SPATTINI

Clinica Veterinaria Castellarano, Castellarano (RE)

Riassunto

Questo lavoro descrive i principali artefatti dell'ultrasonografia, soffermandosi sulla loro origine, sulle loro caratteristiche e quando possibile sulla loro correzione. Sono presi in considerazione sia gli aspetti negativi che quelli positivi e si sottolinea il concetto che un artefatto non è sempre uno svantaggio.

Summary

This paper describes the origin, properties and whether possible the way of correcting the major ultrasonographic artifacts. Both the positive and negative aspects of the artifacts are considered and it is outlined that an artifact is not always a disadvantage.

INTRODUZIONE

Per definizione, è considerato un artefatto *"tutto ciò che non è rappresentativo della struttura indagata ma è avventizio"*.¹ Gli artefatti sono comunemente presenti in ecografia ed è necessario riconoscerli per poter interpretare correttamente le immagini generate. Questi possono fare apparire strutture che non sono reali, non consentire di visualizzarne altre, aumentare o diminuire l'ecogenicità della regione d'interesse, alterarne la forma e le dimensioni nell'immagine finale. La formazione degli artefatti può avere cause ambientali, legate all'operatore, all'interazione tra gli ultrasuoni ed i tessuti o all'elaborazione degli ultrasuoni da parte dell'ecografo (Tab. 1). L'ecografo è un computer a cui è collegata una sonda a cristalli piezoelettrici. I cristalli piezoelettrici sono in grado di generare e di emettere ultrasuoni quando sono stimolati da una corrente elettrica e, viceversa, possono convertire gli ultrasuoni in corrente elettrica. La sonda genera, emette, riceve e rielabora gli ultrasuoni. Il computer elabora gli impulsi elettrici generati dagli ultrasuoni riflessi dai tessuti, basandosi su alcuni postulati:

- 1) la sonda emette un unico fascio di ultrasuoni;
- 2) gli ultrasuoni viaggiano sempre con una traiettoria rettilinea;
- 3) gli echi di ritorno (ultrasuoni riflessi dai tessuti) originano da strutture poste sull'asse longitudinale del fascio ultrasonoro;

- 4) l'intensità dell'ultrasuono di ritorno è direttamente proporzionale alle caratteristiche del tessuto riflettente;
- 5) la velocità degli ultrasuoni nei tessuti è costante, quindi gli ultrasuoni ricevuti dal trasduttore tardivamente sono quelli riflessi da strutture più profonde.

Gli artefatti originano dal fatto che questi postulati non corrispondono alla realtà.¹⁻² Questo articolo descrive il

Tabella 1
Classificazione degli artefatti trattati nel testo

Ambientali	Operatore dipendenti	Interazione ultrasuoni paziente	Artefatti generati dall'ecografo
Artefatti elettromagnetici	Insufficiente preparazione del paziente	Riverberazione	Artefatto del campo superficiale
	Eccessiva inclinazione della sonda rispetto al tessuto	Ombra acustica posteriore	Artefatto della valutazione della velocità di propagazione
	Errato settaggio dell'ecografo	Effetto specchio	Rinforzo di parete posteriore
		Rifrazione	Artefatto da volume parziale
			Artefatti dei lobi laterali

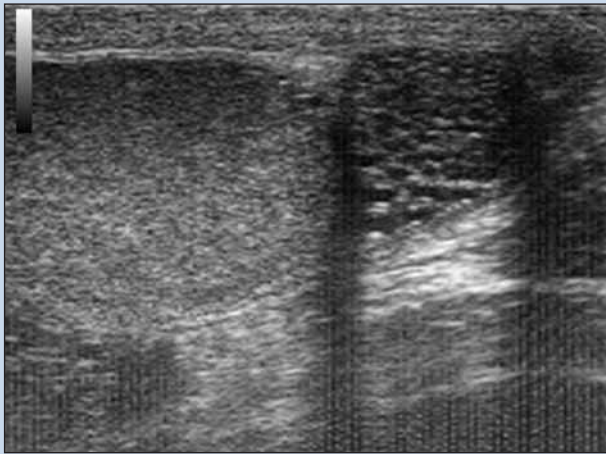


FIGURA 1 - Artefatti elettromagnetici ambientali: effetto pioggia da elettrobisturi. Nell'immagine sono presenti anche artefatti da rifrazione originanti dalle superfici curve del testicolo e dell'epididimo.



FIGURA 2 - Nella porzione destra dell'immagine la superficie della sonda non è a contatto con la cute del paziente ma con l'aria ambientale: in questa porzione non si ha l'immagine del paziente ma un artefatto da riverberazione con cono d'ombra posteriore.

meccanismo di formazione degli artefatti e come questi influenzano l'anatomia, la posizione, le dimensioni, la forma e l'ecogenicità delle strutture di cui si crea un'immagine.

ARTEFATTI DI NATURA AMBIENTALE

Artefatti elettromagnetici (Electromagnetic artifacts)

Le attività delle apparecchiature elettromagnetiche in prossimità dell'ecografo, possono causare un'interferenza elettromagnetica responsabile di bande o flash luminosi, pulsatili o continui. Una serie di punti luminosi scorre in modo ordinato sull'immagine formando un effetto pioggia, delle reti o delle onde (Fig. 1). Questi artefatti sono presenti indipendentemente dal contatto tra sonda e paziente. Le sonde meccaniche sono più sensibili rispetto alle sonde elettroniche a tali interferenze. La tosatrice elettrica è una frequente fonte di flash luminosi, mentre le onde radio sono spesso responsabili dell'effetto pioggia. Un cantiere edile nelle vicinanze, telefoni, condizionatori, apparecchi radiofonici e televisori possono essere responsabili di questi artefatti. Per trovare la sorgente dell'interferenza si può accendere l'ecografo di notte, spegnere tutte le attrezzature elettriche ed accenderle in modo sequenziale fino a che l'artefatto ricompare. Se l'interferenza persiste allora si può spostare l'apparecchio ecografico in un altro locale (a volte basta spostarlo di pochi metri per avere una sensibile riduzione dell'artefatto ambientale).

ARTEFATTI OPERATORE DIPENDENTI

Insufficiente preparazione della finestra acustica (Poor patient preparation)

L'aria a contatto con la superficie della sonda impedisce la propagazione degli ultrasuoni e non permette di acquisire immagini del paziente (Fig. 2). Molta aria è intrappolata tra le ciocche di pelo. Per questo motivo è necessario

asportarlo in modo uniforme. È consigliabile sgrassare la superficie cutanea con alcool per eliminare impurità e sporcizia che possono ostacolare la trasmissione degli ultrasuoni. È importante evitare che sostanze alcoliche vengano in diretto contatto con la plastica morbida che ricopre i cristalli piezoelettrici in quanto l'evaporazione dell'alcool potrebbe corrodere o diminuire l'elasticità di questa superficie. Esistono sostanze sgrassanti non corrosive per la plastica o si può applicare l'alcool sulla cute ed aspettare che evapori prima di applicare la sonda. Anche croste od incrostazioni di fango impediscono il corretto passaggio degli ultrasuoni e degradano fortemente l'immagine; in questi casi la zona deve essere deterisa e pulita oppure si può scegliere una diversa finestra acustica. Sulla cute del paziente rasata e pulita, si applica un copioso strato di gel, il quale, eliminando l'aria ed idratando l'epidermide, permette una migliore trasmissione del fascio ultrasonoro. Nei pazienti molto disidratati ed in alcune razze nordiche quali Siberian Husky, Labrador, Terranova, Samoiedo, etc, la cute è meno adatta al passaggio degli ultrasuoni; è fondamentale sgrassarla a fondo ed applicare il gel 15 minuti prima dell'inizio dell'esame in modo da migliorare la trasmissione degli ultrasuoni e quindi le immagini ottenute.

Eccessiva inclinazione della sonda rispetto alla struttura da studiare (Off normal artifact)

Una eccessiva angolazione della sonda ecografica rispetto alla struttura da indagare impedisce agli echi di ritorno di raggiungere i cristalli piezoelettrici e quindi previene l'ottenimento di un'immagine ricca di punti luminosi e quindi di dettaglio.² Questo artefatto è molto marcato nelle sonde lineari dove si possono avere ampie aree ipoecogene a seguito di minime inclinazioni (Fig. 3). È di frequente riscontro negli esami ecografici dei tendini e dei legamenti, soprattutto nei grossi animali, dove può erroneamente indurre l'ecografista ad emettere una diagnosi di lesione focale (falso positivo). Tale artefatto si genera quando non c'è più una perfetta perpendicolarità tra la superficie della sonda ed il tendine:



FIGURA 3 - In questa immagine l'inclinazione del tendine (tra le frecce) causata dalla lesione occupante spazio più superficiale (croci bianche) crea un artefatto da inclinazione sulla porzione distale del tendine che risulta ipoecogena rispetto alla porzione prossimale, più perpendicolare al fascio ultrasonoro.

questo riduce il numero d'echi riflessi captati dalla sonda ed il tendine appare focalmente ipoecogeno rispetto alle porzioni più perpendicolari alla sonda. Se l'area ipoecogena è veramente una lesione, allora deve essere presente in almeno due piani di scansione ortogonali e deve permanere anche a seguito di moderate inclinazioni della sonda. Se invece l'area ipoecogena è presente solo in un piano di scansione o se questa scompare cambiando l'inclinazione della sonda rispetto al tessuto d'interesse allora è un artefatto. Tale artefatto può essere corretto mantenendo il fascio ultrasonoro perpendicolare alla struttura d'interesse. Quando questo non è possibile, ad esempio a causa dell'anatomia della regione, si mettono a confronto più scansioni ortogonali dell'area e si valuta la ripetibilità della lesione. In generale è fondamentale rimanere il più perpendicolari possibile agli organi da studiare e traslare la sonda con movimenti lenti, in modo da permettere al maggior numero d'ultrasuoni di tornare alla sonda. Solo migliorando la ricezione degli echi di ritorno è possibile ottenere immagini ecografiche di buona qualità.

Errato settaggio dell'ecografo da parte dell'operatore

Errato settaggio del power

Il **power** (letteralmente "potenza") controlla l'ampereaggio che si applica al cristallo piezoelettrico: un maggiore amperaggio determina una maggiore intensità (livello d'energia che attraversa l'unità d'area) del fascio ultrasonoro generato dalla sonda.³ Maggiore sarà l'intensità del fascio ultrasonoro in uscita dalla sonda, maggiore sarà il numero di echi generati dai tessuti attraversati e maggiore sarà la profondità che il fascio riesce a raggiungere prima di essere completamente attenuato. Se l'operatore imposta un *power* troppo alto, le interazioni con i tessuti superficiali sono talmente numerose da saturare l'immagine (tantissimi punti luminosi) con la perdita della normale scala di grigi e l'impossibilità di distinguere tessuti ad ecogenicità diversa (Fig. 4). L'operatore tende ad impostare il power al massimo per ottenere più pene-

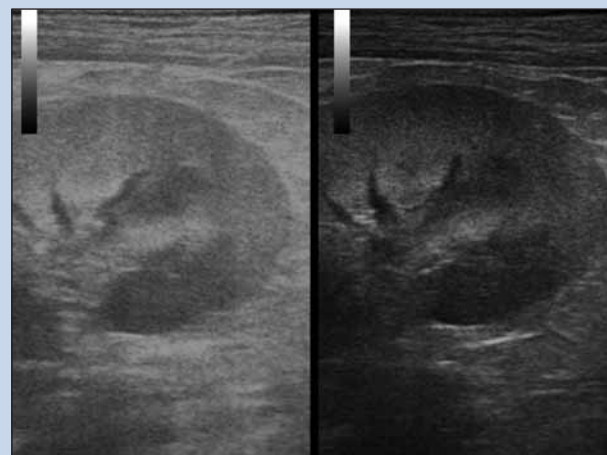


Figura 4 A

Figura 4 B

FIGURA 4 - A) Power e gains impostati troppo alti con saturazione dell'immagine; B) corretta impostazione del power e dei gains.

trazione ma questo genera una degradazione importante dell'immagine. Un buon compromesso tra profondità e qualità d'immagine si ottiene con il power impostato attorno al 75%. Si può ovviare alla necessità di alzare il power per ottenere profondità scegliendo una sonda con una frequenza inferiore. Minore è la frequenza, minori sono le interazioni con i tessuti incontrati; questo determina una riduzione della risoluzione spaziale, ma il fascio ultrasonoro è meno attenuato e raggiunge una maggiore profondità.

Errato settaggio dei gains

I **gains** (letteralmente "guadagni") regolano l'amplificazione del segnale generato dagli ultrasuoni ricevuti dalla sonda.⁴ Se l'operatore li imposta troppo bassi, gli echi più deboli non sono rappresentati e l'immagine perde dettaglio. Se sono impostati troppo alti, l'immagine si satura ed il contrasto si riduce. È possibile amplificare il segnale di ritorno per settori relativi alle diverse profondità, nel tentativo di avere un'immagine il più uniforme possibile. In generale i guadagni dei settori superficiali sono impostati su valori inferiori rispetto a quelli dei settori più profondi allo scopo di compensare l'attenuazione del fascio ultrasonoro.

Una regolazione troppo alta dei livelli del power e dei gains da parte dell'operatore è comune quando l'ecografo si trova in ambienti troppo luminosi o quando non si ha un buon passaggio degli ultrasuoni attraverso la cute del paziente. Abbassare le luci ambientali o applicare alcool ed un abbondante strato di gel acustico può migliorare la qualità delle immagini generate e permettere di ridurre i livelli di power e gains.

ARTEFATTI GENERATI DALL'INTERAZIONE TRA PAZIENTE E FASCIO ULTRASONORO

Gli ultrasuoni sono onde sonore ad altissima frequenza, non percepibili dall'orecchio umano. Sono fonti d'energia

meccanica che si propagano comprimendo e rarefacendo il mezzo che attraversano. La proprietà di un tessuto di trasmettere gli ultrasuoni si chiama impedenza acustica. Essa dipende dalla densità del tessuto attraversato e dalla velocità dell'ultrasuono in tale tessuto.³⁻⁵ **Impedenza acustica = densità (kg/m^3) x velocità di propagazione (m/s).** Maggiore è l'impedenza acustica di un tessuto, maggiore è la propagazione degli ultrasuoni in quel tessuto, mentre minore è l'impedenza acustica di un tessuto, minore è la capacità degli ultrasuoni di propagarsi in quel tessuto. I tessuti organici definiti tessuti molli o parenchimatosi hanno una densità simile. Il gas e il tessuto osseo hanno densità molto diverse dai tessuti molli. I liquidi hanno una densità leggermente minore rispetto ai tessuti parenchimatosi. La velocità degli ultrasuoni nei tessuti "molli" (es: fegato, milza, reni, etc.) è simile ed ha una media di 1540 m/s. Il fascio ultrasonoro attraversa il tessuto adiposo con una velocità di 1480 m/s, mentre la velocità degli ultrasuoni nell'attraversare il gas è di 331 m/s e nel tessuto osseo è di 4080 m/s. Se le impedenze acustiche di due tessuti adiacenti sono equivalenti, il fascio ultrasonoro viaggia in un mezzo omogeneo, si propaga in modo rettilineo ed è attenuato e riflesso in modo costante e prevedibile, la trasmissione del fascio ultrasonoro segue quindi i postulati iniziali. Se un fascio ultrasonoro incontra un'interfaccia tra tessuti a diversa impedenza acustica, si generano degli artefatti in quanto il comportamento degli ultrasuoni si discosta dai postulati iniziali. È evidente che il gas ed il tessuto osseo ed in minor misura il tessuto adiposo ed i liquidi sono fonti d'artefatti.

RIVERBERAZIONE (Reverberation artifact)

Questo artefatto si genera quando il fascio ultrasonoro incontra un'interfaccia con un tessuto a diversa impedenza acustica. È molto marcato se il secondo tessuto ha un'impedenza acustica inferiore, è quasi assente, anche se teoricamente possibile, se il secondo tessuto ha un'impedenza acustica maggiore.⁶ Nel primo caso (ad esempio il fascio ultrasonoro incontra il contenuto gassoso di un'ansa intestinale dopo aver attraversato la cute, la milza, il peritoneo e la parete dell'intestino) il gas impedisce il passaggio degli ultrasuoni e riflette quasi interamente il fascio alla sonda. Il 99% degli ultrasuoni è riflesso dall'interfaccia tessuto-gas e torna alla sonda tutto nello stesso momento. La sonda non è in grado di assorbire e di convertire un numero così elevato e di tale intensità di echi riflessi e si comporta come una seconda interfaccia riflettendo una buona parte degli echi. Queste riflessioni tra la sonda e l'interfaccia a diversa impedenza acustica continuano fino a che l'attenuazione non esaurisce il fascio ultrasonoro. Il computer suppone che gli echi che tornano alla sonda dopo il secondo, terzo, quarto, ecc, rimbalzo, provengano da strutture più profonde e genera una serie di linee iperecogene parallele, dall'ecogenicità e spessore progressivamente ridotti per effetto dell'attenuazione (Fig. 5). Il gas è il tessuto che per eccellenza crea artefatti da riverberazione. Un particolare tipo di riverberazione è l'artefatto chiamato **comet tail** (coda di cometa).¹⁻³ Esso si verifica quando il fascio ultrasonoro incontra piccole bolle d'aria. Gli ultrasuoni sono riflessi e si instaura la riverberazione, ma la struttura riflettente ha dimensioni così piccole che le successive riverberazioni sono

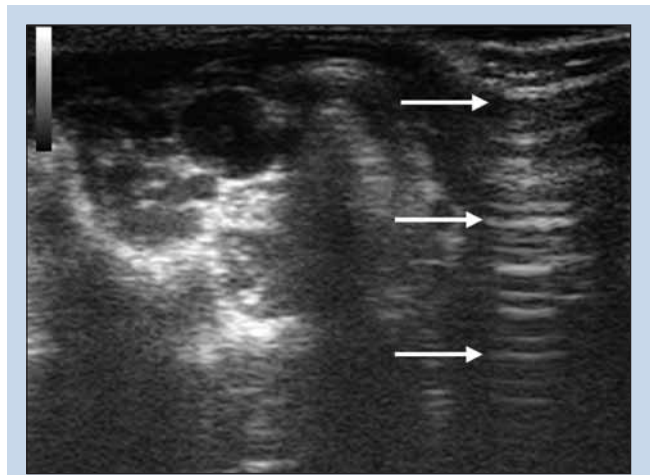


FIGURA 5 - Artefatto di riverberazione in un paziente con pneumoperitoneo (freccie bianche).

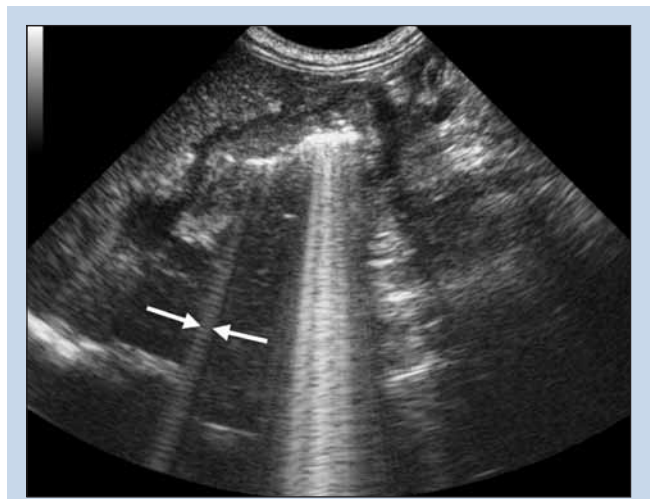


FIGURA 6 - Coda di cometa (freccie bianche) creata dal gas contenuto nello stomaco.

molto vicine creando un effetto a coda di cometa invece che tante linee iperecogene parallele ben distinte tra loro (Fig. 6). La coda di cometa e la riverberazione sono artefatti utilissimi nell'individuare gas libero in addome, lesioni ed organi contenenti gas o nell'identificare l'origine polmonare di una massa toracica. A causa di questo artefatto è consigliabile un digiuno di almeno 12-18 ore per ridurre l'accumulo di gas nell'apparato gastroenterico che impedirebbe di ottenere immagini dai tessuti sottostanti al gas. Alcuni autori consigliano l'uso di antimeteorici prima di un esame ecografico addominale: anche se non sempre necessario può essere un buon espediente per migliorarne la qualità. Quando invece il fascio ultrasonoro incontra un'interfaccia a diversa impedenza acustica ed il secondo tessuto ha un'impedenza acustica maggiore (come ad esempio un fascio ultrasonoro che incontra la superficie del femore dopo aver attraversato la cute e i tessuti muscolari), la maggior parte degli ultrasuoni sono assorbiti dal secondo tessuto e non ritornano alla sonda. L'interfaccia crea in ogni caso una piccola riflessione di massa che potrebbe generare una debole riverberazione. Spesso tuttavia la sonda è in grado di assorbire gli echi riflessi e si ottiene un'**ombra acustica posteriore pulita**. È il caso del tessuto osseo e dei me-

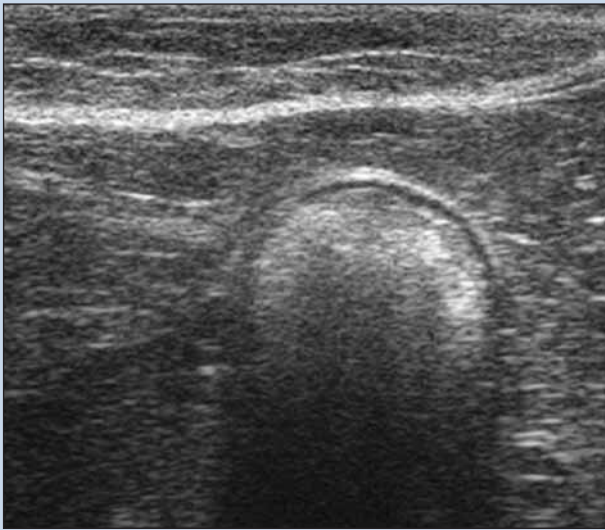


FIGURA 7 - L'aria nel colon crea un'ombra acustica posteriore sporca.

talli che hanno un'impedenza acustica molto superiore a quella dei tessuti molli: essi assorbono circa il 70% del fascio ultrasonoro e solo il 30% del fascio è riflesso e raggiunge la sonda. Viste le premesse ne consegue che il riscontro di un forte artefatto da riverberazione è fortemente suggestivo di un accumulo di gas sul tragitto del fascio ultrasonoro.

Ombra acustica posteriore (Acoustic shadowing)

I materiali fortemente riflettenti (gas, aria) o fortemente attenuanti (ossa, corpi estranei) causano la mancanza di echi riflessi dai tessuti sottostanti e questo determina un'ombra acustica posteriore. Nel caso dei tessuti riflettenti, l'ombra acustica posteriore è conseguenza della riflessione quasi totale degli ultrasuoni. Poiché questi non sono in grado di propagarsi nei tessuti sottostanti non viene ottenuta nessuna immagine relativa a tale regione. Spesso in questi materiali l'ombra acustica posteriore si somma all'artefatto di riverberazione dato dalla riflessione degli ultrasuoni e questo crea un'ombra acustica posteriore sporca (Fig. 7). Nel caso dei tessuti fortemente attenuanti, la maggior parte degli ultrasuoni è assorbita, quindi non ritorna alla sonda: anche in questo caso non abbiamo informazioni dell'area sottostante per mancanza d'echi riflessi. Questo genera un'ombra acustica posteriore pulita, ovvero completamente anecogena (Fig. 8). È semplice distinguere le due forme di questo artefatto che spesso aiutano nel differenziare ingesta da corpi estranei gastroenterici.⁷ Questo tipo d'artefatto è molto utile anche per individuare uroliti nel lume vescicale o calcoli nelle vie biliari o nel bacinetto renale.

Effetto specchio (Mirror image artifact)

L'effetto specchio causa la duplicazione dell'immagine di una struttura e posiziona l'immagine artificiale specularmente rispetto alla superficie originante l'artefatto. L'effetto specchio è una forma di riverberazione che avviene alla presenza d'interfacce curve molto riflettenti, aventi un dia-

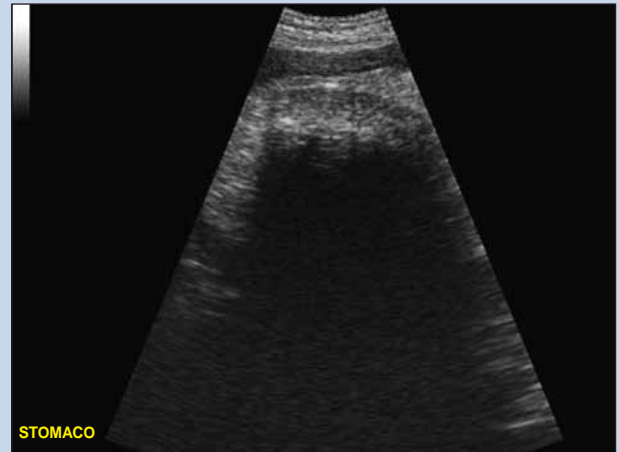


FIGURA 8 - Un corpo estraneo gastrico crea un'ombra acustica posteriore pulita.

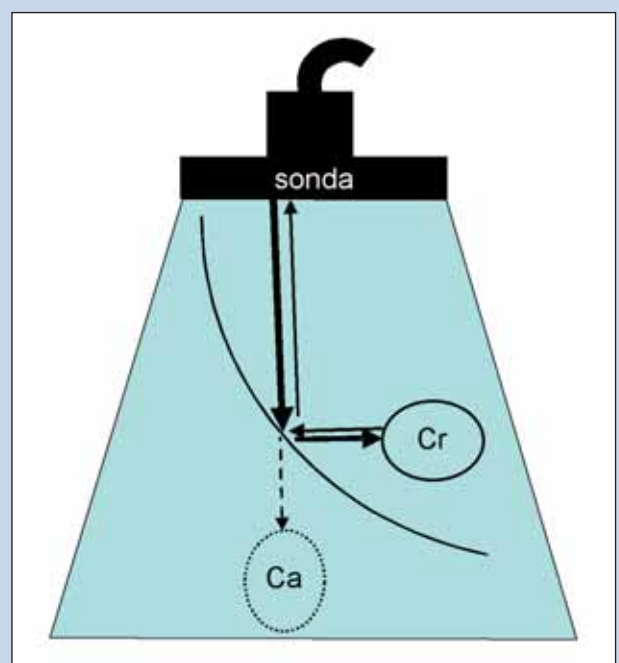


FIGURA 9 - Effetto specchio: Cr = cistifellea reale; Ca = cistifellea creata dall'effetto specchio. Alcuni ultrasuoni vengono riflessi dall'interfaccia diaframmatica verso la cistifellea la quale funge a sua volta da interfaccia riflettente e rimanda parte di questi echi all'interfaccia diaframmatica (le frecce via via più sottili indicano la riduzione degli echi). Poiché il computer ipotizza che il fascio ultrasonoro abbia una traiettoria rettilinea e poiché gli echi dell'immagine avventizia giungono alla sonda più tardivamente rispetto a quelli provenienti dall'interfaccia che li ha generati, l'immagine fantasma viene collocata più in profondità rispetto al diaframma.

metro maggiore rispetto alla larghezza del fascio ultrasonoro. L'interfaccia diaframma-pleure genera frequentemente l'effetto specchio.¹⁻⁸⁻⁹ La cistifellea può fornire un buon esempio. Normalmente gli ultrasuoni partono dalla sonda, incontrano la cistifellea, ne sono riflessi e ritornano alla sonda. Altri ultrasuoni non incontrano la cistifellea ma incontrano l'interfaccia diaframmatica, in parte vengono riflessi verso la sonda (dando luogo alla formazione dell'immagine del diaframma), in parte vengono riflessi in direzione diversa. Se questi echi riflessi incontrano la cistifellea sono riflessi di nuovo verso l'interfaccia diaframmatica e da qui verso la sonda (Fig. 9). Il ritardo di questi ultrasuoni ri-

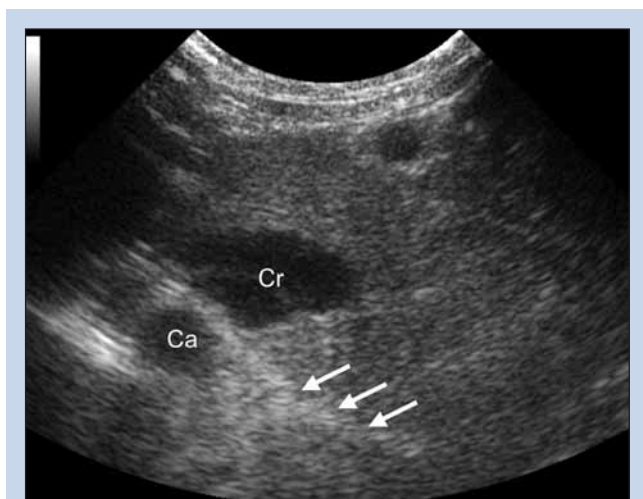


FIGURA 10 - Effetto specchio all'interfaccia diaframmatica (frecce bianche): l'immagine speculare del fegato e della cistifellea appare in torace. Cr = cistifellea reale; Ca = cistifellea creata dall'effetto specchio.

spetto a quelli tornati direttamente alla sonda è considerato indicativo della loro provenienza da una maggiore profondità. L'ecografo si basa sul postulato che gli ultrasuoni viaggiano sempre con una traiettoria rettilinea, quindi la struttura "fantasma" è collocata più in profondità rispetto alla struttura reale, in posizione speculare rispetto alla tangente dell'interfaccia nel punto in cui è avvenuta la riflessione (Fig. 10).

Rifrazione o ombre acustiche laterali (Acoustic refraction or Edge-shadowing artifacts)

Quando il fascio d'ultrasuoni colpisce il margine di una struttura curva, gli ultrasuoni vengono rifratti, ovvero cambiano direzione.³⁻⁶ Vengono a mancare gli echi di ritorno da questi margini in quanto non essendo più perpendicolari all'angolo d'incidenza, essi non colpiscono la superficie della sonda. Questo crea un'ombra acustica posteriore nel punto di massima curvatura per mancanza d'echi riflessi. La rifrazione può essere osservata ai margini delle strutture curve (Fig. 11) ed è molto marcata a livello dei reni, della cistifellea, dei vasi portali e della vescica dove, ad esempio, può simulare la rottura dell'organo in pazienti con versamento addominale.

ARTEFATTI GENERATI DALL'ECOGRAFO

Artefatto del campo superficiale (Near field artifact)

La sonda contiene cristalli piezoelettrici che trasformano impulsi elettrici in ultrasuoni e viceversa. I cristalli sono costituiti da numerosi punti vibranti che interagiscono tra loro e creano un fronte d'onda che satura l'immagine e non permette la rappresentazione reale dei tessuti del paziente nei primi millimetri a contatto con la sonda.² Questo artefatto è presente in tutte le immagini ecografiche, anche se le sonde meccaniche hanno uno spessore maggiore d'artefatto rispetto a quelle elettroniche. Lo

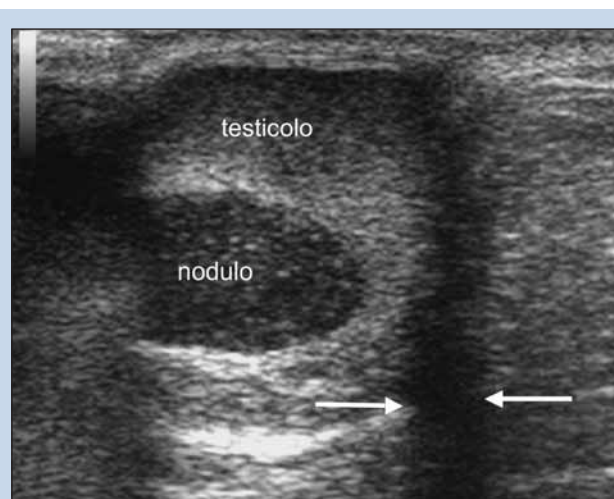


FIGURA 11 - Rifrazione dal margine curvilineo di un testicolo ritenuto (frecce bianche).

spessore dell'artefatto da campo superficiale si riduce anche all'aumentare della frequenza della sonda. Le sonde lineari hanno il minore spessore d'artefatto. È fondamentale evitare che la regione di interesse si trovi nell'area dell'artefatto del campo superficiale: esempi comuni sono la porzione superficiale della milza del gatto e la parete ventrale della vescica. Per poter creare immagini diagnostiche da queste strutture molto superficiali si possono usare degli spessori di silicone o anche guanti in lattice pieni d'acqua, avendo avuto cura di non lasciare bolle d'aria all'interno. Si possono anche utilizzare piani di scansione multipli in modo da assicurarsi di aver ottenuto immagini da tutte le porzioni degli organi d'interesse senza dovere ricorrere a dei distanziatori.

Artefatto da errore della valutazione della velocità di propagazione (Propagation speed error artifact)

Il computer assume che la velocità degli ultrasuoni nei tessuti sia costante. In questo modo, più tempo intercorre tra l'emissione dell'ultrasuono e il ritorno del suo eco alla sonda, maggiore è la distanza alla quale è avvenuta la riflessione. Se la velocità di propagazione è costante, allora l'ultrasuono che ritorna per primo avrà coperto una distanza minore rispetto ad un ultrasuono che ritorna in un tempo successivo. In realtà la velocità degli ultrasuoni nei tessuti molli è simile ma non costante.

Il tessuto adiposo ha la maggiore variazione con 1480 m/s contro i 1540 m/s degli altri tessuti. Questa differenza fa sì che le strutture che si trovano in profondità rispetto ad uno spesso strato di tessuto adiposo, possano essere dislocate nell'immagine più in profondità della loro effettiva posizione, in quanto il ritardo dovuto alla minore velocità di trasmissione degli ultrasuoni nel tessuto adiposo è interpretato come un ritardo dovuto alla maggiore profondità.¹⁰ A volte la cistifellea appare discontinua se si utilizza una finestra acustica con un diverso spessore di legamento falciforme, ricco di tessuto adiposo, da attraversare (Fig. 12).

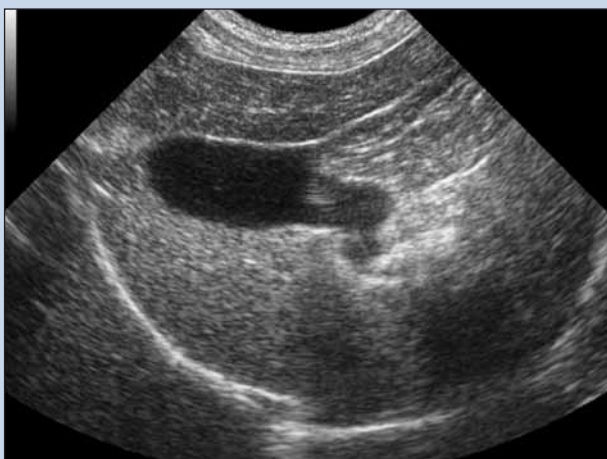


FIGURA 12 - Artefatto da errore della valutazione della velocità di propagazione: la porzione caudale della cistifellea e l'interfaccia diaframmatica alla destra dell'immagine, appaiono interrotte e sono poste più in profondità rispetto alle porzioni craniali. Questo scalino è dovuto al rallentamento del fascio ultrasonoro nell'attraversare lo spesso strato adiposo del legamento falciforme situato prossimalmente alla porzione caudale della cistifellea.

Rinforzo di parete posteriore (Acoustic enhancement)

Il computer suppone che il fascio ultrasonoro si propaghi nei tessuti con una velocità costante e che subisca un'attenuazione costante e proporzionale alla lunghezza del tragitto attraversato. In conformità a questi postulati il computer deduce che gli echi riflessi che tornano per primi alla sonda hanno viaggiato di meno e sono meno attenuati, mentre gli ultrasuoni che tornano alla sonda tardivamente hanno viaggiato di più e sono maggiormente attenuati. Per contrastare l'effetto dell'attenuazione ed avere delle immagini uniformi, il computer riduce l'ecogenicità degli echi più superficiali ed amplifica l'ecogenicità degli echi profondi.⁵⁻⁸⁻⁹ Tuttavia gli ultrasuoni che attraversano raccolte di liquidi, sono attenuati di meno rispetto a quelli che viaggiano nei tessuti molli. Per questo motivo i tessuti posti distalmente a raccolte di liquidi appaiono uniformemente iperecogeni rispetto ai tessuti circostanti (Fig. 13). Questo



FIGURA 13 - I tessuti distali a raccolte di liquidi sono più ecogeni rispetto ai tessuti laterali per effetto della minore attenuazione del fascio ultrasonoro. Grazie a questo artefatto è possibile affermare che la struttura in esame è cistica e non parenchimatosa.

artefatto accade se la densità del tessuto attraversato è inferiore rispetto ai tessuti molli, perciò può non essere presente distalmente ad un ascesso che pur avendo un contenuto "fluidico" ha una densità simile agli organi parenchimatosi. Questo artefatto è considerato *patognomonico* di una raccolta liquida ed è utile nel differenziare un nodulo anecogeno da una ciste: se il materiale è anecogeno ma parenchimatoso, il rinforzo di parete posteriore non sarà presente. Un secondo modo per differenziare un nodulo da una ciste è quello di aumentare al massimo i *gains*: se la struttura è cistica ci sarà una maggiore differenza d'ecogenicità tra la ciste ed i tessuti circostanti; al contrario se la differenza in ecogenicità si riduce significa che la struttura contiene materiale in grado di generare echi e quindi è un parenchima anecogeno.

Artefatto da volume parziale (Slice thickness artifact)

Questo artefatto è spesso visibile in strutture quali la vescica e la cistifellea dove crea uno "pseudo-sedimento".⁴⁻⁸⁻⁹ Il fascio ultrasonoro è tridimensionale e possiede un'altezza, una larghezza ed uno spessore. Lo possiamo immaginare come una fetta di torta. Il computer crea un'immagine bidimensionale partendo da dati tridimensionali e facendo la media dei dati ottenuti dallo spessore. Questo crea l'artefatto da volume parziale in quanto si sommano strutture ecogene con strutture anecogene e nell'immagine sono inserite delle ecogenicità intermedie. Quando si ottengono delle immagini dalla periferia della vescica, il fascio primario può raccogliere informazioni riguardanti sia la parete vescicale che l'urina dando luogo alla formazione dell'immagine di uno "pseudo-sedimento". Ci sono diversi modi per differenziare un sedimento vero da uno "pseudo-sedimento". La superficie del "pseudo-sedimento" è curva mentre la superficie del vero sedimento è piatta (Fig. 14). Solitamente basta inclinare leggermente la sonda e portarsi più al centro della vescica per eliminare l'artefatto. Nei casi dubbi può essere utile cambiare il decubito del paziente per vedere se il sedimento cambia forma e posizione

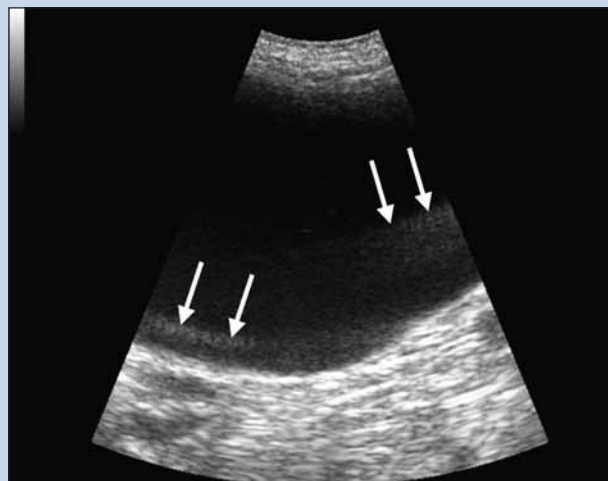


FIGURA 14 - La banda ricca di foci ecogeni presente sul fondo della vescica (freccie bianche) è causata dall'artefatto da volume parziale (pseudo-sedimento) e non deve essere confusa con il sedimento urinario.

o se rimane invariato. Il “pseudo-sedimento” è più accentuato nella zona focale dove lo spessore del fascio ultrasonoro è compresso elettronicamente e la media è calcolata su più dati. Spostando il fuoco dell'immagine si può ridurre l'artefatto. In realtà in ogni immagine ecografica abbiamo l'artefatto da volume parziale, ma questo risulta visibile solo dove abbiamo strutture anecogene.

Artefatto dei lobi laterali (Grating lobe/side lobe artifacts)

Il computer suppone che la sonda emetta un unico fascio di ultrasuoni, con direzione perpendicolare rispetto alla superficie della sonda. In realtà esistono altri fasci secondari posti ai lati del primario (Fig. 15).¹¹ Questi fasci sono creati dai cristalli piezoelettrici, hanno direzioni diverse rispetto al fascio primario e hanno un'intensità inferiore. Non creano effetti visibili in un'immagine ecogena, ma se buona parte dell'immagine è anecogena, i deboli echi dei fasci laterali sono visibili. Il computer assume che tutti gli echi derivino dal fascio primario perciò gli echi dei fasci laterali secondari sono posizionati nel centro dell'immagine, come se derivassero dal fascio principale. Questo artefatto contribuisce alla formazione del “pseudo-sedimento” vescicale assieme all'artefatto di volume parziale, ma a differenza di questo, non ha la superficie curva. Ancora una volta la vescica, la cistifellea e grosse raccolte di liquidi anecogeni sono le sedi dove più frequentemente si riscontra l'artefatto. Ad esempio a livello della vescica posso avere deboli echi generati dal colon adiacente, visibili all'interno della vescica (Fig. 16). I fasci laterali sono chiamati in inglese *side lobe*, ma sono chiamati *grating lobe* se originano da sonde

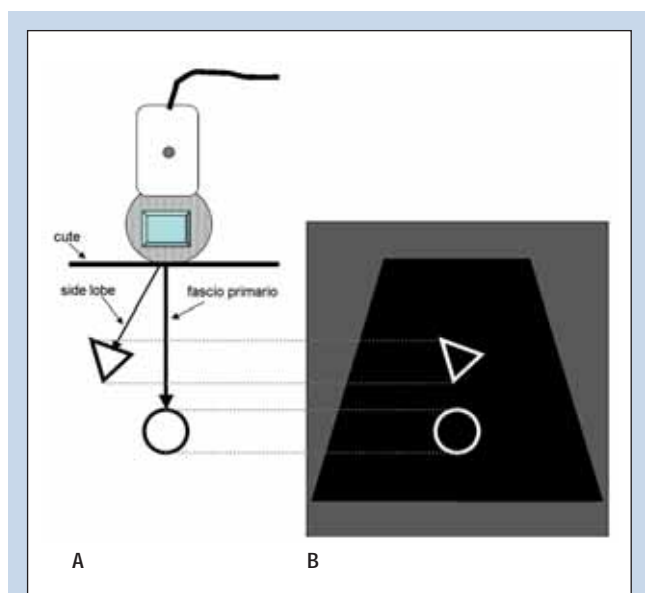


FIGURA 15 - A) Un fascio laterale invia e riceve degli echi riflessi da una struttura posta lungo il suo tragitto (triangolo). Il computer ignora l'esistenza dei fasci laterali e suppone che tutti gli echi riflessi (cerchio) siano generati dal fascio ultrasonoro principale che si propaga assialmente. Per questo motivo strutture localizzate lateralmente al fascio primario (motivo per cui non dovrebbero comparire nell'immagine), vengono erroneamente rappresentate come se lo fossero e dunque in una posizione errata. B) Nell'immagine finale il triangolo è collocato alla giusta profondità ma sul piano sbagliato.



FIGURA 16 - Per effetto dei “lobi” laterali, gli echi generati dal colon sono rappresentati all'interno della vescica (frecce bianche).

“array”. Per ridurre gli artefatti da fasci laterali in genere è sufficiente diminuire il gain generale allo scopo di sopprimere gli echi a bassa energia; in questo modo è possibile eliminarli quasi completamente senza ridurre il dettaglio dell'immagine.

Parole chiave

Ecografia, artefatti, veterinaria.

Key words

Ultrasound, artifacts, veterinary medicine.

Bibliografia

- Kirberger RM: Imaging artifacts in diagnostic ultrasound—A review. *Vet Rad & Ultrasound*, vol 36: 297-306, 1995.
- Reef VB: Artifacts. In: Reef VB: *Equine diagnostic ultrasound*. WB Saunders Co, pp: 24-38, 1998.
- Kremkau FW: Artifacts. In: Kremkau FW: *Diagnostic ultrasound: principles and instruments*. WB Saunders Co, sixth edition, pp: 273-311, 2002.
- Curry TS, Dowdey JE, Murry RC. In: Curry TS, Dowdey JE, Murry RC: *Christensen's Physics of Radiology*. Lea & Febiger, fourth edition, pp: 323-371, 1990.
- Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM: *Ultrasound*. In: Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM: *The Essential Physics of Medical Imaging*. Williams & Wilkins, second edition, pp 469-555, 2002.
- Penninck DG: Imaging artifacts in ultrasound. In: Nyland TG, Mattoon JS: *Small animal diagnostic ultrasound*. WB Saunders Co, second edition, 2002.
- Tyrrell B, Beck C: Survey of the use of radiography vs. ultrasonography in the investigation of gastrointestinal foreign bodies in small animals. *Vet Rad & Ultrasound*, vol 47: 404-408, 2006.
- Kremkau FW, Taylor KJW: Artifacts in Ultrasound Imaging. *J Ultrasound Med*, (5): 227-37, 1986.
- Drost TW: Basic Ultrasound Physics. In Thrall: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*, WB Saunders Co, fifth edition, pp ed.5. Saunders elsevier, pp 38-49, 2007.
- Lamb CR, Boswood A: An artifact resulting from propagation speed error. *Vet Rad & Ultrasound*, vol 36: 549-550, 1995.
- Barthez PY, Leveille R, Scrivani PV: Side lobe and grating lobe artifacts in ultrasound imaging. *Vet Rad & Ultrasound*, vol 38: 387-393, 1997.