

ΕΣΤΙΑΣΜΕΝΟΙ—ΒΑΣΙΚΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Robert M. Fulton

Εισαγωγή

Ξεκινήστε το μηχάνημα. Τοποθετήστε ζελέ. Αρχίστε τη σάρωση. Στο πλαίσιο της γενικής άσκησης της κτηνιατρικής, στην κλινική επειγόντων και στη μονάδα εντατικής θεραπείας, οι τρεις αυτές πράξεις συνοψίζουν τη βασική χρήση των υπερηχογραφημάτων. Όσο φυσικό είναι για εμάς να βγάλουμε το στηθοσκόπιο από τον λαμπό και να το τοποθετήσουμε στον θώρακα του ασθενούς, τόσο φυσικό πρέπει να είναι και το να πάρουμε τον ηχοβολέα και να τον τοποθετήσουμε πάνω στον ασθενή. Δεν είναι παράδοξο ότι η υπερηχογραφία έχει χαρακτηριστεί ως «επέκταση της φυσικής εξέτασης» και «μοντέρνο στηθοσκόπιο» (Rozycski 2001· Filly 1988). Πράγματι, δεν χρειάζεται κανείς πολλές οδηγίες για να αρχίσει τη σάρωση· εντούτοις, όπως σε πολλά πράγματα στη ζωή, οι δυσκολίες έγκεινται στη λεπτομέρεια. Η σωστή τεχνική της απεικόνισης και η κατανόηση των ορίων της είναι τα κλειδιά για την ακριβή ερμηνεία της εικόνας των διαγνωστικών υπερηχογραφημάτων.

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι η σύντομη ανασκόπηση της βασικής φυσικής και των αρχών των υπερήχων, συμπεριλαμβανομένων των συνηθέστερων τεχνικών σφαλμάτων. Για τους ενδιαφερόμενους αναγνώστες, υπάρχουν πιο εμπεριστατωμένα βιβλία, αφιερωμένα στη φυσική και στην ερμηνεία της υπερηχογραφικής απεικόνισης (Nyland 2002· Penninck 2002).

Τι μπορεί να προσφέρει αυτό το κεφάλαιο

- Βασική ανασκόπηση της φυσικής των υπερήχων, της διαμόρφωσης της εικόνας, των συνήθων τεχνικών σφαλμάτων και της συστηματικής ταξινόμησης των υπερήχων.
- Βασική κατανόηση τού πώς δημιουργούνται τα τεχνικά σφαλματα, ώστε να γίνει καλύτερη ερμηνεία της εικόνας του υπερηχογραφήματος.

Τι δεν μπορεί να προσφέρει αυτό το κεφάλαιο

- Δεν εμβαθύνει στη φυσική, στις αρχές και στα τεχνικά σφαλμάτων των υπερηχογραφημάτων.

Ενδείξεις

- Βασική κατανόηση της φυσικής, των αρχών και τεχνικών σφαλμάτων των υπερηχογραφημάτων από τους κτηνιάτρους χωρίς εξειδίκευση στην ακτινολογία.

Σκοποί

- Κατανόηση των βασικών θεμάτων της φυσικής των υπερήχων και πώς αυτά σχετίζονται με τη δημιουργία της εικόνας.
- Κατανόηση του πώς δημιουργούνται τα τεχνικά σφαλματα των υπερήχων, ώστε να αποφεύγεται η εσφαλμένη εκτίμηση.
- Ανασκόπηση της συστηματικής ταξινόμησης των υπερήχων, περιλαμβανομένης της αποστολής και της αποθήκευσης των εικόνων και της φροντίδας του μηχανήματος και του ηχοβολέα.

Βασικές αρχές των υπερήχων

Το μηχάνημα των υπερήχων αποτελείται από δύο κύρια μέρη, τον ηχοβολέα και τον επεξεργαστή. Ο ηχοβολέας έχει δύο βασικές λειτουργίες: αρχικά, να παράγει το ηχητικό κύμα (δρα ως πομπός). έπειτα, να δέχεται το ανακλώμενο ηχητικό κύμα (δρα ως δέκτης). Ο επεξεργαστής, που βρίσκεται μέσα στο κύριο μηχάνημα, λαμβάνει αυτά τα εισερχόμενα σήματα και τα μετατρέπει σε αξιοποίησιμη εικόνα.

Οι λειτουργίες πομπού και δέκτη του ηχοβολέα δεν γίνονται ταυτοχρόνως, αλλά κατά σειρά. Οι κεραμικοί κρύσταλλοι τον ηχοβολέα, όταν υποστούν μηχανική πίεση, παράγουν ηλεκτρική τάση. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, λαμβάνει χώρα κατά τη φάση της υποδοχής, όταν τα επιστρέφοντα

ηχητικά κύματα χτυπούν τον ηχοβολέα. Όταν εφαρμοστεί εξωτερική ηλεκτρική τάση στους κρυστάλλους, συμβαίνει το αντίστροφο φαινόμενο και υφίστανται μικρή μηχανική παραμόρφωση. Η επακόλουθη απελευθέρωση αυτής της ενέργειας παράγει το ηχητικό κύμα. Αυτό είναι γνωστό ως το αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Η πρώτη πρακτική εφαρμογή του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου έγινε κατά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο, όταν κατασκευάστηκε το sonar που χρησιμοποιούσε ξεχωριστό πομπό και ανιχνευτές (Colter 2010).

Τα ηχητικά κύματα που παράγονται από τα διαγνωστικά μηχανήματα των υπερήχων έχουν συχνότητες 3 έως 14 megahertz (MHz) και, επομένως, δεν γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο αφτί. Μπορούμε να ακούσουμε ήχους από 20 Hz (κύκλοι/δευτερόλεπτο) έως 20.000 Hz. Αντιθέτως, ο μέσος εξεταζόμενος σκύλος ακούει ήχους 40 Hz–60.000 Hz. Οι αυξημένες συχνότητες ανήκουν στην ομάδα που ονομάζεται «υπέρηχοι» –βασικά υπέρηχος καλείται κάθε ήχος πάνω από το ανώτατο όριο των συχνοτήτων που μπορούμε να ακούσουμε– εξού και το όνομα αυτού του κλινικού εργαλείου (Nyland 2002).

Τα ηχητικά κύματα που παράγονται από τον ηχοβολέα διαπερνούν τους ιστούς του σώματος και υπόκεινται σε όλους τους κανόνες που αφορούν σε κάθε ηχητικό κύμα, όπως ανάκλαση, διάχυση, πολλαπλή ανάκλαση, απορρόφηση και πέδηση (επιβράδυνση). Ο επεξεργαστής αναλύει τα εκπεμπόμενα σήματα και τα επιστρέφοντα κύματα, καθώς και την ποσότητά τους, την έντασή τους και τον χρόνο που χρειάστηκε για να επιστρέψουν. Εφαρμόζοντας προγραμματισμένους αλγόριθμους, ο επεξεργαστής μετατρέπει την πληροφορία αυτή σε ένα pixel (κουκίδα της εικόνας), του δίνει την κατάλληλη ένταση (ηχωγένεια) και το τοποθετεί στην οθόνη, ώστε να μας δώσει την εικόνα (μερικές φορές «μπερδεύεται», δημιουργώντας τεχνικά σφάλματα).

Από αυτά είναι εύκολο να καταλάβει κανείς γιατί ο εξοπλισμός αυτός μπορεί να είναι αρκετά ακριβός.

Εντούτοις, χρησιμοποιώντας την ποικιλία των εξετάσεων που περιγράφονται στο βιβλίο αυτό, ελπίζουμε ότι το μηχάνημα των υπερήχων όχι μόνο θα αποδειχτεί πολύτιμος εξοπλισμός για τη βελτίωση της φροντίδας του ασθενούς αλλά και ότι τελικά θα γίνει ταχεία απόσβεση της επένδυσης.

Ταχύτητα

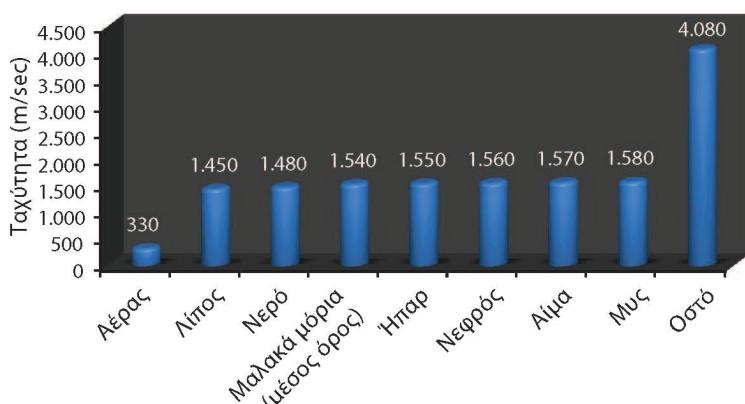
Ο ήχος κινείται με συγκεκριμένες γνωστές ταχύτητες διά μέσου των διαφόρων υλικών. Θυμηθείτε από τη φυσική ότι ο ήχος κινείται γρηγορότερα διά μέσου των στερεών απ' ό,τι διά μέσου των υγρών ή του αέρα και η ταχύτητά του διά μέσου των διαφόρων ιστών του σώματος είναι γνωστή (Εικόνα 1.1). Σημειώστε ότι η ταχύτητα είναι παρόμοια διά μέσου των περισσότερων μαλακών μορίων· εντούτοις, τα υπάρχοντα μηχανήματα υπερήχων δεν μπορούν να διακρίνουν τους ιστούς στους οποίους εισχωρούν. Γ' αυτό, όλα τα μηχανήματα υπερήχων χρησιμοποιούν τη μέση ταχύτητα 1.540 m/sec για τους αλγόριθμους απεικόνισης, η οποία είναι ο μέσος όρος της ταχύτητας του ήχου διά μέσου του λίπους, του ήπατος, του νεφρού, του αίματος και του μυός (Colter 2010).

Η πρώτη και η τελευταία στήλη του πίνακα δείχνουν ότι ο ήχος περνά σχετικά αργά από τον αέρα και σχετικά γρήγορα από το οστό. Όποιος έχει χειριστεί τον ηχοβολέα του υπερηχογραφήματος γνωρίζει ότι το οστό (στερεό) και ο πνεύμονας (αέρας) δεν μπορούν να απεικονιστούν ικανοποιητικά με τα υπερηχογραφήματα. Για να κατανοήσει το θέμα, ο χειριστής των υπερήχων πρέπει να κατανοήσει την αρχή της ακουστικής πέδησης.

Να θυμάστε το ρητό: Οι υπέρηχοι «μισούν» το οστό ή τον λίθο και δεν τα πάνε πολύ καλά με τον αέρα.

Ακουστική πέδηση

Η ακουστική πέδηση (επιβράδυνση) σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά της ανάκλασης και μετάδοσης του ήχου σε ένα υλικό. Είναι ένα μέτρο της απορρόφησης



Εικόνα 1.1. Η ταχύτητα (m/sec) του ήχου διά μέσου συνήθων ιστών και ουσιών του σώματος. Σημειώστε την παρόμοια ταχύτητα διά μέσου των περισσότερων μαλακών μορίων. Αυτό είναι η βάση που ο επεξεργαστής του μηχανήματος των υπερήχων χρησιμοποιεί τα 1.540 m/sec ως τον αριθμό για τον υπολογισμό του βάθους (Colter 2010).

του ήχου και του βαθμού της πίεσης του ήχου σε μια επιφάνεια που φέρνει αντίσταση στη ροή του ήχου. Η παροχή του ήχου είναι η ταχύτητα ροής πολλαπλασιασμένη επί την επιφάνεια. Αν κάνουμε την αναλογία με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, η ακουστική πέδηση είναι η ηλεκτρική αντίσταση διά μέσου ενός σύρματος, η πίεση του ήχου είναι η τάση και η ταχύτητα ροής η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Η εξίσωση που συνδέει όλα αυτά είναι:

$$Z = p/v$$

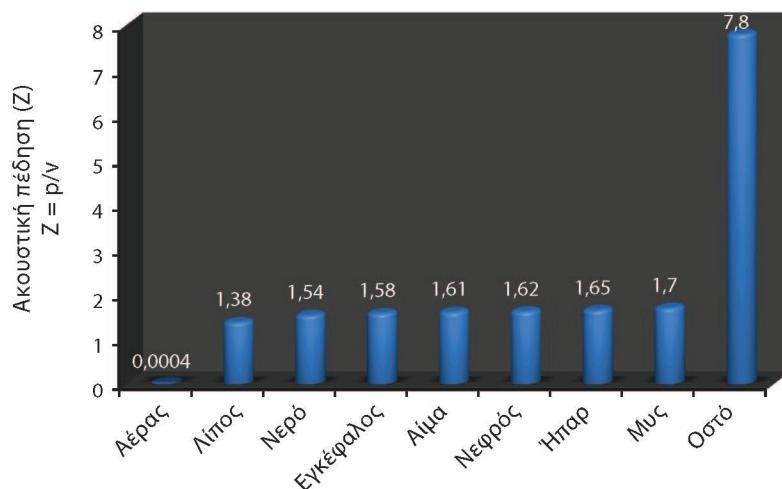
όπου Z = ακουστική πέδηση, p = πίεση του ήχου (ή πυκνότητα του ιστού) και v = ταχύτητα (Nyland 2002). Η ποσότητα του ανακλώμενου ήχου είναι ανάλογη με τη διαφορά της ακουστικής πέδησης μεταξύ δύο διαφορετικών ιστών. Ο αέρας έχει μικρή πέδηση και το οστό έχει μεγάλη πέδηση σε σύγκριση με τα μαλακά μόρια (Reef 1998) (Εικόνα 1.2). Επομένως, όταν ένα ακουστικό κύμα συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ μαλακών μορίων και οστού ή μαλακών μορίων και αέρα (μεγάλη διαφορά ακουστικής πέδησης), όλα σχεδόν τα ακουστικά κύματα ανακλώνται εντόνως (και σχηματίζεται μια φωτεινή άσπρη ηχωγενής γραμμή στη θέση της διαχωριστικής επιφάνειας). Στην ανάκλαση οφείλεται το ότι ο εξετάζων δεν μπορεί να έχει εικόνα μέσα από το οστό (συμπαγές) ή τον πνεύμονα (αέρας) και εδώ αναφέρουμε μία από τις συνηθέστερες παρερμηνείες στην κλινική υπερηχογραφία: Όταν γίνεται απεικόνιση διά μέσου του ήπατος προς τον θώρακα, πιστεύουμε ότι το φωτεινό, πρόσθιο κυρτό όριο είναι το διάφραγμα. Στην πραγματικότητα, το διάφραγμα απεικονίζεται σπανίως, μόνο όταν υπάρχει υγρή συλλογή και στις δύο κοιλότητες. Η εντόνως άσπρη (υπερηχωγενής), καμπύλη γραμμή είναι στην πραγματικότητα η εντόνως ηχωγενής επιφάνεια του πνεύμονα (αέρας) στη διαχωριστική επιφάνεια μαλακών μορίων-αέρα.

Συμπερασματικά, συγκρίνοντας την ακουστική πέδηση των περισσότερων ιστών του σώματος – πλην του οστού (στερεό) και του πνεύμονα (αέρας) – βλέπουμε ότι είναι παρόμοιες (υπάρχει μικρή διαφορά μεταξύ τους ως προς την ακουστική πέδηση). Η ομοιότητα αυτή καθιστά τα υπερηχογραφήματα σπουδαίο διαγνωστικό εργαλείο για την εξέταση στο εσωτερικό και διά μέσου των μαλακών μορίων (στο παρέγχυμά τους). Από την άλλη πλευρά, λόγω των μεγάλων διαφορών της ακουστικής πέδησης μεταξύ μαλακών μορίων-αέρα και μαλακών μορίων-οστού, τα υπερηχογραφήματα δεν αποτελούν αποτελεσματικό εργαλείο για την εξέταση πέρα από την επιφάνεια του γεμάτου με αέρα πνεύμονα ή του οστού (Reef 1998).

Απορρόφηση, διάχυση και ανάκλαση

Άλλες αρχές των υπερήχων που επηρεάζουν την εικόνα μας είναι η απορρόφηση, η διάχυση και η γωνία της ανάκλασης. Όταν τα ηχητικά κύματα διασχίζουν το σώμα, μερικά από αυτά απορροφώνται από τους ιστούς και δεν ανακλώνται ποτέ προς τον ηχοβολέα. Τα κύματα αυτά χάνονται και δεν συμμετέχουν στην εικόνα. Επιπλέον, πολλά από τα κύματα διαχέονται από τους ιστούς και τις ανωμαλίες των επιφανειών τους και είτε επιστρέφουν στον ηχοβολέα (δέκτη) από παραμορφωμένη οδό είτε δεν επιστρέφουν καθόλου. Αποτέλεσμα είναι τα κύματα των υπερήχων να «παρεξηγούνται» από τον επεξεργαστή και να επηρεάζεται ο σχηματισμός και η ευκίνεια της εικόνας. Η ιδανική γωνία ανάκλασης των υπερήχων για την παραγωγή της βέλτιστης εικόνας είναι οι 90 μοίρες· γι' αυτόν τον λόγο, οι γραμμικοί (linear) ηχοβολείς (που δεν χρησιμοποιούνται από τους περισσότερους κτηνιάτρους) αποδίδουν καλύτερα τις λεπτομέρειες σε σύγκριση με τους κυρτούς ηχοβολείς (που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα από τους κτηνιάτρους). Είναι ενδιαφέρον ότι μια μικρή απόκλιση μόνο 3 μοιρών από την ιδανική

Εικόνα 1.2. Ακουστική πέδηση ($10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ sec}$) συνήθων ιστών ή ουσιών του σώματος. Η εικόνα αυτή απεικονίζει τον βαθμό της διαφοράς της ακουστικής πέδησης μεταξύ διαφόρων ουσιών, που βοηθά στον προσδιορισμό της μετάδοσης του ηχητικού κύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάκλαση ή η μείωση της μετάδοσης. Μπορείτε να δείτε πώς τα υπερηχογραφήματα είναι ιδανικά κατάλληλα για τα περισσότερα μαλακά μόρια και ακατάλληλα για την απεικόνιση του οστού ή σχηματισμών που περιέχουν αέρα (Reef 1998).



προκαλεί απώλεια υπερηχητικών κυμάτων που δεν επιστρέφουν στον ηχοβολέα και έτσι μειώνονται οι λεπτομέρειες την εικόνας του υπερηχογραφήματος.

Εξασθένηση

Όλες οι δέσμες ήχων απορροφώνται ή χάνουν ενέργεια κατά τη διέλευσή τους διά μέσου των ιστών· επομένως, το ηχητικό κύμα που επιστρέφει είναι ασθενέστερο απ' ό,τι όταν ξεκίνησε. Οι διαφορετικές συχνότητες (MHz) εξασθενούν σε διαφορετικό βαθμό. Οι μικρές συχνότητες εξασθενούν λιγότερο απ' ό,τι οι μεγάλες συχνότητες και, επομένως, διεισδύουν βαθύτερα στους ιστούς. Αντιστρόφως, οι μεγαλύτερες συχνότητες έχουν μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα, αλλά υφίστανται μεγαλύτερη εξασθένηση. Οι στρατηγικές που εφαρμόζουν μείωση των MHz για μεγαλύτερη διεισδυτικότητα (βάθος) γίνονται σε βάρος της λεπτομέρειας. Αντιστρόφως, η χρήση μεγαλύτερης συχνότητας για περισσότερη λεπτομέρεια συμβαδίζει με μικρότερη διεισδυτικότητα (βάθος). Επιπλέον, οι ιστοί με μεγάλη πυκνότητα εξασθενούν τα ηχητικά κύματα περισσότερο από τους ιστούς με μικρότερη πυκνότητα (Εικόνα 1.3). Οι αρχές αυτές θα συζητηθούν περαιτέρω στην ενότητα «Βασικά τεχνικά σφάλματα».

Η αναλογία με την ακρόαση ενός μουσικού ηχητικού συστήματος από μακριά μπορεί να βοηθήσει να καταλάβετε ποια MHz διεισδύουν περισσότερο. Τα μπάσα (λίγα MHz) υπερισχύουν έναντι των μεγαλύτερων συχνοτήτων (πολλά MHz). έτσι, τα λίγα MHz διεισδύουν βαθύτερα εις βάρος της λεπτομερούς απεικονισης, ενώ τα πολλά MHz δίνουν λεπτομερέστερη εικόνα εις βάρος της διεισδυτικότητας.

Βασικά τεχνικά σφάλματα

Τώρα θα ασχοληθούμε με τους θεμελιώδεις νόμους που καθορίζουν τη δυναμική των κυμάτων και θα δούμε πώς δημιουργούνται τα τεχνικά σφάλματα. Τα τεχνικά σφάλματα μπορούν να καταταγούν σε ομάδες σύμ-

φωνα με τις σημαντικότερες αρχές που οδηγούν στη δημιουργία τους και περιλαμβάνουν την απορρόφηση, την ταχύτητα και τη διάδοση και σε τεχνικά σφάλματα που σχετίζονται με πολλαπλές ανακλάσεις.

Τεχνικά σφάλματα απορρόφησης, ισχυροί ανακλαστές (οστά, λίθοι, αέρας)

Σκίαση, «καθαρή» και «βρόμικη»

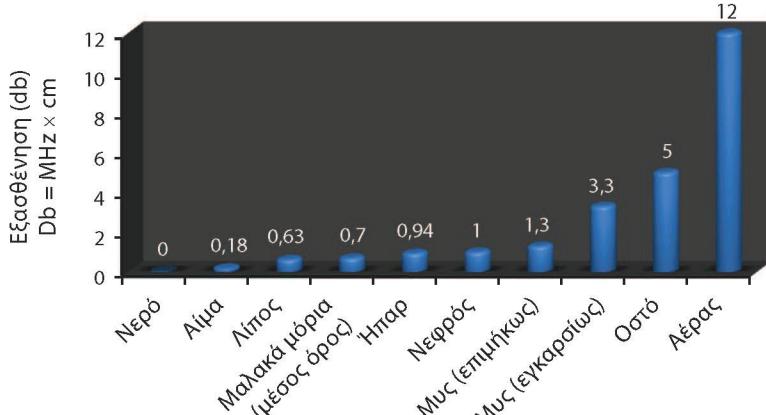
Οι καθαρές και οι βρόμικες σκιές προκαλούνται από ισχυρούς ανακλαστές (οστά, λίθοι και αέρας). Γνωρίζουμε από τις διαφορές ακουστικής πέδησης (επιβράδυνσης) στις διαχωριστικές επιφάνειες μαλακών μορίων-αέρα και μαλακών μορίων-οστού (λίθου) ότι το μεγαλύτερο μέρος των ηχητικών κυμάτων ανακλάται, αν και σε διαφορετικό βαθμό (Εικόνες 1.4 και 1.5A).

Διαχωριστική επιφάνεια με οστό (ή λίθο)

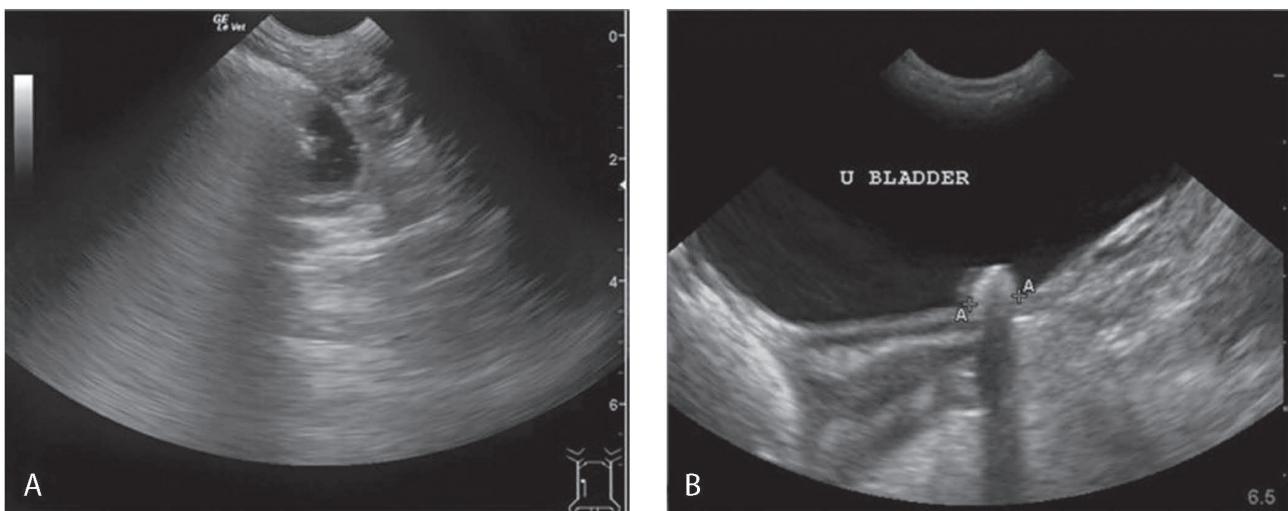
Όταν το κύμα των υπερήχων πέσει σε οστό (και λίθο), τα περισσότερα κύματα ανακλώνται και έτσι θα εμφανιστεί μια περιοχή έντονης υπερηχωγένειας (λευκότητας) στη διαχωριστική επιφάνεια μαλακών μορίων-οστού (λίθου). Επειδή η επιφάνεια του οστού είναι συνήθως ομαλή, υπάρχει μικρή διάχυση ή πολλαπλή ανάκλαση του κύματος των υπερήχων και σχηματίζεται μια ομοιόμορφη, σαφής, άνηχη (μαύρη) «καθαρή σκιά» πέρα από τον ανακλαστήρα (οστό ή λίθος) (Εικόνα 1.4B, βλ. επίσης Εικόνες 15.1, 15.2, 15.6 και 15.7).

Διαχωριστική επιφάνεια με αέρα

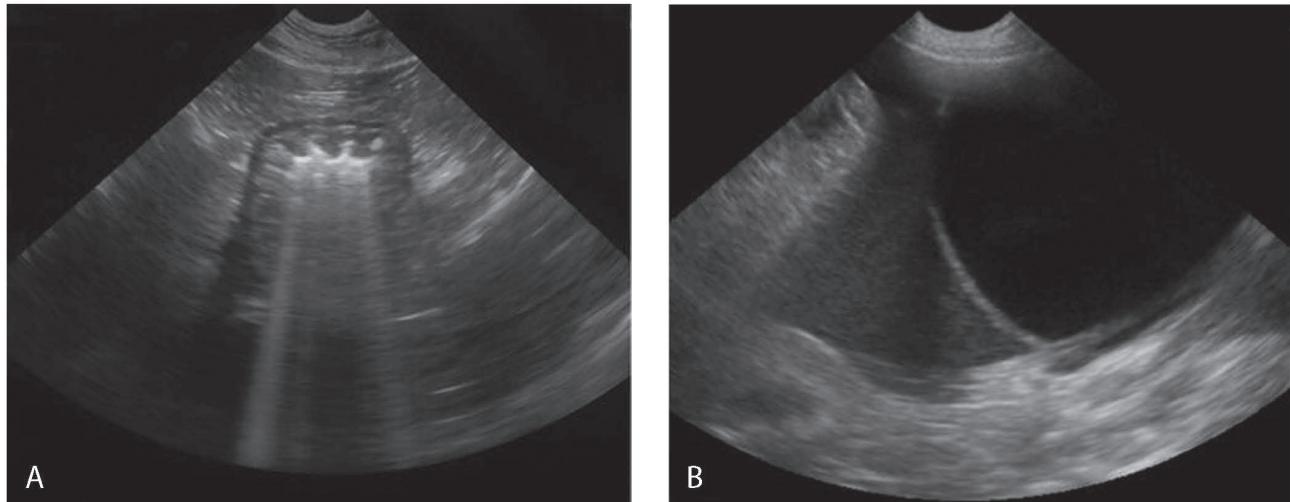
Από την άλλη πλευρά, οι διαχωριστικές επιφάνειες μαλακών μορίων-αέρα ποικίλλουν περισσότερο ως προς τον βαθμό της ανάκλασης, όπου μερικά από τα υπερηχητικά κύματα προχωρούν ατελώς διά μέσου του σχηματισμού που περιέχει αέρα, σε αντίθεση προς την πλήρη ανάκλαση στο οστό (ή στον λίθο). έτσι δημιουργούνται πολλαπλές ανακλάσεις περιφερικά από τη διαχωριστική επιφάνεια με τον αέρα, δημιουργώντας μια «βρόμικη» σκιά (Penninck 2002) (Εικόνες 1.4A, 1.5A).



Εικόνα 1.3. Εξασθένηση (db/cm/MHz) σε συνήθεις ιστούς. Η εξασθένηση της ενέργειας του ήχου μέσα στους ιστούς ποικίλλει ανάλογα με τη συχνότητα του ήχου και επηρεάζεται από την ανάκλαση, τη διάχυση και την απορρόφηση. Σημειώστε ότι το οστό και ο αέρας έχουν τις μεγαλύτερες τιμές εξασθένησης (Reef 1998).



Εικόνα 1.4. Καθαρή έναντι βρόμικης σκίασης. (Α) «Βρόμικη» σκιά. Μία φυσαλίδα αέρα μέσα σε γεμάτη με υγρό διατεταμένη έλικα του λεπτού εντέρου δημιουργεί μια βρόμικη σκιά (αριστερά στην εικόνα), επειδή μερικά υπερηχητικά κύματα περνούν διά μέσου των σχηματισμού. Αντίθετη στη λερωμένη σκιά αποτελεί η «καθαρή» σκιά του λίθου της ουροδόχου κύστεως στη (Β). (Β) «Καθαρή» σκιά. Η ομαλή επιφάνεια του λίθου της ουροδόχου κύστεως δημιουργεί την καθαρή σκιά, που είναι τυπική για οστό ή λίθο με υπερηχωγενή επιφάνεια στο εγγύς πεδίο, που σταματά πλήρως όλες τις ανακλάσεις, με αποτέλεσμα μια άνηχη (μαύρη) σκιά πίσω από αυτόν. Ευγενική παραχώρηση από Dr Sarah Young, Echo Service for Pets, Ojai, California.



Εικόνα 1.5. Τεχνικό σφάλμα σκιάς παρυφής. (Α) Παρατηρείται τεχνικό σφάλμα παρυφής, που προέρχεται από την καμπύλη αριστερή πλευρά του στομάχου, πράγμα που κάνει να φαίνεται ότι το τοίχωμα επεκτείνεται περιφερικά σαν άνηχη (μαύρη) γραμμή. Μια λερωμένη σκιά από αέριο δημιουργείται, επίσης, από αέρα μέσα στον αυλό του στομάχου. (Β) Τεχνικό σφάλμα σκιάς παρυφής στην κορυφή της ουροδόχου κύστεως προκαλεί την εσφαλμένη εντύπωση ότι υπάρχει σχίσιμο, γεγονός που μπορεί να παραπλανήσει τον αρχάριο και να νομίσει ότι το ελεύθερο υγρό προέρχεται από ρήξη της ουροδόχου κύστεως. Ευγενική παραχώρηση από Dr Sarah Young, Echo Service for Pets, Ojai, California.

Τεχνικά σφάλματα απορρόφησης (σχηματισμοί γεμάτοι με υγρό) Σκίαση από την παρυφή (σχηματισμοί γεμάτοι με υγρό)

Όταν τα υπερηχητικά κύματα πέσουν στην παρυφή ενός σχηματισμού γεμάτου με υγρό και με κυρτή επιφά-

νεια (του τοιχώματος), όπως το τοίχωμα του στομάχου, της ουροδόχου κύστεως, της χοληδόχου κύστεως ή μιας κύστεως, τα υπερηχητικά κύματα αλλάζουν ταχύτητα και κάμπτονται, με αποτέλεσμα το φυσικό φαινόμενο της διάθλασης. Ως εκ τούτου, σχηματίζεται μια υποηχωγενής (σκοτεινότερη) ή άνηχη (μαύρη) περιοχή στο πλάι και περιφερικά από την παρυφή του κυρτού