

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο

ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ

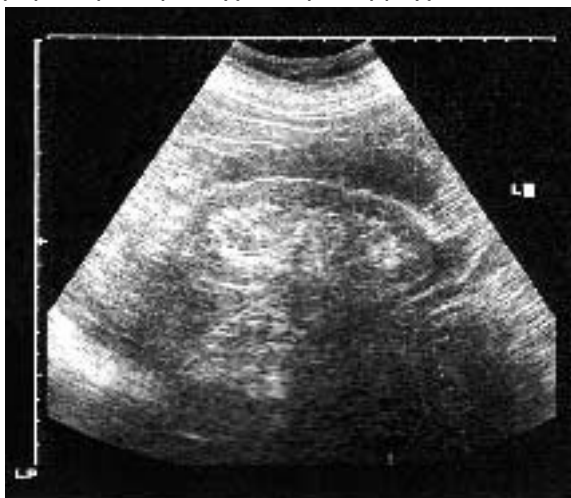
10.1 Εισαγωγή

Οι υπέρηχοι ανακαλύφθηκαν ύστερα από μελέτη του τρόπου επικοινωνίας ζώων όπως οι νυχτερίδες, τα δελφίνια και οι φάλαινες, πριν ακόμα ανακαλυφθούν οι ακτίνες Χ. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση υποβρυχίων κατά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, με τη συσκευή Sonar.

Την ιδέα της εκμετάλλευσής τους για διαγνωστικούς σκοπούς συνέλαβε πρώτος ο Sokolov το 1937, ενώ η εφαρμογή τους στο ανθρώπινο σώμα έγινε το 1949. Οι πρώτες εικόνες είχαν μόνο δύο τόνους, άσπρο και μαύρο. Ενδιάμεσες αποχρώσεις (κλίμακα του γκρι) προστέθηκαν το 1972 από τον Αυστραλό Kossof.

Από τότε η εξέλιξη των υπερήχων ήταν ραγδαία, με τη δυνατότητα λήψης εικόνων με μεγάλη ταχύτητα, την αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας και την εφαρμογή των μεθόδων Doppler και Triplex.

Οι πολλαπλές δυνατότητες των υπερήχων, σε συνδυασμό με την απλότητα της χρήσης τους και την απουσία σημαντικών κινδύνων για τους ασθενείς, τους καθιέρωσαν ως μια από τις πιο διαδεδομένες διαγνωστικές μεθόδους. Σήμερα οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται ευρέως, στην απεικόνιση κοιλιακών οργάνων (ήπαρ - πάγκρεας - σπλήνας - νεφροί), στην απεικόνιση του θυρεοειδούς και των μαζών, στην γυναικολογία, τη μαιευτική, την καρδιολογία και τη βιοψία οργάνων.



Εικ. 10.1.: Υπερηχογράφημα νεφρού.

10.2 Φύση των Υπερήχων

Οι υπέρηχοι είναι ακουστικά κύματα με συχνότητες μεγαλύτερες από εκείνες που είναι ευαίσθητο το ανθρώπινο αυτί ($> 20000 \text{ Hz}$ ¹). Είναι διαμήκη κύματα που μεταφέρουν ενέργεια, αλλά για τη μεταφορά τους είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός ελαστικού μέσου διάδοσης, ενώ δεν διαδίδονται στο κενό. Τα ακουστικά κύματα στις συχνότητες αυτές αποκτούν ιδιότητες που μοιάζουν με αυτές του φωτός, και έτσι μπορούν να εστιαστούν σε μικρές δέσμες για τη χρήση τους σε διαγνωστικούς σκοπούς. Στη διαγνωστική υπερηχοτομογραφία χρησιμοποιούνται συχνότητες 2-15 MHz.

Τα διάφορα μεγέθη που συναντάμε στη φυσική είναι η συχνότητα², η ταχύτητα μετάδοσης, η περίοδος³ και το μήκος κύματος⁴ των υπερήχων.

10.3 Παραγωγή και Ανίχνευση των Υπερήχων

Τόσο η παραγωγή όσο και η ανίχνευση των υπερήχων γίνεται στους μεταλλάκτες⁵. Οι μεταλλάκτες είναι όργανα που μετατρέπουν τη μια μορφή ενέργειας σε άλλη. Η λειτουργία τους βασίζεται στο **πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο**, όπου γίνεται μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική και αντίστροφα.

Κατά το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, όταν σε ορισμένα κρυσταλλικά υλικά εφαρμοστεί εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση, τότε υφίστανται συνεχείς παραμορφώσεις (διόγκωση-συμπίεση), με αποτέλεσμα να εκτελούν μηχανικές ταλαντώσεις (μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική, σχήμα 10.1). Οι ταλαντώσεις αυτές μεταδίδονται στο περιβάλλον με τη μορφή υπερηχητικών κυμάτων.



Σχ. 10.1.: Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο.
Ο κρύσταλλος δονείται, όταν στα άκρα του εφαρμοστεί ηλεκτρική τάση.

Κάθε μεταλλάκτης αποτελείται από πολλούς πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους, οι οποίοι δονούνται ταυτόχρονα όταν δεχτούν ηλεκτρικό ρεύμα. Καθένας από τους κρυστάλλους παράγει ένα υπερηχητικό κύμα,

και το σύνολο όλων των κυμάτων συνθέτει ένα συνεχές κύμα ή παλμό. Ο παλμός αυτός μεταδίδεται στη συνέχεια στο ανθρώπινο σώμα, αποτελώντας μια δέσμη υπερήχων.

Η δέσμη των υπερήχων, μετά τη διέλευσή της από το ανθρώπινο σώμα, επι-

¹που είναι το άνω όριο ακουστών ήχων.

²Συχνότητα είναι ο αριθμός των κύκλων το δευτερόλεπτο και η μονάδα μέτρησής της είναι το MHz.

³Περίοδος T είναι ο χρόνος που χρειάζεται το κύμα για να κάνει ένα κύκλο $T = 1/\nu$

⁴Σαν μήκος κύματος λ ονομάζουμε την απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου $\lambda = c/\nu$ όπου $c = \eta$ ταχύτητα σε mm/s.

⁵ονομάζονται κα μετατροπείς ενέργειας ή ηχοβολείς.

στρέφει πίσω στο μεταλλάκτη, ο οποίος είναι υπεύθυνος και για την ανίχνευσή της. Όταν η δέσμη προσκρούσει στο μεταλλάκτη οι κρύσταλλοι αρχίζουν πάλι να δονούνται και οι μηχανικές αυτές δονήσεις προκαλούν την εμφάνιση ηλεκτρικής τάσης (μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική). Έτσι, ο μετατροπέας ενέργειας λειτουργεί τόσο σαν *πομπός* όσο και σαν *δέκτης* υπερήχων, και γι' αυτό ονομάζεται και *πομποδέκτης*.

Οι κρύσταλλοι - μεταλλάκτες που χρησιμοποιούνται στην υπερηχοτομογραφία διακρίνονται σε:

- ◆ Φυσικούς, που παρουσιάζουν από τη φύση τους το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (π.χ. άλατα χαλαζία quartz).

- ◆ Συνθετικούς, που χρειάζεται να υποστούν μια ορισμένη επεξεργασία (κεραμικά υλικά όπως ο τιτανιούχος ζirkονιούχος μόλυβδος).

Αμέσως μετά την παραγωγή των υπερήχων, ο μεταλλάκτης πρέπει να σταματήσει να πάλλεται, για να είναι σε θέση να ανιχνεύσει την υπερηχητική δέσμη που επιστρέφει σ' αυτόν. Έτσι, μόνο κατά το 1% της λειτουργίας του παράγει υπερηχητικά κύματα, ενώ κατά το 99% λειτουργεί ως δέκτης. Για να συμβεί αυτό πρέπει η ταλάντωση των κρυστάλλων να είναι στιγμιαία, ώστε γρήγορα να επανέλθουν σε κατάσταση ηρεμίας. Αυτό επιτυγχάνεται:

- ◆ με την εφαρμογή ηλεκτρικής τάσης με πολύ μικρή διάρκεια και
- ◆ με την τοποθέτηση απορροφητικού υλικού πίσω από τους κρυστάλλους, για την ταχύτερη απόσβεση των ταλαντώσεων.

10.4 Αλληλεπίδραση Υπερήχων – Βιολογικών Ιστών

Κατά την αλληλεπίδραση της δέσμης των υπερήχων με τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος, λαμβάνουν χώρα διάφορα φαινόμενα, όπως η ανάκλαση, η διάθλαση και η απορρόφηση της δέσμης των υπερήχων. Όπως είναι γνωστό, στην απλή ακτινογραφία η απεικόνιση βασίζεται στο φαινόμενο της απορρόφησης των ακτίνων X από τους διάφορους ιστούς. Αντίθετα, στην υπερηχογραφία η απεικόνιση των ανατομικών δομών βασίζεται στο **φαινόμενο της ανάκλασης**.

ΥΛΙΚΟ	Z
Αέρας	0,0004
Νερό	1,54
Λίπος	1,38
Ήπαρ	1,65
Νεφρός	1,62
Αίμα	1,61
Κρανίο (οστά)	7,8

Πίνακας 10.1 Τιμές ακουστικής αντίστασης στα διάφορα υλικά.

Η ανάκλαση συμβαίνει όταν το κύμα των υπερήχων περάσει από έναν ιστό σ' έναν άλλο, με διαφορετική ακουστική αντίσταση Z' . Όταν λοιπόν το κύμα προσκρούσει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο ιστών με διαφορετική Z , ένα μέρος του ανακλάται, δηλαδή επιστρέφει προς τα πίσω. Προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο της ανάκλασης, πρέπει η δέσμη των υπερήχων να είναι κάθετη στην επιφάνεια που θέλουμε να απεικονιστεί. Όταν συμβαίνει αυτό, η ανακλώμενη δέσμη έχει την ίδια διεύθυνση με την προσπίπτουσα αλλά αντίθετη φορά, κι έτσι μπορεί να επιστρέψει στον ίδιο μεταλλάκτη. Η κάθετη πρόσπτωση της δέσμης επιτυγχάνεται με κατάλληλες κινήσεις της κεφαλής των υπερήχων.

Το ποσοστό της ενέργειας που ανακλάται, όταν μια δέσμη προσπίπτει στο όριο δύο ιστών με διαφορετικές αντιστάσεις Z_1 , Z_2 , ονομάζεται *συντελεστής ανάκλασης* και δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

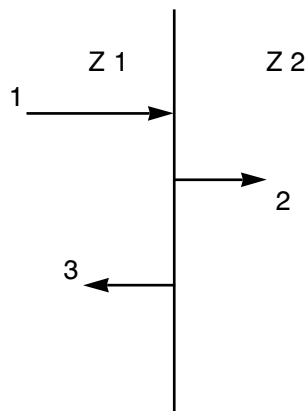
Όπως είναι φανερό από τον τύπο αυτό, όταν οι υπέρηχοι προσπίπτουν στη διαχωριστική επιφάνεια δύο ιστών με παρόμοιες Z ($Z_1 \approx Z_2$) ο συντελεστής ανάκλασης R σχεδόν μηδενίζεται. Αυτό σημαίνει ότι μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό ενέργειας ανακλάται, ενώ όταν η διαφορά των Z είναι μεγάλη ($Z_2 > Z_1$), η ανάκλαση γίνεται σε μεγάλο βαθμό.

Το ποσοστό της ενέργειας που δεν ανακλάται συνεχίζει να διαδίδεται σε μεγαλύτερο βάθος στο ανθρώπινο σώμα και ονομάζεται *συντελεστής μετάδοσης* T .

$$T = (100-R)\%$$

Το ποσοστό αυτό είτε σκεδάζεται, διαθλάται, απορροφάται από τους ιστούς, είτε ανακλάται για δεύτερη φορά σε μεγαλύτερο βάθος.

Αν η δέσμη των υπερήχων προσπέσει στο όριο αέρα-μαλακών ιστών (π.χ. πνεύμονες), ο συντελεστής ανάκλασης θα είναι πολύ μεγάλος, ενώ ο συντελεστής μετάδοσης σχεδόν μηδενικός. Αυτό σημαίνει ότι η δέσμη θα υποστεί ολική



Σχ. 10.2.: Καθώς η δέσμη των υπερήχων προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο ιστών με διαφορετικές Z (1), ένα μέρος της ανακλάται (3) ενώ το υπόλοιπο εξακολουθεί να διαδίδεται στους ιστούς (2).

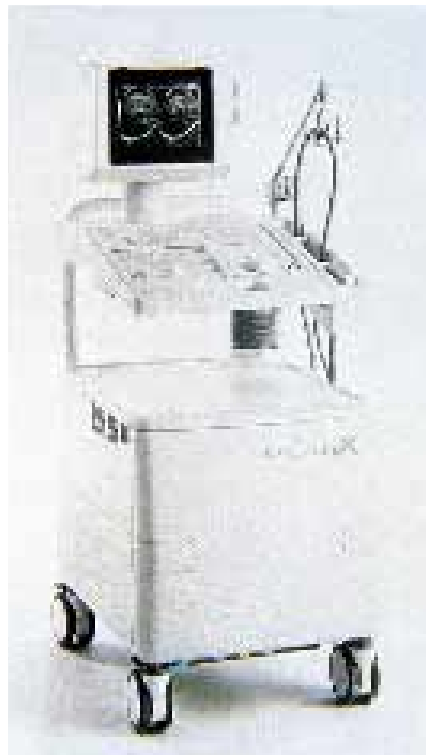
¹Η ειδική ακουστική αντίσταση Z είναι χαρακτηριστική για κάθε ιστό και ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας του ιστού ρ επί την ταχύτητα του ήχου στον ιστό αυτό c .

$Z = \rho c$ όπου $\rho =$ η πυκνότητα σε g/cm^3
 $C =$ η ταχύτητα σε cm/sec .

ανάκλαση και δεν θα είναι εφικτή η απεικόνιση οργάνων που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος. Για τον ίδιο λόγο, όταν πραγματοποιείται μια εξέταση με υπερήχους, είναι αναγκαία η άμεση επαφή της κεφαλής των υπερήχων με το δέρμα του ασθενή, ώστε να μην παρεμβάλλεται αέρας ανάμεσά τους, και να αποφεύγεται το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης. Η επαφή κεφαλής-δέρματος εξασφαλίζεται με τη χρήση **ειδικού ζελέ**.

Τα φαινόμενα της ανάκλασης, διάθλασης, σκέδασης και απορρόφησης της δέσμης, έχουν ως αποτέλεσμα την **εξασθένησή** της, καθώς αυτή διέρχεται από τους ιστούς. Η εξασθένηση εξαρτάται από τη συχνότητα των υπερήχων: *όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο εντονότερο είναι το φαινόμενο της εξασθένησης*. Έτσι, για την απεικόνιση οργάνων που βρίσκονται σε κάποιο βάθος (π.χ. κοιλιακά όργανα) ή σε παχύσαρκους ασθενείς, χρησιμοποιούμε υπερήχους μικρότερης συχνότητας από ό,τι στα επιφανειακά όργανα και τους λεπτόσωμους ασθενείς. Το ποσοστό της ενέργειας που απορροφάται από τους ιστούς μετατρέπεται σε θερμότητα.

10. 5 Βασικά Μέρη Υπερηχοτομογράφου



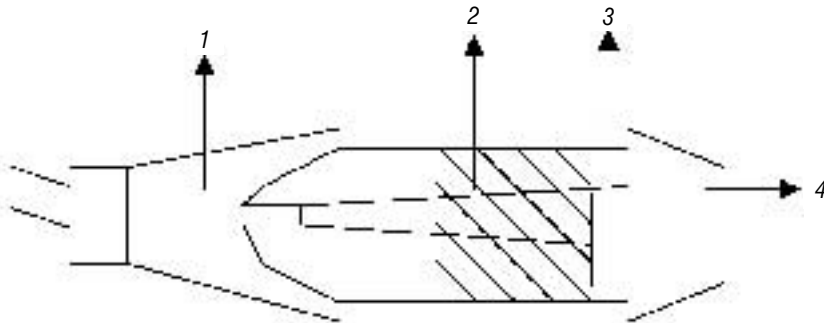
Εικ. 10.2.: Υπερηχοτομογράφος.

Ένα τυπικό σύστημα απεικόνισης με υπερήχους αποτελείται από:

1. Τον παλμοδότη (pulser)

Ο παλμοδότης διαβιβάζει ηλεκτρικό ρεύμα στο μεταλλάκτη.

2. Την ηχοβόλο κεφαλή με τον μεταλλάκτη (transducer)



Σχ. 10.3.: Ηχοβόλος κεφαλή. 1. πλαστικό κάλυμμα, 2. απορροφητικό υλικό, 3. πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος, 4. ειδική επίστρωση.

Ο μεταλλάκτης είναι τοποθετημένος μέσα σε ειδικό πλαστικό κάλυμμα, την κεφαλή, που είναι το ευκίνητο τμήμα της συσκευής. Ο κρύσταλλος μεταλλάκτης βρίσκεται στο πρόσθιο μέρος της κεφαλής και ακριβώς μπροστά του υπάρχει επίστρωση από ειδικό υλικό, που επιτρέπει την καλύτερη μετάδοση των υπερή-

Κεφαλή Convex

Κεφαλή Sector

Κεφαλή Linear

Κεφαλή Linear



Διορθική Κεφαλή

Διακολπική Κεφαλή

Κεφαλή για Βιοψία

Κεφαλές μικρών διαστάσεων

Κεφαλή Annular Array



Εικ. 10.3.: Είδη κεφαλών.

χων προς το δέρμα του ασθενή. Πίσω από το μεταλλάκτη υπάρχει παχιά στιβάδα απορροφητικού υλικού, που βοηθά στη γρήγορη απόσβεση των δονήσεων.

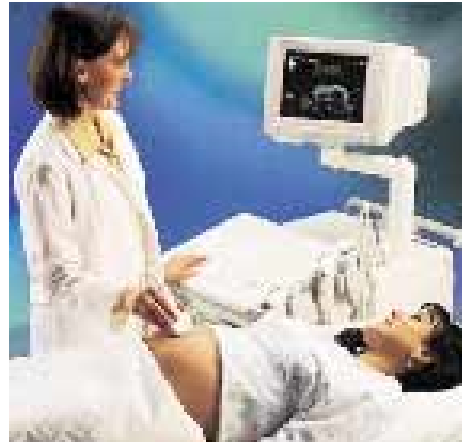
Τα περισσότερα μηχανήματα υπερήχων που χρησιμοποιούνται σήμερα, έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με διάφορα είδη κεφαλών. Οι κεφαλές είναι τοποθετημένες σε ειδικές θέσεις στο πλαίσιο του μηχανήματος.

Μερικά από τα πιο σημαντικά είδη κεφαλών είναι:

- ▲ η παράλληλη ή γραμμική κεφαλή (linear),
- ▲ η κεφαλή υπερήχων τομέα (sector),
- ▲ η κεφαλή convex,

Η sector και η convex καλύπτουν μεγάλο πεδίο και είναι πιο εύκολες στο χειρισμό, ενώ η linear παρέχει καλύτερη ποιότητα στην εικόνα.

Για την ευκρινέστερη απεικόνιση εσωτερικών οργάνων (καρδιά – ωοθήκες - προστάτης), χρησιμοποιούνται σήμερα ειδικές κεφαλές μικρότερων διαστάσεων (διοισοφάγεια-διακολπική-διορθική).



Εικ. 10.4.: Τοποθέτηση κεφαλής σε υπερηχογραφική εξέταση.



Εικ. 10.5.: Είδη υπερηχοτομογράφων (από τα απλά στα πιο σύνθετα).

3. Τον επεξεργαστή

Το ηλεκτρικό σήμα που δημιουργείται στο μεταλλάκτη οδεύει προς τον επεξεργαστή. Στον επεξεργαστή το σήμα περνά από διαδοχικά στάδια διαμόρφωσης (ενίσχυση-διόρθωση-εγγραφή στη μνήμη), ώστε να γίνει δυνατή η προβολή του στην οθόνη.



Εικ. 10.6.: Το πληκτρολόγιο μιας συσκευής υπερήχων.

4. Το πληκτρολόγιο

Με το πληκτρολόγιο γίνεται καταγραφή των στοιχείων του ασθενή και η έναρξη της εξέτασης. Πάνω σε αυτό υπάρχουν πλήκτρα για την αλλαγή της εξέτασης, την επιλογή της κεφαλής, τη μεγέθυνση ή τη σμίκρυνση της λαμβανόμενης εικόνας και το πάγωμά της για την πραγματοποίηση διαφόρων μετρήσεων.



Εικ 10.7.: Οθόνη υπερηχοτομογράφου.

5. Την οθόνη

6. Την εξεταστική τράπεζα

7. Το σύστημα καταγραφής της εικόνας

Με ειδικό πλήκτρο δίνεται εντολή για την εκτύπωση της εικόνας από ειδικό σύστημα φωτογράφησης.

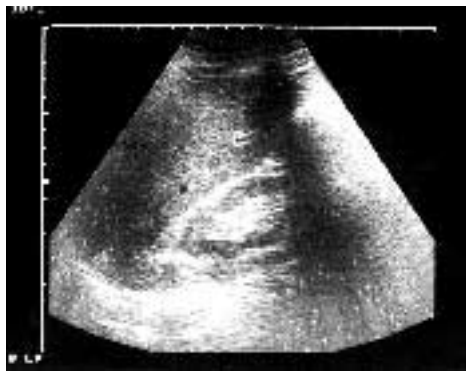
10.6 Ορολογία Απεικόνισης

Όπως είναι γνωστό, όταν οι ανακλώμενοι υπέρηχοι επιστρέψουν στο μεταλλάκτη, μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα. Κάθε τέτοιο σήμα απεικονίζεται στην οθόνη σαν μια φωτεινή κηλίδα, η ένταση της οποίας είναι ανάλογη με την ένταση της ανακλώμενης δέσμης. Το σύνολο των κηλίδων αποτελεί την εικόνα.

Κατά την απεικόνιση χρησιμοποιούνται σήμερα οι διάφοροι *τόνοι του γκρι*. Μια περιοχή που ανακλά σε μεγάλο βαθμό τους υπέρηχους, απεικονίζεται έντονα φωτεινή και ονομάζεται **ηχογενής ή υπερηχική**. Αντίθετα, η περιοχή που δεν προκαλεί σημαντική ανάκλαση, απεικονίζεται λιγότερο φωτεινή και ονομάζεται **υποηχική**. Μια περιοχή που δεν προκαλεί καμιά ανάκλαση, απεικονίζεται μαύρη



Εικ. 10.8.: Άνηχη περιοχή (μαύρο χρώμα), που αντιστοιχεί στην ουροδόχο κύστη.



Εικ. 10.9.: Υπερηχογράφημα νεφρού. Στο δεξιό πλάι του νεφρού διακρίνεται ακουστική σκιά (μαύρη σκιά), που οφείλεται σε ύπαρξη πλευράς.

και ονομάζεται **άνηχη** (εικ. 10.8). Τέτοια εικόνα δίνουν τα ομοιογενή υγρά (αίμα, ούρα, χολή). Όταν γίνεται ολική ανάκλαση, διακρίνεται στην οθόνη μια μαύρη σκιά που ονομάζεται **ακουστική σκιά** (εικ. 10.9). Ακουστική σκιά παρατηρείται πίσω από τα οστά, τους λίθους των νεφρών και της χολής και τα όργανα που περιέχουν αέρα (π.χ. εντερικές έλικες).

Η εξέταση που πραγματοποιείται με τη βοήθεια των υπερήχων, είναι **τομογραφική τεχνική**, γιατί δίνει εικόνες από τομές οργάνων. Οι τομές μπορεί να είναι επιμήκεις, εγκάρσιες ή λοξές και το πάχος κάθε τομής είναι περίπου 5 χιλιοστά.

10.7 Τεχνικές Απεικόνισης

Η διαγνωστική υπερηχοτομογραφία διακρίνεται σε στατική και δυναμική.

Στη **στατική**, κατά τη διάρκεια της εκπομπής των υπερήχων, ο μεταλλάκτης είτε παραμένει ακίνητος (A Mode¹, B Mode²) ή κινείται στην επιφάνεια του σώματος με χειροκίνητο έλεγχο (B Scan³). Στην τελευταία περίπτωση η κίνηση του μεταλλάκτη γίνεται αργά, μην επιτρέποντας την ανάδειξη της κίνησης των διαφόρων οργάνων σε πραγματικό χρόνο (real time).

Στη **δυναμική**, η κίνηση (σάρωση) γίνεται με μεγάλη ταχύτητα με μηχανικό ή ηλεκτρονικό τρόπο, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η λήψη πολλών εικόνων το δευτερόλεπτο (30-60). Τα συστήματα αυτά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και για στατική απεικόνιση, γιατί έχουν τη δυνατότητα να παγώνουν την εικόνα.

¹Είναι η πιο απλή μορφή απεικόνισης με υπερήχους. Είναι μονοδιάστατη και οι ανακλάσεις απεικονίζονται σαν κατακόρυφες γραμμές πάνω σε οριζόντιο άξονα. Το ύψος των γραμμών είναι ανάλογο με την ένταση των υπερήχων.

²Οι ανακλώμενοι υπερήχοι απεικονίζονται σαν φωτεινές κηλίδες, η φωτεινότητα των οποίων είναι ανάλογη με την ένταση της ανακλώμενης δέσμης.

³Λόγω κίνησης της κεφαλής, η απεικόνιση αυτή είναι δυο διαστάσεων.

Τεχνική Doppler

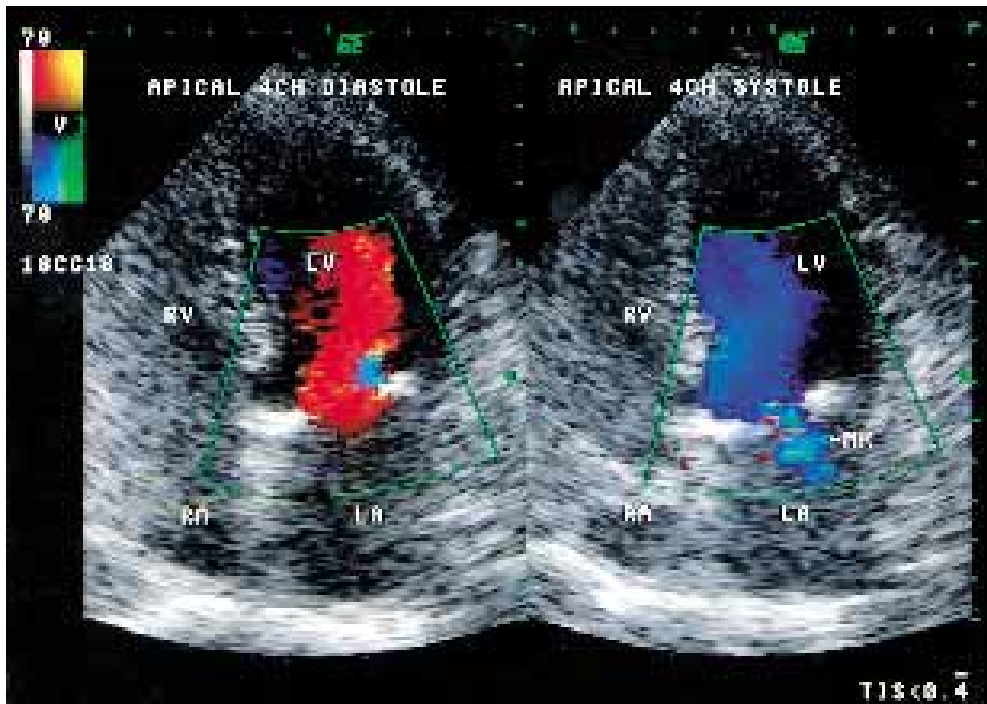
Η μέθοδος αυτή εκμεταλλεύεται το φαινόμενο doppler, που παρατηρήθηκε το 1842 από τον Johan Christian Doppler. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, όταν η πηγή εκπομπής ενός κύματος πλησιάζει προς τον ανιχνευτή, η συχνότητα του κύματος που ανιχνεύεται είναι μεγαλύτερη από την αρχική, ενώ όταν η πηγή απομακρύνεται, η συχνότητα ελαττώνεται.



Εικ. 10.10.: Υπερηχογράφημα μηριαίας αρτηρίας.

Όταν ένα κύμα υπερήχων με συχνότητα ν_0 προσπίσει πάνω στα ερυθρά αιμοσφαίρια, θα επιστρέψει πίσω στο μεταλλάκτη με διαφορετική συχνότητα ν_1 , λόγω της κίνησης του αίματος. Με βάση τη διαφορά των συχνοτήτων, υπολογίζεται η ταχύτητα με την οποία κινείται το αίμα.

Τεχνική Triplex



Εικ. 10.11.: Triplex καρδιάς. Όταν το αίμα κατευθύνεται προς το μεταλλάκτη απεικονίζεται κόκκινο, ενώ όταν απομακρύνεται κυανό.

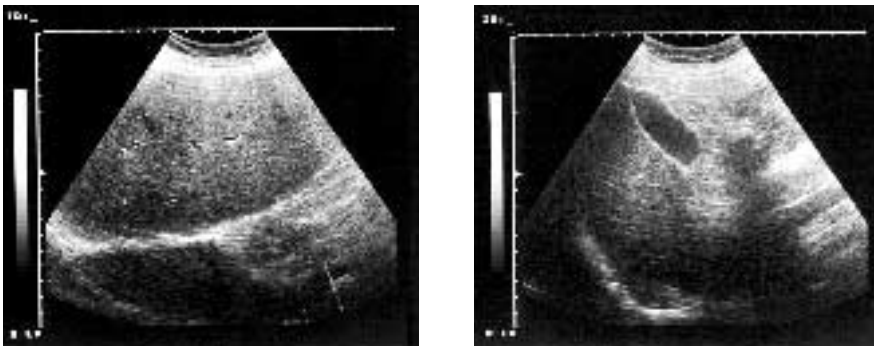
Η μέθοδος αυτή είναι ένας συνδυασμός δυναμικής υπερηχοτομογραφίας και doppler, που δίνει όμως τη δυνατότητα απεικόνισης με τη βοήθεια χρωμάτων. Αν το αίμα κατευθύνεται προς το μεταλλάκτη, χρωματίζεται κόκκινο, ενώ αν απομακρύνεται, κυανό.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα για την απεικόνιση της καρδιάς αλλά και για την αξιολόγηση των καρωτίδων, των σπονδυλικών αρτηριών και των περιφερικών αγγείων. Ευρεία εφαρμογή βρίσκει στη διερεύνηση οργάνων της κοιλιάς και την αναγνώριση κακοθειών.

10.8. Εφαρμογές των Υπερήχων

Οι υπέρηχοι έχουν σήμερα μεγάλη εφαρμογή στην απεικόνιση των περισσότερων οργάνων. Τα κυριότερα υπερηχογραφήματα που γίνονται σήμερα είναι:

- ◆ Υπερηχογράφημα ήπατος: γίνεται για την απεικόνιση του ηπατικού παρεγχύματος και την ανάδειξη όγκων, κύστεων, αποστημάτων και εκφυλιστικών αλλοιώσεων.



Εικ. 10.12.: Υπερηχογράφημα ήπατος (αριστερά), χοληδόχου κύστης (δεξιά).

- ◆ Υπερηχογράφημα χοληφόρων: απεικονίζονται τα χοληφόρα αγγεία (ενδοηπατικά-εξωηπατικά) και η χοληδόχος κύστη, και αναδεικνύονται λίθοι, όγκοι, φλεγμονές και διατάσεις του χοληφόρου δέντρου .

- ◆ Υπερηχογράφημα παγκρέατος για την ανάδειξη όγκων ή κύστεων.

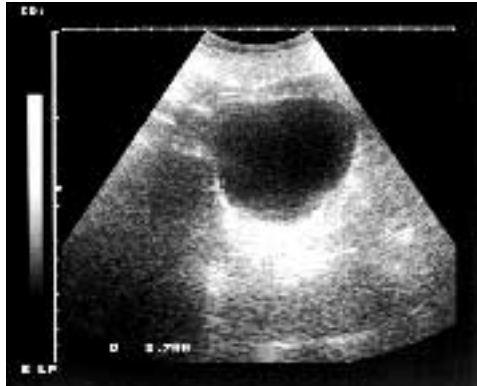
- ◆ Υπερηχογράφημα σπλήνα, για τον προσδιορισμό του μεγέθους του οργάνου και την ανάδειξη αιματώματος, απόφραξης της σπληνικής αρτηρίας, ρήξης σπλήνα, κύστεων και συγγενών ανωμαλιών.

- ◆ Υπερηχογράφημα νεφρών – επινεφριδίων, για τη διαπίστωση του μεγέθους τους και την ανάδειξη λίθων, όγκων, αποστημάτων και κύστεων.

- ◆ Υπερηχογράφημα θυρεοειδή αδένα, για την απεικόνιση της υφής του οργάνου και την ανάδειξη όζων ή όγκων.

- ◆ Υπερηχογραφήματα μαστών, όσχεου, ιγνυακής χώρας, ώμων.

- ◆ Υπερηχογράφημα προστάτη-ουροδόχου κύστης.



Εικ. 10.13.: Υπερηχογράφημα ουροδόχου κύστης.

◆ Υπερηχογράφημα μήτρας και εξαρτημάτων για τον έλεγχο της μήτρας (ινομύωματα, όγκοι), των σαλπίγγων και των ωθηκών (κύστεις, όγκοι).

◆ Υπερηχογράφημα κύησης για τον έλεγχο της φυσιολογικής ανάπτυξης του εμβρύου, του αριθμού των κυημάτων, του πλακούντα και του αμνιακού υγρού, της καρδιακής λειτουργίας του εμβρύου και για την ανάδειξη εξωμήτριου κυήσεως και συγγενών ανωμαλιών στο έμβρυο.



Εικ. 10.14.: Υπερηχογράφημα κύησης (10η εβδομάδα)

◆ Διορθικό υπερηχογράφημα για την καλύτερη διερεύνηση του προστάτη, διακολπικό για τα έσω γεννητικά όργανα της γυναίκας και διοισοφάγειο για την ευκρινέστερη απεικόνιση της καρδιάς. Οι εξετάσεις αυτές αναδεικνύουν εσωτερικά όργανα και γίνονται με τη χρήση ειδικών κεφαλών, που έχουν μικρές διαστάσεις.

◆ Παρακεντήσεις οργάνων: η παρακέντηση γίνεται με ειδική βελόνα, που με τη βοήθεια των υπερήχων οδηγείται στην υπό εξέταση περιοχή, με σκοπό τη λήψη τεμαχίου για βιοψία ή την αναρρόφηση υγρού (κύστεων, πλευριτικού υγρού, αμνιακού υγρού).

10.9. Βιολογικές επιδράσεις

Ο βιολογικές επιδράσεις των υπερήχων στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος δεν είναι απόλυτα γνωστές και οι απόψεις διαφέρουν.

Η αμερικανική επιτροπή βιολογικών επιδράσεων των υπερήχων (AIUM), αξιολογώντας τις διάφορες δημοσιεύσεις γύρω από τους κινδύνους από τη χρήση υπερήχων, έχει δημοσιεύσει την παρακάτω ανακοίνωση.

«στις χαμηλές εντάσεις¹ δεν έχουν επιβεβαιωθεί σημαντικές βιολογικές επιπτώσεις σε ιστούς που εκτέθηκαν σε εντάσεις κάτω από 100 mW/cm². Επιπλέον, για χρόνους έκθεσης από 1- 500 sec, επιπτώσεις δεν έχουν παρατηρηθεί ακόμα και σε μεγαλύτερες εντάσεις, όταν το γινόμενο της έντασης επί το χρόνο έκθεσης είναι μικρότερο από 50 joules/cm²»

Οι εντάσεις και οι χρόνοι έκθεσης στους οποίους αναφέρεται η ανακοίνωση, είναι αυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα στην διαγνωστική υπερηχοτομογραφία.

Έχουν όμως παρατηρηθεί ανεπιθύμητες ενέργειες σε μεγαλύτερες εντάσεις από αυτές που ορίζει η AIUM. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Παραγωγή θερμότητας στους ιστούς.
- Ρήξη ιστών λόγω αυξημένης μηχανικής ταλάντωσής τους.
- Δημιουργία φυσαλίδων στους ιστούς ή αύξηση του μεγέθους τους (cavitation).
- Γέννηση ελλιποβαρών² βρεφών από γυναίκες που υποβλήθηκαν σε πληθώρα υπερηχογραφήματων.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η χρήση των υπερήχων για διαγνωστικούς σκοπούς δεν συνεπάγεται σημαντικούς κινδύνους. Παρ' όλα αυτά όμως, η χρήση της μεθόδου πρέπει:

- να γίνεται μόνο εφόσον κρίνεται απαραίτητη,
- να έχει τη μικρότερη δυνατή διάρκεια,
- η δέσμη των υπερήχων να έχει τη λιγότερη δυνατή ένταση.

¹Ένταση ηχητικής δέσμης ονομάζεται η ενέργειά της ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού διάδοσης στη μονάδα του χρόνου και μετριέται σε mW/cm².

²Μειωμένου βάρους

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υπέρηχοι είναι ακουστικά κύματα με συχνότητες μεγαλύτερες από 20000 Hz. Η παραγωγή και η ανίχνευσή τους γίνεται στους μεταλλάκτες και βασίζεται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Η δέσμη των υπερήχων που παράγεται με βάση το φαινόμενο αυτό, αλληλεπιδρά στη συνέχεια με τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος και κατά την αλληλεπίδραση αυτή παρατηρούνται διάφορα φαινόμενα (ανάκλαση-διάθλαση-απορρόφηση).

Η απεικόνιση των ανατομικών δομών βασίζεται στο φαινόμενο της ανάκλασης. Το ποσοστό της ενέργειας που ανακλάται επιστρέφει στο μεταλλάκτη, όπου γίνεται η ανίχνευσή του, ενώ το υπόλοιπο εξασθενεί, καθώς συνεχίζει να μεταδίδεται μέσα στους ιστούς.

Τα βασικά μέρη ενός υπερηχογράφου είναι: ο παλμοδότης, η κεφαλή με το μεταλλάκτη, ο επεξεργαστής, η οθόνη, το πληκτρολόγιο, η εξεταστική τράπεζα και το σύστημα καταγραφής της εικόνας. Όταν οι ανακλώμενοι υπέρηχοι επιστρέψουν στο μεταλλάκτη, μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα. Κάθε τέτοιο σήμα απεικονίζεται στην οθόνη σαν φωτεινή κηλίδα, η ένταση της οποίας είναι ανάλογη με την ένταση της ανακλώμενης δέσμης.

Η υπερηχογραφία διακρίνεται σε στατική και δυναμική, ενώ σήμερα εφαρμόζονται και οι τεχνικές doppler και triplex. Οι βιολογικές επιδράσεις των υπερήχων δεν είναι απόλυτα γνωστές, αλλά σύμφωνα με τις διάφορες δημοσιεύσεις, δεν έχουν επιβεβαιωθεί σημαντικές βιολογικές επιπτώσεις στις χαμηλές εντάσεις και τους μικρούς χρόνους έκθεσης σε υπερήχους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

A. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι είναι το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο;
2. Ποια είναι τα βασικά μέρη ενός υπερηχογράφου;
3. Σε ποιο φαινόμενο βασίζεται η απεικόνιση των ανατομικών δομών στην υπερηχογραφία;
4. Με ποια φαινόμενα γίνεται η εξασθένηση της δέσμης των υπερήχων και από τι εξαρτάται;
5. Από τι αποτελείται η κεφαλή των υπερήχων;
6. Τι είναι η τεχνική doppler και πού χρησιμοποιείται;
7. Ποιες είναι οι ανεπιθύμητες ενέργειες των υπερήχων;

B. Αντιστοιχίστε τις 2 στήλες:

Υπερηχική περιοχή	δεν προκαλεί ανάκλαση
Άνηχη περιοχή	προκαλεί σημαντική ανάκλαση
Υποηχική περιοχή	δεν προκαλεί σημαντική ανάκλαση

Γ. Επιλέξτε τη σωστή απάντηση

1. Οι υπέρηχοι είναι:
Α) Οπτικά κύματα
Β) Ακουστικά κύματα με συχνότητες $> 20000 \text{ Hz}$
Γ) Ακουστικά κύματα με συχνότητες $< 20000 \text{ Hz}$
Δ) Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
2. Κατά το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο γίνεται:
Α) Μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική
Β) Μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική και αντίστροφα
Γ) Μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε ορατό φως
Δ) Μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ορατό φως
3. Ο μεταλλάκτης είναι υπεύθυνος:
Α) Για την παραγωγή των υπερήχων

- Β) Για την ανίχνευση των υπερήχων
- Γ) Για την παραγωγή και την ανίχνευση των υπερήχων
- Δ) Για τη μετάδοση των υπερήχων

4. Η παραγωγή των υπερήχων βασίζεται:

- Α) Στο φαινόμενο της ανάκλασης
- Β) Στο φαινόμενο της διάθλασης
- Γ) Στο φαινόμενο της απορρόφησης
- Δ) Σε κανένα από τα παραπάνω

5. Το φαινόμενο που προσπαθούμε να αποφύγουμε με τη χρήση ζελέ είναι:

- Α) Της ανάκλασης
- Β) Της ολικής ανάκλασης
- Γ) Της απορρόφησης
- Δ) Της διάθλασης

6. Η ακουστική σκιά εμφανίζεται:

- Α) Όταν γίνεται ολική ανάκλαση της δέσμης των υπερήχων
- Β) Πίσω από το ήπαρ
- Γ) Πίσω από το νεφρό
- Δ) Όταν δεν γίνεται ανάκλαση