ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Εισαγωγή:

Η περιοχική αναισθησία θεωρούνταν για πολλά χρόνια μια «τέχνη» και η επιτυχία των τεχνικών που αυτή περιέχει ήταν στα χέρια λίγων χαρισματικών ατόμων. Η είσοδος της νευροδιέγερσης ήταν το πρώτο βήμα ώστε η περιοχική αναισθησία να περάσει στον κόσμο της «επιστήμης». Ωστόσο ακόμα και η νευροδιέγερση έχει τους περιορισμούς της. Η τεχνική αυτή βασίζεται στην φυσιολογική ανταπόκριση των νευρικών δομών στην διέγερση από το ηλεκτρικό ρεύμα. Παρουσιάζονται όμως πολύ συχνά διαφορές ανάμεσα στους ανθρώπους και την ανταπόκριση των νεύρων στην διέγερση. Επιπλέον άλλα στοιχεία όπως ασθένειες, υγρά του σώματος (π.χ. αίμα), παράγοντες φλεγμονής, μπορούν σημαντικά να επηρεάσουν την τεχνική της νευροδιέγερσης.
Ίσως η πιο σημαντική πρόοδος που η τεχνολογία προσέφερε στην περιοχική αναισθησία, είναι η είσοδος των υπερήχων. Είναι η πρώτη φορά που μπορούμε να δούμε τις ανατομικές δομές και σε πραγματικό χρόνο να παρακολουθήσουμε την πορεία ενός αποκλεισμού, την έγχυση του τοπικού αναισθητικού και την τοποθέτηση των καθετήρων.
Είναι σημαντικό ότι έχουμε πλέον στην διάθεσή μας μια τεχνική που μπορεί να δώσει εικόνα των νεύρων σε σχέση με το περιβάλλον τους και όπως μυικές δομές ή τένοντες, αλλά και σε σχέση με δομές μεγάλης σημασίας όπως αγγεία, περιτόναιο, υπεζοκώτας. Έτσι μπορεί κανείς να πραγματοποιήσει έναν αποκλεισμό με μεγαλύτερη ασφάλεια.
Δυστυχώς ακόμα και η χρήση των υπερήχων δεν είναι δίχως επιπλοκές και 100% επιτυχία. Η καμπύλη εκμάθησης είναι μεγάλη και επιπλέον η ερμηνεία των εικόνων είναι υποκειμενική. Παρότι έχουν περάσει σχεδόν 20 χρόνια από την είσοδό τους στην αναισθησιολογία, ακόμη δεν υπάρχει πιστοποίηση της χρήσης τους.
Σύντομα όμως οι μεγάλες αναισθησιολογικές εταιρείες σκοπεύουν να αναπτύξουν μια τέτοια πιστοποίηση.
Μπορούμε να πούμε με ασφάλεια ότι πλέον η περιοχική αναισθησία θα είναι μια επιστήμη (επίσταμαι= γνωρίζω καλά) και όχι τέχνη.
Πρέπει πάντα όμως να θυμόμαστε πως οι υπέρηχοι βασίζονται στο πιο παλιό μάθημα της ιατρικής δηλαδή την ανατομία. Ακόμα και σήμερα τα λόγια του Labat, του πατέρα της περιοχικής αναισθησίας, έχουν την ίδια αξία: «Η ανατομία είναι τα θεμέλια πάνω στα οποία στηρίζεται η περιοχική αναισθησία. Όποιος θέλει να ασχοληθεί με την περιοχική αναισθησία πρέπει να είναι ένας μελετητής της ανατομίας».

Βασική φυσική υπερήχων και τεχνολογία
Η τεχνολογία των υπερήχων βασίζεται στην αναγνώριση του ήχου καθώς αυτός διασχίζει το σώμα. Τα τυπικά ραδιοκύματα που χρησιμοποιούνται στην υπερηχογραφία έχουν συχνότητες μεταξύ 2 και 15 MHz. Ωστόσο σήμερα υπάρχει διαθέσιμη τεχνολογία που υποστηρίζει και συχνότητες στα 20MHz. Όσο μεγαλύτερη η συχνότητα, τόσο μικρότερο είναι το βάθος που ο ήχος διεισδύει στο σώμα αλλά και τόσο μεγαλύτερη η ανάλυση που το μηχάνημα υπερήχων μπορεί να μας δώσει.
Τα ραδιοκύματα διασχίζουν το σώμα και ανάλογα με τον ιστό που συναντούν αντανακλώνται και ανιχνεύονται από το μηχάνημα των υπερήχων. Σε γενικές γραμμές τα υγρά επιτρέπουν την πλήρη διέλευση των ηχητικών σημάτων ενώ όσο μικρότερο είναι το περιεχόμενο σε νερό (π.χ. τα οστά) τόσο μικρότερη έως ανύπαρκτη είναι η απορρόφηση των υπερήχων άρα και μεγαλύτερη είναι η αντανάκλαση.

Το τυπικό μηχάνημα υπερήχων περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

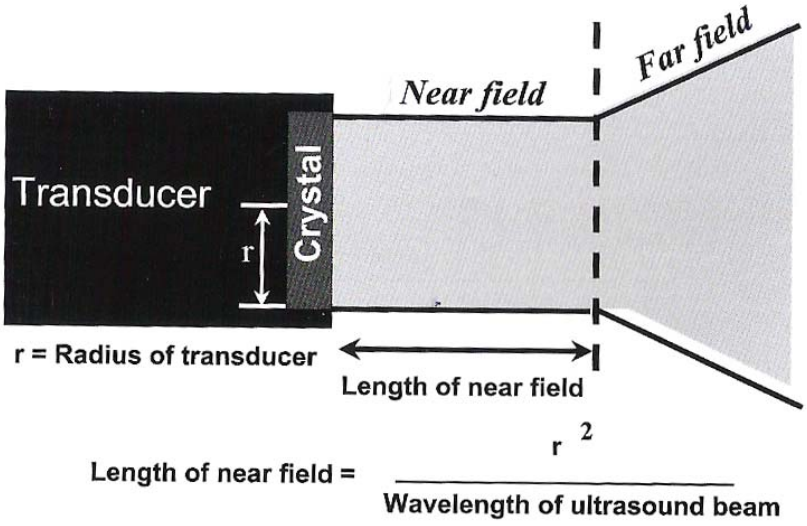
- Έναν πομπό ο οποίος μεταφέρει την ενέργεια στον ηχοβολέα (probe) και μέσω του τελευταίου μετατρέπεται σε κύματα υπερήχων
- Έναν ηχοβολέα (probe) ο οποίος μετατρέπει την ενέργεια σε ηχητικά κύματα τα οποία μεταφέρονται στο μέσο (ανθρώπινο σώμα εν προκειμένω) και κατά την αντανάκλαση τους γίνονται αντιληπτά από τον ηχοβολέα και μεταφράζονται σε ηλεκτρικά σήματα
- Τα ηλεκτρικά σήματα που αναφέρθηκαν πριν μεταφράζονται σε έναν δέκτη υπερήχων και τελικά παρουσιάζονται ως εικόνα στην οθόνη του μηχανήματος υπερήχων.
- Η οθόνη παρουσιάζει τις εικόνες σε αποχρώσεις του γκρι τους διάφορους ιστούς.

Βασικά χαρακτηριστικά των υπερήχων

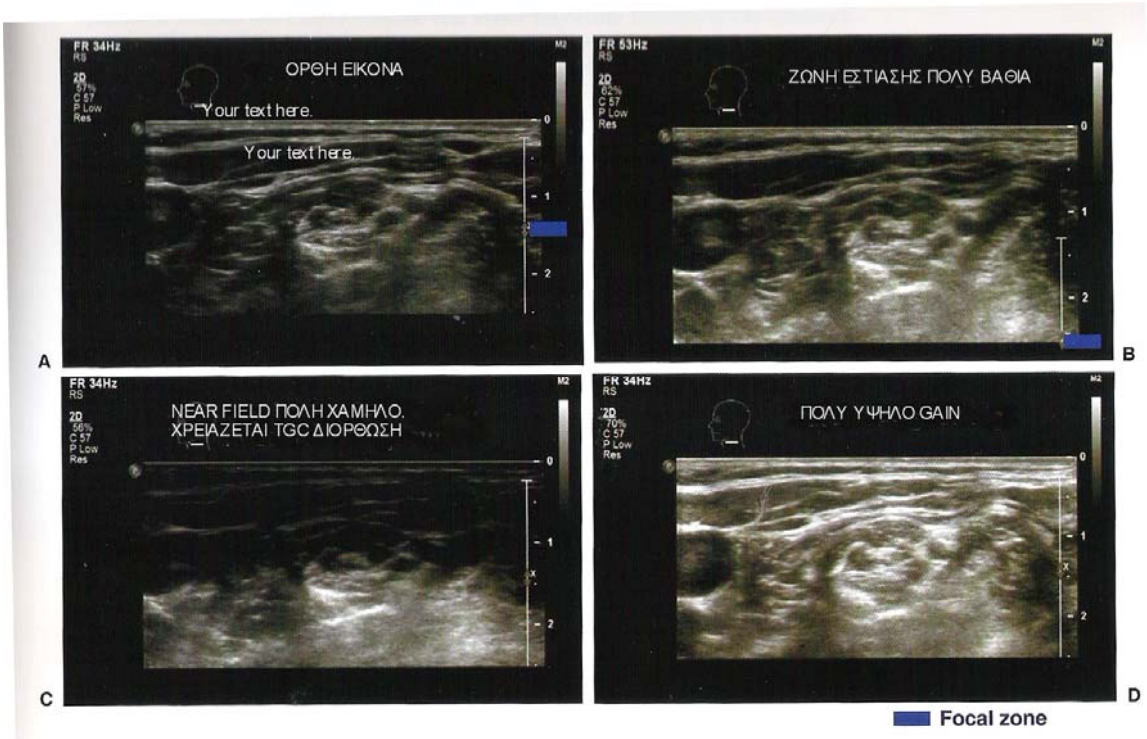
- ⊡ Η τεχνολογία των υπερήχων βασίζεται στην αντανάκλαση του ήχου στις διάφορες δομές του σώματος.
- ⊡ Τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν μέσω των δομών παράγοντας την αντήχηση τους
- ⊡ Συνεπώς η εικόνα που εμφανίζεται είναι ανάλογη της αντίστασης που τα κύματα συναντούν κατά την διαδρομή τους

Πρακτικά χαρακτηριστικά των κυμάτων εμφανίζονται παρακάτω:

- Συχνότητα (σε Hz). Όπως ειπώθηκε οι υψηλές συχνότητες επιτρέπουν την καλύτερη ανάλυση αλλά δεν μπορούν να απεικονίσουν μεγάλα βάθη. Από την άλλη οι μικρές συχνότητες μπορούν να απεικονίσουν μεγάλα βάθη αλλά δεν παρέχουν καλή ανάλυση.
- Μήκος κύματος (σε mm). Μήκος ενός κύκλου σε μία κατεύθυνση της διάδοσης του κύματος.
- Ταχύτητα (σε m/s). Διαφορετικές πυκνότητες ιστών παρουσιάζουν και διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης του κύματος.
- Περίοδος (σε sec). Ο χρόνος που χρειάζεται για έναν πλήρη κύκλο ενός κύματος.
- Εύρος. Καθορίζει την ισχύ ενός κύματος και υπολογίζεται από την τετραγωνική ρίζα της ενέργειας του κύματος. Πρακτικά στο μηχάνημα των υπερήχων το εύρος αντιστοιχίζεται με τη λειτουργία gain που βελτιώνει την εικόνα ενισχύοντας ασθενή κύματα.
- Αποδυνάμωση: Καθώς το ηχητικό κύμα διασχίζει τους ιστούς μειώνεται η ισχύ του. Το μηχάνημα υπερήχων μέσο της λειτουργίας time gain compensation μπορεί να εξομαλύνει το παραπάνω φαινόμενο.
- Πεδίο: Τα χαρακτηριστικά της μετάδοσης του ήχου περιγράφονται στην παρακάτω εικόνα

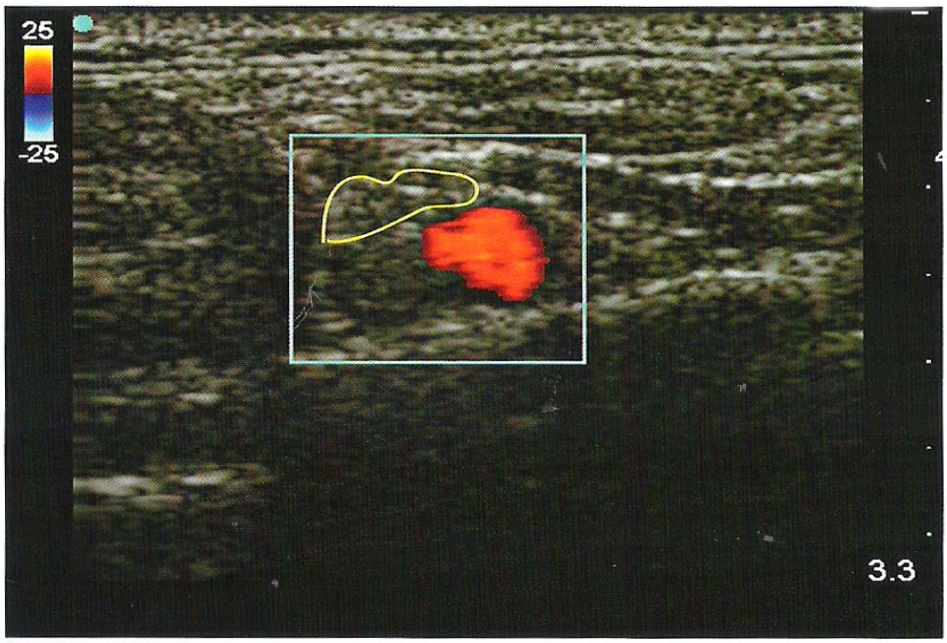


- Στην παραπάνω εικόνα διαγράφεται η πορεία του ήχου στο εγγύς πεδίο (Freznel Region) και στο απομακρυσμένο πεδίο (Frraunhofer Region).
- Αντανάκλαση: Κάθε επιφάνεια παρουσιάζει τη δική της εμπέδηση. Τα υγρά επιτρέπουν άριστη μετάδοση του ήχου με αποτέλεσμα η εικόνα να εμφανίζεται ως μαύρη. Αντίθετα άλλοι ιστοί επιτρέπουν λιγότερο ή περισσότερο τη διάδοση ήχου δημιουργώντας ομογενείς ή ετερογενείς εικόνες.



Το φαινόμενο Doppler

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ηχοβολέας μπορεί να ανιχνεύσει τις συχνότητες από τα αντανακλαστικά κύματα και να τις συγκρίνει με αυτά που εκπέμπει. Στα αιμοφόρα αγγεία η συχνότητα μικραίνει καθώς το αίμα φεύγει μακριά από τον ανιχνευτή και μεγαλώνει καθώς έρχεται προς τον ανιχνευτή. Εδώ θα παρατηρήσουμε το γνωστό μπλέ και κόκκινο χρώμα το οποίο πολλές φορές λανθασμένα μεταφράζεται ως φλεβικό και αρτηριακό αίμα αντίστοιχα. Στην πραγματικότητα δεν έχει καμία σχέση αν το αίμα είναι αρτηριακό ή φλεβικό αλλά μόνο προς πια κατεύθυνση πηγαίνει, δηλαδή όπως προαναφέρθηκε αν το αίμα πλησιάζει την πηγή των υπερήχων εμφανίζεται ως κόκκινο και αν απομακρύνεται ως μπλέ. Η αναγνώριση των αγγείων είναι μεγάλης σημασίας για τους νευρομυϊκούς αποκλεισμούς αφού έτσι μπορούμε να αποφύγουμε κρίσιμες δομές και τυχόν ενδαγγειακή έγχυση τοπικού αναισθητικού.



Παράσιτα:

Η σημασία της ανισοτροπίας και του ακουστικού παραθύρου. Τα παράσιτα είναι ψευδείς εικόνες χωρίς ανατομική σημασία οι οποίες προέρχονται είτε από τις μικρές δυνατότητες του μηχανήματος είτε από το χρήστη. Το πιο χαρακτηριστικό παράσιτο είναι η ανισοτροπία κάτω από την οποία δεν έχουμε αντανάκλαση η οποία μπορεί να συμβεί εξαιτίας του γεγονότος ότι η ακτίνα μας δεν προσπίπτει κάθετα στο αντικείμενο που θέλουμε να αναγνωρίσουμε. Είναι πολύ χαρακτηριστικό για τους τένοντες όπου λόγω το ότι είναι γραμμικοί μπορούν εύκολα να θεωρηθούν είτε ως νεύρα είτε να διακρίνουμε σε αυτούς παθολογική μορφολογία. Με τις κεφαλές τύπου convex εξαιτίας της κατασκευής τους το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο. Το ακουστικό παράθυρο από την άλλη είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δομές οι οποίες δεν επιτρέπουν τη διέλευση των υπερήχων όπως για παράδειγμα τα οστά μας εμποδίζουν να δούμε τους υποκείμενους ιστούς.

Απεικόνιση ιστών σώματος

Πριν ξεκινήσουμε την περιγραφή για το πώς απεικονίζεται ένας ιστός θα πρέπει να ξεχωρίσουμε τον μακρύ και τον κοντό άξονα. Ο μακρύς άξονας είναι αυτός κατά τον οποίον μία δομή εμφανίζεται κατά το μήκος της. Αντίθετα ο κοντός άξονας ουσιαστικά είναι η απεικόνιση της εγκάρσιας διατομής της δομής. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω οι ανατομικοί σχηματισμοί εμφανίζονται ως εξής:

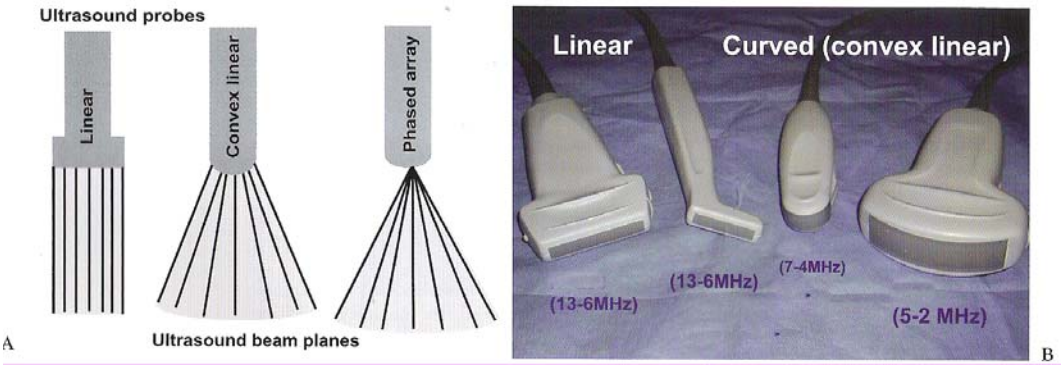
- Νεύρα: Έχουν τη μορφή δεσμίδων. Κατά τον μακρύ άξονα εμφανίζονται ως λευκές σωληνώδεις δομές ανάμεσα σε διασκορπισμένες λευκές ίνες. Κατά τον κοντό άξονα εμφανίζονται ως ελλειπτικές μαύρες ίνες μέσα σε ένα ομογενές λευκό περιβάλλον.
- Τένοντες: Έχουν τη μορφή ινών οι οποίες κατά το μακρύ άξονα εμφανίζονται ως μακριές ταινίες οι οποίες διαχωρίζονται από μαύρες γραμμές. Στον κοντό άξονα εμφανίζονται ως λευκές και μαύρες εποικισμένες περιοχές δίχως όμως να έχουν τη μορφή δεσμίδων.
- Μύες: Κατά το μακρύ άξονα έχουν τη μορφή φτερών ενώ κατά τον κοντό άξονα έχουν τη μορφή «έναστρης νύκτας» και γενικά είναι πιο σκούροι από τα νεύρα ή τους τένοντες.
- Οστά: Γραμμικές λευκές πυκνές δομές με μαύρη αντήχηση.
- Αγγεία: Πάντα σκούρα ή μαύρα και σε γενικές γραμμές οι αρτηρίες είναι πιο σκούρες από τις φλέβες.
- Λίπος: Γενικά σκούρο.
- Περιτονίες: Λευκές με σαφή όρια.
- Υπεζοκώτας και αέρας: Ο υπεζοκώτας εμφανίζεται λευκός με είτε μαύρη γεμάτη υγρό κοιλότητα είτε με διάχυτο λευκό αέρα.

Μηχάνημα υπερήχων

Τα μηχανήματα υπερήχων που χρησιμοποιούνται στην αναισθησιολογία είναι κατά κανόνα φορητά, έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρονται εύκολα από αίθουσα σε αίθουσα και να βρίσκονται κοντά στον ασθενή.

Ανάλογα με το κόστος τους δεν υστερούν ιδιαίτερα σε σχέση με ένα μέσο μηχάνημα μη φορητό. Μοιράζονται τις ίδιες κεφαλές (ηχοβολείς) με τα μεγαλύτερα μηχανήματα και έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με εκτυπωτές και αποθηκευτικά μέσα. Οι ηχοβολείς χωρίζονται σε τρείς κατηγορίες. Η πρώτη είναι οι linear. Οι linear κεφαλές είναι μεγάλων συχνοτήτων και επιτρέπουν την καλή απεικόνιση των επιφανειακών δομών αλλά δεν είναι σε θέση να εισέλθουν βαθιά στο σώμα. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι convex κεφαλές οι οποίες είναι

χαμηλών συχνοτήτων, εμφανίζουν βαθύτερες δομές αλλά δεν έχουν καλή διακριτικότητα. Η τρίτη κατηγορία είναι οι phased array οι οποίες είναι καρδιολογικές κεφαλές και διακρανιακές.



Συνήθως μας ενδιαφέρουν οι πρώτες δύο. Μία άλλη διάκριση των φορητών μηχανημάτων υπερήχων είναι τα πλήρως αυτοματοποιημένα με αυτά που επιτρέπουν στον χρήστη να βάλει τις δικές του ρυθμίσεις. Τα μεν πρώτα ίσως είναι καλύτερα για ένα αναισθησιολογικό τμήμα όπου μπορούν πολλοί χρήστες να τα δουλεύουν ενώ τα δεύτερα απευθύνονται μάλλον για προσωπική χρήση. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η ερμηνεία και η εμφάνιση των δομών δυστυχώς παραμένει ακόμα υποκειμενική.