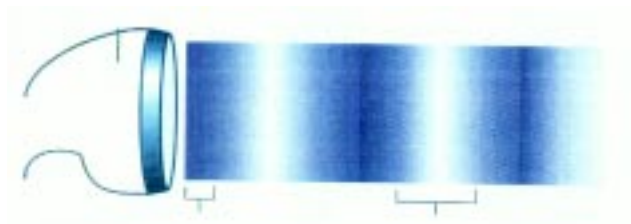


### Α.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### **9.Α.1. Τι είναι τα υπέρηχα;**

Τα υπέρηχα είναι ηχητικά κύματα μεγάλης συχνότητας, που χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς ή διαγνωστικούς σκοπούς. Έχουν την ιδιότητα να μεταδίδουν ενέργεια στο υλικό απ' το οποίο διέρχονται με εναλλακτική συμπίεση και αραίωση του υλικού (ΕΙΚ. 9.1.).



*Εικόνα 9.1 Εναλλακτική συμπίεση και αραίωση των υπερηχητικών κυμάτων*

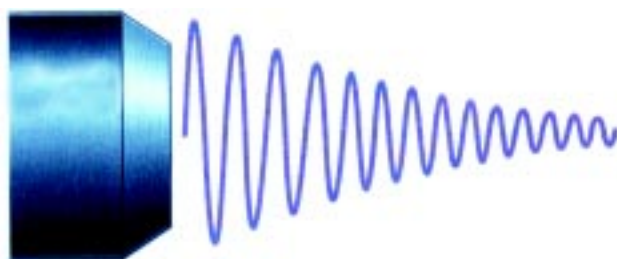
Η συχνότητα των υπερήχων είναι μεγαλύτερη των 20.000 κύκλων ανά sec. Το ανθρώπινο αυτί μπορεί ν' ακούσει ήχους με συχνότητα 16.000 – 20.000 Hz. Άρα οι υπέρηχοι δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτοί απ' τον άνθρωπο. Ο υπέρηχος που χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς σκοπούς έχει συχνότητα 0,7 – 3,3 MHz και η μέγιστή του απορρόφηση γίνεται σε βάθος 2 – 5 εκ. από την επιφάνεια του δέρματος.

#### **9.Α.2. Πως δημιουργείται ένα υπερηχητικό κύμα ;**

Οι συσκευές των υπερήχων αποτελούνται από μια πηγή εναλασσόμενου ρεύματος υψηλής συχνότητας και από την κεφαλή. Μέσα στην κεφαλή περιέχεται ένας κρύσταλλος ο οποίος αποτελείται από χαλαζία ή τιτανικό βάριο. Τα δύο αυτά υλικά παρουσιάζουν πιεζοηλεκτρική ικανότητα, το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να γίνουν αλλαγές στο σχήμα τους, όταν τα διαπεράσει ηλεκτρικό ρεύμα.

Έτσι παρατηρείται μία συμπίεση - αρραίωση των μορίων του κρυστάλλου, με την ίδια συχνότητα με την οποία το ρεύμα αλλάζει πολικότητα. Αυτές οι τάσεις του κρυστάλλου μεταδίδονται στο υλικό που βρίσκεται μπροστά από αυτόν και έτσι δημιουργείται το υπερηχητικό κύμα.

Ειδικότερα, το υπερηχητικό κύμα προκαλεί μια μικρή κυκλική κίνηση στο υλικό μέσα στο οποίο μεταδίδεται. Η ένταση όμως του κύματος μειώνεται, καθώς αυτό απομακρύνεται απ' την πηγή εκπομπής του, λόγω της αραιώσης που υφίσταται. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τα ηχητικά κύματα (π.χ. η απόσταση απ' τον συνομιλητή μας είναι αυτή που καθορίζει την ένταση της φωνής του) (ΕΙΚ. 9.2.).



ΕΙΚΟΝΑ 9.2. Μετάδοση του υπερηχητικού κύματος από την κεφαλή του υπερήχου

### 9.Α.3. Παράγοντες που καθορίζουν τη μετάδοση των υπερήχων στους ιστούς.

Οι φυσικοί παράγοντες που καθορίζουν τη μετάδοση των υπερήχων στους ιστούς είναι οι εξής :

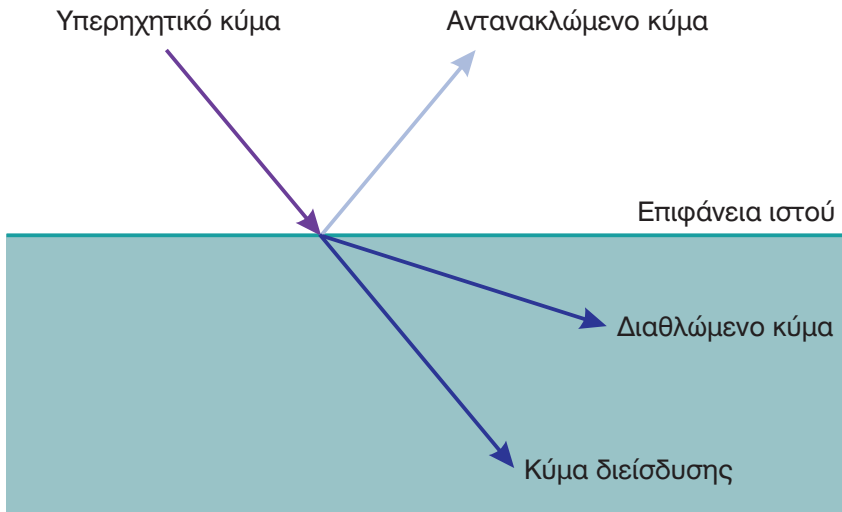
- α) **Απορροφητικότητα** : Με τον όρο αυτόν εννοούμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας του υπερήχου σε θερμότητα μέσα στους ιστούς. Το ποσό του υπερηχητικού κύματος που απορροφάται από έναν ιστό, καθορίζεται από τον συντελεστή απορρόφησης. Οι συντελεστές αυτοί είναι υψηλοί όταν ο ιστός περιέχει μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών και μικρή ποσότητα νερού. Πιο συγκεκριμένα, ο οστίτης ιστός απορροφά τη μεγαλύτερη ποσότητα ενώ ο λιπώδης ιστός τη μικρότερη. Ο μυϊκός ιστός απορροφά τη διπλάσια ποσότητα από τον λιπώδη, ενώ ο νευρικός ιστός συγκεντρώνει το 80% της ποσότητας που δέχεται ο οστίτης ιστός.
- β) **Διεισδυτικότητα** : Η απορροφητικότητα και η διεισδυτικότητα των υπερήχων, είναι παράγοντες αντιστρόφως ανάλογοι, δηλ. όσο πιο εύκολα διεισδύει το υπερηχητικό κύμα στους ιστούς τόσο πιο δύσκολα απορροφάται απ' αυτούς. Το κύμα διεισδύει πιο εύκολα στους ιστούς που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό και μικρή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Επομένως

παρατηρείται μεγάλη διείσδυση στο λιπώδη και στο μυϊκό ιστό και μεγάλη απορρόφηση στο νευρικό ιστό και στα οστά.

- γ) Αντανάκλαση:** Με τον όρο αυτό εννοούμε την αλλαγή κατεύθυνσης του κύματος προς την αντίθετη πλευρά, μετά την κάθετη πρόπτωσή του πάνω στον ιστό. Το μεγαλύτερη ποσό αντανάκλασης (35%) εμφανίζει ο οστίτης ιστός και οι εσωτερικές επιφάνειες κάποιων μαλακών μορίων. Τα αντανακλώμενα κύματα συγκεντρώνονται και απορροφούνται από τα παρακείμενα μαλακά μόρια του οστού π.χ. το χόνδρο, τα περιφερικά νεύρα, το περιόστεο.

Στην ατμόσφαιρα έχουμε 100% αντανάκλαση του υπέρηχου γι' αυτό και πρέπει να χρησιμοποιείται το κατάλληλο διάμεσο υλικό μεταξύ κεφαλής της συσκευής και του σημείου που το εφαρμόζουμε. Διαφορετικά το κύμα θα αντανακλάται και θα διαχέεται στην ατμόσφαιρα.

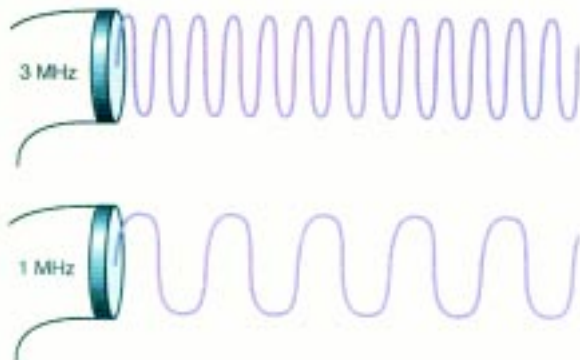
- δ) Διάθλαση:** Με τον όρο αυτό εννοούμε την αλλαγή κατεύθυνσης του υπερηχητικού κύματος καθώς αυτό διεισδύει και απορροφάται από τον ιστό. Δηλ. η γωνία πρόπτωσης είναι διαφορετική απ' τη γωνία διείσδυσης. Η διάθλαση γίνεται συνήθως στο σημείο ένωσης του τένοντα του σκελετικού μυ με το οστό. Με το παρακάτω σχήμα γίνεται πιο εύκολα κατανοητό το πως διαθλάται και αντανακλάται ένα υπερηχητικό κύμα (ΕΙΚ. 9.3.).



(ΕΙΚΟΝΑ 9.3. Αντανάκλαση και διάθλαση υπέρηχου)

- ε) Συχνότητα:** Αναφέραμε προηγουμένως ότι οι υπέρηχοι που χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς έχουν συχνότητα 0,7 - 3,3 MHz. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η συχνότητα, τόσο μικρότερη είναι η διεισδυτική τους ικα-

νότητα. Έτσι όταν το υπερηχητικό κύμα έχει συχνότητα 3MHz, μπορεί να φθάσει σε βάθος 2 εκ. ενώ εάν έχει συχνότητα 1 MHz μπορεί να διεισδύσει και να απορροφηθεί σε βάθος 5 εκ. δηλ. οι παράγοντες συχνότητα και διεισδυτικότητα είναι αντιστρόφως ανάλογοι (ΕΙΚ. 9.4.).



ΕΙΚΟΝΑ 9.4. Υπερηχητικά κύματα 1 και 3 MHz

#### **9.Α.4. Θεραπευτικά αποτελέσματα υπερήχων**

Οι υπέρηχοι έχουν την ικανότητα να εμφανίζουν θερμικά και μη θερμικά αποτελέσματα.

##### **α. Θερμικά αποτελέσματα εφαρμογής των υπερήχων**

Οι υπέρηχοι είναι ένα θερμικό μέσο που μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία των εν τω βάθει ιστών.

Ειδικότερα αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί:

- α) επιτάχυνση του μεταβολικού ρυθμού,
- β) μείωση του πόνου και του μυϊκού σπασμού,
- γ) αλλαγές στην ταχύτητα της νευρικής αγωγιμότητας,
- δ) αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος και υπεραιμία και
- ε) αύξηση της εκτατικότητας των μαλακών ιστών.

Σε σχέση με τα επιφανειακά θερμοθεραπευτικά μέσα, ο υπέρηχος έχει την ιδιότητα να φθάνει πιο βαθιά και να θερμαίνει μικρότερες περιοχές. Δηλαδή έχει πολύ καλή εφαρμογή **στους τένοντες, συνδέσμους, αρθρικούς θυλάκους και στις περιτονίες**. Αυτοί είναι και οι ιστοί που έχουν μεγάλο συντελεστή απορρόφησης λόγω της περιεκτικότητάς τους σε κολλαγόνο. Αντίθετα στους ιστούς που έχουν μικρό συντελεστή απορρόφησης (λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού), όπως είναι

ο λιπώδης ιστός και ο μυϊκός, ο υπέρηχος δεν έχει ικανοποιητικά θερμικά αποτελέσματα.

**Ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών;**

Η αύξηση της θερμοκρασίας που θα προκαλέσει ο υπέρηχος εξαρτάται από:

- α) το είδος του ιστού που τον εφαρμόζουμε,
- β) τη συχνότητα του υπερηχητικού κύματος,
- γ) την ένταση του υπερήχου (μετριέται σε  $\text{Watt/cm}^2$ ) και
- δ) τη διάρκεια εφαρμογής.

Ο βαθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι ανάλογος με τον συντελεστή απορρόφησης του ιστού στη συγκεκριμένη συχνότητα. Αυτός ο συντελεστής αυξάνεται ανάλογα με την συχνότητα του υπερήχου και την περιεκτικότητα του ιστού σε κολλαγόνο. Έτσι, επιτυγχάνονται υψηλότερες θερμοκρασίες όταν στον ιστό υπάρχει αρκετή ποσότητα κολλαγόνου ή όταν η συχνότητα του υπερήχου είναι μεγάλη.

Επίσης για να αυξήσουμε το ποσό της θερμότητας που απορροφάται απ' την περιοχή, μπορούμε είτε να αυξήσουμε τη διάρκεια της θεραπευτικής εφαρμογής είτε την ένταση του υπερηχητικού κύματος. Έτσι, όταν η συχνότητα του υπερήχου είναι 1 MHz μπορεί να θερμαίνει ιστούς που βρίσκονται σε βάθος 5 εκ., ενώ όταν είναι 3 MHz μπορεί να διεισδύσει σε βάθος 1 - 2 εκ. Παρατηρούμε ότι στη δεύτερη περίπτωση ενώ το βάθος διείσδυσης είναι μικρό, η θερμοκρασία αυξάνεται περισσότερο. Γι' αυτό και όταν η συχνότητα του υπερήχου είναι 3 MHz θα πρέπει η έντασή του να είναι πιο μικρή σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιούμε στον υπέρηχο με συχνότητα 1 MHz.

Κατά μέσο όρο έχει βρεθεί ότι έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας του μαλακού ιστού κατά 0,2 °C/ λεπτό όταν εφαρμόζουμε υπέρηχο με ένταση 1  $\text{Watt/cm}^2$  και συχνότητα 1 MHz. Το αίσθημα της “ζέσης” όμως που αισθάνεται ο ασθενής κατά τη διάρκεια της θεραπείας είναι αυτό που καθορίζει τη σωστή ένταση του υπερήχου. Αν η ένταση είναι πολύ μεγάλη το άτομο παραπονιέται για εν τω βάθει πόνο, απ' την υπερθέρμανση του περιόστεου. Τότε πρέπει να μειωθεί για να αποφύγουμε τον κίνδυνο του εγκαύματος. Αν η ένταση του υπερήχου είναι πολύ μικρή, ο ασθενής δε θα αισθανθεί καμία αύξηση της θερμοκρασίας.

**β. Μη θερμικά αποτελέσματα εφαρμογής των υπερήχων**

Οι υπέρηχοι εμφανίζουν αποτελέσματα σε βιολογικές διεργασίες του οργανισμού που δεν έχουν όμως σχέση με τα θερμικά τους αποτελέσματα.

Πιο συγκεκριμένα η χρήση του υπέρηχου προκαλεί:

- α)** αύξηση της ποσότητας του Ca που βρίσκεται μέσα στο κύτταρο,
- β)** αύξηση της κυτταρικής διαπερατότητας,

- γ) αύξηση στην απελευθέρωση της ισταμίνης,
- δ) βελτίωση της μακροφαγικής δραστηριότητας,
- ε) αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης από τους ινοβλάστες,
- στ) σωστή διεύθυνση των ινών του κολλαγόνου μετά από ένα τραυματισμό,
- ζ) σχηματισμό φυσαλίδων στις κοιλότητες του σώματος που περιέχουν υγρά π.χ. αρθρώσεις με οίδημα και
- η) “μικρο-μάλαξη” μέσω της συμπίεσης – αραιώσης του υπερηχητικού κύματος.

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται όταν η εφαρμογή του υπερήχου έχει τέτοια ένταση και συχνότητα που δεν είναι ικανή να παράγει θερμικά αποτελέσματα. Όλες αυτές οι κυτταρικές διεργασίες είναι απαραίτητες για την θεραπεία ενός τραυματισμένου ιστού, οπότε η εφαρμογή του υπερήχου παίζει σημαντικό ρόλο κατά την αποκατάσταση.

#### **9.Α.5. Ενδείξεις εφαρμογής των υπερήχων**

Τα θερμικά και μη θερμικά αποτελέσματα των υπερήχων συμβάλλουν καθοριστικά στη θεραπεία διάφορων παθολογικών καταστάσεων. Για τα θερμικά τους αποτελέσματα, χρησιμοποιούνται πριν τη διάταση των βραχυσμένων μυϊκών ινών και για τη μείωση του πόνου. Για τα μη θερμικά, χρησιμοποιούνται στην αύξηση της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης έτσι ώστε να επιταχυνθεί η επούλωση των ιστών. Πιο συγκεκριμένα οι υπέρηχοι εφαρμόζονται σε :

- 1) Μυϊκές θλάσεις και μυϊκή ίντιδα.
- 2) Μετατραυματική αρθρίτιδα και περιαρθρίτιδα ώμου.
- 3) Δερματικά έλκη.
- 4) Δερματικές χειρουργικές τομές.
- 5) Τραυματισμούς των τενόντων και συνδέσμων.
- 6) Σε κατάγματα οστών (χαμηλής έντασης υπέρηχα).
- 7) Οσφυαλγία και αυχενική σπονδυλοαρθροπάθεια.
- 8) Επικονδυλίτιδες.
- 9) Περιπτώσεις νευραπραξίας.

#### **9.Α.6. Αντενδείξεις εφαρμογής υπερήχων**

Οι περιπτώσεις που αντενδείκνυται η εφαρμογή των υπερήχων είναι οι εξής:

- 1) Σε κακοήθειες νεοπλασίες.
- 2) Στις περιόδους της εγκυμοσύνης.
- 3) Στις περιοχές όπου ο ιστός του κεντρικού νευρικού συστήματος (εγκέφαλος και Ν.Μ.) είναι απροστάτευτος π.χ. μετά από μια πεταλεκτομή στη Σ.Σ.

- 4) Σε αρθρώσεις όπου υπάρχει τσιμεντένια προσθήκη ή πλαστικά ή μεταλλικά υλικά οστεοσύνθεσης.
- 5) Σε ασθενείς με βηματοδότη.
- 6) Σε θρομβοφλεβίτιδα των κάτω άκρων.
- 7) Στην περιοχή των ματιών.
- 8) Στα αναπαραγωγικά όργανα.
- 9) Σε ισχαιμικές περιοχές.
- 10) Σε ασθενείς με αιμορραγική προδιάθεση ή υπαισθησία.

### **9.A.7. Συνδυασμός εφαρμογής υπερήχων με άλλα φυσικά μέσα**

Διάφορα άλλα φυσικά μέσα μπορούν να εφαρμοστούν μαζί, πριν ή μετά την εφαρμογή του υπερήχου. Η εφαρμογή ενός θερμού επιθέματος πριν τον υπέρηχο, αυξάνει τη θερμοκρασία μόνο του δέρματος και του υποδόριου ιστού. Η εφαρμογή πάγου πριν τον υπέρηχο, μειώνει την αύξηση της θερμοκρασίας που μπορεί να προκαλέσει στους εν τω βάθει ιστούς.

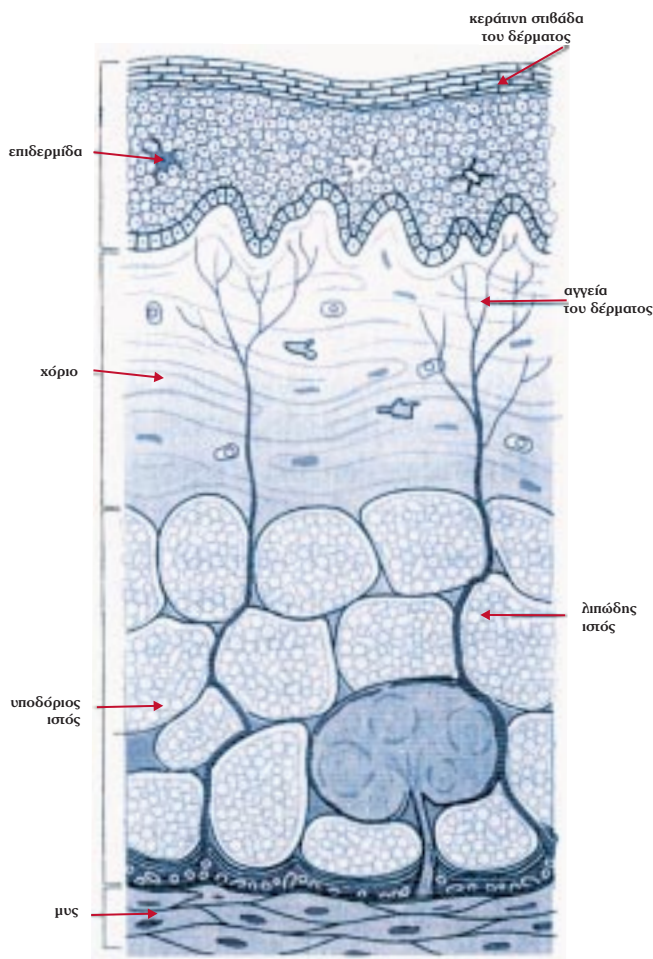
Όσον αφορά τον συνδυασμό των υπερήχων με το μυϊκό και τον αισθητικό η-λεκτρικό ερεθισμό, οι γνώμες διίστανται, μιας και δεν έχει γίνει επαρκής έρευνα πάνω σ' αυτό το θέμα.

### **9.A.8. Τεχνική φωνοφόρησης**

**Φωνοφόρηση** είναι μία τεχνική εφαρμογής υπερήχου, κατά την οποία μόρια αναλγητικών ουσιών οδηγούνται στους φλεγμαίνοντες ιστούς μέσω του υπερηχητικού κύματος. Αυτή η διαδερμική χορήγηση φαρμάκου πλεονεκτεί σε σχέση με τη χορήγηση φαρμάκου απ' το στόμα, γιατί έχει την ικανότητα να παρέχει μεγαλύτερη συγκέντρωση φαρμάκου τοπικά, καθώς και να αποφεύγει τον ερεθισμό του στομάχου.

Ο υπέρηχος μπορεί να αυξήσει τη διαδερμική διείσδυση του φαρμάκου, λόγω της αύξησης που προκαλεί στη διαπερατότητα της κεράτινης στιβάδας του δέρματος (ΕΙΚ. 9.5.) έναντι των ξένων σωμάτων. Απ' τη στιγμή που θα αυξηθεί η διαπερατότητα αυτής της στιβάδας, το φάρμακο μέσω της διάχυσης περνάει στην άλλη πλευρά του δέρματος και από εκεί συνεχίζει την πορεία του μέσω της κυκλοφορίας του αίματος. Το φαρμακευτικό παρασκεύασμα μπορεί να φθάσει σε μέγιστο βάθος διείσδυσης 2 εκ.

Το συνηθέστερο φαρμακευτικό παρασκεύασμα που χρησιμοποιείται κατά την φωνοφόρηση είναι η κρέμα περιεκτικότητας 10% υδροκορτιζόνης. Άλλα σκευάσματα είναι τα: lidocaine (λιδοκαΐνη), indocid (ινδομεθακίνη), myoflix, κ.τ.λ.



(ΕΙΚΟΝΑ 9.5. Στιβάδες του δέρματος)

### 9.Α.9. Ανακεφαλαίωση

Ο υπέρηχος είναι ένας ήχος με συχνότητα μεγαλύτερη απ' αυτή που μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί. Είναι ένα μηχανικό κύμα που μέσω της αραιώσης - συμπίεσης που προκαλεί στο υλικό που μεταδίδεται, "ταξιδεύει" μέσα στους ιστούς. Έχει θερμικά και μη θερμικά αποτελέσματα. Τα θερμικά αποτελέσματα του υπερήχου αυξάνουν τη θερμοκρασία των εν τω βάθει ιστών (που περιέχουν υψηλή ποσότητα σε κολλαγόνο) και έτσι αυξάνεται και η εκτατικότητα τους. Στα μη θερμικά αποτελέσματα συμπεριλαμβάνεται η αύξηση της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης και επομένως η διευκόλυνση της θεραπείας των ιστών κα-



θώς και η διαδερμική διείσδυση του φαρμάκου (φωνοφόρηση).

Για να επιτύχουμε όμως τα παραπάνω θεραπευτικά αποτελέσματα, θα πρέπει να επιλεγεί η σωστή ένταση, συχνότητα, και διάρκεια θεραπείας.

Ο υπέρηχος δε θα πρέπει να εφαρμόζεται σε καταστάσεις όπου μπορεί να χειροτερέψει τα υπάρχοντα παθολογικά προβλήματα π.χ. σε κακοήθειες, ή να προκαλέσει καταστροφή των ιστών π.χ. σε έγκυμα.

### **9.A.10. Ερωτήσεις**

1. Ποιοι είναι οι φυσικοί παράγοντες που καθορίζουν τη μετάδοση των υπερήχων στους ιστούς;
2. Από τι εξαρτάται η επαρκής απορρόφηση του υπέρηχου από τους ιστούς;
3. Τι γνωρίζετε για την αντανάκλαση των υπερηχητικών κυμάτων στους ιστούς;
4. Ποιά είναι τα θερμικά αποτελέσματα των υπερήχων;
5. Ποια είναι τα μη θερμικά αποτελέσματα των υπερήχων;
6. Σε ποιες παθολογικές καταστάσεις εφαρμόζουμε τους υπερήχους;
7. Σε ποιες περιπτώσεις αντενδείκνυνται οι υπέρηχοι;
8. Τι είναι η φωνοφόρηση;

**απαντήσεις**



### **Θέμα συζήτησης:**

*“Ποια είναι τα κυριότερα μέτρα προφύλαξης και συντήρησης της συσκευής των υπερήχων πριν, κατά τη διάρκεια αλλά και μετά την εφαρμογή τους;”*

## Β.ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 9.Β.1. Τεχνικές εφαρμογής των υπερήχων

Υπάρχουν 3 τρόποι εφαρμογής των υπερήχων. Αυτοί είναι:

#### α) Η τεχνική συνεχούς κίνησης της κεφαλής των υπερήχων

Είναι η πιο συνηθισμένη τεχνική κατά την οποία έχουμε αργή αλλά συνεχή κυκλική κίνηση της κεφαλής. Ο κάθε κύκλος που σχηματίζουμε πάνω στην επιφάνεια του σώματος θα πρέπει να επικαλύπτει τον προηγούμενο κατά το ήμισυ. Μεταξύ της κεφαλής και του δέρματος σ' αυτήν την τεχνική, θα πρέπει πάντα να παρεμβάλλεται ένα διάμεσο υλικό (gel). Αυτό είναι που θα βοηθήσει στη μετάδοση του υπερήχου στους ιστούς και που θα εμποδίσει την αντανάκλασή τους.

Κατά την επιλογή ενός τέτοιου διαμέσου υλικού, θα πρέπει να διαλέγουμε αυτό που:

- α) έχει καλή μεταδοτικότητα,
- β) είναι υποαλλεργικό,
- γ) δεν αφήνει λεκέ στα ρούχα,
- δ) δεν είναι ιδιαίτερα ακριβό και
- ε) δεν απορροφάται γρήγορα από το δέρμα.

Προσοχή πρέπει να δίνεται στην ποσότητα του gel, έτσι ώστε να μην παρεμβάλλεται αέρας μεταξύ του δέρματος και της κεφαλής του υπερήχου.

Κατά την εφαρμογή του υπερήχου θα πρέπει η κεφαλή του να εφαρμόζεται πάντα κάθετα προς τη θεραπευόμενη περιοχή. Αυτή η περιοχή θα πρέπει να είναι σχετικά ομαλή και έκτασης  $7 - 10 \text{ cm}^2$ . Όταν η περιοχή που πρέπει να θεραπεύσουμε είναι μεγάλη σε έκταση θα πρέπει να τη χωρίζουμε σε επίπεδα π.χ. την άρθρωση του ισχίου που είναι μεγάλη τη χωρίζουμε σε 3 επίπεδα (πλάγιο, πρόσθιο, οπίσθιο). Επίσης προσέχουμε τις οστικές προεξοχές π.χ. τον μείζονα τροχαντήρα του ισχίου, έτσι ώστε να μην έχουμε αντανάκλαση των υπερήχων πάνω σ' αυτόν.

Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται πάντα στα υπέρηχα της συνεχούς εκπομπής. Αν τα διακοπτόμενα υπέρηχα (όπου υπάρχει τμηματική εκπομπή του υπερηχητικού κύματος) εφαρμοστούν με αυτήν την τεχνική, δεν μπορούν να αυξήσουν σε ικανοποιητικά όρια την θερμοκρασία των ιστών.

#### β) η στατική τεχνική

Κατά την εφαρμογή αυτής της τεχνικής, η κεφαλή του υπερήχου τοποθετείται κάθετα και διατηρείται σταθερή και ακίνητη επάνω στη θεραπευόμενη περιοχή. Ό-

πως και στην προηγούμενη τεχνική, απαιτείται επαρκής ποσότητα διάμεσου υλικού (gel) για να γίνει η μετάδοση του υπερηχητικού κύματος στους ιστούς.

Αυτή η τεχνική της στατικής κεφαλής δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα με τα υπέρηχα της συνεχούς εκπομπής, γιατί λόγω της μεγάλης αύξησης της θερμοκρασίας των ιστών μπορεί να προκληθεί αίσθημα πόνου ή καψίματος. Αντίθετα η εφαρμογή αυτή είναι καλύτερη όταν χρησιμοποιούνται υπέρηχα διακοπόμενης μορφής. Σε αυτήν την περίπτωση τα θεραπευτικά αποτελέσματα που εμφανίζονται είναι μη θερμικά.

### **γ) τεχνική με διάμεσο υλικό το νερό**

Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί ως διάμεσο υλικό το νερό και όχι το gel όπως προηγουμένως. Κατά την εφαρμογή της, η κεφαλή του υπερήχου θα πρέπει να απέχει 1,5 -2,5 εκ. απ' την επιφάνεια του δέρματος. Θα πρέπει να έχει κάθετη κατεύθυνση και μπορεί ή να κινείται αργά ή να παραμένει σταθερή. Η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι μέτρια προς χλιαρή και θα πρέπει να προσέξουμε να μην υπάρχουν φυσαλίδες μέσα στο νερό.

Η τεχνική αυτή είναι ιδανική για περιοχές του σώματος που δεν είναι ομαλές, λόγω των πολλών οστικών προεξοχών και την απουσία στρώματος μαλακών μορίων, π.χ. άκρα χείρα, άκρος πόδας. Με διάμεσο υλικό το νερό, η κεφαλή του υπερήχου είναι πάντα σε απόλυτη αντιστοιχία με την θεραπευόμενη περιοχή. Αυτό δεν είναι εφικτό με τις δυο προηγούμενες τεχνικές.

## **9.B.2. Θεραπευτική εφαρμογή υπερήχου**

1. Γίνεται εκτίμηση και αξιολόγηση του προβλήματος του ασθενή απ' το γιατρό και το φυσικοθεραπευτή.
2. Γίνεται λεπτομερής καταγραφή του ιστορικού του ασθενή, για την περίπτωση ύπαρξης αντενδείξεων στη θεραπεία με υπέρηχο π.χ. περίπτωση κακοήθειας.
3. Τοποθετούμε τον ασθενή στην πλέον αναπαυτική θέση, έτσι ώστε η θεραπευόμενη περιοχή να υποστηρίζεται επαρκώς. Η θεραπευόμενη περιοχή πρέπει επιπλέον να είναι καθαρή και να μην έχει πολλές τρίχες.
4. Εκτελούμε τεστ αισθητικότητας στην περιοχή που θα εφαρμόσουμε τα υπέρηχα.
5. Καλύπτουμε την περιοχή που θα γίνει η εφαρμογή με ένα στρώμα διάμεσου υλικού (gel), έτσι ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα επαφής της κεφαλής του υπερήχου με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αν το διάμεσο υλικό είναι το νερό, τοποθετούμε τα μέλη μέσα σε ένα δοχείο με χλιαρό νερό.
6. Επιλέγουμε τις σωστές θεραπευτικές παραμέτρους όσον αφορά την συχνότητα,

την ένταση, τη μορφή κύματος (συνεχόμενη εκπομπή ή διακοπόμενη) και τη διάρκεια εφαρμογής.

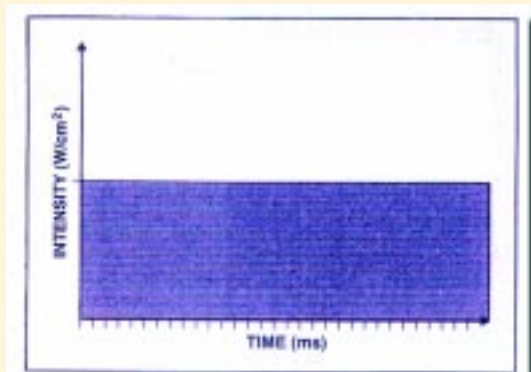
7. Καθαρίζουμε την κεφαλή του υπερήχου με κάποιο αντιμικροβιακό διάλυμα για να αποφευχθεί η μετάδοση κάποιου μικροβίου.
8. Τοποθετούμε την κεφαλή του υπερήχου πάνω στην περιοχή που έχουμε καλύψει με το gel.
9. Πατάμε το πλήκτρο START της συσκευής μας.
10. Αρχίζουμε να κινούμε την κεφαλή αν έχουμε επιλέξει την πρώτη τεχνική ή κρατάμε την κεφαλή ακίνητη, σταθερά και κάθετα πάνω στο δέρμα αν εφαρμόζουμε τη δεύτερη. Στην πρώτη περίπτωση η κεφαλή κινείται κυκλικά ή ευθύγραμμη με ταχύτητα περίπου 4cm/sec, δηλαδή αρκετά γρήγορα για να διατηρείται η κίνησή της, αλλά και αρκετά αργά ώστε να έχουμε καλή επαφή με το δέρμα. Αν η κεφαλή κρατιέται σταθερή ή κινείται πολύ αργά, οι περιοχές του σώματος που βρίσκονται κάτω απ' το κέντρο της κεφαλής του υπερήχου, θα θερμανθούν περισσότερο σε σχέση με αυτές που βρίσκονται στις άκρες της κεφαλής του. Αυτό μπορεί να οδηγήσει και στο έγκαυμα αυτών των περιοχών. Γι' αυτό κινούμε την κεφαλή κυκλικά με τέτοιο τρόπο ώστε ο ένας κύκλος να επικαλύπτει τον προηγούμενο κατά το ήμισυ.
11. Είμαστε σε συνεχή παρακολούθηση του αισθητήρα της συσκευής μας. Αυτό είναι ένα φωτάκι που βρίσκεται σε εμφανές σημείο της συσκευής μας και το οποίο σβήνει όταν η μετάδοση του υπερήχου προς το σώμα δεν είναι σωστή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε έλλειψη διάμεσου υλικού ή σε κακή επαφή της κεφαλής του υπερήχου με το σώμα. Επίσης μπορεί να υπάρχει και ένα ανάλογο ηχητικό σήμα.
12. Ο ασθενής πρέπει να αισθάνεται μια ήπια ζέση κατά την εφαρμογή του υπερήχου.
13. Αν ο ασθενής αισθάνεται πόνο ή κάψιμο, αυτό θα οφείλεται είτε στην υψηλή ένταση του υπερήχου είτε στη μικρή ποσότητα διάμεσου υλικού gel.
14. Στο τέλος της θεραπείας, κλείνουμε το διακόπτη της συσκευής και καθαρίζουμε προσεκτικά τον ασθενή και την κεφαλή του υπερήχου απ' το gel, πριν την ξανατοποθετήσουμε στη θέση της.

### **9.B.3. Γενικές οδηγίες για την επιλογή των θεραπευτικών παραμέτρων των υπερήχων**

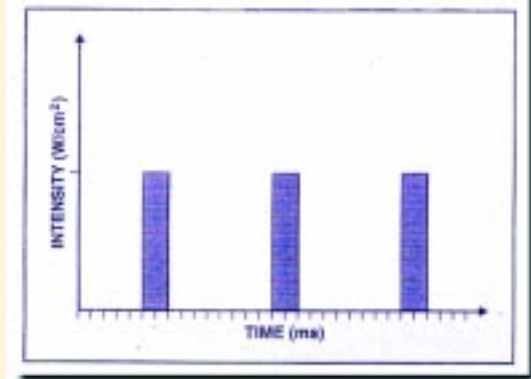
- α) Συχνότητα:** Επιλέγουμε τη συχνότητα που θα χρησιμοποιήσουμε, ανάλογα με το βάθος που θέλουμε να διεισδύσουμε. Χρησιμοποιούμε συχνότητα 1 MHz για ιστούς που βρίσκονται σε βάθος 5cm και 3MHz γι' αυτούς που βρίσκονται σε βάθος 1 – 2cm. Το βάθος της διείσδυσης είναι μικρότερο στους ιστούς που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε κολλαγόνο και στις περιοχές όπου υπάρχει αυξημένη αντανάκλαση.

**β) Τύπος εκπομπής:** Η επιλογή της συνεχούς ή διακοπόμενης εκπομπής υπερήχου εξαρτάται από το θεραπευτικό στόχο. Αν ο στόχος είναι να αυξήσουμε τη θερμοκρασία των ιστών, χρησιμοποιούμε την συνεχή (100%) εκπομπή του υπερήχου. Η διακοπόμενη εκπομπή υπερήχου διαβαθμίζεται σε ποσοστό 25%, 50% και 75% π.χ. στο ποσοστό 25% έχουμε εκπομπή κύματος μόνο στο ένα τέταρτο του συνολικού χρόνου εφαρμογής του υπερήχου. Συνήθως χρησιμοποιούμε τις διακοπόμενες μορφές υπερήχων όταν θέλουμε να επιτύχουμε τα μη θερμικά αποτελέσματά τους.

α. Συνεχόμενη εκπομπή υπερήχων



β. Διακοπόμενη εκπομπή υπερήχων



**γ) Ένταση:** Επιλέγουμε τη σωστή ένταση βάσει του θεραπευτικού στόχου. Όταν θέλουμε να αυξήσουμε τη θερμοκρασία των ιστών, ο ασθενής πρέπει να αρχίσει να αισθάνεται μια θέρμανση απ' τα πρώτα 2 – 3 λεπτά της θεραπείας. Για να έχουμε αυτό το αποτέλεσμα πρέπει να επιλέξουμε ένταση  $1,5 - 2.0 \text{ W/cm}^2$  όταν ο υπέρηχός μας έχει συχνότητα 1MHz. Όταν όμως η συχνότητά του είναι 3 MHz, ένταση  $0,5 \text{ W/cm}^2$  είναι αρκετή. Αυτή η χαμηλή ένταση είναι αποτελεσματική στην υψηλή συχνότητα, γιατί η ενέργεια απορροφάται από πιο μικρούς και επιφανειακούς ιστούς οπότε εύκολα έχουμε επαρκή αύξηση της θερμοκρασίας. Επίσης προσαρμόζουμε την ένταση πάνω και κάτω απ' τα προηγούμενα επίπεδα

ανάλογα με το αίσθημα του ασθενούς. Δηλαδή αυξάνουμε την ένταση αν δεν υπάρχει κάποιο αίσθημα θέρμανσης μέσα στα πρώτα 2 – 3 λεπτά της θεραπείας και αντίστοιχα τη μειώνουμε αμέσως αν ο ασθενής μας αισθάνεται υπερθέρμανση, πόνο ή κάψιμο. Αν υπάρχει κάποια οστική προεξοχή στη θεραπευόμενη περιοχή, ακόμα και μικρή ένταση είναι επαρκής για να αυξήσει τη θερμοκρασία, γιατί ο υπέρηχος που αντανακλά στο οστό προκαλεί ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας.

Όταν εφαρμόζουμε τον υπέρηχο για να προκαλέσουμε τα μη θερμικά του αποτελέσματα, η ένταση που χρησιμοποιούμε είναι  $0,5 - 1.0 \text{ W/cm}^2$ .

**δ) Διάρκεια Θεραπείας:** Επιλέγουμε το χρόνο εφαρμογής ανάλογα με το θεραπευτικό στόχο και την έκταση της περιοχής. Για να επιτύχουμε τα θερμικά και μη θερμικά αποτελέσματα του υπερήχου, η εφαρμογή θα πρέπει να διαρκεί 5 – 10 λεπτά. Αυτός ο χρόνος μπορεί να είναι λίγο μεγαλύτερος όταν χρησιμοποιούμε υπέρηχο μικρής έντασης και συχνότητας και όταν η περιοχή που γίνεται η εφαρμογή είναι μεγάλη σε έκταση. Απ' την άλλη πλευρά ο χρόνος εφαρμογής πρέπει να είναι μικρότερος όταν η ένταση και η συχνότητα του υπερήχου είναι υψηλή.

**ε) Έκταση Θεραπευόμενης περιοχής:** Όταν η περιοχή που εφαρμόζουμε τον υπέρηχο είναι μικρή σε έκταση, τότε η διάρκεια θεραπείας είναι μικρή. Ο υπέρηχος δε θα πρέπει να εφαρμόζεται σε μεγάλες σε έκταση περιοχές, δηλαδή αν η περιοχή μας είναι τετραπλάσια σε έκταση σε σχέση με την κεφαλή του υπερήχου π.χ. η οσφυϊκή περιοχή, τότε τα αποτελέσματα δε θα είναι ικανοποιητικά.

**στ) Αριθμός και συχνότητα των θεραπειών:** Ο αριθμός των συνεδριών που εφαρμόζουμε εξαρτάται απ' τους στόχους της θεραπείας και απ' την πρόοδο του ασθενή. Αν ο ασθενής μας καλύτερεύει συνεχίζουμε τη θεραπεία όπως ξεκινήσαμε. Αν ο ασθενής μας δεν παρουσιάζει πρόοδο αλλάζουμε όλες τις παραπάνω παραμέτρους. Στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζεται ένα μικρό αποτέλεσμα στη διάρκεια των 3 πρώτων θεραπειών. Όταν όμως έχουμε προβλήματα όπου η καλύτερευση επέρχεται αργά, πρέπει να συνεχίσουμε για μεγαλύτερο διάστημα.

Η συχνότητα των θεραπειών εξαρτάται απ' το είδος του υπερήχου που χρησιμοποιούμε και από το στάδιο της θεραπείας. Όταν ο υπέρηχος έχει θερμικά αποτελέσματα εφαρμόζεται στην υποξεία και χρόνια φάση του προβλήματος με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα. Όταν ο υπέρηχος έχει μη θερμικά αποτελέσματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα πρώτα στάδια του προβλήματος καθημερινά.

#### **9.B.4. Τεχνική και παράμετροι της φωνοφόρησης**

Η φωνοφόρηση είναι μια τεχνική κατά την οποία διεισδύουν μόρια αντιφλεγμονωδών ουσιών στους εν τω βάθει ιστούς μέσω του υπερηχητικού κύματος. Δε διαφέρει καθόλου απ' την τεχνική εφαρμογής των υπερήχων. Πάντα όμως χρησιμοποιούμε την συνεχή εκπομπή και την τεχνική της συνεχούς κίνησης της κεφαλής.

Το αναλγητικό φαρμακευτικό παρασκεύασμα θα πρέπει να απλωθεί ομοιόμορφα στην περιοχή και να δημιουργήσει ένα στρώμα πάχους 3 – 5 mm.

Η συχνότητα του υπερήχου πρέπει να είναι μικρή ενώ η έντασή του να είναι  $1 - 2 \text{ W/cm}^2$ . Η φωνοφόρηση έχει συνήθως διάρκεια 5 – 6 λεπτά, αυτό όμως εξαρτάται και από την έκταση της περιοχής. Ο συνολικός όμως αριθμός συνεδριών φωνοφόρησης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τις 12.

#### **9.B.5. Προφυλάξεις κατά την εφαρμογή του υπερήχου**

Όταν ο υπέρηχος έχει τέτοια ένταση ώστε να αυξάνει τη θερμοκρασία των ιστών θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή :

- α)** Στις περιοχές με οξεία φλεγμονή, αφού η θερμότητα μπορεί να επιτείνει την οξεία φλεγμονή, προκαλώντας αυξημένο αιμάτωμα, πόνο και οίδημα. Θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί σε αυτή τη φάση της φλεγμονής.
- β)** Πάνω στις επιφυσιακές πλάκες. Συνιστάται να μην χρησιμοποιείται υψηλής έντασης υπέρηχος πάνω απ' τις επιφυσιακές πλάκες των οστών πριν την σύγκλισή τους.
- γ)** Στην περιοχή ενός κατάγματος. Αν και ο υπέρηχος μικρής έντασης μπορεί να επιταχύνει την πόρωση ενός κατάγματος, ο υπέρηχος υψηλής έντασης συνήθως προκαλεί πόνο και δεν πρέπει να εφαρμόζεται.
- δ)** Πάνω από εμφυτεύματα στήθους. Μιας και η θερμότητα μπορεί να αυξήσει την πίεση μέσα στο εμφύτευμα και να προκαλέσει τη ρήξη του, δε θα πρέπει να εφαρμόζουμε υψηλής έντασης υπέρηχο σ' αυτήν την περιοχή.

#### **9.B.6. Παρενέργειες από την εφαρμογή του υπερήχου**

Διάφορες παρενέργειες έχουν αναφερθεί λόγω κακής χρήσης του υπερήχου. Η πιο συνήθης είναι το έγκαυμα, που μπορεί να προκληθεί από υπέρηχο υψηλής έντασης με συνεχή εκπομπή. Ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος όταν η περιοχή που εφαρμόζουμε τη θεραπεία έχει υπαισθησία, κακή κυκλοφορία ή αρκετές οστικές προεξοχές. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να εφαρμόζουμε την τεχνική της συνεχούς κίνησης της κεφαλής και να επιλέγουμε μικρής έντασης υπέρηχο.

### 9.Β.7. Παραδείγματα εφαρμογής υπερήχων

#### 1<sup>ο</sup> παράδειγμα:

Ο φυσικοθεραπευτής θα εφαρμόσει υπέρηχο στον αχίλλειο τένοντα ενός ποδιού. Ο βοηθός τοποθετεί τον ασθενή σε πρηνή θέση με ρολό στην ποδοκνημική, έτσι ώστε ο τένοντας να βρίσκεται σε χαλαρή θέση. Επίσης ο βοηθός καθαρίζει την περιοχή και στην συνέχεια απλώνει ένα παχύ στρώμα με το ειδικό gel του υπερήχου. Μετά τη θεραπεία ο βοηθός καθαρίζει σχολαστικά την περιοχή από το gel και είναι υπεύθυνος και για την καθαριότητα της συσκευής και κυρίως της κεφαλής του υπερήχου.



*ΕΙΚΟΝΑ 9.7. Εφαρμογή στον Αχίλλειο τένοντα.*

#### 2<sup>ο</sup> παράδειγμα:

Ο φυσικοθεραπευτής θα εφαρμόσει υπέρηχο στην περιοχή του αγκώνα ενός ασθενή. Ο βοηθός τοποθετεί τον ασθενή σε καθιστή θέση με το χέρι να υποστηρίζεται καλά πάνω σε ένα τραπέζι ή στο κρεβάτι. Κατόπιν καθαρίζει την περιοχή και απλώνει αρκετή ποσότητα διάμεσου υλικού gel στη θεραπευόμενη περιοχή. Μετά τη θεραπεία καθαρίζει σχολαστικά την κεφαλή του υπερήχου και την περιοχή της θεραπείας. Τέλος φροντίζει για την τοποθέτηση της συσκευής σε ασφαλές μέρος.

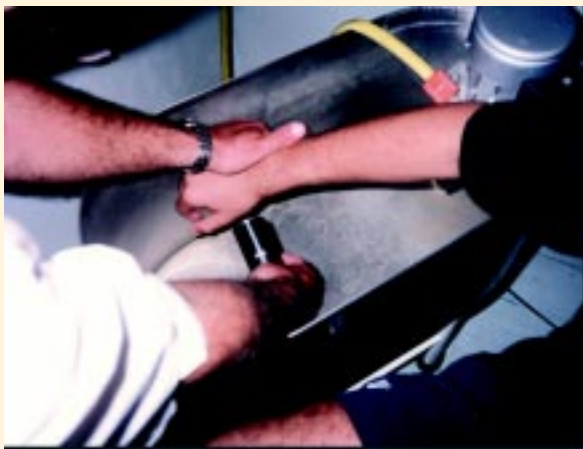


*ΕΙΚΟΝΑ 9.8. Εφαρμογή στον αγκώνα.*



**3<sup>ο</sup> παράδειγμα:**

Ο φυσικοθεραπευτής θα εφαρμόσει υπέρηχο στον αντίχειρα ενός ασθενούς. Γι' αυτό λοιπόν ζητάει από το βοηθό του να ετοιμάσει ένα δοχείο με νερό έτσι ώστε η εφαρμογή να γίνει μέσα στο νερό. Ο βοηθός φροντίζει να γεμίσει με κλιαρό νερό κάποιο δοχείο και τοποθετεί το χέρι του ασθενούς μέσα σε αυτό. Μετά την θεραπεία σκουπίζει το χέρι του ασθενούς από τα νερά, αδειάζει το δοχείο και γενικά φροντίζει για την καθαριότητα της περιοχής που έγινε η θεραπεία.



*ΕΙΚΟΝΑ 9.9. Εφαρμογή υπέρηχου στον αντίχειρα μέσα στο νερό.*

**4<sup>ο</sup> παράδειγμα:**

Ο φυσικοθεραπευτής θα εφαρμόσει υπέρηχο στο δικέφαλο μηριαίο ενός ποδίου. Ο βοηθός τοποθετεί τον ασθενή σε πρηνή θέση με ρολό στην ποδοκνημική για να χαλαρώσει ο δικέφαλος μηριαίος. Αν η περιοχή που θα εφαρμοστεί ο υπέρηχος έχει πολλές τρίχες, ο βοηθός πρέπει με ένα ξυραφάκι να τις αφαιρέσει. Στη συνέχεια καθαρίζει την



*ΕΙΚΟΝΑ 9.10 (επάνω)  
Εφαρμογή ειδικού gel*

*ΕΙΚΟΝΑ 9.11 (κάτω)  
Εφαρμογή υπέρηχου στην πάσχουσα περιοχή*



περιοχή και απλώνει το ειδικό gel (ΕΙΚ. 9.10). Μετά τη θεραπεία καθαρίζει σχολαστικά την κεφαλή του υπέρηχου και την περιοχή της θεραπείας. Στις αρμοδιότητες του βοηθού είναι και ο έλεγχος της επαρκούς ποσότητας gel μέσα στα ειδικά μπουκαλάκια για την εφαρμογή του υπέρηχου.

### **9.Β.8. Εργαστηριακές ασκήσεις**

1. Ποιες είναι οι τεχνικές εφαρμογής των υπερήχων ;
2. Τι γνωρίζετε για το διάμεσο υλικό gel που χρησιμοποιούμε κατά την εφαρμογή των υπερήχων ;
3. Τι γνωρίζετε για τους τύπους εκπομπής των υπερήχων ;
4. Τι γνωρίζετε για την έκταση της θεραπευόμενης περιοχής στην οποία εφαρμόζουμε υπέρηχο ;
5. Ποιες οι παρενέργειες από την εφαρμογή του υπέρηχου ;
6. Περιγράψτε τη διαδικασία εφαρμογής του υπέρηχου στον τετρακέφαλο ενός ασθενούς. Ποιος ο δικός σας ρόλος ως βοηθών του φυσικοθεραπευτή/τριας ;