



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες & Φυσικοθεραπεία: Διαθερμίες Βραχέων Κυμάτων και Υπερθερμία»



Σπουδαστές:

Κορωνίδου Ζωή

Μυριανθόπουλος Αγαμέμνων

Εποπτεύων Καθηγητής: Δρ. Κουτσογιάννης Κωνσταντίνος

ΑΙΓΙΟ- 2014

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της ερευνητικής πτυχιακής μας εργασίας, η οποία υλοποιήθηκε στο ΤΕΙ Αιγίου στο εργαστήριο Φυσικών Μέσων – Ηλεκτροθεραπείας, καθώς και στο κέντρο αποκατάστασης του ΠΓΝΠ Ρίου, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωση της.

Κατά κύριο λόγο ευχαριστούμε τον καθηγητή κ. Κουτσογιάννη Κωνσταντίνο που μας ανέθεσε το συγκεκριμένο θέμα για την ερευνητική πτυχιακή εργασία, για τις πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης ευχαριστούμε θερμά την οικογένεια, τους φίλους και συμφοιτητές μας για τη στήριξη και συμπαράσταση που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για τη θεραπεία διαφόρων ασθενειών η χρήση της θερμότητας είναι μία τεχνική η οποία εφαρμοζόταν από πολλούς αρχαίους πολιτισμούς και εφαρμόζεται μέχρι σήμερα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προέρχεται από τον ήλιο, έχει βιολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο, από την εποχή του Ιπποκράτη ο οποίος έκανε θεραπείες σε ασθενείς που είχαν όγκο στο στήθος, με έκθεση τους στην ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι ερχόμαστε στα λόγια του αρχαίου φυσικού Παρμενίδη (540-580 π.Χ.): “Δώστε μου την δυνατότητα να δημιουργήσω πυρετό και θα θεραπεύσω οποιαδήποτε ασθένεια”.

Στην σύγχρονη κοινωνία που ζει ο άνθρωπος στις μέρες μας, δέχεται συνεχώς ενέργεια υπό τη μορφή ακτινοβολίας. Η τεράστια ανάπτυξη και η εκτεταμένη χρήση διαφόρων συσκευών που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όπως το κινητό τηλέφωνο που είναι πλέον ένα απαραίτητο μέσο επικοινωνίας, η τηλεόραση, ο φούρνος μικροκυμάτων, που χρησιμοποιούμε για το φαγητό μας, το ασύρματο διαδίκτυο (Wi-Fi), αλλά και οι ακτινογραφίες που γίνονται για διαγνωστικούς σκοπούς. Όλα αυτά καθιστούν αναγκαία τη περαιτέρω έρευνα και μελέτη για τις βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών.

Στον τομέα της φυσικοθεραπείας η χρήση της ακτινοβολίας για θεραπευτικούς σκοπούς είναι δεδομένη. Οι συσκευές διαθερμίας, υπερθερμίας, υπερήχου, υπέρυθρης και υπεριώδης ακτινοβολίας και η συσκευή μαγνητοθεραπείας είναι οι κύριες συσκευές που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Όσον αφορά τις συσκευές διαθερμίας παρά τα θεραπευτικά τους αποτελέσματα, είναι αναγκαίο να μην γίνεται κατάχρηση της συσκευής και να τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας για την υγεία τόσο του ασθενή, όσο και του φυσικοθεραπευτή.

Μια άλλη συσκευή με θεραπευτικά αποτελέσματα είναι η υπερθερμία, η οποία είναι μια μορφή μη ιοντίζουσας ακτινοθεραπείας και στηρίζεται στην εξωγενή επαγωγή συγκεντρωμένου θερμικού φορτίου για τη θεραπεία του καρκίνου. Παλαιότερα το ενδιαφέρον για τη χρήση της συσκευής δεν ήταν ιδιαίτερα αυξημένο, ενώ τα τελευταία 15 χρόνια έχει συνδυαστεί με άλλες μεθόδους χημειοθεραπείας και έχουν επιδείξει θετικά αποτελέσματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να μελετήσουμε τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και κατ' επέκταση να επισημάνουμε τους τρόπους προστασίας για την υγεία μας. Ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να κατανοήσει τη λειτουργία των συστημάτων διαθερμίας βραχέων κυμάτων και υπερθερμίας, τον τρόπο χρήσης τους, καθώς και τα θεραπευτικά τους αποτελέσματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορική αναδρομή και περιγράφονται βασικές έννοιες των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, καθώς και στις ιδιότητες της ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι συσκευές των διαθερμιών βραχέων κυμάτων, πως χρησιμοποιούνται και με ποιους τρόπους λειτουργούν. Γίνεται αναφορά στις επιδράσεις των συσκευών και παρατίθενται τα όρια έκθεσης και οι κανόνες ασφαλείας. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνονται συστάσεις για αποφυγή υπερβολικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο κατά τη διάρκεια θεραπευτικής ηλεκτροθεραπείας με τις συσκευές διαθερμίας.

Στη συνέχεια περιγράφεται στο τρίτο κεφάλαιο η χρήση της συσκευής υπερθερμίας και ο ρόλος της στη θεραπεία του καρκίνου, οι συσκευές και οι τεχνικές θέρμανσης των ιστών. Επίσης, παρουσιάζονται τα θεραπευτικά πρωτόκολλα και η εφαρμογή της στην φυσικοθεραπεία.

Το τέταρτο κεφάλαιο καλύπτει την ερευνητική μας μελέτη για την εκπομπή της ακτινοβολίας από το σύστημα διαθερμίας βραχέων κυμάτων. Αναλύονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της έρευνάς μας. Επίσης αναφέρεται μια σημαντική πειραματική μελέτη με μετρήσεις τεκμηρίωσης με ομοιώματα Phantoms.

Κλείνοντας στο τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή στον ηλεκτρομαγνητισμό	1
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία	1
1.2 Ηλεκτρικό πεδίο	2
1.3 Μαγνητικό πεδίο	3
1.4 Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο	6
Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	6
1.4.1 Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα.....	7
1.5 Ιοντίζουσα και μη Ιοντίζουσα ακτινοβολία	9
Κεφάλαιο 2.....	11
Διαθερμία στη φυσικοθεραπεία.....	11
2.1 Συσκευές Διαθερμίας.....	11
2.2 Είδη διαθερμίας	12
2.3 Διαθερμία βραχέων κυμάτων.....	14
2.3.1 Μέθοδοι εφαρμογής.....	15
2.4 Φυσιολογικές επιδράσεις της διαθερμίας βραχέων κυμάτων.....	19
2.5 Ενδείξεις.....	20
2.6 Αντενδείξεις.....	21
2.7 Αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.....	22
2.8 Κανόνες Ασφάλειας.....	23
2.8.1 Όρια έκθεσης	24
2.8.2 Συστάσεις για αποφυγή υπερβολικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο κατά τη διάρκεια θεραπευτικής ηλεκτροθεραπείας με συσκευές διαθερμίας:.....	25
Κεφάλαιο 3.....	27
Υπερθερμία.....	27
3.1 Η υπερθερμία και ο ρόλος της στη θεραπεία του καρκίνου	27
3.2 Η επίδραση της υπερθερμίας στα ανθρώπινα κύτταρα.....	29
3.3 Μαθηματικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην υπερθερμία.....	30
3.3.1 Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης	31

3.3.2 Λόγος Θερμικής Επαύξεσης.....	32
3.4 Συσκευές και τεχνικές θέρμανσης των ιστών.....	32
3.4.1 Γενική υπερθερμία.....	32
3.4.2 Τοπική Υπερθερμία.....	34
3.4.3 Επιφανειακή Υπερθερμία.....	37
3.4.4 Ενδοϊστική Υπερθερμία.....	38
3.5 Υπερθερμία στη φυσικοθεραπεία.....	38
3.5.1 Με συσκευή υπερθερμίας thermo TK.....	38
3.5.2 Θεραπευτικά Πρωτόκολλα.....	42
Κεφάλαιο 4.....	50
Ερευνητική μελέτη.....	50
4.1 Σκοπός της έρευνας.....	50
4.2 Μέθοδος.....	50
4.2.1 Εξοπλισμός.....	51
4.2.2 Μεθοδολογία.....	51
4.3 Αποτελέσματα.....	52
4.4 Μετρήσεις Τεκμηρίωσης με Ομοιώματα (Phantoms).....	54
Κεφάλαιο 5.....	58
5.1 Συμπεράσματα.....	58
5.2 Βιβλιογραφία.....	60

Κεφάλαιο 1

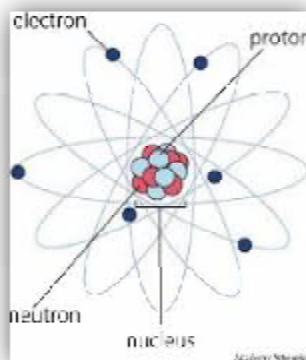
Εισαγωγή στον ηλεκτρομαγνητισμό

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Οι αρχαίοι Έλληνες ανακάλυψαν ήδη από το 600 π.Χ. ότι αφού έτριβαν κεχριμπάρι με μαλλί, το κεχριμπάρι μπορούσε να έλκει άλλα αντικείμενα. Σήμερα λέμε πως το κεχριμπάρι απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο ή ότι φορτίστηκε. Από αυτή την παρατήρηση προήλθε και το όνομα του ηλεκτρισμού, από την λέξη ήλεκτρο που σημαίνει κεχριμπάρι. Αυτό που συμβαίνει στην πιο πάνω περίπτωση είναι πως με την τριβή αφαιρούνται ηλεκτρόνια από το κεχριμπάρι και έτσι αυτό μεταβαίνει από την ουδέτερη κατάσταση φόρτισης σε θετικά φορτισμένο σώμα, μιας και τα ηλεκτρόνια είναι αρνητικά φορτισμένα σωματίδια. Το αποτέλεσμα της πιο πάνω διαδικασίας είναι το κεχριμπάρι να δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο το οποίο για λόγους που θα αναλυθούν στη συνέχεια έλκει τα αρνητικά φορτισμένα σώματα και απωθεί τα θετικά.

Από την πιο πάνω παρατήρηση και από αρκετές άλλες όπως και από πειράματα που έχουν γίνει προκύπτει πως στη φύση υπάρχουν δύο ήδη φορτίων, το θετικό και το αρνητικό. Τα ονόματα στα είδη φορτίου τα έδωσε ο Βενιαμίν Φρανγκλίνος και διατηρούνται μέχρι σήμερα. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως το ηλεκτρικό φορτίο δεν δημιουργείται με την τριβή αλλά μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο, δηλαδή το φορτίο διατηρείται.

Η συνηθισμένη ύλη αποτελείται από τρία σωματίδια: το ηλεκτρόνιο που έχει αρνητικό φορτίο, το πρωτόνιο με θετικό φορτίο και το νετρόνιο που είναι ουδέτερο. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια ενός ατόμου σχηματίζουν ένα μικρό και πολύ πυκνό κέντρο που λέγεται πυρήνας. Γύρω από τον πυρήνα κατανέμονται τα ηλεκτρόνια. Το αρνητικό και το θετικό φορτίο του ηλεκτρονίου και του πρωτονίου αντίστοιχα έχουν ακριβώς το ίδιο μέτρο, έτσι ένα ουδέτερο άτομο πρέπει να περιέχει τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων και πρωτονίων έτσι ώστε το αλγεβρικό τους άθροισμα να είναι μηδέν. (Young, 1994)



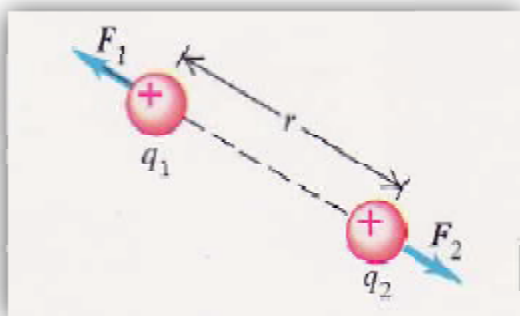
Εικόνα 1.1: Αναπαράσταση του ατόμου

1.2 Ηλεκτρικό πεδίο

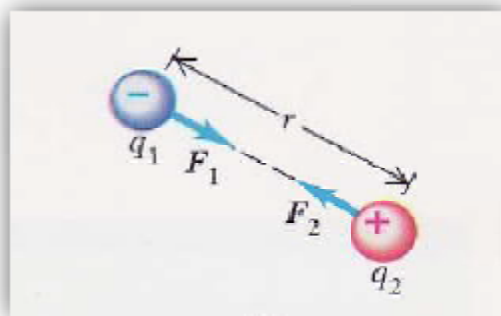
Αν υποθέσουμε δύο σημειακά φορτία, q_1 και q_2 σε απόσταση r μεταξύ τους τότε το ένα ασκεί δύναμη (F) στο άλλο η οποία έχει μέτρο:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

όπου το k είναι μια σταθερά αναλογίας. Η πιο πάνω σχέση είναι η μαθηματική έκφραση του νόμου του Coulomb ο οποίος λέει πως το μέτρο της δύναμης που προκύπτει από την αλληλεπίδραση δύο σημειακών φορτίων είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της αποστάσεως μεταξύ τους. Οι κατευθύνσεις των δυνάμεων αυτών βρίσκονται πάντα πάνω στη γραμμή που συνδέει τα δύο φορτία και έχουν πάντα αντίθετη φορά που εξαρτάται από αν το κάθε φορτίο είναι θετικό ή αρνητικό.



Εικόνα 1.2 (α): Απωστική αλληλεπίδραση μεταξύ δύο όμοιων φορτίων



Εικόνα 1.2 (β): Ελκτική αλληλεπίδραση μεταξύ δύο αντίθετων φορτίων

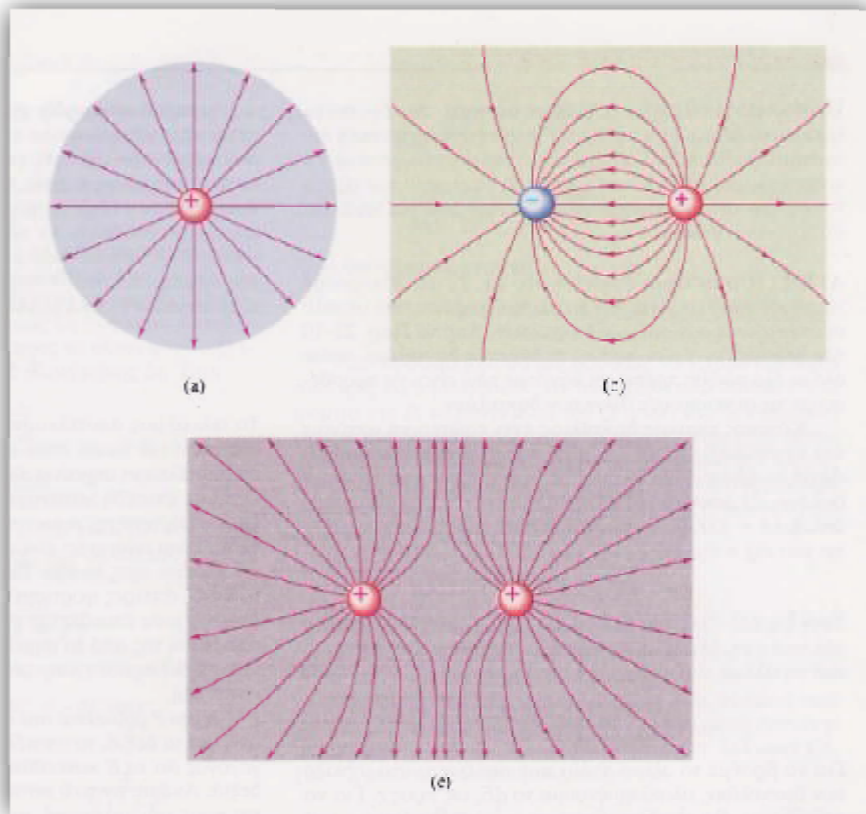
Όταν ένα σημειακό φορτίο βρίσκεται στο χώρο δημιουργεί γύρω του το λεγόμενο ηλεκτρικό πεδίο. Αν ένα άλλο φορτισμένο σωματίδιο(φορτίου q) τοποθετηθεί εντός του πεδίου αυτού θα του ασκηθεί δύναμη ανάλογη της έντασης (E) του ηλεκτρικού πεδίου σύμφωνα με τη σχέση:

$$F = qE$$

Το μέτρο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί ένα φορτισμένο σώμα φορτίου Q σε απόσταση r από αυτό δίνεται από:

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}$$

Η μορφή του ηλεκτρικού πεδίου σε διάφορες περιπτώσεις φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα:



Εικόνα 1.3: Αναπαράσταση του ηλεκτρικού πεδίου για :

- a) ένα μοναδικό θετικό φορτίο
- b) δύο αντίθετα φορτία
- c) δύο ίσα θετικά φορτία

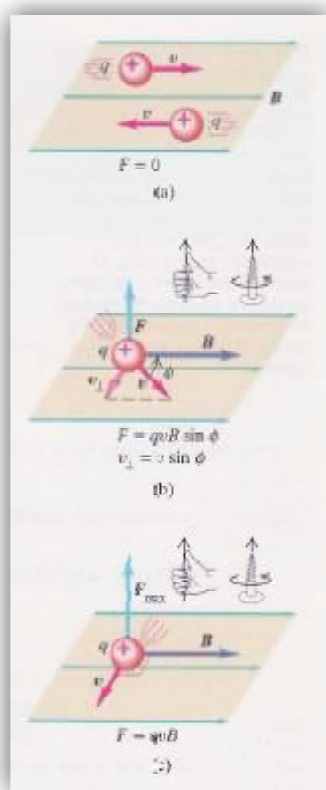
1.3 Μαγνητικό πεδίο

Τα μαγνητικά φαινόμενα είναι γνωστά από την αρχαιότητα. Ξεκινώντας πριν από τουλάχιστον 2500 χρόνια είναι γνωστό πως στη Μαγνησία της Μικράς Ασίας είχαν παρατηρήσει ότι μια ράβδος σιδήρου όταν έρθει σε επαφή με ένα φυσικό μαγνήτη τότε η ράβδος μαγνητίζεται. Από αυτή την παρατήρηση και μέσα από χιλιάδες άλλες παρατηρήσεις, πειράματα και έρευνα έχουμε φτάσει στο σήμερα όπου ο μαγνητισμός αποτελεί θεμελιώδη λίθο για πολύ σημαντικούς τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας. Η πυξίδα, καθοδικοί σωλήνες τηλεόρασης, ηλεκτρικοί κινητήρες, ηχεία, οδηγοί δίσκων για ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ιατρικά διαγνωστικά μηχανήματα είναι μόνο μερικές εφαρμογές των μαγνητικών υλικών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα μας.

Σε αντιστοιχία με το ηλεκτρικό πεδίο, ένα μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από ένα κινούμενο φορτίο ή ηλεκτρικό ρεύμα στο χώρο. Έτσι το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη (F) πάνω σε κάθε κινούμενο φορτίο ή ηλεκτρικό ρεύμα που βρίσκεται στο χώρο αυτό. Το μαγνητικό πεδίο είναι διανυσματικό πεδίο, δηλαδή η επίδραση του εξαρτάται από το σημείο στο χώρο που βρίσκεται κάποιο κινούμενο σωματίδιο και συμβολίζεται με το γράμμα B . Η δύναμη F ισούται με :

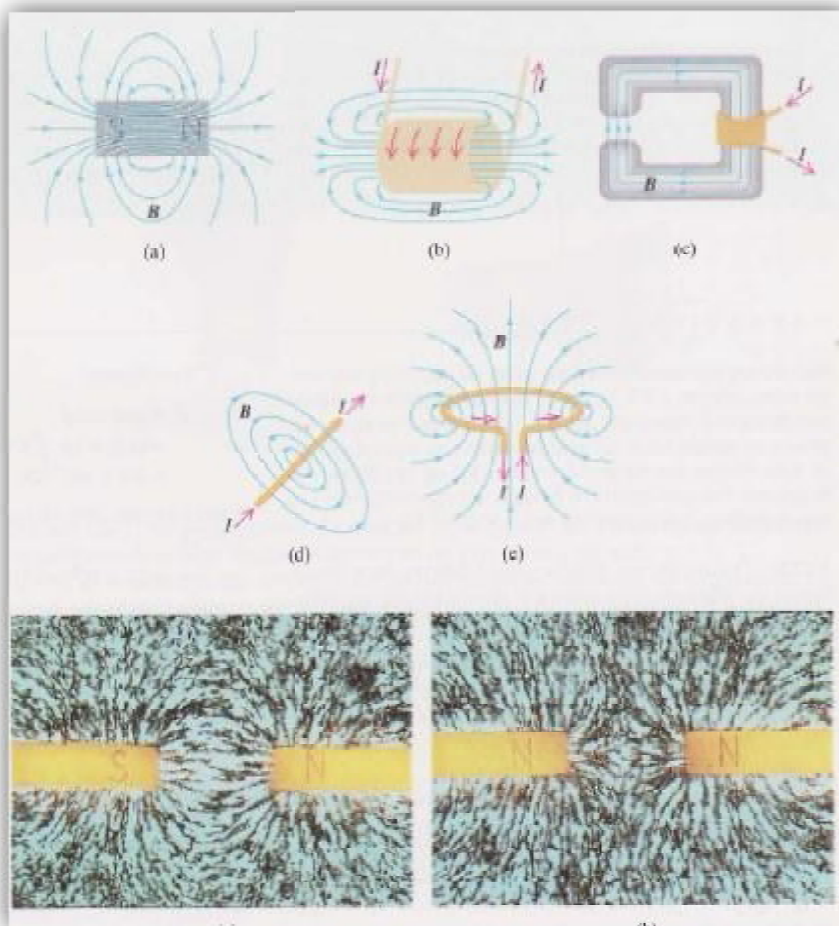
$$F = q\mathbf{u} \times \mathbf{B}$$

Όπου u είναι η ταχύτητα με την οποία το φορτίο (q) κινείται εντός του μαγνητικού πεδίου.



Εικόνα 1.4: Αναπαράσταση της διεύθυνσης της δύναμης και του μαγνητικού πεδίου για κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο

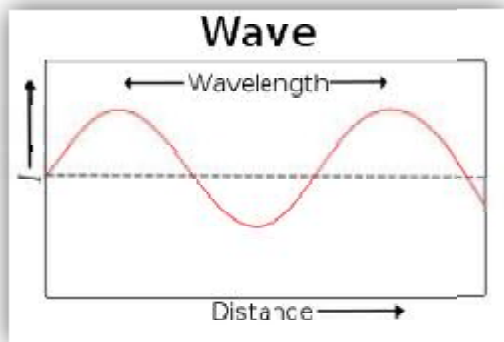
Η μορφή του μαγνητικού πεδίου μπορεί να γίνει με τη χρήση των γραμμών του μαγνητικού πεδίου σε αναλογία με την εικόνα που χρησιμοποιήθηκε για το ηλεκτρικό πεδίο. Οι γραμμές αυτές σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η γραμμή που περνά από οποιοδήποτε σημείο να εφάπτεται στο διάνυσμα του μαγνητικού πεδίου B στο σημείο αυτό. Οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου σε κάθε σημείο έχουν την κατεύθυνση που θα έδειχνε η βελόνα μιας πυξίδας αν είχε τοποθετηθεί εκεί. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων γραμμών καθώς και μια απεικόνιση τους που δημιουργήθηκε με τη χρήση ριζισμάτων σιδήρου τα οποία προσανατολίστηκαν λόγω του πεδίου που έχουν δημιουργήσει οι μαγνήτες στο χώρο. (Serway, 1990)



Εικόνα 1.5: Η μορφή του μαγνητικού πεδίου σε διάφορα παραδείγματα

1.4 Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Εικόνα 1.6: Αναπαράσταση του μήκους κύματος

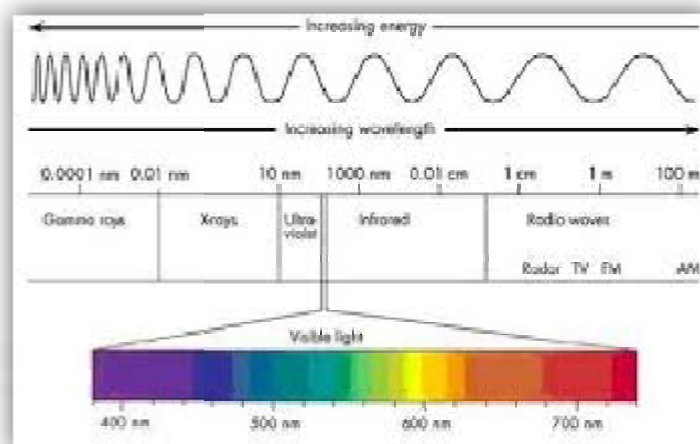
Το ορατό φως, δηλαδή τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τον άνθρωπο μέσω της όρασης του, είναι μόνο ένα μικρό κομμάτι του συνολικού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος το οποίο καλύπτει ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και μηκών κύματος. Αρχικά, μήκος κύματος ορίζεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ενός κύματος όπως φαίνεται στην εικόνα 1.6.

Η σχέση που συνδέει την ταχύτητα διάδοσης του κύματος με το μήκος κύματος και τη συχνότητα (f) του είναι η :

$$c = f\lambda$$

Όπου c είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος που στην περίπτωση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό είναι προφανώς η ταχύτητα του φωτός ($c \approx 3 \times 10^8$ m/s).

Το ορατό φάσμα, όπως φαίνεται και στο πιο κάτω σχήμα περιορίζεται σε ένα μικρό κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και συγκεκριμένα στην περιοχή από 400 έως 700 nm.



Εικόνα 1.7: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Στην περιοχή του ορατού φωτός τα χρώματα αντιστοιχούν περίπου στις πιο κάτω περιοχές:

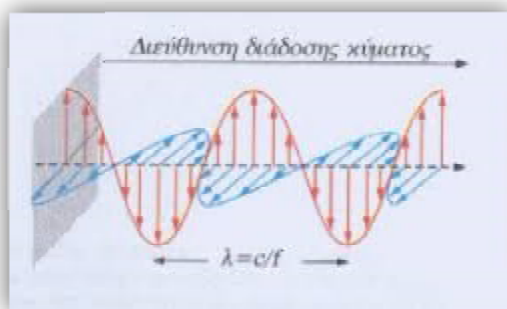
<u>Χρώμα</u>	<u>Μήκη Κύματος (nm)</u>
Ερυθρό	700-630
Πορτοκαλί	630-590
Κίτρινο	590-560
Πράσινο	560-480
Κυανό	480-440
Ιώδες	440-400

Πίνακας 1.1: Τα μήκη κύματος του ορατού τμήματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

1.4.1 Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα ονομάζεται η διαταραχή η οποία περιέχει χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και μπορεί να διαδίδεται στο χώρο από μια περιοχή σε μια άλλη χωρίς την απαίτηση της ύπαρξης ύλης μεταξύ των δύο σημείων, δηλαδή μπορεί να διαδίδεται και στο κενό. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό είναι η ταχύτητα του φωτός, κάτι που ακόμη και όταν στα μέσα του 19^{ου} αιώνα αποδείχτηκε από τον Clerk Maxwell υπήρχε ακόμη η αντίληψη πως πρόκειται για σύμπτωση. Αργότερα διαπιστώθηκε πως τα κύματα φωτός είναι κύματα ηλεκτρομαγνητικής φύσεως.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.8, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποτελούνται από συγχρονισμένα ταλαντούμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα μεταξύ τους επίπεδα και κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Αξίζει να σημειωθεί πως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν μπορούν να παραχθούν από σταθερά ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία μιας και η χρονική μεταβολή τους είναι θεμελιώδης γνώρισμα αυτών των κυμάτων.



Εικόνα 1.8: Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο χώρο

Η ταχύτητα διάδοσης ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος συνδέεται με το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου (E) και του μαγνητικού πεδίου (B) με τη σχέση :

$$E = cB$$

Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα ο Maxwell διαπίστωσε πως οι βασικές αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού μπορούν να διατυπωθούν μόνο με τη χρήση τεσσάρων εξισώσεων οι οποίες είναι γνωστές ως εξισώσεις του Maxwell αν και στη πραγματικότητα πρόκειται για τέσσερις νόμους που είχαν ήδη εκφραστεί από τους Gauss, Ampere και Faraday αλλά ο Maxwell ήταν αυτός που αναγνώρισε τη δυνατότητα τους συνολικά να περιγράψουν τις βασικές αρχές της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας. Οι εξισώσεις αυτές στην ολοκληρωτική τους μορφή είναι οι πιο κάτω :

1. Νόμος του Gauss $\oint E \cdot dA = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$

Ο νόμος αυτός αναφέρεται στα ηλεκτρικά πεδία και δείχνει πως το επιφανειακό ολοκλήρωμα του ηλεκτρικού πεδίου σε οποιαδήποτε κλειστή επιφάνεια ισούται με το πηλίκο του περιεχόμενου φορτίου προς τη διηλεκτρική σταθερά του κενού.

2. Νόμος του Gauss για το μαγνητισμό $\oint B \cdot dA = 0$

Ο νόμος αυτός αποδεικνύει πως δεν υπάρχουν μαγνητικά μονόπολα, δηλαδή απομονωμένα φορτία που μπορούν να δημιουργήσουν μαγνητικό πεδίο. Πιο συγκεκριμένα αναφέρει πως το επιφανειακό ολοκλήρωμα του μαγνητικού πεδίου σε κάθε κλειστή επιφάνεια ισούται με μηδέν.

3. Νόμος του Ampere $\oint B \cdot dl = \mu_0 (I_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt})$

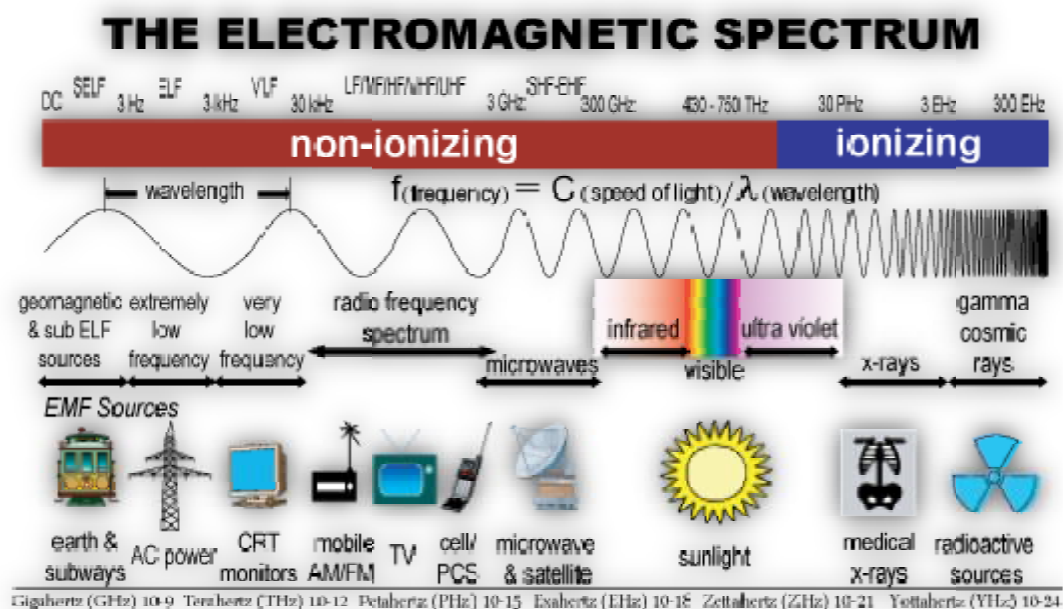
Στη πιο πάνω εξίσωση μ_0 είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού, Φ_E ηλεκτρική ροή και I_c το ρεύμα αγωγιμότητας. Ο νόμος δείχνει πως το ρεύμα αγωγιμότητας και το ρεύμα μετατόπισης που είναι ο δεύτερος όρος στην παρένθεση είναι πηγές του μαγνητικού πεδίου.

4. Νόμος του Faraday $\oint E \cdot dl = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

Ο νόμος αυτός δείχνει πως η μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή (Φ_B) επάγει ηλεκτρικό πεδίο. (Halliday, Resnick & Walker, 2014)

1.5 Ιοντίζουσα και μη Ιοντίζουσα ακτινοβολία

Ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του δέχεται συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας, τόσο από το φυσικό του περιβάλλον όσον και από τεχνητές πηγές. Η ακτινοβολία αυτή επιδρά πάνω του κατά τρόπο πολύπλοκο, άλλοτε ευεργετικό και άλλοτε βλαβερό, εξαρτώμενο από το είδος της, την έντασή της και την ενέργεια που μεταφέρει. Οι ακτινοβολίες μπορούν σε πρώτη προσέγγιση να διακριθούν με βάση την ενέργειά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις ιοντίζουσες και τις μη ιοντίζουσες. (Καμπύλη & Μαρούλης, 2005)



Εικόνα 1.9 : Διαχωρισμός ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος και τη συχνότητα

Ιοντίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει μεγάλη ενέργεια, ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να διασπάσει βίαια χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές βλάβες σε ζώντες οργανισμούς. Ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες είναι οι ακτίνες X που παράγονται στις λυχνίες των ακτινολογικών μηχανημάτων και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, καθώς και οι ακτινοβολίες α , β , γ και τα νετρόνια που εκπέμπονται από τους ασταθείς πυρήνες ατόμων ραδιενεργών υλικών. (Καμπύλη & Μαρούλης, 2005)

Η ακτινοβολία αυτή είναι λίαν επικίνδυνη γιατί δύναται να προκαλέσει ιονισμό. Ως ιονισμός ορίζεται η απόσταση ηλεκτρονίων από τα άτομα. Με αυτή τη διαδικασία διασπώνται δεσμοί DNA και τελικά προκαλούνται βλάβες που μπορούν να οδηγήσουν σε ασθένειες, ακόμα και σε κακοήθεις όγκους. Συνίσταται εξειδίκευση και προσοχή στη χρήση τους. Είναι γνωστό πως οι πρώτοι επιστήμονες που ασχολήθηκαν με τις ακτινοβολίες, όπως η Marie Sklodowska – Curie, απεβίωσαν πρόωρα λόγω λευχαιμίας, ή άλλων μορφών καρκίνου. (Χαϊδεμένος, 2011)

Μη ιονίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει σχετικά μικρή ενέργεια, ανίκανη κατά την αλληλεπίδραση να προκαλέσει άμεσα ιονισμό, αλλά ικανή να προκαλέσει ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα άλλοτε ευεργετικές και άλλοτε επιβλαβείς για τη λειτουργία τους. Γνωστότερες μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι η ορατή ακτινοβολία, η υπέρυθρος, η υπεριώδης, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπουν οι ηλεκτρικές συσκευές, η ακτινοβολία LASER και άλλες. (Καμπύλη & Μαρούλης, 2005)

Η ακτινοβολία αυτή δεν μπορεί να διασπάσει τους χημικούς δεσμούς ή να αποσπάσει ηλεκτρόνια από άτομα προκαλώντας ιονισμό της ύλης όπως η ραδιενέργεια. Υπάρχουν όμως βιολογικές επιδράσεις στην ζώσα ύλη που δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς από τη παγκόσμια επιστημονική κοινότητα. (Χαϊδεμένος, 2011)

Οι δύο αυτές μεγάλες κατηγορίες ακτινοβολιών εμφανίζουν σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους και κατ' επέκταση έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό, οι τρόποι προστασίας από αυτές απαιτούν τελείως διαφορετική μεθοδολογία και μελετώνται από διαφορετικές ομάδες επιστημόνων. (Καμπύλη & Μαρούλης, 2005)

Κεφάλαιο 2

Διαθερμία στη φυσικοθεραπεία

2.1 Συσκευές Διαθερμίας

Οι διαθερμίες είναι συσκευές που χρησιμοποιούν υψίσυχνα ρεύματα για την παραγωγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που μετατρέπεται μέσα στο σώμα σε θερμική ενέργεια. Ο όρος διαθερμία σημαίνει “μέσω της θέρμανσης” και προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις ‘δια’ που σημαίνει μέσα και ‘Θέρμα’ που σημαίνει θέρμανση. (Σπυρόπουλος, 1993)

Διαθερμία είναι μια μορφή θεραπείας η οποία χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για την επαγωγή της θερμότητας μέσα στο σώμα του ασθενή. Αυτό οδηγεί σε αυξημένη κυκλοφορία του αίματος που πιστεύεται ότι επάγει την ταχύτερη επούλωση. Η διαθερμία χρησιμοποιείται σε μια ποικιλία συνθηκών, συμπεριλαμβανομένων διαστρέμματα, μύες και τενόντιες σχισμές, χρόνια ρευματική αρθροπάθεια, τενοντοελυτρίτιδα, θυλακίτιδα και υμενίτιδα. (Delpizzo & Joyner, 1987)

Σαν ηλεκτροθεραπεία υψηλών συχνοτήτων μπορεί να οριστεί η θεραπευτική χρήση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σε συχνότητες μεγαλύτερες των 300KHz, καθότι η ενέργεια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στους ιστούς του ανθρωπίνου σώματος. Η θεραπεία με βραχέα κύματα είναι ένας τύπος ηλεκτροθεραπείας υψηλών συχνοτήτων. (Watson, 2011)

Η ραδιοσυχνότητα (RF) περιοχή της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας περιλαμβάνει ηλεκτρομαγνητικές συχνότητες από 3 kilohertz (kHz) έως 300 GHz, η οποία περιλαμβάνει ενέργεια μικροκυμάτων (MW) που βρίσκεται μεταξύ 300 megahertz (MHz) και 300 gigahertz (GHz) συχνότητες. Η χρήση RF ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας σε συγκεκριμένες συχνότητες συνιστάται για βιομηχανικές, επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές. Στην υγειονομική περίθαλψη, η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια RF χρησιμοποιείται για διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές, όπως η μαγνητική τομογραφία και θεραπευτική ηλεκτροθεραπεία, αντίστοιχα. Σε ηλεκτροθεραπεία, RF ηλεκτρομαγνητική ενέργεια χρησιμοποιείται με μορφές βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων για θεραπευτική τοπική θέρμανση των βιολογικών ιστών, γνωστή ως διαθερμία βραχέων και μικροκυμάτων. Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια χορηγείται στους ασθενείς με θεραπευτικές συσκευές διαθερμίας και ελέγχεται από φυσικοθεραπευτές. Υπάρχουν δύο τύποι των θεραπευτικών διαθερμιών: διαθερμία βραχέων κυμάτων και διαθερμία μικροκυμάτων. (Ghulam, Shah & Farrow, 2013)

2.2 Είδη διαθερμίας

Από τα πρώτα χρόνια της χειρουργικής επιστήμης ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που έπρεπε να επιλυθούν - μαζί με την αναισθησία και την αναγνώριση της ανατομίας του ανθρωπίνου σώματος - ήταν η κοπή των ιστών και η αιμόσταση (Watson, 2011). Η πρώτη τεχνολογία που εφαρμόστηκε, αναπτύχθηκε και συνεχίζει να εξελίσσεται και σήμερα είναι η διαθερμική αιμόσταση και διατομή των ιστών. Για τον σκοπό αυτό επιτυγχάνεται η έκλυση υψηλής θερμότητας (μέχρι το σημείο βρασμού) σε πολύ μικρή επιφάνεια ιστού με την χρήση ηλεκτρικού ρεύματος (Σπυρόπουλος, 1993). Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται ονομάζονται διαθερμίες και είναι οι ακόλουθες:

i. Μονοπολική Διαθερμία

Αρχικά, είχαμε την δημιουργία της μονοπολικής ηλεκτροδιαθερμίας, η οποία ουσιαστικά στηρίζεται στην ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τον ασθενή. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος με μία έξοδο και μία είσοδο: στην έξοδο μπαίνει ένας ακροδέκτης μιας χρήσης που μοιάζει με στυλό (στειλεός διαθερμίας), και ο οποίος εκλύει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στο ανθρώπινο σώμα (δηλαδή την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος), και η είσοδος (ή διαφορετικά γείωση) τοποθετείται σε σημείο του ασθενούς μακριά από το σημείο της επέμβασης (π.χ. πλάτη ή πόδι) και συλλέγει τα ηλεκτρόνια, τα οποία λόγω του κλειστού πλέον κυκλώματος επιστρέφουν στο μηχάνημα (πηγή). Έτσι λοιπόν, την ώρα της ενεργοποίησης του μηχανήματος από τον χειρουργό, ο στειλεός εκλύει ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία λόγω της τοπικής τους εφαρμογής στους ιστούς ουσιαστικά “καίνε” τον ιστό στο συγκεκριμένο σημείο, προκαλώντας τον καυτηριασμό των αγγείων & την κοπή του ιστού. Στην συνέχεια, τα ηλεκτρόνια διασκορπίζονται στο σώμα του ασθενή (και επειδή δεν έχουν πλέον πυκνότητα, δεν έχουν κανένα αποτέλεσμα στα υπόλοιπα όργανα ή στους ιστούς), και τέλος συλλέγονται από την γείωση και επιστρέφουν στην πηγή.

Στην πορεία όμως διαπιστώθηκε πως η μονοπολική διαθερμία είναι ανεπαρκής για όλο το εύρος των χειρουργικών επεμβάσεων, καθώς εγκυμονεί κινδύνους καυτηριασμού άλλων σημείων του σώματος τα οποία δεν θέλουμε, ενώ και η διασπορά της θερμότητας στους παρακείμενους ιστούς ήταν ιδιαίτερα μεγάλη. Παρ’ όλα αυτά, η μονοπολική διαθερμία (με αρκετές βέβαια

εξελίξεις) εξακολουθεί να αποτελεί σήμερα απαραίτητο εργαλείο στην φαρέτρα των χειρουργών για όλες σχεδόν τις χειρουργικές επεμβάσεις.

ii. Διπολική Διαθερμία

Η εξέλιξη της παραπάνω τεχνολογίας ήταν η διπολική διαθερμία. Πλέον, αντί για τοποθέτηση γείωσης σε άσχετο με την επέμβαση σημείο του ασθενούς, δημιουργήθηκε ένα εργαλείο με δύο σιαγόνες (σαν ψαλίδι), το οποίο ουσιαστικά “κλείνει” το κύκλωμα: η μία σιαγόνα εκλύει τα ηλεκτρόνια, και η άλλη τα συλλέγει. Η τοπική αυτή εφαρμογή στους ιστούς ουσιαστικά εξάλειψε τους καυτηριασμούς άλλων σημείων του σώματος, και μείωσε την εκλυόμενη θερμοκρασία από την ροή των ηλεκτρονίων.

iii. Διπολικές Διαθερμίες τελευταίας τεχνολογίας

Η επόμενη εξέλιξη που επιτελέστηκε, ήταν οι διπολικές διαθερμίες οι οποίες έφεραν πάνω στις πηγές ειδικά προγράμματα (softwares) τα οποία ουσιαστικά μετράνε την αγωγιμότητα στους ιστούς (δηλαδή την ροή του αίματος στα αγγεία, καθώς και την πυκνότητα του νερού στους ιστούς), και όταν έχει επιτευχθεί αιμόσταση, ειδικό ηχητικό σήμα ειδοποιεί τον χειρουργό, η ροή ηλεκτρονίων (δηλαδή του ρεύματος) σταματάει και ο χειρουργός χειροκίνητα προωθεί μία λάμα (που είναι κρυμμένη στις σιαγόνες) και κόβει τον ιστό. Η τεχνολογία αυτή διαθέτει στα άκρα (σιαγόνες) του εργαλείου ενισχυμένη μόνωση, προκειμένου να μην υπάρχει τοπική διαρροή ρεύματος ή μεγαλύτερη διασπορά της θερμοκρασίας, ενώ η δυνατότητα πολλαπλής “πυροδότησης” του εργαλείου και η μηχανική κοπή του ιστού δίνει την δυνατότητα στον χειρουργό να ελέγξει πόσες φορές θα “κάψει” τον ιστό για το μέγιστα καλύτερο αποτέλεσμα. (Παπαδημητρίου, 2001)

Τελευταία εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας αποτελεί η διπολική διαθερμία με ηλεκτρικό περιορισμό διασποράς των ηλεκτρονίων, η οποία φυσικά φέρνει και όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά των διπολικών διαθερμιών που προαναφέρθηκαν. Ουσιαστικά, η μία σιαγόνα του εργαλείου φέρει μόνιμα αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, ενώ η άλλη φέρει δύο φορτία: αρνητικό φορτίο εξωτερικά και θετικό εσωτερικά της σιαγόνας. Το πρώτο περιορίζει την ροή των ηλεκτρονίων αυστηρά στις σιαγόνες του εργαλείου (χωρίς να χρειάζονται ογκώδης μονώσεις),

ενώ το θετικού φορτίου σημείο της σιαγόνας δημιουργεί την κατάλληλη ροή ρεύματος (δηλαδή ηλεκτρονίων) για το τελικό αποτέλεσμα. (Σπυρόπουλος, 1993)

2.3 Διαθερμία βραχέων κυμάτων

Οι διαθερμίες βραχέων κυμάτων είναι συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν για θεραπευτικούς σκοπούς το εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας μετατρέποντας το μέσα στους ιστούς, σε θερμότητα. Οι συχνότητες στις οποίες επιτρέπεται να λειτουργούν οι διαθερμίες βραχέων κυμάτων είναι:

- 13,56 MHz με μήκος κύματος 22 μέτρα
- 27,12 MHz με μήκος κύματος 11 μέτρα
- 40,68 MHz με μήκος κύματος 7,5 μέτρα

Η συνηθέστερη συχνότητα που χρησιμοποιείται είναι αυτή των 27,12 MHz που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 11 μέτρων.

Όταν ένα εναλλασσόμενο ρεύμα τόσο υψηλής συχνότητας εισέρχεται στο σώμα, δεν προκαλεί μυϊκή σύσπαση, χημικά εγκαύματα ή δυσάρεστο συναίσθημα νευρικού ερεθισμού κι έτσι είναι δυνατό να περάσει μεγαλύτερη ποσότητα ρεύματος διαμέσου των ιστών, προκαλώντας έτσι μεγαλύτερα θερμικά αποτελέσματα. Για να είναι θεραπευτικά αποτελεσματική η διαθερμία βραχέων κυμάτων, πρέπει η θερμοκρασία των ιστών να φτάσει τους 40–45 °C. (Μιχαλάτου, Πετρουτσόπουλος, Σταθόπουλος, 2001)



Εικόνα 2.1: Διαθερμία βραχέων κυμάτων

Στη συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων είναι το κύκλωμα του ασθενή που παράγει πεδία E και H είτε ίσης δύναμης, ή ισχυρότερο πεδίο E και ασθενέστερο πεδίο H, ή το αντίστροφο. Η αντοχή των E και H πεδίων εξαρτάται από τον τύπο των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα του ασθενούς. Τύποι ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται με συσκευές διαθερμίας βραχέων κυμάτων περιλαμβάνουν επαγωγικά και χωρητικά ηλεκτρόδια κυρίως για την παραγωγή ενός πεδίου H και E, αντίστοιχα. Η επιλογή του τύπου των ηλεκτροδίων εξαρτάται από την επιλογή του φυσικοθεραπευτή με βάση την κλινική κατάσταση που έχει να αντιμετωπίσει.

Οι διαθερμίες βραχέων κυμάτων χρησιμοποιούνται σε παλμική ή συνεχή λειτουργία. Κατά τη παλμική λειτουργία, η συσκευή, απελευθερώνει ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, με τη μορφή βραχέων παλμών (bursts) ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που χωρίζονται σε σύντομες περιόδους όπου δεν

υπάρχουν παλμοί ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Κατά τη συνεχή λειτουργία οι συσκευές διαθερμίας βραχέων κυμάτων απελευθερώνουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια συνεχώς.

Σε κλινική πρακτική η παλμική διαθερμία βραχέων κυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής και μη θερμικής επίδρασης, ενώ η συνεχόμενη λειτουργία χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικών επιδράσεων.

Οι συσκευές διαθερμίας βραχέων κυμάτων έχουν διαφορετικές ρυθμίσεις για τρεις παραμέτρους:

- ρυθμός επανάληψης παλμών (εύρος 26 έως 800 παλμούς / δευτερόλεπτο)
- διάρκεια παλμού (εύρος για 20 έως 400 μικροδευτερόλεπτα)
- μέγιστη ισχύς παλμού (περιοχή από 150 έως 200 W), οι οποίες ελέγχονται από τον χειριστή της συσκευής, ο οποίος ρυθμίζει αυτές τις παραμέτρους ανάλογα με την ιατρική κατάσταση που αντιμετωπίζει.

Επιπλέον, ο φυσικοθεραπευτής ευθυγραμμίζει και εφαρμόζει τα ηλεκτρόδια στο τμήμα του σώματος του ασθενή που υποβάλλεται σε θεραπεία πριν από την έναρξη της ηλεκτροθεραπείας. (Ghulam, Shah & Farrow, 2013).

Η τοπική εφαρμογή θερμότητας αυξάνει την ευλυγισία του κολλαγόνου της αρθρικής κάψας και των τενόντων, ελαττώνει τον μυϊκό σπασμό και την δυσκαμψία και ανακουφίζει από τον πόνο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επισπεύσει την θεραπεία, από την στιγμή που έχει ολοκληρωθεί η φάση της φλεγμονής, η οποία διαρκεί τρεις μέρες. Σε περίπτωση υποτροπής του τραυματισμού το χρονικό αυτό διάστημα αυξάνεται. (Παπαδημητρίου, 2001)

Η επίδραση των βραχέων κυμάτων συνεχούς μορφής είναι σημαντική στο κυκλοφορικό σύστημα, ειδικά οι μικρές αρτηρίες και τα τριχοειδή αγγεία διευρύνονται τόσο όσο σε καμιά άλλη μορφή θερμότητας. Επίσης διαπιστώθηκε μία ενισχυμένη μετακίνηση της λέμφου η οποία αυξάνει την κυκλοφορία των ιστών. Με την εφαρμογή χαμηλής έντασης και με διάρκεια θεραπείας περίπου δέκα λεπτών έχουμε βελτίωση της κυκλοφορίας του αίματος ενώ αντίθετως μεγαλύτερη ένταση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μας δίνει αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή αγγειοσύσπασση και ελάττωση της αιματικής ροής. (Σπυρόπουλος, 1993)

Συνοψίζοντας με την εφαρμογή της διαθερμίας βραχέων κυμάτων έχουμε μία θετική επίδραση στην αιματική κυκλοφορία η οποία αποδίδεται σε μια διαστολή όλων των αγγείων και συνοδεύεται από μια ανάλογη αύξηση της λεμφικής κυκλοφορίας. (Watson, 2011)

2.3.1 Μέθοδοι εφαρμογής

Χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι εφαρμογής της διαθερμίας βραχέων κυμάτων: η μέθοδος των πυκνωτών και η μέθοδος του επαγωγικού πηνίου.

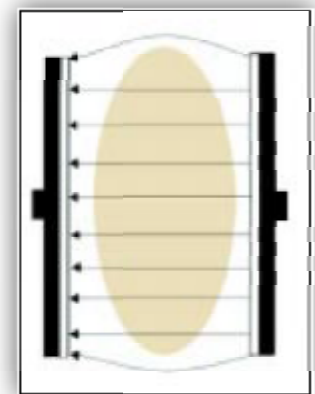
Μέθοδος πεδίου πυκνωτή

Οι συσκευές διαθερμίας βραχέων κυμάτων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο πεδίου πυκνωτή λειτουργούν με τύμπανα ή με πλακέ ηλεκτρόδια. Κάθε τύμπανο αποτελείται από ένα κυκλικό μεταλλικό ηλεκτρόδιο που περιβάλλεται από κυκλική γυάλινη ή πλαστική θήκη. Το πλακέ ηλεκτρόδιο αποτελείται από ένα αποπεπλατισμένο επίπεδο ηλεκτρόδιο που μεταβάλλεται από πλαστική θήκη.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τους ιστούς του οργάνου σαν διηλεκτρικό μέσο μεταξύ τυμπάνων ή των πλακέ ηλεκτροδίων και η θερμότητα παράγεται από την ταλάντωση των μορίων των ιστών του ασθενή. Για να αποφευχθεί η υπερθερμότητα παρεμβάλλει σχετική απόσταση από το δέρμα. Η κατανομή της θερμότητας εξαρτάται από το πάχος του υποδόριου λίπους και συγκεκριμένα όταν το πάχος είναι μεγαλύτερο του 1,2 cm τότε ο υποδόριος ιστός θα θερμανθεί ικανοποιητικά, ενώ οι βαθύτεροι ιστοί όχι. Όταν το πάχος του λίπους είναι μικρότερο του 0,5cm τότε σημαντικός παράγοντας στη κατανομή της θερμότητας είναι η τεχνική της εφαρμογής. Οι τεχνικές εφαρμογών πεδίου πυκνωτή στις συσκευές διαθερμίας βραχέων κυμάτων είναι οι εξής:

i. Παράλληλη τοποθέτηση ηλεκτροδίων

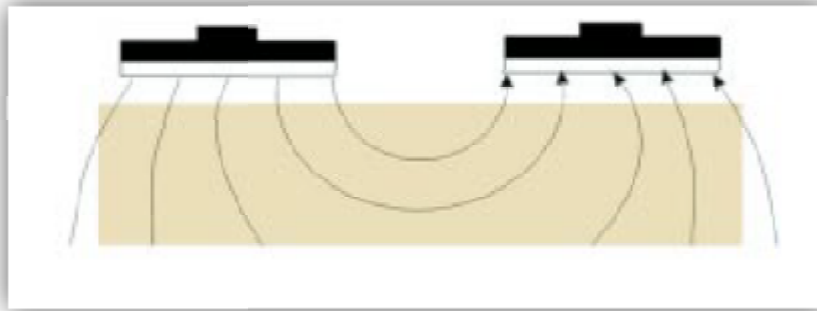
Σε αυτή την τεχνική τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε αντίθετες επιφάνειες του σώματος, έτσι ώστε η προς θεραπεία περιοχή να βρίσκεται ανάμεσα σ' αυτά. Είναι η καλύτερη μέθοδος για τη θέρμανση των εν τω βάθει ιστών και διαφόρων αρθρώσεων όπως π.χ. η ποδοκνημική άρθρωση, το γόνατο, ο αγκώνας, ο ώμος και η πηχεοκαρπική. Κάποιες φορές η θέση των ηλεκτροδίων μπορεί να τροποποιηθεί έτσι, ώστε να μη βρίσκονται ακριβώς απέναντι το ένα από το άλλο. Αν τότε βρίσκονται παράλληλα προς το δέρμα κι αν ισαπέχουν από αυτό, μπορεί να παραχθεί πολύ καλό θερμικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 2.2: Παράλληλη τοποθέτηση ηλεκτροδίων

ii. Σε σειρά τοποθέτηση των ηλεκτροδίων

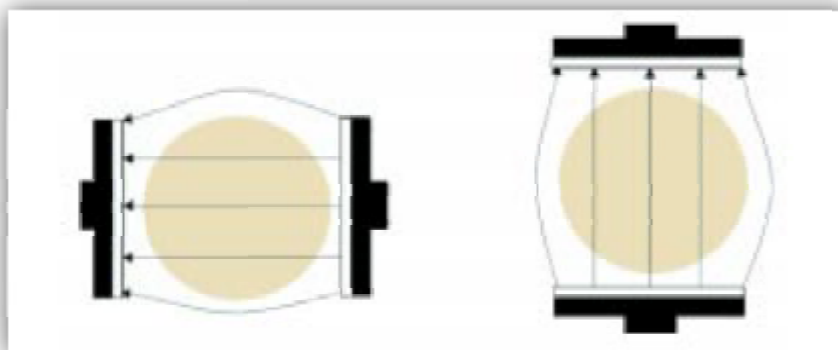
Τα δύο ηλεκτρόδια τοποθετούνται στην ίδια επιφάνεια του σώματος, το ένα δίπλα στο άλλο και σε απόσταση όχι μικρότερη των 6 cm μεταξύ τους. Η θέρμανση που επιτυγχάνεται με αυτή τη μέθοδο είναι πιο επιφανειακή αλλά είναι αρκετά ικανοποιητική μέθοδος για εκτεταμένες περιοχές του σώματος που δεν υπάρχει μεγάλο στρώμα υποδόριου λίπους όπως π.χ. στη θωρακική και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.



Εικόνα 2.3: Σε σειρά τοποθέτηση ηλεκτροδίων

iii. Διασταυρούμενη τοποθέτηση ηλεκτροδίων

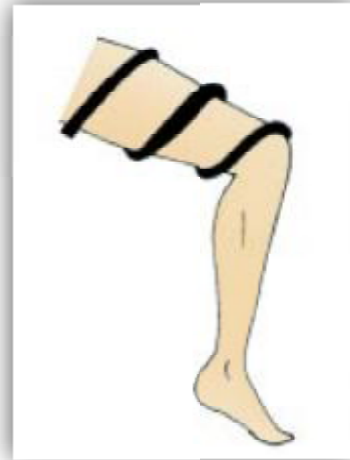
Με τη τεχνική αυτή, το μισό τμήμα της θεραπείας γίνεται με τα ηλεκτρόδια σε μια θέση και η υπόλοιπη θεραπεία γίνεται αλλάζοντας τη θέση των ηλεκτροδίων, έτσι ώστε το νέο πεδίο που δημιουργείται να βρίσκεται σε ορθή γωνία με το προηγούμενο. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σπάνια και κυρίως για θεραπεία των τοιχωμάτων διαφόρων κοιλοτήτων που περιέχουν αέρα. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου περνούν μέσα από τους ιστούς αλλά αποφεύγουν την κοιλότητα, επομένως τα τοιχώματα εκείνα που βρίσκονται απέναντι από τα ηλεκτρόδια δεν θερμαίνονται επαρκώς. Αλλάζοντας στη συνέχεια τη θέση των ηλεκτροδίων, δημιουργώντας ένα νέο πεδίο κάθετο με το προηγούμενο, γίνεται θεραπεία και αυτών των κοιλοτήτων. Η τεχνική αυτή μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε περιοχές που βρίσκονται αρκετά βαθιά, ιδιαίτερα εάν υπάρχουν πολλά αγγεία στην περιοχή όπως π.χ. η άρθρωση του ισχίου ή τα εσωτερικά όργανα της πυέλου.



Εικόνα 2.4: Διασταυρούμενη τοποθέτηση ηλεκτροδίων

Μέθοδος επαγωγικού πηνίου

Με τη μέθοδο αυτή για να θερμανθούν περισσότερο οι εν τω βάθει ιστοί και λιγότερο το υποδόριο λίπος λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος του μαγνητικού πεδίου, οι διασταυρούμενη επιφάνεια των γραμμών του πεδίου και η κατεύθυνση του πεδίου σε σχέση με τους ιστούς. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των διασταυρούμενων γραμμών του πεδίου και όσο πιο κάθετο είναι το πεδίο στους ιστούς, τόσο επιτυγχάνεται μεγαλύτερη και βαθύτερη αύξηση θερμοκρασίας. Επίσης όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του πεδίου και όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα των γραμμών του τόσο ταχύτερη είναι η αύξηση στους ιστούς.



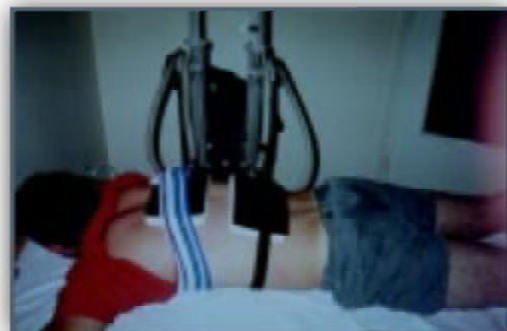
Εικόνα 2.5: Εφαρμογή περιτυλιγμένου καλώδιου στο μηρό

Οι συσκευές διαθερμίας βραχέων κυμάτων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο επαγωγικού πηνίου λειτουργούν με επαγωγικό ελικοειδή εφαρμοστή ο οποίος έχει τις εξής μορφές:

- i. Πτυσσόμενο τύμπανο (για μύες των κάτω άκρων, ωμική ζώνη, αυχενική και οσφυϊκή μοίρα σπονδυλικής στήλης)
- ii. Monopode (για σχετικά μικρές εκτάσεις)
- iii. Τηγανίτας ή pancake (για σχετικά μεγάλες επιφάνειες)
- iv. Καλώδιο (για αρθρώσεις άκρων)



Εικόνα 2.6: Εφαρμογές δύο τυμπάνων αέρος στον ώμο



Εικόνα 2.7: Εφαρμογή με δύο πλακέ ηλεκτρόδια



Εικόνα 2.8: Εφαρμογή με ένα πλακέ ηλεκτρόδιο και ένα τύμπανο αέρος



Εικόνα 2.9: Συμμετρική τοποθέτηση τυμπάνων στην ΑΜΣΣ



Εικόνα 2.10: Τοποθέτηση του ενός τυμπάνου στην ΑΜΣΣ και του άλλου στην περιοχή του ώμου



Εικόνα 2.11: Εφαρμογή στο γόνατο

2.4 Φυσιολογικές επιδράσεις της διαθερμίας βραχέων κυμάτων

- Το βασικό φυσιολογικό αποτέλεσμα της διαθερμίας βραχέων κυμάτων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στους εν τω βάθει αλλά και στους επιφανειακούς ιστούς του ανθρώπινου σώματος.
- Η τοπική εφαρμογή της διαθερμίας βραχέων κυμάτων επιφέρει μια βαθύτερη υπεραιμία, η οποία συνοδεύεται από αύξηση του μεταβολισμού και αντιφλεγμονώδη δράση.

Ταυτόχρονα όμως παρατηρείται και αύξηση της λεμφικής ροής με αποτέλεσμα να αυξάνεται, κάτω από ορισμένες, σπάνιες, συνθήκες, ο όγκος του μέλους.

- Υπάρχει μια σημαντική αύξηση της έκκρισης των ενδοκρινών και των ιδρωτοποιών αδένων στην περιοχή της θεραπείας
- Εφαρμογή σε μεγάλη επιφάνεια του σώματος μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τη διαστολή των περιφερικών αιμοφόρων αγγείων και την αύξηση της θερμοκρασίας του αίματος, τα οποία προκαλούν αύξηση των καρδιακών παλμών και της αναπνοής. Επακόλουθο όλων αυτών είναι η αύξηση του γενικού μεταβολικού ρυθμού του σώματος.
- Η διαθερμία βραχέων κυμάτων εξασκεί ένα φανερό κατευναστικό αποτέλεσμα σε περιπτώσεις ερεθισμού των αισθητικών (αναλγητική δράση) αλλά και των κινητικών νεύρων (μυοχαλαρωτική δράση).
- Όταν η εφαρμογή γίνεται σε εκτεταμένες περιοχές του σώματος όπως π.χ. στη θωρακοσφυϊκή περιοχή, μπορεί να παρατηρηθεί πτώση της αρτηριακής πίεσης.
- Η εφαρμογή της διαθερμίας βραχέων κυμάτων συντελεί στη μείωση της ακαμψίας και στην αύξηση της κινητικότητας των αρθρώσεων. (Μιχαλάτου, Πετρουτσόπουλος, Σταθόπουλος, 2001)

2.5 Ενδείξεις

Η χρήση των διαθερμιών βραχέων κυμάτων ενδείκνυται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Σε μυϊκούς σπασμούς σκελετικών μυών για τη χαλάρωσή τους.
- Σε δύσκαμπτες αρθρώσεις.
- Σε περιφερικές αγγειακές παθήσεις.
- Σε κακώσεις περιφερικών νεύρων.
- Σε υποξίες και χρόνιες φλεγμονώδεις και τραυματικές καταστάσεις (π.χ. αγκυλοποιητική σπονδυλοαρθρίτιδα, επικονδυλίτιδα, ινίτιδα, ρευματοειδή αρθρίτιδα, ορογονοθυλακίτιδα, μετατραυματική αρθρίτιδα, κακώσεις συνδέσμων).
- Σε δερματικές παθήσεις για τη βελτίωση της αιματικής και της λεμφικής ροής.
(Watson, 2011)

2.6 Αντενδείξεις

- Εμφυτευμένοι βηματοδότες, ή άλλες μορφές διεγερτών ή ηλεκτρονικών αντλιών (εντός τριών μέτρων από τη συσκευή ΔΒΚ, ή ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή).
- Μέταλλο εντός των ιστών.
- Μέταλλο στην επιφάνεια των ιστών, το οποίο δεν μπορεί να αφαιρεθεί, όπως είναι μια εξωτερική οστεοσύνθεση, ή κάποιοι οδοντικοί νάρθηκες.
- Ελλειμματική αντίληψη της θερμότητας.
- Αδυναμία των ασθενών να ελέγξουν τις κινήσεις τους, ή ελλιπής συντονισμός. Για παράδειγμα, πολύ νεαροί ασθενείς, ασθενείς με νοητική υστέρηση, ασθενής με ανεξέλεγκτη κινητικότητα λόγω κάποιας ασθένειας, ή ασθενείς που δεν μπορούν να επικοινωνήσουν αξιόπιστα και αποτελεσματικά.
- Κατά τη διάρκεια εγκυμοσύνης.
- Αιμορραγικές καταστάσεις, ή καταστάσεις όπου επίκειται αιμορραγία. Μέσω της αύξησης της αγγειοδιαστολής και της ελάττωσης του ιξώδους του αίματος η θέρμανση ενδέχεται να παρατείνει την αιμορραγία. Στην περίπτωση της διαθερμίας βραχέων κυμάτων η θέρμανση μπορεί να λάβει χώρα στους εν τω βάθει ιστούς, οπότε ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος από ότι για τις μορφές της επιπολής θερμοθεραπείας. Μπορεί να προκληθεί επιπρόσθετη αιμορραγία κατά την εφαρμογή διαθερμίας βραχέων κυμάτων στην πύελο κατά τη διάρκεια της έμμηνου ρύσης (ενδεχόμενος κίνδυνος, συνήθως όχι αντένδειξη).
- Συνθήκες, στις οποίες υπάρχει υγρό υπό πίεση, π.χ. οξεία ορογονοθυλακίτιδα, λεμφοίδημα, αιμάτωμα ή αίμαρθρο.
- Ισχαιμικοί ιστοί, που δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν στην ανάγκη για αύξηση της αιματικής ροής για την υποβοήθηση της διάχυσης της πλεονάζουσας θερμότητας.
- Στους κακοήθεις όγκους δεν πρέπει να εφαρμόζεται οποιαδήποτε μορφή θερμοθεραπείας, στην περίπτωση που ο αυξημένος μεταβολικός ρυθμός οδηγήσει σε αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των μεταστάσεων. Αυτός είναι ένας ιδιαίτερος κίνδυνος για τη διαθερμία βραχέων κυμάτων, δεδομένης της αποτελεσματικότητας της εν τω βάθει θέρμανσης. Παρομοίως, στους ιστούς, που έχει εφαρμοστεί ακτινοθεραπεία, δεν πρέπει να εφαρμόζεται διαθερμία βραχέων κυμάτων, κατά τη απουσία σύστασης για το αντίθετο από τον θεράποντα ογκολόγο.
- Στις ενεργείς φυματιώδεις βλάβες δεν πρέπει να εφαρμόζεται διαθερμία βραχέων κυμάτων, αφού η θέρμανση μπορεί να επαυξήσει τη δραστηριότητα του βακίλου. Κατά την απουσία υποστηρικτικών στοιχείων είναι σκόπιμο να αποφεύγεται αυτού του είδους η εφαρμογή.
- Τα σημεία πρόσφατης φλεβικής θρόμβωσης πρέπει να αποφεύγονται, στην περίπτωση που η θέρμανση χαλαρώσει κάποιον θρόμβο, οπότε μπορεί να προκύψει πνευμονικός εμβολισμός. Η αγωγή είναι ασφαλής όταν το αγγείο έχει υποστεί ίνωση.

- Όταν ο ασθενής είναι πυρετικός, ή όταν υπάρχει μία περιοχή οξείας φλεγμονής, πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή κάθε μορφή εκτεταμένης ή έντονης τοπικής θέρμανσης. (Robertson, Ward, Low, Reed, 2006)

2.7 Αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων

Οι αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων με ιστό μπορούν να θεωρηθούν σε μακροσκοπικό ή μικροσκοπικό επίπεδο. Σε μικροσκοπικό επίπεδο, τρεις βασικοί μηχανισμοί αποτελούν τη βάση των αλληλεπιδράσεων.

Αυτά περιλαμβάνουν:

- ο προσανατολισμός των ηλεκτρικών διπόλων που υπάρχουν ήδη στα άτομα και τα μόρια του ιστού
- πόλωση των ατόμων και των μορίων για την παραγωγή ηλεκτρικού διπόλου
- εκτόπιση ή μετατόπιση της αγωγιμότητας ηλεκτρονίων και ιόντων στον ιστό.

Θερμότητα μπορεί να παράγεται σε ιστό σε κάθε μία από αυτές τις τρεις αλληλεπιδράσεις. Στις δύο πρώτες περιπτώσεις, η θερμότητα που παράγεται μέσω της τριβής που σχετίζεται με την κυκλοφορία των ατόμων και των μορίων μετά από τη στιγμή μεταβολής του ηλεκτρικού πεδίου. Στην περίπτωση της μετατόπισης των τελών αγωγιμότητας, η σύγκρουση των ηλεκτρονίων και των ιόντων με άτομα και μόρια του ιστού παράγουν θερμότητα. Σημειώστε ότι είναι μόνο το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο που μεταφέρει την ενέργεια στον ιστό. Ωστόσο, τα μαγνητικά πεδία θα προκαλούν τα ηλεκτρικά πεδία σε ιστούς δημιουργώντας έτσι θερμότητα. Έτσι, τόσο τα ηλεκτρικά όσο και τα μαγνητικά πεδία που παράγονται από την εφαρμογή διαθερμίας είναι σημαντικές σε σχέση με την παραγωγή θερμότητας.

Και οι τρεις από τις παραπάνω αλληλεπιδράσεις περιγράφονται από την μακροσκοπική ιδιότητα του ιστού, που ονομάζεται “πολύπλοκη διηλεκτρική σταθερά”, το οποίο αντιπροσωπεύει την διηλεκτρική σταθερά και την απώλεια παράγοντα του ιστού. Το σύμπλοκο διηλεκτρική σταθερά του ιστού είναι μία συνάρτηση της συχνότητας και, ως αποτέλεσμα, τον πολλαπλασιασμό και την εξασθένηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εξαρτάται από την συχνότητα.

Σε διαθερμία βραχέων κυμάτων ο ασθενής γίνεται τμήμα του ηλεκτρικού κυκλώματος της γεννήτριας χρησιμοποιώντας είτε ένα επαγωγικό πηνίο ή μια συσκευή εφαρμογής τύπου πυκνωτή. Ένας μεταβλητός πυκνωτής στη μονάδα συντονίζεται για να ταιριάζει με τη γεννήτρια στο κύκλωμα ασθενούς-συσκευή εφαρμογής, επιτυγχάνοντας έτσι μέγιστη μεταφορά ισχύος.

Εάν χρησιμοποιείται μια συσκευή εφαρμογής ο ασθενής υποβάλλεται σε ένα ταλαντούμενο ηλεκτρικό πεδίο το οποίο προκαλεί τα μόρια στον ιστό να δονούνται και να παράγουν θερμότητα. Στην περίπτωση επαγωγικού εφαρμογέα, πρωτογενή θέρμανση οφείλεται σε δινορευμάτα που προκαλούνται από το ταλαντούμενο μαγνητικό πεδίο. Το μοτίβο θέρμανσης καθορίζεται από τον τύπο του εφαρμογέα, ανάλογα με το μέγεθος της και από τη θέση του σε σχέση με τον ασθενή. (DeIrizzo & Joyner, 1987)

2.8 Κανόνες Ασφάλειας

Υπάρχουν κάποια πράγματα που πρέπει να προσέχουμε όταν πρόκειται να γίνει εφαρμογή των διαθερμιών βραχέων κυμάτων και αυτά είναι:

- ο ασθενής να μην έχει καρδιακό βηματοδότη και γενικά να βεβαιωθούμε ότι δεν υπάρχει καμία άλλη αντένδειξη για την εφαρμογή.
- Η περιοχή στην οποία θα γίνει η θεραπεία πρέπει να είναι ξηρή και απαλλαγμένη από μεταλλικά αντικείμενα π.χ. κοσμήματα, αλυσίδες κτλ.
- Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται μεταλλικές καρέκλες ή κρεβάτια για την τοποθέτηση του ασθενή.
- Αν ενεργοποιηθεί το σύστημα χωρίς να παρεμβάλλονται ιστοί μεταξύ των 2 ηλεκτροδίων μπορεί να δημιουργηθεί βλάβη στο μηχανήμα.
- Πρέπει όλα τα εξαρτήματα της συσκευής (καλώδια, ηλεκτρόδια κτλ.) να είναι σε καλή κατάσταση και κατάλληλα τοποθετημένα και να υπάρχει καλή γείωση του μηχανήματος.
- Ο ασθενής πρέπει να βρίσκεται σε αναπαυτική και άνετη θέση, έτσι ώστε να μπορεί να μένει ακίνητος για όλη τη διάρκεια της θεραπείας.
- Κατά τη διάρκεια της θεραπείας πρέπει να ελέγχουμε συχνά για τυχόν υπερθέρμανση και εγκαύματα της υπό θεραπείας περιοχής.
- Σε περίπτωση εφίδρωσης της υπό θεραπεία περιοχής διακόπτουμε τη θεραπεία, σκουπίζουμε τον ιδρώτα και κατόπιν συνεχίζουμε την εφαρμογή.
- Δεν επιτρέπεται καμία μετακίνηση των ηλεκτροδίων όταν το κύκλωμα είναι ενεργοποιημένο.
- Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής διαθερμίας βραχέων κυμάτων πρέπει να απομακρύνονται από την περιοχή της θεραπείας άλλα φυσικοθεραπευτικά μηχανήματα ή λοιπές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, επειδή το πεδίο διαθερμίας μπορεί να προκαλέσει παρεμβολές στη λειτουργία τους. Η ελάχιστη απόσταση που συνιστάται είναι τα 4,5 m.
- Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής ο φυσικοθεραπευτής δεν πρέπει να απομακρύνεται ποτέ από το δωμάτιο αλλά και ταυτόχρονα δεν πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη του 1 m από το μηχανήμα ή τα ηλεκτρόδια.

- Μετά το τέλος της εφαρμογής πρέπει να περάσουν τουλάχιστον 10 λεπτά πριν φύγει ο ασθενής και αφού προηγουμένως έχει ντυθεί καλά.
(Μιχαλάτου, Πετρουτσόπουλος, Σταθόπουλος, 2001).

2.8.1 Όρια έκθεσης

Για τους διαχειριστές και τα μέλη του κοινού, συμπεριλαμβανομένων και των άλλων ασθενών, receptionists, κλπ., οποιοδήποτε αποτέλεσμα που προκαλείται σε αυτούς είναι ανεπιθύμητο και ως εκ τούτου η έκθεση πρέπει να περιορίζεται στα επίπεδα που καθορίζονται από το Αυστραλιανό Πρότυπο AS2772 (ΣΣΣ 1985). Τα επαγγελματικώς εκτιθέμενα άτομα είναι τα άτομα που εκτίθενται σε ακτινοβολία, ως άμεση συνέπεια της απασχόλησής τους, η οποία σε αυτή την περίπτωση, είναι οι επιχειρηματίες των μονάδων διαθερμίας. (Delpizzo & Joyner, 1987)

Κατά τη διάρκεια της θεραπείας, όταν είναι σε λειτουργία η συσκευή, οι φυσικοθεραπευτές απαιτείται να μείνουν σε ελάχιστη απόσταση 1 m από τα ηλεκτρόδια και τη συσκευή διαθερμίας και 0,5 m από τα καλώδια, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα από έρευνες των συσκευών διαθερμίας βραχέων κυμάτων στις ΗΠΑ (Ruggera, 1980) και Καναδά (Stuchly, 1982). Επιπλέον, οι φυσικοθεραπευτές διδάσκονται να μην χειρίζονται τα ηλεκτρόδια, όταν η μηχανή είναι σε λειτουργία. (Ghulam, Shah & Farrow, 2013)

Παρά το γεγονός ότι οι συντάκτες της εν λόγω έρευνας, δεν έκαναν κανένα σχόλιο σχετικά με αυτό το αποτέλεσμα, άλλες συσκευές διαθερμίας που ρωτήθηκαν, του ίδιου μοντέλου και χρησιμοποιούνται για την ίδια μέθοδο θεραπείας, παράγουν πολύ μικρότερη πυκνότητα ισχύος σε απόσταση 1m από το σύστημα εφαρμογής. Φαίνεται ότι η συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων στο ερώτημα μπορεί να είχε είτε ελαττωματικά καλώδια, βύσματα, ή τη μονάδα εφαρμογής. Υπήρχαν άλλες συσκευές σε αυτή την έρευνα, που ξεπέρασαν τα όρια σε απόσταση 1 m.

Για να διασφαλιστεί ότι οι φορείς εκμετάλλευσης δεν εκτίθενται πάνω από το συνιστώμενο όριο, οι κωδικοί ορίζουν τις ελάχιστες αποστάσεις που ο χειριστής θα πρέπει να διατηρήσει από τους εφαρμοστές:

- για βραχέα κύματα: 1m από τους εφαρμοστές και 0.5m από τα καλώδια. Οι σύντομες εξορμήσεις κοντά στα ηλεκτρόδια επιτρέπονται, αλλά μόνο όταν είναι απαραίτητο (DHW 1983)
- για μικροκύματα: 2 m από τους εφαρμοστές, αλλά παραμένουν εκτός της άμεσης πορείας

Η απόσταση των 2 m θα πρέπει να διασφαλίζει ότι εάν προκύψουν αντανάκλασεις (μπορεί να αποδειχθεί ότι, λόγω του πιθανού σχηματισμού στάσιμων κυμάτων, οι πυκνότητες ρεύματος μπορεί να αυξηθούν κατά ένα τέταρτο στην προκειμένη περίπτωση) η έκθεση του χειριστή θα είναι εντός των συνιστώμενων ορίων.

Μπορεί επίσης να ξεπεραστεί το όριο επαγγελματικής έκθεσης, εάν περισσότερες από μια μονάδα διαθερμίας λειτουργεί εντός 2 m από το άλλο. Μετρήθηκε το πεδίο των υφιστάμενων στο χώρο ανάμεσα σε μια σειρά από συσκευές διαθερμίας (μικροκυμάτων και βραχέων κυμάτων), κατά τη χορήγηση των κοινών τρόπων θεραπείας. Έγινε υπέρβαση του συνιστώμενου ορίου μεταξύ των συσκευών βραχέων κυμάτων, αλλά όχι ανάμεσα σε δύο συσκευές μικροκυμάτων, πιθανόν λόγω της μεγαλύτερης κατευθυντικότητας των εφαρμοστών μικροκυμάτων. (DeIppizzo & Joyner, 1987)

2.8.2 Συστάσεις για αποφυγή υπερβολικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο κατά τη διάρκεια θεραπευτικής ηλεκτροθεραπείας με συσκευές διαθερμίας:

Οργανωτικά μέτρα

- Προτείνεται η αλλαγή των κατευθυντήριων γραμμών, αλλά, πριν από αυτό, ζητήστε τη συμβουλή για χρήση μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας από εμπειρογνώμονες σε θέματα προστασίας όταν δεν είστε βέβαιοι.
- Η περιοχή που χρησιμοποιείται για τη θεραπεία διαθερμίας πρέπει να περιβάλλεται από μια ένδειξη "δαχτυλίδι" (6 m διάμετρος) για να αποφευχθεί η άσκοπη έκθεση των άλλων φυσικοθεραπευτών και ασθενών από RF ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.
- Αλλαγές στο σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του χώρου εργασίας.
- Αγωγίμα υλικά, όπως τα μεγάλα μεταλλικά αντικείμενα, π.χ., κρεβάτια, καρέκλες, τραπέζια, θερμοσίφωνες, και καλοριφέρ δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στο χώρο θεραπείας.
- Το μέγεθος του θαλάμου που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροθεραπεία με διαθερμία πρέπει να είναι επαρκής για να παρέχεται ασφαλής απόσταση από το φυσικοθεραπευτή και τη συσκευή λειτουργίας διαθερμίας.
- Άλλοι φυσικοθεραπευτές και οι ασθενείς στους γειτονικούς θαλάμους θεραπείας θα πρέπει να είναι σε αθέατη πλευρά του προσκείμενου θαλάμου.
- Θα πρέπει να παρέχονται φυσικοθεραπευτές κατάρτισης και ενημέρωσης για ασφαλή εργασία πρακτικών και την αποφυγή του κινδύνου της υπερβολικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.
- Πρότυπο εργασίας φυσικοθεραπευτών θα πρέπει να αναδιοργανωθεί για να περιοριστεί η διάρκειά τους και έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.
- Διευθυντές φυσικοθεραπείας θα πρέπει να εξασφαλίζουν την τακτική (τουλάχιστον ετήσια) συντήρηση των θεραπευτικών συσκευών διαθερμίας, ηλεκτρόδια και καλώδια-οργάνωση τακτικής παρακολούθησης του εργασιακού περιβάλλοντος φυσικοθεραπευτών και να αναλάβουν τη συνεχή επιτήρηση της κατάστασης της υγείας των φυσικοθεραπευτών από τη σκοπιά της πρόληψης και της έγκαιρης διάγνωσης τυχόν ανεπιθύμητων επιπτώσεων στην υγεία.

Βασικά μέτρα ασφαλείας

- Φυσικοθεραπευτές (εκείνοι που χρησιμοποιούν τη θεραπευτική συσκευή διαθερμίας) δεν θα πρέπει να προσεγγίζουν τη συσκευή, να στέκονται κοντά, ή να περπατάνε πάνω από τα καλώδια και τα ηλεκτρόδια <1,5 m για συνεχόμενο διαθερμίας βραχέων κυμάτων και <1 m για παλμικό διαθερμίας βραχέων κυμάτων και διαθερμίας μικροκυμάτων ακόμη και για σύντομα χρονικά διαστήματα όταν η συσκευή διαθερμίας λειτουργεί.
- Τοποθέτηση του εξοπλισμού για την πρόληψη φυσικοθεραπευτών, για να μην περπατάνε πάνω από τα ηλεκτρόδια.
- Η ελάχιστη διακριτική απόσταση μεταξύ της συσκευής διαθερμίας και φυσικοθεραπευτή που λειτουργεί τη συσκευή διαθερμίας ($\geq 1,5$ m για συνεχόμενο ΔBK και > 1 m για παλμικό ΔBK και ΔMK) καθ' όλη τη διάρκεια της κάθε θεραπευτικής συνεδρίας με την διαθερμία.
- Τα ηλεκτρόδια δεν πρέπει να κατευθύνονται σε συμπαγείς τοίχους του δωματίου θεραπείας, αλλά κουρτίνες ή διχοτόμηση μεταξύ των θαλάμων.
- Μη αγώγιμα κρεβάτια, αλλά ξύλινα, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της θεραπείας με διαθερμία, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται κρεβάτια που περιέχουν μέταλλο.
- Οι φυσικοθεραπευτές πρέπει να αποφεύγουν να στέκονται στο πίσω μέρος της συσκευής διαθερμίας, στην κατεύθυνση των (της δέσμης) ηλεκτροδίων, και κοντά στα καλώδια κατά τη διάρκεια της θεραπείας με διαθερμία.

Τεχνικά μέτρα

- Τα καλώδια θα πρέπει να ελέγχονται, τα κατάλληλα που ορίζονται στο θάλαμο θεραπείας, και να τοποθετούνται σε επαρκή απόσταση από το φυσικοθεραπευτή για τη λειτουργία μιας συσκευής διαθερμίας.
- Η συσκευή διαθερμίας πρέπει να απενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της δημιουργίας ή / και να επανατοποθετούνται τα ηλεκτρόδια.
- Πρέπει να αναλάβει τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων από διάφορες μάρκες και μοντέλα για τους τρόπους διαθερμίας χρησιμοποιώντας διαφορετική ισχύ (και παλμό) ρυθμίσεων για την αναγνώριση της συσκευής ειδικών εκπομπών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.
- Μπορεί να χρειαστεί θωράκιση και αλλαγές στο σχεδιασμό των ηλεκτροδίων, καλωδίων, και των μονάδων διαθερμίας για τη μείωση της έκθεσης σε ΗΜΠ.
(Ghulam, Shah & Farrow, 2013)

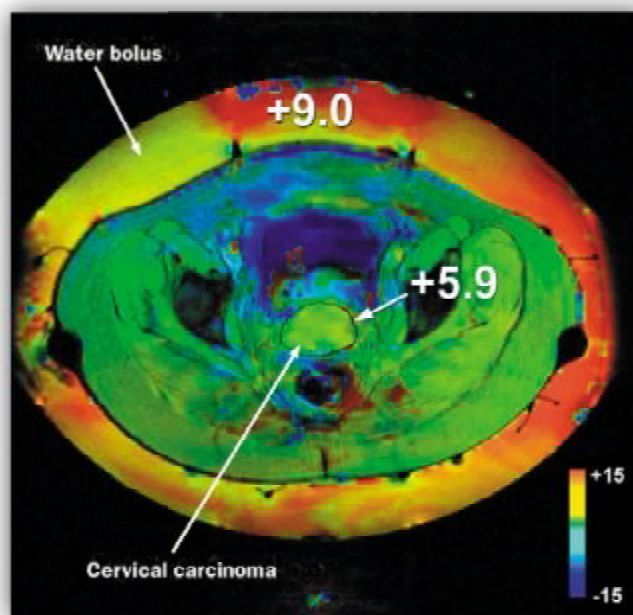
Κεφάλαιο 3

Υπερθερμία

Ο όρος υπερθερμία είναι μία ειδική θεραπευτική τεχνική που περιγράφει τη διαδικασία κατά την οποία μέσω εφαρμογής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επιδιώκεται τεχνητά η ανύψωση της θερμοκρασίας του σώματος ή τοπικά στους 41-43 °C περίπου, όπου έχει εκδηλωθεί ένας καρκινικός όγκος, με σκοπό τον έλεγχο ή την καταστροφή του, ώστε αυτά να καταστούν ευάλωτα σε επιπρόσθετες θεραπείες με ακτινοβολίες και βοηθώντας έτσι τη δράση τους με τρόπο άμεσο αλλά κυρίως συνεργιστικό. (Bettaieb, Wirzal & Averill-Bates 2013)

3.1 Η υπερθερμία και ο ρόλος της στη θεραπεία του καρκίνου

Η υπερθερμία αποτελεί στις μέρες μας ένα σημαντικό ιατρικό εργαλείο για την καταπολέμηση κακοηθών όγκων σε συνδυασμό με άλλες θεραπευτικές τεχνικές (ακτινοβολία, χημειοθεραπεία κ.τ.λ.) και δεν πρέπει να συγχέεται με τον πυρετό ή την κακοήθη υπερθερμία. Από την άλλη μεριά, η κακοήθης υπερθερμία είναι μια ιδιαίτερη κατάσταση κατά την οποία η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται σε επικίνδυνα όρια και εμφανίζεται κυρίως σε ανθρώπους που ο οργανισμός τους αντιδρά στη λήψη κάποιων αναισθητικών ουσιών, π.χ. ουσίες που χορηγούνται κατά τη γενική αναισθησία. Σε αντίθεση με τα δύο αυτά εσωτερικά προκλητά φαινόμενα, στη θεραπευτική υπερθερμία η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται τεχνητά είτε με εμφυτευμένες κεραίες είτε με εξωτερικές θερμαντικές συσκευές.



Εικόνα 31: Μη επεμβατική μέτρηση της κατανομής θερμοκρασίας στην υβριδική συσκευή εφαρμογής υπερθερμίας.

Η θερμότητα είναι πιθανότατα μια από τις αρχαιότερες γνωστές θεραπείες κατά του καρκίνου. Η πρώτη γραπτή αναφορά για την θεραπευτική εφαρμογή βρίσκεται στον Πάπυρο του Edwin Smith (Edwin Smith Surgical Papyrus), έναν αιγυπτιακό πάπυρο που χρονολογείται από το 3000 π.Χ. και στον οποίο αναφέρεται ότι ένας ασθενής με καρκίνο του μαστού έλαβε θεραπεία με χρήση θερμότητας. Μετά τον 17^ο αιώνα, υπάρχει μεγάλος αριθμός αναφορών σχετικά με την υποχώρηση εκδηλωμένων καρκινικών όγκων σε ασθενείς οι οποίοι έπασχαν από μολυσματικό πυρετό.

Στο τέλος του 19^{ου} αιώνα ο William Coley, ένας Αμερικανός ερευνητής και χειρουργός σε θέματα καρκίνων, χρησιμοποίησε την υπερθερμία εκδηλώνοντας πυρετό σε ασθενείς και με ενέσεις που περιείχαν βακτηριδιακά εκχυλίσματα, γνωστό ως η τοξίνη (Coley's toxin) η οποία ήταν ικανή να ελέγχει την εξάπλωση όγκων, με αρκετά καλά αποτελέσματα. Η τοξίνη του William Coley αποτέλεσε ίσως την πρώτη πειραματική εφαρμογή υπερθερμίας σε καρκινικούς όγκους. Παρ' όλα αυτά, η πρώτη απόπειρα να χρησιμοποιηθεί σκόπιμα η θερμότητα κατά του καρκίνου έγινε το 1898 από τον Westermarck, ο οποίος χρησιμοποίησε ένα σύστημα συγκοινωνούντων δεξαμενών με νερό θερμοκρασίας 42-44 °C, θέλοντας να θεραπεύσει καρκινώματα της μήτρας που δεν επιδέχονταν χειρουργική επέμβαση. Από τότε ξεκινά στο σύγχρονο κόσμο μια εκτενής έρευνα γύρω από την υπερθερμία και τη δυνατότητα της να χρησιμοποιηθεί σαν μια θεραπεία κατά του καρκίνου.

Η λογική της εφαρμογής της υπερθερμίας έγκειται στο γεγονός ότι τα καρκινικά κύτταρα εμφανίζουν μικρή ανοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και μάλιστα η ανοχή αυτή είναι μικρότερη από εκείνη των υγιών κυττάρων. Τα κύτταρα των όγκων αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην απαγωγή θερμότητας, καθώς το περιβάλλον τους χαρακτηρίζεται από μια ανοδιοργάνωτη και συμπαγή αγγειακή δομή. Η εφαρμογή της υπερθερμίας στη περιοχή του καρκινικού όγκου μπορεί να προκαλέσει στα καρκινικά κύτταρα απόπτωση (ως άμεση συνέπεια της εφαρμοζόμενης θερμότητας), ενώ παράλληλα τα υγιή κύτταρα διατηρούν τις φυσιολογικές λειτουργίες τους, λόγω της μεγαλύτερης ανοχής που παρουσιάζουν. Ακόμη και αν τα καρκινικά κύτταρα δεν καταστραφούν αμέσως, γίνονται περισσότερο ευαίσθητα σε άλλες θεραπευτικές εφαρμογές όπως την ακτινοβολία ή τη χημειοθεραπεία, επιτρέποντας παράλληλα σε αυτές να εφαρμοστούν σε μικρότερες δόσεις.

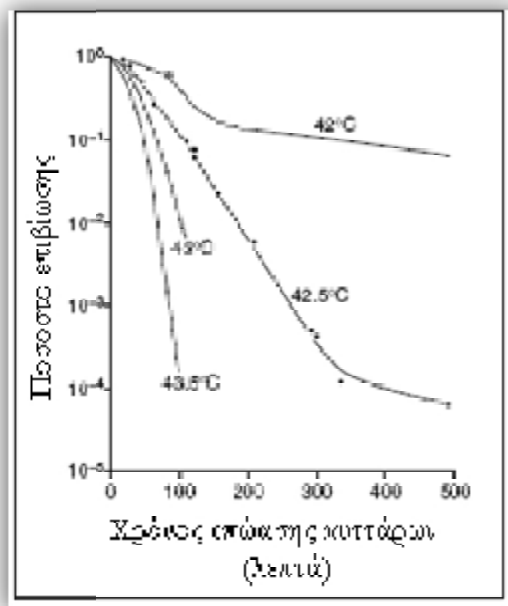
Στη σημερινή κλινική ιατρική η υπερθερμία δεν έχει κερδίσει τη θέση της ως μια ξεχωριστή θεραπευτική μέθοδος. Η βασικότερη αιτία που περιορίζει την εφαρμογή της είναι η ανομοιογένεια της θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται στην εφαρμοζόμενη περιοχή. Ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει ένα μηχανισμό ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να αντιδρά στις απότομες μεταβολές της. Το αρτηριακό αίμα που εισέρχεται στην πάσχουσα περιοχή χαρακτηρίζεται από τη βασική θερμοκρασία σώματος (37 °C) και παρέχει ένα μηχανισμό απαγωγής της υπερβολικής θερμότητας, αν και η απαγωγή αυτή είναι μικρή λόγω της ακανόνιστης δομής των όγκων.

Τυπικές κλινικές μετρήσεις της θερμοκρασίας στην πάσχουσα περιοχή κατά την εφαρμογή της υπερθερμίας δείχνουν ένα εύρος 37-46 °C, με μέσες τιμές 40-41 °C αντί της επιθυμητής των 43 °C. Το περιορισμένο επίσης βάθος διείσδυσης των θερμαντικών συστημάτων, σε συνδυασμό με την ανομοιογενή απορρόφηση της εκπεμπόμενης ισχύος λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών των ιστών, είναι περαιτέρω αιτίες του περιορισμού της εφαρμογής της μεθόδου. Σαν αποτέλεσμα, η επίτευξη σταθερής θερμοκρασίας και άρα σταθερής θερμικής δόσης δεν μπορεί να είναι εγγυημένη και η υπερθερμία δεν εφαρμόζεται ποτέ ως

ανεξάρτητη θεραπεία. Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική θεραπεία με τη ραδιοθεραπεία ή τη χημειοθεραπεία. (Τροποποιημένο Γουζουάζης, 2010)

3.2 Η επίδραση της υπερθερμίας στα ανθρώπινα κύτταρα

Πειράματα για την επίδραση της υπερθερμίας σε καλλιέργειες υγιών κυττάρων (in vitro) έδειξαν ότι η επιβίωση ενός κυττάρου κάτω από συνθήκες έντονης θερμότητας εξαρτάται από το χρόνο θέρμανσης και τη θερμοκρασία. Στην εικόνα 3.2 απεικονίζεται το ποσοστό κυττάρων που επιζούν κατά την εφαρμογή της υπερθερμίας. Οι καμπύλες επιβίωσης παρουσιάζουν στην αρχή μια έντονη κλίση και στη συνέχεια δείχνουν ότι τα κύτταρα είτε ανακάμπτουν από τη θερμική προσβολή, είτε μεταβαίνουν σε μια εκθετική φάση θανάτου. Για τον ίδιο χρόνο εφαρμογής της μεθόδου και το ίδιο ποσοστό επιβίωσης, η τύχη του κυττάρου φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία. Για θερμοκρασίες μικρότερες από 42,5 °C τα κύτταρα έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες για επιβίωση, ενώ δεν ισχύει το ίδιο για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 42,5 °C (Hildebrandt & Wust, 2007)



Εικόνα 3.2: Καμπύλες επιβίωσης κυττάρων συναρτήσει του χρόνου επώασης και της θερμοκρασίας στην οποία υποβάλλονται.

Παρόλο που η θερμοκρασία περιβάλλοντος των υγιών κυττάρων είναι 37 °C, ένα μεγάλο ποσοστό αυτών επιβιώνει και σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η ικανότητα αυτή των κυττάρων να επιβιώνουν σε θερμοκρασίες

μεγαλύτερες από τη φυσιολογική θερμοκρασία λειτουργίας τους, οφείλεται στη “θερμική αντοχή” ή “θερμοανθεκτικότητα” που παρουσιάζουν (thermotolerance). Σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, η θερμική αντοχή δεν εκδηλώνεται αμέσως, αλλά διακρίνεται μια φάση καθυστέρησης που μπορεί να διαρκεί μερικές ώρες. Μετά το σημείο αυτό, η αντοχή αυξάνει φτάνοντας ένα μέγιστο μέσα στο πρώτο 24ωρο, όπου από εκεί και πέρα αρχίζει και μειώνεται. Η μείωση μπορεί να διαρκέσει από μερικές ώρες μέχρι και αρκετές ημέρες και εξαρτάται από το πόσο γρήγορα και σε ποιο βαθμό επιτεύχθηκε η μέγιστη τιμή της θερμικής αντοχής.

Το φαινόμενο της θερμικής αντοχής διακρίνεται στην καμπύλη της θερμοκρασίας των 42 °C της εικόνας 3.2., ως μια πεπλατυσμένη γραμμή μετά το χρόνο 150 min. Η γραμμή ακολουθεί την απότομη θανάτωση κάποιου αριθμού κυττάρων κατά τα πρώτα στάδια εφαρμογής της υπερθερμίας (0-150 min), ενώ παρατηρείται ότι η θερμοκρασία των 43 °C είναι κομβική, καθώς για μικρότερες θερμοκρασίες απαιτείται περισσότερος χρόνος εφαρμογής της μεθόδου για την καταστροφή του ίδιου ποσοστού κυττάρων. Επίσης, από τα ίδια πειράματα διαπιστώθηκε ότι η θερμική αντοχή των κυττάρων εμφανίζεται και όταν αυτά υπόκεινται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 43 °C. Στην περίπτωση αυτή όμως, η ανοχή στη θερμοκρασία εμφανίζεται για μικρότερο χρονικό διάστημα και ο χρόνος εφαρμογής μεταξύ των συνεδριών της υπερθερμίας θα πρέπει να είναι ικανός, ώστε να μην επιτραπεί στα κύτταρα να επανέλθουν στη φυσιολογική τους θερμοκρασία (37 °C).

Η θερμική αντοχή των κυττάρων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και είναι αντιστρέψιμη. Δεν κληρονομείται από κύτταρο σε κύτταρο και βασίζεται κυρίως σε συγκεκριμένες πρωτεΐνες (heat shock proteins), οι οποίες εκδηλώνονται όταν τα κύτταρα υπόκεινται σε υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, η θερμική αντοχή μπορεί να αυξηθεί με τη λήψη φαρμάκων και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του κυττάρου, όπως το pH. Καθώς οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται με τη κλασική κλινική ιατρική είναι μικρότερες από 43 °C, το φαινόμενο της θερμικής αντοχής αντιδρά στην αποτελεσματικότητα της υπερθερμίας. Για το λόγο αυτό, η υπερθερμία χρησιμοποιείται κυρίως σε συνδυασμό με τη ραδιοθεραπεία. (Hildebrandt & Wust, 2007)

Προς την κατεύθυνση αυτή, περαιτέρω μελέτες κατέδειξαν πως η υπερθερμία ευαισθητοποιεί τα καρκινικά κύτταρα στη ραδιοθεραπεία και σε κυτταροστατικά φάρμακα. Η επίδραση αυτή που προκαλεί μπορεί από μόνη της να εξηγήσει τη χρησιμότητα της μεθόδου, όπως ήδη παρατηρείται στη σημερινή κλινική ιατρική και μάλιστα για θερμοκρασίες εφαρμογής μικρότερες των 43 °C.

3.3 Μαθηματικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην υπερθερμία

Στον τομέα της υπερθερμίας χρησιμοποιούνται διάφορες μαθηματικές παράμετροι προκειμένου να ποσοτικοποιήσουν την επίδραση ή το αποτέλεσμα της μεθόδου. Δύο από αυτές είναι ο “ειδικός ρυθμός απορρόφησης” και ο “λόγος θερμικής επαύξησης”.

3.3.1 Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης

Ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης – EPA (Specific Absorption Rate- SAR) αποτελεί μέγεθος που εκφράζει το ρυθμό απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Ορίζεται από το μαθηματικό τύπο:

$$SAR = \sigma \frac{|E|^2}{2\rho} \text{ (w/kg)}$$

Όπου σ : η ηλεκτρική αγωγιμότητα του ιστού (S/m),

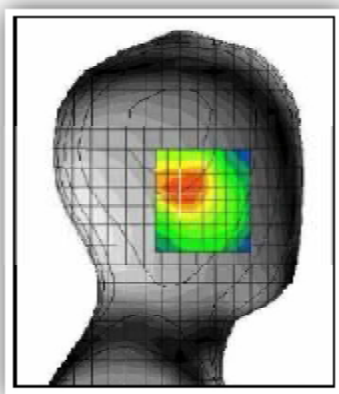
E : η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (V/m),

ρ : η πυκνότητα του ιστού (kg/m^3).

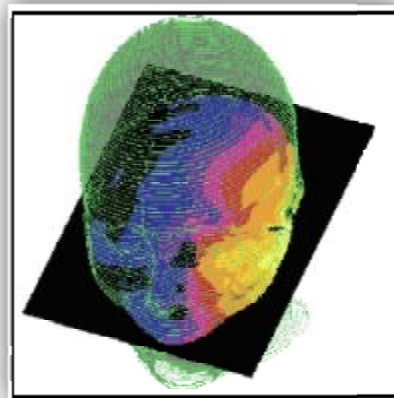
Ο EPA εκφράζει την ισχύ της ακτινοβολίας που απορροφάται ανά όγκο ιστού που αντιστοιχεί σε μάζα ενός κιλού, ενώ διακρίνεται ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης υπολογισμένος κατά μέσο όρο για 1 γραμμάριο ιστού (1-gram averaged SAR) και για 10 γραμμάρια ιστού (10-gram averaged SAR).

Εκτεταμένη χρήση του μεγέθους αυτού γίνεται στα κινητά τηλέφωνα, όπου χρησιμοποιείται ως μέτρο μέγιστης επιτρεπόμενης απορροφούμενης ισχύος. Για το λόγο αυτό, έχουν θεσπιστεί όρια που σχετίζονται με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ στην οποία μπορεί να εκτεθεί ένας ανθρώπινος ιστός, τα οποία για την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 2 W/kg ανά 10 γραμμάρια ιστού, ενώ για τις ΗΠΑ είναι 1.6 W/kg ανά 1 γραμμάριο ιστού. Σημειώνεται ότι στα 4 W/kg ανά 10 γραμμάρια ιστού βρίσκεται το κατώφλι όπου παρατηρούνται βιολογικά φαινόμενα στο εσωτερικό του ανθρώπινου οργανισμού, τα οποία σχετίζονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Όπως αναφέρει ο Ι. Γουζουάζης ο EPA χρησιμοποιείται στην υπερθερμία ως μέτρο της απορροφούμενης ισχύος από την πάσχουσα περιοχή και αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη μέθοδο, αφού το σημείο με το μεγαλύτερο EPA αντιστοιχεί ουσιαστικά στο σημείο στο οποίο συγκεντρώνεται η ενέργεια της ακτινοβολίας. Εύκολα δημιουργείται η υπόθεση ότι μια περιοχή με μεγαλύτερο EPA αντιστοιχεί σε περιοχή με μεγαλύτερη θερμοκρασία, αφού η ενέργεια που απορροφάται μεταφράζεται σε αύξηση της θερμοκρασίας. Υπάρχει δηλαδή, μια άμεση συσχέτιση ανάμεσα στον EPA και τη θερμοκρασία, η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή εφαρμογή της υπερθερμίας. Οι υπολογισμοί του EPA στην περιοχή ενδιαφέροντος του ανθρώπινου σώματος οδηγούν στη δημιουργία κατανομών EPA (ή κατανομών SAR). Τέτοιες κατανομές δημιουργούνται για παράδειγμα, από τις κατασκευάστριες εταιρίες κινητών τηλεφώνων με τη βοήθεια προσομοιωτικών προγραμμάτων, ώστε να απεικονιστεί ποιοτικά η απορροφούμενη ισχύς στους ιστούς του ανθρώπινου κεφαλιού (εικόνα 3.3).



(α)



(β)

Εικόνα 3.3: τοπικά διαγράμματα SAR (α) δύο και (β) τριών διαστάσεων ενός μοντέλου κεφαλιού παρουσία κεραίας κινητού τηλεφώνου. (τροποποιημένο από Γουζουάζη Ι)

3.3.2 Λόγος Θερμικής Επαύξεσης

Ο λόγος θερμικής επαύξεσης – ΛΘΕ (Thermal Enhancement Ratio – TER) χρησιμοποιείται όταν η υπερθερμία εφαρμόζεται σε συνδυασμό με άλλες θεραπευτικές μεθόδους (όπως η ακτινοθεραπεία) και αποτελεί ένα ποσοτικό μέτρο της επίδρασης της μεθόδου. Ο ΛΘΕ ορίζεται ως ο λόγος της ακτινοβολούσας δόσης προς την ακτινοβόλουσα δόση και τη θερμική δόση, ώστε να προκληθεί το ίδιο βιολογικό αποτέλεσμα (ποσοστό κυττάρων που επιβιώνουν).

3.4 Συσκευές και τεχνικές θέρμανσης των ιστών

Πολλές από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά την κλινική εφαρμογή της υπερθερμίας στις μέρες μας, έχουν μελετηθεί θεωρητικά και δοκιμαστεί από πανεπιστημιακά ιδρύματα. Η υπερθερμία που εφαρμόζεται από τις συσκευές αυτές εξαρτάται από το μέγεθος και το βάθος της πάσχουσας περιοχής και γι' αυτό, η υπερθερμία διακρίνεται σε γενική υπερθερμία ή υπερθερμία όλου του σώματος (whole body hyperthermia), τοπική υπερθερμία (regional hyperthermia), επιφανειακή υπερθερμία (superficial hyperthermia) και ενδοϊστική υπερθερμία (interstitial hyperthermia). (Hildebrandt, Wust & Sreenivasa, 2002)

3.4.1 Γενική υπερθερμία

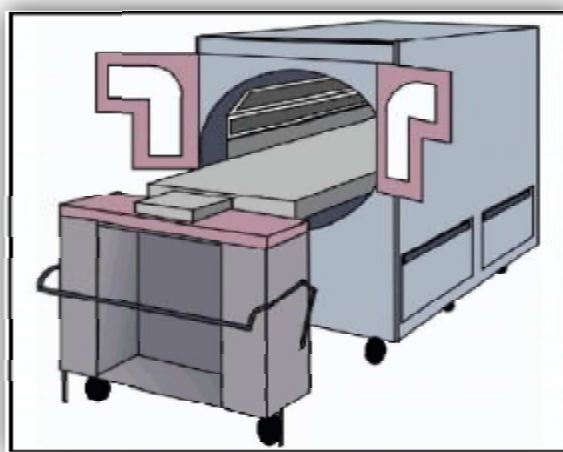
Η γενική υπερθερμία σε συνδυασμό με τη χημειοθεραπεία είναι η μόνη επιλογή για ασθενείς με καρκίνο σε προχωρημένο στάδιο ή που έχουν εμφανίσει μετάσταση σε πολλά σημεία του

σώματος. Σήμερα, η μέγιστη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται είναι 42 °C και μπορεί να διατηρηθεί για μία ώρα με αποδεκτές παρενέργειες. Η διαδικασία εφαρμόζεται ύστερα από γενική αναισθησία του ασθενούς και έχει επιδείξει θετικά αποτελέσματα σε σειρές ερευνών για μεταστατικά σαρκώματα μαλακών ιστών, καρκίνο ωοθηκών και όγκους πλευρικών μεσοθηλιακών ιστών. (Hildebrandt, Wust & Sreenivasa, 2002)

Οι πρώτες εφαρμογές γενικής υπερθερμίας περιλάμβαναν θεραπεία με πυρετό, δηλαδή ενδογενή αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Σήμερα, η αύξηση της θερμοκρασίας γίνεται εξωγενώς, με εισαγωγή του σώματος σε ζεστό νερό ή ζεστό αέρα ή τυλίγοντας τον ασθενή με ειδικές θερμαινόμενες στολές διάχυσης ζεστού νερού. Ο χρόνος που χρειάζεται για να αυξηθεί η θερμοκρασία του σώματος από τους 37 °C στους 42°C είναι περίπου 180 min. Μερικοί ερευνητές επιχείρησαν να επιταχύνουν τη διαδικασία της θέρμανσης χρησιμοποιώντας παράλληλα, ακτινοβολία με ραδιοσυχνότητες.

Τα σύγχρονα συστήματα γενικής υπερθερμίας κάνουν χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας και ζεστού αέρα/ νερού για ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Τυπικοί χρόνοι θέρμανσης είναι 60-90 min.

Στην εικόνα 3.4 απεικονίζεται το σύστημα “Aquatherm”, το οποίο χρησιμοποιείται για εφαρμογή γενικής υπερθερμίας. Το σύστημα αποτελείται από ένα απομονωμένο θάλαμο, μέσα στον οποίο ο ασθενής τοποθετείται οριζόντια, ενώ αγωγοί που μεταφέρουν νερό θερμοκρασίας 50-60 °C δημιουργούν συνθήκες υγρασίας μέσα σε αυτόν. Παράλληλα, υπέρυθρη ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος) εκπέμπεται προς τον ασθενή, η οποία προκαλεί μια έντονη αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος στο δέρμα. Η ενέργεια αυτή μεταφέρεται μέσω του κυκλοφορικού συστήματος σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα και σε συνδυασμό με τη στεγανότητα του θαλάμου, δημιουργούνται οι συνθήκες για γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας στο περιβάλλον και στο εσωτερικό του σώματος.



Εικόνα 3.4: Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος “Aquatherm” για γενική υπερθερμία.

Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζεται ένα δεύτερο σύστημα, το οποίο χρησιμοποιείται για εφαρμογή γενικής υπερθερμίας. Το σύστημα “Iraetherm” χρησιμοποιεί ένα υπέρυθρο φάσμα με μέγιστη πυκνότητα ισχύος κοντά στο ορατό φως. Οι κεραίες εκπομπής που χρησιμοποιεί, εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία από το πάνω και το κάτω μέρος του συστήματος και αυτή τη φορά, η θερμική απομόνωση του ασθενούς εξασφαλίζεται με λεπτά φύλλα αλουμινίου. Παράλληλα, με το εν λόγω σύστημα η θερμοκρασία του δέρματος και η ισχύς της ακτινοβολίας ελέγχεται συνεχώς, καθώς το βάθος διείσδυσης της ακτινοβολίας είναι μικρό και σε συνδυασμό με υψηλή ισχύ εκπομπής, είναι πιθανό να προκληθούν θερμικές βλάβες στον ιστό του δέρματος. (Γουζουάζης, 2010)



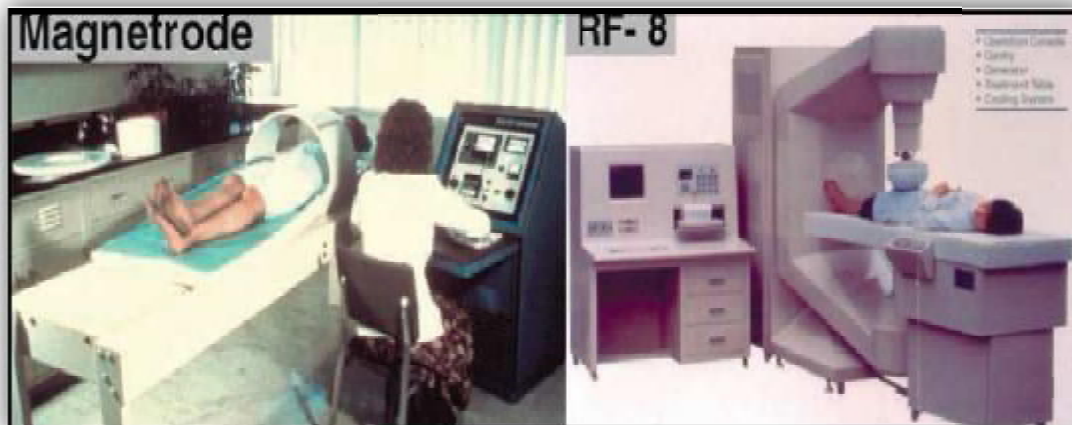
Εικόνα 3.5: Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος “Iraetherm” για γενική υπερθερμία.

3.4.2 Τοπική Υπερθερμία

Η τοπική υπερθερμία εφαρμόζεται κυρίως σε ιστούς που βρίσκονται βαθιά στο ανθρώπινο σώμα, όπως π.χ. στην κοιλιακή χώρα. Προς το σκοπό αυτό, οι πρώτες συσκευές έκαναν χρήση υπερήχων και σχεδιάστηκαν για την εφαρμογή υπερθερμίας σε όγκους μεγάλων διαστάσεων αλλά τελικά η χρήση τους εστιάστηκε στην αντιμετώπιση μικρών όγκων σε αντίστοιχο βάθος, λόγω του μικρού μήκους κύματος των τυπικών συχνοτήτων λειτουργίας τους ($f=1/5$ MHz).

Αντίθετα, για τη θέρμανση όγκων σε μεγάλο βάθος χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρομαγνητικά πεδία συχνοτήτων $F=10/120$ MHz. Το μήκος κύματος στις συχνότητες αυτές είναι μεγαλύτερο από τις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος και έτσι, η ενέργεια του πεδίου αποτίθεται σε μια μεγάλη περιοχή μέσα σε αυτό.

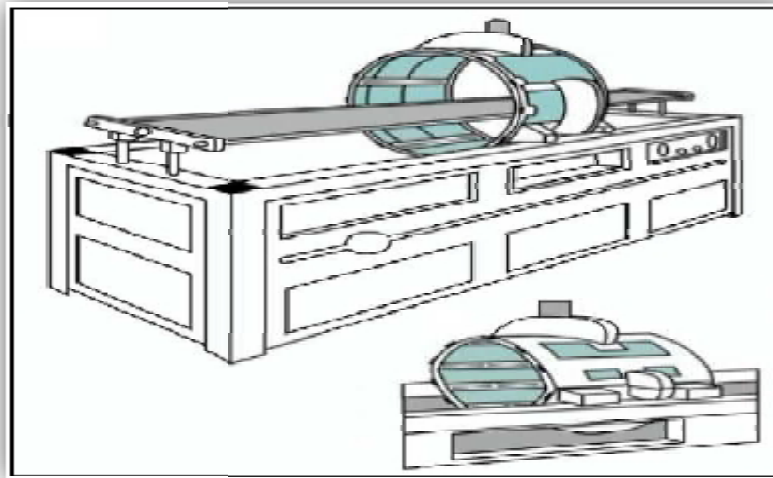
Συσκευές που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή τοπικής υπερθερμίας είναι η “27 MHz Ridged Waveguide”, η “Magnetron” (Henry Radio, Los Angeles) και η περισσότερο διαδεδομένη “Thermotron RF-8” (Yamamoto Vyniter, Japan) η οποία διαθέτει δύο ηλεκτρόδια – πλάκες ενσωματωμένες σε δύο αντικριστούς περιστρεφόμενους βραχίονες.



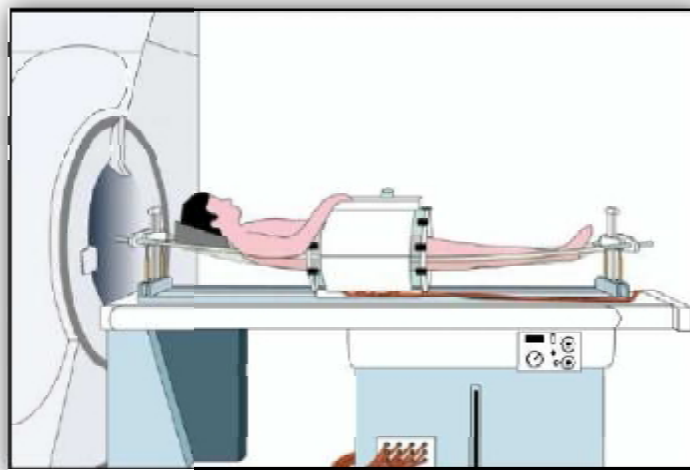
Εικόνα 3.6.: Η συσκευή “Henry Radio Magnetron” αποτελούμενη από επαγωγικά πηνία και η “Yamamoto Vyniter Thermotron RF-8” με περιστρεφόμενους βραχίονες.

Με σκοπό να αυξηθεί η αποτιθέμενη ενέργεια στους ιστούς που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος στο εσωτερικό του σώματος, πολλές νέες διατάξεις σχεδιάστηκαν ώστε να διαθέτουν συστοιχίες κεραιών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το σύστημα “Sigma-60” (εικόνα 3.7 α) αποτελείται από τέσσερα ζεύγη διπολικών κεραιών, τοποθετημένα σε ένα δακτύλιο γύρω από τον ασθενή. Ανάλογα με το είδος της θεραπείας, η πυκνότητα της ισχύος της ακτινοβολίας και η θερμοκρασιακή κατανομή μπορούν να ρυθμιστούν με τη βοήθεια ειδικών συστημάτων προγραμματισμού. Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα στην κλινική ιατρική έχοντας επιδείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ωστόσο περαιτέρω έρευνα έδειξε ότι καλύτερος έλεγχος της ενεργειακής κατανομής επιτυγχάνεται αυξάνοντας τον αριθμό των κεραιών, με ταυτόχρονη προϋπόθεση την προσαρμογή τους σε φάση και πλάτος.

Οι θεωρητικές αυτές μελέτες επιβεβαιώθηκαν στην πράξη με το ιδιαίτερα διαδεδομένο σύστημα “Sigma-Eye”, το οποίο αποτελείται από τρεις ελλειπτικούς δακτυλίους, καθένας από τους οποίους διαθέτει τέσσερα ζεύγη κεραιών διπόλου (εικόνα 3.7 α). Τα δώδεκα αυτά συνολικά κανάλια επιτρέπουν ένα θερμοκρασιακό κέρδος της τάξης του 1 °C, σε σχέση με τη διάταξη του “Sigma-60”.



(α)



(β)

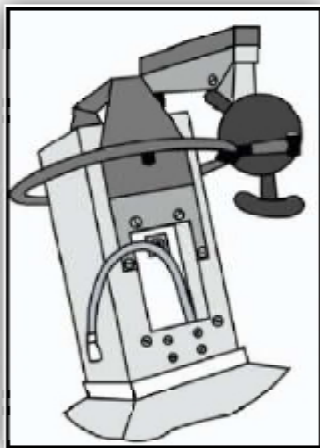
Εικόνα 3.7: Συστήματα τοπικής υπερθερμίας που χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλά ιατρικά κέντρα:
 (α) το σύστημα “Sigma-60” και (β) το σύστημα “Sigma-Eye”, με τέσσερα και δώδεκα ζευγάρια κεραιών διπόλου αντίστοιχα
 (β)Υβριδικό σύστημα “Sigma-Eye” και MT (1.5T), όπως είναι εγκατεστημένο στο I.K. Charité του Βερολίνου

Η επιτυχημένη λειτουργία του “Sigma-Eye” οδήγησε στη συνδυασμένη εφαρμογή της γενικής υπερθερμίας με ήδη διαδεδομένες τεχνικές, όπως η μαγνητική τομογραφία (MRI). Η τεχνική της μαγνητικής τομογραφίας επιτρέπει τον ταυτόχρονο (έμμεσο) έλεγχο της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σώματος, ο οποίος είναι σημαντικός παράγοντας για την επιτυχή εφαρμογή της υπερθερμίας. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα υβριδικό σύστημα που ενσωματώνει την τεχνική του “Sigma-Eye” και της μαγνητικής τομογραφίας σε μια διάταξη

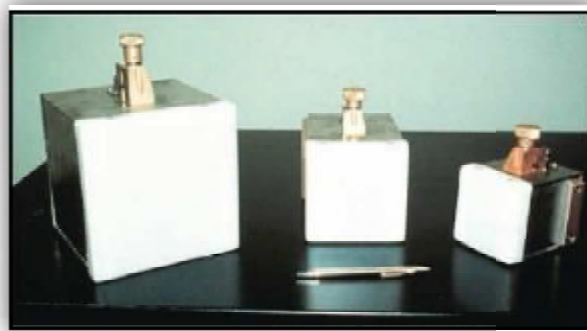
(εικόνα 3.7 β). Μια τέτοια διάταξη έχει ήδη εγκατασταθεί στο Ιατρικό Κέντρο Chanite του Βερολίνου και στο Ιατρικό Κέντρο Grosshadern του Μονάχου.

3.4.3 Επιφανειακή Υπερθερμία

Η επιφανειακή υπερθερμία εφαρμόζεται σε όγκους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του σώματος. Όταν ο όγκος βρίσκεται σε βάθος μικρότερο των 2cm χρησιμοποιείται κυρίως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ενώ για μεγαλύτερα βάθη (περίπου 4-6 cm) χρησιμοποιούνται υπέρηχοι.



(α)



(β)

Εικόνα 38: Μικροκυματικοί κυματοδηγοί για επιφανειακή υπερθερμία: (α) Σχηματικό διάγραμμα, (β) Τετράγωνοι κυματοδηγοί 7,5 cm, 10 cm και 15 cm

Οι πρώτες συσκευές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων για επιφανειακή υπερθερμία ήταν οι μικροκυματικοί κυματοδηγοί (microwave waveguides), παραλληλόγραμμες ή κυκλικές μεταλλικές διατάξεις που οδηγούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα προς μια διατομή (εικόνα 3.8). Τέτοιες διατάξεις είναι εμπορικά διαθέσιμες σε μεγέθη 7,5 – 24 cm και για συχνότητες $F=430/434$ MHz (για την Ευρώπη). Η σύζευξη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τον επιφανειακό ιστό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ενός λεπτού στρώματος απιονισμένου νερού ελεγχόμενης θερμοκρασίας επάνω στην επιφάνεια του δέρματος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο πάχος του στρώματος, ώστε να μην υπάρξουν διαταραχές στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Γενικά, οι κυματοδηγοί με μια οπή εμφανίζουν ικανοποιητική συγκέντρωση της ενέργειας, αφού το διάγραμμα SAR καλύπτει μόνο το 30-60% της επιφάνειας της οπής. Κλινικές δοκιμές έδειξαν ότι τέτοιες διατάξεις είναι κατάλληλες για όγκους με διάμετρο μέχρι 3 cm, ωστόσο το μειονέκτημα των κυματοδηγών είναι η αδυναμία ελέγχου του διαγράμματος ακτινοβολίας και της περιοχής εστίασης της ενέργειας.

3.4.4 Ενδοϊστική Υπερθερμία

Στην περίπτωση της ενδοϊστικής υπερθερμίας, η θέρμανση των ιστών στο εσωτερικό του οργανισμού γίνεται με την εμφύτευση μικροσκοπικών διατάξεων στην πάσχουσα περιοχή. Η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη για όγκους με λιγότερο από 5 cm διάμετρο, αλλά κυρίως όταν αυτή είναι σε θέση ικανή για την εμφύτευση των διατάξεων (π.χ. κεφάλι, λαιμό, προστάτη). Διάφοροι τύποι θερμαντικών διατάξεων είναι διαθέσιμοι, όπως μικροκυματικές κεραίες, ηλεκτρόδια ραδιοσυχνότητας, μετατροπείς υπερήχων, θερμαντικές πηγές φερρομαγνητικών υλικών ζεστού νερού και οπτικές ίνες. Η πυκνότητα της ισχύος γύρω από την εμφυτευμένη διάταξη είναι τόσο μεγάλη, ώστε η διακύμανση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από εκείνη της τοπικής υπερθερμίας. Επίσης, πρόκειται για μια μέθοδο καθαρά επεμβατική και η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός των κεραιών είναι ζητήματα σημαντικά, λόγω της ευαισθησίας τους σε παρεμβολές. (Τροποποιημένο Γουζουάζης, 2008)

3.5 Υπερθερμία στη φυσικοθεραπεία

3.5.1 Με συσκευή υπερθερμίας thermo TK.

Λειτουργεί σε συχνότητες 460 kHz και 540 kHz, βρίσκεται στην κατώτερη περιφέρεια υψηλής συχνότητας θεραπειών. Η Thermo TK είναι μακρού μήκους κύματος συσκευή θεραπείας.

Η συσκευή συσσωρεύει ένα ηλεκτρικό πεδίο στον ιστό μεταξύ των δύο πυκνωτών πλακών, όπου συναρμολογούνται ως ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του σώματος.



Εικόνα 3.9: Συσκευή υπερθερμίας Thermo TK

Κατά την εφαρμογή του Thermo TK ρεύμα υψηλής συχνότητας εφαρμόζεται το οποίο δεν είναι αντιληπτό στον ασθενή. Το ρεύμα υψηλής συχνότητας εισέρχεται στον ιστό σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας και εκεί μετατρέπεται σε θερμότητα.

Θεραπευτικά αποτελέσματα:

- Η διέγερση των θερμών υποδοχέων μέσω θέρμανσης των ιστών
- Τοπική αύξηση στη ροή και την κυκλοφορία του αίματος μέσω της αγγειοδιαστολής
- Τοπική βελτίωση των ιδιοτήτων ροής του αρθρικού υγρού
- Βελτίωση της ελαστικότητας του συνδετικού ιστού
- Βελτίωση της θρέψη
- Χαλάρωση και ανακούφιση από τον πόνο
- Βελτιωμένες θεραπευτικές διαδικασίες μέσω της αυξημένου μεταβολικού ρυθμού
- Αύξηση της απορρόφησης

Αντενδείξεις:

- Βηματοδότες
- Ακουστικά βαρηκοΐας
- Μεταλλικά εμφυτεύματα στο ηλεκτρικό πεδίο
- Προσοχή σε μειωμένη ευαισθησία της θερμοκρασίας, π.χ. πολυνευροπάθεια
- Οι κακοήθεις όγκοι
- Αιμορραγία και η τάση για αιμορραγία
- Θεραπεία στην περιοχή της κοιλιάς κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνη
- Θρομβώσεις
- Ενεργός αρθροπάθεια
- Οξείες φλεγμονές

Προετοιμασία:

- Τοποθετήστε τον ασθενή για την θεραπεία με άνεση και ασφάλεια.
- Επιλέξτε μια θέση στην οποία ο θεραπευτής μπορεί να φτάσει τη πάσχων περιοχή εύκολα, ενώ στέκεται και η φορητή συσκευή να μπορεί να εφαρμοστεί επίπεδη.



Εικόνα 3.9: Θεραπεία με τη χρήση της συσκευής Thermo TK

Λειτουργίες:

Δύο διαφορετικοί τρόποι θεραπείας είναι διαθέσιμοι:

- Χωρητική λειτουργία:

Για τις επιφανειακές δομές, όπως μυϊκό σύστημα

- Λειτουργία αντίστασης:

Για εφαρμογή σε εν τω βάθει δομές, όπως τένοντες και συνδέσμους



Εικόνα 3.10: Λειτουργίες και τρόποι θεραπείας του Thermo TK

Εφαρμοστές:

Τρεις εφαρμοστές διαφορετικών μεγεθών:

- L / M: για εφαρμογές μεγάλης επιφάνειας
- S: για επιλεκτικές εφαρμογές, όπως σημεία πυροδότησης



Εικόνα 3.11: Είδη εφαρμοστών συσκευής Thermo TK

Ουδέτερα / Κοινά ηλεκτρόδια:

Δύο κοινά ουδέτερα- ηλεκτρόδια διαφορετικών μεγεθών:

- XL: για μεγάλες περιοχές θεραπείας.
- L: για μικρές περιοχές θεραπείας.



Εικόνα 3.12: Είδη ηλεκτροδίων συσκευής Thermo TK

Τοποθέτηση του ουδέτερου / κοινού ηλεκτροδίου:

Το ουδέτερο / κοινό - ηλεκτρόδιο, εάν είναι δυνατό τοποθετείται απέναντι από την περιοχή που πρόκειται να θεραπευτεί.

3.5.2 Θεραπευτικά Πρωτόκολλα

i. Ένδειξη:

Ωμος / Πάθηση των αρθρώσεων



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Καθιστή ή ύπια	Ύπια ή πλάγια
Κοινά ηλεκτρόδια XL	Άνω έσω βραχίονα ή θώρακα	Άνω έσω βραχίονα ή θώρακα
Ισχύς	≥ 10 VA	≥ 20 VA
Τρόπος	Χωρητική	Αντίσταση
Διάρκεια	12 λεπτά	18 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Αργό χαλαρωτικό μασάζ από την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης μέσω της ακρωμιοκλειδικής περιοχής μέχρι τη γληνοβραχιόνια περιοχή. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Μασάζ σε ολόκληρη την περιοχή των ώμων με / χωρίς διάταση
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

ii. Ένδειξη:

Αγκώνας / Ουλακίτιδα



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Ύπτια	Ύπτια
Κοινά ηλεκτρόδια L	Περιοχή ωμοπλάτης / θώρακα	Περιοχή ωμοπλάτης / θώρακα
Ισχύς	$\geq 10 \text{ VA}$	$\geq 15 \text{ VA}$
Τρόπος	Χωρητική	Αντίσταση
Διάρκεια	10 λεπτά	12 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Μασάζ γύρω από το σημείο της φλεγμονής. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Λειτουργικό μασάζ της αντίστοιχης διάρθρωσης και των μυών
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

iii. Ένδειξη:

Χέρι / Πάθηση των αρθρώσεων



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Ύπτια ή καθιστή	Ύπτια ή καθιστή
Κοινά ηλεκτρόδια L	Αντιβράχιο ή θωρακική	Αντιβράχιο ή θωρακική
Ισχύς	≥ 10 VA	≥ 15 VA
Τρόπος	Χωρητική	Αντίσταση
Διάρκεια	12 λεπτά	15 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Μασάζ από το χέρι προς το κυβοειδές βόθρο. Ελαφρύ μασάζ του καρπού. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Λειτουργικό μασάζ του καρπού, αγκώνα και δακτύλων
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

iv. Ένδειξη:

Ισχίο/ Σύνδρομο απιοειδούς



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Πρηνή	Πρηνή ή Πλάγια
Κοινά ηλεκτρόδια XL	Τετρακέφαλο	Τετρακέφαλο ή κάτω από το ετερόπλευρο ισχίο
Ισχύς	≥ 15 VA	≥ 20 VA
Τρόπος	Χωρητική	Χωρητική
Διάρκεια	12 λεπτά	15 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Αργό μασάζ μεταξύ περιοχής ιερού και τροchanτήρα. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Αργό μασάζ κατά μήκος γλουτιαίου μυός και μεταξύ περιοχής ιερού και τροchanτήρα με ή χωρίς διάταση
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

v. Ένδειξη:

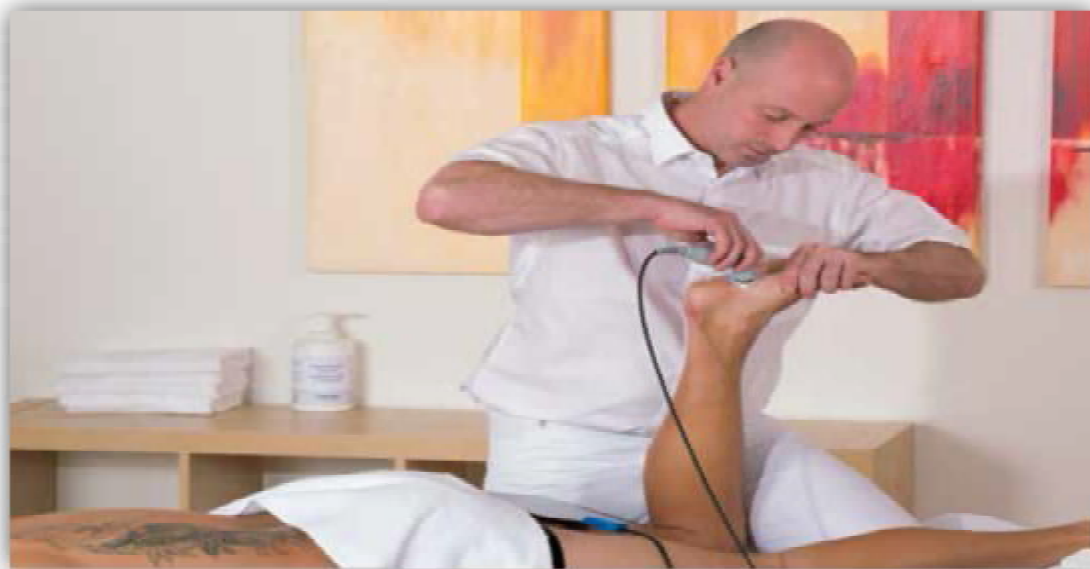
Γόνατο / ανακατασκευή του προσθίου χιαστού συνδέσμου



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Ύπτια	Ύπτια
Κοινά ηλεκτρόδια XL	Γλουτοί / μηριαίους ή τετρακέφαλο	Γλουτοί / μηριαίους ή Τετρακέφαλο
Ισχύς	≥ 15 VA	≥ 20 VA
Τρόπος	Χωρητική	Χωρητική
Διάρκεια	12 λεπτά	20 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Μασάζ παραεπιγονατιδικά και άνω απ' την επιγονατίδα. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Λειτουργικό μασάζ στους μύες των ποδιών κοιλιακά και / ή ραχιαία και γύρω από την επιγονατίδα
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

vi. Ένδειξη:

Πόδι/ πελματιαία απονευρωσίτιδα



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Πρηνή	Πρηνή
Κοινά ηλεκτρόδια XL	Γαστροκνήμιος ή τετρακέφαλο	Γαστροκνήμιος ή Τετρακέφαλο
Ισχύς	≥ 15 VA	≥ 20 VA
Τρόπος	Χωρητική	Αντίσταση
Διάρκεια	12 λεπτά	15 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Μασάζ απ' την αρχή του πέλματος προς τη περιοχή της φτέρνας και γαστροκνήμιο. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Εντατικό μασάζ από το πέλμα έως χαμηλά στην πλάτη με / χωρίς διάταση.
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

vii. Ένδειξη:

Αυχενική μοίρα σπονδυλικής στήλης / αυχεναλγία



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Πρηνή ή ύπτια	Πρηνή ή ύπτια
Κοινά ηλεκτρόδια XL	Θώρακα / οσφυϊκής	Θώρακα / οσφυϊκής
Ισχύς	≥ 10 VA	≥ 15 VA
Τρόπος	Χωρητική	Αντίσταση
Διάρκεια	16 λεπτά	20 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Προσεκτικό μασάζ των αυχενικών / θωρακικών μυών, επικέντρωση μεταξύ ωμοπλάτης και περιοχής του λαιμού. Θεραπεία των σημείων πυροδότησης	Μασάζ για την αγγείωση των αυχενικών μυών σπονδυλικής στήλης με / χωρίς διάταση
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

viii. Ένδειξη:

Οσφυϊκή μοίρα / οσφυαλγία



	Οξύ	Χρόνιο
Θέση ασθενή	Πρηνή ή πλάγια	Πρηνή ή πλάγια
Κοινά ηλεκτρόδια XL	Θωρακική ή κάτω από το ισχίο	Θωρακική ή κάτω από το ισχίο
Ισχύς	Φάση 1: ≥ 10 VA Φάση 2: ≥ 10 VA	Φάση 1: ≥ 15 VA Φάση 2: ≥ 15 VA
Τρόπος	Φάση 1: Χωρητική Φάση 2: Αντίσταση	Φάση 1: Χωρητική Φάση 2: Αντίσταση
Διάρκεια	Φάση 1: 8 λεπτά Φάση 2: 8 λεπτά	Φάση 1: 10 λεπτά Φάση 2: 10 λεπτά
Θεραπευτικές συστάσεις	Φάση 1: Θεραπεία των σημείων πυροδότησης Φάση 2: Μασάζ ολόκληρης της σπονδυλικής στήλης παρασπονδυλικά	Φάση 1: Μασάζ των μυών ολόκληρης της οσφυϊκής μοίρας με / χωρίς διάταση. Φάση 2: Μασάζ της σπονδυλικής στήλης
Σκοπός	Μείωση του πόνου / μυϊκή χαλάρωση	Βελτίωση του εύρους των κινήσεων και αγγείωση

(Zimmer Kolleg)

Κεφάλαιο 4

Ερευνητική μελέτη

4.1 Σκοπός της έρευνας

Οι θεραπευτικές ανάγκες στο χώρο της φυσικής αποκατάστασης αλλά και η ελληνική νομοθεσία (ΠΔ 29/87) απαιτούν από τους φυσικοθεραπευτές τη χρήση συσκευών διαθερμίας. Όμως κατά τη χρήση τους και σύμφωνα με έρευνες, εντοπίζεται κίνδυνος έκθεσης σε επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, πέραν των επιτρεπτών ορίων (Lerman Y., 1996, Macca I., 2008, Shields N., 2004). Η έρευνα που εκπονείται σκοπεύει γενικότερα:



Εικόνα 4.1: Συσκευή διαθερμίας μικροκυμάτων

- Στον εντοπισμό της τυχόν ύπαρξης πραγματικού κινδύνου και στη συνέχεια ενημέρωση των φυσικοθεραπευτών. Ειδικότερα καταπιάνεται με τη πειραματική μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου, της πυκνότητας ισχύος και τη πιστοποίηση της υπέρβασης των ορίων, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού.

- Αποσκοπεί επίσης στον εντοπισμό της σταθερής ή μη, αυξομείωσης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ανάλογα με την αυξομείωση της ισχύος της συσκευής αλλά και της απόστασης από αυτήν.

- Επίσης γίνεται προσπάθεια εξομοίωσης των πραγματικών συνθηκών του μέσου χώρου θεραπείας ώστε να απαντηθούν ερωτήματα περί επικινδυνότητας σε ένα φυσικοθεραπευτήριο.

- Παράλληλα ελέγχεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μέσω επαναλαμβανόμενων μετρήσεων σε διαφορετικούς χρόνους. Η παρούσα έρευνα φιλοδοξεί να ανήκει στη προσπάθεια προστασίας της υγείας του σύγχρονου φυσικοθεραπευτή.

4.2 Μέθοδος

Η ερευνητική εργασία έλαβε χώρα στο Κέντρο Αποκατάστασης, του πανεπιστημιακού γενικού νοσοκομείου Ρίου και στο Τ.Ε.Ι. Αιγίου. Έγινε χρήση ειδικού μετρητικού εξοπλισμού υψηλής

ανάλυσης δεδομένων και διαμορφώθηκε ο χώρος σύμφωνα με τις ανάγκες των μετρήσεων, όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Εικόνα 4.2: Συσσκευή SRM-3000 (Narda STS)

4.2.1 Εξοπλισμός

Χρησιμοποιήθηκε η συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων από το εργαστήριο των Φυσικών Μέσων – Ηλεκτροθεραπείας του Τ.Ε.Ι. Αιγίου, καθώς και η συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων από την αίθουσα ηλεκτροθεραπείας του Κέντρου Αποκατάστασης του Π.Γ.Ν. Ρίου. Η ρυθμιζόμενη ισχύ φθάνει το ανώτατο όριο των 250W. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν ένα κοινό κρεβάτι θεραπείας μεταλλικής στήριξης και μια καρέκλα με μεταλλική στήριξη.

Για τις μετρήσεις του ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιήθηκε η συσκευή SRM-3000 της αμερικανικής εταιρίας Narda STS. Η συγκεκριμένη συσκευή παρέχει μετρήσεις εύρους συχνοτήτων 100 kHz – 3 GHz με κεραία τριών αξόνων ισοτροπικής μέτρησης εύρους 27 MHz – 3 GHz. Αποτελείται κυρίως από την ειδική οθόνη και τη κεραία που συνοδεύεται από ξύλινη τρίποδη στήριξη για να μην επηρεάζει τα μετρούμενα πεδία.

4.2.2 Μεθοδολογία

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, σύμφωνα με έρευνα των Delpizzo V. και Joyner K., (1987) σε διαθερμία βραχέων κυμάτων ο ασθενής γίνεται τμήμα του ηλεκτρικού κυκλώματος της γεννήτριας χρησιμοποιώντας είτε ένα επαγωγικό πηνίο ή μια συσκευή εφαρμογής τύπου πυκνωτή. Ένας μεταβλητός πυκνωτής στη μονάδα συντονίζεται για να ταιριάζει με τη γεννήτρια στο κύκλωμα ασθενούς-συσσκευή εφαρμογής, επιτυγχάνοντας έτσι μέγιστη μεταφορά ισχύος.

Σκοπός των πειραμάτων ήταν να διερευνηθεί η λειτουργία του συστήματος ως προς τη εφαρμογή της μεθόδου της διαθερμίας βραχέων κυμάτων παρέχοντας τη δυνατότητα για έλεγχο θερμοκρασίας της ακτινοβολούμενης περιοχής.

Φάση Α: Αρχικά έγιναν μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου από σταθερό σημείο απόστασης των 3m, με τιμές ισχύος στα 50, 100, 150, 200 και 250 Watt, σε συνεχή ροή ενέργειας. Οι ίδιες μετρήσεις έγιναν δύο φορές σε διαφορετικούς χρόνους με τις ίδιες επικρατούσες συνθήκες, ώστε να εντοπιστούν τυχόν σφάλματα της συσκευής και να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων ως προς την επαναληπτικότητα τους.

Φάση Β: Έγιναν μετρήσεις και υπολογισμοί έντασης ηλεκτρικού πεδίου και πυκνότητας ισχύος από τις αποστάσεις των 1.5, 2, 2.5 και 3 m. Η διαθερμία ήταν ρυθμισμένη σε συνεχή ροή και σε ισχύ ίση με 250 Watt, δηλαδή στο χειρίστο δυνατό σενάριο.

Φάση Γ: Έγιναν μετρήσεις και υπολογισμοί έντασης ηλεκτρικού πεδίου και πυκνότητας ισχύος από τις αποστάσεις των 2,5 και 3 m σε ισχύ 200 Watt.



Εικόνα 4.3: Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου από απόσταση 3 m

4.3 Αποτελέσματα

Κατά τη **Φάση Α**, έγιναν μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου και βρέθηκαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Οι μετρήσεις έγιναν από απόσταση 3 m.

Ισχύς (W)	Αποτελέσματα από απόσταση 3 m
250 W	30,54 V/m
200 W	32,74 V/m
150 W	32,24 V/m
100 W	30,29 V/m
50 W	28,54 V/m

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα μετρήσεων Φάσης Α

Κατά τη **Φάση Β**, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου και πυκνότητας ισχύος από τη συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 4.2. Η συσκευή ήταν ρυθμισμένη στο χερίστο δυνατό σενάριο σε ισχύ 250 Watt.

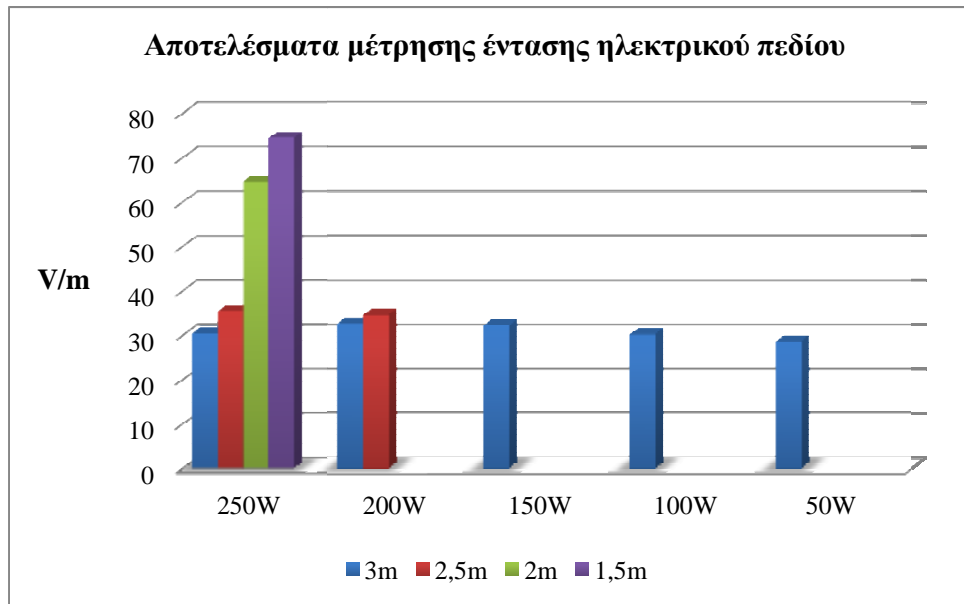
Απόσταση (m)	Ισχύς (W)	Αποτελέσματα
3 m	250 W	30,54 V/m
2,5 m	250 W	35,38 V/m
2 m	250 W	64,56 V/m
1,5 m	250 W	74,37 V/m

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα μετρήσεων Φάσης Β

Κατά τη **Φάση Γ**, έγιναν μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου και πυκνότητας ισχύος από τη συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 4.3. Οι μετρήσεις έγιναν από απόσταση 3 m και 2,5 m.

Απόσταση (m)	Ισχύς (W)	Αποτελέσματα
3 m	250 W	30,54 V/m
2,5 m	250 W	35,38 V/m
3 m	200 W	32,74 V/m
2,5 m	200 W	34,58 V/m

Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα μετρήσεων Φάσης Γ



Στο πιο πάνω γράφημα παρατηρούμε ότι με την ίδια ένταση η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αυξάνεται όσο η απόσταση μειώνεται. Ενώ όταν αλλάζει η ένταση δεν παρατηρούμε σημαντική αλλαγή της ακτινοβολίας όπως φαίνεται από τη φάση Α.

4.4 Μετρήσεις Τεκμηρίωσης με Ομοιώματα (Phantoms)

Με βάσει τις μετρήσεις τεκμηρίωσης με ομοιώματα (Phantoms) σε πειράματα συστημάτων υπερθερμίας και ραδιομετρίας, τα οποία μετρήθηκαν σε έρευνα του Γουζουάζη Ι. (2008) πραγματοποιήθηκαν για την εξ αποστάσεως μέτρηση της θερμοκρασίας του εξεταζόμενου αντικειμένου.

Η μέτρηση των σημάτων γίνεται σε χώρο κατά το δυνατόν προστατευμένο από εξωτερικά ηλεκτρικά πεδία. Τέτοια πεδία είναι αυτά που δημιουργούν διάφοροι κινητήρες, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κ.ά. Στην καλύτερη περίπτωση η μέτρηση γίνεται μέσα σε ηλεκτρομαγνητικά θωρακισμένο δωμάτιο (κλωβός Faraday).

Στα συστήματα υπερθερμίας η γεννήτρια λειτουργεί με χρονοδιακόπτη σε συχνότητα 2.45 GHz και διεγείρει ένα δίπολο, το οποίο είναι τοποθετημένο στην μια εστία της έλλειψης, ενώ στην άλλη τοποθετείται το ομοίωμα (Phantom) που ακτινοβολείται.



Εικόνα 4.4: η διάταξη για τα πειράματα της υπερθερμίας

Σαν ομοίωμα χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις ένα αλατούχο διάλυμα νερού, σε συνδυασμό με μικρή ποσότητα ζελατίνης όπου στερεοποιήθηκαν και παράμειναν στη μορφή αυτή για όσο διατηρήθηκαν σε χαμηλή θερμοκρασία. Το ομοίωμα αυτό προσομοιώνει εγκεφαλικούς ιστούς στις συχνότητες λειτουργίας του συστήματος. Το ποσό της θερμοκρασιακής μεταβολής για να είναι γνωστό, η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ομοιώματος καταγράφεται πριν και μετά την εφαρμογή της υπερθερμίας.

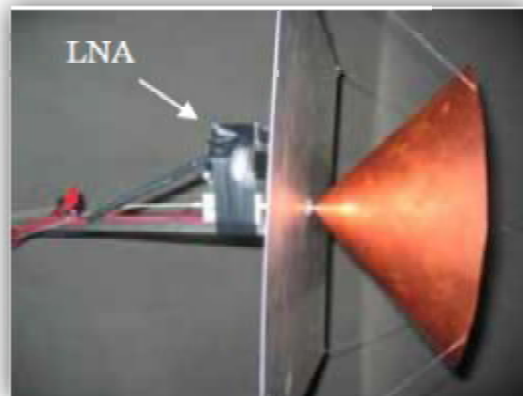
Η ακτινοβολήση με την ισχύ της γεννήτριας που είναι ρυθμισμένη στα 200 W διαρκεί 200 sec. Μετά την ακτινοβολήση, αποτυπώνονται από μια θερμική κάμερα οι περιοχές οι οποίες δέχτηκαν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, με ένα ψηφιακό θερμομέτρο καταγράφονται οι τιμές της θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του δοχείου.

Στη συνέχεια το δίπολο που χρησιμοποιήθηκε κατά τη φάση της υπερθερμίας, αντικαταστάθηκε στο εσωτερικό της έλλειψης από μια κωνική κεραία, η οποία τοποθετείται στη θέση της μιας εστίας. Η κωνική κεραία λαμβάνει την εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από το ομοίωμα που βρίσκεται στην αντίθετη εστία και οδηγεί το σήμα πρώτα σε ένα LNA – Low Noise Amplifier (Ενισχυτής Χαμηλού Θορύβου) και ύστερα στο ραδιόμετρο.



Εικόνα 4.5: Τα κύρια τμήματα του συστήματος κατά τη φάση λειτουργίας της ραδιομετρίας

Το ομοίωμα που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα κυλινδρικό δοχείο, με χλιαρό απιονισμένο νερό με διαστάσεις 4 cm διάμετρο και ύψος 5 cm, το διηλεκτρικό που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα ομοιόμορφο στρώμα πάχους 1,5 cm ύψους 5 cm και $\epsilon_r = 6$ χαμηλών απωλειών.



Εικόνα 4.6: Η κωνική κεραία στο εσωτερικό της έλλειψης

Σκοπός του πειράματος είναι να διαπιστωθεί ότι το σύστημα είναι ικανό να ανιχνεύσει θερμοκρασιακή μεταβολή στην περιοχή της εστίας και παράλληλα, να διερευνηθεί η επίδραση της παρουσίας διηλεκτρικών υλικών γύρω από το ομοίωμα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα του πειράματος υπερθερμίας με το ομοίωμα νερού, το οποίο ακτινοβολήθηκε από ένα δίπολο 200 W για 200 sec και οι θερμοκρασιακές τιμές καταγράφηκαν από διάφορα σημεία του δοχείου. Οι τιμές αυτές έδειξαν ότι ολόκληρος ο όγκος του ομοιώματος απορρόφησε ένα ποσό ενέργειας, αλλά οι κύριες περιοχές απορρόφησης έλαβαν χώρα στα εξωτερικά στρώματα της μετωπικής πλευράς του δοχείου. Με τη βοήθεια της θερμικής κάμερας καταγράφηκαν οπτικά οι θερμές αυτές περιοχές και εμφανίστηκαν σε δύο συμμετρικούς άξονες ως προς τον κεντρικό. Τα σημεία στα άκρα των αξόνων παρουσίασαν σημαντικά τη ψηλότερη θερμοκρασία από την αρχική.

Στο πείραμα της ραδιομετρίας με το ομοίωμα νερού διαφορετικής θερμοκρασίας και διαστάσεων τοποθετήθηκε στην εστία της έλλειψης, με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας του συστήματος να ανιχνεύσει τις θερμοκρασιακές τους μεταβολές. Στη διαδικασία όπου το κυλινδρικό δοχείο με το απιονισμένο νερό τοποθετήθηκε στην εστία, το σύστημα ανίχνευσε και εκφράστηκε με την άνοδο της τιμής των εξόδων του ραδιομέτρου. Ενώ, στη διαδικασία όπου το δοχείο τοποθετήθηκε πάλι στην εστία μαζί με το διηλεκτρικό στρώμα προσαρμογής τιμής $\epsilon_r = 6$, εκφράστηκε περαιτέρω άνοδος της τιμής των ραδιομετρικών εξόδων. Τα αποτελέσματα μας δείχνουν τη δυνατότητα του συστήματος να ανιχνεύσει θερμοκρασιακές μεταβολές στην περιοχή της εστίας αλλά και την ισχύ της θεωρητικής προσέγγισης των διηλεκτρικών υλικών. (Γουζουάζης Ι. 2008).

Κεφάλαιο 5

5.1 Συμπεράσματα

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε θεωρητικά και πειραματικά το πώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του συστήματος διαθερμίας βραχέων κυμάτων επηρεάζει τον φυσικοθεραπευτή, τον ασθενή καθώς και οποιοδήποτε άλλο βρίσκεται στο χώρο λειτουργίας του συστήματος. Επίσης αναλύθηκε η επίδραση του συστήματος υπερθερμίας στη καταπολέμηση του καρκίνου, οι τεχνικές και η θεραπευτική χρήση του συστήματος στη φυσικοθεραπεία.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2 με την εφαρμογή της συσκευής διαθερμίας βραχέων κυμάτων έχουμε μία θετική επίδραση στην αιματική κυκλοφορία η οποία αποδίδεται σε μια διαστολή όλων των αγγείων και συνοδεύεται από μια ανάλογη αύξηση της λεμφικής κυκλοφορίας. Παράλληλα όμως είναι σημαντικό για την αποφυγή πιθανών κινδύνων που υπάρχουν λόγω της χρήσης των συσκευών να κατανοούνται και να τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας και τα όρια έκθεσης, όσον αφορά την εκπομπή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον άνθρωπο.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της συσκευής διαθερμίας βραχέων κυμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο των Φυσικών Μέσων – Ηλεκτροθεραπείας του Τ.Ε.Ι. Αιγίου, παρατηρήθηκε ότι με την ίδια ένταση η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αυξάνεται όσο η απόσταση μειώνεται. Ενώ όταν αλλάζει η ένταση δεν παρατηρούμε σημαντική αλλαγή της ακτινοβολίας.

Ο συχνός έλεγχος των συσκευών διαθερμίας είναι καλό να εφαρμόζεται για την εντόπιση ελλείψεων αλλά και για την επαναρύθμιση της εκπομπής της ακτινοβολίας. Για την προστασία των επαγγελματιών υγείας αλλά και των ασθενών προτείνεται να γίνεται ενημέρωση και να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για τη διαμόρφωση του χώρου και για τις τυχόν διαρροές ακτινοβολίας που μπορεί να υπάρχουν.

Όσον αφορά το σύστημα υπερθερμίας τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό με σκοπό τον έλεγχο ή την καταστροφή του καρκινικού όγκου σε συνδυασμό με άλλες θεραπευτικές τεχνικές. Αυτό επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία περίπου 43 °C, μιας και τα καρκινικά κύτταρα εμφανίζουν μικρή ανοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ τα υγιή κύτταρα διατηρούν τις φυσιολογικές τους λειτουργίες. Τα καρκινικά κύτταρα αν δεν καταστραφούν αμέσως, γίνονται πιο ευαίσθητα σε θεραπευτικές εφαρμογές όπως την ακτινοβολία ή τη χημειοθεραπεία, επιτρέποντας έτσι να εφαρμόζονται σε μικρότερες δόσεις.

Στο κεφάλαιο 3 αναφέρθηκαν διάφορες συσκευές συστήματος υπερθερμίας, ανάλογα με το βάθος και το μέγεθος της πάσχουσας περιοχής διακρίνουμε τη γενική υπερθερμία, τη τοπική υπερθερμία, επιφανειακή και ενδοϊστική υπερθερμία. Σε ασθενείς που εμφανίζουν μετάσταση σε πολλά σημεία του σώματος τους προτείνετε η γενική υπερθερμία μαζί με χημειοθεραπεία. Ενώ η τοπική υπερθερμία σε ιστούς εν τω βάθει. Αντίθετα η επιφανειακή υπερθερμία

εφαρμόζεται σε όγκους που βρίσκονται σε βάθος μικρότερο των 2cm. Μια ξεχωριστή μέθοδος υπερθερμίας είναι η ενδοϊστική που γίνεται εμφύτευση μικροσκοπικών διατάξεων στην πάσχουσα περιοχή, για όγκους με λιγότερο από 5 cm διάμετρο.

Η υπερθερμία δεν εφαρμόζεται ως ανεξάρτητη θεραπεία για τον καρκίνο, αλλά ως συμπληρωματική μαζί με άλλες θεραπείες. Ο λόγος είναι επειδή δεν μπορεί να επιτευχθεί μια σταθερή θερμοκρασία. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον ως εργαλείο για τη θεραπεία κατά του καρκίνου του εγκεφάλου με τρόπο μη επεμβατικό, όπως μας κατέδειξαν οι διάφορες θεωρητικές και πειραματικές μελέτες για τις ιδιότητες εστίασης του συστήματος υπερθερμίας. Μια σημαντική πειραματική μελέτη από αυτές είναι οι μετρήσεις τεκμηρίωσης με ομοιώματα Phantoms που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4. Θα πρέπει να συνεχιστούν οι έρευνες με σκοπό τον έλεγχο του μεγέθους και της επιλογής της περιοχής εστίασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα υπερθερμίας στην κλινική πράξη.

Σημαντικά θεραπευτικά αποτελέσματα του συστήματος υπερθερμίας εμφανίζονται και στη φυσικοθεραπεία με την τοπική αύξηση στη κυκλοφορία του αίματος και των ιδιοτήτων ροής του αρθρικού υγρού, βελτιώνει την ελαστικότητα του συνδετικού ιστού, ανακουφίζει τον πόνο, βελτιώνει την θρέψη κ.ά. Η εφαρμογή γίνεται με δύο διαφορετικούς τρόπους θεραπείας, τη χωρητική λειτουργία και τη λειτουργία αντίστασης σε όλες τις αρθρώσεις του σώματος είτε σε οξύ, είτε σε χρόνια στάδιο.

5.2 Βιβλιογραφία

1. **Delpizzo V. & Joyner K.**, “On the safe use of Microwave and Shortwave Diathermy Units”, *The Australian Journal of Physiotherapy*, Vol. 33, No. 3 (1987)
2. **Ghulam S., Shah S. & Farrow A.**, “Assessment of Physiotherapist’ Occupational Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields from Shortwave and Microwave Diathermy Devices: A Literature Review”, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (2013)
3. **Lerman Y., Caner A., Jacobovich R. & Ribak J.**, “Electromagnetic fields from Shortwave Diathermy equipment in physiotherapy departments”, *Physiotherapy*, Vol. 82, No. 8 (1996)
4. **Macca I., Scapellato ML., Carrieri M., Pasqua di Bisceglie A., Saia B. & Bartolucci GB.**, “Occupational exposure to electromagnetic fields in physiotherapy departments”, *Radiat Prot Dosimetry*, Vol. 128, No. 2 (2008)
5. **Shields N., O’ Hare N. & Gormley J.**, “Contra-indications to shortwave diathermy: survey of Irish physiotherapists”, *Physiotherapy* 90 (2004)
6. **Bettaieb A., Wirzal P. & Averill-Bates D.**, “Hyperthermia: Cancer Treatment and Beyond”, *Intech*, chapter 12 (2013)
7. **Hildebrandt B. & Wust P.**, “The Biologic Rationale of Hyperthermia”, *Peritoneal Carcinomatosis*, Springer (2007)
8. **Wust P., Hildebrandt B., Sreenivasa G., Rau B., Gellermann J., Riess H., Felix R., Schlag PM.**, “Hyperthermia in combined treatment of cancer”, *The Lancet Oncology*, Vol. 3 (2002)
9. **Hugh D. Young**, “Πανεπιστημιακή Φυσική”, Τόμος Β’, 8^η έκδοση, Εκδόσεις Παπαζήση (1994)
10. **Serway Raymond**, (Επιμέλεια: Ρεσβάνης Κ. Λεωνίδας), “Φυσική- Ηλεκτρομαγνητισμός”, Τόμος II (1990)
11. **Halliday D., Resnick R., Walker J.**, (Επιμέλεια: Βαλαδάκης Α., Γραμμένος Φ., Καρατάσου Σ.), “Φυσική”, Εκδόσεις Gutenberg (2014)
12. **Robertson V., Ward A., Low J., Reed A.**, (Επιμέλεια: Κατσουλάκης Κ.), “Ηλεκτροθεραπεία- Βασικές Αρχές και Πρακτική Εφαρμογή”, 4^η έκδοση, Εκδόσεις Παρισιάνου (2006)
13. **Μιχαλάτου Μ., Πετρουτσόπουλος Α., Σταθόπουλος Σ.**, “Ηλεκτροθεραπεία Γ” (2001)
14. **Σπυρόπουλος Β.**, “Τεχνολογία Εντατικής Ιατρικής και Χειρουργείου: Μαθήματα Βιοϊατρικής Τεχνολογίας ΙΙ”, Εκδόσεις Παρισιάνου (1993)
15. **Watson T.**, “Ηλεκτροθεραπεία – Τεκμηριωμένη Πρακτική”, (Επιμέλεια: Στριμπάκος Ν.), Εκδόσεις Πασχαλίδη (2011)
16. **Παπαδημητρίου Ι.**, “Σύγχρονη γενική χειρουργική”, τόμος ΙΙ, Εκδόσεις Παρισιάνου (2001)

17. **Χαϊδεμένος Π.**, “Ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση από το τεχνολογικό εξοπλισμό εργαστηρίων Φυσικοθεραπείας” (2011)
18. **Καμπύλη Ν., Μαρούλης Σ.**, “Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και στο περιβάλλον” (2005)
19. **Γουζουάζης Ι.**, “Θεωρητική Ανάλυση και Πειραματική Μελέτη ενός πρότυπου μικροκυματικού συστήματος για θεραπευτικές εφαρμογές υπερθερμίας” (2008)
20. **Γουζουάζης Ι.**, “Ανάπτυξη μη επεμβατικών συστημάτων υπερθερμίας για θεραπευτικές εφαρμογές εγκεφάλου” (2010)
21. **Zimmer Kolleg**, Therapy Guide – Deep Heating Therapy (Θεραπευτικά Πρωτόκολλα Υπερθερμίας Thermo TK), (www.zimmer.de)