



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ-ΞΑΝΘΑΚΗ ΜΥΡΤΩ Α.Μ. 1423

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ Α.Μ. 1615

Επιβλέπων Καθηγητής:

κ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ- 2016

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.

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, 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 υπεριώδους 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 γίνεται λογική και υπεύθυνη χρήση της συσκευής και να τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας για την υγεία τόσο του ασθενή, όσο και του φυσικοθεραπευτή.

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 διαφορετικών ειδών διαθερμίας όπως διαθερμίας βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων, 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

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας τον ανθρώπινο οργανισμό καθώς και στις ιδιότητες της ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι συσκευές των διαθερμιών βραχέων κυμάτων, μικροκυμάτων και υπερθερμίας πως χρησιμοποιούνται και με ποιους τρόπους λειτουργούν. Γίνεται αναφορά στις επιδράσεις των συσκευών και παρατίθενται οι αρχές λειτουργίας τους καθώς και τα όρια έκθεσης και οι κανόνες ασφαλείας.

Το τέταρτο κεφάλαιο καλύπτει την ερευνητική μας μελέτη για την ασφαλή χρήση των διαθερμιών τόσο για τον ασθενή, όσο και για τον φυσικοθεραπευτή καθώς και για θέματα τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης των μηχανημάτων αυτών. Αναλύονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της έρευνάς μας

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	8
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	8
1.1 Ιονίζουσα ακτινοβολία.....	9
1.2 Μη ιονίζουσα ακτινοβολία.....	10
1.3 Από την ιστορία της φυσικής.....	11
1.4 Η φυσική και τεχνική έκθεση του πληθυσμού σε ιονίζουσες ακτινοβολίες.....	15
1.5 Μελέτη διάδοσης Η/Μ ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό.....	16
1.5.1 Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες ανθρώπινου σώματος.....	17
1.5.2 Επιδράσεις ακτινοβολιών στον άνθρωπο.....	18
1.5.3 Ειδικότερα για τα τηλέφωνα.....	22
1.5.4 Αποστάσεις ασφαλείας.....	24
1.5.5 Μη ειδικά προβλήματα υγείας και συμπτώματα.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	27
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΙ.....	27
2.1 Χαρακτηριστικά επίδρασης Η/Μ πεδίων.....	27
2.2 Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία.....	27
2.3 Ιστορική αναδρομή της επίδρασης της ακτινοβολίας.....	29
2.4 Κυτταρική λειτουργία.....	30
2.5 Απορροφούμενη Η/Μ ενέργεια.....	31
2.5.1 Ρυθμός απορρόφησης.....	32
2.5.2 Θεωρητικός απολογισμός απορροφούμενης ακτινοβολίας.....	33
2.5.3 Πειραματικός υπολογισμός απορροφούμενης ακτινοβολίας.....	33

2.6 Επιπτώσεις ακτινοβολίας.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	37
ΟΙ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΣΤΗΝ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....	37
3.1 Διαθερμίες.....	37
3.2 Είδη.....	38
3.3 Συσκευές διαθερμίας.....	40
3.3.1 Διαθερμία βραχέων κυμάτων.....	41
3.3.2 Διαθερμία μικροκυμάτων.....	42
3.3.3 Υπερθερμία.....	43
3.4 Αρχές.....	44
3.4.1 Μέτρα προστασίας για την ασφάλεια του ασθενούς.....	44
3.4.2 Μέτρα προστασίας για την ασφάλεια του προσωπικού.....	45
3.4.3 Όρια έκθεσης.....	46
3.4.4. Ουδέτερα ηλεκτρόδια.....	47
3.4.5 Ειδικές καταστάσεις: πολυοδεκτομή ή EMR.....	48
3.4.6 Συντήρηση μηχανημάτων.....	48
3.5 Χρήσεις.....	48
3.6 Νομοθεσία.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	51
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	51
4.1 Εισαγωγικά.....	51
4.1.1 Η χρήση των διαθερμιών στην φυσικοθεραπεία στην Ελλάδα.....	51
4.2 Σκοπός της παρούσας έρευνας.....	51
4.3 Υλικό και μέθοδος.....	51

4.4 Αποτελέσματα.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	60
ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	72

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

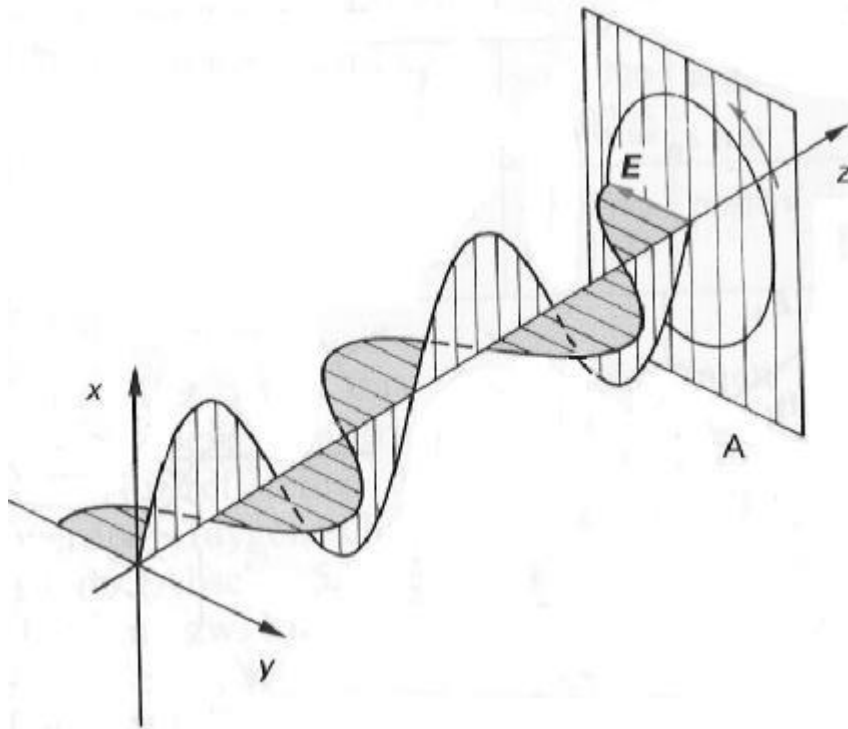
Μεγάλο μέρος του σύγχρονου κόσμου βασίζεται στην θεωρία των κυμάτων του ηλεκτρονίου και τους πολλούς τύπους ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι ανακαλύψεις του 20ου αιώνα, και η γνώση των ιδιοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχουν τη δυνατότητα να διευρύνουν τους ορίζοντες της χρήσης των τεχνητών πηγών ακτινοβολίας σε πολλούς τομείς της επιστήμης και ιδιαίτερα στον τομέα της ιατρικής. Ειδικότερα, η χρήση των μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στον τομέα της φυσικοθεραπείας θεωρείται ως ένας αποτελεσματικός μέθοδος θεραπείας διαφόρων ασθενειών του μυοσκελετικού συστήματος.

Η ανάπτυξη της έρευνας σχετικά με τις επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που ξεκίνησε στην αρχή του 19ου αιώνα από τον καθηγητή ανατομίας του Πανεπιστημίου Yale Harold Saxton Burr . Παρ 'όλα αυτά, ο θετικός αντίκτυπος της ενεργειακής ιατρικής ήταν γνωστά ακόμη και στους αρχαίους χρόνους, όταν οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν την ενέργεια που παράγεται από τα ηλεκτρικά χέλια ή στατικό ηλεκτρισμό του κεχριμπαριού όταν το τρίβουμε για τη θεραπεία διαφόρων παθήσεων. Σήμερα, η ανάπτυξη της επιστήμης μας επιτρέπει να καθορίσουμε τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις της στα διάφορα είδη της ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό. Η ακτινοβολία παρόλη την σπουδαία συμβολή της πρέπει με την χρήση της και ως ασθενείς και ως χειριστές να ακολουθούμε κανόνες ασφαλείας.

Συνεπώς, η φυσικοθεραπεία ως επιστήμη δε μπορεί να αποτελεί εξαίρεση, καθώς η χρήση της ακτινοβολίας για θεραπευτικούς σκοπούς είναι ευρέως αποδεκτή και δεδομένη από όλους τους επιστημονικούς φορείς. Εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας συναντάται ως επί τον πλείστον στις συσκευές διαθερμίας, μαγνητοθεραπείας, υπερήχου, υπέρυθρης και υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι συσκευές διαθερμίας παρά τα θεραπευτικά τους αποτελέσματα, είναι αναγκαίο να μην γίνεται κατάχρηση της συσκευής καθώς και να τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας τόσο για την υγεία του ασθενή όσο και για την υγεία του φυσικοθεραπευτή.

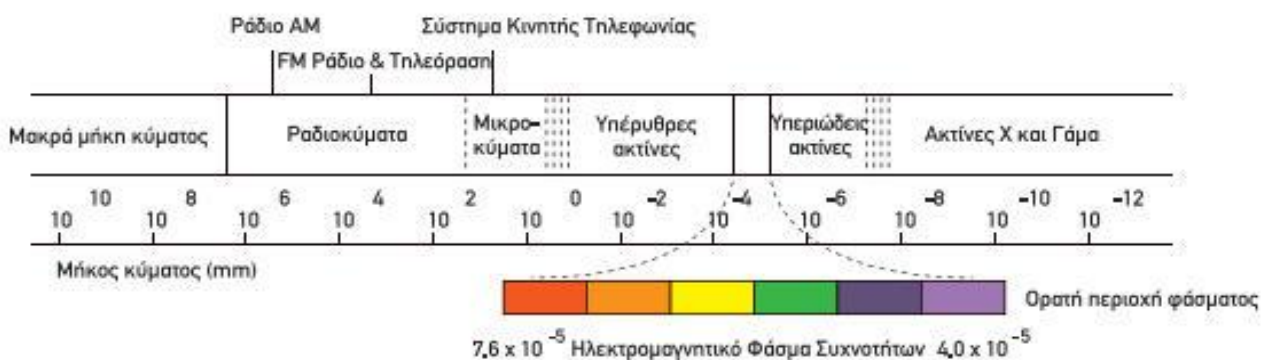
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Τα Η/Μ κύματα (ακτινοβολία) είναι στην ουσία ταλαντώσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που διαδίδονται σαν κύματα με την ταχύτητα του φωτός.



Εικ.1.1 Ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Πηγή: Τσιμπούκη Θ (1991). Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, Τόμος III – Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χωρίζεται σε διαφορετικά είδη ανάλογα με το μήκος κύματος. Όλα αυτά τα είδη αποτελούν το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.



Εικ.1.2 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Πηγή: Μοίρας Π (2006). Φυσική III – Κυματική. Αθήνα: Εκδόσεις Αρνός.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

Στην ιονίζουσα και στην μη ιονίζουσα.

1.1 Η ιονίζουσα ακτινοβολία

Η ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι αυτή που έχει συχνότητα ψηλότερη από το ορατό φως. Είναι μικρότερου μήκους κύματος και μεταφέρει πολύ ψηλή ενέργεια.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία περιλαμβάνει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες, την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες Χ και γάμμα (ραδιενέργεια). Η ακτινοβολία αυτή είναι επικίνδυνη διότι μπορεί να προκαλέσει ιονισμό. Ο ιονισμός είναι η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα.

Το φαινόμενο αυτό είναι επικίνδυνο διότι διασπά τους δεσμούς του DNA και είναι αιτία βλαβών που προκαλούν καρκίνο και άλλες ασθένειες.

Όταν η μεταφερόμενη ενέργεια είναι μεγάλη, τότε σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των μορίων. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο. Προκαλούνται αλλοιώσεις του γενετικού κώδικα του DNA. Το αποτέλεσμα είναι η πρόκληση καρκίνου και άλλων σοβαρών ασθενειών.

Ευτυχώς δεν είναι όλα τα είδη Ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις στο DNA. Μόνο αυτά που χαρακτηρίζονται από ψηλή συχνότητα, μικρό μήκος κύματος και ψηλή ενέργεια μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στο DNA.

Η ακτινοβολία που έχει αυτή τη δυνατότητα ονομάζεται ιονίζουσα ακτινοβολία.

Αντιθέτως, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην οποία υποβαλλόμαστε συνήθως και καθημερινά είναι η μη ιονίζουσα ακτινοβολία και δεν έχει τέτοιες δυνατότητες και κινδύνους. Υπάρχει μόνο μια εξαίρεση στην καθημερινή ακτινοβολία που δεχόμαστε. Πρόκειται για την ιονίζουσα ακτινοβολία που προκαλείται από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Η έκθεση στο ηλιακό φως και κατά συνέπεια στις υπεριώδεις ακτίνες, είναι αιτία καρκίνου του δέρματος (μελανώματος, ακανθοκυτταρικού και βασεοκυτταρικού καρκινώματος) και άλλων αλλοιώσεων και ρυτίδων.

Τα διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και τα πεδία που προκύπτουν, έχουν διαφορετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.

Οι μη ιονίζουσες είναι οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που είναι ανίκανες να προκαλέσουν βιολογικές επιδράσεις λόγω ιονισμού. Στις ακτινοβολίες αυτές ανήκουν τα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία όπως είναι αυτά που δημιουργούνται στο φυσικό περιβάλλον, τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο περιβάλλον διατάξεων ηλεκτρικής ενέργειας, τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα που εκπέμπονται από κεραίες

επικοινωνιών (π.χ. σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας), κεραιές ραδιοφωνίας και τηλεόρασης, συστημάτων ραντάρ κ.λ.π., καθώς και η υπεριώδης, η ορατή και η υπέρυθη ακτινοβολία. Οι βιολογικές επιδράσεις όλων αυτών είναι διαφορετικές από αυτές της ιοντίζουσας ακτινοβολίας αλλά και μεταξύ τους. Έτσι, τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα επάγοντας πεδία και ρεύματα στο εσωτερικό του, ενώ τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα θερμαίνοντας τα κύτταρα και τους ιστούς.

Οι βιολογικές επιδράσεις που είναι γνωστές για τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι αυτές που προκύπτουν κατά την διάρκεια ή σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά το πέρας της έκθεσης. Οι επιδράσεις αυτές είναι ντετερμινιστικές και υπάρχουν κατώφλια, που όταν υπερβαίνονται προκύπτουν οι βιολογικές επιδράσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κάθε ανθρώπου και ότι ο χαρακτηρισμός «γενικός πληθυσμός» αφορά και άτομα όπως μικρά παιδιά, ασθενείς, ηλικιωμένους κ.λ.π., που μπορεί να έχουν αυξημένες ευαισθησίες, προκύπτουν «βασικοί περιορισμοί» που η τήρησή τους εξασφαλίζει και την απουσία των βλαβερών επιδράσεων στην υγεία. Οι βασικοί περιορισμοί προκύπτουν δηλαδή από τα κατώφλια των βιολογικών επιδράσεων μέσω μεγάλων συντελεστών ασφαλείας (ή μείωσης) π.χ. για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0- 300GHz της τάξης του 50.

Πολλές φορές στις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες οι βασικοί περιορισμοί δεν αφορούν άμεσα μετρήσιμα μεγέθη στο περιβάλλον, αλλά μεγέθη στο εσωτερικό του σώματος των ανθρώπων που είναι δύσκολο να μετρηθούν. Για τον λόγο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τις δυσμενέστερες συνθήκες σύζευξης της ακτινοβολίας με τον άνθρωπο, προκύπτουν «επίπεδα αναφοράς» που είναι εύκολα μετρήσιμες παράμετροι της ακτινοβολίας και η τήρησή τους εξασφαλίζει και την τήρηση του βασικού περιορισμού και κατά συνέπεια την απουσία των βλαβερών επιδράσεων στην υγεία. Η τήρηση των επιπέδων αναφοράς εισάγει στην πράξη έναν ακόμα συντελεστή ασφαλείας.

1.2 Η μη ιονίζουσα ακτινοβολία

Η ενέργεια που μεταφέρουν τα κβάντα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας, δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει ιονισμό.

Οι πηγές των ΗΜΠ που έχει κατασκευάσει ο άνθρωπος, στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά (ραδιοκύματα, μικροκύματα, ηλεκτρισμός), είναι μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας. Δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό διότι η ενέργεια που μεταφέρουν τα κβάντα τους είναι μικρή. Δεν μπορούν να σπάσουν χημικούς δεσμούς στα μόρια των κυττάρων.

Τα ΗΜΠ που παράγονται από τα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος και τις ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι, είναι εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας που φτάνουν μέχρι 300 Hz. Οι ραδιοσυχνότητες βρίσκονται μεταξύ 10 MHz και 300 GHz.

Η κυριότερη επίδραση των ραδιοκυμάτων (κινητά τηλέφωνα, κεραιές σταθμών βάσης, ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, μικροκύματα) στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η αύξηση της θερμότητας στους ιστούς. Για να συμβεί αυτό βέβαια, χρειάζεται μια πολύ ισχυρότερη έκθεση από αυτή που συνήθως συμβαίνει στο καθημερινό μας περιβάλλον.

Στις ραδιοσυχνότητες, επειδή τα μαγνητικά και ηλεκτρικά πεδία σχετίζονται πολύ στενά, η μονάδα μέτρησή τους είναι η πυκνότητα ισχύος (W/m^2).

Τα μικροκύματα μεταφέρουν ψηλές ενέργειες. Όταν διαπερνούν κάτι που περιέχει νερό, προκαλούν δονήσεις των μορίων του νερού και έτσι παράγουν θερμότητα. Είναι αυτή η θερμαντική ιδιότητα των μικροκυμάτων που χρησιμοποιείται στους φούρνους μικροκυμάτων για το ζέσταμα ή το ψήσιμο των φαγητών.

Συνοπτικά βλέπουμε ότι τα ΗΜΠ περιλαμβάνουν την ionίζουσα ακτινοβολία (ραδιενέργεια, ακτίνες X και γάμμα, υπεριώδης ακτινοβολία) που είναι επικίνδυνη διότι μεταφέρει ψηλές ενέργειες και τη μη ionίζουσα ακτινοβολία (ραδιοσυχνότητες, κινητά τηλέφωνα, κεραιές σταθμών βάσης, εκπομπές ραδιοφώνου και τηλεόρασης, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές και ηλεκτροφόρα καλώδια) που εξαιτίας της χαμηλής ενέργειας δεν είναι επικίνδυνη για την υγεία μας.

Παρά το γεγονός ότι οι έρευνες μέχρι σήμερα δεν έχουν δείξει ή τεκμηριώσει επικίνδυνες επιδράσεις της μη ionίζουσας ακτινοβολίας στην υγεία μας, εντούτοις λόγω πιθανών κενών στις γνώσεις μας, είναι προτιμότερο να λαμβάνονται προφυλάξεις και να εφαρμόζονται οι συστάσεις για τα περιβαλλοντικά στάνταρτ που δίνονται από διεθνείς οργανισμούς.

1.3 Από την ιστορία της φυσικής

Το έτος 1895 είναι μια κρίσιμη καμπή στην ιστορία της φυσικής: Πρώτος ο Röntgen ανακάλυψε τις ακτίνες-X, και στη συνέχεια ο Becquerel με την ανακάλυψη της ραδιενεργού ακτινοβολίας. Κατόπιν έγινε η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου - ένα από τα θεμελιώδη στοιχεία του ατόμου.

Πολλοί ερευνητές όπως το ζεύγος Κιουρί (Νόμπελ Φυσικής 1903), εργάστηκαν πάνω στη ραδιενέργεια και ανακάλυψαν το στοιχείο ράδιο. Αργότερα το ζεύγος (Νόμπελ Χημείας 1935)

Joliot-Curies ανακάλυψαν ότι τα κανονικά άτομα μπορούν να γίνουν ραδιενεργά από εξωτερικές επιδράσεις.

Η ύπαρξη μιας νέας ραδιενεργού ακτινοβολίας, δηλ. της κοσμικής ακτινοβολίας, έγινε προφανής κατά τη διάρκεια της αναζήτησης των πηγών ραδιενεργού ακτινοβολίας. Αυτή η ακτινοβολία εμφανίζεται κατά τη διάρκεια μεταστοιχείωσης μερικών ασταθών πυρήνων. Η λέξη ραδιενέργεια πήρε το όνομά της από το στοιχείο ράδιο που εκπέμπει και αυτό ραδιενέργεια.

Σε περίπτωση έκρηξης στον πυρήνα του ατόμου, τα μέρη του ατόμου εκτινάσσονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι προκύπτουσες ακτίνες περιέχουν τις περισσότερες φορές δύο τμήματα. Ένα βαρύ θετικό κομμάτι (θυγατρικός πυρήνας) και ένα ελαφρύ τμήμα. Όταν όμως περισσεύει η ενέργεια ελευθερώνεται, εκτός από αυτούς τους δύο τύπους ακτίνων, και μια ισχυρή ακτινοβολία, η ακτινοβολία-γ. Οι ακτίνες-γ είναι της ίδιας φύσης με τις ακτίνες-Χ αλλά πιο δραστικές.

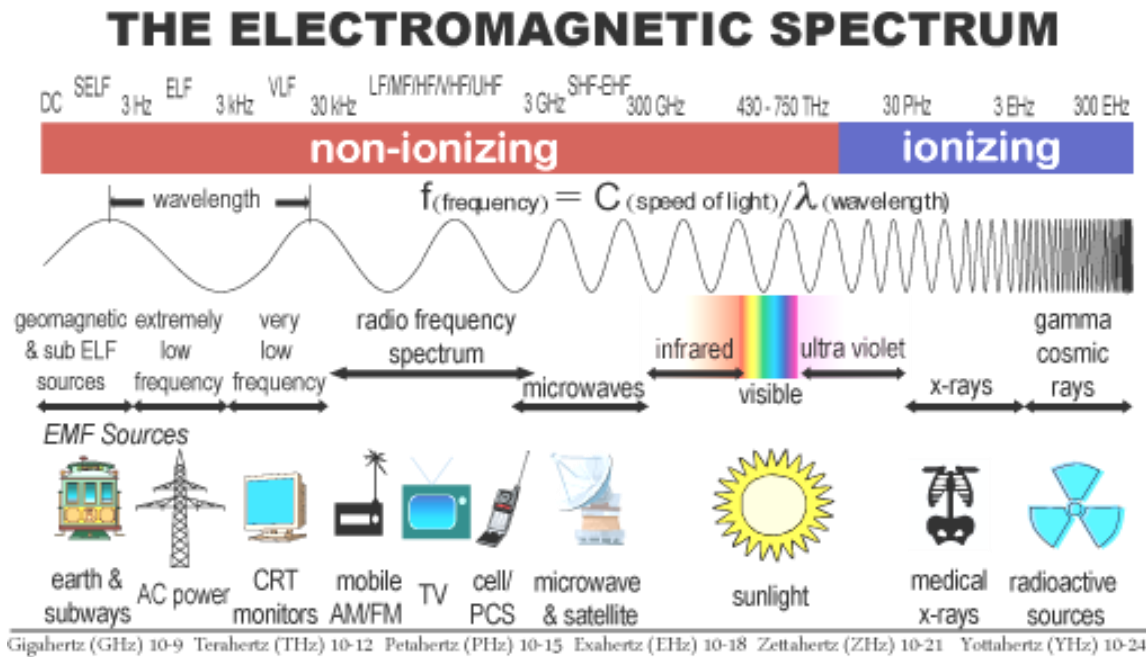
Η παρουσία των ραδιενεργών ακτινοβολιών μπορεί να ανιχνευθεί από το γεγονός ότι αυτές οι εκπνευόμενες ακτίνες διασπούν τα μόρια του αέρα σε θετικά και αρνητικά τμήματα και κάνουν τον περιβάλλοντα αέρα ηλεκτρικά αγώγιμο, δηλ. τον ιονίζουν. Ένα όργανο π.χ. φορτισμένο ηλεκτροσκόπιο, επομένως θα χάσει το ηλεκτρικό φορτίο του όταν περιβάλλεται από αυτόν τον ιονισμένο αέρα. Για να προστατευθεί από μια τέτοια ακτινοβολία το όργανο πρέπει να περιβληθεί από πλάκες μόλυβδου ικανού πάχους.

Επομένως, μετά την ανακάλυψη των ραδιενεργών κοσμικών ακτίνων, άρχισε η αναζήτηση ραδιενεργών ουσιών παντού, στον φλοιό της Γης, στις θάλασσες, και στην ατμόσφαιρα με το πιο απλό όργανο που υπήρχε, το ηλεκτροσκόπιο. Όπου κι αν έψαξαν βρήκαν παντού ραδιενεργές ακτίνες. Στα βαθιά νερά των λιμνών, των θαλασσών ή και στα ψηλά βουνά. Όμως η πιο εκπληκτική ανακάλυψη που έγινε ήταν ότι ήταν αδύνατο να απομακρυνθεί η επιρροή των ακτίνων, ανεξάρτητα από το πόσο πυκνά ήταν οι πλάκες μόλυβδου που περιέβαλαν το όργανο. Αυτό ήταν ανεξήγητο ως εάν οι ακτίνες προέρχονταν από μια ραδιενεργό ουσία μέσα στη Γη ή από την ατμόσφαιρα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι ερευνητές να υποθέσουν ότι υπάρχει μια άλλη πηγή ακτινοβολίας άγνωστη σε μας, με ακτίνες μεγάλης διεισδυτικής ισχύος.

Ερευνώντας για αυτήν την νέα πηγή ακτινοβολίας, έψαξαν να βρουν αν αυτή η ακτινοβολία μειώνεται με το ύψος πάνω από τη Γη. Τέτοια πειράματα πραγματοποιήθηκαν από πολλούς φυσικούς ερευνητές, ακόμη και στον πύργο του Άιφελ. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν κάποια μείωση της ακτινοβολίας με το ύψος, αλλά όχι στο αναμενόμενο ποσοστό αν η ακτινοβολία προερχόταν από τη Γη. Οι έρευνες τότε προχώρησαν και σε μεγαλύτερα ύψη με

τη βοήθεια μπαλονιών. Όταν βρέθηκαν σε ένα ύψος 4.500 μέτρων διαπιστώθηκε σε μερικές περιπτώσεις μια μικρή μείωση με το ύψος, αλλά σε άλλες περιπτώσεις, ο ιονισμός παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητος.

Αυτές οι μετρήσεις έδειχναν ότι η πανταχού παρούσα ακτινοβολία δεν μπορούσε να αποδοθεί στην ακτινοβολία ραδιενεργών ουσιών πάνω στο γήινο φλοιό.



Εικ.1.3 Διαχωρισμός ιονίζουσας και μη ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος και την συχνότητα.

Πηγή: Czernski P, Ostrowski K, Silverman C, Shore JL, Suess MJ & Waldeskog B (1974) eds. Biologic effects and health hazards of microwave radiation, Warsaw Poland: Polish Medical Publishers. Furse C, Christensen DA & Durney CH (2009). Basic introduction to bioelectromagnetics, 2Ed. CRC Press.

Ας δούμε τώρα τις κατηγορίες στο φάσμα καθώς και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει κάθε συχνότητα στον άνθρωπο.

Ακτίνες γ : έχουν την μεγαλύτερη συχνότητα και τα μικρότερα μήκη κύματος εκπέμπονται από ραδιενεργά υλικά και βρίσκονται και στο διάστημα (κοσμική ακτινοβολία). Οι ακτίνες αυτές έχουν μια εκπληκτική διατρητική ικανότητα . Μπορούν να διατηρήσουν μια επιφάνεια τσιμέντου με πάχος 3 μέτρα! Τα μήκη κύματος αυτής της ακτινοβολίας εκτείνονται από 0.01 έως 0.000001 νανόμετρα (nm).

Ακτίνες χ : η συχνότητά τους βρίσκεται σε τιμές μεταξύ των ακτίνων γ και των υπεριωδών ακτίνων. Έχουν τέτοια διατρητική ικανότητα ώστε να μπορούν να διαπερνούν εύκολα αρκετά υλικά και να καταστρέφουν ιστούς δέρματος πολλών οργανισμών. Αυτό έχει οδηγήσει τους επιστήμονες στο να χρησιμοποιούν τις ακτίνες χ (με αρκετή φειδώ όμως) ώστε να

παρατηρούν το ανθρώπινο σώμα (ακτινογραφίες). Τα μήκη κύματος των ακτίνων χ έχουν μεγάλη έκταση . Εκτείνονται από δέκα μέχρι 0.0001 νανόμετρα.

Υπεριώδης ακτινοβολία : Έχουν συχνότητες λίγο παραπάνω από αυτές του ορατού φωτός. Ωστόσο η έντασή τους είναι τέτοια που μπορεί να καταστρέψει τους ιστούς και τα κύτταρα. Ο ήλιος είναι μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μικρές δόσεις αυτής της ακτινοβολίας βοηθούν στην παραγωγή της βιταμίνης D και προκαλούν το μαύρισμα του ανθρώπινου δέρματος. Φυσικά μεγαλύτερες δόσεις προκαλούν σοβαρά εγκαύματα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χρησιμοποιείται ευρέως στον επιστημονικό χώρο σε διάφορα πειράματα, καθώς και από τους αστρονόμους για την παρατήρηση του ηλιακού συστήματος, του γαλαξία μας και άλλων περιοχών του σύμπαντος. Το μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας εκτείνεται από 50 μέχρι 350 και 400 νανόμετρα.

Ορατό φως : Τα χρώματα ενός ουράνιου τόξου, δηλαδή η ακτινοβολία που μπορεί να εντοπισθεί από το ανθρώπινο μάτι (από 400 έως 700 nm) δεν είναι παρά ένα πολύ μικρό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Εμείς αν και δεν το αντιλαμβανόμαστε, βρισκόμαστε υπό συνεχή βομβαρδισμό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία εκτείνεται σε πολύ διαφορετικά μήκη κύματος.

Υπέρυθρη ακτινοβολία : Εκτείνεται από εκεί που σταματάει η ορατή ακτινοβολία, δηλαδή περίπου από τα 700 νανόμετρα μέχρι περίπου το ένα χιλιοστό. Αυτού του τύπου η ακτινοβολία έχει να κάνει με την θερμότητα. Για παράδειγμα, το ανθρώπινο σώμα εκπέμπει θερμότητα όχι στο ορατό φως, αλλά σε περιοχές της υπέρυθρης ακτινοβολίας . Όλα τα σώματα λίγο έως πολύ εκπέμπουν θερμότητα σε αυτά τα μήκη κύματος ανάλογα με την θερμοκρασία τους . Οι πιο κοινές χρήσεις της υπέρυθρης ακτινοβολίας έχουν να κάνουν με την νυχτερινή όραση, ανιχνευτές σε δορυφόρους και αεροπλάνα, καθώς και την αστρονομία (επίγεια και διαστημικά τηλεσκόπια).

Μικροκύματα : Έχουν μήκος κύματος που εκτείνεται από ένα χιλιοστό μέχρι 30 εκατοστά. Ο άνθρωπος εκμεταλλεύτηκε αυτήν την ακτινοβολία στην κατασκευή φούρνων μικροκυμάτων, οι οποίοι μπορούν να θερμαίνουν φαγητά, καθώς η ακτινοβολία απορροφάται από τις τροφές και τις θερμαίνει. Τα μικροκύματα είναι ένα μέρος μιας μεγαλύτερης κατηγορίας ακτινοβολίας, τα ραδιοκύματα.

Ραδιοκύματα : Εκπέμπονται από την Γη, τα κήρια, τα αυτοκίνητα κι άλλα μεγάλα σε μέγεθος αντικείμενα. Πάνω στα ραδιοκύματα έχει βασισθεί η λειτουργία των ραντάρ και είναι ευρέως γνωστά για την ικανότητα τους να μεταφέρουν ραδιοφωνικά σήματα και σήματα τηλεόρασης. Τα ραδιοκύματα έχουν μήκος κύματος που εκτείνεται σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή, από ένα εκατοστό έως δεκάδες και εκατοντάδες μέτρα.

1.4 Η φυσική και τεχνητή έκθεση του πληθυσμού σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες

Κάτω από τον όρο φυσική έκθεση σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες συνήθως εννοείται η έκθεση σε ακτινοβολίες από τις φυσικές πηγές ακτινοβολίας, δηλαδή :

- Τα λεγόμενα πρωτογενή ραδιοϊσότοπα, που δημιουργήθηκαν μαζί με τα σταθερά ισότοπα κατά τη διάρκεια του σχηματισμού της γήινης ύλης μέσα από φυσικές διεργασίες.
- Τις πηγές της λεγόμενης κοσμικής ακτινοβολίας, που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών στον ήλιο και σε μέχρι τώρα μονοσήμαντα εντοπισμένες περιοχές του γαλακτικού χώρου.
- Τα λεγόμενα κοσμογενή ραδιοϊσότοπα, που δημιουργούνται σαν συνέπεια των αντιδράσεων της υψηλής ενέργειας της κοσμικής ακτινοβολίας με άτομα της γήινης ατμόσφαιρας.

Η τεχνητή έκθεση σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες προέρχεται από τεχνητές πηγές ακτινοβολίας, δηλαδή:

- Επιφανειακές ή υπόγειες δοκιμές διαφόρων τύπων πυρηνικών όπλων καθώς και εκρήξεις για τεχνικές εφαρμογές.
- Από την παραγωγή ραδιενέργειας και τεχνητών ραδιοϊσοτόπων σε πυρηνικούς αντιδραστήρες.
- Από τη χρήση ραδιοϊσοτόπων ή άλλων πηγών ιοντιζουσών ακτινοβολιών (επιταχυντές, γεννήτριες ακτίνων Roentgen κλπ.) στην έρευνα, στην ιατρική, στη βιομηχανία και στην αγροτική παραγωγή.

Το σύνολο των έμβιων οργανισμών στον πλανήτη μας κα φυσικά ο ανθρώπινος πληθυσμός ζει, αναπτύσσεται και πολλαπλασιάζεται μέσα σε ένα σύνθετο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον ιοντιζουσών ακτινοβολιών του οποίου ο ακριβής προσδιορισμός είναι εξαιρετικά περίπλοκος.

Πίνακας 1.4 Φυσική έκθεση σε ακτινοβολία. Πηγή: Πηγή: Κουμαριανός Δ, Κουτρομπής Γ, Στασινός Σ (2001). Ακτινοπροστασία, ΟΕΔΒ.

Φυσική Έκθεση σε Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες	Τάξη Μεγέθους σε mSv ανά έτος
Κοσμική Ακτινοβολία	30
Κοσμική Ακτινοβολία	30
Γηϊνή Ακτινοβολία	50
Ενσωματωμένα Φυσικά Ραδιενεργά Υλικά	30
Φυσική Έκθεση σε Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες	Τάξη Μεγέθους σε mSv ανά έτος
Πυρην. Εγκαταστάσεις (πλην ατυχημάτων)	1
Βιομηχανικές Εφαρμογές	2
Επαγγελματική Έκθεση	1
Ακτινοδιαγνωστική	50
Δοκιμές Πυρηνικών Όπλων	1

Η δόση που δέχεται ο μέσος κάτοικος της γης ετήσια από φυσικές και τεχνητές πηγές ραδιενέργειας εκτιμάται σε 2.5mSv.

Το 87% αυτής της δόσης οφείλεται στις φυσικές πηγές. Το μισό σχεδόν (47%) οφείλεται στο ραδόνιο (22).

1.5 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗΣ Η/Μ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Αρχικά θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το ανθρώπινο σώμα είναι ένα ηλεκτροχημικό όργανο εξαιρετικής ευαισθησίας, που υπό κανονικές συνθήκες λειτουργεί από ταλαντωτικές ηλεκτρικές διαδικασίες διαφόρων ειδών, που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες συχνότητες, και τυχαίνει κάποιες από αυτές να συμπίπτουν με αυτές που χρησιμοποιούνται από τα κινητά GSM. Στη συνέχεια αναλύουμε ένα κομμάτι ανθρώπινου ιστού και βλέπουμε ότι μοιάζει με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

1.5.1 Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες ανθρώπινου σώματος

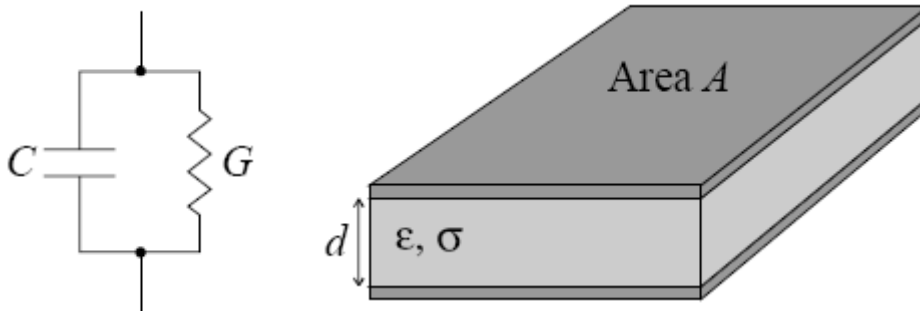
Η ηλεκτρική διαπερατότητα του ανθρώπινου σώματος είναι πολύ μεγάλη, ανάλογα με τον ιστό και τη συχνότητα του Η/Μ κύματος που προσπίπτει στο σώμα, και είναι μιγαδικός αριθμός

$$\varepsilon = \varepsilon' - i \frac{\sigma}{\omega}$$

Ο άνθρωπος δεν είναι μαγνητικό υλικό, οπότε στην εξίσωση $\mu = \mu_r \mu_o$ το $\mu_r = 1$ συνεπώς η μαγνητική διαπερατότητα του ανθρώπου είναι ίδια με αυτή του κενού.

Όμως γιατί είναι η ηλεκτρική διαπερατότητα του σώματός μας μιγαδικός αριθμός;

Κάθε ιστός του σώματός μας αποτελεί ένα μικρό κύκλωμα RC όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα



Εικ.1.5 Πυκνωτής. Πηγή: Young HD (1992). University physics – Extended version with modern Physics, 8Ed. Addison – Wesley publishing company, Inc.

η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

και η αντίσταση είναι

$$G = \frac{\sigma A}{d}$$

1.6 Τυποί και σχέσεις. Πηγή: Young HD (1992). University physics – Extended version with modern Physics, 8Ed. Addison – Wesley publishing company, Inc.

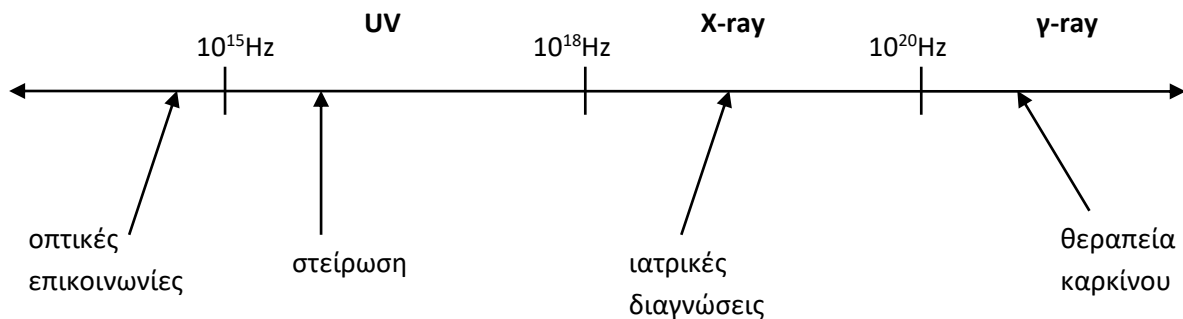
όπου σ είναι αγωγιμότητα (σε $S\ m^{-1}$), η οποία είναι το αντιστρόφως ανάλογο της ειδικής αντίστασης ρ .

Από την παραπάνω σχέση για την ηλεκτρική διαπερατότητα, η χωρητικότητα γίνεται

$$C = \frac{\epsilon' A}{d} - i \frac{\sigma A}{\omega d}$$

1.5.2 Επιδράσεις ακτινοβολιών στον άνθρωπο

α) Ιοντίζουσα ακτινοβολία



Εικ.1.7 Περιοχή ακτίνων UV, X και γ. Πηγή: Τιμπούκη ΘΚ (1991). Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, Τόμος III – Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλές ενέργειες λόγω των υψηλών συχνοτήτων αυτού του μέρους του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι ενέργειες αυτές δίδονται από τον τύπο του Planck,

$$E = hf$$

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, η ιονίζουσα ακτινοβολία αποτελείται από τις ακτίνες γ , x και ένα τμήμα από τις υπεριώδεις, οι UVC . Οι τελευταίες είναι το μόνο μέρος των υπεριωδών που δεν διαπερνά το όζον της γήινης ατμόσφαιρας.

Η ακτινοβολία ενός ανθρώπου από αυτά τα είδη ακτινοβολίας μπορεί να έχει ως συνέπεια στιγμιαίο θάνατο (υπερβολική έκθεση σε ακτίνες γ από πυρηνική βόμβα ή ατύχημα σε πυρηνικό εργοστάσιο) ή να λειτουργήσει συσσωρευτικά. Συσσωρευτικά είναι η κατανάλωση ακτίνων x κατά τις ιατρικές εξετάσεις, αλλά και η απορρόφηση ακτίνων UVC από τον ήλιο (μελανώματα).

Η ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να καταστρέψει το DNA, να αλλάξει τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών, να καταστρέψει το μεδούλι των οστών, το ανοσοποιητικό σύστημα, τους νευρώνες του εγκεφάλου και να προκαλέσει νευρολογικά σύνδρομα.

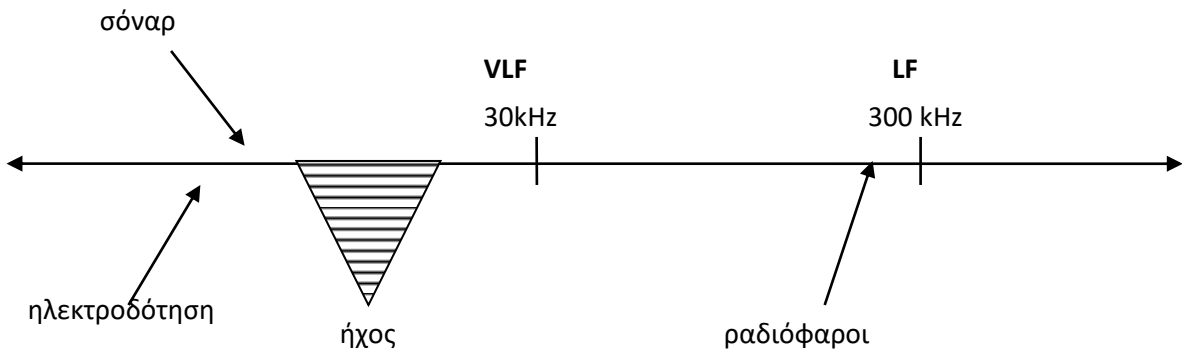
Η ακτινοβολία αυτή έχει σαν κύριο αποτέλεσμα τον ιονισμό των μορίων του νερού στα ανθρώπινα κύτταρα και την παράγωγη ελεύθερων ριζών OH^- . Ως γνωστόν τα ανθρώπινα κύτταρα αποτελούνται κατά 75 – 80% από νερό. Συνεπώς μιλάμε για μαζική καταστροφή, αφού οι ελεύθερες ρίζες επιτίθενται σε λιπίδια, πρωτεΐνες και υδρογονάνθρακες. Ειδικότερα, επιταχύνεται η διαδικασία υπεροξυγόνωσης των λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών, ούτως ώστε να παραμένουν ανοιχτά τα τοιχώματα των τελευταίων, αυξάνοντας την ιοντική μεταφορά και προκαλώντας κυτταρικό θάνατο. Επιπλέον εισρέουν στον κυτταρικό πυρήνα και καταστρέφουν το DNA είτε άμεσα (κυτταρικός θάνατος) είτε έμμεσα, προκαλώντας μεταγραφικά και πολλαπλασιαστικά λάθη.

β) Μη – ιονίζουσα ακτινοβολία

Οι αρχικές επιπτώσεις, στην υγεία από τις ακτινοβολίες RF/MW είναι οι θερμικές. Θερμικές ονομάζονται εκείνες οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία.

Εικ.1.8 Περιοχή low frequencies (LF).

Πηγή: Τσιμπούκη ΘΚ (1991). Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, Τόμος III – Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

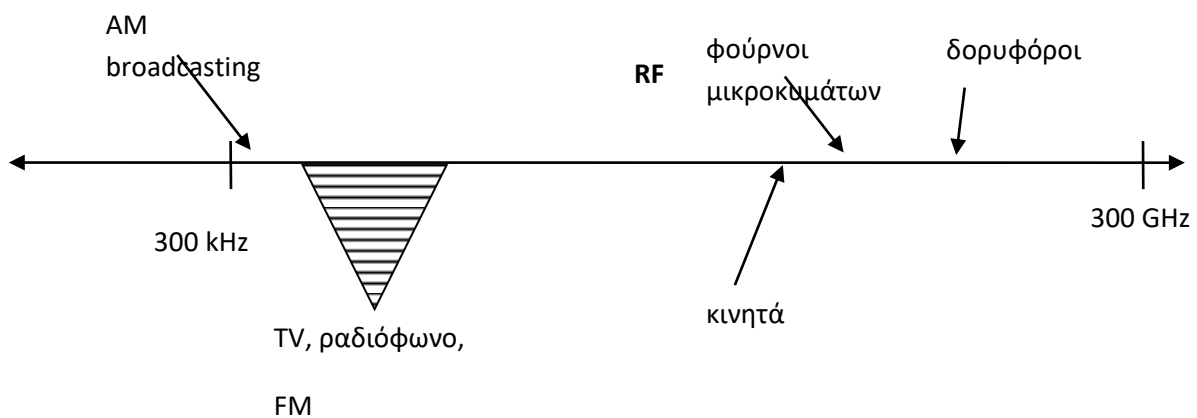


- **Low frequency (LF)**

Τα ΗΜ κύματα αυτών των συχνοτήτων επάγουν δύναμη Faraday στα ανθρώπινα κύτταρα και δημιουργούν ρεύματα στο ιονικό υδατικό διάλυμα της πλασματικής τους μεμβράνης. Αυτά τα ρεύματα σταματούν από το ισχυρό διηλεκτρικό φράγμα της κυτταρικής μεμβράνης. Παρόλα αυτά προκαλούν αλλαγές στην επιφάνεια του κυττάρου (στρώμα ιόντων, διαπερατότητα καναλιών ιόντων, γλυκοπρωτεΐνες, υποδοχείς διαλυμάτων). Καταφέρνει λοιπόν να περάσει μόνο το μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Έτσι ενεργοποιούνται τα ένζυμα εντός των κυττάρων που συνδέονται με τα γονίδια κι έπειτα συνθέτουν πρωτεΐνες. Αυτή είναι η κλασική διαδικασία αναπαραγωγής των κυττάρων, όμως η ακτινοβολία αυτή την επιταχύνει, με αποτέλεσμα να παράγονται πληροφορίες σε άσχετο χρόνο και να επηρεάζουν τη λειτουργία του οργανισμού.

Εικ.1.9 Radio frequencies (RF).

Πηγή: Τσιμπούκη ΘΚ (1991). Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, Τόμος III – Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.



- **High Frequency (HF)**

Αυτού του είδους τα ΗΜ κύματα ζεσταίνουν τα ανθρώπινα κύτταρα. Ειδικότερα, η εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στα κύτταρα, διαφορετικού από αυτό λειτουργίας των κυττάρων (~70 mV), που σημαίνει επαγωγή ιόντων και ταλαντώσεις διπολικών μορίων των συστατικών των κυττάρων (όπως το νερό), αλλάζει η περιστροφή τους, οδηγώντας σε αύξηση της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων των ατόμων, οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε

θερμότητα. Ειδικά για τα πεδία της περιοχής των μικροκυμάτων, λέγεται ότι μπορούν να αλλάξουν τις διαδικασίες του κυτταρικού κύκλου και να οδηγήσουν σε καρκινογένεση.

Η επαγόμενη αυτή θερμότητα, αυξάνει τη θερμοκρασία των κυττάρων, και κατ' επέκταση του σώματος, και ενεργοποιεί τους ενδοκρινικούς θερμοκυκλοφορικούς μηχανισμούς άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού, όπως είναι η εφίδρωση και ο πυρετός.

Ακόμα μία επιπλοκή είναι η θερμοπληξία και η υπεραιμία. Θερμοπληξία παθαίνουμε όταν η θερμοκρασία του σώματός μας υπερβεί τους 40°C και μπορεί να καταστρέψει εγκεφαλικά κύτταρα. Όμως ακόμα και λίγα δέκατα να ανέβει η θερμοκρασία του σώματός μας από τη φυσιολογική τιμή, δηλαδή τους 36.4 – 36.7°C, θα προκληθεί υπεραιμία, δηλαδή γρηγορότερη κυκλοφορία του αίματος για την ισοκατανομή της περαιτέρω θερμότητας στο σώμα. Εξού και οι πιο ευπαθείς στη ζέστη ιστοί του σώματος είναι τα μάτια, η χοληδόχος κύστη και οι όρχεις, αφού δεν διαθέτουν πολλά αγγεία, ούτως ώστε να φεύγει η θερμότητα πιο γρήγορα και να μην υπερθερμαίνονται.

Έχει παρατηρηθεί ακόμα ότι η υψίσυχη ακτινοβολία μπορεί να έχει και άλλες επιδράσεις εκτός των προαναφερθέντων.

Παρατηρήθηκαν π.χ. φυσιολογικές μεταβολές σε κυτταρικές καλλιέργειες και σε ζώα καθώς και επηρεασμός της ηλεκτρικής δραστηριότητας στον ανθρώπινο εγκέφαλο.

Επιδράσεις στους οφθαλμούς. Συνήθως η έρευνα για δημιουργία καταρράκτη αφορά απλές ή πολλαπλές οξείες εκθέσεις σε Η/Μ ακτινοβολίες με πυκνότητα ισχύος 80-500 mW cm⁻².

Ακουστικό φαινόμενο. Άνθρωποι εκτιθέμενοι σε οξείες μικροκυματικούς παλμούς αναφέρουν ότι ακούν υπόκωφο θόρυβο με συχνότητα ίση προς τη συχνότητα επανάληψης των παλμών.

Εκροή ασβεστίου. Αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου ⁴⁵Ca²⁺ έχει παρατηρηθεί σε απομονωμένους εγκεφαλικούς, αλλά και καρδιακούς ιστούς πειραματόζων που εκτέθηκαν σε ημιτονοειδώς διαμορφωμένα Η/Μ πεδία. Τα ιόντα του ασβεστίου είναι εξαιρετικής σημασίας για τη μεταφορική σύζευξη μιας μεγάλης γκάμας ανοσολογικών, ενδοκρινολογικών και νευρολογικών φαινομένων στην εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνης των κυττάρων. Το φαινόμενο εξαρτάται ισχυρά από τη συχνότητα διαμόρφωσης και την πυκνότητα ισχύος της χρησιμοποιούμενης Η/Μ ακτινοβολίας.

Επιδράσεις στην συμπεριφορά. Η αλλαγή συμπεριφοράς πειραματόζων που εκτέθηκαν σε Η/Μ ακτινοβολία βρέθηκε να είναι το φαινόμενο που παρουσιάζεται στις χαμηλότερες τιμές κατωφλίων από όλες τις υπόλοιπες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων. Τα όρια αυτά

βρέθηκαν, σε γενικές γραμμές, να έχουν τιμές 4 – 8 W kg⁻¹ ανεξάρτητα από τη συχνότητα, τη διαμόρφωση, τη μέση ισχύ ή τον τρόπο έκθεσης.

Γενετικές και αναπτυξιακές ανωμαλίες. Δεν είναι ξεκάθαρο αν δημιουργούνται τέτοιες ανωμαλίες για SAR < 1 W kg⁻¹. Όμως, σαν παράδειγμα, πρέπει να αναφερθεί ότι έχει παρατηρηθεί 10% αλλαγή στον ρυθμό ανάπτυξης κάποιων ποικιλιών δημητριακών που εκτίθονταν σε ακτινοβολία 41.65-41.825 GHz χωρίς να δίνεται αντίστοιχη τιμή του SAR. Κάποιες δημοσιεύσεις αναφέρονται σε επιδράσεις στην ενδομήτρια ανάπτυξη των εμβρύων αλλά και στην μετά τον τοκετό ανάπτυξη των παιδιών των οποίων οι μητέρες εκτέθηκαν σε υψηλές τιμές H/M ακτινοβολίας. Οι επιδράσεις αυτές εξηγήθηκαν ως οφειλόμενες στην τοπική άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος της μητέρας ως αποτέλεσμα της απορρόφησης H/M ενέργειας και υπέρβασης των ορίων για τις μέγιστες επιτρεπτές τιμές του SAR. Τέλος, με τον ίδιο τρόπο, δηλ. υπερβολική τοπική θέρμανση, εξηγήθηκαν και οι δυσλειτουργίες που παρατηρήθηκαν στους όρχεις.

Βιολογικές αντιδράσεις υπό χρόνια H/M έκθεση. Επίσης και στην περίπτωση αυτή είναι ανεπαρκής η έρευνα λόγω κόστους αλλά και λόγω δυσκολίας στην αδιαμφισβήτητη εκλογή των σωστών παραμέτρων για χρόνια έκθεση. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα των έως τώρα μελετών και πειραμάτων συμφωνούν στη διατύπωση ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες στατιστικές μεταβολές από τις μέσες τιμές στην πρόσληψη τροφής και νερού ή την κινητικότητα των πειραματόζων, δεν μεταβλήθηκαν συνολικά τα αιματολογικά χαρακτηριστικά τους και ούτε βρέθηκαν υπό κατάσταση στρες. Αλλαγή στην συμπεριφορά παρουσιαζόταν μόνο αμέσως μετά την παύση της έκθεσης στην ακτινοβολία και αυτό ερμηνεύτηκε ως προσπάθεια αντιμετώπισης της διαφοράς στο θερμικό φορτίο.

1.5.3 Ειδικότερα για τα τηλέφωνα

Όρια εντάσεων των πεδίων για τις δυο βασικές συχνότητες λειτουργίας της κινητής τηλεφωνίας

Τα ασφαλή όρια που έχουν καθοριστεί από όλες τις οργανώσεις , εξαρτώνται από την **συχνότητα** .

Έτσι για την περιοχή συχνοτήτων από 400 MHz έως 2000MHz (που είναι η περιοχή συχνοτήτων των κινητών) , για την ένταση E του ηλεκτρικού πεδίου είναι της τάξεως των

$3\sqrt{f}$ V/m, για την ένταση H του μαγνητικού πεδίου είναι $0.008 \cdot \sqrt{f}$ A/m και για την πυκνότητα ισχύος την τιμή $f/400$ mW/cm². (όπου f είναι η συχνότητα του RF κύματος σε MHz).

Όλες οι διεθνείς επιτροπές έχουν προσδιορίσει την τιμή των **4 W kg⁻¹** (απορροφούμενη ακτινοβολία σε όλο το σώμα), ως το επίπεδο πάνω από το οποίο μπορούν να εμφανιστούν



επιβλαβή βιολογικά αποτελέσματα .

Εικ.1.10 Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
Πηγή: Krawczyk A & Kubacki R (2008). Electromagnetic field, health and environment: Proceedings of EHE'07, IOS Press.

Για τον γενικό πληθυσμό, που εκτίθεται σε εικοσιτετράωρη βάση και δεν είναι ενημερωμένος ώστε να λαμβάνει μέτρα ασφαλείας, η μέγιστη τιμή του ρυθμού απορρόφησης SAR (ολόσωμη απορρόφηση), ορίστηκε η τιμή SAR = 0.08 W kg⁻¹.

Όταν η έκθεση είναι τοπική, όπως είναι στα κινητά, υπερβάσεις αυτών των ορίων επιτρέπονται μόνο αν μπορεί να αποδειχθεί ότι ο ρυθμός απορρόφησης SAR είναι μικρότερος από 1.6 W kg⁻¹ κατά μέσο όρο για κάθε γραμμάριο οποιουδήποτε ιστού του κεφαλιού.

Οι γενικοί κανονισμοί (υπουργική απόφαση του ελληνικού κράτους), ορίζουν ότι δεν πρέπει να υπάρχουν χώροι γύρω από την κεραία ελεύθερα προσπελάσιμοι από το γενικό πληθυσμό, στους οποίους τα όρια έκθεσης για την ένταση ηλεκτρικού πεδίου, την ένταση μαγνητικού πεδίου και την πυκνότητα ισχύος να υπερβαίνουν το 80 % των τιμών του ακόλουθου πίνακα της σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά και στις δυο ζώνες συχνοτήτων κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούνται στην χώρα μας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.11 Όρια τιμών στα 900 και στα 1800MHz

Πηγή: Κουμαριανός Δ, Κουτρομπής Γ, Στασινός Σ (2001). Ακτινοπροστασία, ΟΕΔΒ.

Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (V / m)
41.25 V / m για την ζώνη συχνοτήτων στα 900 MHz
58.34 V / m για την ζώνη συχνοτήτων στα 1800 MHz
Ένταση μαγνητικού πεδίου H (A / m)
0.111 A / m για την ζώνη συχνοτήτων στα 900 MHz
0.157 A / m για την ζώνη συχνοτήτων στα 1800 MHz
πυκνότητα ισχύος ισοδύναμου επίπεδου ηλεκτρομαγνητικού κύματος
4.5 W / m^2 για την ζώνη συχνοτήτων στα 900 MHz
9 W / m^2 για την ζώνη συχνοτήτων στα 1800 MHz

Για τις μετρήσεις έχει καθιερωθεί να χρησιμοποιείται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου.

Το μαγνητικό πεδίο είναι παράγωγο του ηλεκτρικού όπως μπορούμε να δούμε και από τις εξισώσεις Maxwell. Συνεπώς μπορούμε με ασφάλεια να υπολογίζουμε τις βλάβες που προκαλεί η ακτινοβολία και τα ασφαλή επίπεδα έκθεσης, βασιζόμενοι μόνο στο ηλεκτρικό πεδίο .

1.5.4 Αποστάσεις ασφαλείας

Από τον υπολογισμό της ανόδου θερμοκρασίας που προκαλεί η ακτινοβολία και συνυπολογίζοντας τους δείκτες SAR βρέθηκαν τα ακόλουθα μεγέθη για την ένταση του πεδίου σε σχέση με τα όρια του ανθρώπινου οργανισμού :

1 μέχρι 10 mW / cm^2	Είναι επιτρεπτή η έκθεση λίγες ώρες κάθε 24ωρο
------------------------	--

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αν υπερβούμε το 1 mW / cm² , η άνοδος της θερμοκρασίας θα μας προκαλέσει μη αντιστρεπτή μεταβολή στα κύτταρα μας .

Από την βιβλιογραφία πήραμε τις παρακάτω τιμές :

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.12 Αποστάσεις ασφαλείας.		
Πηγή: Κουμαριανός Δ, Κουτρομπής Γ, Στασινός Σ (2001). Ακτινοπροστασία, ΟΕΔΒ.		
Ισχύς (W)	Επικίνδυνη απόσταση (m)	Απόσταση ασφαλείας (m)
1	0.2	0.3
4	0.2	0.6
10	0.3	0.95
40	0.6	2.0
400	1.9	6.0
1000	3.0	9.5

Έτσι ανάλογα με την περίπτωση υπολογίζουμε ότι

- Ένα κινητό GSM εκπέμπει 1 με 2 Watt (όταν είναι μακριά από τον σταθμό της βάσης του), άρα η απόσταση ασφαλείας είναι 30cm
- Μια κεραία κινητής τηλεφωνίας στην χειρότερη περίπτωση έχει 40 Watt ισχύ, με κέρδος κεραίας 10 db, δηλαδή με συνολική ισχύ 400 Watt άρα η απόσταση ασφαλείας είναι τα 6 μέτρα.
- Ένας πομπός ραδιοφώνου ή τηλεόρασης με ισχύ 30000watt έχει ελάχιστη απόσταση 30μέτρα

- Ένα WiFi τερματικό, όπου η ισχύς περιορίζεται εκ του νόμου στα 100mW, έχει απόσταση ασφαλείας τα 10cm.
- Επίσης για μία απόσταση 1 μέτρου η ένταση πεδίου θα είναι 10000 φορές .
- μικρότερη από το όριο ασφαλείας και για μία απόσταση 10 μέτρων θα είναι 1000000 φορές μικρότερη.

1.5.5 Μη ειδικά προβλήματα υγείας και συμπτώματα

Ορισμένα συμπτώματα όπως ο πονοκέφαλος, η ζαλάδα, η ναυτία έχουν συσχετισθεί με τη χρήση ΚΤ. Ορισμένες φορές εμφανίζονται στην αρχή της κλήσης ενώ άλλες φορές αργότερα. Συνήθως δεν διαρκούν πάνω από μία ώρα.

Έχει αναφερθεί ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ορισμένων ραδιοσυχνοτήτων προκαλεί διαταραχές του ύπνου, κεφαλαλγίες και αλλαγές στο ΗΕΓ'. Σαν ενοχοποιητικοί μηχανισμοί έχουν θεωρηθεί η επίδραση της ακτινοβολήσης στο δοπαμινεργικό σύστημα του εγκεφάλου και στη διαβατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού, αιτίες που συνδέονται με τις κεφαλαλγίες.

Οι Cox et al θεωρούν ότι συμπτώματα όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, μπορούν να οφείλονται σε ερεθισμό του αισουσαίου νεύρου από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ΚΤ. Αν και αυτή η θεωρία χρήζει περαιτέρω μελέτης, πρέπει να σημειωθεί ότι συμπτώματα όπως ο πονοκέφαλος και η ζαλάδα είναι πολύ συνηθισμένα, καθόλου παθολογικά και αρκετά υποκειμενικά. Διάφορες μελέτες ανά τον κόσμο συνδέουν την εμφάνιση αυτών των συμπτωμάτων με τη χρήση ΚΤ αλλά μόνο μία μελέτη είναι σχεδιασμένη με πειραματικό τρόπο η οποία όμως δεν καταλήγει σε μια τέτοια συσχέτιση.

Τέλος, μια μελέτη συνδέει τη διάρκεια και την ένταση των συμπτωμάτων, το χρόνο ομιλίας και τον αριθμό των κλήσεων ανά ημέρα με την μέτρηση του ειδικού ρυθμού απορρόφησης (EPA). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τιμές του EPA πάνω από 0.5 W/kg μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη διάρκεια των συμπτωμάτων αυτών, ειδικά όσον αφορά στο μεγάλο αριθμό κλήσεων την ημέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΙ

2.1 Χαρακτηριστικά επίδρασης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων

Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, υποδιαιρείται σύμφωνα με το μήκος του κύματος λ . Ως μήκος κύματος ορίζεται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών στοιχείων του μέσου, που απέχουν το ίδιο από τη θέση ισορροπίας τους και κινούνται κατά την ίδια φορά. Ένα άλλο κριτήριο σύμφωνα με το οποίο κατηγοριοποιείται η ακτινοβολία είναι η συχνότητα f η οποία υπολογίζεται σε *Hertz* (Hz). Ως συχνότητα ορίζεται ο αριθμός των κορυφών, αφού πρόκειται για εγκάρσιο κύμα, που φθάνουν σε κάποιο σημείο του μέσου στη μονάδα του χρόνου κατά την διάδοση του κύματος.

Εντοπίζεται αντίστροφη αναλογία ανάμεσα στο μήκος και τη συχνότητα των κυμάτων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και αυτό αποδεικνύεται με τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής κατά την οποία: $v = \lambda \cdot f$. Ενώ η ταχύτητα διάδοσης του κύματος v παραμένει σταθερή, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα f μειώνεται το μήκος κύματος λ και το αντίστροφο. Τα δύο φυσικά μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα και καθορίζουν ταυτόχρονα το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Μοίρας Π, 2006).

Βασικό χαρακτηριστικό για τη μελέτη των βιολογικών επιδράσεων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αποτελεί η συχνότητά της. Στις χαμηλές συχνότητες (< 500 Hz) το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι ασύνδετα μεταξύ τους ενώ για μεγαλύτερες συχνότητες (> 3 MHz) συνδέονται με απλές μαθηματικές σχέσεις. Κατά τη μελέτη πεδίων, τα όρια επικινδυνότητας της έκθεσης, για τις χαμηλές συχνότητες εκφράζονται σε μονάδες έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (σε V/m και τα υποπολλαπλάσιά τους) και έντασης του μαγνητικού πεδίου (σε A/m και τα υποπολλαπλάσιά τους) ενώ για τις υψηλότερες συχνότητες εκφράζονται σαν πυκνότητα ισχύος (W/m² και τα υποπολλαπλάσιά τους). Επιπλέον λαμβάνονται υπόψη χαρακτηριστικά που έχουν σχέση με την ισχύ, τον τρόπο με τον οποίο εκπέμπεται και τον τρόπο με τον οποίο διαδίδεται στον χώρο η ακτινοβολία (τρόπος διαμόρφωσης, συνεχής ή παλμική εκπομπή κ.α.).

2.2 Ιοντίζουσα και μη ιοντίζουσα ακτινοβολία

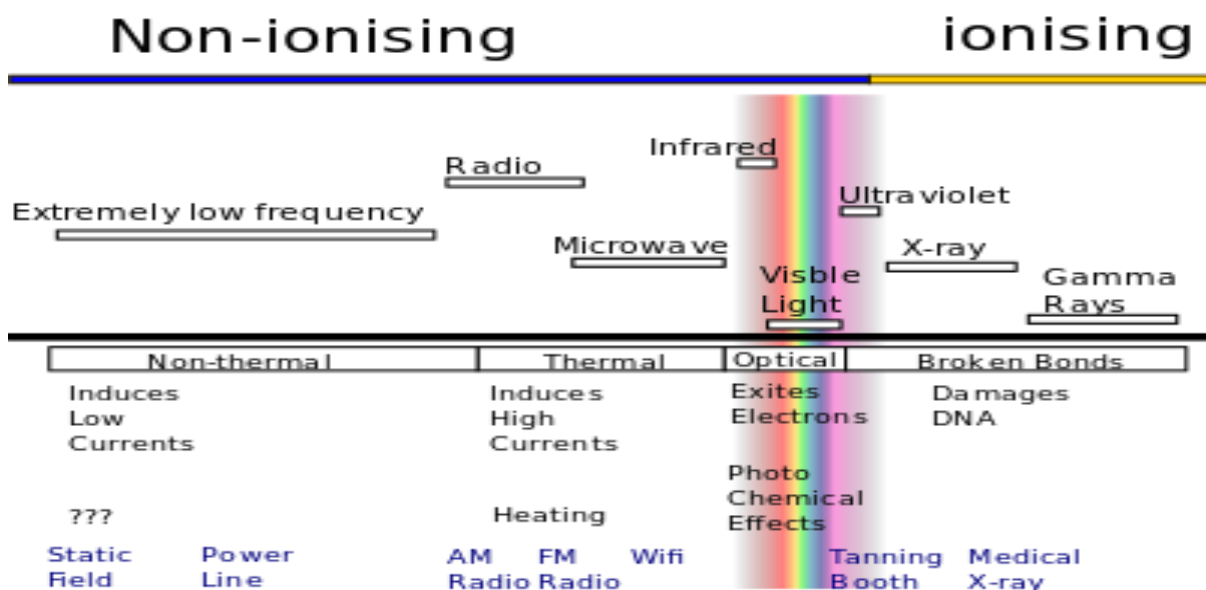
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υποδιαιρείται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, σύμφωνα με τη συχνότητα και το μήκος κύματος, όπως περιγράφονται παρακάτω:



Εικ. 2.1 Marie Skłodowska - Curie (1867-1934). Πηγή: Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Larousse Britannica

Ιοντίζουσα ακτινοβολία: Χαρακτηρίζεται από μικρό μήκος κύματος, υψηλή συχνότητα και μεταφορά μεγάλης ποσότητας ενέργειας ενώ περιλαμβάνει τις ακτίνες X (χρησιμοποιούνται στις ακτινογραφίες, στους αξονικούς τομογράφους κ.α.), τις ακτίνες γάμα « γ », τη κοσμική ακτινοβολία και την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή είναι λίαν επικίνδυνη διότι δύναται να προκαλεί ιονισμό. Ως ιονισμός ορίζεται η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα. Με τη αυτή τη διαδικασία διασπώνται δεσμοί DNA και τελικά προκαλούνται βλάβες που μπορούν να οδηγήσουν σε ασθένειες, ακόμα και σε κακοήθης όγκους. Συνίσταται εξειδίκευση και προσοχή στη χρήση τους. Είναι γνωστό πως οι πρώτοι επιστήμονες που ασχολήθηκαν με τις ακτινοβολίες, όπως η Marie Skłodowska - Curie (Εικ. 2.1),

απεβίωσαν πρόωρα λόγω λευχαιμίας ή άλλων μορφών καρκίνου.



Εικ. 2.2 Σχηματικό φάσμα ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Πηγή: Someda CG (2001). Electromagnetic waves, 2Ed. CRC Press.

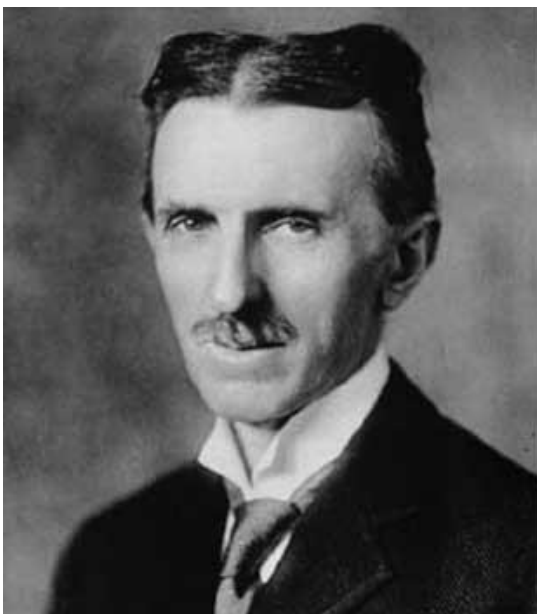
Μη ιοντίζουσα ακτινοβολία: Χαρακτηρίζεται από μεγάλο μήκος κύματος, χαμηλή συχνότητα (περίπου μέχρι 300 GHz) και μεταφορά μικρής ποσότητας ενέργειας, ενώ περιλαμβάνει το ορατό φως, την υπέρυθη ακτινοβολία, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, τα πολύ χαμηλής συχνότητας πεδία που δημιουργούνται από τα ηλεκτροφόρα καλώδια και γενικά τις συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρισμό (Εικ. 2.2). 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 την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα.

Το φάσμα της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας υποδιαιρούμενο σύμφωνα με τη συχνότητα των κυμάτων χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες είναι:

- **RF** – Ραδιοσυχνότητες (*Radio Frequencies*) = 3 KHz – 300 MHz
- **MF** - Μικροκύματα (*Microwaves*) = 300 MHz – 300 GHz

2.3 Ιστορική αναδρομή της επίδρασης ακτινοβολίας

Το 1889 ανεξάρτητα οι *d' Arsonval* και *Tesla* (Εικ. 2.3) παρατήρησαν για πρώτη φορά τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε βιολογικούς οργανισμούς. Ιστορικής σημασίας είναι οι εργασίες του *d' Arsonval* σε ανθρώπους το 1893-94 ο οποίος «παρενόχλησε» με αυτεπαγωγή ή με χωρητική σύζευξη την λειτουργία των κυττάρων και ανακοίνωσε ότι παρουσιάστηκε σημαντική βελτίωση σε ρευματοπαθείς ασθενείς, σε αντίθεση με νευρολογικούς ασθενείς. Το 1930 η τεχνολογική πρόοδος έδωσε τη δυνατότητα δημιουργίας ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και της βιολογικής έρευνας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπου το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας σχεδόν μονοπωλούσαν η πυρηνική ενέργεια και οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες.



Ως προς τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία, η πρώτη σοβαρή ενασχόληση έγινε λίγο πριν τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο με την ανακάλυψη και την ευρεία εφαρμογή των *radars*. Οι πρώτες συστηματικές έρευνες άρχισαν το 1956, κυρίως όμως με την ιδέα πως η μη ιοντίζουσα ακτινοβολία έχει θερμικές επιδράσεις, ενώ το μεγαλύτερο ενδιαφέρον επικεντρώθηκε σε εκθέσεις σε ακτινοβολίες σχετικά μεγάλης ισχύος (>100 mW/cm²). Εν συνεχεία όμως η όλο και αυξανόμενη

καθημερινή ανθρώπινη επαφή με ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες τα επόμενα χρόνια, οδήγησε στην ανάγκη μελέτης των βιολογικών επιδράσεων και μικρότερης ισχύος. Πάντοτε όμως παρέμεναν σημαντικές δυσκολίες οι οποίες προέρχονται από το γεγονός πως η ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, λόγω της φύσης της, ανιχνεύεται και προσδιορίζεται μόνο από τα αποτελέσματά της. Επίσης ο ακριβής προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του μέσου διάδοση είναι πολλές φορές δύσκολο εγχείρημα. Κατά συνέπεια σε συνθήκες πραγματικής έκθεσης ο ποσοτικός χαρακτηρισμός και η μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και γνώση του αντικειμένου, διότι δύναται να προκειόπτον πρακτικές δυσκολίες (Ψαρράκος Κ και συν., 2010).

2.4 Κυτταρική λειτουργία

Έρευνες έχουν δείξει ότι ο συντονισμός της λειτουργίας του τεράστιου αριθμού κυττάρων ενός οργανισμού, επιτυγχάνεται με την παραγωγή, από τα ίδια τα κύτταρα, ενός συστήματος ηλεκτρομαγνητικών σημάτων που στηρίζουν το σύστημα ενδοεπικοινωνίας τους (Valone T, 2000). Οι ζώντες ιστοί εκπέμπουν σύμφωνη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (φωτόνια της ίδιας φάσης), όπως εκείνη των *laser*. Τα κύτταρα, πριν το θάνατό τους, εκπέμπουν ένα σήμα με την μορφή ενός ηλεκτρομαγνητικού παλμού ενημερώνοντας το νευρικό σύστημα ή τα γειτονικά κύτταρα, ώστε να αποβληθούν και να αντικατασταθούν.

Σύμφωνα με παλαιότερη αντίληψη, η λειτουργία του νευρικού συστήματος στηρίζεται σε ηλεκτρονικούς παλμούς που μεταδίδονται μεταξύ των νευρικών κυττάρων, στηρίζοντας ένα σύστημα σαν εκείνο του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Czerski P et al., 1974). Οι παλμοί των νευρικών κυττάρων είναι της τάξης των 1,5 MV/m. Η διαφορά δυναμικού V ανάμεσα στο εξωτερικό ηλεκτροθετικότερο τμήμα της κυτταρικής μεμβράνης και στο εσωτερικό ηλεκτραρνητικότερο τμήμα, ενώ είναι μικρή (100 mV), αντιστοιχεί σε μεγάλη ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (50 MV/m) επειδή το πάχος l της κυτταρικής μεμβράνης είναι μόνο 5 nm (σύμφωνα με τη σχέση $E=V/l$). Συμπερασματικά, τα εσωτερικά πεδία του οργανισμού είναι τόσο ισχυρά, που θα έπρεπε να αποτελούν επαρκή ασπίδα των κυττάρων απέναντι στα εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Οι πιο σύγχρονες αντιλήψεις θεωρούν ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί όχι όπως ένας ψηφιακός (δυναμικός) ηλεκτρονικός υπολογιστής αλλά σαν ένας εξαιρετικά σύνθετος, μη γραμμικός ταλαντωτής, που παράγει τα δικά του ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλής συχνότητας (όπως εκείνα ανιχνεύονται στα εγκεφαλογραφήματα) και τα χρησιμοποιεί για να ολοκληρώσει τις λειτουργίες του και να επεξεργαστεί σήματα από τους αισθητήρες του (αισθήσεις). Έτσι,

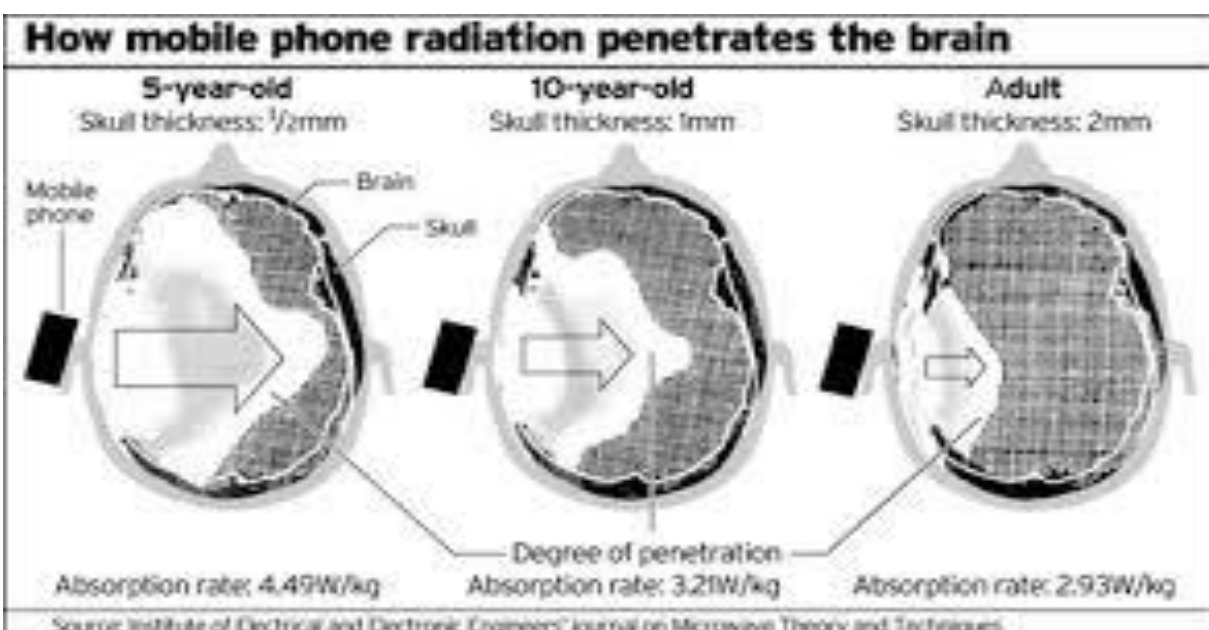
σήματα εισόδου από τους αισθητήρες μετατρέπονται σε χωροχρονικές κυματομορφές συχνοτήτων χαρακτηριστικών του εγκεφάλου και στη συνέχεια αποθηκεύονται στα εγκεφαλικά κύτταρα (Furse C et al., 2009). Όταν νέα σήματα εισέρχονται, διεγείρουν τα εγκεφαλικά κύτταρα και μέσα από φαινόμενα συντονισμού με τις ιδιοσυχνότητες του εγκεφάλου, αναδεικνύουν τις αποθηκευμένες κυματομορφές και συντελούν στην απόκτηση συνειδητής εμπειρίας.

Έχει αποδειχθεί ότι το σύνολο των κυτταρικών μεμβρανών του εγκεφάλου μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεγάλη μεμβράνη-σύστημα ηλεκτρονικών δίπολων, που επηρεάζεται από την απουσία ή παρουσία ιόντων ασβεστίου (Ueno S, 1996). Η ισχυρή αυτή αλληλεπίδραση δίπολων και ιόντων αποτελεί το έναυσμα μη γραμμικών ταλαντώσεων με συντονισμούς στην περιοχή των συχνοτήτων 0-300Hz, οπότε η μεγαλομεμβράνη λειτουργεί σαν ένας ενισχυτής ικανός να ενισχύσει οποιοδήποτε εξωτερικό πεδίο, που η συχνότητά του εμπίπτει στην περιοχή των ιδιοταλαντώσεών της.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα μεγαλομόρια του κυτταροπλάσματος συγκρατούνται στις θέσεις τους με τη βοήθεια ενός πλέγματος πολυμερών αλυσίδων-νηματίων, που η στερεότητά του εξασφαλίζεται από μόρια ασβεστίου. Το ασβεστούχο αυτό πλέγμα απουσιάζει από τα καρκινικά κύτταρα. Με την ακτινοβολία, το πλέγμα αυτό καταρρέει και το πλεονάζον ασβέστιο αποβάλλεται από τα κύτταρα, προδιαθέτοντάς τα στην νεοπλασία.

2.5 Απορροφούμενη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια

Ο θεωρητικός υπολογισμός της απορροφούμενης ενέργειας είναι συχνά αναποτελεσματικός



Εικ. 2.4 Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τη χρήση κινητού τηλεφώνου.

Πηγή: Krawczyk A & Kubacki R (2008). Electromagnetic field, health and environment: Proceedings of EHE'07, IOS Press.

για λόγους όπως η υπέρθεση πεδίων από πολλές και διαφορετικές τιμές, ο διαφορετικός τρόπος διάδοσής τους στο χώρο και η διαφορετική συμπεριφορά του μέσου στο οποίο διαδίδονται.

Τα βιολογικά αποτελέσματα από την έκθεση σε μη ιοντίζουσα ακτινοβολία εξαρτώνται από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εφαρμόζονται στο εσωτερικό των ζώντων οργανισμών με συνέπεια να έχει μεγαλύτερη σημασία για τη μελέτη ο προσδιορισμός της ενέργειας η οποία απορροφάται από τους ζωντανούς οργανισμούς. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως όταν η ίδια ενέργεια ακτινοβολίας εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό και σε έναν οργανισμό ζώου, υπάρχει διαφορά στην απορρόφησή της ανάμεσα τους (Ψαρράκος Κ και συν., 2010). Κατά την έκθεση ενός σώματος σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η ενέργεια που απορροφάται, η ενέργεια που ανακλάται και η ενέργεια που διέρχεται εξαρτάται από τη συχνότητά της, το μέγεθος του ακτινοβολουμένου σώματος, η σύστασή του, το σχήμα του, ο προσανατολισμός του σε σχέση με τη διάδοση ακτινοβολίας, η απόστασή του από τη πηγή κ.α.

2.5.1 Ρυθμός απορρόφησης

Η πολυπλοκότητα των μηχανισμών διάδοσης και απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας οδήγησε στη δημιουργία του ενός ειδικού δείκτη απορρόφησης και συγκεκριμένα του **ειδικού ρυθμού απορρόφησης SAR** (*Specific Absorption Rate*) όπου μετράται σε Watts/Kg και τα υποπολλαπλάσιά του, και ορίζεται από τη σχέση: $SAR = \frac{\sigma}{\rho} E_T^2$ mWatts/Kg, όπου σ η ηλεκτρική αγωγιμότητα του σώματος σε συγκεκριμένη συχνότητα, ρ η πυκνότητα του ιστού του σώματος που απορροφά σε kg/m³, και E_T είναι η μέση τετραγωνική ένταση (rms) του ηλεκτρικού πεδίου μέσα στον ιστό σε Volts/m (Krawczyk A & Kubacki R, 2008).

Οι τιμές του SAR παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις μέσα στο σώμα όταν εκτεθεί σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η συνολική επίδρασή της όμως σε ολόκληρο το βιολογικό σύστημα υπολογίζεται καλύτερα με τη **συνολικά απορροφούμενη ακτινοβολία AR** (*Absorbed Radiation*) αν ολοκληρώσουμε το SAR για τη συνολική μάζα M του σώματος:

$AR = \int_M SAR dm$ (Watt). Επίσης χρησιμοποιείται και η μέση τιμή του SAR, όταν πρόκειται για υπολογισμό ολόκληρου του ακτινοβολουμένου σώματος από την ολική απορροφούμενη ενέργεια AR, δηλ: $\overline{SAR} \equiv SAR_{AV} \equiv \frac{AR}{M}$ (Watts/Kg).

2.5.2 Θεωρητικός υπολογισμός απορροφούμενης ακτινοβολίας

Οι παράγοντες γενικότερα που καθορίζουν την απορροφούμενη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ενός βιολογικού οργανισμού είναι η διηλεκτρική του σταθερά, η αγωγιμότητά του, η γεωμετρία του και τα χαρακτηριστικά της πηγής της ακτινοβολίας. Η γνώση της κατανομής της ενέργειας στο εσωτερικό του οργανισμού, συνδέεται με συγκεκριμένες αντιδράσεις και συνισφάει στον προσδιορισμό μηχανισμών αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Τα περισσότερα πρότυπα θεωρητικού υπολογισμού συμφωνούν πως η απορροφούμενη ισχύς εξαρτάται από το μέγεθος του οργανισμού, την ακτίνα καμπυλότητας της επιφάνειάς του, τον λόγο του μεγέθους του προς το μήκος κύματος της ακτινοβολίας και το εύρος της δέσμης της. Για τον θεωρητικό υπολογισμό της μέσης τιμής του SAR υπάρχουν διάφορα πρότυπα, όπως αριθμητικές τεχνικές που χωρίζουν το ανθρώπινο σώμα σε ομογενείς κυψελίδες, εξισώσεις που αναφέρονται σε κυλινδρικές ζώνες του ανθρώπου, πρότυπα γεωμετρικής οπτικής που περιγράφουν την ακτινοβολία με διαδιδόμενες ακτίνες κ.α (Ψαρράκος K και συν., 2010).

Το SAR εξαρτάται από τη συχνότητα των κυμάτων, τα χαρακτηριστικά πόλωσης της ακτινοβολίας, από τον ρυθμό εισόδου (συνεχής ή παλμικός) και από τον προσανατολισμό του ανθρώπου ως προς την ακτινοβολία. Θεωρώντας πως στο εγκάρσιο επίπεδο ο οργανισμός αποτελείται από δύο άξονες (μικρότερο και μεγαλύτερο) κάθετους μεταξύ τους, ο **προσανατολισμός** χωρίζεται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- ένταση ηλεκτρικού πεδίου E παράλληλη προς τον μεγάλο άξονα και ένταση μαγνητικού πεδίου H κάθετη προς τον μεγάλο άξονα ($SAR =$ μέγιστες τιμές),
- ένταση ηλεκτρικού πεδίου E κάθετη προς τον μεγάλο άξονα και ένταση μαγνητικού πεδίου H παράλληλη προς τον μεγάλο άξονα ($SAR =$ ελάχιστες τιμές) και
- ένταση ηλεκτρικού πεδίου E παράλληλη προς τον μικρό άξονα και ένταση μαγνητικού πεδίου H κάθετη προς τον μεγάλο άξονα ($SAR =$ ενδιάμεσες τιμές).

2.5.3 Πειραματικός υπολογισμός απορροφούμενης ακτινοβολίας

Όταν παρουσιάζονται υψηλά επίπεδα έκθεσης ακτινοβολίας του ανθρώπινου οργανισμού με συνοδά εμφανή θερμικά αποτελέσματα, οι πειραματικές μετρήσεις γίνονται με εμφυτευμένους μεταλλάκτες θερμοκρασίας. Τότε ο SAR υπολογίζεται από τη σχέση: $SAR = 1468 \frac{c\Delta T}{t}$ σε W/Kg , όπου c η ειδική θερμότητα σε $Kcal/Kgr$, ΔT η αύξηση της θερμοκρασίας σε C^0 και t ο χρόνος σε sec . Με ορισμένες παραδοχές, η σχέση εφαρμόζεται και σε περιπτώσεις έκθεσης

σε χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας. Μελέτες σε ανθρώπινα ομογενή ομοιώματα έδειξαν πως ο μέσος SAR αυξάνεται όσο αυξάνεται και η συχνότητα, μέχρι ένα σημείο, όπου παίρνει και τη μέγιστη τιμή του. Σε αυτό το σημείο η συχνότητα ονομάζεται **συχνότητα συντονισμού** και διαφέρει από σώμα σε σώμα. Εν συνεχεία ο ρυθμός απορρόφησης μειώνεται σταδιακά, χωρίς όμως να μηδενίζεται.

Η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας απορροφάται από τον άνθρωπο με τους εξής μηχανισμούς: αύξηση της κινητικής ενέργειας των ιόντων και των ηλεκτρονίων, πόλωση μορίων και δημιουργία ηλεκτρικών δίπολων και προσανατολισμών των ήδη υπαρχόντων δίπολων προς την ίδια κατεύθυνση. Έτσι, λόγω τριβών και συγκρούσεων, αυξάνεται η θερμοκρασία. Δύο παράμετροι περιγράφουν την απόδοση αυτής της ενέργειας, η σχετική διηλεκτρική σταθερά ϵ_r ή αλλιώς ηλεκτρική διαπερατότητα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα σ . Έρευνες σε μυϊκό και λιπώδη ιστό έδειξαν πως και η διηλεκτρική σταθερά και η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσιάζουν τάση μείωσης καθώς αυξάνεται η συχνότητα. Όσων αφορά τα πειράματα, χρησιμοποιούνται ομοιώματα ανθρώπων κατασκευασμένα από υλικά με παρόμοια διαπερατότητα και αγωγιμότητα. Επίσης χρησιμοποιούνται θερμογραφικές κάμερες που καταγράφουν την επιφανειακή κατανομή θερμότητας.

Ανάμεσα στον θεωρητικό και στον πειραματικό υπολογισμό της απορρόφησης ενέργειας παρουσιάζονται διαφορές και αυτό κυρίως οφείλεται στη απόκλιση κατανομής του SAR στο χώρο και στη διαφορετική και επιλεκτική πραγματική απορρόφηση ακτινοβολίας ανά ανθρώπινο ιστό. Η μέγιστη απορρόφηση παρατηρείται πειραματικά στις συχνότητες των 30 MHz – 300 MHz (*Ψαρράκος Κ και συν.*, 2010).

2.6 Επιπτώσεις ακτινοβολίας

Η αρχική επίπτωση στην υγεία από τις ακτινοβολίες RF και MW είναι οι θερμικές. Θερμικές ονομάζονται εκείνες οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία. Οι βλάβες στον οργανισμό προκαλούνται από τη θέρμανση των ακτινοβολουμένων ιστών και από την αδυναμία των θερμορρυθμιστικών μηχανισμών των διαφόρων ιστών στην αντιμετώπιση της ακτινοβολήσης. Παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του 1 mW/cm^2 . Οι θερμικές επιδράσεις είναι αυτές που αποτελούν κυρίως το αντικείμενο μελέτης στις δυτικές χώρες. Οι κανονισμοί της έκθεσης των Δυτικών χωρών βασίζονται στην αποφυγή των θερμικών προβλημάτων. Εντούτοις, η έρευνα συνεχίζεται σε πιθανά "μη-θερμικά" αποτελέσματα.

Η απορρόφηση της ενέργειας των *RF* και *MW* μεταβάλλεται ανάλογα με τη συχνότητα. Η μικροκυματική ακτινοβολία απορροφάται κοντά στο δέρμα, ενώ η ακτινοβολία *RF* μπορεί να απορροφηθεί από τα όργανα βαθιά στο σώμα. Λόγω της παρουσίας νερού και ιόντων, οι ιστοί απορροφούν ενέργεια. Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από 70% νερό και το μόριο του νερού αποτελεί ένα ηλεκτρικό δίπολο (πολική ομοιοπολική ένωση). Έτσι, όταν το ανθρώπινο σώμα βρεθεί μέσα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο τα μόρια του νερού, που είναι δίπολα, αρχίζουν να περιστρέφονται ή να πάλλονται στο ρυθμό συχνότητας του κύματος. Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα παλμού και όσο η διάρκεια του φαινομένου είναι μεγαλύτερη, τόσο μεγαλύτερα ποσά θερμότητας θα παραχθούν.

Ο οργανισμός του ανθρώπου διαθέτει θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς που κρατούν τη θερμοκρασία του σώματος σταθερή μεταξύ 36°C και 37°C. Όταν τα παραγόμενα ποσά θερμότητας είναι σχετικά μικρά, οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί μπορούν να απάγουν αυτήν τη θερμότητα και να κρατούν σταθερή τη θερμοκρασία στους 36-37°C. Αντίθετα, όταν τα ποσά

θερμότητας υπερβούν κάποια τιμή, τότε οι μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά κάτι που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας σε ιστούς ή όργανα του σώματος άνω των 37°C (*Habash R, 2007*).

Οι μη θερμικές επιδράσεις προκαλούνται από μικρές πυκνότητες ισχύος (λίγα $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), ώστε να μην παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών. Η δράση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με το ανθρώπινο σώμα μπορεί να προκαλέσει τη διέγερση κυττάρων του μυϊκού και νευρικού ιστού, που ανταποκρίνονται σε ηλεκτρικά ερεθίσματα. Αυτά προέρχονται από τα επαγόμενα στο σώμα ηλεκτρικά ρεύματα.

Οι επιδράσεις που χαρακτηρίζονται ως μη θερμικές συμβαίνουν συνήθως για συχνότητες πεδίων κάτω των 10 MHz. Μη θερμικές επιδράσεις μπορεί να έχουμε και σε υψηλότερες συχνότητες, εφόσον οι τιμές *SAR* είναι μικρότερες από τα όρια. Για να φτάσει στο κατώφλι διεγέρσεως των κυττάρων, απαιτούνται πολύ ισχυρά πεδία. Έχουν παρατηρηθεί όμως, ορισμένα πειραματικά αποτελέσματα, που προκύπτουν χωρίς την ύπαρξη σημαντικών αλλαγών στη θερμοκρασία και για τις τιμές πεδίων κάτω από το κατώφλι διεγέρσεως. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αποδοθούν σε μη θερμικούς μηχανισμούς σε μοριακό επίπεδο (*Barnes FS & Greenebaum B, 2006*).

Σύμφωνα με τις παρούσες επιστημονικές γνώσεις δεν είναι εντελώς σαφής ο τρόπος με τον οποίο οι μη θερμικές επιδράσεις αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Παρ' όλα αυτά, έχει προταθεί και από την Ευρωπαϊκή Ένωση ότι πρέπει να γίνει έρευνα προς την κατεύθυνση

αυτή, διότι μόνο με βάση τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την έρευνα αυτή μπορεί να θεσπιστούν όρια ασφαλείας για τις μη θερμικές επιδράσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΙ ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΣΤΗΝ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

3.1 ΔΙΑΘΕΡΜΙΕΣ

Είναι γνωστό, από τις έρευνες του φυσικοχημικού Faraday (1791-1867) και του χημικού Maxwell (1831-1879), ότι ένα ηλεκτρικό πεδίο προκαλεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από αυτό καθώς και το αντίστροφο δηλ. ένα μαγνητικό πεδίο προκαλεί γύρω του ένα ηλεκτρικό πεδίο. Ο Maxwell επίσης υποστήριξε ότι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μπορεί να μεταδοθεί στο διάστημα –στον χώρο με την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αργότερα το 1878 ο φυσικός HERTZ (1857-1894) απέδειξε και ερεύνησε την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Μια από τις κύριες ιδιότητες είναι ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα μεταδίδεται με την ταχύτητα του φωτός.

Οι διαθερμίες είναι συσκευές που χρησιμοποιούν υψίσυχνα ρεύματα για την παραγωγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια μέσα στο σώμα (Σπυρόπουλος Β., 1993).

Ως ηλεκτροθεραπεία υψηλών συχνοτήτων ορίζεται 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. (Πασχαλίδης Π.Χ., 1991).

Η τοπική εφαρμογή θερμότητας αυξάνει την ευλυγισία του κολλαγόνου της αρθρικής κάψας και των τενόντων, ελατώνει 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 Ι., 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 αντιθέτως μεγαλύτερη ένταση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μας δίνει αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή αγγειοσύσπασση και ελάττωση της αιματικής ροής (Σπυρόπουλος Β., 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 (Πασχαλίδης Π.Χ., 1991).

3.2 Είδη

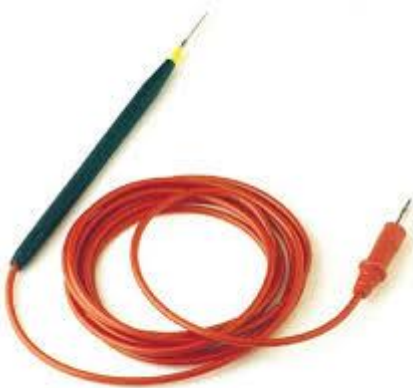
Από τα πρώτα χρόνια της χειρουργικής επιστήμης ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που έπρεπε να επιλυθούν - μαζί με την αναισθησία και την αναγνώριση της ανατομίας του ανθρωπίνου σώματος - ήταν η κοπή των ιστών και η αιμόσταση (Πασχαλίδης Π.Χ., 1991). Η πρώτη τεχνολογία που εφαρμόστηκε, αναπτύχθηκε και συνεχίζει να εξελίσσεται και σήμερα είναι η διαθερμική αιμόσταση και διατομή των ιστών. Για τον σκοπό αυτό επιτυγχάνεται η έκλυση υψηλής θερμότητας (μέχρι σημείο βρασμού) σε πολύ μικρή επιφάνεια ιστού με την χρήση ηλεκτρικού ρεύματος (Σπυρόπουλος Β., 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 μίας 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 (Παπαδημητρίου Ι., 2001).

Όμως στην πορεία διαπιστώθηκε πως η μονοπολική διαθερμία είναι ανεπαρκής για όλο το εύρος των χειρουργικών επεμβάσεων, καθώς εγκυμονεί κινδύνους καυτηριασμού άλλων σημείων του σώματος γεγονός που έπρεπε να αποφευχθεί, 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 των χειρουργών για όλες σχεδόν τις χειρουργικές επεμβάσεις.



Εικ.3.1 Μονοπολική διαθερμία. Πηγή: Behrens BJ (2006). Laboratory manual for physical agents: Theory and practice, 2Ed. F.A. Davis Company.

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. (Παπαδημητρίου Ι., 2001).

iii. Διπολικές Διαθερμίες τελευταίας τεχνολογίας

Η εξέλιξη που ακολούθησε, 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 & η μηχανική κοπή του ιστού δίνει την δυνατότητα στον

χειρουργό να ελέγξει πόσες φορές θα «κάψει» τον ιστό για το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα (Παπαδημητρίου Ι., 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 Β., 1993).



Εικ.3.2 Διπολική διαθερμία. Πηγή: Behrens BJ (2006). Laboratory manual for physical agents: Theory and practice, 2Ed. F.A. Davis Company.

3.3 Συσκευές διαθερμίας

Οι συσκευές διαθερμίας ανήκουν στη κατηγορία του εξοπλισμού που προκαλούν εν τω βάθει θέρμανση των ιστών. Υποδιαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες: στις διαθερμίες βραχέων κυμάτων και στις διαθερμίες μικροκυμάτων καθώς και σε πιο σύγχρονα είδη όπως είναι οι υπερθερμίες και οι ενδοδιαθερμίες.

3.3.1 Διαθερμίες βραχέων κυμάτων



Εικ. 3.3 Συσκευή διαθερμίας βραχέων κυμάτων. Πηγή: Cameron MH (2006).

Physical agents in rehabilitation: From research to practice, 2Ed. Saunders.

Οι διαθερμίες βραχέων κυμάτων (ΔΒΚ) (Εικ. 3.1) είναι συσκευές θεραπευτικής εφαρμογής υψηλής συχνότητας ηλεκτρικών ρευμάτων. Χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας για τη παραγωγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υψηλής συχνότητας που μετατρέπεται σε θερμότητα μέσα στους ιστούς. Το μήκος κύματος των συσκευών εξαρτάται από τη συχνότητα βάσει του τύπου: $c = \lambda \cdot f$, όπου λ το μήκος κύματος, f η συχνότητα και c η ταχύτητα του φωτός.

Οι συχνότητες f 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

Οι περισσότερες συσκευές ΔΒΚ λειτουργούν σε συχνότητα **27,12 MHz**. Η ισχύς των μηχανημάτων ποικίλλει από 40W έως 1025W. Οι μέθοδοι εφαρμογής των συσκευών ΔΒΚ είναι: η μέθοδος πεδίου πυκνωτή (ή χωρητικής σύζευξης) και η μέθοδος επαγωγικού πηνίου (ή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ή επαγωγικής σύζευξης).

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).

3.3.2 Διαθερμίες Μικροκυμάτων



Η διαθερμία μικροκυμάτων (ΔΜΚ) (Εικ. 3.2) είναι συσκευή εκπομπής και θεραπευτικής εφαρμογής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας υψηλής (ραδιοφωνικής) συχνότητας με τη δυνατότητα χρήσης με συνεχή και παλμική ροή ενέργειας.

Οι συχνότητες που λειτουργεί είναι: 2456 MHz, 915 MHz, 750 MHz και 433,92 MHz.

Για θεραπευτικούς σκοπούς χρησιμοποιούνται οι συχνότητες **915 MHz** με μήκος κύματος 33 cm και **2.456 MHz** με μήκος κύματος 12,2 cm.

Εικόνα 3.3 Συσκευή διαθερμίας μικροκυμάτων. Πηγή: Cameron MH (2006). Physical agents in rehabilitation: From research to practice, 2Ed. Saunders.

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια όπως διαδίδεται μέσα στους ιστούς, απορροφάται από αυτούς και μετατρέπεται σε θερμότητα. Το βάθος διείσδυσης της διαθερμίας μικροκυμάτων είναι 8 cm. Οι ιστοί υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, όπως ο μυϊκός ιστός, απορροφούν μεγάλο ποσοστό της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας και θερμαίνονται ανάλογα. Επειδή όμως το δέρμα και ο λιπώδης ιστός μεγάλου πάχους παρουσιάζουν μεγάλη

αντίσταση, δεν επιτρέπουν την εύκολη διείσδυση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα σ'αυτούς, οπότε μικρό ποσοστό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εισέρχεται στον μυϊκό ιστό. Για τον λόγο αυτό, όταν εφαρμόζεται ΔΜΚ σε περιοχές με παχύ στρώμα λίπους, θερμαίνεται σε πολύ υψηλό βαθμό το δέρμα και ο υποδόριος ιστός και σε μικρότερο βαθμό οι εν τω βάθει ιστοί. Οι μικροκυματικές διαθερμίες μπορούν να αυξήσουν ικανοποιητικά τη θερμοκρασία των ιστών μέχρι βάθους 3,5 cm, εφόσον το πάχος του λίπους της περιοχής δεν υπερβαίνει τα 2 cm. (Παπαδημητρίου Ι., 2001).

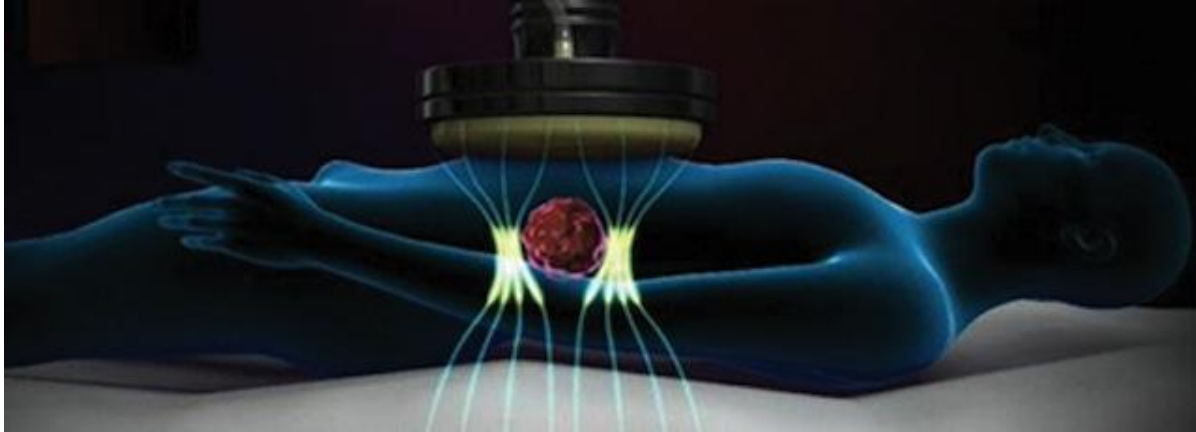
Τα αποτελέσματα αυτής της αύξησης της θερμοκρασίας στους ιστούς είναι τα εξής (Σπυρόπουλος Β., 1993):

- ✓ Αύξηση της αιματικής και λεμφικής κυκλοφορίας
- ✓ Αύξηση μεταβολισμού
- ✓ Αύξηση της τοπικής έκκρισης αδένων
- ✓ Αύξηση των καρδιακών παλμών και αναπνοών
- ✓ Αύξηση ιδρώτα
- ✓ Ελάττωση του μυϊκού σπασμού
- ✓ Μείωση της αρτηριακής πίεσης
- ✓ Μείωση της σκληρότητας των αρθρώσεων και καταπράυνση των αισθητικών νεύρων

3.3.3 Υπερθερμία

Η 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).

Εικ.3.4 Συσκευή Υπερθερμίας. Πηγή: Cameron MH (2006). Physical agents in rehabilitation: From research to practice, 2Ed. Saunders.



Η εφαρμογή της υπερθερμίας στη φυσικοθεραπεία γίνεται με χρήση της συσκευής 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

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

3.4 Αρχές

Οι βασικές συστάσεις κατά τη χρήση διαθερμιών συνοψίζονται παρακάτω (Σπυρόπουλος Β., 1993):

3.4.1 Μέτρα προστασίας για την ασφάλεια του ασθενούς:

- Η ηλεκτροχειρουργική μονάδα (ESU) θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο από ιατρικό προσωπικό μετά από κατάλληλη εκπαίδευση.
- Το ιατρικό προσωπικό ελέγχει την ESU για ζημιές, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης όλων των καλωδίων και ηλεκτροδίων, καθώς και των προειδοποιητικών λυχνιών της διαθερμίας, όπως επίσης και των προειδοποιητικών ήχων.
- Η ESU θα πρέπει να είναι τοποθετημένη σε σταθερό σημείο. Δεν πρέπει η γεννήτρια να έχει υγρασία ή να υπάρχουν τοποθετημένα δοχεία με υγρά πάνω σε αυτή.
- Αντενδείκνυται η χρήση φθαρμένων ή χαλασμένων ηλεκτροδίων, λαβίδων ή ψαλιδιών.
- Αντενδείκνυται η επισκευή ενεργών ηλεκτροδίων, λαβίδων ή ψαλιδιών.
- Αντενδείκνυται η χρήση της ESU με παρουσία εύφλεκτων υλικών (π.χ. αλκοόλης).
- Ο ασθενής πρέπει να είναι μονωμένος έναντι όλων των ηλεκτρικά αγωγίμων αντικειμένων.
- Στους ασθενείς με βηματοδότη ή απινιδωτή (όλων των τύπων) απαιτείται η συμβουλή των ειδικών πριν από την ενδοσκοπηση, γιατί πρέπει να υπάρχει γνώση τόσο σχετικά με τη συχνότητα της λειτουργίας του βηματοδότη ή του απινιδωτή, όσο και με τη συχνότητα λειτουργίας της διαθερμίας. Συνιστάται μόνιμη ηλεκτροκαρδιογραφική παρακολούθηση σε αυτούς τους ασθενείς, κατά τη διάρκεια της χρήσης της διαθερμίας. Η χρήση διπολικής διαθερμίας μπορεί να ελαχιστοποιήσει την πιθανότητα επιπλοκών. Εάν, όμως, χρησιμοποιείται μονοπολική ηλεκτροχειρουργική μονάδα, τότε πρέπει να τοποθετείται το ουδέτερο ηλεκτρόδιο όσο το δυνατόν πιο κοντά στο ενεργό ηλεκτρόδιο. Άμεση επαφή του ουδέτερου ηλεκτροδίου με την εμφυτευμένη συσκευή ή και τα ηλεκτρόδιά της πρέπει να αποφεύγεται.
- Πριν από την ενεργοποίηση της ESU, οι ρυθμίσεις θα πρέπει να επανελέγχονται και να γίνεται προφορική επιβεβαίωση μεταξύ του ενδοσκοπτού και του βοηθού.

3.4.2 Μέτρα προστασίας για την ασφάλεια του προσωπικού:

- Αποφεύγετε την επαφή με το ουδέτερο ηλεκτρόδιο.
- Ο ηλεκτροχειρουργικός εξοπλισμός πρέπει να συνδέεται σε σειρά με τον ενδοσκοπικό «πύργο», για την ελαχιστοποίηση των παρεμβολών με τα βιντεοενδοσκόπια.
- Ο καπνός που παράγεται κατά τη διάρκεια ηλεκτροχειρουργικών πράξεων μπορεί να είναι ενοχλητικός και δυνητικά επιβλαβής για το προσωπικό. Καλό είναι, λοιπόν, να χρησιμοποιούνται χειρουργικές μάσκες και να υπάρχει επαρκής αερισμός του χώρου.

3.4.3 Όρια έκθεσης

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).

Για να διασφαλιστεί ότι οι φορείς εκμετάλλευσης δεν εκτίθενται πάνω από το συνιστώμενο όριο, οι κώδικες 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

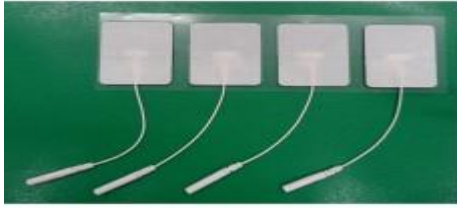
Η απόσταση των 2 m θα πρέπει να διασφαλίζει ότι εάν προκύψουν αντανάκλασεις (μπορεί να αποδειχθεί ότι, λόγω του πιθανού σχηματισμού στάσιμων κυμάτων, οι πυκνότητες ρεύματος μπορεί να αυξηθούν κατά ένα τέταρτο στην προκειμένη περίπτωση) η έκθεση του χειριστή θα είναι εντός των συνιστώμενων ορίων.

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. (Delpizzo & Joyner, 1987)

3.4.4 Ουδέτερα ηλεκτρόδια

Το ουδέτερο ηλεκτρόδιο πρέπει να εφαρμόζεται μόνο επάνω στο σώμα του ασθενούς. Μερικοί κατασκευαστές ESU απαιτούν τη χρήση σπαστών ουδέτερων ηλεκτροδίων για τη σωστή παρακολούθηση της ποιότητας επαφής μεταξύ της πλάκας και του ασθενούς. Ουδέτερα ηλεκτρόδια μιας χρήσης δεν πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται.

- Έλεγχος σχετικά με την ημερομηνία λήξης (αν χρησιμοποιούνται ληγμένες πλάκες, η κόλλα μπορεί να αποτύχει να διατηρήσει επαφή με το δέρμα του ασθενούς και να προκαλέσει εγκαύματα).
- Έλεγχος σχετικά με την πλάκα του ασθενούς για οποιαδήποτε ζημιά, τροποποίηση ή αιχμηρές ακμές.
- Το ουδέτερο ηλεκτρόδιο δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε ορισμένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών με οστικές προεξοχές, μεταλλικά μοσχεύματα ή προθέσεις, πτυχές του δέρματος, σε περιοχές με ουλώδη ιστό, τριχωτά μέρη, σε κάθε μορφή αποχρωματισμού του δέρματος, τραυματισμού, σε άκρα με περιορισμένη παροχή αίματος, σε περιοχές που γειτνιάζουν με ηλεκτρόδια ΗΚΓ ή σε περιοχές πίεσης.
- Το ουδέτερο ηλεκτρόδιο θα πρέπει να εφαρμόζεται σε καλά αιματούμενο μυϊκό ιστό. Το δέρμα θα πρέπει να είναι καθαρό, στεγνό και απαλλαγμένο από τρίχες, για να αποφευχθεί η απώλεια της επαφής ανάμεσα στην πλάκα και το δέρμα. Το ηλεκτρόδιο δεν πρέπει να είναι εντελώς τυλιγμένο γύρω από ένα άκρο. Η επικάλυψη πρέπει να αποφεύγεται.
- Το ουδέτερο ηλεκτρόδιο θα πρέπει από την αρχή να είναι κατάλληλο σε μέγεθος, στις κανονικές διαστάσεις, για το βάρος του ασθενούς και δεν πρέπει ποτέ να κόβεται αυθαίρετα.
- Ουδέτερα ηλεκτρόδια που έχουν μόλις αφαιρεθεί από τον ασθενή, πρέπει να αντικατασταθούν από νέα.



Εικ.3.5 Ουδέτερα ηλεκτρόδια. Πηγή: Cameron MH (2006). Physical agents in rehabilitation: From research to practice, 2Ed. Saunders.

3.4.5 Ειδικές καταστάσεις: πολυποδεκτομή ή EMR

- Ενδείκνυται προσαρμογή στις ρυθμίσεις στις ιδιαίτερες συνθήκες (π.χ. ρύθμιση της διαθερμίας σε χαμηλή ισχύ για το λεπτό έντερο).
- Αν ο βρόχος πολυποδεκτομής εγκλωβιστεί μέσα σε πολύποδα, ενδείκνυται αύξηση της ισχύς της κοπής.
- Προσέξτε ο βρόχος να μην αγγίζει το απέναντι από τη βλάβη τοίχωμα.
- Αποφύγετε τη θερμοπηξία των βαθύτερων μυϊκών στοιβάδων (κίνδυνος για καθυστερημένη διάτρηση).

3.4.6 Συντήρηση μηχανημάτων

Η έλλειψη συντήρησης του εξοπλισμού της διαθερμίας βραχέων κυμάτων έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ισχύ εξόδου και επομένως επηρεάζει αρνητικά τόσο την απόδοση του, όσο και την ασφάλεια των ασθενών. (Guirro R, Guirro E, Sousa N, 2014)

3.5 Χρήσεις

Η χρήση των διαθερμιών βραχέων κυμάτων ενδείκνυται στις ακόλουθες περιπτώσεις (Πασχαλίδης Π.Χ., 1991):

- ✓ 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, ορογονοθλακίτιδα, μετατραυματική αρθρίτιδα, κακώσεις συνδέσμων).
- ✓ Σε δερματικές παθήσεις για τη βελτίωση της αιματικής και της λεμφικής ροής.

Η χρήση των διαθερμιών μικροκυμάτων ενδείκνυται στις ακόλουθες περιπτώσεις (Σπυρόπουλος Β., 1993):

- ✓ Σε υποξείες και χρόνιες φλεγμονώδεις και τραυματικές καταστάσεις.
- ✓ Σε κινητοποίηση δύσκαμπτων αρθρώσεων.
- ✓ Σε δευτερογενείς μυϊκούς σπασμούς.
- ✓ Στην εκλεκτική θέρμανση των οργάνων της λεκάνης.

3.6 Νομοθεσία λειτουργίας εργαστηρίου φυσικοθεραπείας

Στις 26/01/1987 δημοσιεύθηκε το Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ) 29/87 το οποίο καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις χορήγησης άδειας λειτουργίας εργαστηρίου φυσικοθεραπείας στην Ελλάδα, οι οποίες ισχύουν έως και σήμερα. Στο άρθρο 2 του ΠΔ 29/87 ορίζονται οι απαιτήσεις περί χώρων και εξοπλισμού των εργαστηρίων. Οι απαιτήσεις του εξοπλισμού περιλαμβάνουν:

- α. Τράπεζες θεραπείας (2),
- β. Πολύζυγο (1),
- γ. Τροχός ώμου (1),
- δ. Ποδήλατο στατικό (1),
- ε. Ηλεκτροκίνητη έλξη, αυχενική και οσφυϊκή μοίρα, σπονδυλικής στήλης (1),
- στ. Συσκευή ηλεκτροθεραπείας γαλβανικών, φαραδικών και διαδυναμικών ρευμάτων (1),
- η. Συσκευή διαθερμίας (1),
- θ. Συσκευή υπερήχων (1),

ι. Δινόλουτρο (1),

ια. Παραφινόλουτρο (1),

ιβ. Συσσκευή ηλεκτρομαλάξεων (1),

ιγ. Μηχάνημα πρηνισμού, υππιασμού άκρας χειρός και περιστροφής καρπού (1) και

ιδ. Θερμά, ψυχρά επιθέματα.

Εκτός των συσκευών που απαιτούνται για τη χορήγηση άδειας λειτουργίας φυσικοθεραπευτηρίου, υπάρχουν και άλλες όπου χρησιμοποιούνται ευρέως στην αποκατάσταση, με θετικά θεραπευτικά αποτελέσματα. Συσσκευές που περιλαμβάνονται στο συνολικό εξοπλισμό των εργαστηρίων φυσικοθεραπείας, εκπέμπουν κατά τη χρήση τους στον ανθρώπινο οργανισμό, ενέργεια ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Η βασική ιδέα της παρούσας μελέτης είναι η σχέση των Φ/θεραπευτών με την ασφαλή χρήση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ειδικότερα των διαθερμιών. Η φυσικοθεραπεία είναι η θεραπευτική προσέγγιση που βασίζεται στα φυσικά μέσα (κίνηση, φως, νερό, ηλεκτρικό ρεύμα, κ.α) που χρησιμοποιούνται από τον εξειδικευμένο επαγγελματία υγείας, πτυχιούχο Φυσικοθεραπευτή για θεραπευτικούς σκοπούς. Έχει εφαρμογή σε ασθενείς όλων των Ιατρικών ειδικοτήτων . Ο φυσικοθεραπευτής για την αποκατάσταση και την αποθεραπεία των παθήσεων χρησιμοποιεί διάφορους τρόπους και μέσα όπως μάλαξη, χειροπρακτική, μηχανοθεραπεία, κινησιοθεραπεία, και τις μορφές θερμοθεραπείας με την βοήθεια διεθερμιών.

4.1.1 Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΡΜΙΩΝ ΣΤΗΝ Φ/Θ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας γεννήθηκε μέσα από παρατηρήσεις με βασικό γνώμονα την σημαντική εξέλιξη των διαθερμιών στην Ελλάδα, την ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή τους από πλήθος θεραπευτών και την αυξημένη ανταπόκριση του κόσμου προς αυτή τη μέθοδο αλλά και την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής.

4.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

- Η διερεύνηση της γνώσης των Φ/θεραπευτών, η άποψης τους για τον τρόπο χρήσης των διαθερμιών και ο τρόπος χρήσης τους.
- Η διερεύνηση της άποψης των Φ/θεραπευτών για θέματα τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης των διαθερμιών
- Η διερεύνηση της άποψης των Φ/θεραπευτών για την ασφάλεια τους από την χρήση των διαθερμιών.

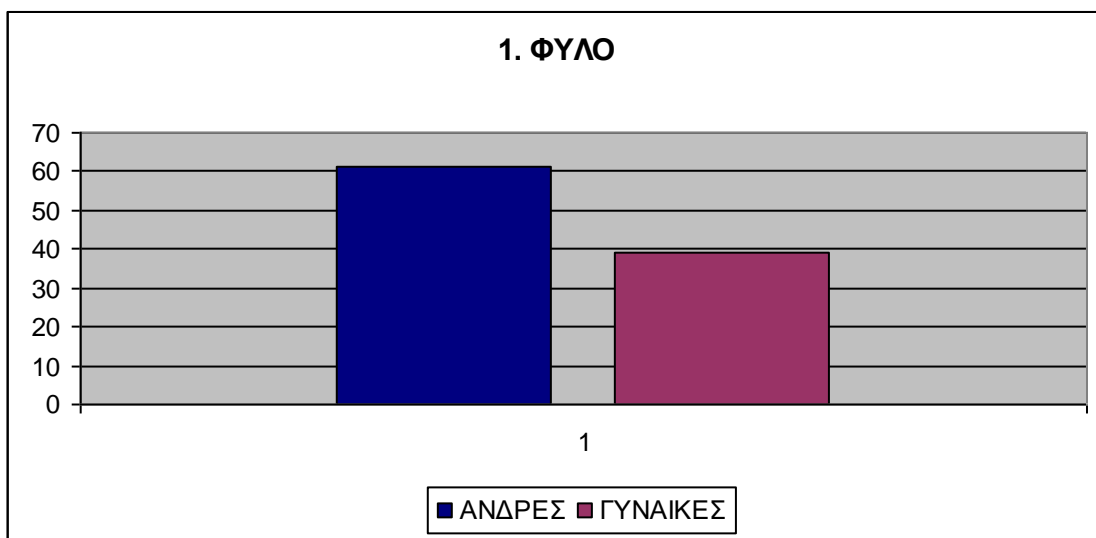
4.3 ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Διανεμήθηκαν 36 συνολικά ειδικά σχεδιασμένα ερωτηματολόγια στον Νομό Αχαΐας και ειδικότερα στην Πάτρα και στα περίχωρα της. Η ερευνητική ομάδα επισκέφθηκε επι τόπου Φυσικοθεραπευτήρια και κατέγραψε στοιχεία της κάθε μονάδας και συνέλεξε τις σχετικές απαντήσεις από τους συμμετέχοντες στην μελέτη (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1).

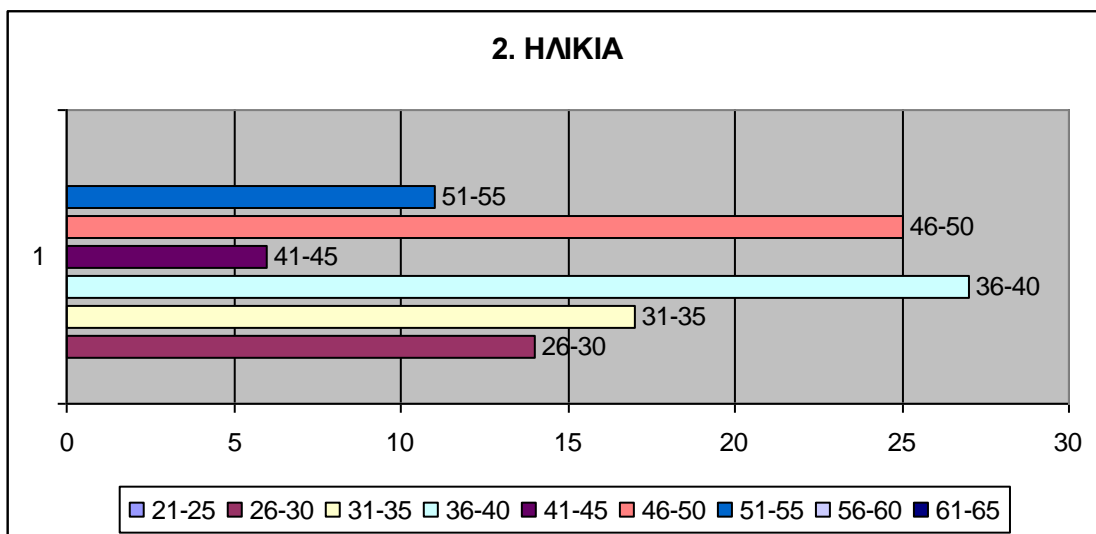
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνας για τους φυσιοθεραπευτές, παρουσιάζονται αναλυτικά με μορφή πινάκων, με ανάλογη γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων για σαφέστερη παρουσίαση τους.

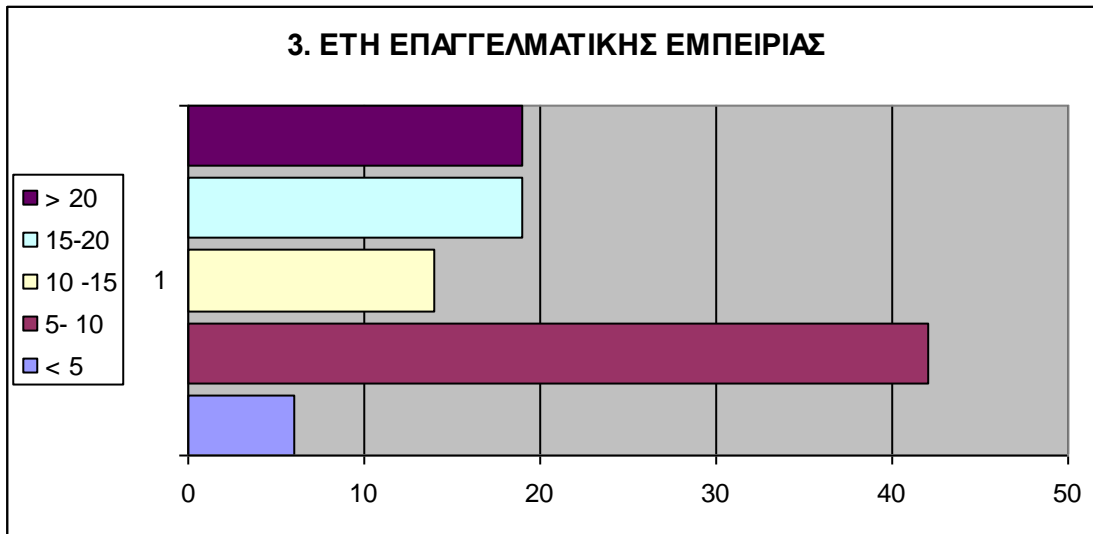
ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σε σχέση με το φύλο τους. Στη παρούσα μελέτη πήραν μέρος 36 φυσιοθεραπευτές/τριες στην Πάτρα εκ των οποίων οι 22 (61%) ήταν άνδρες και οι 14 (39%) ήταν γυναίκες.



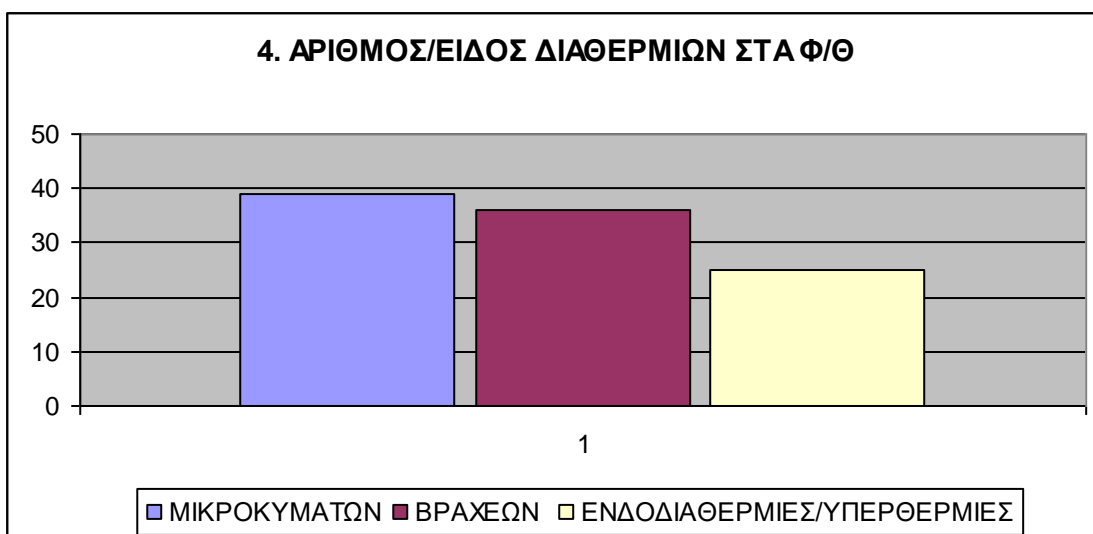
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σχετικά με την ηλικία τους. Το εύρος ηλικίας κυμαινόταν από 26 έως 55 ετών. Με μέσω όρο ηλικίας τα 41-45 έτη.



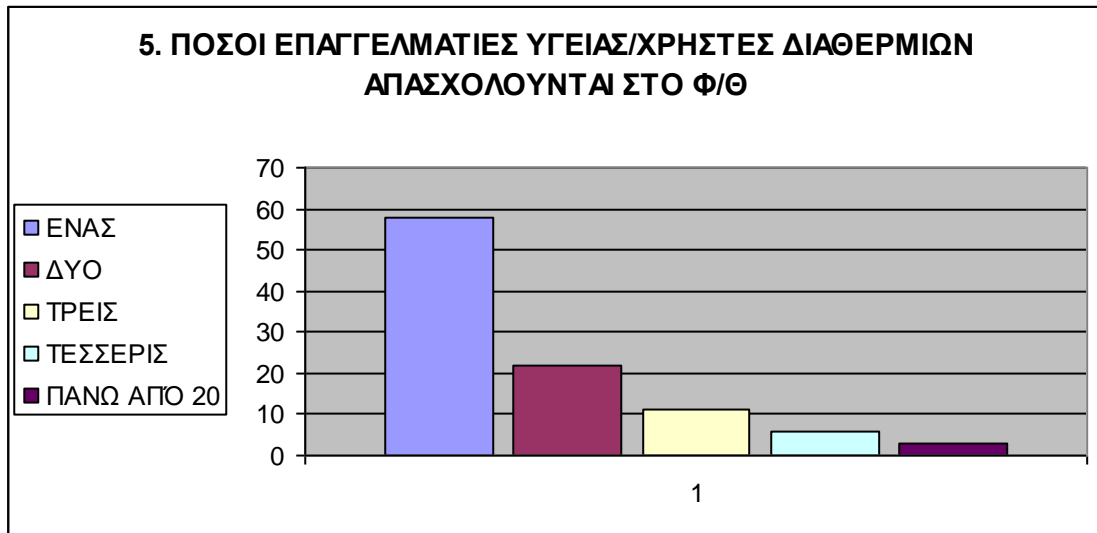
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σε σχέση με τα έτη επαγγελματικής τους εμπειρίας που κυμαίνονται από 0 έως πάνω από 20 έτη.



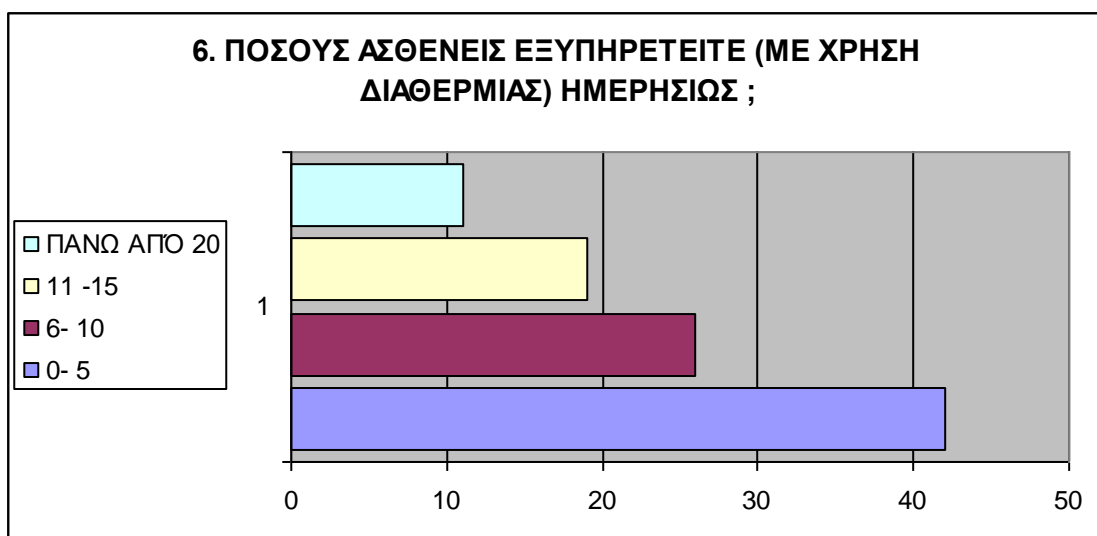
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σε σχέση τόσο με τον αριθμό όσο και με το είδος των διαθερμιών που διέθεταν στα φυσικοθεραπευτήρια τους. Όλοι οι ερωτηθέντες διέθεταν στο φυσικοθεραπευτήριο τους διαθερμίες είτε μικροκυμάτων, είτε διαθερμίες βραχέων κυμάτων, είτε ενδοδιαθερμίες/υπερθερμίες ή και συνδυασμό των προαναφερθέντων συσκευών.



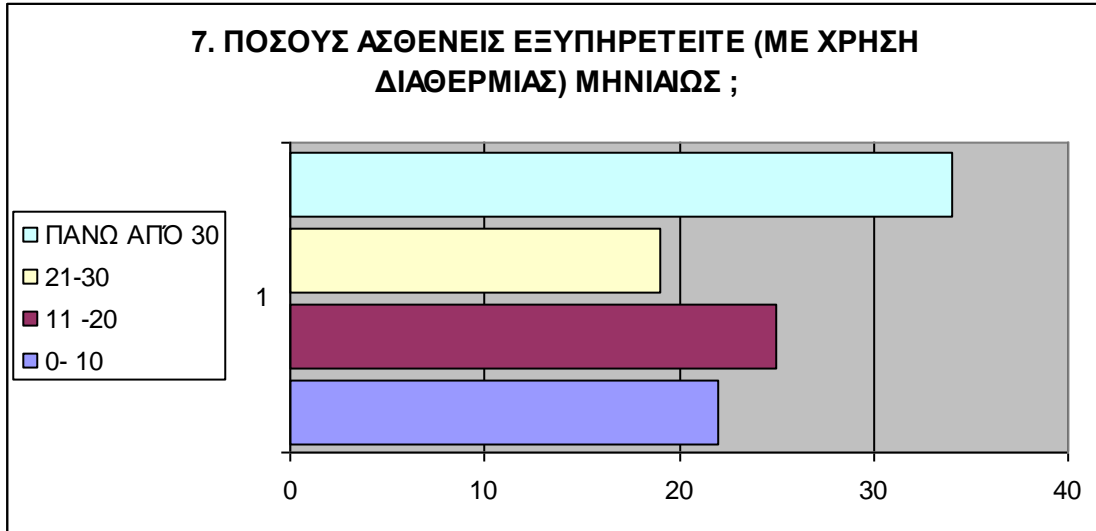
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σύμφωνα με τον αριθμό των επαγγελματιών υγείας/χρηστών των διαθερμιών που απασχολούνται σε κάθε φυσιοθεραπευτήριο συμπεριλαμβανομένου και του ερωτηθέντος. Ο αριθμός των χρηστών κυμαινόταν από 1 έως περισσότερους από 20 χρήστες ανά φυσιοθεραπευτήριο.



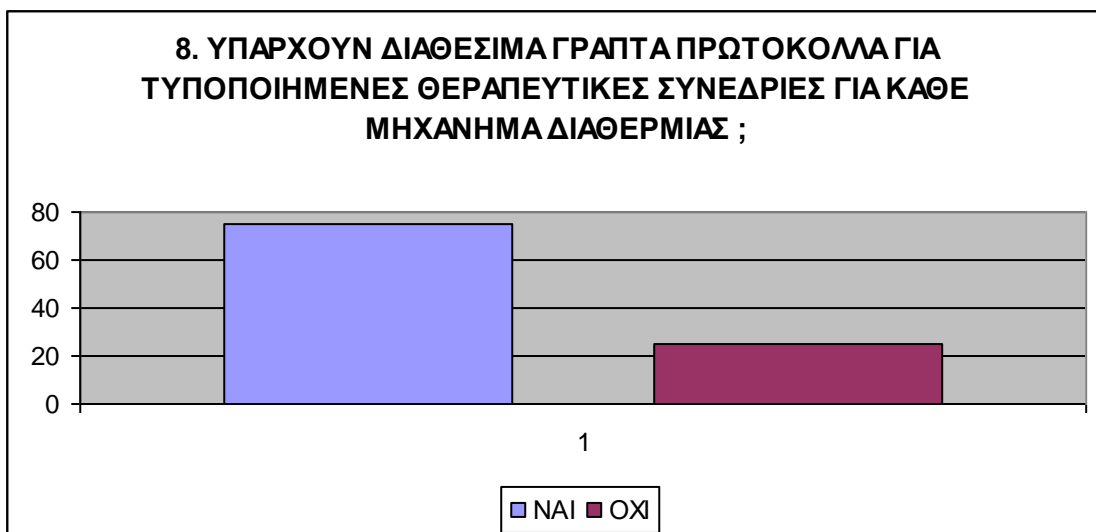
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σε σχέση με τον αριθμό των ασθενών που εξυπηρετούν με χρήση διαθερμίας ημερησίως. Ο αριθμός κυμαινόταν από 0 έως περισσότερους από 20 ασθενείς με μέσο όρο τους 6-10 ασθενείς.



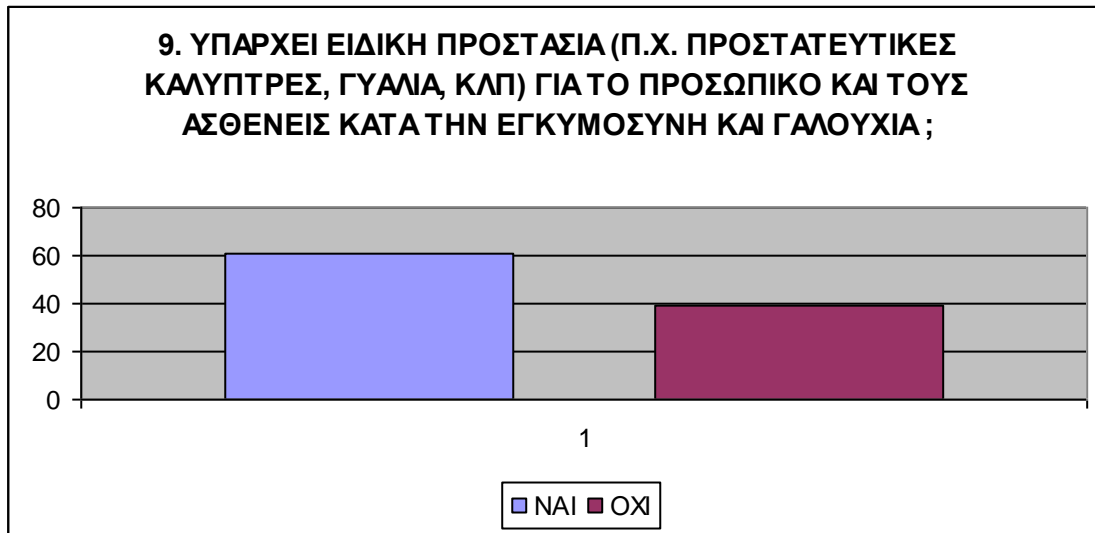
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων σε σχέση με τον αριθμό των ασθενών που εξυπηρετούν με χρήση διαθερμίας μηνιαίως. Ο αριθμός κυμαινόταν από 0 έως περισσότερους από 30 ασθενείς με μέσο όρο τους 11-20 ασθενείς.



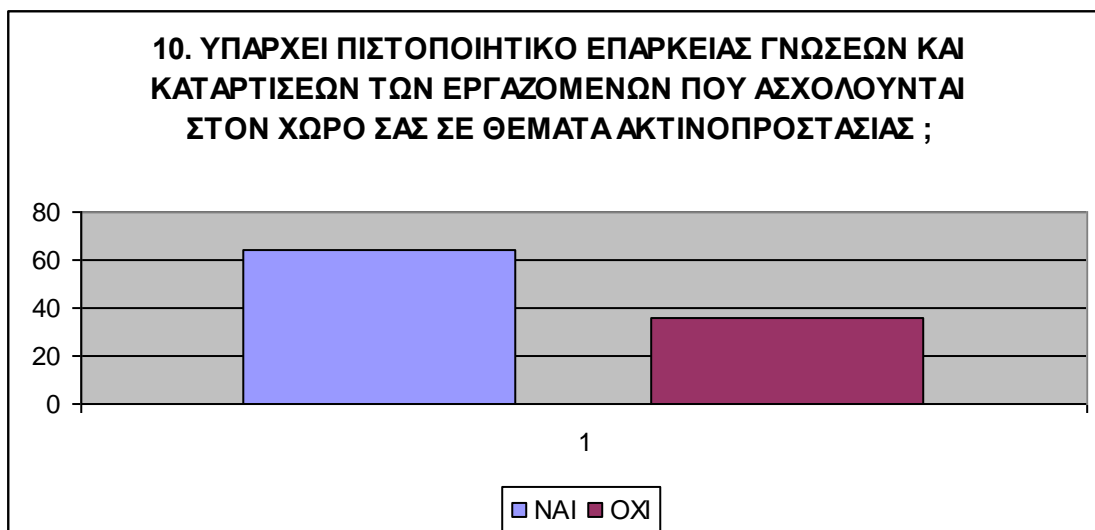
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν υπάρχουν διαθέσιμα γραπτά πρωτόκολλα για τυποποιημένες θεραπευτικές συνεδρίες για κάθε μηχάνημα διαθερμίας. Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 75% απάντησαν θετικά και 25% αρνητικά.



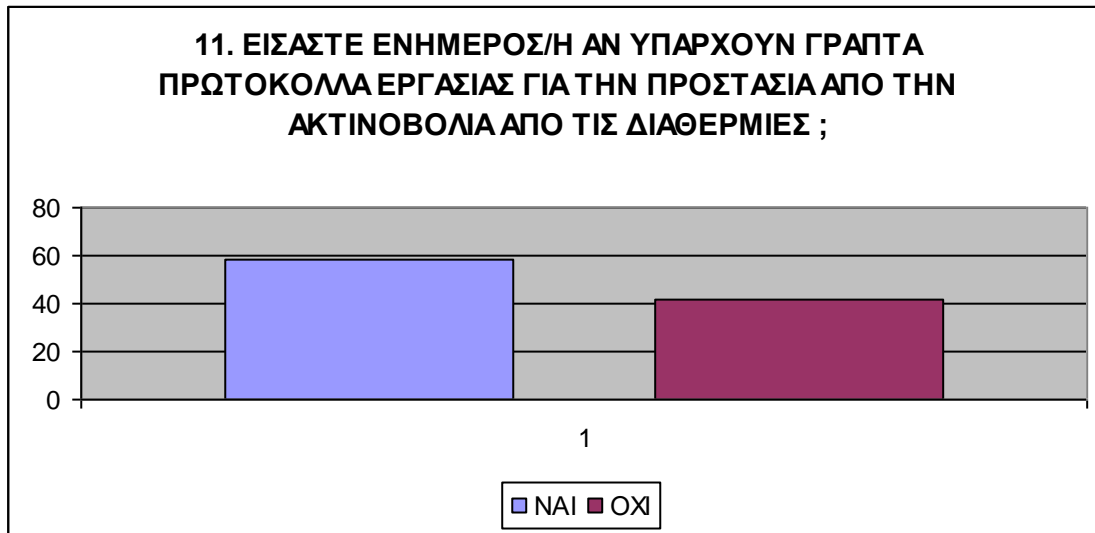
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν υπάρχει ειδική προστασία (π.χ. προστατευτικές καλύπτρες, γυαλιά, κλπ.) για το προσωπικό και τους ασθενείς κατά την εγκυμοσύνη και γαλουχία. Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 61% απάντησαν θετικά και 39% αρνητικά.



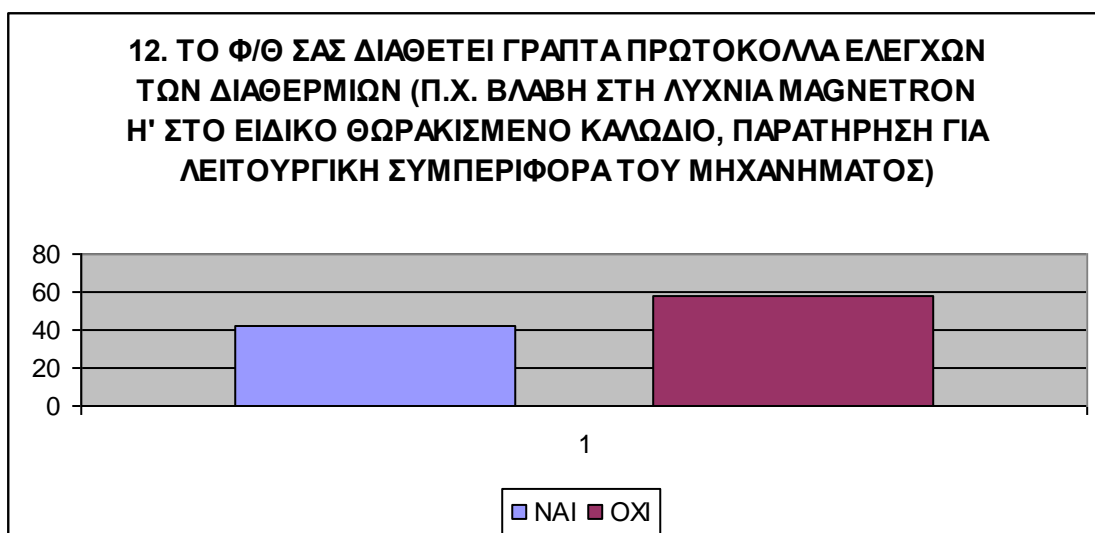
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και κατάρτισεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο τους σε θέματα ακτινοπροστασίας. Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 64% απάντησαν θετικά και 36% αρνητικά.



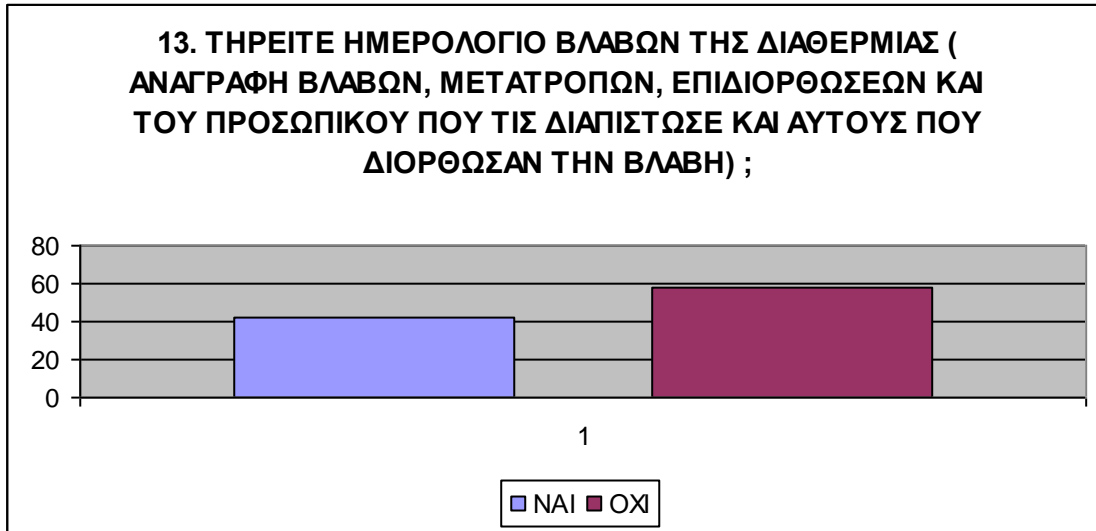
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν ενημερώνονται σχετικά με το αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις διαθερμίες. Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 58 % απάντησαν θετικά και 42% αρνητικά.



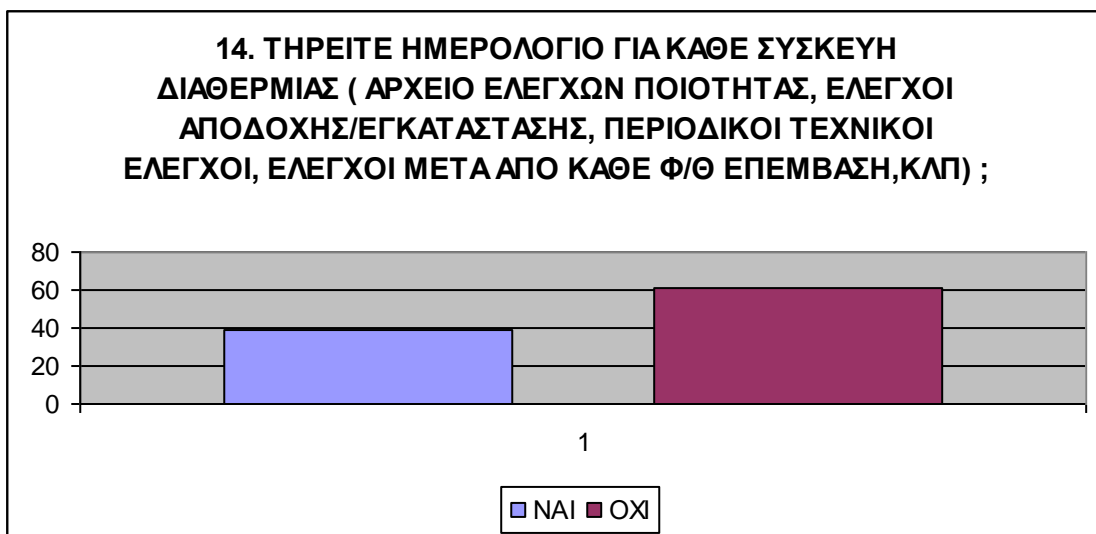
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν το φυσιοθεραπευτήριο τους διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των διαθερμιών (π.χ. βλάβη στη λυχνία magnetron ή στο ειδικό θωρακισμένο καλώδιο, παρατήρηση για λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος). Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 42% απάντησαν θετικά και 58% αρνητικά.



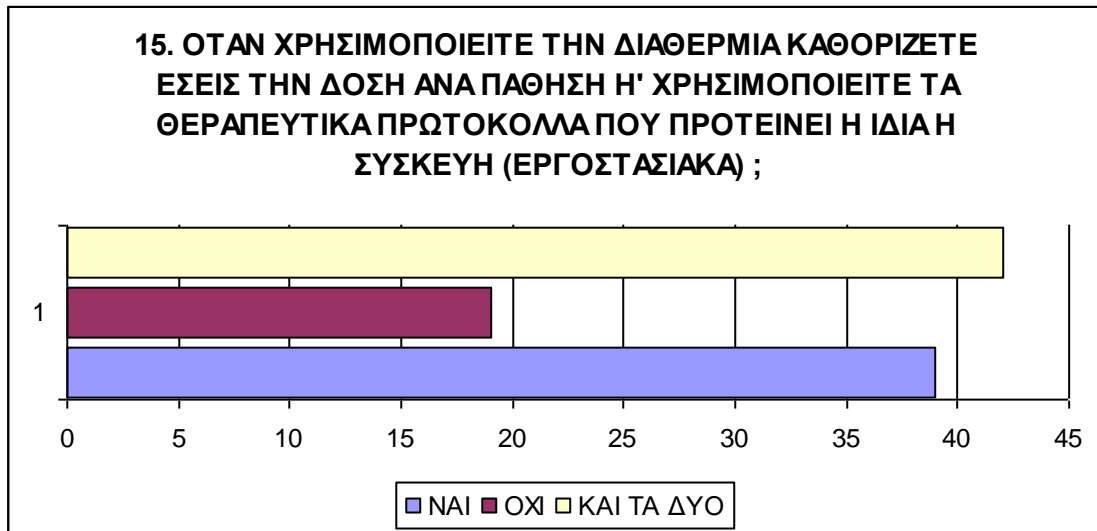
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν τηρείται ημερολόγιο βλαβών της διαθερμίας (αναγραφή βλαβών, μετατροπών, επιδιορθώσεις και του προσωπικού που τις διαπίστωσε και αυτούς που διόρθωσαν την βλάβη). Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 39% απάντησαν θετικά και 61% αρνητικά.



ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν τηρείται ημερολόγιο για κάθε συσκευή διαθερμίας(αρχείο ελέγχων ποιότητας, έλεγχοι αποδοχής/εγκατάστασης, περιοδικοί τεχνικοί έλεγχοι, έλεγχοι μετά από κάθε φυσιοθεραπευτική επέμβαση, κλπ.). Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 42% απάντησαν θετικά και 58% αρνητικά.



ΠΙΝΑΚΑΣ 15 : Κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων στο ερώτημα αν όταν χρησιμοποιούν την διαθερμία καθορίζουν οι ίδιοι την δόση ανά πάθηση ή χρησιμοποιούν τα θεραπευτικά πρωτόκολλα που προτείνει η ίδια η συσκευή (εργοστασιακά). Κατά την προσωπική τους εκτίμηση 39% απάντησαν θετικά, 19% αρνητικά και 42% χρησιμοποιεί και τις δύο μεθόδους.



ΚΕΦΑΛΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται λοιπόν από τα παραπάνω η ανθρώπινη καθημερινότητα περιβάλλεται από πάρα πολλές μορφές ακτινοβολίας τις οποίες οι άνθρωποι δυνητικά χρησιμοποιούν σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων (τηλεπικοινωνίες, ραδιοφωνία, οικιακή χρήση, Ιατρική κ.α). Παρ' ολ' αυτά οι μορφές αυτές ενέργειας δεν έχουν πάντοτε θετικό αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία (ακτίνες Χ, γάμμα, ραδιενέργεια,) μπορεί να προκαλέσει σημαντικές και ανεπανόρθωτες βλάβες τόσο στο DNA όσο και την κυτταρική δομή των οργανισμών. Ωστόσο ακόμη και η μή ιοντίζουσα ακτινοβολία (ραδιοκύματα, μικροκύματα, ηλεκτρισμός) η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της υγείας αλλά και σε ένα ευρύ φάσμα της καθημερινότητας, όταν παράγει θερμότητα σε μεγάλα επίπεδα και σε συνάρτηση με την έλλειψη προστατευτικών μέτρων, είναι ικανή να βλάψει ευαίσθητα όργανα και δομές του ανθρώπινου σώματος τα οποία απαιτούν (γεγονός που φαίνεται και από την κατασκευή και σύστασή τους) χαμηλότερες θερμοκρασίες προκειμένου να λειτουργούν σωστά και να μην καταστρέφονται.

Στον τομέα της ιατρικής και της φυσικοθεραπείας η ακτινοβολία μεταξύ άλλων μορφών, εμφανίζεται και με τη χρήση του μηχανήματος της διαθερμίας. Στην ιατρική το συγκεκριμένο μηχάνημα χρησιμοποιείται ευρέως στις χειρουργικές επεμβάσεις εδώ και πολλά χρόνια (Μονοπολική-Διπολική διαθερμία κ Διπολική διαθερμία νέας γενιάς) με σκοπό κυρίως την αιμόσταση κατά τη διάρκεια του χειρουργείου μέσω του επιτόπιου καυτηριασμού των αγγείων.

Στη φυσικοθεραπεία χρησιμοποιούνται κυρίως η διαθερμία Μικροκυμάτων καθώς και διαθερμία Βραχέων κυμάτων σ' ένα μεγάλο ποσοστό περιπτώσεων και σε μικρότερο βαθμό άλλα είδη όπως η ενδοδιαθερμία και η υπερθερμία με σκοπό κυρίως τη μείωση του πόνου μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας στη θεραπευόμενη περιοχή.

Η παρούσα έρευνα είχε ως σκοπό να μελετήσει τα ποσοστά του αριθμού και του είδους των χρησιμοποιούμενων διαθερμιών και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται από τους φυσικοθεραπευτές. Επίσης την κατάρτισή τους καθώς και του λοιπού βοηθητικού προσωπικού πάνω στα μηχανήματα αυτά. Τέλος μελετήθηκε τόσο το αν πληρούν τις απαραίτητες παραμέτρους για την προσωπική τους προστασία αλλά και για την προστασία των ασθενών, όσο και για τη σωστή συντήρηση των μηχανημάτων.

Βασισμένοι στα διεθνή πρωτόκολλα προστασίας για τα συγκεκριμένα μηχανήματα αναμέναμε πως η πλειοψηφία του ελληνικού φυσικοθεραπευτικού δυναμικού θα ήταν ενήμερη τόσο για τις προστατευτικές παραμέτρους όσο και για τις απαραίτητες διαδικασίες συντήρησης των μηχανημάτων- εργαλείων αυτών γεγονός που σε γενικές γραμμές, με βάση τα στοιχεία που

συλλέχθηκαν φαίνεται πως είναι σε κάποιο βαθμό αμφίβολο. Αυτό αποδεικνύεται και στα ποσοστά που εμφανίζονται στους παραπάνω πίνακες.

Όπως φαίνεται λοιπόν το μεγαλύτερο ποσοστό του δυναμικού των ερωτηθέντων αποτελούνταν από άνδρες το συντριπτικό ποσοστό των οποίων ήταν 31-50 ετών με μέσο όρο ηλικίας τα 41-45 έτη και επαγγελματική εμπειρία από 5 έως πάνω από 20 έτη. Το δεδομένο αυτό σε συνάρτηση με τα στοιχεία τα οποία είδαμε παραπάνω και θα σχολιάσουμε αργότερα στη συζήτηση αυτή, προκαλεί ιδιαίτερο προβληματισμό όσο αφορά το χρονικό διάστημα στο οποίο οι άνθρωποι αυτοί εκτίθενται στα μεγάλα ποσοστά της παραγόμενης απ' το μηχάνημα ακτινοβολίας, στα πλαίσια της δουλειάς τους και των καθημερινών θεραπειών.

Σχετικά με τον αριθμό των μηχανημάτων ανά φυσικοθεραπευτήριο, διαπιστώσαμε πως κυριαρχούν οι διαθερμίες μικροκυμάτων συγκριτικά με εκείνες των βραχέων κυμάτων. Ακόμη ένα σημαντικό ποσοστό φυσικοθεραπευτών φαίνεται πως έχουν προχωρήσει στην αγορά ενδοδιαθερμιών και υπερθερμιών τα οποία είναι σχετικά νέα μηχανήματα και δεν είναι ακόμη απολύτως βέβαιο πως υπάρχει πλήρης γνώση από το προσωπικό. Τέλος ένα ποσοστό των θεραπευτών αρνήθηκαν να συμμετάσχουν στην έρευνα αναφέροντας πως πλέον δε χρησιμοποιούν τα συγκεκριμένα μηχανήματα για προσωπικούς λόγους και για τους λόγους υγείας που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στην αντίστοιχη ερώτηση για τον αριθμό των απασχολούμενων στα μηχανήματα αυτά, θεραπευτών, φαίνεται πως η μεγαλύτερη πλειοψηφία δραστηριοποιεί από 1 έως 4 άτομα. Φυσικά το γεγονός πως στην έρευνα ερωτήθηκαν κυρίως μικρά συνοικιακά φυσικοθεραπευτήρια και όχι τόσο μεγάλα κέντρα αποκατάστασης, μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι ιδιοκτήτες επιτρέπουν τη χρήση των μηχανημάτων αυτών από όλο το δυναμικό της επιχείρησης.

Μια ερώτηση η οποία έδωσε πολλές και χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την αποδοχή και τη χρήση των διαθερμιών από τους θεραπευτές ήταν εκείνη που αφορούσε τον αριθμό των ασθενών που δέχονται τη συγκεκριμένη θεραπεία τόσο σε ημερήσια όσο και σε μηνιαία βάση. Εδώ τα ποσοστά φαίνονται ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αφού ένα μεγάλο ποσοστό φαίνεται πως τις χρησιμοποιεί σε 6-10 άτομα ημερησίως ενώ σε μηνιαία βάση οι ασθενείς σε πολλές περιπτώσεις ξεπερνούσαν τους 30. Φαίνεται έτσι πως η χρήση τους επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα κατά την κρίση ορισμένων θεραπευτών προκαλώντας όμως ταυτόχρονα προβληματισμό για το τι συμβαίνει όταν μια τόσο ευρεία χρήση γίνεται χωρίς την απαραίτητη προστασία τόσο για τον θεράποντα όσο και για τον ασθενή.

Όσο αφορά τη διαθεσιμότητα γραπτών πρωτοκόλλων για τυποποιημένες θεραπευτικές συνεδρίες τα δεδομένα έδειξαν πως το μεγαλύτερο ποσοστό (75%) απαντά ΝΑΙ έχοντας μεγάλη διαφορά από εκείνους που δεν διέθεταν . Έτσι φαίνεται πως οι προμηθευτές στην πλειοψηφία τους παρέχουν τις οδηγίες αυτές στον αγοραστή του εκάστοτε μηχανήματος. Έγγειται λοιπόν στην κρίση του θεραπευτή το αν θα χρησιμοποιήσει την τυποποιημένη και εγκεκριμένη από τον προμηθευτή θεραπεία ή θα ακολουθήσει μια δική του προσέγγιση στο πρόβλημα, γεγονός που όπως θα δούμε παρακάτω μοιράζεται επίσης ανάλογα μεταξύ των φυσικοθεραπευτών.

Μία από τις πιο σημαντικές και ουσιαστικές ίσως ερωτήσεις της έρευνας, ήταν εκείνη που αφορούσε τα προστατευτικά μέσα που χρησιμοποιούνται τόσο γενικά απ 'το προσωπικό κατά τη διάρκεια της θεραπείας, όσο και από τους ασθενείς με ιδιαίτερη έμφαση στις εγκυμονούσες γυναίκες. Εκεί τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά το 61% των ερωτηθέντων απάντησε πως λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα σε αντίθεση με το 39% που φαίνεται να χρησιμοποιεί τα μηχανήματα χωρίς ιδιαίτερη προστασία τόσο για το προσωπικό όσο και για τον ασθενή. Σημαντικό στο σημείο αυτό θα ήταν να τονίσουμε πως αρκετοί από τους συμμετέχοντες απάντησαν στην ερώτηση αυτή διευκρινίζοντας μας πως δεν χρησιμοποιούν καθόλου το συγκεκριμένο μηχάνημα κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης είτε της ασθενούς είτε και της ίδιας της θεραπεύτριας εφόσον επρόκειτο για αντένδειξη.

Μια πτυχή της έρευνας που πραγματικά είχε θετικό χαρακτήρα ήταν το κομμάτι που αφορά την πιστοποιημένη επάρκεια γνώσεων από τους φυσικοθεραπευτές πάνω στις διαθερμίες και κυρίως στα θέματα που έχουν να κάνουν με την ακτινοπροστασία. Τα αποτελέσματα πιστοποιημένης κατάρτισης και ενημέρωσης είναι ενθαρρυντικά αφού το 64% κατείχε έγγραφη την επάρκεια γνώσης του μηχανήματος καθώς και των απαραίτητων ακτινοπροστατευτικών μέτρων. Στον αντίποδα το 36% χρησιμοποιούσε τα μηχανήματα καθαρά με εμπειρικό τρόπο γεγονός που όχι τόσο στη φάση της θεραπείας όσο της προστασίας, δίνει την πιθανότητα να εμφανιστούν λάθη που μπορεί να έχουν επιβλαβή αποτελέσματα. Σημαντικό φυσικά ρόλο στο θέμα αυτό φαίνεται πως παίζει και η γνώση και ενημέρωση των φυσικοθεραπευτών πάνω στην ύπαρξη γραπτών πρωτοκόλλων σχετικά με την προστασία από την ακτινοβολία και τις διαθερμίες. Εκεί τα πράγματα φαίνεται πως ήταν σχετικά μοιρασμένα αφού ένα ποσοστό 58% γνώριζε την ύπαρξη των πρωτοκόλλων αυτών ενώ το 42% την αγνοούσε. Προβληματισμό ακόμη προκαλεί και το ποσοστό των θεραπευτών που είχαν στην κατοχή τους τα πρωτόκολλα αυτά, αφού δεν είμαστε βέβαιοι ότι όλοι οι θεραπευτές μέσα στο 58% διέθεταν τα συγκεκριμένα έγγραφα.

Τέλος σχετικά με τη συντήρηση των μηχανημάτων φαίνεται πως τόσο από τους προμηθευτές όσο και από τους φυσικοθεραπευτές υπάρχει η τάση του μη συστηματικού ελέγχου αφού όπως φαίνεται από το ποσοστό (58%), δεν τηρούνται γραπτά πρωτόκολλα σχετικά με τη συντήρηση των μηχανημάτων. Έτσι μεγάλος αριθμός (61%) φαίνεται πως είτε δεν συντηρεί συστηματικά το μηχάνημα είτε δεν έχει κάποιο ημερολόγιο σχετικά με τις επισκευές σε σημαντικά σημεία των διαθερμιών όπως (π.χ. βλάβη στη λυχνία magnetron ή στο ειδικό θωρακισμένο καλώδιο). Φυσικά υπάρχει και το 39% των θεραπειών οι οποίοι ενημερώνουν όπως φαίνεται συστηματικά κάποιο ημερολόγιο σχετικά με τη συμπεριφορά του μηχανήματος ή τις πιθανές βλάβες οι οποίες προκύπτουν. Μεγάλο μερίδιο ευθύνης στο σημείο αυτό, πρέπει να τονίσουμε πως φέρουν και οι ίδιοι οι προμηθευτές οι οποίοι συχνά δεν ενσωματώνουν στις παροχές τους μια ετήσια ή ακόμη καλύτερα εξαμηνιαία συντήρηση, για ένα μηχάνημα το οποίο κατά κοινή παραδοχή έχει μεγάλο κόστος τόσο στην αγορά όσο και στα ανταλλακτικά του εφόσον χρειαστεί.

Στην 13η ερώτηση αντιλαμβανόμαστε ότι πολλοί συνάδελφοι είτε αφιερώνουν λιγιστό χρόνο στην εκτίμηση βλαβών των μηχανημάτων τους είτε δεν τα χρησιμοποιούν τόσο όσο ανέφεραν. Και στις δυο περιπτώσεις προκαλείται προβληματισμός ως προς την ποιότητα της θεραπείας που προσφέρουν τα μηχανήματα των εκάστως φυσικοθεραπευτηρίων. Παρόμοιος προβληματισμός προκύπτει και από τις απαντήσεις τους και στην 14η ερώτηση.

Κλείνοντας, πρέπει να αναφέρουμε πως ευτυχές είναι το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων φυσικοθεραπευτών δεν ακολουθούν “τυφλά” τα αναγραφόμενα πρωτόκολλα θεραπείας των διάφορων παθήσεων, δίνοντας μας την δυνατότητα να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι είναι υπεύθυνοι στο πως και πότε χρησιμοποιούν τα μηχανήματα που διαθέτουν.

Η έρευνα αυτή είχε ως σκοπό να παρουσιάσει την κατάσταση που επικρατεί σχετικά με τη χρήση των διαθερμιών από τους φυσικοθεραπευτές καθώς και τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται τόσο για τη δική τους ασφάλεια όσο και για την ασφάλεια των ασθενών. Πιστεύουμε λοιπόν πως μέσα από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν λάβαμε μια εικόνα τόσο για τη χρήση και την προστασία κατά τη θεραπεία, όσο και για την συντήρηση. Παρ’ όλ’ αυτά περαιτέρω έρευνες θα μπορούσαν να δώσουν επιπλέον εμβάθυνση και γνώση πάνω στο συγκεκριμένο θέμα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Albrecht RM & Landau E (1979). Microwave radiation: an epidemiologic assessment. *Rev Environ Health.* 3 (1): 43-58.

Bassen HI, Kantor G, Ruggera PS & Witters DM (1978). Leakage in the proximity of microwave diathermy applicators used on humans or phantom models. HEW Publication (FDA) 79-8073.

Bernhardt JH (1992). *Non-ionizing radiation safety: radiofrequency radiation, electric and magnetic fields.* *Phys Med Biol.* 37 (4): 807–44.

Berman E, Kinn JB & Carter HB (1978). Observations of mouse fetuses after irradiation with 2.45 GHz microwaves. *Health Phys.* 35 (6): 791-801.

Bettaieb A., Wirzal P. & Averill-Bates D., “Hyperthermia: Cancer Treatment and Beyond”, Intech, chapter 12 (2013)

Cleary SF (1980). Microwave cataractogenesis. *Proc IEEE* 68: 49-55.

Cromie JE, Robertson VJ & Best MO (2002). Occupational health in physiotherapy: general health and reproductive outcomes. *Aust J Physiother.* 48 (4): 287-94.

Delpizzo V & Jouner KH (1987). On the safe use of microwave and shortwave diathermy units. *Aust J Physiother.* 33 (3): 152-162.

Di Nallo AM, Strigari L, Giliberti C, Bedini A, Palomba R & Benassi M (2008). Monitoring of people and workers exposure to the electric, magnetic and electromagnetic fields in an Italian National Cancer Institute. *J Exp Clin Cancer Res.* 27: 16.

Garcia PA & Toledo BM (2009). Risk prevention against nonionizing radiation in physical therapy. *Fisioterapia.* 31 (4): 143-150.

Gobbato F & Valentinuzzi C (1988). Exposure to radio waves in physiotherapy. *Med Lav.* 79 (1): 70-7.

Gubéran E, Campana A, Faval P, Gubéran M, Sweetnam PM, Tuyn JW & Usel M (1994). Gender ratio of offspring and exposure to shortwave radiation among female physiotherapists. *Scand J Work Environ Health.* 20 (5): 345-8.

Guirro R, Guirro E, Sousa N (2014). Lack of Maintenance of Shortwave Diathermy Equipment Has a Negative Impact on Power Output

Hamburger S, Logue JN & Silverman PM (1983). Occupational exposure to non-ionizing radiation and an association with heart disease: an exploratory study. *J Chronic Dis.* 36 (11): 791-802.

Hocking B & Joyner K (1995). Re: "Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation". *Am J Epidemiol.* 141 (3): 273-4.

Iskra S, McKenzie R & Cosic I (2010). Factors influencing uncertainty in measurement of electric fields close to the body in personal RF dosimetry. *Radiat Prot Dosimetry.* 140 (1): 25-33.

Israel M, Vangelova K & Ivanova M (2007). Cardiovascular risk under electromagnetic exposure in physiotherapy. *Environmentalist.* 27 (4): 539–543.

Jaermann T, Suter F, Osterwalder D & Luechinger R (2011). Measurement and analysis of electromagnetic fields of pulsed magnetic field therapy systems for private use. *J Radiol Prot.* 31 (1): 107-16.

Källén B, Malmquist G & Moritz U (1982). Delivery outcome among physiotherapists in Sweden: is non-ionizing radiation a fetal hazard? *Arch Environ Health.* 37 (2): 81-5.

Kheifets L, Afifi AA & Shimkhada R (2006). Public health impact of extremely low-frequency electromagnetic fields. *Environ Health Perspect.* 114 (10): 1532-7.

Lancranjan I, Măicănescu M, Rafailă E, Klepsch I & Popescu HI (1975). Gonadic function in workmen with long-term exposure to microwaves. *Health Phys.* 29 (3): 381-3.

Larsen AI (1991). Congenital malformations and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among Danish physiotherapists. *Scand J Work Environ Health.* 17 (5): 318-23.

Larsen AI, Jensen AO, Skotte J & Istre O (1987). Does non-ionizing radiation influence fetal development? *Ugeskr Laeger.* 149 (8): 518-20.

Larsen AI, Olsen J & Svane O (1991). Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. *Scand J Work Environ Health.* 17 (5): 324-9.

Larsen AI & Skotte J (1991). Can exposure to electromagnetic radiation in diathermy operators be estimated from interview data? A pilot study. *Am J Ind Med.* 19 (1): 51-7.

- Lau RW & Dunscombe PB (1984).** Some observations on stray magnetic fields and power outputs from short-wave diathermy equipment. *Health Phys.* 46 (4): 939-43.
- Lerman Y, Caner A, Jacobovich R & Ribak J (1996).** Electromagnetic fields from shortwave diathermy equipment in physiotherapy departments. *Physiotherapy.* 82 (8): 456-458.
- Lerman Y, Jacobovich R & Green MS (2001).** Pregnancy outcome following exposure to shortwaves among female physiotherapists in Israel. *Am J Ind Med.* 39 (5): 499-504.
- Li CY & Feng CK (1999).** An evaluation of radio frequency exposure from therapeutic diathermy equipment. *Ind Health.* 37 (4): 465-8.
- Maccà I, Scapellato ML, Carrieri M, Pasqua di Bisceglie A, Saia B & Bartolucci GB (2008).** Occupational exposure to electromagnetic fields in physiotherapy departments. *Radiat Prot Dosimetry.* 128 (2): 180-90.
- Markov MS (2007).** Expanding use of pulsed electromagnetic field therapies. *Electromagn Biol Med.* 26 (3): 257-74.
- Martin CJ, McCallum HM & Heaton B (1990).** An evaluation of radiofrequency exposure from therapeutic diathermy equipment in the light of current recommendations. *Clin Phys Physiol Meas.* 11 (1): 53-63.
- Martin JC, McCallum HM, Strelley S & Heaton B (1991).** Electromagnetic fields from therapeutic diathermy equipment: A review of hazards and precautions. *Physiotherapy.* 77 (1): 3-7.
- Mcdowell AD & Lunt MJ (1991).** Electromagnetic Field Strength Measurements on Megapulse Units. *Physiotherapy.* 77 (12): 805-809.
- Mild KH (1980).** Occupational exposure to radio-frequency electromagnetic fields. *Proc. IEEE.* 68 (1): 12-17.
- Mjøen G, Saetre DO, Lie RT, Tynes T, Blaasaas KG, Hannevik M & Irgens LM (2006).** Paternal occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields and risk of adverse pregnancy outcome. *Eur J Epidemiol.* 21 (7): 529-35.
- Moseley H & Davison M (1981).** Exposure of physiotherapists to microwave radiation during microwave diathermy treatment. *Clin Phys Physiol Meas.* 2 (3): 217-21.

- Ouellet-Hellstrom R & Stewart WF (1993).** Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. *Am J Epidemiol.* 138 (10): 775-86.
- Pope GD, Mockett SP & Wright JP (1995).** A survey of electrotherapeutic modalities: ownership and use in the NHS in England. *Physiotherapy* 81 (2): 82–91.
- Preece AW, Hand JW, Clarke RN & Stewart A (2000).** Power frequency electromagnetic fields and health. Where's the evidence? *Phys Med Biol.* 45 (9): 139-54.
- Ruggera PS (1980).** Measurements of emission levels during microwave and shortwave diathermy treatments. HEW Publication (FDA) 80-8119.
- Scandurra G (1989).** Levels of the electromagnetic field in the vicinity of therapeutic devices using radiofrequency and microwaves. *Med Lav.* 80 (4): 335-40.
- Shields N, Gormley J & O'Hare N (2001)** Short-wave diathermy in Irish physiotherapy departments. *Br J Ther Rehabil.* 8: 331–9.
- Shields N, Gormley J & O'Hare N (2002).** Short-wave diathermy: current clinical and safety practices. *Physiother Res Int.* 7 (4): 191-202.
- Shields N, O'Hare N, Boyle G & Gormley J (2003).** Development and application of a quality control procedure for short-wave diathermy units. *Med Biol Eng Comput.* 41 (1): 62-8.
- Silverman C (1973).** Nervous and behavioral effects of microwave radiation in humans. *Am J Epid* 97: 219-224.
- Silverman C (1980).** Epidemiologic studies of microwave effects. *Proc IEEE* 68: 78-84.
- Skotte J (1986).** Reduction of radiofrequency exposure to the operator during short-wave diathermy treatments. *J Med Eng Technol.* 10 (1): 7-10.
- Shah SG & Farrow A (2007).** Investigation of practices and procedures in the use of therapeutic diathermy: a study from the physiotherapists' health and safety perspective. *Physiother Res Int.* 12 (4): 228-41.
- Shields N, Gormley J & O'Hare N (2005).** Physiotherapist's perception of risk from electromagnetic fields. *Adv Physiother.* 7 (4): 170-175.
- Shields N, O'Hare N & Gormley J (2004).** An evaluation of safety guidelines to restrict exposure to stray radiofrequency radiation from short-wave diathermy units. *Phys Med Biol.* 49 (13): 2999-3015.

Stuchly MA, Repacholi MH, Lecuyer DW & Mann RD (1982). Exposure to the operator and patient during short wave diathermy treatments. *Health Phys.* 42 (3): 341-66.

Taskinen H, Kyyrönen P & Hemminki K (1990). Effects of ultrasound, shortwaves, and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. *J Epidemiol Community Health.* 44 (3): 196-201.

Tofani S & Agnesod G (1984). The assessment of unwanted radiation around diathermy RF capacitive applicators. *Health Phys.* 47 (2): 235-41.

Tzima E & Martin CJ (1994). An evaluation of safe practices to restrict exposure to electric and magnetic fields from therapeutic and surgical diathermy equipment. *Physiol Meas.* 15 (2): 201–16.

Witters DM & Kantor G (1978). Free space electric field mapping of microwave diathermy applicators. HEW Publication (FDA) 79-8074.

Witters DM & Kantor G (1981). An evaluation of microwave diathermy applicators using free space electric field mapping. *Phys Med Biol.* 26 (6): 1099-114.

Yu G & Ng P (1988). To investigate the general exposure effects of shortwave diathermy on the number of white blood cells in rats. *HKPJ.* 10: 34-42.

BIBLIA

Andrä W & Nowak H (2007). *Magnetism in medicine: A handbook*, 2Ed. Wiley-VCH.

Barnes FS & Greenebaum B (2006). *Handbook of biological effects of electromagnetic fields*, 3Ed. CRC Press.

Behrens BJ (2006). *Laboratory manual for physical agents: Theory and practice*, 2Ed. F.A. Davis Company.

Cameron MH (2006). *Physical agents in rehabilitation: From research to practice*, 2Ed. Saunders.

Czerski P, Ostrowski K, Silverman C, Shore JL, Suess MJ & Waldeskog B (1974) eds. *Biologic effects and health hazards of microwave radiation*, Warsaw Poland: Polish Medical Publishers. Furse C, Christensen DA & Durney CH (2009). *Basic introduction to bioelectromagnetics*, 2Ed. CRC Press.

- Habash R (2007).** Bioeffects and therapeutic applications of electromagnetic energy. CRC Press.
- Hitchcock RT & Patterson RM (1995).** Radio frequency and ELF electromagnetic energies - A handbook for health professionals. 259-338, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Israel M & Tschobanoff P (2006).** Exposure to non-ionizing radiation of personnel in physiotherapy, Ayrapetyan SN & Markov MS, eds., Bioelectromagnetics. 367-376. Netherlands, Springer Press.
- Kitchen R (2001).** RF and microwave radiation safety, 2Ed. Newnes.
- Krawczyk A & Kubacki R (2008).** Electromagnetic field, health and environment: Proceedings of EHE'07, IOS Press.
- Morton ER (1916).** Essentials of medical electricity, 3Ed. St. Louis, C.V. Mosby Company.
- Omar A (2010).** Electromagnetic scattering and material characterization, Artech House.
- Pheasant ST (1984).** Anthropometrics : An Introduction for Schools and Colleges, British Standards Institution, London.
- Prentice WE (2001).** Therapeutic modalities for physical therapists, 2Ed. McGraw-Hill / Appleton & Lange.
- Someda CG (2001).** Electromagnetic waves, 2Ed. CRC Press.
- Van Went JM (1955).** Ultrasonic and ultrashort waves in medicine. Elsevier Publishing Company.
- Ueno S (1996).** Biological effects of magnetic and electromagnetic fields. Springer.
- Ulaby FT, Michielssen E, Ravaoli U (2010).** Fundamentals of Applied Electromagnetics, 6Ed. Prentice Hall.
- Valone T (2000).** Bioelectromagnetic healing: A rationale for its use, 2Ed. Integrity Research Inst.
- Young HD (1992).** University physics – Extended version with modern Physics, 8Ed. Addison – Wesley publishing company, Inc.
- Young M (2009).** Essential physics for manual medicine. Churchill Livingstone.
- Γιόκαρης Π (1988).** Κλινική ηλεκτροθεραπεία. 3Ed. Αθήνα : Εκδόσεις Παρισιάνου Μαρία Γρ.
- Κουμαριανός Δ, Κουτρομπής Γ, Στασινός Σ (2001).** Ακτινοπροστασία, ΟΕΔΒ.
- Μοίρας Π (2006).** Φυσική ΙΙΙ – Κυματική. Αθήνα: Εκδόσεις Αρνός.
- Παπαϊωάννου Κ (1986).** Φυσική - Θεωρία και πράξη. Αθήνα: Εκδόσεις Βεργίνα.
- Τσιμπούκη ΘΚ (1991).** Εισαγωγή στη βασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, Τόμος ΙΙΙ – Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Φραγκοράπτης Ε (2002).** Εφαρμοσμένη Ηλεκτροθεραπεία 2Ed. Θεσσαλονίκη.

Ψαρράκος Κ, Κουφογιάννης Δ, Γκοτζαμάνη - Ψαρράκου, Μολυβδά - Αθανασοπούλου Ε, Σιούντας Α (2010). Ιατρική φυσική – Τόμος Β, 4Ed. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ ΚΑΙ ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

Karabetsos E, Basiouka M & Zissimopoulos A (2010). Occupational exposure of physical therapists to radio frequency radiation - The situation in Greece. Bodrum, 10 -14 October 2010, Turkey.

Silverman C (1973). Epidemiologic approach to the study of microwave effects. New York, 9-10 April 1979, USA.

ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ACGIH (1976). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment American Conference of Governmental Industrial Hygienists. p 81.

ACGIH (2004). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biol. Exp. Indices. Signature Publications.

ACGIH (2006). American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLVs and BEIs based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices (Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

ANHMRC (1985). Code of practice for the safe use of shortwave (radiofrequency) diathermy units Australian Government Publishing Service, Canberra.

ANSI (1974). Safety level of electromagnetic radiation with respect to personnel American National Standard, ANSI C95.1-1974.

ANSI (1982). American National Standards Institute, American national standards. Safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 300 kHz to 100 GHz (New York: IEEE, ANSI) C95-1-1982.

BSI (1976). Specification for microwave ovens. particular requirements for testing, BS 3456: Section 2.33, (London: British Standards Institute).

BSI (1976). Specification for safety of commercial electrical appliances using microwave energy for heating Foodstuffs. Requirements for testing ovens with or without additional forms of heating, BS 5175 (London: British Standards Institute).

CSP (1992). Guidelines for the safe use of continuous shortwave therapy equipment. Physiotherapy. 78: 755–7.

CSP (1994). Guidelines for the safe use of pulsed shortwave therapy equipment. *Physiotherapy*. 80: 233–5.

EC (2004). Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). Eighteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC.

DHW (1983). Safety Code 25 Shortwave Diathermy: Guidelines for Limiting Radiofrequency Exposure. Canadian Environment Health Directorate.

ICNIRP (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) *Health Phys.* 74: 494–522.

IEEE (1992a). IEEE recommended practice for the measurement of potentially hazardous electromagnetic fields-RF and microwave (C95.3-1991), IEEE, New York.

IEEE (1992b). IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz (C95.1-1991), IEEE, New York.

IRPA/INIRC (1985). International Radiation Protection Association/ International Non-Ionizing Radiation Committee. Review of concepts, quantities, units, and terminology for non-ionizing radiation protection. *Health Phys.* 49 1329-62.

MRC (1971). Medical Research Council 70/1314.

NCRP (1986). National Council on Radiation Protection and Measurements Biological effects and exposure criteria for radiofrequency electromagnetic fields. Report No 86 (Bethesda MD: NCRP Publications).

NRC (1981). Effects of microwave radiation the lens of the eye. Report by Working Group 35, Committee on Vision, Assembly of behavioral and Social Sciences. Washington DC: National Academy Press, (National Research Council).

NRPB (1986). National Radiological Protection Board. Advice on the protection of workers and members of the public from the possible hazards of electric and magnetic fields with frequencies below 300 GHz: a consultative document. (London: HMSO).

NRPB (1989). Guidance as to restrictions on exposures to time-varying electromagnetic fields and the 1988 recommendations of the International Non-ionizing Radiation Committee, report NRPB GS-11, HMSO.

UNEP/WHO/IRPA (1981). United Nations Environment Program/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Environmental Health Criteria 16. Radiofrequency and Microwaves (Geneva: WHO).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΔΙΑΘΕΡΜΙΕΣ ΒΡΑΧΕΩΝ/ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Ερωτηματολόγιο για φυσιοθεραπευτές/τριες και βοηθούς

I. Φύλο:

Άνδρας Γυναίκα

II. Ηλικία:

21-25 26-30 31-35 36-40

41-45 46-50 51-55 56-60

61-65

III. Έτη επαγγελματικής εμπειρίας:

< 5 5-10 10-15 15-20 > 20

1. Πόσες διαθερμίες περιλαμβάνει το φυσιοθεραπευτήριο σας:

A. μικροκυμάτων

1 2 3 4

B. βραχέων

1 2 3 4

Γ. ενδοδιαθερμίες/υπερθερμίες

1 2 3 4

2. Πόσοι επαγγελματίες υγείας/χρήστες διαθερμιών απασχολούνται στο χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου σας, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας;

1 2 3 4 Παραπάνω από 20

3. Πόσους ασθενείς εξυπηρετείτε (με χρήση διαθερμίας) ημερησίως;

0-5 6-10 11-15 Παραπάνω από 20

4. Πόσους ασθενείς εξυπηρετείτε (με χρήση διαθερμίας) μηνιαίως;

0-10 11-20 21-30 Παραπάνω από 30

5. Υπάρχουν διαθέσιμα γραπτά πρωτόκολλα για τυποποιημένες θεραπευτικές συνεδρίες για κάθε μηχανήμα διαθερμίας;

Ναι Όχι

6. Υπάρχει ειδική προστασία (π.χ. προστατευτικές καλύπτρες, γυαλιά, κλπ) για το προσωπικό και τους ασθενείς κατά την εγκυμοσύνη και γαλουχία;

Ναι Όχι

7. Υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο σας σε θέματα ακτινοπροστασίας;

Ναι Όχι

8. Είσατε ενήμερος/η αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις διαθερμίες;

Ναι Όχι

9. Το φυσιοθεραπευτήριο σας διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των διαθερμιών (π.χ. βλάβη στη λυχνία magnetron ή στο ειδικό θωρακισμένο καλώδιο, παρατήρηση για λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος);

Ναι Όχι

10. Τηρείτε ημερολόγιο βλαβών της διαθερμίας (αναγραφή βλαβών, μετατροπών, επιδιορθώσεων και του προσωπικού που τις διαπίστωσε και αυτούς που διόρθωσαν την βλάβη);

Ναι Όχι

11. Τηρείτε Ημερολόγιο για κάθε συσκευή διαθερμίας(αρχείο ελέγχων ποιότητας, έλεγχοι αποδοχής/εγκατάστασης , περιοδικοί τεχνικοί έλεγχοι, έλεγχοι μετά από κάθε φυσιοθεραπευτική επέμβαση, κλπ);

Ναι Όχι

12. Όταν χρησιμοποιείτε την διαθερμία καθορίζετε εσείς την δόση ανά πάθηση ή χρησιμοποιείτε τα θεραπευτικά πρωτόκολλα που προτείνει η ίδια η συσκευή (εργοστασιακά);

Ναι Όχι Και τα δύο