

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ**

ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΥΡΙΑΖΗ ΣΟΦΙΑ & ΜΠΑΦΗ ΝΙΚΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ, 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη για την εμπιστοσύνη και για την υπομονή που έδειξε για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας. Τον ευχαριστούμε για την καθοδήγηση και για την πολύτιμη βοήθεια που μας πρόσφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας.

Επίσης, ευχαριστούμε θερμά τους γονείς μας για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη που επέδειξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μας αλλά και για την υποστήριξη τους σε κάθε μας επιλογή.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στους φίλους μας οι οποίοι στήριξαν και βοήθησαν στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, Ιωάννα Παπαδοπούλου, Μποζινάκη Γεωργία, Κατσιγιάννη Θανάση και Κιννή Ευγένιο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία θεωρείται ένα σημαντικό μέσο θεραπείας για την φυσιοθεραπευτική αποκατάσταση των ασθενών και γενικότερα για τον τομέα της Ηλεκτροθεραπείας.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε μία προσπάθεια κατανόησης και διερεύνησης του τρόπου επίδρασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στους βιολογικούς ιστούς. Για να επιτευχθεί αυτό, συγκεντρώθηκαν ευρήματα μέσω ανασκόπησης της βιβλιογραφίας για τον μηχανισμό δράσης του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και ένα μεγάλο δείγμα ερευνών τα οποία συνολικά συνέβαλλαν, έτσι ώστε να γίνει μια λεπτομερειακή σκιαγράφηση των θεραπευτικών αποτελεσμάτων και των αρνητικών επιπτώσεων που η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει.

Κύριος στόχος μέσα από την συλλογή των πληροφοριών αυτών ήταν η προσπάθεια κατανόησης των κινδύνων που μπορούν να προκληθούν από την υπερβολική έκθεση των ιστών σε ακτινοβολία αλλά και η αιτιολόγηση της ανάγκης λήψης κατάλληλων μέτρων προστασίας. Τα μέτρα προστασίας που προτείνονται, θα πρέπει να τηρούνται εξίσου και από τους φυσικοθεραπευτές αλλά και από τους ίδιους τους ασθενείς για την καλύτερη ασφάλεια τους από τις ακτινοβολίες των συσκευών ηλεκτροθεραπείας ενός κέντρου φυσικοθεραπείας αλλά και από τις ακτινοβολίες που υπάρχουν στο περιβάλλον.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....	2
1.1 Ορισμός Ηλεκτροθεραπείας.....	2
1.2 Χαμηλής συχνότητας ρεύματα.....	3
1.2.1 Το Γαλβανικό ρεύμα.....	3
1.2.2 Παλμικά (ερεθιστικά) ρεύματα.....	4
1.2.3 Διαδυναμικά ρεύματα.....	4
1.2.4 Υπερερεθιστικά ρεύματα.....	4
1.2.5 Διαθερμική ηλεκτρική νευροδιέγερση (TENS).....	5
1.3 Μέσης συχνότητας ρεύματα.....	8
1.3.1 Ρεύμα επαλληλίας ή παρεμβαλλόμενο ρεύμα.....	8
1.3.2 Ρεύμα ρωσικής μεθόδου.....	10
1.4 Διαθερμίες.....	10
1.4.1 Διαθερμία βραχέων κυμάτων.....	10
1.4.2 Διαθερμία μικροκυμάτων.....	12
1.4.3 Διαθερμία υπερβραχέων κυμάτων.....	13
1.5 Μαγνητικά πεδία.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΣΤΩΝ.....	16
2.1 Φυσιολογία της κυτταρικής μεμβράνης.....	16
2.1.1 Ηλεκτρικά δυναμικά της κυτταρικής μεμβράνης.....	18
2.2 Η επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος στους ανθρώπινους ιστούς.....	19
2.3 Ηλεκτροδιαγνωστική.....	20
2.4 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός.....	21
2.4.1 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός σε εννευρωμένους μύες.....	23
2.4.2 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός σε απονευρωμένους μύες.....	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ.....26

3.1 Διερεύνηση βιβλιογραφίας.....	26
3.2 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κύτταρο.....	26
3.3 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην αναπαραγωγικότητα.....	26
3.4 Ακτινοθεραπεία και καρκίνος του πνεύμονα.....	28
3.5 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κεντρικό νευρικό σύστημα.....	28
3.6 Μελέτες για την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον οργανισμό των ανθρώπων και άλλων ζώων.....	29
3.7 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο αιμοποιητικό σύστημα και στον μυελό των οστών.....	31
3.8 Η συμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον πολλαπλασιασμό των ανθρώπινων βλαστικών κυττάρων.....	32
3.9 Η επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην θερμοκρασία του τυμπάνου του αυτιού.....	33
3.10 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και της μελατονίνης σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....35

4.1 Οδηγίες προφύλαξης κατά την ηλεκτροθεραπεία.....	35
4.1.1 Χαμηλόσυχνα ρεύματα.....	36
4.1.2 Μέσης συχνότητας ρεύματα.....	38
4.1.3 Ρεύματα υψηλής συχνότητας.....	39
4.1.4 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός.....	40
4.1.5 Μαγνητικά πεδία.....	41
4.2 Οδηγίες προφύλαξης από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.....	41
4.2.1 Κινητό τηλέφωνο.....	43
4.2.2 Κεραίες κινητής τηλεφωνίας.....	46
4.2.3 Ασύρματο ρούτερ (WI-FI ή WLAN).....	48
4.2.4 Ασύρματο τηλέφωνο.....	48
4.2.5 Ηλεκτρικές συσκευές-Φωτισμός.....	48
4.2.6 Πυλώνες, καλώδια και υποσταθμοί ΔΕΗ.....	49
4.2.7 Καλώδια κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Συσκευή ηλεκτροθεραπείας.....	2
ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Αντίληψη του πόνου.....	5
ΕΙΚΟΝΑ 1.3 Συσκευή TENS.....	7
ΕΙΚΟΝΑ 1.4 Θεραπεία με ρεύματα επαλληλίας.....	8
ΕΙΚΟΝΑ 1.5 Διαθερμία βραχέων κυμάτων.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 1.6 Διαθερμία μικροκυμάτων.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 1.7 Συσκευή μαγνητοθεραπείας.....	14

ΚΕΦΑΚΑΙΟ 2

ΕΙΚΟΝΑ 2.1 Πλασματική μεμβράνη.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 2.2 Εφαρμογή ηλεκτροδιαγνωστικής.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 2.3 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός.....	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Κινητό τηλέφωνο.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Hands-free.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Μαγνητικό φίλτρο.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 4.4 Ειδικό φύλλο προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 4.5 Εξωτερική κεραία κινητού.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 4.6 Κεραίες κινητής τηλεφωνίας.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 4.7 Κουρτίνες και αυτοκόλλητη μεμβράνη που εμποδίζουν την ακτινοβολία να διεισδύσει στον χώρο.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 4.8 Μπογιά ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 4.9 Κουνουπιέρες ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 4.10 Ασύρματο ρούτερ.....	48

ΕΙΚΟΝΑ 4.11 Πυλώνες της ΔΕΗ.....	49
-----------------------------------------	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Βασικές βιολογικές αρχές.....	41
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Τύποι ακτινοβολίας και μέτρα προστασίας από αυτό.....	42

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτροθεραπεία θεωρείται ως μία από τις σημαντικότερες μεθόδους της φυσικοθεραπείας. Με την πρόοδο της ιατρικής σήμερα, η ηλεκτροθεραπεία συμβάλλει στην επίλυση ορθοπεδικών και νευρολογικών προβλημάτων και χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς της ιατρικής.

Με τον όρο «ηλεκτροθεραπεία» μπορούμε να αναφερθούμε στην θεραπευτική μέθοδο η οποία χρησιμοποιεί διάφορα μέσα όπως τον ηλεκτρικό ερεθισμό, την διαθερμία, τον υπέρηχο, την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά και διάφορα μέσα κρυοθεραπείας και θερμοθεραπείας για την αντιμετώπιση κάποιας πάθησης.

Η ιστορία του ηλεκτρισμού ξεκίνησε από την αρχαία Ελλάδα όταν ο Θαλής ο Μιλήσιος ανακάλυψε το στοιχείο ήλεκτρον. Το ίδιο παλιά ανακαλύφθηκε και ο μαγνητισμός από το στοιχείο μαγνητίτη. Η ονομασία του ηλεκτρομαγνητισμού δόθηκε από τον Hans Oersted, ο οποίος το 1820 ένωσε αυτά τα δύο στοιχεία σε ένα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ως κλάδος της Φυσικής παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αλλά και η διερεύνηση των επιπτώσεων που μπορεί να έχει στον άνθρωπο αποτελούν σημαντικό αντικείμενο μελέτης.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από διάφορα κινητά τηλέφωνα και άλλες συσκευές έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες σε όλο τον κόσμο ενώ έρευνες διεξάγονται συνεχώς για την μελέτη των επιδράσεων της. Ωστόσο, η συμβολή της ακτινοβολίας στον τομέα της Υγείας είναι σημαντική και καθοριστική για θεραπευτικούς σκοπούς με την προϋπόθεση όμως να τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας για την σωστή χρήση της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ορισμός Ηλεκτροθεραπείας

«Ηλεκτροθεραπεία είναι η εφαρμογή φυσικών μεθόδων, κατά την οποία η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς σκοπούς.» (Φραγκοράπτης, 2008) (εικ. 1.1).



Εικόνα 1.1 Συσκευή ηλεκτροθεραπείας (τροποποιημένο από http://www.medistore.gr/eshop/product.php?id_product=160)

Η ηλεκτροθεραπεία σήμερα χωρίζεται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες. Στο συνεχές ρεύμα ("0" συχνότητα), στα ρεύματα χαμηλής συχνότητας(1Hz-1000Hz), στα ρεύματα μέσης συχνότητας (1000Hz-100kHz) και τέλος στα ρεύματα υψηλής συχνότητας (πάνω από 100kHz). Στην κάθε μια από αυτές τις κύριες κατηγορίες ανήκουν τα διάφορα είδη θεραπευτικών ρευμάτων που χρησιμοποιούνται. Στα χαμηλόσυχνα ρεύματα ανήκουν το γαλβανικό (συνεχές) ρεύμα, τα ερεθιστικά (παλμικά) ρεύματα, τα παλμικά διεγερτικά του νευρομυϊκού συστήματος, τα διαδυναμικά ρεύματα, τα παλμικά ανασταλτικά, και τα TENS (Φραγκοράπτης, 2008).

Ενώ στα ρεύματα μέσης συχνότητας ανήκουν τα παρεμβαλλόμενα ή διασταυρούμενα ηλεκτρικά ρεύματα και τα ρεύματα "Ρώσικης μεθόδου" (Watson, 2008).

Τέλος, στα υψίσυχνα ρεύματα περιλαμβάνονται η διαθερμία βραχέων κυμάτων και η διαθερμία μικροκυμάτων (Watson, 2008).

1.2 Χαμηλής συχνότητας ρεύματα

Τα ρεύματα χαμηλής συχνότητας χωρίζονται σε συνεχή και σε εναλλασσόμενα. Επίσης με την σειρά τους τα συνεχή ρεύματα χωρίζονται σε Αμιγώς συνεχή (ή Γαλβανικά) και σε Διακοπτόμενα (ή παλμικά συνεχή). Τα Αμιγώς συνεχή ρεύματα έχουν σταθερή φορά ροής ρεύματος, σταθερή ένταση και σταθερή πολικότητα, ενώ τα διακοπτόμενα ρεύματα έχουν σταθερή φορά ροής ρεύματος, περιοδικές διακοπές του ρεύματος και σταθερή πολικότητα. Αντιθέτως, τα εναλλασσόμενα ηλεκτρικά ρεύματα έχουν εναλλαγή πόρας ροής ρεύματος, περιοδικά μεταβαλλόμενη ένταση με θετική και αρνητική φάση και εναλλαγή πολικότητας (Watson, 2008).

Με άλλα λόγια, το συνεχές ρεύμα κινείται συνεχώς προς μια κατεύθυνση, ενώ το εναλλασσόμενο ρεύμα κινείται και στις δυο κατευθύνσεις. Από την άλλη πλευρά, στο παλμικό (διακοπτόμενο) ρεύμα η κίνηση του προς μια ή δυο κατευθύνσεις διακόπτεται περιοδικά. Δηλαδή υπάρχει παλμός (Robertson et al, 2011).

1.2.1 Το Γαλβανικό ρεύμα

Το γαλβανικό είναι σταθερό συνεχές χαμηλής συχνότητας ρεύμα. Η κύρια χρησιμότητα του είναι η ιοντοφόρηση, δηλαδή η μεταφορά ιόντων στο σώμα μέσω του δέρματος, ενώ δεν εφαρμόζεται για νευρικό ερεθισμό (Robertson et al., 2011).

Χρησιμοποιείται ευρέως στην φυσικοθεραπεία για τις επιδράσεις του στο ανθρώπινο σώμα, οι οποίες είναι η ηλεκτρολυτική, η ηλεκτροτονική και η ιοντοφορητική. Το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης προκαλεί υπεραιμία τοπικά στην περιοχή επαφής των ηλεκτροδίων, εξαιτίας της αγγειοδιαστολής και έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της περιοχής κατά 1-2 C. Η υπεραιμία είναι πολύ σημαντική κατά την θεραπεία γιατί προκαλεί με την σειρά της αύξηση του μεταβολισμού των ιστών, βέλτιστη αντιμετώπιση των οιδημάτων και καλύτερη τροφικότητα των ιστών (Φραγκοράπτης, 2008).

Με το φαινόμενο του ηλεκτρότονου μπορεί να επιτευχθεί μείωση του πόνου στην περιοχή που τοποθετείται το θετικό ηλεκτρόδιο. Επίσης, όταν αυξηθεί απότομα η ένταση του γαλβανικού ρεύματος, στην περιοχή του ηλεκτροδίου της καθόδου, δεν προκαλείται μυϊκή συστολή όμως μεταβάλλεται ο μυϊκός τόνος (Φραγκοράπτης, 2008).

Ιοντοφορά

Τέλος, με την χρήση του γαλβανικού ρεύματος, το οποίο όπως προαναφέρθηκε είναι συνεχές, μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική της ιοντοφόρησης. Η τεχνική αυτή είναι η μεταφορά ιόντων κάποιων φαρμάκων, διαμέσω του δέρματος στο ανθρώπινο σώμα (Γιόκαρης, 2007).

Για να επιτευχθεί αυτό, το φάρμακο τοποθετείται στο ένα από τα δυο αντίθετα φορτισμένα ηλεκτρόδια (στο ενεργό) ανάλογα με την σύσταση που έχει. Αν τα ιόντα του φαρμάκου είναι θετικά φορτισμένα (δηλαδή έχουν χαμηλό pH) τότε το φάρμακο τοποθετείται στο ηλεκτρόδιο της ανόδου ενώ αν είναι αρνητικά φορτισμένα (υψηλό pH) τοποθετείται σε αυτό της καθόδου, και με την βοήθεια της ροής του ρεύματος ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια εισέρχεται στο σώμα (Robertson et al., 2011).

Τα ιόντα του φαρμάκου εισέρχονται αρχικά στους πόρους του ιδρώτα ή στους θύλακες των τριχών και στην συνέχεια μεταφέρονται με την κυκλοφορία του αίματος στους πάσχοντες ιστούς, με το πλεονέκτημα ότι δεν θα χρειαστεί να τραυματιστεί το δέρμα με ένεση ή να

επιβαρυνθεί το γαστρεντερικό σύστημα με την πέψη του φαρμάκου αν αυτό είναι καταπνόμενο (Γιόκαρης, 2007).

1.2.2 Παλμικά (ερεθιστικά) ρεύματα

Τα παλμικά (ερεθιστικά) ρεύματα χρησιμοποιούνται με συγκεκριμένες μορφές παλμοσειρών, για την διέγερση ή την καταστολή των νευρικών ή μυϊκών ινών. Μέσω της συγκεκριμένης κατηγορίας ρευμάτων μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη λειτουργική ικανότητα με την διέγερση των νευρομυϊκών ινών αλλά και την αναστολή διαφόρων παθολογικών συμπτωμάτων, μέσω της αναλγησίας και της μυοχαλάρωσης (Φραγκοράπτης, 2008).

Οι μορφές των παλμών που χρησιμοποιούνται συχνότερα στα παλμικά ρεύματα είναι ο τετραγωνικός (ορθογώνιος) παλμός και ο τριγωνικός (εκθετικός) παλμός. Ο τετραγωνικός παλμός χρησιμοποιείται στην ηλεκτροδιαγνωστική για την ανεύρεση της χρονόβασης, της ρεόβασης και της χροναξίας των νευρομυϊκών ινών, για την αξιολόγηση του μυός και όταν ο στόχος είναι η αναλγησία (Φραγκοράπτης, 2008).

Ο τριγωνικός παλμός από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιείται στην ηλεκτροδιαγνωστική για τον έλεγχο της προσαρμοστικότητας του μυός, στην καταστολή του νευροφυτικού και στην ηλεκτροδιέγερση για την επίτευξη σύσπασης ενός εκφυλισμένου μυός (Φραγκοράπτης, 2008).

1.2.3 Διαδυναμικά ρεύματα

Τα Διαδυναμικά είναι παλμικά συνεχή ρεύματα με ημιτονοειδή κυματομορφή τα οποία χρησιμοποιούνται αναμειγμένα με το γαλβανικό ρεύμα για την ύφεση των συμπτωμάτων (Φραγκοράπτης, 2008). Η συχνότητα που επιλέγεται από τους περισσότερους θεραπευτές είναι 50Hz, ενώ αναφέρεται ότι είναι ενοχλητικό (Robertson et al., 2011).

Η κυρία χρησιμότητα τους είναι η αναλγησία, αλλά σε μικρότερο βαθμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την μείωση του μυϊκού σπασμού, την απορρόφηση των οιδημάτων και την υπεραιμία. Τα ρεύματα αυτά χωρίζονται σε πέντε μορφές: την μονοφασική(MF=50Hz), την διφασική(DF=100Hz), την CP(=50/100Hz ανά 1 sec), την LP(=50/100Hz ανά 10 και 5 sec) και την RS(=0/50Hz ανά 1και 1 sec) (Φραγκοράπτης, 2008).

Η μονοφασική μορφή χρησιμοποιείται για την πρόκληση μυϊκών συσπάσεων και για την μείωση του μυϊκού σπασμού ενώ η διφασική μορφή κυρίως για την αναλγητική και την μυοχαλαρωτική της δράση. Η μορφή CP εφαρμόζεται για τους ίδιους λόγους με αυτούς της διφασικής μορφής, αλλά μπορεί να προσφέρει επιπλέον και αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος, όπως και η μορφή LP (Γιόκαρης, 2007).

1.2.4 Υπερερεθιστικά ρεύματα

Μια άλλη κατηγορία ρευμάτων χαμηλής συχνότητας είναι τα υπερερεθιστικά ρεύματα ή ρεύματα ηλεκτρομάλαξης που ονομάζονται εναλλακτικά, λόγω των ευεργετικών αποτελεσμάτων τους στο ανθρώπινο σώμα που μοιάζουν με αυτά της κλασικής μάλαξης. Τα ρεύματα αυτά έχουν τετραγωνική μορφή, χρόνο παλμού 2msec, χρόνο παύσης 5msec και συχνότητα 143Hz (Φραγκοράπτης, 2008).

Προκαλούν αγγειοδιαστολή, αλλαγές στον μυϊκό τόνο, αύξηση του μεταβολισμού των ιστών και μείωση του πόνου. Για την ελάττωση του πόνου με τα υπερερεθιστικά ρεύματα εκμεταλλευόμαστε το "φαινόμενο της επικάλυψης". «Το φαινόμενο αυτό εκμεταλλεύεται ότι όταν οι παλμοί του ρεύματος φθάνουν στην περιοχή ζεύξεως με την οδό του πόνου, προκαλούν στο επίπεδο του Νωτιαίου μυελού την ελάττωση ή και την αναστολή των ερεθισμάτων του πόνου» (Φραγκοράπτης, 2008).

1.2.5 Διαδερμική ηλεκτρική νευροδιέγερση (TENS)

ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

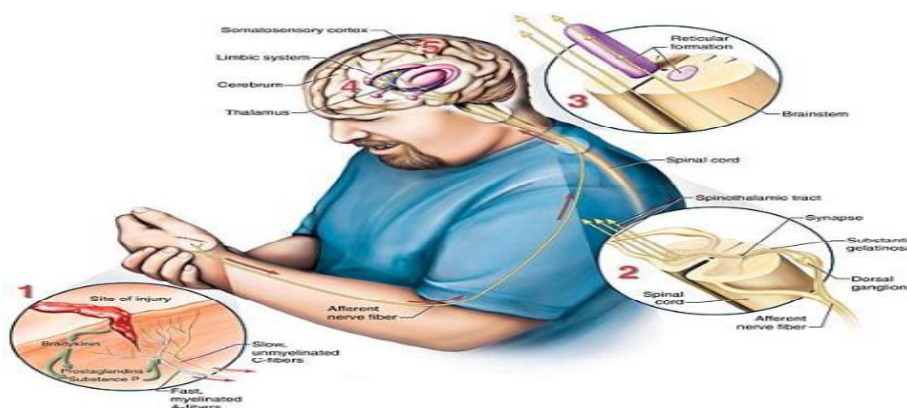
Μια αποτελεσματική και αναλγητική μέθοδος για την αντιμετώπιση του πόνου είναι ο αισθητικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός (Watson,2011).

Χαρακτηριστικό στοιχείο του πόνου είναι το αίσθημα του επώδυνου ερεθίσματος που προκαλεί. Αιτίες πόνου μπορούν να αποτελούν ενοχλητικά ερεθίσματα από διάφορους μηχανικούς, χημικούς και θερμικούς παράγοντες καθώς και από ουσίες όπως η ακετυλοχολίνη, η βραδυκίνη, τα ιόντα καλίου ή υδρογόνου και η ουσία «P» που εκκρίνονται από τους ιστούς που έχουν προσβληθεί (Φραγκοράπτης,2008). Ο ορισμός του πόνου είναι περίπλοκος καθώς η περιγραφή της φύσης του ποικίλλει από άτομο σε άτομο και σχετίζεται με διάφορες συναισθηματικές καταστάσεις (Robertson et al, 2011).

Ο πόνος μπορεί να διαιρεθεί σε διάφορες κατηγορίες και κυρίως στον σωματικό πόνο ο οποίος μπορεί να εμφανιστεί ως επιφανειακός ή βαθύς και στον σπλαχνικό πόνο ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί ως έντονος οξύς ή αντανακλώμενος (Φραγκοράπτης,2008). Άλλες κατηγορίες πόνου είναι ο νευρογενής πόνος στους οποίους το ερέθισμα ποικίλλει ανάμεσα στους ανθρώπους και περιγράφεται διαφορετικά (Φραγκοράπτης,2008).

ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΠΟΝΟΥ

Είναι οι ελεύθερες νευρικές απολήξεις οι οποίες βρίσκονται σε όλο το ανθρώπινο σώμα και μεταφέρουν ερεθίσματα μέσω ώσεων στο επίπεδο του ΚΝΣ και σε περιοχές που είναι υπεύθυνες για την αντίληψη του πόνου (Watson, 2008) (εικ 1.2).



Εικόνα 1.2 Αντίληψη του πόνου (τροποποιημένο από <http://eclass.teipat.gr/eclass/modules/document/document.php?course=616111>)

Οι αισθητικές οδοί του πόνου είναι:

1) Οι Αδνευρικές ίνες οι οποίες ενεργοποιούνται σε ερεθίσματα μικρής έντασης τα οποία και μεταφέρουν με μεγάλη ταχύτητα. Μεταφέρουν τον οξύ, «γρήγορο» και έντονο πόνο.

2) Οι αμύελλες C νευρικές ίνες οι οποίες ενεργοποιούνται σε ερεθίσματα μεγάλης έντασης τα οποία μεταφέρουν με μικρή ταχύτητα. Οι ίνες αυτές μεταφέρουν τον βαθύ, «αργό» και διάχυτο πόνο (Robertson et al., 2011).

ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ

1) Η θεωρία του προτύπου είναι η θεωρία η οποία υποστηρίζει ότι ο πόνος προκαλείται από ένα σύνολο ερεθισμάτων τα οποία μεταφέρονται στο ΚΝΣ όπου και ταξινομούνται (Φραγκοράπτης, 2008).

2) Η θεωρία της εξειδίκευσης είναι η θεωρία που συνδυάζεται μαζί με την θεωρία της πύλης ελέγχου και η οποία υποστηρίζει ότι ο πόνος αποτελεί μια αίσθηση του ανθρώπινου σώματος (Φραγκοράπτης, 2008).

3) Θεωρία της «πύλης ελέγχου»:

Οι Ronald Melzack και Patrick Wall το 1965 υποστήριξαν ότι υπάρχει μια πύλη στο οπίσθιο κέρασ του νωτιαίου μυελού που ονομάζεται πηκτωματώδης ουσία και στην οποία μεταφέρονται τα ερεθίσματα μέσω των αισθητικών οδών. Η πύλη αυτή αποτελεί ένα σημαντικό σύστημα που έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται τα ερεθίσματα του πόνου πριν αυτά μεταδοθούν στον εγκέφαλο. Όταν ώσεις από τις μεγάλες εμύελες ίνες Αα, Αβ, Αγ φτάσουν στην πύλη, αυτή έχει την τάση να «κλείνει». Στα ερεθίσματα όμως, τα οποία μεταφέρονται από τις μικρές αμύελλες ίνες Αδ και C, η πύλη «ανοίγει» με αποτέλεσμα να μεταφέρεται το αίσθημα του πόνου στον εγκέφαλο (Robertson et al., 2011).

Βασισμένη στη θεωρία της «πύλης ελέγχου» είναι η χρήση της ηλεκτρικής νευροδιέγερσης (TENS) που έχει σαν στόχο την ενεργοποίηση των μεγάλων αισθητικών ιών Αβ που μεταφέρουν τα ερεθίσματα της αφής, της δόνησης και της πίεσης. Με αυτόν τον τρόπο "κλείνει" η πύλη ελέγχου του πόνου, με αποτέλεσμα διάφορα επώδυνα ερεθίσματα που προέρχονται από τις μικρές αμύελλες ίνες Αδ και C, να μην γίνονται πλέον αντιληπτά αφού δεν μεταφέρονται στο κέντρο αντίληψης του πόνου (Φραγκοράπτης, 2008).

Υπάρχουν τρεις μορφές TENS που χρησιμοποιούνται συχνότερα:

α) η μορφή του συμβατικού TENS ή κλασική μορφή

β) η μορφή του ηλεκτροβελονισμού και

γ) το έντονο TENS (Watson, 2008) (εικ. 1.3).



Εικόνα 1.3 Συσκευή TENS (τροποποιημένο από <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TENS.jpg>)

Συμβατικό TENS

Το συμβατικό TENS έχει υψηλή συχνότητα, χαμηλή ένταση και διάρκεια παλμού 50-500μs. Στοχεύει στον ερεθισμό των Αβ μεγάλης διαμέτρου ινών, χωρίς να ενεργοποιούνται οι ίνες μικρής διαμέτρου Αδ και C που σχετίζονται με τον πόνο. Οι Αβ ίνες έχουν μικρή χροναξία σε αντίθεση με τις Αδ και C που έχουν μεγάλη. Οπότε οι Αβ ίνες παράγουν με την βοήθεια ρευμάτων υψηλής συχνότητας νευρικές ώσεις με υψηλή συχνότητα και μεταφέρουν περισσότερες αισθητικές πληροφορίες στον εγκέφαλο. Έχει αναφερθεί ότι όταν ερεθίζονται οι Αβ νευρικές ίνες σταματούν να μεταφέρονται τα επώδυνα ερεθίσματα στον νωτιαίο μυελό και κατά συνέπεια κεντρικά (Watson, 2008).

Βελονιστικού τύπου TENS

Τα TENS Βελονιστικού τύπου έχουν χαμηλή συχνότητα και υψηλή ένταση. Σκοπός τους είναι η πρόκληση έντονων μυϊκών συστολών χωρίς όμως να προκαλείται πόνος. Οι συστολές αυτές ερεθίζουν τις μυϊκές κεντρομόλες ίνες μικρής διαμέτρου με αποτέλεσμα την έκκριση ενδογενών οπιοειδών ουσιών και την εξάλειψη του πόνου (Watson, 2008).

Έντονο TENS

Το έντονο TENS έχει υψηλή συχνότητα και ένταση στα όρια ανοχής. Σκοπός του είναι ο ερεθισμός των Αδ ινών έτσι ώστε να σταματήσει η μετάδοση της αίσθησης του πόνου στα περιφερικά νεύρα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σύντομο χρονικό διάστημα όπως στην αφαίρεση ραμμάτων, στην περίδεση τραυμάτων και σε χειρουργικές επεμβάσεις μικρής διάρκειας (Watson, 2008).

Η κλασική μορφή TENS χρησιμοποιείται συχνότερα από ότι ο ηλεκτροβελονισμός γιατί είναι πιο αποτελεσματική στην καταπολέμηση του πόνου. Η μορφή του ηλεκτροβελονισμού επιλέγεται όταν η θεραπεία με την κλασική μορφή έχει αποτύχει. Τέλος, οι δυο μορφές μπορούν να εφαρμοστούν ταυτόχρονα όταν ο υπάρχων πόνος είναι βαθύς και ακαθόριστος, χρόνιος και δεν αντιμετωπίζεται εύκολα (Γιόκαρης, 2007).

Τρόποι εφαρμογής

Οι τεχνικές τοποθέτησης των ηλεκτροδίων που επιλέγονται συνήθως έτσι ώστε η θεραπεία να είναι αποτελεσματική είναι η περιοχή που πονάει, παρασπονδυλικά, πάνω στα Trigger points

ή στα σημεία βελονισμού, στα νευρικά γάγγλια και τέλος, κατά μήκος κάποιου νεύρου (Φραγκοράπτης, 2008).

Τα TENS ενδείκνυνται για κάθε είδος πόνου μυοσκελετικού, αγγειακού ή νευρολογικού τύπου καθώς και για την ανακούφιση μετεγχειρητικά (Φραγκοράπτης, 2008). Επίσης, από νέες έρευνες φαίνεται ότι έχει αποτέλεσμα και ως αντισπασμωδικό, στην θεραπεία της ακράτειας, στην αντιμετώπιση της αιματικής ροής σε πληγές και στην άνοια (Watson, 2008).

1.3 Μέσης συχνότητας ρεύματα

Τα ρεύματα μέσης συχνότητας είναι εναλλασσόμενα με συχνότητα 1-100kHz. Λόγο της συχνότητας τους αυτής η οποία είναι σχετικά μεγάλη, θεωρούνται ανεκτά από τους ασθενείς σε αντίθεση με τα ρεύματα χαμηλής συχνότητας. Επίσης, αφού η πολικότητα τους εναλλάσσεται διαρκώς δεν υπάρχει ο φόβος πρόκλησης εγκαυμάτων (Φραγκοράπτης, 2008).

Αν και η αναλγητική τους δράση δεν έχει εξηγηθεί πλήρως, θεωρείται ότι είναι αποτέλεσμα του αποκλεισμού της ουδού του πόνου. Αυτό συμβαίνει επειδή το δυναμικό της κυτταρικής μεμβράνης κρατείται σε υψηλότερο επίπεδο λόγω της μεγάλης συχνότητας των ρευμάτων αυτών. Αυτό ονομάστηκε από τον Wyss "φαινόμενο του πλατώ" και κατά την διάρκεια του παρατηρείται μια συνεχής εκπόλωση της νευρικής ίνας που επιφέρει τον αποκλεισμό της μεταφοράς του αισθήματος του πόνου στα νεύρα και την έκκριση ενδορφινών στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Φραγκοράπτης, 2008).

Στα ρεύματα μέσης συχνότητας ανήκουν το ρεύμα επαλληλίας (ή παρεμβαλλόμενο ρεύμα) και τα ρεύματα Ρωσικής μεθόδου.

1.3.1 Ρεύμα επαλληλίας ή παρεμβαλλόμενο ρεύμα

Το παρεμβαλλόμενο ρεύμα είναι ένα ρεύμα χαμηλής συχνότητας και ημιτονοειδούς μορφής που χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς λόγους και είναι αποτέλεσμα συνδυασμού δύο ημιτονοειδών ρευμάτων μέσης συχνότητας (Γιόκαρης, 2007) (εικ.1.4).



Εικόνα 1.4 Θεραπεία με ρεύματα επαλληλίας (τροποποιημένο από <http://www.fysioiasis.gr/exoplismos.html>)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ:

I) Αθροιστική υπέρθεση

Το ρεύμα που προκύπτει από το συνδυασμό δύο ρευμάτων ίδιας φάσης και συχνότητας θα έχει ως ένταση το άθροισμα των εντάσεων των δύο ρευμάτων (Φραγκοράπτης, 2008).

II) Αφαιρετική υπέρθεση

Το ρεύμα που προκύπτει από τον συνδυασμό δύο ρευμάτων ίδιας συχνότητας και διαφορετικής έντασης θα έχει ως ένταση την διαφορά των εντάσεων των δύο ρευμάτων (Φραγκοράπτης, 2008).

III) Επαλληλία

Όταν δύο ρεύματα που έχουν την ίδια ένταση αλλά διαφορετική συχνότητα επιδράσουν μαζί, προκύπτει το φαινόμενο της άθροισης, της αφαίρεσης και της φθίνουσας υπέρθεσης μεταξύ τους, και με αυτό τον τρόπο δημιουργείται το παρεμβαλλόμενο ρεύμα (Φραγκοράπτης, 2008).

ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ ΠΑΡΕΜΒΑΛΛΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ:

Υπάρχουν δύο ειδών ηλεκτρόδια τα οποία μπορεί να είναι είτε πλακοειδή ή ηλεκτρόδια με βεντούζες (Γιόκαρης, 2007). Η εφαρμογή τους στους ιστούς μπορεί να επιτευχθεί με:

- α) διπολική μέθοδο
- β) τριπολική μέθοδο
- γ) τετραπολική μέθοδο (Φραγκοράπτης, 2008).

ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ:

Η μέση συχνότητα που χρησιμοποιείται για το παρεμβαλλόμενο ρεύμα είναι 4000Hz (Watson, 2008). Οι συχνότητες από 50-100Hz επιφέρουν ένα σημαντικό αναλγητικό αποτέλεσμα στους ιστούς. Μεγαλύτερες συχνότητες κυρίως έως 250 Hz έχουν σαν στόχο την πρόκληση υπεραιμίας σε περιπτώσεις αγγειοσπασμού (Φραγκοράπτης, 2008).

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΛΛΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ:

- 1) Είναι κατάλληλο για την θεραπεία των εν τω βάθει ιστών
- 2) Βελτιώνει την κυκλοφορία του αίματος και της λέμφου στους ιστούς
- 3) Πρόκληση αισθητικού και μυϊκού ερεθισμού
- 4) Έχει αναλγητική επίδραση στους ιστούς εφόσον συντελεί στην μείωση της φλεγμονής, του πόνου και του μυϊκού σπασμού
- 5) Ενισχύει τους μηχανισμούς επούλωσης σε τραυματισμούς (Γιόκαρης, 2007).

1.3.2 Ρεύμα Ρώσικης μεθόδου

Το Ρώσικο είναι εναλλασσόμενο, ημιτονοειδές διακοπτόμενο ρεύμα με συχνότητα 1600-2500Hz (Γιόκαρης, 2007). Εφευρέθηκε από έναν Ρώσο επιστήμονα τον Kots (Robertson et al, 2011).

Έχει διάρκεια παλμού 10msec και διάρκεια παύσης μεταξύ των παλμών επίσης 10msec. Η συχνότητα των παλμών στο δευτερόλεπτο είναι 50 έτσι ώστε να προκαλείται τετανική συστολή. Η διάρκεια της παλμοσειράς που χρησιμοποιείται για κάθε τετανική σύσπαση είναι 10sec, με χρόνο χαλάρωσης του μυός 50sec. Σε κάθε θεραπεία στόχος είναι η επίτευξη 10 τετανικών συσπάσεων. Γι αυτόν τον λόγο η τεχνική αυτή ονομάστηκε 10/50/10, επειδή έχει 10sec σύσπαση, 50sec χαλάρωση και 10 συσπάσεις ανά συνέδρια (Γιόκαρης, 2007).

Για να εμφανιστεί μια τετανική συστολή θα πρέπει η ένταση του ρεύματος να είναι τόσο δυνατή ώστε να φτάνει στα όρια του πόνου και να συσπαστούν όλες οι διαθέσιμες μυϊκές ίνες. Με την μέθοδο αυτή οι μυϊκές συσπάσεις που παράγονται δεν είναι εντελώς παθητικές από το ρεύμα, άλλα ζητείται από τον ασθενή να "δώσει" μια μέγιστη προσπάθεια σύσπασης του μυός την ίδια ώρα που του εφαρμόζεται το ρεύμα (Γιόκαρης, 2007).

Τέλος, το Ρώσικο ρεύμα χρησιμοποιείται για την μυϊκή συστολή και για την αύξηση της δύναμης των μυών στους οποίους εφαρμόζεται (Robertson et al., 2011). Ενώ μπορεί να εφαρμοστεί και σε φυσιολογικά εννευρωμένους μυς αλλά και σε φυσιολογικά εννευρωμένους ατροφικούς μυς (Γιόκαρης, 2007).

1.4 Διαθερμίες

Διαθερμία είναι η θεραπευτική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εν τω βάθει θέρμανση των ιστών μέσω ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων τα οποία συνδυάζονται με υψηλές συχνότητες (Robertson et al., 2011).

Οι διαθερμίες διακρίνονται σε:

Διαθερμίες μικροκυμάτων. Με την μέθοδο αυτή έχουμε την μετατροπή της υψίσυχνης ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα με απευθείας επαφή των ηλεκτροδίων στο σώμα.

Διαθερμίες βραχέων κυμάτων. Η μέση συχνότητα λειτουργίας των διαθερμιών αυτών κυμαίνεται σε 27,12 και ο τρόπος εφαρμογής τους επιτυγχάνεται με την μέθοδο του πεδίου πηνίου και με την μέθοδο του πεδίου πυκνωτή (Φραγκοράπτης, 2008).

1.4.1 Διαθερμία βραχέων κυμάτων

Μέθοδος πεδίου-πυκνωτή

Η μέθοδος πεδίου πυκνωτή αποτελείται από μια συσκευή παραγωγής βραχέων κυμάτων και δυο μεταλλικές πλάκες οι οποίες καλύπτονται με ένα πλαστικό περίβλημα. Κάθε μεταλλική πλάκα διαθέτει μεταλλικά ηλεκτρόδια τα οποία ονομάζονται χωρητικά ηλεκτρόδια και ρυθμίζονται στην επιφάνεια του σώματος με την βοήθεια ειδικών βραχιόνων (Robertson et al., 2011). Οι μεταλλικές αυτές πλάκες τοποθετούνται στο ανθρώπινο σώμα σε σχετικά μικρή απόσταση από αυτό για την αποφυγή υπερθέρμανσης. Το ανθρώπινο σώμα χρησιμοποιείται σαν «διηλεκτρικό μέσο» μεταξύ των δυο μεταλλικών πλακών οι οποίες εκμεταλλεύονται

τις συγκρούσεις μορίων των ιστών που ακτινοβολούν για να παράγουν θερμότητα (Γιόκαρης, 2007).

Με την μέθοδο του πεδίου πυκνωτή παράγεται μεγαλύτερο ηλεκτρικό πεδίο και λιγότερο μαγνητικό. Επίσης η μέθοδος του πυκνωτή χρησιμοποιεί την τεχνική της χωρητικής σύζευξης σύμφωνα με την οποία, η ένταση του πεδίου στην κεντρική επιφάνεια του πεδίου είναι μεγαλύτερη λόγω της αυξημένης πυκνότητας των γραμμών και ελαττωμένη στην περιφέρεια (Watson, 2008).

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΕΝ ΤΩ ΒΑΘΕΙ ΙΣΤΟΥΣ:

Η κατανομή της ενέργειας που εκπέμπουν οι διαθερμίες από τους ιστούς εξαρτάται από:

- 1) Τον Τρόπο εφαρμογής των διαθερμιών. Γενικά, όταν η απόσταση της μεταλλικής πλάκας από την ακτινοβολούσα περιοχή είναι μικρή, τόσο καλύτερα θα είναι τα θερμικά αποτελέσματα στους εν τω βάθει ιστούς λόγω της μικρής απώλειας διαθλασμένης ενέργειας. Επίσης σημαντικό είναι να αποφευχθεί η υπερβολική συγκέντρωση της πλάκας στην υπό θεραπεία περιοχή επειδή υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης (Robertson et al., 2011).
- 2) Το στρώμα λίπους του ανθρώπινου ιστού. Όταν το στρώμα του λίπους είναι μεγάλο, η θερμότητα που παράγεται από την διαθερμία δεν εισχωρεί αρκετά στους εν τω βάθει ιστούς, ενώ ο υποδόριος ιστός θερμαίνεται περισσότερο (Γιόκαρης, 2007).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ:

Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων μπορεί να επιτευχθεί:

1. Με την χρήση ηλεκτροδίων παρόμοιου ή διαφορετικού μεγέθους
2. Με την παράλληλη τοποθέτηση του σώματος προς τα ηλεκτρόδια
3. Με την εν σειρά τοποθέτηση του σώματος προς τα ηλεκτρόδια (Γιόκαρης, 2007).

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι η απόσταση των ηλεκτροδίων από το σώμα πρέπει να είναι περίπου 3-4cm και ότι σε διαφορετικού μεγέθους ηλεκτρόδια μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας θα παρατηρηθεί στο μικρότερο ηλεκτρόδιο. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος εφαρμογής ηλεκτροδίων είναι σε παράλληλη τοποθέτηση καθώς επιτυγχάνεται εν τω βάθει θέρμανση στους ιστούς σε μεγάλο βαθμό (Robertson et al., 2011).

Επίσης αν μεταβάλουμε την απόσταση των ηλεκτροδίων από το σώμα, μεγαλύτερη συγκέντρωση θερμότητας θα παρατηρηθεί στο ηλεκτρόδιο που βρίσκεται πιο κοντά στον ανθρώπινο ιστό (Φραγκοράπτης, 2008).

Μέθοδος πεδίου-πηνίου

Η μέθοδος αυτή αποτελείται από ένα επαγωγικό καλώδιο μήκους 3,5m και ηλεκτρόδια διαφορετικού μεγέθους μεταξύ τους τύπου MONODE, DIPLODE ή CIRCUPLODE (Φραγκοράπτης, 2008). Η μέθοδος του πεδίου πηνίου χρησιμοποιεί την τεχνική της επαγωγής κατά την οποία τα ηλεκτρόδια εκπέμπουν μεγαλύτερο μαγνητικό πεδίο από ότι ηλεκτρικό (Watson, 2008). Με την μέθοδο της επαγωγής επιτυγχάνεται σημαντική θέρμανση των επιπολείς μών ενώ βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι διεισδύει λιγότερο στους εν τω βάθει ιστούς (Robertson et al., 2011).

Κατά την εφαρμογή τους τα ηλεκτρόδια τυλίγονται περιφερικά γύρω από τα άκρα του σώματος όπου δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με αποτέλεσμα το ρεύμα διαχέεται στους ιστούς κυκλικά (Robertson et al., 2011).

Η επιφάνεια των ηλεκτροδίων πρέπει να προφυλάσσεται με κάποιο απορροφητικό υλικό λόγω της άμεσης επαφής με το ανθρώπινο σώμα. Τελικός στόχος της μεθόδου του πηνίου είναι η θεραπεία μεγάλων επιφανειών του ανθρώπινου σώματος (Φραγκοράπτης,2008) (εικ. 1.5).



Εικόνα 1.5 Διαθερμία βραχέων κυμάτων (τροποποιημένο από <http://www.promed.gr/diathermies-physikotherapeias/224-diathermia-braxewn-kymatwn-thermo-500.html>)

1.4.2 Διαθερμία μικροκυμάτων

«Διαθερμία μικροκυμάτων χαρακτηρίζεται η θεραπευτική χρήση των ΥΣ ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με μήκος κύματος 12,5cm και συχνότητα 2450MHz» (Φραγκοράπτης,2008) (εικ. 1.6).



Εικόνα 1.6 Διαθερμία μικροκυμάτων (τροποποιημένο από <http://www.promed.gr/diathermies-physikotherapeias/226-diathermia-mikrokimatwn-rt-digital.html>)

Αποτελείται από μια ειδική γεννήτρια την Magnetron η οποία τροφοδοτείται από έναν ειδικό ανακλαστήρα μέσω μιας κεραίας. Η συσκευή αυτή παράγει υψίσυχνο εναλλασσόμενο ρεύμα κυκλικής μορφής. Η ενδεδειγμένη συχνότητα των μικροκυμάτων είναι 2450MHz (Robertson et al,2011).Οι διαθερμίες μικροκυμάτων δεν έχουν τον ίδιο βάθος διείσδυσης όπως οι διαθερμίες βραχέων κυμάτων στους ιστούς του σώματος ενώ αποτυγχάνουν να διεισδύσουν βαθύτερα στο ανθρώπινο σώμα (Watson, 2008). Με τα μικροκύματα εφαρμόζεται καλύτερη θέρμανση του μυϊκού ιστού και λιγότερη στα οστά και το λίπος (Robertson et al., 2011).

1.4.3 Διαθερμίες υπερβραχέων κυμάτων

Η διαθερμία υπερβραχέων κυμάτων αποτελείται από ένα είδος γεννήτριας κυκλικής μορφής με ισχύ 200Watt και τρία είδη ακτινοβόλων οι οποίοι είναι ο κοίλος, ο διαμήκης και ο στρογγύλος. Η συχνότητα που εκπέμπει είναι συνήθως στα 433,92MHZ και η απόσταση των ακτινοβόλων από το σώμα πρέπει να είναι στα 5-10cm. Η διαθερμία υπερβραχέων κυμάτων εκπέμπει ακτινοβολία που διαπερνά τον λιπώδη ιστό και το δέρμα με αποτέλεσμα να γίνεται μια μικρότερη επίδραση στους ιστούς αυτούς όσον αφορά την κατανομή θερμότητας (Φραγκοράπτης, 2008).

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΔΙΑΘΕΡΜΙΩΝ:

- 1) Αγκυλοποιητική σπονδυλαρθρίτιδα
- 2) Κακώσεις συνδέσμων (Γιόκαρης, 2007).
- 3) Δύσκαμπτες αρθρώσεις
- 4) Γυναικολογικές παθήσεις
- 5) Παθήσεις οφθαλμών
- 6) Παθήσεις δέρματος, νεφρών και αγγείων
- 7) Παθήσεις περιφερικών νεύρων
- 8) Παθήσεις μυών
- 9) Ορογονοθυλακίτιδα
- 10)Χρόνιες, μετατραυματικές και εκφυλιστικές αρθροπάθειες (Φραγκοράπτης, 2008).

ΟΦΕΛΗ ΔΙΑΘΕΡΜΙΩΝ:

- 1) Αύξηση τοπικής αιμάτωσης και κυκλοφορίας
- 2) Μείωση μυϊκού σπασμού και αναλγησία
- 3) Αύξηση του μεταβολισμού
- 4) Αύξηση θερμοκρασίας των ιστών
- 5)Ενεργοποίηση του μηχανισμού άμυνας για την αντιμετώπιση φλεγμονής κάποιου σημείου του σώματος

- 6) Θετικές επιδράσεις στον κολλαγόνο ιστό
- 7) Μυϊκή χαλάρωση και αναλγησία
- 8) Καταπολέμηση δυσκαμψίας των αρθρώσεων (Watson, 2008).

1.5 Μαγνητικά πεδία

Η θεραπεία με την χρήση μαγνητών είναι η μέθοδος που εκμεταλλεύεται τις θεραπευτικές ιδιότητες του μαγνητικού πεδίου, το οποίο δημιουργείται με τις κατάλληλες συσκευές. Το μαγνητικό πεδίο επιδρά άμεσα στο αρνητικό φορτίο των ιστών και στην ανταλλαγή ιόντων νατρίου-καλίου δια μέσω των τοιχωμάτων της κυτταρικής μεμβράνης(Watson, 2008) (εικ. 1.7).



Εικόνα 1.7 Συσκευή μαγνητοθεραπείας (τροποποιημένο από <http://www.asalaser.eu/Greece/product-detail/?pid=74&parent=373>)

Επομένως εμφανίζονται τα εξής θεραπευτικά αποτελέσματα:

- i) Σημαντικές επιδράσεις στην αντιμετώπιση του οιδήματος
- ii) Αναλγησία
- iii) Ενίσχυση της άμυνας του οργανισμού
- iv) Ενίσχυση της αντοχής των οστών μέσω της αυξημένης παραγωγής οστεοβλαστών και της μείωσης των οστεοκλαστών (Watson, 2008).

Τα μαγνητικά πεδία χωρίζονται στα στατικά (μαγνήτες διαρκείας) και στα μεταβαλλόμενα πεδία. Στα στατικά πεδία περνά συνεχές ρεύμα και ην πόλωση τους (Βορράς ή Νότος) δεν μεταβάλλεται. Στα μεταβαλλόμενα περνά εναλλασσόμενο ρεύμα ή παλμικό ρεύμα (Φραγκοράπτης, 2008). Από τον Παγκόσμιο οργανισμό υγείας προτείνεται για τα στατικά πεδία η έκθεση μέχρι και σε 2 Tesla για την αποφυγή κίνδυνου (Robertson et al., 2011).

Παλμικά μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας

Το ρεύμα στο πηνίο είναι παλμικό με συχνότητα μέχρι 150Hz οπότε και το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται είναι παλμικό. Στην θεραπεία με τα παλμικά μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας, δημιουργείται ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο σε ένα μεγάλο πηνίο όπου μέσα του τοποθετείται το μέρος του σώματος στο οποίο θα γίνει η θεραπεία. Σύμφωνα με το National Institute of Environmental Health Sciences, αν και δεν είναι πλήρως τεκμηριωμένο, φαίνεται ότι τα μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας είναι υπεύθυνα για κάποιες μορφές καρκίνου όπως η παιδική λευχαιμία και η χρόνια λεμφοκυτταρική λευχαιμία σε ενηλίκους που εργάζονται σε τέτοιο περιβάλλον (Robertson et al., 2011).

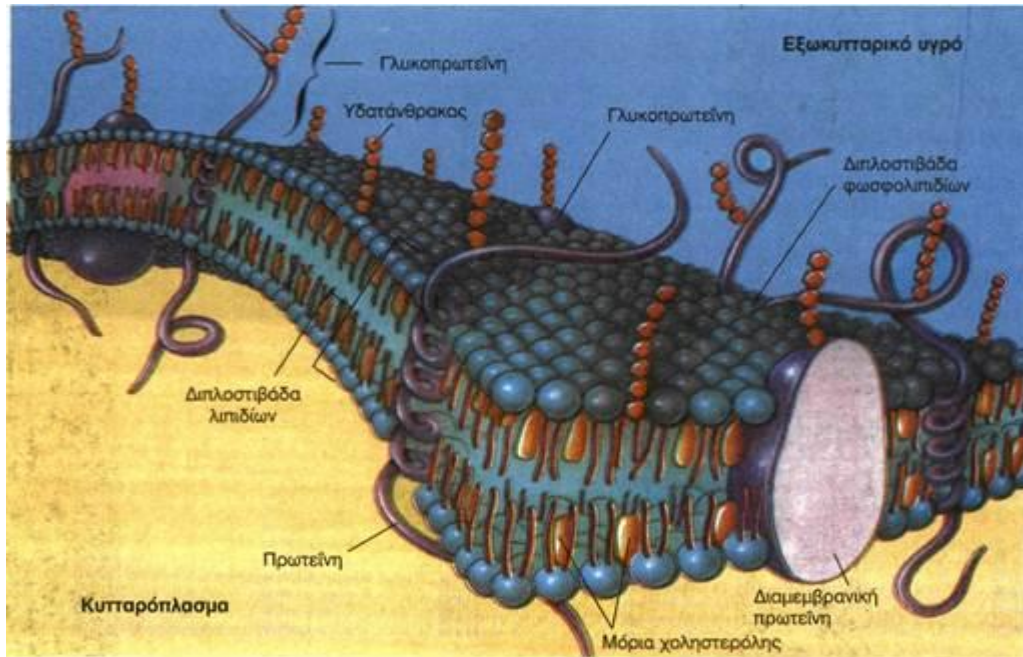
Επιδρούν στα διαμαγνητικά, τα παραμαγνητικά και τα σιδηρομαγνητικά υλικά του οργανισμού. Η κυρία επίδραση τους όμως είναι στα παραμαγνητικά στοιχεία στα οποία ανήκουν τα μέταλλα, οι ελεύθερες ρίζες οι οποίες επιδρούν σε ανωμαλίες που εμφανίζονται σε φλεγμονές ή σε καρκινογένεσεις, τα πυρηνικά παραμαγνητικά που βρίσκονται στους πυρήνες συγκεκριμένων ατόμων και έχουν διπολική μαγνητική ροπή και τέλος τα σιδηρομαγνητικά στοιχεία τα οποία βρίσκονται κυρίως στα οστά ή και σε αδένες όπως η υπόφυση (Φραγκοράπτης, 2008).

Επομένως, με βάση τα παραπάνω, η θεραπεία με μαγνητικά πεδία ενδείκνυται στην οστεοπόρωση, σε μυϊκές κακώσεις, σε πόνους νευρομυϊκών ιστών, σε κατάγματα, σε αρθρίτιδες και τέλος σε φλεγμονές τενόντων και θυλάκων (Watson, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Φυσιολογία της κυτταρικής μεμβράνης

Όλα τα κύτταρα του σώματος περιβάλλονται από μεμβράνες. Οι μεμβράνες αυτές διαχωρίζουν τα κύτταρα, αλλά ταυτόχρονα βοηθούν και στην επικοινωνία τους με το εξωτερικό περιβάλλον (Watson, 2008) (εικ. 2.1).



Εικόνα 2.1 Πλασματική μεμβράνη (τροποποιημένο από <http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B106/85/680,2576/>)

Οι κύριες ενέργειες των κυτταρικών μεμβρανών είναι:

- 1) Η μετατροπή ενέργειας
- 2) Η μεταφορά ύλης
- 3) Η μετάδοση σήματος
- 4) Η επεξεργασία πληροφοριών (Watson, 2008).

Ο βασικότερος ρόλος της κυτταρικής μεμβράνης που βοηθά στην επικοινωνία μεταξύ του ενδοκυττάριου και του εξωκυττάριου υγρού είναι η εκλεκτική διαπερατότητα της σε διάφορες ουσίες. Υπάρχουν δυο τρόποι μεταφοράς που εξαρτώνται από το μέγεθος των ουσιών που διαπερνούν την μεμβράνη:

- 1) Η μικρομεταφορά: τα σωματίδια που διαπερνούν την μεμβράνη είναι μικρού μεγέθους όπως ιόντα, μικρομόρια ή νερό.

2) Η μακρομεταφορά: Οι ουσίες που διαπερνούν την μεμβράνη είναι μοριακά συμπλέγματα, στερεά ή υγρά (Watson, 2008).

Στην μικρομεταφορά τα μόρια διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη με τρεις τρόπους:

- 1) Με την απλή διάχυση
- 2) Την διευκολυνόμενη διάχυση
- 3) Την ενεργητική μεταφορά (Watson, 2008).

Απλή διάχυση

Η απλή διάχυση χωρίζεται σε δυο κατηγορίες:

α) Διάχυση των λιποδιαλυτών ουσιών: τα μόρια που περνούν την κυτταρική μεμβράνη με αυτόν τον τρόπο είναι αυτά του οξυγόνου, του αζώτου, του διοξειδίου του άνθρακα και των αλκοολών στα λιποειδή. Αυτό συμβαίνει γιατί διαλύονται πολύ εύκολα στη διπλοστιβάδα των λιποειδών. Έτσι, όσο πιο διαλυτό είναι ένα μόριο στα λιποειδή, τόσο πιο γρήγορα περνά μέσα από την μεμβράνη στο κύτταρο (Guyton, 2004).

β) Μεταφορά του νερού και άλλων αδιάλυτων στα λιποειδή μορίων: το νερό όπως και τα ιόντα υδρογόνου, καλίου κ.α. αν και δεν διαλύονται στα λιποειδή, περνούν από τη μια άκρη της μεμβράνης στην άλλη μέσα από πρωτεϊνικούς διαύλους και μέσα από την διπλοστιβάδα των λιποειδών (Guyton, 2004).

Διευκολυνόμενη διάχυση

Με την διευκολυνόμενη διάχυση η ουσία για να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη συνδέεται με μια πρωτεΐνη φορέα η οποία την διευκολύνει. Με αυτού του είδους την διάχυση μεταφέρονται εντός του κυττάρου η γλυκόζη και τα πιο πολλά αμινοξέα (Guyton, 2004).

Ενεργητική μεταφορά

Κάποιες φορές η ποσότητα μιας ουσίας που βρίσκεται έξω από το κύτταρο είναι πολύ μικρή και μέσα στο κύτταρο χρειάζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις (π.χ. ιόντα καλίου). Επίσης, μερικές φορές στο εσωτερικό των κυττάρων υπάρχουν ουσίες που πρέπει να απομακρυνθούν έστω και αν οι συγκεντρώσεις τους είναι μικρότερες εσωτερικά του κυττάρου από ότι έξω από αυτό (π.χ. ιόντα νατρίου). Σε αυτές τις περιπτώσεις η διαδικασία που εφαρμόζεται για να μεταφερθούν τα μόρια αντίθετα από την ηλεκτρική κλίση που υπάρχει, ονομάζεται ενεργητική μεταφορά και κατά την πραγματοποίησή της καταναλώνεται ενέργεια (Guyton, 2004).

Πόλωση της κυτταρικής μεμβράνης

Η διαφορά δυναμικού που υπάρχει μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού τμήματος της κυτταρικής μεμβράνης ονομάζεται πόλωση της κυτταρικής μεμβράνης και είναι αποτέλεσμα των διαφόρων ιόντων όπως το K^+ , το Na^+ και το Cl^- τα οποία βρίσκονται μέσα και έξω από το κύτταρο. Η διαφορά δυναμικού κυμαίνεται στα διάφορα κύτταρα από 60-90mV, ενώ το εσωτερικό του κυττάρου είναι αρνητικό (-) σε αντίθεση με το εξωτερικό του που είναι θετικά φορτισμένο (+) (Φραγκοράπτης, 2008).

2.1.1 Ηλεκτρικά δυναμικά της κυτταρικής μεμβράνης

Δυναμικό ηρεμίας

Στην κατάσταση ηρεμίας όπως προαναφέρθηκε, το ηλεκτρικό δυναμικό της κυτταρικής μεμβράνης είναι 60-90mV. Στην φάση αυτή το Na^+ αποτρέπεται από το να μείνει στο εσωτερικό του κυττάρου εξαιτίας της δράσης μιας πρωτεΐνης που ονομάζεται «αντλία Na^+-K^+ » και μεταφέρει το Na^+ από το εσωτερικό του κυττάρου έξω από αυτό. Αντιθέτως, το K^+ συγκρατείται μέσα στο κύτταρο από την αντλία Na^+-K^+ αλλά και από διάφορα άλλα αρνητικά φορτισμένα ιόντα που το έλκουν. Μέσω αυτής της διαδικασίας το Cl^- συσσωρεύεται στο εξωκυττάριο υγρό αφού δέχεται έλξη από το Na^+ και απωθείται από κάποια αρνητικά φορτισμένα ιόντα που βρίσκονται μέσα στο κύτταρο. Οι δυνάμεις που βοηθούν στην μεταφορά των ιόντων μέσα και έξω από την μεμβράνη οφείλονται σε χημικές και ηλεκτρικές επιδράσεις (ENOKA, 2007).

Δυναμικά δράσης

Όταν η μεμβράνη της μυϊκής ή νευρικής ίνας διεγείρεται γίνεται περισσότερο διαπερατή στο Na^+ από ότι στο K^+ . Επομένως, εισέρχονται στο κύτταρο περισσότερα ιόντα Na^+ από τα ιόντα K^+ που εξέρχονται. Έτσι παρατηρείται εκπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης αφού το εσωτερικό του κυττάρου είναι θετικό ενώ το εξωτερικό αρνητικό. Στην εκπόλωση η μεμβράνη βρίσκεται στο δυναμικό ισορροπίας του Na^+ που είναι +60mV (Γιόκαρης, 2007).

Μετά την φάση αυτή ακολουθεί η επαναπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης η οποία, τείνει να επανέλθει στο επίπεδο που βρισκόταν σε κατάσταση ηρεμίας. Για να συμβεί αυτό, τα ιόντα Na^+ μεταφέρονται έξω από το κύτταρο και τα ιόντα K^+ εισέρχονται σε αυτό. Αντιθέτως, στην φάση της υπερπόλωσης της κυτταρικής μεμβράνης το δυναμικό της γίνεται περισσότερο αρνητικό από ότι είναι στην κατάσταση ηρεμίας (Γιόκαρης, 2007).

Πρέπει να τονιστεί ότι για να επέλθει εκπόλωση μιας νευρικής ίνας το ερέθισμα πρέπει να έχει συγκεκριμένη ένταση και διάρκεια. Το ερέθισμα αυτό ονομάζεται «βαλβιδικό ερέθισμα». Στην περίπτωση που η ένταση του είναι μικρότερη από την απαιτούμενη ονομάζεται «υποβαλβιδικό», ενώ αν είναι μεγαλύτερη «υπερβαλβιδικό». Αυτό το φαινόμενο εξηγεί και ο νόμος του «όλου ή ουδέν». Δηλαδή, όταν το ερέθισμα φτάσει σε βαλβιδικό επίπεδο, προκαλεί εκπόλωση της μεμβράνης ενώ αν δεν φτάσει δεν υπάρχει καμία αντίδραση (Watson, 2008).

Το βαλβιδικό ερέθισμα που προκάλεσε εκπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης σε κάποιο σημείο της νευρικής ίνας, θα μεταφερθεί σε όλο το μήκος της ίνας και θα προκαλέσει διαδοχικές εκπολώσεις. Το ερέθισμα αυτό φτάνοντας στο τελικό σημείο της νευρομυϊκής σύναψης προκαλεί έκκριση νευροδιαβιβαστών που βοηθούν στην εκπόλωση της μεμβράνης της μυϊκής ίνας, η οποία θα δώσει μια στιγμιαία μυϊκή συστολή (Watson, 2008).

Στις αμύελες νευρικές ίνες η ώση μεταφέρεται στις διπλανές περιοχές. Στις εμμύελες νευρικές ίνες όμως, η ώση μεταβιβάζεται από τη μια περίσφιξη του Ranvier στην επόμενη. Έτσι, στις εμμύελες νευρικές ίνες η ώση μεταφέρεται 50 φορές πιο γρήγορα από ότι στις αμύελες (Φραγκοράπτης, 2008).

2.2 Η επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος στους ανθρώπινους ιστούς

Σύμφωνα με τον νόμο του Faraday «ηλεκτρόλυση ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο, όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα διάλυμα ηλεκτρολυτών με ελεύθερα ιόντα, προκαλούνται διάφορες φυσιοχημικές αλλαγές στο διάλυμα» (Γιόκαρης, 2007).

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από ενώσεις θετικών(+) και αρνητικών(-) ηλεκτρικών φορτίων ,τα οποία σχηματίζουν ηλεκτρικό πεδίο με την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Τα φορτία αυτά διεγείρονται εύκολα από ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία και πολλές φορές μπορούν να λειτουργήσουν και ως ανεξάρτητα, εφόσον διασπαστούν από τις ενώσεις που δημιουργούν. (Φραγκοράπτης, 2008).

Η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος στους ιστούς του οργανισμού δεν επιτυγχάνεται πάντα με ευκολία εξαιτίας της αντίστασης που προβάλλουν κάποιοι ιστοί σε αυτό. Ο νευρομυϊκός ιστός επιτρέπει την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος πιο εύκολα σε σχέση με το δέρμα, τα οστά και το λίπος τα οποία προβάλλουν μεγάλη αντίσταση. Η αντίσταση αυτή ορισμένων ιστών στο ρεύμα έχει σαν συνέπεια την απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας και την μετατροπή της σε θερμότητα. Η θερμότητα αυτή που εκλύεται ,προκαλεί τοπική αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών και τοπική αγγειοδιαστολή (Γιόκαρης, 2007).

Τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να είναι θερμικά, φυσιοχημικά (π.χ. με την ιοντοφόρηση), και νευροφυσιολογικά. Με την εφαρμογή υψηλής έντασης ρεύμα στους ιστούς εμφανίζονται θερμικά αποτελέσματα ενώ νευροφυσιολογικά αποτελέσματα εμφανίζονται με την εφαρμογή παλμικών ρευμάτων (Γιόκαρης, 2007). Κάποιες από τις επιδράσεις του ηλεκτρικού ρεύματος βοηθούν:

- Στην μείωση του πόνου μέσω διέγερσης αισθητικών νευρών
- Στην αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος
- Στην συμβολή για την μείωση της φλεγμονής και αύξηση της επούλωτικής διαδικασίας
- Στην πρόκληση μυϊκής συστολής μέσω εφαρμογής μυϊκού και νευρικού ερεθισμού (Watson, 2008).

Επιδράσεις της έντασης του ρεύματος στους ιστούς

5-15mA: Με την εφαρμογή της συγκεκριμένης έντασης ρεύματος προκαλούνται έντονες μυϊκές συσπάσεις αλλά και τραυματισμοί στους ιστούς.

15-100mA: Το ρεύμα επιβαρύνει το αναπνευστικό σύστημα εξαιτίας των έντονων συσπάσεων των αναπνευστικών μυών.

100-500mA: Πρόκληση έντονων μυϊκών συσπάσεων, εγκαυμάτων και αναπνευστική δυσχέρεια.

500mA: Χρησιμοποιείται για την επαναφορά της καρδιακής λειτουργίας (Watson, 2008).

2.3 Ηλεκτροδιαγνωστική

Με την μέθοδο της ηλεκτροδιαγνωστικής γίνεται η αξιολόγηση των μυών με την βοήθεια ηλεκτρονικών μηχανημάτων για την διάγνωση παθήσεων και ανωμαλιών. Η μέθοδος της ηλεκτροδιαγνωστικής βασίζεται:

α) Στην ευερεθιστότητα του νευρομυϊκού συστήματος που είναι η ευαισθησία του να ανταποκρίνεται σε ηλεκτρικά ερεθίσματα.

β) Στην προσαρμοστικότητα του σε υψηλή ένταση ρεύματος με τριγωνικό παλμό αργής φόρτισης (Φραγκοράπτης, 2008).

Για την αξιολόγηση των μυών χρησιμοποιείται η εύρεση της ρεοβάσης, της χρονόβασης, της χροναξίας και του πηλίκου προσαρμογής.

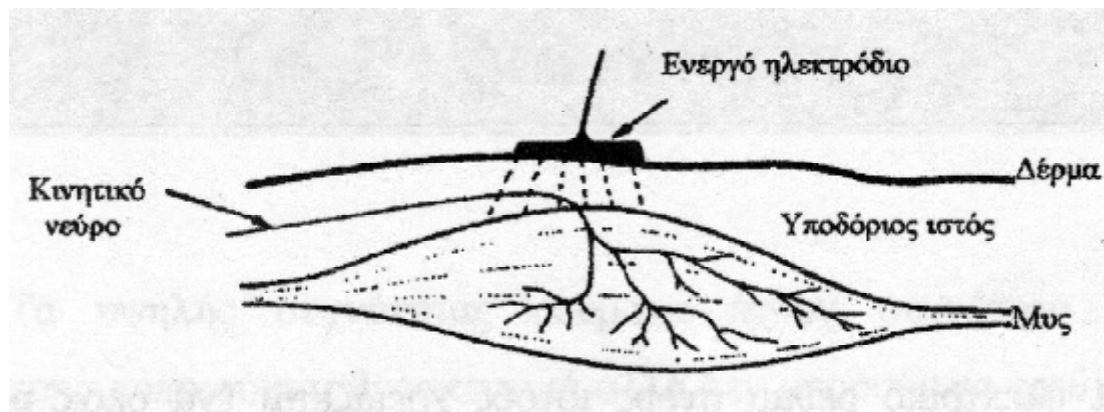
Ρεοβάση: «Ρεοβάση είναι η ελάχιστη ένταση ρεύματος που χρειάζεται για να προκληθεί η μικρότερη ορατή μυϊκή σύσπαση με τετραγωνικό παλμό $t=1000\text{msec}$ και $R=2000\text{msec}$ » (Φραγκοράπτης, 2008).

Χρονόβαση: «Είναι ο ελάχιστος χρόνος δράσης του παλμού, που με την ένταση της ρεοβάσης (τετραγωνικού παλμού) προκαλεί ένα βαλβιδικό ερέθισμα. Η χρονόβαση ενός φυσιολογικού μυός κυμαίνεται από 1-10msec. Πάνω από τον χρόνο αυτό, όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο πιο βαριά χαρακτηρίζεται η βλάβη του μυός. Ένας απονευρωμένος μυς μπορεί να έχει χρονόβαση 200-600msec» (Φραγκοράπτης, 2008).

Χροναξία: «Η ελάχιστη χρονική διάρκεια ερεθισμού που μπορεί να προκαλέσει ελάχιστα ορατή μυϊκή σύσπαση, χρησιμοποιώντας ρεύμα έντασης διπλάσιας της ρεοβάσης, ονομάζεται χροναξία. Η χροναξία του απονευρωμένου μυ συνήθως είναι 10-100 φορές μεγαλύτερη από τη χροναξία του εννευρωμένου μυ» (Γιόκαρης, 2007).

Πηλίκo προσαρμογής: Για την εύρεση του πηλίκου προσαρμογής γίνεται διαίρεση της ρεοβάσης που βρέθηκε με ρεύμα τριγωνικού παλμού με αυτήν που βρέθηκε με ρεύμα τετραγωνικού παλμού. Οι φυσιολογικές τιμές είναι 3-6 (2,7-5). Όταν οι τιμές είναι μικρότερες από τα φυσιολογικά όρια, τότε ο μυς είναι παρετικός και σε ακόμα μικρότερες τιμές παράλυτος. Επίσης, όταν το πηλίκo προσαρμογής είναι 1, τότε ο μυς είναι απονευρωμένος. Τέλος, όταν το πηλίκo προσαρμογής έχει τιμή πάνω από 6, ο μυς είναι υπερτονικός (Φραγκοράπτης, 2008).

Η ηλεκτροδιαγνωστική γίνεται μονοπολικά με την χρήση του κινητικού σημείου του μυός, το οποίο βρίσκεται μεταξύ του 1/3 και του 2/3 της γαστέρας του. Το ηλεκτρόδιο της καθόδου τοποθετείται στο κινητικό σημείο, ενώ το ηλεκτρόδιο της ανόδου τοποθετείται στο επίπεδο της σπονδυλικής στήλης, από το οποίο εξέρχεται το νεύρο που τροφοδοτεί τον συγκεκριμένο μυ (Watson, 2008) (εικ. 2.2).



Εικόνα 2.2 Εφαρμογή ηλεκτροδιαγνωστικής (τροποποιημένο από <http://eclass.teipat.gr/eclass/modules/document/document.php?course=616111>)

Τετανική συστολή

«Τετανική συστολή ενός μυός παρατηρείται όταν φτάσει ένα δεύτερο ερέθισμα στην μυϊκή ίνα όταν αυτή βρίσκεται ακόμα σε κατάσταση συστολής. Το ερέθισμα αυτό προκαλεί αυξημένη μηχανική συστολή στην ίνα, όποτε έχουμε άθροιση των στιγμιαίων μυϊκών συστολών, δηλαδή μια συστολή πάνω στην άλλη χρονικά και έτσι η μυϊκή ίνα έρχεται σε πλήρη συστολή» (Watson, 2008).

Όταν ο στόχος είναι να αυξηθεί η μυϊκή δύναμη και να αποτραπεί η ατροφία, πρέπει η τετανική συστολή να είναι η μέγιστη δυνατή. Για έναν φυσιολογικά εννευρωμένο μυ η συχνότητα που εφαρμόζεται είναι 50 ώσεις/sec για να προκληθεί μια τετανική συστολή, ενώ κάποιοι ερευνητές προτείνουν 100-200 ώσεις/sec για μια εντονότερη συστολή. Από την άλλη, για απονευρωμένους μυς η συχνότητα που επιλέγεται είναι ανάλογα με την χροναξία, ανάμεσα σε 5 με 30Hz για μια τετανική συστολή (Γιόκαρης, 2007).

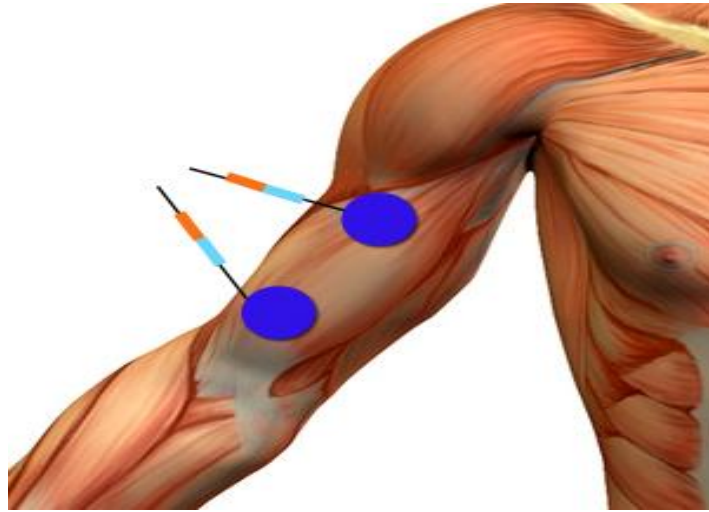
Συνοψίζοντας, για τον ερεθισμό ενός φυσιολογικά εννευρωμένου μυός με χροναξία 1msec, θα εφαρμοστούν 50 ερεθίσματα διάρκειας 1msec κάθε δευτερόλεπτο. Τα 950msec που περισσεύουν από το δευτερόλεπτο θα χωριστούν ισόποσα σε 50 παύσεις με 50 παλμούς ενδιάμεσα τους. Τέλος, για φυσιολογικά εννευρωμένους μύες η παλμοσειρά θα έχει διάρκεια 4-5sec και παύση 5 φορές μεγαλύτερη, ενώ στους απονευρωμένους η διάρκεια θα είναι 2-3sec με παύση 10 φορές μεγαλύτερη (Watson, 2008).

2.4 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός

Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός είναι μία μέθοδος που συμβάλλει στην αύξηση της μυϊκής δύναμης και λειτουργικότητας των φυσιολογικά εννευρωμένων μυών αλλά και στην πρόληψη ατροφιών των φυσιολογικά απονευρωμένων μυών (Γιόκαρης, 2007).

Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός στοχεύει στον ερεθισμό κινητικών νεύρων για την παραγωγή μυϊκής σύσπασης των εννευρωμένων μυών ή στον ερεθισμό των μυϊκών ινών για τους απονευρωμένους μύες. Οι παράμετροι ερεθισμού των εννευρωμένων μυών εμφανίζουν

διαφορές σε σχέση με τις παραμέτρους που λαμβάνονται για τον ερεθισμό των απονευρωμένων μυών (Robertson et al., 2011) (εικ. 2.3).



Εικόνα 2.3 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός (τροποποιημένο από <http://i-physiotherapy.com/?p=1980>)

Κύριοι στόχοι:

- Μείωση πόνου
- Ενδυνάμωση φυσιολογικά εννευρωμένων μυών
- Αύξηση κυκλοφορίας αίματος
- Αποφυγή και πρόληψη ατροφιών
- Αύξηση και διατήρηση εύρους τροχιάς κίνησης των μυών (Φραγκοράπτης, 2008).

Ενδείξεις του ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού:

Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός εφαρμόζεται κυρίως σε μύες αρθρώσεων του αγκώνα, της ΠΔΚ, του γόνατος, του ώμου αλλά και για την ενδυνάμωση των μυών της ράχης.(Φραγκοράπτης,2008).Η χρήση του ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού ενδείκνυται και σε ασθενείς με ΑΕΕ, οστεοαρθρίτιδα γόνατος και σε ασθενείς με ακράτεια (Robertson et al., 2011).

ΚΙΝΗΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ένες βραδείας συστολής:

- Ένες ερυθρού χρώματος
- Έχουν Μικρή διάμετρο
- Χρειάζονται μεγάλο χρονικό διάστημα για την ενεργοποίησή τους
- Νευρώνουν μικρό αριθμό μυϊκών ινών
- Πραγματοποιούν μικρής δύναμης και μεγάλης διάρκειας συστολές (Robertson et al., 2011).

Ένες ταχείας συστολής:

- Ένες γλυκολυτικές, λευκού χρώματος
- Έχουν μεγάλη διάμετρο

- Χρειάζονται μικρό χρονικό διάστημα για την ενεργοποίησή τους
- Νευρώνουν μεγάλο αριθμό μυϊκών ινών
- Πραγματοποιούν έντονες συστολές μικρής διάρκειας (Robertson et al., 2011).

Παράμετροι ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού στους μύες:

Η χρήση ηλεκτρικού ερεθισμού σε χαμηλές συχνότητες (<10Hz) στους μύες για μεγάλο χρονικό διάστημα, συμβάλλει στην ενεργοποίηση ινών βραδείας συστολής οι οποίες είναι ανθεκτικές στην κόπωση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αποφεύγεται η μυϊκή ατροφία του μυός, την οποία προκαλούν οι ίνες ταχείας συστολής. Αντίθετα, η χρήση ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού σε υψηλές συχνότητες (>30Hz) και με μεγάλη ένταση ερεθισμάτων για σύντομο χρονικό διάστημα συμβάλλει στην ενεργοποίηση ινών ταχείας συστολής οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αύξηση της δύναμης και της ενδυνάμωσης του μυός (Robertson et al., 2011).

Ένα σημαντικό στοιχείο του μυός είναι η πλαστικότητα του και η δυνατότητα του να προσαρμόζεται στις διάφορες μεταβολές της δραστηριότητάς του. Με αυτό τον τρόπο, ένας μυς έχει την τάση να αυξάνει το μέγεθος του σε καθημερινές δυνατές μυϊκές συστολές ενώ με την έλλειψη δραστηριότητας να μειώνει το μέγεθος του και να ατροφεί (Robertson et al., 2011).

2.4.1 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός σε εννευρωμένους μύες

Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός για φυσιολογικά εννευρωμένους μύες στοχεύει

- Στην αύξηση της μυϊκής δύναμης και αντοχής
- Στην πρόληψη ατροφιών μετά από παρατεταμένη ακινησία
- Στην επανεκπαίδευση του νευρομυϊκού ελέγχου
- Στην ενδυνάμωση του μυός μετά την περίοδο της ανάρρωσης
- Στην αύξηση και διατήρηση του εύρους κίνησης
- Στην διατήρηση της τροφικότητας του μυός
- Στην ενδυνάμωση του μυός παράλληλα με κάποια σωματική δραστηριότητα (Robertson et al., 2011).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΥΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ ΣΕ ΕΝΝΕΥΡΩΜΕΝΟΥΣ ΜΥΕΣ

Με την εφαρμογή ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού στους μύες, παρατηρούνται κάποια άμεσα και κάποια μακροχρόνια αποτελέσματα. Η ενεργοποίηση της μυϊκής συστολής και η αύξηση της μυϊκής δύναμης χαρακτηρίζονται σαν άμεσα αποτελέσματα, ενώ οι μεταβολές στην αγγείωση του μυός και η υπερτροφικότητα των μυϊκών ινών παρατηρούνται στις μακροχρόνιες επιδράσεις του ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού (Robertson et al., 2011).

Για τον ερεθισμό φυσιολογικά εννευρωμένων μυών χρησιμοποιείται προοδευτικά αυξανόμενη ένταση μέχρι τα όρια αντοχής του ασθενούς, έτσι ώστε να προκαλείται εντονότερη μυϊκή σύσπαση (Γιόκαρης, 2007).

Η συχνότητα που χρησιμοποιείται είναι μεγάλη μεταξύ 30 έως 100Hz με παλμούς μικρής διάρκειας για την παραγωγή δυνατής τετανικής συστολής. Εφόσον παραχθεί ισχυρή τετανική συστολή με διάρκεια 5-10 δευτερολέπτων, ο χρόνος παύσης που θα ακολουθήσει θα πρέπει

να είναι μεγαλύτερος σε διάρκεια περίπου 3-5 φορές, έτσι ώστε να μην υπάρξει αίσθημα μυϊκής κόπωσης (Robertson et al., 2011).

Η μυϊκή κόπωση είναι ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο μπορεί να προκαλέσει αδυναμία στον ασθενή να συμμετέχει ενεργητικά στην μυϊκή σύσπαση αλλά και να οδηγήσει σε καθυστερημένο μυϊκό πόνο. Για την αποφυγή πρόκλησης μυϊκού κάματος, θα πρέπει να εκτελούνται διάφορες αλλαγές στην ρύθμιση των παραμέτρων, μείωση της συχνότητας, αλλά και αυξομειώσεις στην ένταση του ερεθισμού. Για τον μυϊκό ηλεκτρικό ερεθισμό χρησιμοποιούνται παλμικά και εναλλασσόμενα ρεύματα (Robertson et al., 2011).

2.4.2 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός σε απονευρωμένους μύες

Κύριο χαρακτηριστικό των απονευρωμένων μυών είναι η ατροφία, η οποία εκδηλώνεται με εκφύλιση, χαλάρωση και αδυναμία των μυϊκών ινών. Ανάλογα με τον βαθμό του τραυματισμού εξαρτάται και η εγκατάσταση της βλάβης στον μυ. Ένας απονευρωμένος μυς εμφανίζει μικρή αγγείωση, μειωμένη αισθητικότητα και έλλειψη τροφικότητας ενώ επικρατούν οι ίνες ταχείας συστολής οι οποίες δεν έχουν αντοχή στην κόπωση. Το αντανεκλαστικό και εκούσιο ερέθισμα του απονευρωμένου μυ απουσιάζει και σαν συνέπεια στο τέλος είναι η εμφάνιση ινοσίτιδας αλλά και η παράλυση (Robertson et al., 2011).

Η ινοσίτιδα στους απονευρωμένους μύες είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο, το οποίο εάν δεν προληφθεί έγκαιρα μπορεί να οδηγήσει τον μυ σε ακινησία. Η ινοσίτιδα προκαλεί εκφύλιση στον συνδετικό ιστό, ο οποίος δεν διατείνεται με αποτέλεσμα να συρρικνώνεται, χάνοντας έτσι το φυσιολογικό του μήκος. Ο συνδετικός ιστός μπορεί να γίνει σκληρός και να εμφανίσει πάχυνση ενώ οι αρθρώσεις παύουν πλέον να κινούνται σε όλο το εύρος της κίνησης τους (Γιόκαρης, 2007).

ΕΠΑΝΕΥΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΥΩΝ ΜΕΣΩ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ

Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός στοχεύει στην πρόληψη της μυϊκής ατροφίας ενός απονευρωμένου μυ και στην ενεργοποίηση των νεύρων μέσω αναγέννησης των νευρικών ινών. Η αναγέννηση των νεύρων εξαρτάται από κάποιους σημαντικούς παράγοντες όπως

- Τα αίτια του τραυματισμού τους
- Η ύπαρξη σήψης
- Καλές ενδείξεις τροφικότητας (Γιόκαρης, 2007).

Μετά τον τραυματισμό ενός μυός και εφόσον υπάρχουν βασικές ενδείξεις για επανεύρωση του, η εφαρμογή ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού πρέπει να γίνεται άμεσα για την πρόληψη ατροφίας. Στην περίπτωση αυτή μπορούν να επιτευχθούν πολύ καλά αποτελέσματα λειτουργικότητας. Από την άλλη πλευρά, στους απονευρωμένους μύες στους οποίους δεν υπάρχει πιθανότητα επαναφοράς της νεύρωσης τους, ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός είναι άνωφελος (Γιόκαρης, 2007).

ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΜΥΩΝ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΕΘΙΣΜΟ

Οι παθολογικοί μύες μετά από συνεχόμενες ηλεκτρικές διεγέρσεις μπορούν να εμφανίσουν κάποιες πιθανές αντιδράσεις:

- **Εκφυλιστική αντίδραση:**

Η εκφυλιστική αντίδραση αναφέρεται σε βλάβες του περιφερικού κινητικού νευρώνα και χαρακτηρίζεται από χαλάρωση, παράλυση και μυϊκή αδυναμία και κατά την εφαρμογή ρεύματος ο μύς εμφανίζει παθολογική σύσπαση (Φραγκοράπτης, 2008).

- **Μυασθενική αντίδραση:**

Χαρακτηρίζεται από μυϊκή κόπωση και πλήρη χαλάρωση του μύος έπειτα από διαδοχικές μυϊκές συσπάσεις με ηλεκτρικούς παλμούς. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ξεκούρασης, η ηλεκτρική διεγερσιμότητα του μύος επαναφέρεται.

- **Μυοτονική αντίδραση:**

Παρατηρείται μετά από μυϊκό ερεθισμό μεγάλης έντασης, όπου η σύσπαση και διεγερσιμότητα του μύος συνεχίζεται ακόμα και μετά την διακοπή του ηλεκτρικού ερεθισμού (Φραγκοράπτης, 2008).

ΣΤΟΧΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΥΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ

- Καταπολέμηση μυϊκής ατροφίας
- Πρόληψη για την αποφυγή δημιουργίας ινοσίτιδας
- Προσπάθεια αύξησης μεταβολισμού του μύος
- Αναγέννηση και ερεθισμός νεύρου
- Αύξηση αιματικής κυκλοφορίας (Γιόκαρης, 2007).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΥΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ

Ο ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός σε έναν απονευρωμένο μυ θα πρέπει να εφαρμόζεται μεμονωμένα σε αυτόν, έτσι ώστε κατά την σύσπαση του να αποκλείεται η συμμετοχή άλλων μυών. Για τον ερεθισμό του μυϊκού ιστού ενός απονευρωμένου μύος χρησιμοποιείται τριγωνικός παλμός με αργό χρόνο ανόδου 50ms, ενώ για τον ερεθισμό των νεύρων χρησιμοποιείται τετράγωνος παλμός με διάρκεια περίπου 1ms. Με τριγωνικό παλμό οι νευρικές ίνες είναι πιθανόν να μην ανταποκριθούν λόγω της εύκολης προσαρμοστικότητας τους σε αυτόν. Η διάρκεια των παλμών θα είναι μεγαλύτερη στην αρχή της θεραπείας (>100ms) ενώ μετά την αντίδραση του μύος μπορεί να μειωθεί προοδευτικά με παράλληλη αύξηση της συχνότητας. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να αποφευχθεί η πρόκληση ερεθισμού του δέρματος από την μακροχρόνια εφαρμογή του ρεύματος. Τέλος, η συχνότητα που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι 1-15Hz (Robertson et al., 2011).

Στόχος αποτελεί η προοδευτική αύξηση της συχνότητας για τον ερεθισμό του μύος έτσι ώστε να παράγεται ολοένα και μεγαλύτερη τετανική συστολή. Το εύρος της συχνότητας θα πρέπει να κυμαίνεται στα 1-15Hz (Robertson et al., 2011). Το ρεύμα που συνήθως εφαρμόζεται είναι γαλβανικό ή παλμικό (Φραγκοράπτης, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Διερεύνηση βιβλιογραφίας

Προκειμένου να συγκεντρώσουμε πληροφορίες από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στους βιολογικούς ιστούς επισπευτήκαμε την ηλεκτρονική σελίδα www.pubmed.com. Στην συνέχεια, πληκτρολογήσαμε τις εξής φράσεις;

- Biological effects of electromagnetic radiation on body και
- Biological effects of non-ionizing radiation on body

Από την αναζήτηση αυτή εμφανίστηκαν 1385 και 1003 άρθρα αντίστοιχα από τα οποία έγινε εκλογή και καταλήξαμε στις παρακάτω 24 έρευνες που ήταν και οι πιο σημαντικές. Κριτήριο επιλογής της κάθε μελέτης από αυτές που παρουσιάζεται παρακάτω υπήρξε ο χρόνος διεξαγωγής (αποκλείστηκαν παλιές μελέτες) και κυρίως το είδος του ιστού ή του οργάνου το οποίο μελετήθηκε.

3.2 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κύτταρο

Τα τωρινά δεδομένα αναφέρουν ότι τα πεδία χαμηλής συχνότητας είναι και τα πιο βιοενεργά. Ο βασικός μηχανισμός είναι η εξαναγκασμένη ταλάντωση όλων το ελεύθερων ιόντων στην επιφάνεια της πλασματικής μεμβράνης του κυττάρου που προκαλείται από ένα εξωτερικό εναλλασσόμενο πεδίο (Panagopoulos et al., 2002).

Πραγματοποιήθηκε μια έρευνα για τη δράση των εναλλασσόμενων ηλεκτρικών πεδίων στα κύτταρα και επεκτάθηκε τώρα για να συμπεριλάβει τα εναλλασσόμενα μαγνητικά πεδία, τις πιο δραστήριες βιολογικές συνθήκες και για να εξηγήσει γιατί τα παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να είναι πιο ενεργά βιολογικά από τα συνεχή. Αποδείχτηκε ότι η συνεχής δόνηση του ηλεκτρικού φορτίου είναι ικανή να ενεργοποιήσει τα ηλεκτροευαίσθητα κανάλια της πλασματικής μεμβράνης και να προκαλέσει διατάραξη της ηλεκτροχημικής ισορροπίας με αποτέλεσμα να επηρεάσει τη λειτουργία του κυττάρου (Panagopoulos et al., 2002).

3.3 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην αναπαραγωγικότητα

Σύμφωνα με προηγούμενα πειράματα της παραπάνω ερευνητικής ομάδας, μια συνεχής έκθεση διάρκειας 6 λεπτών των μυγών *Drosophila melanogaster* σε GSM – 900 MHz ανά ημέρα για 5 ημέρες και DCS – 1800 MHz ακτινοβολία κινητών τηλεφώνων είχε σαν αποτέλεσμα μεγάλη μείωση στην αναπαραγωγική ικανότητα του εντόμου όπως βρέθηκε από τον αριθμό F1 των νυμφών του. Η μείωση αυτή ήταν μη θερμική και σχετίστηκε με αυξημένο ποσοστό προκαλούμενου κατακερματισμού του DNA σε κύτταρα των ωοθυλακίων στην αρχική και μέση ωογένεση (Chavdoula et al., 2010). Σε τωρινά πειράματα χρησιμοποιήθηκε 6 λεπτών καθημερινή έκθεση μυγών *Drosophila melanogaster* σε GSM – 900 MHz για να συγκριθούν τα αποτελέσματα μεταξύ συνεχών και 4 διαφορετικών διαλειπυσών εκθέσεων. Από τα πειράματα αυτά βρέθηκε ότι η διαλείπουσα έκθεση μειώνει επίσης την αναπαραγωγική ικανότητα και μεταβάλλει τον κυτταροσκελετό του δικτύου της ακτίνης των θαλάμων του αυγού και ότι το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται επίσης στην κατάτμηση του DNA

(Chavdoula et al., 2010). Επιπλέον, βρέθηκε ότι με διαλείμματα δέκα λεπτών μεταξύ των εκθέσεων δεν υπάρχει σχεδόν καμία αλλαγή, ενώ μεγαλύτερα διαλείμματα επέτρεψαν στον οργανισμό να αναρρώσει και εν μέρει να ξεπεράσει τα προαναφερθέντα αποτελέσματα της ακτινοβολίας GSM (Chavdoula et al., 2010).

Σε μια άλλη έρευνα μύγες *Drosophila Melanogaster* εκτέθηκαν σε GSM 900 MHz ή DCS 1800 ακτινοβολία από ένα κοινό ψηφιακό κινητό τηλέφωνο για λίγα λεπτά την ημέρα κατά τη διάρκεια των πρώτων 6 ημερών της ενήλικης ζωής τους. Το αποτέλεσμα ήταν μείωση στην ωτοκία οφειλόμενη στον εκφυλισμό μεγάλου αριθμού θαλάμων των αυγών μετά από θραύση του DNA των κυττάρων που τα αποτελούν προκαλούμενη και από τους δύο τύπους ακτινοβολίας του τηλεφώνου (Panagopoulos et al., 2007). Κυτταρικός θάνατος παρατηρήθηκε σε όλους τους τύπους κυττάρων που αποτελούν ένα θάλαμο αυγού (θυλακικά κύτταρα, τροφικά κύτταρα και ωοκύτταρα), σε όλα τα στάδια της πρώιμης και μέσης ωογένεσης από τη φάση της μάζας αδιαφοροποιήτων κυττάρων μέχρι το στάδιο 10 της ανάπτυξης κατά τη διάρκεια των οποίων φυσιολογικά δεν υπάρχει προγραμματισμένος κυτταρικός θάνατος. Η μάζα αδιαφοροποιήτων κυττάρων και τα στάδια 7 και 8 φαίνεται να είναι τα πιο ευαίσθητα αναπτυξιακά στάδια στη επίδραση της ακτινοβολίας και πιο συγκεκριμένα, η μάζα αδιαφοροποιήτων κυττάρων είναι πιο ευαίσθητη από τα στάδια 7 και 8 (Panagopoulos et al., 2007).

Επίσης, από μια μελέτη για την επίδραση της ακτινοβολίας GSM στην ανάπτυξη των ωοθηκών των εντόμων *Drosophila Melanogaster* από την περίοδο της ωογένεσης μέχρι την ωρίμανση των πρώτων αυγών στα ωοθηκάρια, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μέγεθος των ωοθηκών των εκτεθειμένων εντόμων ήταν μικρότερο από το μέγεθος των ψευδώς εκτιθέμενων εξαιτίας της καταστροφής που προκάλεσε η ακτινοβολία GSM στο DNA και στα κύτταρα των θαλάμων των αυγών. Το διαφορετικό μέγεθος των εκτιθέμενων με των ψευδώς εκτιθέμενων ωοθηκών φάνηκε μετά την πάροδο 45 ωρών που ολοκληρώθηκε η εκκόλαψη (Panagopoulos, 2012).

Επιπλέον, σε έρευνα με αρσενικούς αρουραίους 70 ημερών οι οποίοι εκτέθηκαν σε ακτινοβολία μικροκυμάτων 10 GHz για 2 ώρες την ημέρα για 45 ημέρες σε πυκνότητα ισχύος $0,21 \text{ mW/cm}^2$ και σε ειδικό ρυθμό απορρόφησης (SAR) $0,014 \text{ W/Kg}$ με σκοπό τη διερεύνηση των επιδράσεων στο αναπαραγωγικό σύστημα βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα: υπήρξε συρρίκνωση του αυλού των σπερματικών σωληναρίων ενώ αποπτωτικά σώματα βρέθηκαν στη εκτεθειμένη ομάδα. Με εξέταση κυτταρομετρικής ροής επιβεβαιώθηκε διάσπαση του κλώνου του DNA στα λεμφοκύτταρα. Τα επίπεδα τεστοστερόνης βρέθηκαν σημαντικά μειωμένα ως επακόλουθο της συρρίκνωσης του μεγέθους των όρχεων (Kumar et al., 2013).

Τέλος, μια άλλη έρευνα πραγματοποιήθηκε σε αρσενικά ποντίκια για να εξεταστούν τα αποτελέσματα που προκάλεσε η έκθεση τους για 8 εβδομάδες σε νονυλφαινόλη ή σε συνδυασμό νονυλφαινόλης και ακτινοβολίας X στην ποσότητα και στην ποιότητα του σπέρματος αλλά και τη μεταβίβαση γενετικών μεταλλάξεων στις επόμενες γενιές. Η νονυλφαινόλη (NP) είναι ένα χημικό που υπάρχει στο περιβάλλον και έχει οιστρογονική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μείωση της ποσότητας του σπέρματος και αύξηση του αριθμού των μη φυσιολογικών σπερματοζωαρίων όπως επίσης και αύξηση των βλαβών του DNA των γαμετών (Dobrzynska, 2012). Η έκθεση τους σε 50 mg/Kg βάρους σώματος νονυλφαινόλη και $0,05 \text{ Gy} + 25 \text{ mg/Kg}$ βάρους σώματος νονυλφαινόλη κάθε μέρα μείωσε τον αριθμό των εγκύων θηλυκών, ενώ η γονιμοποιητική ικανότητα των αρσενικών δεν επηρεάστηκε. Ο συνδυασμός έκθεσης σε χαμηλή δόση και των δύο αυτών παραγόντων αύξησε την μέση τιμή των νεκρών εμφυτεύσεων ανά έγκυο θηλυκό και τον αριθμό των

σκελετικών ανωμαλιών. Τέλος φάνηκε ότι οι μεταλλάξεις στα γεννητικά κύτταρα μπορεί να μεταφερθούν και στην F1 γενιά μέσω του σπέρματος (Dobrzynska, 2012).

3.4 Ακτινοθεραπεία και καρκίνος του πνεύμονα

Παρά τις δυσμενείς συνέπειες της ακτινοβολίας στους ιστούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιες φορές προς όφελος του ανθρώπου. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η χρήση στερεοτακτικής ακτινοθεραπείας και καυτηρίασης με ραδιοσυχνότητες για το πρώιμο στάδιο καρκίνου του πνεύμονα. Η στερεοτακτική ακτινοθεραπεία αποτελείται από τη χρήση πολλών μικροακτίνων ακτινοβολίας που επιτρέπουν υψηλές δόσεις ακτινοβολίας στον όγκο σε μικρό χρονικό διάστημα (Piegay et al., 2012).

Η καυτηρίαση με ραδιοσυχνότητες παραδίδει ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλής συχνότητας μέσω μιας βελόνας που μοιάζει με καθετήρα και παράγει ιοντική διέγερση, αύξηση της θερμοκρασίας στον ιστό του όγκου και τελικά οδηγεί σε πηκτική νέκρωση αυτού. Από αρκετές μελέτες που έχουν γίνει φαίνεται η αποτελεσματικότητα αυτών των θεραπευτικών μεθόδων για τον έλεγχο του σταδίου I/II NSCLS σε ασθενείς. Τα ποσοστά ελέγχου του όγκου αναφέρθηκαν να είναι πάνω από 90% (Piegay et al., 2012).

3.5 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κεντρικό νευρικό σύστημα

Μελετήθηκαν οι επιπτώσεις της οξείας (2-h) έκθεσης σε παλμικό (2-mus εύρος παλμού, 500 παλμούς s⁻¹) και συνεχές κύμα 2450 MHz ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων για την εξέταση της διάσπασης της αλυσίδας του DNA σε κύτταρα του εγκεφάλου αρουραίων. Η χωρική μέση πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας ήταν 2 mW/cm², η οποία παρήγαγε έναν ολόκληρο του σώματος μέσο – ειδικό ρυθμό απορρόφησης των 1,2 W/Kg. Τέσσερις ώρες μετά την έκθεση παρατηρήθηκε διάσπαση της μονής και διπλής έλικας του DNA σε μεμονωμένα κύτταρα του εγκεφάλου (Lai& Singh, 1996). Μια αύξηση και στους δύο τύπους ρηγμάτων της έλικας του DNA μετρήθηκε μετά από έκθεση είτε στην παλμικού είτε στη συνεχούς κύματος ακτινοβολία ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μορφών ακτινοβολίας. Θεωρήθηκε ότι αυτά τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να προκύψουν από την άμεση επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων στα μόρια DNA και/ή την ανεπάρκεια των μηχανισμών επιδιόρθωσης βλαβών στα κύτταρα του εγκεφάλου (Lai& Singh, 1996) .

Σε μια άλλη μελέτη της ίδιας ομάδας βρέθηκε ότι η θεραπεία των αρουραίων αμέσως πριν και μετά την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες είτε με μελατονίνη (1 mg/Kg/ένεση , SC) ή με την spin trap ένωση N-tert- butal – alpha – phenylnitron (PBN) (100mg/kg/ένεση, i.p.), εμποδίζει αυτές τις επιπτώσεις των ραδιοσυχνοτήτων. Καθώς και η μελατονίνη και το PBN είναι αποτελεσματικά στον καθαρισμό από ελεύθερες ρίζες, υποθέεται ότι οι ελεύθερες ρίζες εμπλέκονται σε βλάβη του DNA προκαλούμενη από RFR στα κύτταρα του εγκεφάλου των αρουραίων (Lai& Singh, 1997). Καθώς οι συσσωρευμένες διασπάσεις του DNA στα εγκεφαλικά κύτταρα μπορούν να οδηγήσουν σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες και καρκίνο, η περίσσεια ποσότητα των ελεύθερων ριζών στα κύτταρα έχει προταθεί να είναι αιτία διαφόρων ασθενειών του ανθρώπου. Συνεπώς, τα δεδομένα αυτά έχουν σημαντικές συνέπειες για τις επιπτώσεις της έκθεσης σε RFR στην υγεία (Lai& Singh, 1997).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια έρευνα με στόχο να διερευνηθούν οι επιδράσεις δύο πηγών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (ΗΜΠ) στο πρωτέωμα της παρεγκεφαλίδας, του

ιππόκαμπου και του μετωπιαίου λοβού σε ποντικούς μετά από μακροχρόνια ακτινοβολία ολόκληρου του σώματός τους. Χρησιμοποιήθηκαν 3 ίσα χωρισμένες ομάδες ζώων (6 ζώα/ομάδα). Η πρώτη ομάδα εκτέθηκε σε ένα τυπικό κινητό τηλέφωνο με εύρος SAR επιπέδου των 0,17- 0,37 W/Kg για 3 ώρες ημερησίως για 8 μήνες. Η δεύτερη ομάδα εκτέθηκε σε μια ασύρματη βάση DECT (ψηφιακές ενισχυμένες ασύρματες τηλεπικοινωνίες/ τηλέφωνο) σε επίπεδο SAR που κυμαίνεται από 0,012-0,028 W/Kg για 8 ώρες/ημέρα επίσης για 8 μήνες και η τρίτη ομάδα περιλάμβανε τα ψευδώς εκτεθειμένα ζώα (Fragoroulou et al., 2012). Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκάλυψαν ότι η μακροχρόνια επίδραση της ακτινοβολίας και από τις δύο πηγές ΗΜΠ μεταβάλλει σημαντικά ($p < 0,05$) την έκφραση 143 συνολικά πρωτεϊνών (από 0,003 φορές καταστολή μέχρι και 114 φορές υπερέκφραση). Αρκετές σχετικές πρωτεΐνες νευρικής λειτουργίας, πρωτεΐνες θερμικού shock και πρωτεΐνες του κυτταροσκελετού περιλαμβάνονται στον κατάλογο αυτό, καθώς και πρωτεΐνες του μεταβολισμού του εγκεφάλου σε σχεδόν όλες τις περιοχές του εγκεφάλου που μελετήθηκαν (Fragoroulou et al., 2012). Οι παρατηρούμενες αλλαγές έκφρασης των πρωτεϊνών μπορεί να σχετίζονται με αλλαγές της πλαστικότητας του εγκεφάλου, με το οξειδωτικό στρες στο νευρικό σύστημα και να εμπλέκονται στην απόπτωση. Τα δείγματα αυτά δυνητικά θα μπορούσαν να εξηγήσουν τους κινδύνους της ανθρώπινης υγείας που έχουν αναφερθεί, όπως πονοκεφάλους, διαταραχές ύπνου, κούραση, ελλείμματα μνήμης και όγκους στον εγκέφαλο που προκλήθηκαν από μακροπρόθεσμη σε παρόμοιες συνθήκες έκθεση (Fragoroulou et al., 2012).

Από την άλλη πλευρά μια άλλη ομάδα αναφέρει ότι για τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στις γονιδιακές επιδράσεις, στην νευρωνική ηλεκτρική δραστηριότητα, στη γνωστική δραστηριότητα, στο μεταβολισμό της ενέργειας, στη λειτουργία του ύπνου, αλλά και για κάποιες ασθένειες του εγκεφάλου συμπεριλαμβανομένου των όγκων του εγκεφάλου έχουν γίνει πολλές μελέτες. Εφόσον όμως η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παραμένει σταθερή σε μη θερμικό εύρος και αφού καμία μελέτη δεν έχει αποδείξει κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στον οργανισμό σε αυτό το εύρος, οι ανεπιθύμητες επιπτώσεις στον οργανισμό θεωρούνται ελάχιστες (Hossmann & Hermann, 2003). Ωστόσο υπάρχουν κάποιες έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία οι οποίες συνδέονται με τη χρήση κινητής τηλεφωνίας όπως είναι η αύξηση των τροχαίων ατυχημάτων την ώρα της οδήγησης αλλά και οι κρίσεις άγχους ορισμένων εμπλεκομένων που παρευρίσκονται σε δημόσιους χώρους όπου γίνεται χρήση κινητών τηλεφώνων (Hossmann & Hermann, 2003).

Τέλος πραγματοποιήθηκε μια μελέτη στην οποία ερευνήθηκε η επίδραση της 94 GHz συχνότητας για τη συναρμολόγηση-αποσυναρμολόγηση των μικροσωληνίσκων των νευρικών κυττάρων νωτιαίου μυελού των βλαβών. Λόγω του ότι οι μικροσωληνίσκοι επηρεάζονται από τους καταρράκτες ενδοκυττάριας σηματοδότησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ευαίσθητοι δείκτες της βιοχημικής κατάστασης του κυτταροπλάσματος των νευρικών κυττάρων. Βρέθηκε ότι μετά από έκθεση σε 94 GHz αυξήθηκε ο ρυθμός συναρμολόγησης των μικροσωληνίσκων. Αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει την προκαλούμενη από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αύξησή της θερμοκρασίας στα κύτταρα. Συμπερασματικά, η ακτινοβολία αυτή επιδρά στο κύτταρο μέσω αύξησης της θερμοκρασίας του (Samsonov & Popov, 2013).

3.6 Μελέτες για την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον οργανισμό των ανθρώπων και άλλων ζώων

Η συγκεκριμένη έρευνα που πραγματοποιήθηκε είχε σκοπό να ερευνήσει τις επιδράσεις της ακτινοβολίας μικροκυμάτων και της μελατονίνης στην συμπεριφορά και στον οργανισμό των

αρουραίων ύστερα από μακροχρόνια έκθεση. Για την διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν αρουραίοι και χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες. Στις ομάδες χορηγήθηκε αλατούχο διάλυμα, μελατονίνη και ακτινοβολία μικροκυμάτων ενώ σε μία ομάδα χορηγήθηκε συνδυασμός ακτινοβολίας μικροκυμάτων και μελατονίνης (Sokolovic et al., 2012).

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μείωση του σωματικού βάρους των αρουραίων και αυξημένη διεγερτικότητα μετά από έκθεση τους σε ακτινοβολία, ενώ η χορήγηση μελατονίνης στους ήδη ακτινοβολημένους αρουραίους προκάλεσε σημαντική αύξηση του σωματικού τους βάρους και μείωση της διεγερτικότητας αντίστοιχα. Συμπερασματικά όπως αποδεικνύεται από την έρευνα, η μελατονίνη αποτελεί σημαντικός νευρορρυθμιστής, αντιοξειδωτικό και καλός ανοσοδιεγέρτης (Sokolovic et al., 2012).

Σε μία άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε λευκούς αρουραίους, η χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προκάλεσε πολλές σημαντικές επιδράσεις στην συμπεριφορά αλλά και στον οργανισμό τους. Στο πείραμα που έγινε, οι αρουραίοι εκτέθηκαν σε ακτινοβολία συχνότητας 905MHz για δύο ώρες περίπου (Khirazova et al., 2012).

Τα δείγματα της μελέτης των αρουραίων έδειξαν αυξημένο άγχος, αύξηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, μείωση της κινητικότητας και της δραστηριότητας εξερεύνησης, αλλά και μείωση της ικανότητας προσανατολισμού στο χώρο. Εκτός από τα άμεσες επιδράσεις παρατηρήθηκαν και κάποιες έμμεσες επιπτώσεις μετά το πέρασμα ενός 24ώρου. Με τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν, αποδείχθηκε η σημαντική συμβολή της ακτινοβολίας στο επίπεδο συνείδησης του οργανισμού για την ρύθμιση και τον περιορισμό του άγχους (Khirazova et al., 2012).

Σύμφωνα με τους Jin et al. (2012) μία έρευνα διεξήχθη με σκοπό να διερευνήσει την επίδραση των ραδιοσυχνοτήτων (RF-EMF) ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και συγκεκριμένα του CDMA και WCDMA στο ανοσοποιητικό σύστημα των αρουραίων. Στο πείραμα που έγινε χρησιμοποιήθηκαν αρουραίοι, οι οποίοι εκτέθηκαν σε συνδυαστική ακτινοβολία CDMA (849MHz) και WCDMA (1.95GHz) για 45λεπτά την ημέρα περίπου 5 μέρες την εβδομάδα για 8 εβδομάδες. Μετά το πέρασμα 2 εβδομάδων, οι αρουραίοι υποβλήθηκαν σε εξετάσεις αίματος για να διαπιστωθεί εάν υπήρχαν κάποιες ανοσολογικές επιδράσεις στον οργανισμό από την ακτινοβολία. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν μετά το τέλος του πειράματος, δεν σημείωσαν καμία ανιχνεύσιμη επίδραση της ακτινοβολίας στο ανοσοποιητικό σύστημα των αρουραίων (Jin et al., 2012).

Οι Lotz & Saxton (1987) αναφέρουν μία καινούργια μελέτη που πραγματοποιήθηκε με στόχο να εξετάσει τις μεταβολικές και αγγειοκινητικές αντιδράσεις του οργανισμού των πιθήκων μετά από την έκθεση τους σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Σε προηγούμενες μελέτες που έγιναν, αναφέρθηκε μία αύξηση της θερμοκρασίας του παχέος εντέρου των πιθήκων που εκτέθηκαν στα πεδία αυτά. Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν πέντε αρσενικοί πίθηκοι και τοποθετήθηκαν σε ένα χώρο όπου δέχτηκαν ακτινοβολία συχνότητας 225MHz. Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας των διάφορων σημείων του σώματος χρησιμοποιήθηκαν ανιχνευτές ραδιοσυχνοτήτων (RF).

Η εκπομπή της ακτινοβολίας περιείχε δύο διαφορετικές φάσεις. Στην πρώτη φάση οι πίθηκοι ακτινοβολήθηκαν για 10λεπτά με ολοένα αυξανόμενες δόσεις στην ισχύ της ακτινοβολίας ενώ ακολουθούσαν περίοδοι ανάρρωσης ανάμεσα σε αυτές και στην δεύτερη φάση ακτινοβολήθηκαν για 120λεπτά με συντονισμένη συχνότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πραγματοποιήθηκαν κάποιες μεταβολικές και αγγειοκινητικές μεταβολές στο σώμα των πιθήκων έτσι ώστε να εξασφαλιστεί μία σταθερή θερμοκρασία. Τέλος, οι θερμορρυθμιστικοί

μηχανισμοί στο σώμα τους, εμπόδισαν την αποθήκευση θερμότητας αλλά υπήρξε αύξηση στην θερμοκρασία του παχέος εντέρου (Lotz & Saxton., 1987).

Οι Way et al. (1981) αναφέρουν την κατασκευή μίας σύγχρονης συσκευής η οποία είναι κατάλληλη για την εξέταση της περιοχής του υποθαλάμου στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Σκοπός είναι να εξετάσει κάποια στοιχεία που θα αποδεικνύουν την δυνατότητα μερικής θέρμανσης του υποθαλάμου από ακτινοβολία. Εξαιτίας των μηχανισμών θερμορύθμισης οι οποίοι είναι η εφίδρωση και η κυκλοφορία του αίματος, αλλά και εξαιτίας της θερμορυθμιστικής δράσης, η θερμοκρασία του υποθαλάμου δεν σημειώνει σημαντική αύξηση μετά από έκθεση σε ακτινοβολία.

Επίσης, η μελέτη αυτή απέδειξε ότι η επίδραση της ακτινοβολίας στη κρανιακή κοιλότητα δημιουργεί μείωση στην θερμοκρασία του δέρματος και του κορμού. Γενικά αποδεικνύεται ότι η ενέργεια της ακτινοβολίας στον υποθάλαμο προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις, ενώ όταν αυτή βρίσκεται σε όλη την κρανιακή κοιλότητα προκαλεί λιγότερα αρνητικά αποτελέσματα (Way et al., 1981).

Για την αξιολόγηση της υπεραιμίας που εμφανίζεται στον οργανισμό , μία άλλη μελέτη περιγράφει ένα ηλεκτρικό μοντέλο για την μέτρηση της σύνθετης αντίστασης που εμφανίζουν οι ιστοί. Η συσκευή αυτή μέτρησης είναι κατασκευασμένη για την μέτρηση της θερμοκρασίας των ιστών, την ηλεκτρική συμπεριφορά που εμφανίζουν και για την αντίσταση που προβάλλουν κατά την διάρκεια εφαρμογής της ακτινοβολίας. Όπως αναφέρεται, το αίμα παρουσιάζει σημαντική αντίσταση κατά την διάρκεια εφαρμογής ρεύματος. Σε έρευνες που έγιναν, έλαβαν μέρος αρκετοί εθελοντές έτσι ώστε να υποβληθούν σε μετρήσεις για την αξιολόγηση της υπεραιμίας (Olmi et al., 1997).

3.7 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο αιμοποιητικό σύστημα και στον μυελό των οστών

Γενικά, η έκθεση ολόκληρου του σώματος σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει δυσάρεστες συνέπειες στο αιμοποιητικό σύστημα. Για τον λόγο αυτό, σημαντικές έρευνες διεξήχθησαν με σκοπό να αναδείξουν νέες μεθόδους και τρόπους πρόληψης της βλάβης. Στην παρούσα μελέτη που πραγματοποιήθηκε, έγινε χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με προσθήκη πρωτεϊνών HSP25 και Tie 2 για την αποκατάσταση της βλάβης στο μυελό των οστών. Για την διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ποντίκια, τα οποία ακτινοβολήθηκαν και στα οποία μεταφέρθηκε το γονίδιο της πρωτεΐνης HSP25 (Lee et al., 2012).

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ιστοπαθολογική ανάλυση και μέτρηση των κυττάρων του περιφερικού αίματος για να διερευνηθούν οι επιδράσεις της ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι με την προσθήκη της πρωτεΐνης HSP25 κατά την ακτινοβολήση, αυξήθηκε η ικανότητα αναγέννησης κυττάρων του μυελού των οστών ενώ μειώθηκε η απόπτωση. Με αυτό τον τρόπο συμπεραίνεται ότι η HSP25 πρωτεΐνη μπορεί να προστατεύσει τον μυελό των οστών από σημαντικές βλάβες που μπορούν να προκληθούν μετά από έκθεση του σώματος σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Lee et al., 2012).

Σε μία άλλη έρευνα που έγινε σε αρσενικά ποντίκια, μελετήθηκαν οι επιδράσεις της δισφαινόλης A και των ακτινών X στην διέγερση των μικροκυρήνων του περιφερικού αίματος και των δικτυοερυθροκυττάρων του μυελού των οστών. Στο πείραμα, τα ποντίκια εκτέθηκαν σε ακτινοβολία για 8 εβδομάδες και τους χορηγήθηκε δισφαινόλη A(BPA)

αραιωμένη σε πόσιμο νερό. Τα δείγματα του περιφερικού αίματος λήφθηκαν σε 8 εβδομάδες μετά την έναρξη της έκθεσης, ενώ τα δείγματα από τον μυελό των οστών λήφθηκαν μετά την ολοκλήρωση του πειράματος (Radzikowska et al., 2012).

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε με την βοήθεια ενός μικροσκοπίου φθορισμού. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι ακτίνες X προκάλεσαν αύξηση του αριθμού των μικροπυρήνων, ενώ η έκθεση σε δισφαινόλη προκάλεσε μείωση στον αριθμό τους. Η συνδυασμένη έκθεση των ποντικών σε ακτίνες X και δισφαινόλη προκάλεσε αύξηση των μικροπυρήνων σε σχέση με το αποτέλεσμα που παράγεται από τη δισφαινόλη μόνο (Radzikowska et al., 2012).

Συμπερασματικά, η δισφαινόλη επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τους μικροπυρήνες του αίματος και τα δικτυοερυθροκύτταρα του μυελού των οστών. Σαν ουσία προκαλεί μειωμένη ευαισθησία του γενετικού υλικού των δικτυοερυθροκυττάρων όσον αφορά την πρόκληση βλάβης. Οι ακτίνες X σχετίζονται περισσότερο με την βλάβη του DNA (Radzikowska et al., 2012).

Τέλος, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα για την ανεύρεση εργαλείων που να επιτρέπουν την εκτίμηση της δόσης της ακτινοβολίας μετά από ατύχημα ή πυρηνικό συμβάν και να βασίζονται σε βιολογικούς δείκτες. Η έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία πυροδοτεί μεγάλου μεγέθους ενεργοποίηση DNA σημάτων και επιδιορθωτικών μηχανισμών. Αυτό περιλαμβάνει τη φωσφορυλίωση του γH2AX που γειτνιάζει με τμήμα διπλής έλικας που έχει διασπασθεί (DSB). Το DNA DSB είναι μια κυτταροτοξική μορφή DNA βλάβης η οποία αν δεν επιδιορθωθεί προκαλεί αστάθεια του γονιδιώματος, χρωμοσωμική παρέκκλιση, μεταλλάξεις ή απόπτωση (Chardi et al., 2012). Για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης εξετάστηκαν μεταβολές στη φωσφορυλίωση του H2AX και στην απόπτωση ακτινοβολημένων μονοπύρηνων κυττάρων του αίματος τα οποία πάρθηκαν πρόσφατα από υγιείς δότες. Ακτινοβολήθηκαν με ακτίνες X (0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 και 4 Gy) και γινόταν μέτρηση της φωσφορυλίωσης του γH2AX ανά τακτά χρονικά διαστήματα (0, 0.25, 1, 2,4,6 και 24h μετά την ακτινοβολήση). Ανιχνεύθηκε απόπτωση με τη μέτρηση του κατακερματισμένου DNA σε διάφορα χρονικά σημεία. Τα αποπτωτικά θραύσματα του DNA αυξάνονταν με δοσοεξαρτώμενο ρυθμό (Chardi et al., 2012).

3.8 Η συμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον πολλαπλασιασμό των ανθρώπινων βλαστικών κύτταρων

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε, έχει σαν σκοπό να μελετήσει την επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας στα ανθρώπινα βλαστικά κύτταρα, την απάντησή τους σε αυτή και τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας στην ανάπτυξη των οργανισμών. Τα ανθρώπινα βλαστικά κύτταρα αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την αναγεννητική ιατρική καθώς έχουν την δυνατότητα να διαφοροποιούνται σε πολλούς τύπους κυττάρων που βρίσκονται στον οργανισμό. Ωστόσο, δεν έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες που να αποδεικνύουν επαρκώς την συμβολή των ραδιονουκλιδίων στην διαφοροποίηση, τον πολλαπλασιασμό και την επιβίωση των βλαστικών κυττάρων (Panyutin et al., 2012).

Στην παρούσα μελέτη, έγινε επεξεργασία βλαστικών κυττάρων με την προσθήκη της ιωδο-2-δεοξουριδίνης ουσίας, μιας ουσίας που συμβάλλει στη σύνθεση του DNA. Αργότερα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της αύξησης των αποικιών των κυττάρων καθώς και μέτρηση των αλλαγών διαφοροποίησης που θα εμφανίσουν. Αποδείχθηκε ότι η απορρόφηση της (125)idU ήταν παρόμοια τόσο στα ανθρώπινα βλαστικά κύτταρα όσο και στα ανθρώπινα

κύτταρα ινοσαρκώματος. Ωστόσο έκθεση σε $0,1\mu\text{C}/\text{ml}$ (125)idU για 24 ώρες είχε σαν αποτέλεσμα τον θάνατο των βλαστικών κυττάρων σε αντίθεση με τα καρκινικά κύτταρα που συνέχιζαν να αναπτύσσονται. Η έκθεση των κυττάρων σε μικρότερη δόση έδειξε τα βλαστοκύτταρα να διαφοροποιούνται και να αναπτύσσονται έξω από την αποικία. (Panyutin et al., 2012).

Αποδείχθηκε ότι τα βλαστοκύτταρα στις αποικίες που επιβίωσαν εξέφρασαν δείκτες διαφοροποίησης σε σχέση με τα μη εκτεθειμένα σε ακτινοβολία κύτταρα. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν σημαντική ευαισθησία των βλαστικών κυττάρων στην ιονίζουσα ακτινοβολία και πιο συγκεκριμένα σε αυτήν που παράγεται από την φθορά ενός εσωτερικού ραδιονουκλεοτιδίου (Panyutin et al., 2012).

3.9 Η επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην θερμοκρασία του τυμπάνου του αυτιού

Μία μελέτη αναφέρει ότι η ακτινοβολία μικροκυμάτων που εκπέμπεται από συσκευές τηλεφωνικής επικοινωνίας, έχει την ιδιότητα να απορροφάται από τον ιστό και να μετατρέπεται σε θερμότητα. Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η διερεύνηση του βαθμού επίδρασης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην θερμοκρασία του τυμπάνου του ανθρώπινου αυτιού (Bortkiewicz et al., 2012).

Στο πείραμα που έγινε έλαβαν μέρος δέκα υγιείς άνδρες ηλικίας 22 έως 47 ετών, οι οποίοι εξετάστηκαν τρεις φορές: 1.σε μία ημέρα για 120λεπτά σε μη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία(εικονική ημέρα), 2.σε μία ημέρα με συνεχή έκθεση για 60 λεπτά και μη συνεχή για 60 λεπτά, 3.σε μία ημέρα με διαλείπουσα έκθεση (60λεπτά «on», και για 60λεπτά «off»). Το κινητό τηλέφωνο που παρήγαγε την ακτινοβολία είχε συχνότητα 900MHz και SAR $1,23\text{W}/\text{kg}$. Για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του τυμπάνου χρησιμοποιήθηκε ένας ειδικός ανιχνευτής με θερμοστάτη ο οποίος ήταν τοποθετημένος κοντά στην ακουστική μεμβράνη του αυτιού που ήταν απέναντι σε αυτό που βρισκόταν σε επαφή με το κινητό τηλέφωνο (Bortkiewicz et al., 2012).

Η μέση $T(\text{ty})$ σε όλη την ομάδα κατά την διάρκεια της συνεχούς έκθεσης ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με την διάρκεια έκθεσης σε εικονική θεραπευτική αγωγή ($p<0,0001$). Στο χρονικό διάστημα της διαλείπουσας έκθεσης, η θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη από ότι κατά την διάρκεια της εικονικής ημέρας (η διαφορά ήταν πάνω από $0,11\text{C}$). Μέσα σε μία ώρα μετά από συνεχή έκθεση, η $T(\text{ty})$ ήταν υψηλότερη κατά $0,03\text{C}$ και μετά την διαλείπουσα έκθεση, η $T(\text{ty})$ ήταν χαμηλότερη κατά $0,18\text{C}$ σε σύγκριση με την εικονική θεραπευτική αγωγή. Δύο ώρες μετά την έκθεση, η $T(\text{ty})$ ήταν σημαντικά χαμηλότερη ($p=0,0001$) από ότι μετά από την εικονική έκθεση. Οι τάσεις στην $T(\text{ty})$ κατά την διάρκεια του πειράματος διέφεραν σημαντικά σε σχέση με τις συνθήκες έκθεσης ($p<0,05$) (Bortkiewicz,et al., 2012).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η θερμοκρασία του τυμπάνου, ύστερα από έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία από το κινητό, σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της έκθεσης (συνεχής ή διακοπτόμενη) (Bortkiewicz,et al., 2012).

3.10 Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και της μελατονίνης σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις

Σκοπός της συγκεκριμένης αναφοράς είναι η μελέτη των μηχανισμών δράσης των διάφορων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων EMF στο καρδιαγγειακό σύστημα σε κυτταρικό, ατομικό και μοριακό επίπεδο, με την συμβολή του Ca^{2+} και της μελατονίνης. Οι EMF επιδρούν στην σύσταση του Ca^{2+} και επηρεάζουν την δραστηριότητα της μελατονίνης σε ένα ευρύ φάσμα μήκους κύματος. Τα ιόντα Ca^{2+} που βρίσκονται στα επιφανειακά κύτταρα, συμβάλλουν στην σύνθεση του κυκλικού AMP, το οποίο βοηθάει στην μετατροπή της σεροτονίνης σε μελατονίνη (Rapoport & Breus, 2011).

Με την απομάκρυνση τους από τα επιφανειακά κύτταρα μειώνεται ταυτόχρονα και το επίπεδο του κυκλικού AMP, με αποτέλεσμα να καταστέλλεται η παραγωγή της μελατονίνης. Παράλληλα, ο κυκλικός κίρκαδικός ρυθμός της παραγωγής μελατονίνης ελέγχει την συνολική λειτουργία του ανθρώπινου σώματος σε σχέση με την τροφή, τον ύπνο και τον μεταβολισμό (Rapoport & Breus, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Οδηγίες προφύλαξης κατά την ηλεκτροθεραπεία

Για την χρήση συσκευών ηλεκτροθεραπείας προτείνονται κάποιες γενικές οδηγίες που πρέπει να τηρούνται από τους ασθενείς και τον φυσικοθεραπευτή έτσι ώστε να αποφεύγονται τυχόν ατυχήματα κατά την διάρκεια της θεραπείας.

Πρώτα από όλα, ο φυσικοθεραπευτής οφείλει να γνωρίζει τον ακριβή τρόπο λειτουργίας της συσκευής και η συσκευή είναι απαραίτητο να περνά από τεχνικούς ελέγχους κάθε έτος. Αν παρατηρηθούν σφάλματα κατά την λειτουργία κάποιου μηχανήματος πρέπει να καλείται αμέσως τεχνικός και να παύει να χρησιμοποιείται μέχρι να επισκευαστεί πλήρως. Όταν επισκευαστεί, πρέπει να κρατηθεί αρχείο για το ποιες παρεμβάσεις έχουν γίνει (Watson, 2008).

Η αυξομείωση της έντασης πρέπει να γίνεται αργά, ενώ ο ασθενής πρέπει να τοποθετείται σε σωστή θέση και να μην κινείται κατά την διάρκεια της θεραπείας. Επίσης, πριν την θεραπεία ο ασθενής πρέπει να ενημερώνεται για τις λεπτομέρειες της θεραπείας και τους κινδύνους που μπορεί να εμφανιστούν κατά την διάρκεια της, προκειμένου να δώσει την συναίνεση του για το ξεκίνημα της. Ο φυσικοθεραπευτής πρέπει πάντα να απαντά ειλικρινά στις ερωτήσεις που μπορεί να του αναφέρει ο ασθενής (Watson, 2008).

Πριν την έναρξη της θεραπείας είναι απαραίτητο να προηγηθεί μία φυσιοθεραπευτική αξιολόγηση του ασθενούς, να πραγματοποιηθούν ειδικές δοκιμασίες καθώς και να γίνει λήψη του ιστορικού του για να διαπιστωθεί αν είναι ασφαλές να ξεκινήσει η θεραπεία. Η συσκευή πρέπει να ελέγχεται πάντα πριν χρησιμοποιηθεί π.χ. ελέγχονται τα ηλεκτρόδια και οι κεφαλές τους, τα καλώδια για τυχόν φθορές, οι έξοδοι ρεύματος, οι υποδοχείς, οι οθόνες, το πληκτρολόγιο, οι διακόπτες και αν ανάβουν οι ενδεικτικές λυχνίες. Επιπλέον, ο φυσικοθεραπευτής για την δική του ασφάλεια, πρέπει να φροντίζει να μην εκτίθεται στο μέσο αυτό κατά την διάρκεια της θεραπείας (Watson, 2008).

Η συσκευή προγραμματίζεται ώστε να φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα αλλά και να είναι ασφαλής προς τον ασθενή. Αν αυτός νιώσει πόνο πρέπει να μειωθεί αμέσως η ένταση για να αποφευχθεί το έγκαυμα. Εφαρμόζονται πάντα οι τοπικές πολιτικές ελέγχου και περιορισμού των λοιμώξεων γι αυτό και πάντα καθαρίζεται σχολαστικά προηγουμένως η υπό θεραπεία περιοχή. Κατά την διάρκεια της θεραπείας ο φυσικοθεραπευτής πρέπει να είναι παρόν προκειμένου να διασφαλίσει ότι κυλάει ομαλά, χωρίς την εμφάνιση παρενεργειών. Κάθε ασθενής έχει το δικό του φάκελο που εκτός από την αξιολόγηση και το ιστορικό του καταγράφεται και η πορεία της θεραπείας καθώς και οι επιδράσεις που έχει πάνω του. Τέλος, ο χώρος που γίνεται η θεραπεία πρέπει να είναι κατάλληλος και όπου υπάρχει υψίσυχνος εξοπλισμός πρέπει να τοποθετείται προειδοποιητική πινακίδα (Watson, 2008).

4.1.1 Χαμηλόσυχνα ρεύματα

Γαλβανικό ρεύμα

Κατά την εφαρμογή του γαλβανικού ρεύματος δεν πρέπει να αλλάζει απότομα η ένταση για να μην εμφανιστούν τυχόν παρενέργειες. Επίσης, δεν πρέπει να γίνεται απότομη αλλαγή της πολικότητας. Η ένταση πρέπει να είναι τόση ώστε να μην προκαλεί κάψιμο ή πόνο. Δηλαδή δεν πρέπει να ξεπερνά την υπερβαλβιδική αίσθηση (Φραγκοράπτης, 2008).

Όπως επισημάνθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια το γαλβανικό ρεύμα χρησιμοποιείται προκειμένου να εφαρμοστεί η ιοντοφόρηση. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι είναι δύσκολο να μετρηθεί ακριβώς η ποσότητα του φάρμακου που θα διεισδύσει στον οργανισμό, να συγκεντρωθεί η επίδραση των ιόντων σε κάποιο συγκεκριμένο όργανο και ότι δεν είναι όλα τα φάρμακα ιοντοφορητικά (Φραγκοράπτης, 2008).

Επιπλέον, η ιοντοφόρηση σαν μέθοδος έχει κάποιες αντενδείξεις. Αυτές είναι ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε αλλεργικούς ασθενείς στο συγκεκριμένο φάρμακο, σε ασθενείς με μειωμένη αισθητικότητα αλλά και σε περιοχές του δέρματος με εκδορές ή συνδετικό ιστό (Γιόκαρης, 2007).

Για να αποφευχθούν αυτές οι παρενέργειες θα πρέπει να είναι γνωστή η σύνθεση και η πολικότητα του φαρμάκου, οι ενδείξεις και οι αντενδείξεις του, η επιτρεπόμενη ένταση, το μέγεθος των ηλεκτροδίων, καθώς και ο χρόνος διάρκειας της θεραπείας. Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι το φάρμακο που θα επιλεγεί πρέπει πάντα να χορηγείται μετά από εντολή γιατρού (Φραγκοράπτης, 2008).

Διαδυναμικά ρεύματα

Τα διαδυναμικά ρεύματα έχουν τα εξής μειονεκτήματα:

- Η αναλγητική τους δράση δεν έχει αποδεδειχθεί επιστημονικά
- Οι παράμετροι εφαρμογής τους είναι προκαθορισμένες αφού δεν παρέχουν επιλογή ρύθμισης.
- Συνήθως προκαλούν δυσαρέσκεια όπως τσίμπημα ή κάψιμο εξαιτίας της μεγάλης διάρκειας φάσεων τους, των μικρών παύσεων και της υψηλής έντασης ρεύματος που έχουν (Γιόκαρης, 2007).

Τα ρεύματα αυτά αντενδείκνυνται όταν υπάρχουν κακοήθειες, φλεβίτιδες, σε περίοδο εγκυμοσύνης καθώς και στην περιοχή του θώρακα γιατί μπορεί να προκαλέσουν κοιλιακή μαρμαρυγή (Watson, 2008).

Υπερερεθιστικά ρεύματα

Για την ασφαλή εφαρμογή των υπερερεθιστικών ρευμάτων ή ρευμάτων ηλεκτρομάλαξης, τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται και είναι σε σχήμα γαντιού πρέπει να εφαρμόζουν ακριβώς στο σώμα του ασθενή. Κατά την διάρκεια των κυκλικών κινήσεων που εκτελούνται πάνω στα σημεία του πόνου, δεν επιτρέπεται να αποκολλούνται τα ηλεκτρόδια από το σώμα γιατί υπάρχει ο φόβος της απότομης αναστροφής του ερεθίσματος (σοκ). Τα ηλεκτρόδια πρέπει να είναι μονωμένα προς τον φυσικοθεραπευτή για να μην εκτίθεται και αυτός στο ρεύμα, ενώ απαγορεύεται να εφαρμόζονται κοντά στο επίπεδο της καρδιάς (Φραγκοράπτης, 2008).

TENS

Τα TENS είναι ρεύματα που δεν έχουν προκαλέσει προς το παρόν σοβαρές επιπλοκές, αντίθετα όμως έχουν ορισμένες παρενέργειες. Κάποιες από αυτές είναι η αλλεργική αντίδραση που μπορεί να προκληθεί από το ζελέ που χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο υλικό ανάμεσα στο δέρμα και στα ηλεκτρόδια ή από τις αυτοκόλλητες ταινίες που χρησιμοποιούνται για την σταθεροποίηση τους. Επίσης, μπορεί να εμφανιστεί ερεθισμός του δέρματος στην περιοχή τοποθέτησης των ηλεκτροδίων, ιδιαίτερα αν αυτά τοποθετούνται συνεχώς στα ίδια μέρη (Φραγκοράπτης, 2008).

Ως αντενδείξεις των ρευμάτων αυτών μπορούν να οριστούν οι βηματοδότες καθώς το ηλεκτρικό πεδίο των TENS μπορεί να τους προκαλέσει παρεμβολές και να διαταράξει την λειτουργία τους. Σε περίοδο εγκυμοσύνης το TENS επίσης δεν επιτρέπεται γιατί όταν τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται πάνω στην κοιλιά υπάρχει ο κίνδυνος να επηρεάσουν το έμβρυο και μπορεί να προκαλέσουν συσπάσεις στην μήτρα και πρόωρο τοκετό. Σε επιληπτικούς ασθενείς μπορούν να προκαλέσουν μια κρίση. Επιπλέον, σε ασθενείς που δεν μπορούν να συνεργαστούν ή να κατανοήσουν την θεραπεία (π.χ. ασθενείς με ψυχικά νοσήματα ή φοβίες και ύπαρξη μαθησιακών δυσκολιών) η εφαρμογή ρευμάτων απαγορεύεται (Watson, 2008).

Σε περίπτωση κακοήθειας τα TENS δεν επιτρέπονται καθώς ο ηλεκτρισμός μπορεί να συμβάλει στην γρηγορότερη ανάπτυξη των κυττάρων. Όταν υπάρχουν καρδιαγγειακά προβλήματα η χρήση αυτής της μεθόδου γίνεται μόνο μετά την έγκριση καρδιολόγου. Τα ηλεκτρόδια δεν επιτρέπεται να εφαρμόζονται πάνω σε ανοικτές πληγές, ευαίσθητο δέρμα ή σε έκζεμα για να μην προκληθεί περαιτέρω βλάβη. Τέλος, δεν πρέπει να τοποθετούνται στην πρόσθια επιφάνεια του αυχένα, πάνω στους οφθαλμούς και στον θώρακα (Watson, 2008).

Κάποιες σημαντικές προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την χρήση των ρευμάτων αυτών, είναι ότι κατά την διάρκεια της θεραπείας ο ασθενής μπορεί να εμφανίσει ναυτία, ζάλη και λιποθυμία. Γι αυτόν τον λόγο, ο θεραπευτής πρέπει να είναι ενημερωμένος για το αν ο ασθενής έχει ιστορικό σε λιποθυμικά επεισόδια. Επίσης, πρέπει να ενημερώσει τους ασθενείς του ότι είναι επικίνδυνο να χρησιμοποιούν TENS όταν οδηγούν γιατί μπορεί να προκληθεί ατύχημα (Watson, 2008).

Πρωτόκολλο για την αποφυγή παρενεργειών κατά την χρήση του TENS

- Παρακολούθηση των αντενδείξεων μαζί με τον ασθενή
- Έλεγχος της αισθητικότητας
- Πριν την χρήση η συσκευή πρέπει να είναι κλειστή με τα καλώδια των ηλεκτροδίων αποσυνδεδεμένα από αυτήν
- Η ρύθμιση των παραμέτρων γίνεται ενώ η συσκευή είναι κλειστή
- Γίνεται τοποθέτηση των ηλεκτροδίων πάνω στον ασθενή και σύνδεση τους με το μηχάνημα (Watson, 2008).
- Εκκίνηση της συσκευής TENS
- Η αύξηση της έντασης γίνεται αργά μέχρι ο ασθενής να νιώσει ένα έντονο γαργάλημα
- Η ένταση σταματάει να αυξάνεται πριν ο ασθενής νιώσει πόνο ή προκληθεί μυϊκή συστολή
- Για τον τερματισμό της θεραπείας η ένταση μειώνεται πάλι αργά μέχρι να μην υπάρχει καμία αίσθηση και γίνεται τερματισμός της συσκευής
- Τα καλώδια των ηλεκτροδίων αποσυνδέονται από την συσκευή και απομακρύνονται από το σώμα του ασθενούς (Watson, 2008).

4.1.2 Μέσης συχνότητας ρεύματα

Παρεμβαλλόμενο ρεύμα ή ρεύμα επαλληλίας

Αντενδείξεις:

- Σε εγκύους ασθενείς
- Σε κακοήθεις όγκους
- Σε ασθενείς με θρομβοφλεβίτιδα
- Αιμορραγικές καταστάσεις
- Εφαρμογή στο θωρακικό τοίχωμα
- Σε μολυσμένες περιοχές και ανοιχτές πληγές
- Σε φλεγμονές (Watson, 2008).

Μειονεκτήματα:

- Η χρήση του παρεμβαλλόμενου ρεύματος στην ηλεκτροδιαγνωστική είναι αδύνατη.
- Είναι πιθανός ο κίνδυνος πρόκλησης ερεθισμού στο δέρμα μετά την χρήση ειδικών βεντουζών.
- Οι επιδράσεις του στην μείωση του πόνου δεν έχουν αποδειχθεί επιστημονικά.
- Δεν έχουν γίνει τεκμηριωμένες μελέτες σχετικά με τις αρχές εφαρμογής του παρεμβαλλόμενου ρεύματος (Watson, 2008).

Γενικές αντενδείξεις για τα ρεύματα χαμηλής και μέσης συχνότητας

Η χρήση αυτών των ρευμάτων απαγορεύεται στις εξής περιπτώσεις:

- Σε φλεγμονές και οξείες πυώδεις καταστάσεις
- Σε ασθενείς με πυρετό
- Σε καρκίνο
- Φυματίωση
- Σε ασθενείς με Parkinson
- Σε αιμορραγία ή ιστορικό αιμορραγιών
- Σε ασθενείς με βηματοδότη
- Σε ιδιοπαθής νωτιαία παράλυση ή πρωτοπαθής πλάγια σκλήρυνση (Φραγκοράπτης, 2008).
- Σε καρδιόπαθειες (π.χ. βαριά στηθάγχη, αρρυθμίες) (Watson, 2008).
- Σε ασθενείς με εμφύτευση μεταλλικών αντικειμένων
- Σε περίοδο εγκυμοσύνης (στην κοιλιά και την οσφύ)
- Σε θρόμβωση
- Δερματίτιδες
- Οιδήματα ή εκζέματα
- Σε έμμηνο ρύση
- Και σε επιληπτικούς ασθενείς (Φραγκοράπτης, 2008).

Υπάρχουν όμως και κάποιες σχετικές αντενδείξεις στις οποίες πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή:

- Η ηλεκτροδιέγερση απαγορεύεται στο οξύ στάδιο της παιδικής παράλυσης, ενώ η ηλεκτροθεραπεία πρέπει να ξεκινά μετά τους 3-5 μήνες από την εκδήλωση της ασθένειας
- Σε εγκεφαλικές σπαστικές παραλύσεις το ρεύμα που χρησιμοποιείται είναι ο γαλβανισμός
- Στην σκλήρυνση κατά πλάκας και όταν υπάρχει σπαστικότητα απαγορεύονται τα διεγερτικά ρεύματα
- Όταν ο ασθενής έχει καθετήρα αντενδείκνυται η διακοιλιακή ροή
- Σε μυοτονική και μυασθενική αντίδραση τα ερεθιστικά ρεύματα δεν επιτρέπονται (Φραγκοράπτης, 2008).
- Όταν πραγματοποιείται διαθωρακικός ηλεκτρικός ερεθισμός πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή και να γίνεται κάτω από στενή παρακολούθηση από τον φυσικοθεραπευτή
- Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια αναρρόφησης σε ασθενείς που δέχονται αντιπηκτική θεραπεία ή λήψη κορτιζόνης, πρέπει να ελέγχεται η περιοχή για τυχόν ερεθισμούς ή αιματώματα στο δέρμα και σε άλλους ιστούς (Watson, 2008).
- Δεν επιτρέπεται τα ηλεκτρόδια να τοποθετούνται πάνω από τις επιφύσεις οστών των παιδιών που βρίσκονται στην ανάπτυξη
- Όταν υπάρχει φόβος για χημικό έγκαυμα κατά την διάρκεια της ηλεκτροθεραπείας πρέπει να γίνεται χρήση εναλλασσόμενων ρευμάτων
- Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή του ηλεκτροσόκ (Watson, 2008).
- Τέλος, στο φυσικοθεραπευτήριο στο δωμάτιο που πραγματοποιείται ηλεκτροθεραπεία με χαμηλής και μέσης συχνότητας ρεύματα, οι συσκευές με υψηλές συχνότητες ρευμάτων δεν θα πρέπει να λειτουργούν όταν βρίσκονται σε απόσταση από αυτά μικρότερη από 4 μέτρα (Φραγκοράπτης, 2008).

4.1.3 Ρεύματα υψηλής συχνότητας

Διαθερμίες

Αντενδείξεις στη χρήση διαθερμιών βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων:

- Σε αιμορραγικές καταστάσεις και οξείες φλεγμονές: Η εφαρμογή διαθερμίας σε περιοχή του σώματος που έχει υποστεί βλάβη μπορεί να προκαλέσει αύξηση της αιμορραγίας, έντονο πόνο και εμφάνιση εγκαύματος. Σε τέτοιες περιπτώσεις η χρήση της αντενδείκνυται (Robertson et al, 2011).
- Στην εγκυμοσύνη: Η διαθερμία αντενδείκνυται σε εγκύους ασθενείς καθώς υπάρχουν πολλές πιθανότητες να προκληθούν βλάβες στην ομαλή λειτουργία και ανάπτυξη του εμβρύου
- Σε ασθενείς με πυρετό
- Στα μάτια: Η εφαρμογή διαθερμίας στο πρόσωπο αντενδείκνυται και ιδιαίτερα όταν ο ασθενής χρησιμοποιεί φακούς επαφής (Watson, 2008).
- Σε ασθενείς με ισχαιμικές παθήσεις (Γιόκαρης, 2007).
- Σε διαταραχές της αισθητικότητας του δέρματος (Watson, 2011).
- Σε ασθενείς με καρκίνο (Γιόκαρης, 2007).
- Σε ασθενείς με βηματοδότη ή άλλα μεταλλικά εμφυτεύματα (Φραγκοράπτης, 2007).

Μέτρα προστασίας για την ασφάλεια της εφαρμογής διαθερμιών βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων:

Πριν την έναρξη της θεραπείας, ο φυσικοθεραπευτής οφείλει να κάνει τον απαραίτητο έλεγχο για την κατάσταση των μηχανημάτων της συσκευής, την σωστή τοποθέτηση τους στον ασθενή αλλά και την ασφάλεια χρήσης τους. Η ύπαρξη μεταλλικών και ηλεκτρικών αντικειμένων στο δωμάτιο θεραπείας πρέπει να αποφεύγεται και να ελέγχεται εάν το κρεβάτι τοποθέτησης του ασθενούς είναι ασφαλές και κακός αγωγός του ηλεκτρισμού (Watson, 2008).

Η θερμαινόμενη περιοχή θα πρέπει να ελέγχεται συχνά έτσι ώστε να προληφθεί ο κίνδυνος εμφάνισης εγκαύματος. Η διάρκεια της θεραπείας είναι περίπου 15-20 λεπτά και για να προκληθεί σημαντική εν τω βάθει θέρμανση στους ιστούς η εφαρμογή της διαθερμίας μπορεί να καλύψει το χρονικό διάστημα των 30 λεπτών (Robertson et al., 2011).

4.1.4 Ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός

Αντενδείξεις στην χρήση ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού:

Σε μολυσμένες περιοχές:

Η χρήση ηλεκτρικού μυϊκού ερεθισμού σε αυτή την περίπτωση αντενδείκνυται γιατί υπάρχει η πιθανότητα επέκτασης της μόλυνσης σε άλλους μύες. Ο κίνδυνος μόλυνσης μπορεί να προκληθεί επίσης από την έλλειψη σωστού καθαρισμού των ηλεκτροδίων ή την χρήση των μολυσμένων ηλεκτροδίων σε άλλους ασθενείς. Για να αποφευχθεί αυτό πρέπει να τηρούνται σωστά οι κανόνες υγιεινής από τον ίδιο τον φυσικοθεραπευτή (Robertson et al., 2011).

Η εφαρμογή σε θώρακα και αυχένα:

Η εφαρμογή ρεύματος στον θώρακα και τον αυχένα μπορεί να προκαλέσει συστολές στους μύες της στοματοφαρυγγικής κοιλότητας με αποτέλεσμα να επηρεαστεί σημαντικά το αναπνευστικό έργο. Για τον λόγο αυτό η χρήση του αντενδείκνυται (Robertson et al., 2011).

Σε παθήσεις του δέρματος:

Η διέλευση του ρεύματος σε ιστούς του δέρματος που έχουν υποστεί βλάβη μπορεί να προκαλέσει πολλές αρνητικές επιπτώσεις και κυρίως να επιδράσει στην αύξηση του επιπέδου της βλάβης (Robertson et al., 2011).

Σε ασθενείς με νοητικές δυσλειτουργίες:

Οι ασθενείς με νοητικές δυσλειτουργίες δυσκολεύονται συχνά να κατανοήσουν το σκοπό της θεραπείας και η συμμετοχή τους στην θεραπεία θεωρείται πολλές φορές αδύνατη (Watson, 2008).

Στην εγκυμοσύνη:

Ο κίνδυνος εμφάνισης έντονων συστολών στην μήτρα της εγκύου αποτελεί σοβαρή πιθανότητα και συχνά η χρήση του ρεύματος αποφεύγεται. Επίσης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την φυσιολογική ανάπτυξη του εμβρύου (Robertson et al., 2011).

Σε ασθενείς με καρκίνο:

Η διέλευση του ρεύματος μέσα από περιοχές στις οποίες βρίσκονται κακοήθεις όγκοι μπορεί να επιβαρύνει το βαθμό της κακοήθειας στην περιοχή και να προκαλέσει μετάσταση. Για τον λόγο αυτό η χρήση του αντενδείκνυται (Robertson et al., 2011).

Σε αγγειακές παθήσεις (Watson, 2011).

Σε καρδιοπάθειες και σε ύπαρξη βηματοδότη (Φραγκοράπτης, 2008).

4.1.5 Μαγνητικά πεδία

Κάποιες φορές όταν γίνεται θεραπεία με μαγνητικά πεδία μετά την τρίτη ή τέταρτη συνεδρία είναι πιθανό να παρουσιαστούν συμπτώματα όπως υπνηλία, ζάλη και κεφαλαλγία. Τα συμπτώματα αυτά συνήθως δεν θεωρούνται σοβαρά και προέρχονται από την αντίδραση του οργανισμού στα μαγνητικά πεδία. Εάν τα συμπτώματα είναι έντονα, η θεραπεία πρέπει να σταματήσει μέχρι να υποχωρήσουν (Φραγκοράπτης, 2008).

Η εφαρμογή των μαγνητικών πεδίων πρέπει να αποφεύγεται σε εγκύους και σε ασθενείς με βηματοδότη σε μικρότερη απόσταση από 40cm (Φραγκοράπτης, 2008). Επίσης, αντενδείκνυται σε ασθενείς με φυματίωση, με σακχαρώδη διαβήτη, σε όσους χρησιμοποιούν ακουστικά βαρηκοΐας και σε ασθενείς που φέρουν υλικά οστεοσύνθεσης (Watson, 2008).

Τέλος, πριν την έναρξη της θεραπείας όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που έχει πάνω του ο ασθενής καθώς και συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρονικά ρολόγια κ.τ.λ.) πρέπει να απομακρύνονται γιατί επηρεάζονται από τα μαγνητικά πεδία (Φραγκοράπτης, 2008).

4.2 Οδηγίες προφύλαξης από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

- Το SAR ακολουθεί τις βασικές θεωρίες των κεραιών, όσο καλύτερη κεραία είστε, τόσο περισσότερη ενέργεια ραδιοσυχνότητας απορροφάτε όταν εκτίθεστε σε ένα πεδίο συγκεκριμένης ισχύος.
- Οι ερευνητές θεωρούν ότι ο τυπικός άνθρωπος έχει 1,75 ύψος, περίπου 5 πόδια 9 ίντσες. Αυτό τον κάνει να συντονίζεται σε περίπου 86 MHz. Έτσι, ο μέσος ενήλικας αποτελεί μια τέλεια κεραία για το κανάλι 6 της τηλεόρασης!
- Η περισσότερη ενέργεια που το ανθρώπινο σώμα μπορεί να αντέξει χωρίς να διακινδυνεύσει μόνιμη βλάβη είναι περίπου 4 W/kg.
- Ένα σοκ ή ένα έγκλημα ραδιοσυχνότητας-ηλεκτροδιέγερσης- συμβαίνει όταν έρχεστε σε επαφή με θερμαντικό σώμα ραδιοσυχνότητας. Τα θερμαντικά σώματα ραδιοσυχνότητας είναι συνήθως κάποιο είδος κεραίας.
- Ίσως τα πιο ευάλωτα όργανα είναι τα μάτια. Τα μάτια δεν έχουν ουσιαστικά ροή αίματος που μπορεί να τους παρέχει ψύξη από τα άλλα μέρη του σώματος, και οι διαστάσεις τους τα καθιστούν πολύ καλές κεραίες σε συχνότητες μικροκυμάτων.

Πίνακας 4.1 Βασικές βιολογικές αρχές (τροποποιημένο από <http://www.emfservices.com/emf-shielding.htm>)

(συχνότητα)		
	Ηλεκτρικοί πίνακες Ηλεκτρικοί διακόπτες Μετασχηματιστές Τροφοδοτές υψηλού ρεύματος Μέτρα ηλεκτρικού ρεύματος	παθητική μαγνητική θωράκιση των υλικών-ένας συνδυασμός της υψηλής αγωγιμότητας και διαπερατότητας των μεταλλικών πλακών
ELF μαγνητική ακτινοβολία(50/60Hz)	Γραμμές μεταφοράς ενέργειας Γραμμές διανομής Ασύμμετροι τροφοδοτές και υποκατάστατες καλωδιώσεις του κυκλώματος του ρεύματος σε σωλήνες νερού	Ακύρωση του μαγνητικού πεδίου-αποκατάσταση ισορροπίας του κυκλώματος
ELF ηλεκτρική ακτινοβολία(50/60Hz)	Γραμμές μεταφοράς ενέργειας Τύπος καλωδίωσης NM Λαμπτήρες φθορισμού	Προστασία από την ακτινοβολία με γειωμένο αγωγίμο υλικό όπως το μεταλλικό πλέγμα
RF(ραδιοσυχνότητα) Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία(100KHz- 100GHz)	Πομπές εκπομπής Κινητά αμφίδρομου ραδιοφώνου Ραντάρ Συστήματα μικροκυμάτων Ιατρικά μηχανήματα Ηλεκτροχειρουργικός εξοπλισμός Συστήματα πλοήγησης Εξοπλισμός διαθερμίας Κυτταρικά και PCSσυστήματα RF θερμοσφραγιστές	Ανάλογα με την συχνότητα του πεδίου η μέθοδος μείωσης ποικίλλει. Γενικά περιλαμβάνει την πλήρη περίφραξη του χώρου από μεταλλικά ή αγωγίμα υλικά με ιδιαίτερη προσοχή στις διεισδύσεις προστασίας όπως τα ανοίγματα θυρών και τα καλώδια.
VLF μαγνητική ακτινοβολία(3KHz- 100KHz)	Συστήματα επαγωγικής θέρμανσης Οθόνες υπολογιστών Αντικλεπτικά συστήματα Ηλεκτρικά μεταβατικά	Παθητική θωράκιση με υψηλής διαπερατότητας υλικά-απαιτείται λιγότερο πάχος υλικού σε σχέση με τα ισοδύναμα μαγνητικά πεδία ELF
VLF ηλεκτρική ακτινοβολία(3KHz- 100KHz)	Συστήματα επεξεργασίας Corona	Προστασία με οποιοδήποτε αγωγίμο υλικό όπως το μέταλλο.
DCμαγνητική ακτινοβολία(0-Hz)	Διύλιση αλουμινίου	Παθητική θωράκιση υλικών συχνά με πλάκα χάλυβα ή με υψηλής διαπερατότητας πολυεπίπεδη λαμαρίνα

Πίνακας 4.2 Τύποι ακτινοβολίας και μέτρα προστασίας από αυτούς (τροποποιημένο από <http://www.emfservices.com/emf-shielding.htm>)

4.2.1 Κινητό τηλέφωνο

Για την προστασία από την ακτινοβολία του κινητού τηλεφώνου υπάρχουν κάποιοι απλοί κανόνες που πρέπει να τηρούνται:

- Ο χρόνος ομιλίας στο κινητό τηλέφωνο πρέπει να είναι ελάχιστος, ενώ είναι προτιμότερη η επικοινωνία με SMS
- Όταν είναι αναγκαίο να γίνει μια κλήση μεγάλης διάρκειας καλύτερα να χρησιμοποιείται σταθερή γραμμή
- Το κινητό να είναι αρκετά μακριά από το κεφάλι είτε με την χρήση hands-free ή με ανοικτή ακρόαση
- Το κινητό τηλέφωνο να μην τοποθετείται στην τσέπη γιατί προκαλεί βλάβες στα γεννητικά όργανα (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Ο χρόνος ομιλίας όταν δεν χρησιμοποιείται hands-free πρέπει να είναι μοιρασμένος ισόποσα και στις δυο μεριές του κεφαλιού
- Η αυτόματη αναζήτηση δικτύων wi-fi πρέπει να είναι πάντα απενεργοποιημένη γιατί εκπέμπει συνεχώς ακτινοβολία
- Το bluetooth αν και είναι προτιμότερο από την απευθείας επαφή με το κινητό κατά την διάρκεια μιας κλήσης, εκπέμπει και αυτό ένα μικρό ποσό ακτινοβολίας. Γι αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο όπου είναι απολύτως απαραίτητο (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Σε κλειστούς χώρους που δεν υπάρχει καλό σήμα η χρήση του κινητού πρέπει να αποφεύγεται γιατί προκειμένου να συνδεθεί εκπέμπει σε πλήρη ισχύ
- Τα τηλέφωνα με εξωτερική κεραία εκπέμπουμε λιγότερη ισχύ γι αυτό είναι και πιο ασφαλή
- Το κινητό τηλέφωνο δεν πρέπει να τοποθετείται δίπλα από το κρεβάτι κατά την διάρκεια του ύπνου γιατί ακόμα και όταν δεν χρησιμοποιείται στέλνει σήματα στην πιο κοντινή κεραία κινητής τηλεφωνίας (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Τέλος, κατά την αγορά κινητού τηλεφώνου ο καταναλωτής πρέπει να είναι ενημερωμένος για τα επιτρεπτά όρια του συντελεστή ακτινοβολίας (SAR). Το επίσημο όριο είναι το 2 αλλά ένα κινητό θεωρείται καλό όταν οι τιμές SAR κυμαίνονται από 0,4-0,7 και πολύ καλό όταν είναι κάτω από 0,4 (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>) (εικ. 4.1).



Εικόνα 4.1 Κινητό τηλέφωνο (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

Φίλτρο για hands-free

Σύμφωνα με κάποιους ερευνητές υπάρχει ο κίνδυνος να περάσει η ακτινοβολία του κινητού τηλεφώνου μέσω του hands-free στο αυτί του χρήστη. Γι αυτό υπάρχουν ειδικά σχεδιασμένα μαγνητικά φίλτρα που τοποθετούνται στο καλώδιο του hands-free και μειώνουν κατά 99% την ακτινοβολία που θα περάσει από το τηλέφωνο στο αυτί μέσω του καλωδίου (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>) (εικ.4.2) (εικ. 4.3).



Εικόνα 4.2 Hands-free (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>)



Εικόνα 4.3 Μαγνητικό φίλτρο (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>)

Φύλλο προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Αυτό το φύλλο εφαρμόζεται ανάμεσα στο σώμα και στο κινητό τηλέφωνο (π.χ. ως επένδυση στην θήκη του κινητού, στις τσάντες, στις τσέπες κ.τ.λ.) και εμποδίζει την ακτινοβολία να περάσει στο σώμα κατά την διάρκεια της κλήσης (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>) (εικ. 4.4).



Εικόνα 4.4 Ειδικό φύλλο προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>)

Εξωτερική κεραία κινητού

Σε κλειστούς χώρους, όταν το σήμα είναι ασθενές, το κινητό στην προσπάθεια του να συνδεθεί με την κεραία βάσης της κινητής τηλεφωνίας εκπέμπει στην μέγιστη ισχύ. Γι αυτό το λόγο, έχουν κατασκευάσει ειδικές κεραίες που τοποθετούνται έξω από το διαμέρισμα, συνδέονται με την κεραία με ένα ειδικό βύσμα και η ακτινοβολία αντί να βγαίνει από το κινητό εξέρχεται από την κεραία αυτή, με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνεται ο εσωτερικός χώρος (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>) (εικ. 4.5).



Εικόνα 4.5 Εξωτερική κεραία κινητού (τροποποιημένο από <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/>)

4.2.2 Κεραίες κινητής τηλεφωνίας

- Οι κεραίες κινητής τηλεφωνίας βρίσκονται στις οροφές ψηλών κτηρίων, ο αριθμός τους είναι ανάλογος με τον πληθυσμό της περιοχής και εκπέμπουν ακτινοβολία συνεχώς (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>) (εικ.4.6).



Εικόνα 4.6 Κεραίες κινητής τηλεφωνίας (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

- Οι χώροι που επιβαρύνονται από τις κεραίες αυτές είναι αυτοί που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση.
- Ακόμα και αν το κινητό τηλέφωνο δεν έχει καλό σήμα σε κάποιον χώρο, δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει κοντά κεραία από κάποιον άλλο πάροχο.
- Επιβάλλεται να μετρηθεί η ακτινοβολία που υπάρχει στο σπίτι ή στον χώρο εργασίας είτε χρησιμοποιώντας Μετρητή Ακτινοβολίας Υψηλών Συχνοτήτων ή ζητώντας Έλεγχο Ηλεκτρομαγνητικής Επιβάρυνσης. Το γεγονός αυτό βοηθάει να εντοπιστούν τα σημεία του χώρου που έχουν αυξημένα επίπεδα ακτινοβολίας ώστε να μετακινηθούν τα έπιπλα όπως το κρεβάτι σε άλλα σημεία πιο ασφαλή (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Κάποιοι απλοί τρόποι προστασίας από την εισερχόμενη ακτινοβολία είναι να καλυφθούν τα τζάμια με αυτοκόλλητη μεμβράνη ή να κρεμαστούν κουρτίνες που εμποδίσουν την ακτινοβολία να διεισδύσει στον χώρο (εικ. 4.7).



Εικόνα 4.7 Κουρτίνες και αυτοκόλλητη μεμβράνη που εμποδίζουν την ακτινοβολία να διεισδύσει στον χώρο (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

- Επίσης, υπάρχει μια ειδική μπογιά ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης με την οποία μπορούν να βαφτούν οι τοίχοι για περαιτέρω προστασία, καθώς και η τοποθέτηση πλέγματος ανοξειδώτου χάλυβα στους τοίχους και στο πάτωμα του σπιτιού (εικ.4.8).



Εικόνα 4.8 Μπογιά ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

- Τέλος, υπάρχουν οι κουνουπιέρες ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης που τοποθετούνται γύρω από το κρεβάτι και αποτρέπουν την διείσδυση της ακτινοβολίας (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)(εικ. 4.9).



Εικόνα 4.9 Κουνουπιέρες ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

4.2.3 Ασύρματο ρούτερ (WI-FI ή WLAN)

- Επειδή το ασύρματο ρούτερ εκπέμπει ακτινοβολία συνεχώς, ακόμα και όταν ο υπολογιστής που συνδέεται είναι κλειστός, είναι προτιμότερο η ασύρματη λειτουργία του να μένει απενεργοποιημένη και να χρησιμοποιείται το καλώδιο δικτύου για την σύνδεση στο internet
- Αν δεν απενεργοποιηθεί η ασύρματη λειτουργία του, ενδείκνυται να βρίσκεται σε δωμάτια που δεν χρησιμοποιούνται συχνά και να απενεργοποιείται τα βράδια (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>) (εικ. 4.10).



Εικόνα 4.10 Ασύρματο ρούτερ (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

4.2.4 Ασύρματο τηλέφωνο

- Αν και το ακουστικό του ασύρματου τηλεφώνου εκπέμπει ακτινοβολία μόνο κατά την διάρκεια της κλήσης, η βάση του εκπέμπει συνεχώς.
- Είναι ασφαλέστερο να χρησιμοποιούνται ενσύρματα τηλέφωνα ή ασύρματα τηλέφωνα μηδενικής ακτινοβολίας στα οποία η βάση εκπέμπει ακτινοβολία μόνο κατά την διάρκεια της κλήσης.
- Αν το ασύρματο τηλέφωνο δεν αντικατασταθεί, πρέπει να απομακρυνθεί από χώρους όπου ο χρήστης περνά πολλές ώρες και κατά την διάρκεια των κλήσεων να χρησιμοποιείται ανοικτή ακρόαση (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).

4.2.5 Ηλεκτρικές συσκευές- Φωτισμός

- Συσκευές καθημερινής χρήσης οι οποίες παράγουν υψηλά μαγνητικά πεδία είναι το πιστολάκι, η ηλεκτρική σκούπα, οι ξυριστικές μηχανές κ.τ.λ. Όμως δεν θεωρούνται βλαβερές για την υγεία γιατί η χρήση τους είναι ολιγόλεπτη (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Στους χώρους του σπιτιού που χρησιμοποιούνται περισσότερο όπως το υπνοδωμάτιο ή το καθιστικό δεν πρέπει να τοποθετούνται σε κοντινή απόσταση ηλεκτρικές συσκευές όπως η κουζίνα, ηλεκτρικές θερμάστρες, ηλεκτρικά ρολόγια, εκτυπωτές, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ψυγεία κ.α. γιατί εκπέμπουν μεγάλα ποσά ακτινοβολίας.

- Επίσης από το κρεβάτι πρέπει να απομακρύνονται συσκευές όπως φωτιστικά ή ξυπνητήρια με καλώδιο ιδιαίτερα αν χρησιμοποιούν διπολικό φως (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Μεγάλα ποσά ακτινοβολίας εκπέμπουν και τα στρώματα νερού καθώς και οι ηλεκτρικές κουβέρτες γι αυτό η χρήση τους πρέπει να αποφεύγεται.
- Οι ηλεκτρονικές συσκευές όπως οι λαμπτήρες φθορισμού και εξοικονόμησης ενέργειας, οι αντάπτορες εναλλασσόμενου ρεύματος κ.α. δεν πρέπει να τοποθετούνται σε εσωτερικούς χώρους γιατί παραμορφώνουν το σήμα του ηλεκτρικού φορτίου. Αντί αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες πυρακτώσεως ή λαμπτήρες αλογόνου οι οποίοι δεν έχουν ηλεκτρονική διάταξη.
- Τέλος, από τηλεοράσεις η ασφαλέστερη επιλογή είναι οι επίπεδες οθόνες νέας τεχνολογίας (LCD) γιατί εκπέμπουν λιγότερη ακτινοβολία από τα παλαιότερο μοντέλα (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).

4.2.6 Πυλώνες, καλώδια και υποσταθμοί ΔΕΗ

- Τα καλώδια μεταφέρουν υψηλή (150 kV) και υπερύψηλη τάση (400 kV) και καταλήγουν να συνδέονται με το δίκτυο διανομής μέσης (200 kV) και χαμηλής τάσης (400/230 Volt), ενώ για να συνδεθούν οι γραμμές γίνεται χρήση μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσης (υποσταθμοί ΔΕΗ) (εικ. 4.11).



Εικόνα 4.11 Πυλώνες της ΔΕΗ (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>)

- Οι υποσταθμοί της ΔΕΗ στην Αθήνα είναι 3.500 και είναι τοποθετημένοι σε υπόγεια κατοικιών, ενώ υπάρχουν και 12.000 σε υπαίθριους χώρους (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).
- Η ακτινοβολία των καλωδίων και των υποσταθμών της ΔΕΗ δεν διεισδύει στο εσωτερικό των κτηρίων γιατί την εμποδίζουν τα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιούνται. Επίσης, στις υπόγειες γραμμές διανομής τα ηλεκτρικά πεδία εξουδετερώνονται λόγω της γείωσης τους.

- Είναι δύσκολο να υπολογιστούν οι τιμές των μαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται αλλά μια ένδειξη επιβάρυνσης του χώρου από πολύ υψηλές τιμές μαγνητικών πεδίων είναι αν αναβοσβήνει η οθόνη της τηλεόρασης. Η επιβάρυνση του χώρου μπορεί να μετρηθεί είτε με Μετρητή Ακτινοβολίας Χαμηλών Συχνοτήτων ή ζητώντας τον Έλεγχο Ηλεκτρομαγνητικής Επιβάρυνσης (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).

4.2.7 Καλώδια κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

- Στο εσωτερικό των τοίχων του σπιτιού υπάρχουν καλώδια τα οποία παράγουν ηλεκτρικά πεδία συνεχώς και μαγνητικά πεδία όταν λειτουργούν οι συσκευές που τροφοδοτούν.
- Όταν η μόνωση δεν έχει γίνει σωστά ή οι γειώσεις είναι ελλείψεις, τα ηλεκτρικά πεδία που εκπέμπουν τα καλώδια είναι πολύ υψηλά. Επιπλέον, όταν οι ηλεκτρικές συνδέσεις δεν έχουν γίνει σωστά υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς ή ηλεκτροπληξίας από τα υψηλά μαγνητικά πεδία που παράγονται (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).

Επομένως, κρίνεται απαραίτητο και εδώ να ελεγχθεί ο χώρος για υψηλές τιμές ακτινοβολίας είτε χρησιμοποιώντας έναν Μετρητή Ακτινοβολίας Χαμηλών Συχνοτήτων ή ζητώντας Έλεγχο Ηλεκτρομαγνητικής Επιβάρυνσης. Έτσι θα γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές για να μειωθεί η έκθεση (τροποποιημένο από <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής ήταν να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με την παρουσία ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο φυσικοθεραπευτήριο ως μέσο θεραπείας των ασθενών αλλά και στο περιβάλλον γενικότερα. Στόχος της εργασίας ήταν να αναφερθούν τα ηλεκτροθεραπευτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στο σύγχρονο εργαστήριο, να τονιστεί η θεραπευτική τους ιδιότητα, αλλά και να εξακριβωθούν μέσα από την υπάρχουσα βιβλιογραφία οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει η ακτινοβολία στο κάθε σύστημα του οργανισμού χωριστά. Η συλλογή των πληροφοριών αυτών αποσκοπεί στην βέλτιστη κατανόηση των μέτρων ασφαλείας που πρέπει να τηρηθούν για την αποφυγή των κινδύνων που η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να επιφέρει. Συνεπώς, θα παρθούν τα κατάλληλα μέτρα κατά τον σχεδιασμό ενός εργαστηρίου φυσικοθεραπείας, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική έκθεση τόσο του ασθενούς όσο και του θεραπευτή σε αυτήν.

Σύμφωνα με τα άρθρα που συλλέχθηκαν από διάφορες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στις βλαβερές επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διάφορα συστήματα έμβιων οργανισμών, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δρα στο κύτταρο διαταράσσοντας την ηλεκτροχημική ισορροπία του με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η λειτουργία του. Στην αναπαραγωγικότητα η ακτινοβολία φαίνεται να προκαλεί μείωση της αναπαραγωγικής ικανότητας, κατακερματισμό του DNA των γενετικών κυττάρων έως και κυτταρικό θάνατο. Συμβάλλει στην μείωση του μεγέθους των ωοθηκών, συρρίκνωση του αυλού των σπερματικών σωληναρίων και του μεγέθους των όρχεων. Επίσης, παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας του σπέρματος, μείωση του αριθμού των εγκύων θηλυκών, ενώ η γονιμοποιητική ικανότητα των αρσενικών δεν επηρεάστηκε, και τέλος φάνηκε ότι οι μεταλλάξεις των γεννητικών κυττάρων είναι πιθανό να μεταφερθούν στους απογόνους μέσω του σπέρματος. Στον καρκίνο του πνεύμονα από την άλλη πλευρά η ακτινοβολία παράγει ιοντική διέγερση και αύξηση της θερμοκρασίας στον ιστό του όγκου οδηγώντας σε πηκτική νέκρωση αυτού. Επομένως, μπορεί να χαρακτηριστεί ως θεραπευτική μέθοδος στην περίπτωση αυτή. Στο ΚΝΣ τα αποτελέσματα που εμφανίστηκαν ήταν διάσπαση της μονής και διπλής έλικας του DNA σε μεμονωμένα κύτταρα του εγκεφάλου, μεταβολές στην έκφραση 143 συνολικά πρωτεϊνών και αύξηση του ρυθμού συναρμολόγησης των μικροσωληνίσκων των νευρικών κυττάρων του νωτιαίου μυελού σε έρευνα με βατράχους. Αναφέρθηκε όμως ότι εφόσον η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παραμένει σταθερή σε μη θερμικό εύρος και αφού καμία μελέτη δεν έχει αποδείξει ανεπιθύμητες επιπτώσεις στον οργανισμό σε αυτό το εύρος, οι παρενέργειες που μπορούν να εμφανιστούν θεωρούνται ελάχιστες. Σε μια ευρύτερη κλίμακα στον οργανισμό των ανθρώπων και άλλων ζώων, οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που παρατηρήθηκαν ήταν μείωση του σωματικού βάρους και αυξημένη διεγερτικότητα, ενώ φάνηκε ότι η χορήγηση μελατονίνης αποκατέστησε τις επιπλοκές. Επίσης, παρατηρήθηκε αυξημένο άγχος, αύξηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, μείωση της κινητικότητας και της δραστηριότητας εξερεύνησης σε άλλες έρευνες, καθώς και μείωση της ικανότητας προσανατολισμού στον χώρο, ενώ δεν σημειώθηκε καμία ανιχνεύσιμη επίδραση της ακτινοβολίας στο ανοσοποιητικό σύστημα. Επιπλέον, αναφέρθηκε να υπάρχει μετά από ακτινοβολία, αύξηση της θερμοκρασίας του παχέος εντέρου, πραγματοποίηση μεταβολικών και αγγειοκινητικών μεταβολών στο σώμα προκειμένου να εξασφαλιστεί μια σταθερή θερμοκρασία και ενεργοποίηση των θερμορυθμιστικών μηχανισμών, ώστε να εμποδιστεί η αποθήκευση θερμότητας στο σώμα. Από την άλλη πλευρά, φάνηκε ότι το αίμα παρουσιάζει σημαντική αντίσταση κατά την διάρκεια εφαρμογής ρεύματος και ότι εξαιτίας των

μηχανισμών θερμορύθμισης η θερμοκρασία του υποθαλάμου στον ανθρώπινο εγκέφαλο δεν σημείωσε σημαντική αύξηση μετά από έκθεση σε ακτινοβολία. Επιπροσθέτως, αναφέρθηκε ότι η επίδραση της ακτινοβολίας στην κρανιακή κοιλότητα δημιούργησε μείωση στην θερμοκρασία του δέρματος και του κορμού, καθώς και ότι η ενέργεια της στον υποθάλαμο προκάλεσε περισσότερες αρνητικές επιπτώσεις από ότι όταν βρίσκεται σε όλη την κρανιακή κοιλότητα. Όσον αναφορά το αιμοποιητικό σύστημα και τον μυελό των οστών, η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία επιδρά προκαλώντας αύξηση του αριθμού των μονοπύρηνων του περιφερικού αίματος και βλάβη στο DNA, ενώ η έκθεση σε δισφαινόλη προκαλεί μείωση στον αριθμό τους. Επίσης, στον μυελό των οστών μετά από ακτινοβολία παρατηρείται απόπτωση από την οποία παρέχει προστασία η πρωτεΐνη HSP25. Στα βλαστικά κύτταρα προκαλείται απόπτωση, ενώ σε μικρότερες δόσεις τα βλαστοκύτταρα διαφοροποιούνται και αναπτύσσονται έξω από την αποικία. Η μεγαλύτερη ευαισθησία των βλαστικών κυττάρων φάνηκε να προκαλείται από την ιονίζουσα ακτινοβολία. Η δραστηριότητα της μελατονίνης σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις επηρεάζεται από την ακτινοβολία, καθώς αυτή επιδρά στην σύσταση του Ca^{2+} και επηρεάζει την δραστηριότητα της μελατονίνης σε ένα ευρύ φάσμα μήκους κύματος. Τα ιόντα Ca^{2+} που βρίσκονται στα επιφυσιακά κύτταρα, συμβάλλουν στην σύνθεση του κυκλικού AMP, το οποίο βοηθάει στην μετατροπή της σεροτονίνης σε μελατονίνη. Με την απομάκρυνση τους από τα επιφυσιακά κύτταρα μειώνεται ταυτόχρονα και το επίπεδο του κυκλικού AMP, με αποτέλεσμα να καταστέλλεται η παραγωγή της μελατονίνης. Τέλος, τα μαγνητικά πεδία κατά την διάρκεια συνεχούς έκθεσης, επέδρασαν στην θερμοκρασία του τύμπανου του αυτιού αυξάνοντας την σημαντικά. Όταν η έκθεση ήταν διαλείπουσας μορφής η θερμοκρασία του τυμπάνου μειωνόταν.

Επομένως, με βάση τις δυσμενείς επιπτώσεις που φαίνεται να προκαλεί η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στους ιστούς των έμβιων οργανισμών, κρίνεται απαραίτητο να τεθούν μέτρα προστασίας για να αποφευχθούν τυχόν επιπλοκές που μπορούν να προκύψουν στην υγεία.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι προστασίας από την ακτινοβολία που υπάρχει στο περιβάλλον και η οποία παράγεται από κινητά τηλέφωνα, κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ασύρματα τηλέφωνα, ασύρματα ρούτερ, ηλεκτρικές συσκευές, συσκευές φωτισμού, πυλώνες, καλώδια και υποσταθμοί της ΔΕΗ, όσο και από καλώδια κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Οι τρόποι αυτοί πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, αν και διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τύπο της ακτινοβολίας. Εκτός από την δεδομένη λύση η οποία προτείνει να αποφεύγεται όσο είναι δυνατό η άσκοπη έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού σε ακτινοβολία με το να μειώνεται για παράδειγμα ο χρόνος ομιλίας σε κινητά και ασύρματα τηλέφωνα καθώς και να κάνοντας χρήση hands-free κατά την διάρκεια μιας κλήσης, υπάρχουν και άλλες προτεινόμενες λύσεις προστασίας από την ήδη υπάρχουσα ακτινοβολία στον χώρο. Η αρχική ενέργεια που πρέπει να πραγματοποιείται σε κάθε περίπτωση είναι η μέτρηση της ακτινοβολίας που υπάρχει στο σπίτι ή στον χώρο εργασίας είτε με Μετρητή Ακτινοβολίας Υψηλών Συχνοτήτων ή ζητώντας έλεγχο ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης. Για την καλύτερη μόνωση του χώρου, κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιούνται κατάλληλα οικοδομικά υλικά που προσφέρουν παθητική θωράκιση, χρήση αγωγίμων υλικών όπως το μέταλλο, υψηλής διαπερατότητας πολυεπίπεδη λαμαρίνα και τοποθέτηση πλέγματος ανοξειδωτού χάλυβα στους τοίχους και στο πάτωμα του σπιτιού. Κατά την τοποθέτηση των καλωδίων των κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, πρέπει οι γειώσεις τους να γίνονται σωστά έτσι ώστε να εξουδετερώνονται τα ηλεκτρικά τους πεδία. Επίσης, οι τοίχοι των κτιρίων μπορούν να βάφονται με μπογιά ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης για περαιτέρω προστασία. Τέλος, υπάρχουν ειδικές αυτοκόλλητες μεμβράνες για τζάμια και ειδικές κουρτίνες οι οποίες εμποδίζουν την εισερχόμενη ακτινοβολία, όπως και κουνουπιέρες ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης που τοποθετούνται γύρω από το κρεβάτι και αποτρέπουν την διείσδυση της.

Στον χώρο του φυσικοθεραπευτηρίου κύριο μέλημα του θεραπευτή είναι η αποφυγή έκθεσης του ίδιου και των ασθενών σε υπερβολικά ποσά ακτινοβολίας. Αρχικά, πρέπει οι συσκευές ηλεκτροθεραπείας να περνούν από τους προγραμματισμένους ετήσιους τεχνικούς ελέγχους έτσι ώστε να γίνεται πιστοποίηση της ασφαλούς λειτουργίας τους. Αν παρουσιαστεί οποιοδήποτε σφάλμα κατά την λειτουργία κάποιου μηχανήματος, πρέπει να καλείται αμέσως τεχνικός και η συσκευή να μην χρησιμοποιείται μέχρι να επισκευαστεί πλήρως. Ο φυσικοθεραπευτής είναι υποχρεωμένος να γνωρίζει τον ακριβή τρόπο λειτουργίας της κάθε συσκευής, να ακολουθεί τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας και να ενημερώνει τους ασθενείς για τα θεραπευτικά αποτελέσματα και τους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν πριν το ξεκίνημα της θεραπείας. Επίσης, στον χώρο που πραγματοποιείται η θεραπεία και υπάρχει υψίσυχνος εξοπλισμός προτείνεται η τοποθέτηση προειδοποιητικής πινακίδας. Στο δωμάτιο ηλεκτροθεραπείας στο οποίο χρησιμοποιούνται ρεύματα χαμηλής και μέσης συχνότητας, οι συσκευές με υψηλές συχνότητες ρευμάτων δεν πρέπει να βρίσκονται σε λειτουργία όταν η απόσταση από αυτά είναι μικρότερη από 4 μέτρα. Ένα ακόμα πρωτόκολλο αναφέρει ότι κατά την διάρκεια της εφαρμογής διαθερμιών βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων δεν επιτρέπεται να υπάρχουν μεταλλικά και ηλεκτρικά αντικείμενα στο χώρο θεραπείας και το κρεβάτι πρέπει να είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού. Τα μεταλλικά αντικείμενα που φοράει ο ασθενής πρέπει να απομακρύνονται από την θεραπευόμενη περιοχή. Επίσης και κατά την χρήση μαγνητικών πεδίων ως μέσο θεραπείας, πρέπει πριν την έναρξη της θεραπείας όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που έχει πάνω του ο ασθενής καθώς και οι συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα ή ηλεκτρονικά ρολόγια να απομακρύνονται. Τέλος, ο χώρος θεραπείας και ειδικότερα το δωμάτιο που πραγματοποιείται η ηλεκτροθεραπεία και στο οποίο συγκεντρώνονται τα μεγαλύτερα ποσά ακτινοβολίας, μπορεί να διαμορφωθεί με τους τρόπους που προαναφέρθηκαν όπως για παράδειγμα να χρησιμοποιούνται ειδικές μογιές ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης ή οικοδομικά υλικά κατά την κατασκευή του χώρου που να προσφέρουν παθητική θωράκιση από αυτήν. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει κατάλληλη μόνωση του δωματίου αυτού από τον υπόλοιπο χώρο θεραπείας, και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από τα μηχανήματα να μην επηρεάζει τους ασθενείς που βρίσκονται στα διπλανά δωμάτια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szymczak, W., & Zmyslony, M. 2012, Changes in tympanic temperature during the exposure to electromagnetic fields emitted by mobile phone. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 25(2):145-150.
- 2) Chavdoula, E.D., Panagopoulos, D.J., & Margaritis, L.H. 2010, Comparison of biological effects between continuous and intermittent exposure to GSM-900-MHz mobile phone radiation: Detection of apoptotic cell-death features. *Mutation research*, 700(1-2):51-61.
- 3) Dobrzynska, M.M. 2012, Male-mediated F1 effects in mice exposed to nonylphenol or to a combination of X-rays and nonylphenol. *Drug and chemical toxicology*, 35(1):36-42.
- 4) Εποκα, R.M. 2007. Αρχές βιομηχανικής & Φυσιολογίας της κίνησης. Γενική επιμέλεια Ελληνικής έκδοσης από τα Αγγλικά από Κουτσιλιέρης, Μ. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- 5) Fragopoulou, A.F., Samara, A., Antonelou, M.H., Xanthopoulou, A., Papadopoulou, A., Vougas, K., Koutsogiannopoulou, E., Anastasiadou, E., Stravopodis, D.J., Tsangaris, G.T. & Margaritis, C.H. 2012, Brain proteome response following whole body exposure of mice to mobile phone or wireless DECT base radiation. *Electromagnetic biology and medicine*, 31(4):250-274.
- 6) Ghardi, M., Morreels, M., Chatelain, B., Chatelain, C., & Baatout, S. 2012, Radiation-induced double strand breaks and subsequent apoptotic DNA fragmentation in human peripheral blood mononuclear cells. *International journal of molecular medicine*, 29(5):769-780.
- 7) Guyton, A.C., 2004. Φυσιολογία του ανθρώπου. 5 Ed. Μετάφραση-Επιμέλεια από τα Αγγλικά από Ευαγγέλου, Α. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.
- 8) Home biology. 2013. Τρόποι προστασίας από ακτινοβολίες κινητών, ασυρμάτων, κεραιών, πύλωνων, (online) Διαθέσιμο από: <http://www.home-biology.gr/index.php/tropoi-prostasias-aktinovolies> (Πρόσβαση 1 Σεπτεμβρίου 2013).
- 9) Hossmann, K-A., & Hermann, D.M. 2003, Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics*, 24:49-62.
- 10) Jin, Y.B., Pyun, B.J., Jin, H., Choi, H.D., Pack, J.K., Kim, N., & Lee, Y.S. 2012, Effects of simultaneous combined exposure to CDMA and WCDMA electromagnetic field on immune functions in rats. *International journal of radiation biology*, 88(11):814-821.
- 11) Khirazova, E.E., Baizhumanor, A.A., Trofimova, L.K., Deev, L.I., Maslova, M.V., Sokolova, N.A., & Kudryashova, N.Y. 2012, Effects of GSM-Frequency Electromagnetic radiation on some physiological and Biochemical Parameters in Rats. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 153(6):816-819.
- 12) Kumar, S., Behari, J., & Sisodia, R. 2013, Influence of electromagnetic fields on reproductive system of male rats. *International journal of radiation biology*, 89(3):147-154.

- 13) Lai, H., & Singh, N.P. 1996, Single-and double- strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *International journal of radiation biology*, 69(4):513-521.
- 14) Lai, H., & Singh, N.P. 1997, Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics*, 18(6):446-454.
- 15) Lee, H.J., Kwon, H.C., Chuny, H.Y., Lee, Y.J., & Lee, Y.S. 2012, Recovery from radiation-induced bone marrow damage by HSP25 through Tie 2 signaling. *International journal of radiation oncology, biology, physics*, 84(1):e85-93.
- 16) Lotz, W.G., & Saxton, J.L. 1987, Metabolic and Vasomotor responses of rhesus monkeys exposed to 225-MHz radiofrequency energy. *Bioelectromagnetics*, 8:73-89.
- 17) Olmi, R., Bini, M., Ignesti, A., Feroldi, P., Spiazzi, L., & Bodini, G. 1997, Hyperaemia evaluation in clinical diathermy by four-electrode impedance measurements. *Physics in Medicine and Biology*, 42(1):251-261.
- 18) Panagopoulos, D.J., Karabarounis, A., & Margaritis, L.H. 2002, Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 298(1):95-102.
- 19) Panagopoulos, D.J., Chavdoula, E.D., Nezis, I.P., & Margaritis, L.H. 2007, Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation. *Mutation research*, 626(1-2):69-78.
- 20) Panagopoulos, D.J. 2012, Effect of microwave exposure on the ovarian development of *Drosophila melanogaster*. *Cell biochemistry and biophysics*, 63(2):121-132.
- 21) Panyutin, I.V., Eniafe, R., Panyutin, I.G., & Neumann, R.D. 2012, Effect of 5-[(125)I] iodo-2'-deoxyuridine uptake on the proliferation and pluripotency of human embryonic stem cells. *International journal of radiation biology*, 88(12):954-960.
- 22) Piegay, F., Girard, N., & Mornex, J.F. 2012, Stereotactic radiotherapy and radiofrequency ablation for early-stage lung cancer. *Bulletin du cancer*, 99(11):1077-1081.
- 23) Radzikowska, J., Gajowik, A., & Dobrzynska, M. 2012, [Induction of micronuclei in peripheral blood and bone marrow reticulocytes of male mice after subchronic exposure to x-rays and bisphenol A]. *Roczniki Pan'stwowego Zakladu Higieny*, 63(1):17-23.
- 24) Rapoport, S.I., & Breus, T.K. 2011, [Melatonin as a most important factor of natural electromagnetic fields impacting patients with hypertensive disease and coronary heart disease. Part 1]. *Klinicheskaia medistina*, 89(3):9-14.
- 25) Robertson, V., Ward, A., Low, J., Reed, A. 2011, Ηλεκτροθεραπεία: Βασικές Αρχές και Πρακτική Εφαρμογή. 4 Ed. Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης από τα Αγγλικά από Κατσουλάκης, Κ. Δ. Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε.
- 26) Samsonov, A., & Popov, S.V. 2013, The effect of a 94 GHz electromagnetic field on neuronal microtubules. *Bioelectromagnetics* 34(2):133-144.

- 27) Sokolovic, D., Djordjevic, B., Kocic, G., Babovic, P., Ristic, G., Stanojkovic, Z., Sokolovic, D.M., Veljkovic, A., Jankovic, A., & Radovanovic, Z. 2012, The effect of melatonin on body mass and behaviour of rats during an exposure to microwave radiation from mobile phone. Bratislavske lekarske listy, 113(5):265-269.
- 28) Watson, T. 2011. Ηλεκτροθεραπεία: Τεκμηριωμένη Πρακτική, Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης από τα Αγγλικά από Στριμπάκος, Ν. Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
- 29) Way, W.I., Kritikos, H., & Schwan, H. 1981, Thermoregulatory physiologic responses in the human body exposed to microwave radiation. Bioelectromagnetics, 2:341-356.
- 30) Γιόκαρης, Π., 2007. θεραπευτικά σχήματα: κλινική Ηλεκτροθεραπεία, Αθήνα: Γραφικές τέχνες ΓΡΑΜΜΑ Α.Ε.
- 31) Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. 2013. Μέτρα προστασίας, (online) Διαθέσιμο από: <http://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/> (Πρόσβαση 1 Σεπτεμβρίου 2013).
- 32) Φραγκοράπτης, Ε. 2008. Εφαρμοσμένη Ηλεκτροθεραπεία: θεωρία και πράξη μεθόδων ηλεκτροθεραπείας. Θεσσαλονίκη: Λιθογραφία.