



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ

**Μελέτη Επιδράσεων της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας
Από Κινητά Τηλέφωνα και Σταθμούς Βάσης Στον
Ανθρώπινο Οργανισμό.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΧΑΗΛ Ν. ΠΑΝΤΕΛΗΣ

Επιβλέπουσα: Διδώ Γιόβα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Φεβρουάριος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ

**Μελέτη Επιδράσεων της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας
Από Κινητά Τηλέφωνα και Σταθμούς Βάσης Στον
Ανθρώπινο Οργανισμό.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΧΑΗΛ Ν. ΠΑΝΤΕΛΗΣ

Επιβλέπουσα: Διδώ Γιόβα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 17^η Μαΐου 2013.

.....

Διδώ Γιόβα.

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....

Δημήτριος Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Κώστας Πολιτόπουλος

Λέκτορας Ε.Μ.Π

.....
ΜΙΧΑΗΛ Ν. ΠΑΝΤΕΛΗΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΜΙΧΑΗΛ Ν. ΠΑΝΤΕΛΗΣ

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	IX
ABSTRACT	X
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	1
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	1
1.2 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία	1
1.3 Ηλεκτρομαγνητικά κύματα	2
1.4 Φυσικά και τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία	3
1.5 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	4
1.6 Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία	5
ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ.....	7
2.1 Ένταση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και πυκνότητα ισχύος	7
2.2 Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης (EPA).....	8
2.2.1 Σύγκριση EPA και έντασης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.....	10
2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τον EPA και τις βιολογικές επιδράσεις	10
ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	14
3.1 Αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με βιολογικά υλικά.....	14
3.2 Αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με τον άνθρωπο	16
3.3 Θερμικές και μη θερμικές επιδράσεις	17
ΚΙΝΗΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ	19
4.1 Εισαγωγικά.....	19
4.2 Κινητό τηλέφωνο και δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.....	21
4.2.1 Σταθμοί βάσης.....	21
4.2.2 Κυψελωτό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας	22
4.3 Λειτουργία κινητού	25
4.4 Κεραίες κινητής τηλεφωνίας.....	26
4.5 Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα.....	28
4.6 Το σύστημα GSM.....	29
4.7 Το σύστημα UMTS	29
4.8 Ισχύς εκπομπής κινητών τηλεφώνων	30
4.8.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την έκθεση από τη χρήση κινητών τηλεφώνων.	31
4.9 Ισχύς σταθμών βάσης.....	32
4.10 Όρια ασφαλείας για την ακτινοβολία κινητών τηλεφώνων στην Ελλάδα.	35
4.10.1 Όρια για τους σταθμούς βάσης και τις κεραίες.....	35

4.10.2 Όρια για τα κινητά τηλέφωνα.....	35
4.11 Μετρήσεις ακτινοβολίας κινητών τηλεφώνων.....	36
4.12 Υπολογισμός ασφαλούς απόστασης από κεραία κινητής τηλεφωνίας.....	38
4.13 Hands free-Bluetooth.....	40
4.14 Συμβουλές για ασφαλέστερη χρήση του κινητού τηλεφώνου.....	40
ΕΡΕΥΝΕΣ	42
5.1 Μέθοδοι μελέτης	42
5.2 Βιολογικές μελέτες.....	43
5.2.1 Μελέτες σε καλλιέργειες κυττάρων και ιστών (in vitro).....	43
5.2.1.1 Καρκίνος και Γονοτοξικότητα.....	44
5.2.1.2 Νευρικό σύστημα	52
5.2.1.3 Γονιμότητα	53
5.2.1.4 Ανοσοποιητικό Σύστημα.....	54
5.2.1.5 Ενδοκρινικό σύστημα.....	55
5.2.1.6 Ασβέστιο	55
5.2.1.7 Γενικά σχόλια για τις in-vitro έρευνες.....	56
5.2.2 Μελέτες σε πειραματόζωα (in vivo).....	57
5.2.2.1 Γονοτοξικότητα και καρκινογένεση.....	58
5.2.2.2 Επίδραση στο νευρικό σύστημα και στην συμπεριφορά (in-vivo).....	64
5.2.2.3 Επιδράσεις στην αναπαραγωγή και στην ανάπτυξη.....	74
5.2.2.4 Άλλες φυσιολογικές και παθολογικές αλλοιώσεις	80
5.2.2.5 Σχόλια για τις in-vivo έρευνες σε πειραματόζωα.....	84
5.2.3 Εργαστηριακές μελέτες σε ανθρώπους	85
5.2.3.1 Γνωστικές μελέτες.....	86
5.2.3.2 Καρδιακός ρυθμός, πίεση αίματος και μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού	87
5.2.3.3 Ενδοκρινικό σύστημα.....	88
5.2.3.4 Οπτικό σύστημα	88
5.2.3.5 Συμπεράσματα και σχόλια για τις εργαστηριακές μελέτες σε ανθρώπους....	88
5.2.3.6 Πρόσφατες έρευνες για ανθρώπινες μελέτες στο εργαστήριο.....	89
5.2.3.7 Υποκειμενικά συμπτώματα	91
5.3 Επιδημιολογικές Μελέτες.....	94
5.3.1 Επιδημιολογικές Έρευνες.....	95
5.3.1.1 INTERPHONE.....	95
5.3.1.2 Έρευνες στον πληθυσμό.....	98
5.3.1.3 Έρευνες στους εργαζόμενους.....	100

5.3.1.4 Σχόλια και συμπεράσματα για τις επιδημιολογικές μελέτες	100
5.3.1.5 Ζητήματα μεθοδολογίας.....	101
5.3.1.6 Νέες έρευνες στον πληθυσμό	102
5.3.1.7 Έρευνες για επιδράσεις στα παιδιά	103
5.4 Δοσιμετρικές έρευνες με ανθρώπινα μοντέλα.....	107
5.5 Έμμεσες επιδράσεις της RF ακτινοβολίας: Παρεμβολές στη λειτουργία ιατρικών συσκευών.....	114
5.6 Σχόλια και συμπεράσματα για τις έρευνες.....	118
ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	122
6.1 Ιστορικά.....	122
6.2 Γενικά για τα όρια	123
6.3 Τα όρια με βάση τις θερμικές επιδράσεις.....	123
6.4 Τα όρια στις ανατολικές χώρες με βάση τις μη-θερμικές επιδράσεις	130
6.5 Τα όρια σε διάφορες χώρες	131
6.6 Τα όρια στην Ελλάδα	133
6.6.1 ΕΕΑΕ (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας)	136
6.7 Γενικά για τα όρια της ICNIRP	137
ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΟ ΚΟΙΝΟ	138
7.1 Αντίληψη/αποδοχή κινδύνου.....	138
7.2 Κοινωνική αντίδραση κατά της τεχνολογίας.....	141
7.3 Κατανόηση πλεονεκτημάτων	141
7.4 Αρχή της προφύλαξης	142
7.5 Επικοινωνία με το κοινό.....	144
7.5.1 Ηθική και Επαγγελματική Ευθύνη των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης.....	149
7.6 Συμπεράσματα, σχόλια, προτάσεις για τα κοινωνικά θέματα	150
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	151
8.1 Στατιστικά της παρούσας διπλωματικής.....	154
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	158

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κινητή τηλεφωνία έχει πλέον διεισδύσει στην κοινωνία μας σε τέτοιο βαθμό όπου καθημερινά δισεκατομμύρια άνθρωποι σε όλο το κόσμο κάνουν χρήση των συσκευών κινητής τηλεφωνίας και έρχονται σε επαφή με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις συσκευές αυτές και τους σταθμούς βάσης.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι διερευνήσει τις επιδράσεις που μπορεί να έχει η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από κινητά και σταθμούς βάσεις στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

Η διπλωματική δομήθηκε ως εξής:

Στο κεφάλαιο 1 περιγράφονται οι γενικές έννοιες που σχετίζονται με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται τα μεγέθη μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Στο κεφάλαιο 3 αναλύεται η αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με βιολογικά υλικά και κυρίως με τον άνθρωπο.

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφονται οι έννοιες σχετικά με την κινητή τηλεφωνία ,γίνεται αναφορά στην δομή της και στον τρόπο λειτουργίας των κινητών.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται ένα μεγάλο μέρος τις πρόσφατης επιστημονικής έρευνας σχετικά με τις αρνητικές επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από κινητά και σταθμούς βάσεις στην υγεία ανθρώπων και ζώων. Οι έρευνες χωρίστηκαν με βάση τη μεθοδολογία τους.

Στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται τα όρια ασφαλείας που έχουν θεσπίσει για την προστασία των ανθρώπων από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία οι διεθνείς οργανισμοί και τα όρια που ισχύουν στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο 7 διερευνώνται τα κοινωνικά ζητήματα που προκύπτουν σχετικά με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, η κατανόηση του κινδύνου, η επικοινωνία με το κοινό και η λειτουργία των Μ.Μ.Ε και οι αρχές προφύλαξης από τις δημόσιες αρχές.

Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις που προέκυψαν από την ανάλυση των ερευνών και παρατίθενται σχετικά διαγράμματα με τη στατιστική των ερευνών της παρούσας διπλωματικής.

Λέξεις κλειδιά: ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όρια ασφαλείας, επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, έρευνες , κινητά τηλέφωνα ,σταθμοί βάσης, ειδικός ρυθμός απορρόφησης.

ABSTRACT

Mobile telephony has now infiltrated our society to such an extent that daily billion people around the world make use of mobile devices and come in contact with the electromagnetic radiation emitted from these devices and base stations.

The purpose of this diploma thesis is to investigate the potential effects of electromagnetic radiation emitted from mobile phones and base stations on human health.

Structure of diploma thesis:

Chapter 1 describes the general concepts associated with electromagnetic radiation.

Chapter 2 describes dosimetry of electromagnetic radiation.

Chapter 3 analyzes the interaction of electromagnetic radiation with biological materials and mostly with humans.

Chapter 4 describes the concepts related to mobile telephony, reference is also made to mobile network and how mobile phones work.

Chapter 5 presents a large part of recent scientific research on the adverse effects of electromagnetic radiation from mobile and base stations on human and animal health. The studies were divided based on their methodology.

Chapter 6 presents safety limits of electromagnetic radiation from different international committees and safety limits in Greece.

Chapter 7 explores the social issues raised on the use of mobile phone, understanding the risk of using mobile phones, communication with the public, the media and precautionary practices by public authorities.

Chapter 8 presents the conclusions and recommendations resulting from the analysis of the researches and the statistics of the included research in this diploma thesis.

Key words: electromagnetic radiation, safety limits, effects on human health, research, mobile phone, base stations, specific absorption rate.

Κεφάλαιο 1

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Από την εποχή του Ιπποκράτη βλέπουμε την πεποίθηση του ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προέρχεται από τον ήλιο, η οποία ανήκει στην οπτική περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, έχει βιολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο καθώς ο ίδιος προσπάθησε να θεραπεύσει τους ασθενείς του που είχαν όγκο στο στήθος με έκθεση τους σε Η/Μ ακτινοβολία (ηλιοθεραπεία). Από τον 18ο αιώνα αυξάνονται οι προσπάθειες θεραπείας όγκων, αιμορραγιών και ανευρυσμάτων διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στους προσβεβλημένους ιστούς.

Μετά τον β' παγκόσμιο πόλεμο και τη χρήση των ραντάρ δημιουργήθηκαν οι πρώτες ανησυχίες για τις αρνητικές επιδράσεις της Η/Μ ακτινοβολίας στον άνθρωπο.

Το 1974 η Αμερικανίδα γιατρός Νάνσυ Βέρτχαϊμερ πραγματοποίησε την πρώτη επιδημιολογική μελέτη με τη βοήθεια του φυσικού Εντ Λίπερ για τις βιολογικές επιπτώσεις και συγκεκριμένα την παιδική λευχαιμία από την Η/Μ ακτινοβολία.

Έκτοτε έχουν γίνει εκατοντάδες διεθνείς έρευνες από ανεξάρτητα πανεπιστήμια και δημόσιους φορείς με αντιφατικά αποτελέσματα και συμπεράσματα.

Η τρομερή ανάπτυξη και εκτεταμένη χρήση συσκευών που εκπέμπουν Η/Μ ακτινοβολία όπως κινητά τηλέφωνα, ραντάρ, τηλεόραση, ασύρματο διαδίκτυο και πλήθος άλλων συσκευών που έχουν κατακλίσει την κοινωνία μας καθιστά απαραίτητη την περαιτέρω έρευνα και μελέτη για τις βιολογικές επιδράσεις των Η/Μ ακτινοβολιών.

1.2 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Ο χώρος που περιβάλλει ένα ηλεκτρικό φορτίο και άρα μέσα σε αυτόν ασκούνται δυνάμεις σε άλλα ηλεκτρικά φορτισμένα αντικείμενα ονομάζεται ηλεκτρικό πεδίο. Τα ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται από διαφορές της τάσης: όσο μεγαλύτερη είναι η τάση, τόσο ισχυρότερο είναι το πεδίο που δημιουργείται. Αντίστοιχα ο χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα ονομάζεται μαγνητικό πεδίο. Τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται όταν υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος: όσο υψηλότερη είναι η ροή του ρεύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου.

Το μέγεθος που μας δείχνει πόσο ισχυρό είναι το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα σημείο του ονομάζεται ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και συμβολίζεται με (E). Αντίστοιχα το μαγνητικό πεδίο περιγράφεται από την ένταση του που συμβολίζεται με (H) και την μαγνητική επαγωγή (B).

Εάν η ένταση του πεδίου παραμένει σταθερή με το χρόνο το πεδίο ονομάζεται στατικό διαφορετικά εάν αλλάζει μέτρο και φορά ονομάζεται μεταβαλλόμενο ή εναλλασσόμενο.

Σε αντίθεση με το ηλεκτρικό πεδίο, το μαγνητικό πεδίο διαπερνά και τα οικοδομικά υλικά και το ανθρώπινο σώμα, ενώ η θωράκιση έναντι μαγνητικού πεδίου είναι κατά κανόνα δύσκολη και απαιτεί τη χρήση ειδικών υλικών σε κατάλληλη διάταξη.

1.3 Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Τα ηλεκτρικά φορτία όταν ταλαντώνονται παράγουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντευόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης. (σχήμα 1.1)

Διαδίδονται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός (c) και μέσα στην ύλη με ταχύτητα λίγο μικρότερη από αυτή του φωτός.

Τα πεδία αυτά δεν είναι ορατά και συνήθως ούτε αισθητά. Το μέγεθος τους εξαρτάται από το ύψος της τάσης ή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει μέσα από τον αγωγό και μειώνονται ουσιαστικά και με πολύ γρήγορο ρυθμό με την αύξηση της απόστασης από την πηγή που τα δημιουργεί.

Όταν τα Η/Μ κύματα συναντούν ένα εμπόδιο τότε μπορεί μέρος αυτών να ανακλαστεί, να διαθλαστεί, να διαδοθεί μέσω του αντικείμενου ή να απορροφηθεί από το αντικείμενο. Ποια από όλες αυτές τις διαδικασίες θα επικρατήσει και σε τι ποσοστό, εξαρτάται από τη συχνότητα του Η/Μ κύματος, τη γωνία πρόσπτωσης, από το πόσο καλός αγωγός του ηλεκτρισμού είναι το αντικείμενο και ακόμη από το σχήμα του αντικείμενου. Στο σώμα του ανθρώπου, που έχει μέτρια, αγωγιμότητα, μπορεί να συμβούν όλα τα παραπάνω.

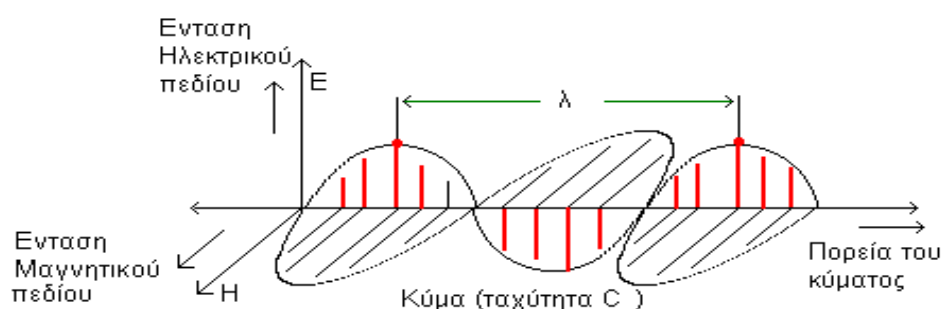
Τα σημαντικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων κυμάτων είναι η απόσταση που καλύπτεται από ένα κύκλο του κύματος, που ονομάζεται μήκος κύματος (λ), και ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο, που είναι η συχνότητα του κύματος (f).

Για οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα, το γινόμενο του μήκους κύματος και της συχνότητας ισούται με την ταχύτητα του φωτός: $c = \lambda * f$ ($c = 300.000 \text{ km/s}$).

Σημαντικό ρόλο στην μέτρηση των πεδίων παίζει η συχνότητα.

Η συχνότητα ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος εκφράζεται συνήθως σε μονάδες Hertz. Ένα Hz ισούται με ένα κύμα ανά δευτερόλεπτο.

Για συχνότητες μικρότερες από 10 MHz τα E,B είναι ασύνδετα και έτσι είμαστε αναγκασμένοι να τα μετράμε ξεχωριστά ενώ για μεγαλύτερες συχνότητες πάνω από 10MHz τα E,B συνδέονται με απλές σχέσεις μεταξύ τους όπως και με την πυκνότητα ισχύος (P) και άρα αρκεί απλά η μέτρηση του ενός μεγέθους για τον υπολογισμό των άλλων.



Σχήμα 1.1: Ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Τα μεγέθη που προαναφέραμε και οι μονάδες μέτρησης τους.

Μέγεθος	Συμβολισμός	Μονάδα μέτρησης
Ένταση Ηλεκτρικού πεδίου	E	Volt/meter (V/m)
Ένταση μαγνητικού πεδίου	H	Ampere/meter (A/m)
Μαγνητική επαγωγή	B	Tesla ή Gauss
Ισχύς	N	Watt (W)
Πυκνότητα ισχύος	P ή S	Watt/(meter) ²
Μήκος κύματος	λ	Meter(m)
Συχνότητα	f	Hertz (Hz)

Πίνακας 1.1

1.4 Φυσικά και τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία δημιουργούνται από ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε ένα ηλεκτρικό αγωγό, όπως είναι οι γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, οι ηλεκτρικές μηχανές και οι ηλεκτρικές συσκευές. Ηλεκτρομαγνητικά πεδία δημιουργούνται, επίσης, από το φυσικό μαγνητισμό της Γης και από άλλα φυσικά φαινόμενα και επομένως υπάρχουν παντού.

Ανάλογα με την πηγή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία χωρίζονται σε φυσικά και τεχνητά. Τα φυσικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία είναι αυτά που προέρχονται από την ίδια την φύση και δεν μπορούν να αποφευχθούν. Μερικά παραδείγματα είναι το στατικό πεδίο μεταξύ γης και ιονόσφαιρας, το μαγνητικό πεδίο της γης, επίσης οι κεραυνοί δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία και το ανθρώπινο σώμα έχει τα δικά του φυσικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία που στέλνουν μηνύματα στο νευρικό σύστημα. Στην πραγματικότητα κάθε σώμα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία εκπέμπει Η/Μ ακτινοβολία. Εκτός από τα στατικά πεδία η γη δέχεται και την επίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από τον ήλιο που κατά την διάρκεια των εκλάμψεων του εκπέμπει φάσμα που περιλαμβάνει τα ραδιοκύματα, το ορατό φως, το υπεριώδες και φτάνει μέχρι την περιοχή των ακτινών Roentgen.

Τα φυσικά ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί στην ίδια περιοχή συχνοτήτων εκπέμπει και ο εγκέφαλος του ανθρώπου. Έτσι δικαιολογείται η ευαισθησία του ανθρώπου στα φαινόμενα αυτά.

Κατά τον 20^ο αιώνα αυξήθηκε ραγδαία η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που δέχεται ο άνθρωπος από τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία που έχει δημιουργήσει ο ίδιος, όπως αυτά του δικτύου της Δ.Ε.Η, των οικιακών ηλεκτρονικών συσκευών αλλά και των κεραιών ραδιοτηλεοπτικών σταθμών, ραντάρ και κινητής τηλεφωνίας που όχι μόνο παράγουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία αλλά ταυτόχρονα στηρίζουν την λειτουργία τους σε αυτά.

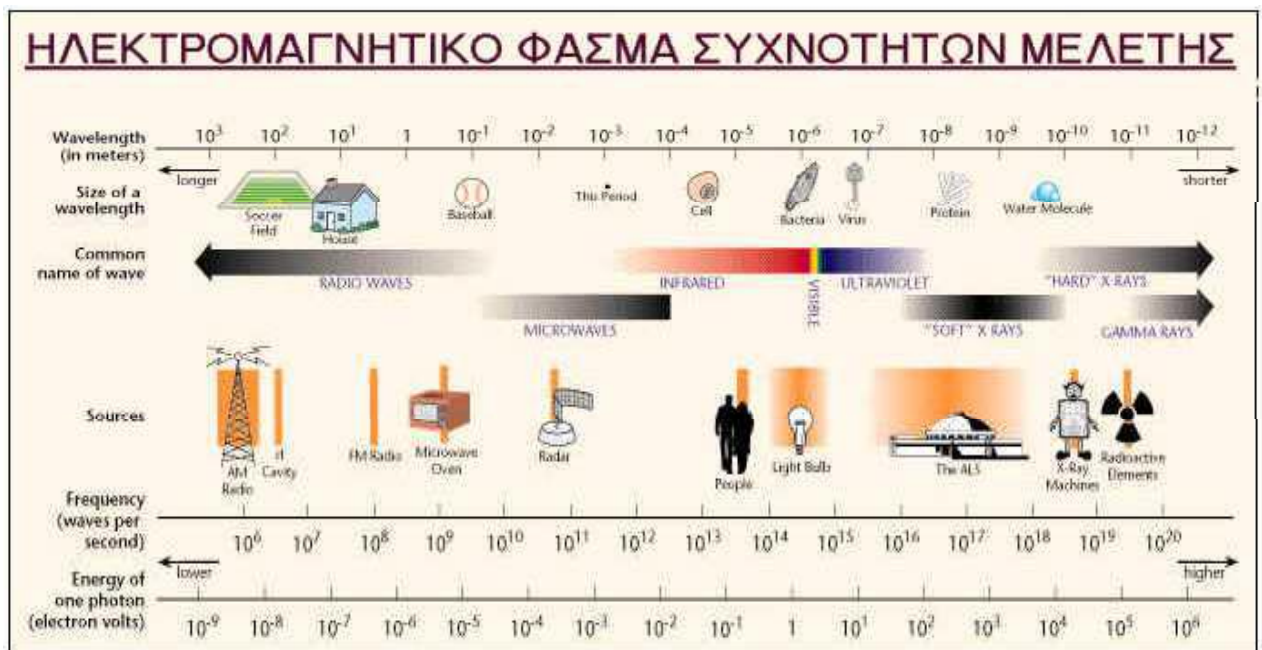
Η ένταση της ακτινοβολίας των τεχνητών πηγών ποικίλει αρκετά: μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη (όπως φούρνοι μικροκυμάτων, μεγάλης ισχύος laser, κεραιές ραντάρ ή κοντά σε μεγάλης εμβέλειας κεραιές ραδιοηλεκτρονικές) μέχρι πολύ μικρή όπως μικρής εμβέλειας συσκευές .Η Η/Μ ακτινοβολία μπορεί να έχει φανερά αρνητικές επιπτώσεις όπως μαγειρεύοντας σε φούρνο μικροκυμάτων η άλλοτε να μην εμφανίζει επιπτώσεις όπως στα μικρά ασύρματα σήματα που χρησιμοποιούμε για να ανοίξουμε την πόρτα του γκαράζ.

1.5 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η εκπομπή στο χώρο ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η περιοχή στην οποία αναπτύσσονται τα κύματα αυτά ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι η φύση της, η πηγή, η ένταση της, η συχνότητα, το μήκος κύματος και η ενέργεια που μεταφέρει.

Η ταξινόμηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με βάση την συχνότητα της και κατά συνέπεια το μήκος κύματος και την ενέργεια φαίνεται στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα καλύπτει το εύρος των συχνοτήτων που μπορεί να έχουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. (Σχήμα 1.2)



Σχήμα 1.2: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα η συχνότητα και η ενέργεια που μεταφέρει η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι ανάλογα μεγέθη και αντιστρόφως ανάλογα με το μήκος κύματος, δηλαδή όσο μεγαλύτερη η συχνότητα τόσο μεγαλύτερη ενέργεια και μικρότερο το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Επίσης στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μπορούμε να διακρίνουμε τα διάφορα είδη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανάλογα με τη συχνότητα τους: ραδιοκύματα, μικροκύματα, υπέρυθρη, ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία, ακτίνες χ , γ όπως και τις πηγές από τις οποίες μπορεί να προέρχονται.

1.6 Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία

Ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρει η ακτινοβολία το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, χωρίζεται σε δύο επιμέρους περιοχές: την ιονίζουσα και την μη ιονίζουσα ακτινοβολία. (σχήμα 1.3)

Ιονίζουσα είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που έχει πολύ υψηλή ενέργεια ικανή να προκαλέσει ιονισμό (διάσπαση των δεσμών του DNA των κυττάρων που είναι αιτία βλαβών από καρκίνο και άλλες ασθένειες). Έχει συχνότητα υψηλότερη από το ορατό φως και είναι μικρότερου μήκους κύματος. Η ιονίζουσα ακτινοβολία περιλαμβάνει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες, την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες X και γάμμα (ραδιενέργεια).

Μη ιονίζουσα είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μεταφέρει σχετικά μικρή ενέργεια χωρίς να προκαλεί άμεσα ιονισμό ικανή όμως να προκαλέσει θερμικές, ηλεκτρικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα των οργανισμών άλλοτε με θετικές συνέπειες και άλλοτε αρνητικές. Σε μικρές ποσότητες ισχύος δεν συνδέεται άμεσα με κινδύνους για την υγεία, όπως η ιονίζουσα ακτινοβολία. Έχει συχνότητα μικρότερη ή ίση με αυτή του ορατού φωτός και είναι μεγάλου μήκους κύματος. Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται η ακτινοβολία που εκπέμπεται από ραδιοτηλεοπτικούς πομπούς, κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Πηγές της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι:

Ορατό φως: Τα χρώματα ενός ουράνιου τόξου, δηλαδή η ακτινοβολία που μπορεί να εντοπιστεί από το ανθρώπινο μάτι (από 400 έως 700 νανόμετρα) δεν είναι παρά ένα πολύ μικρό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

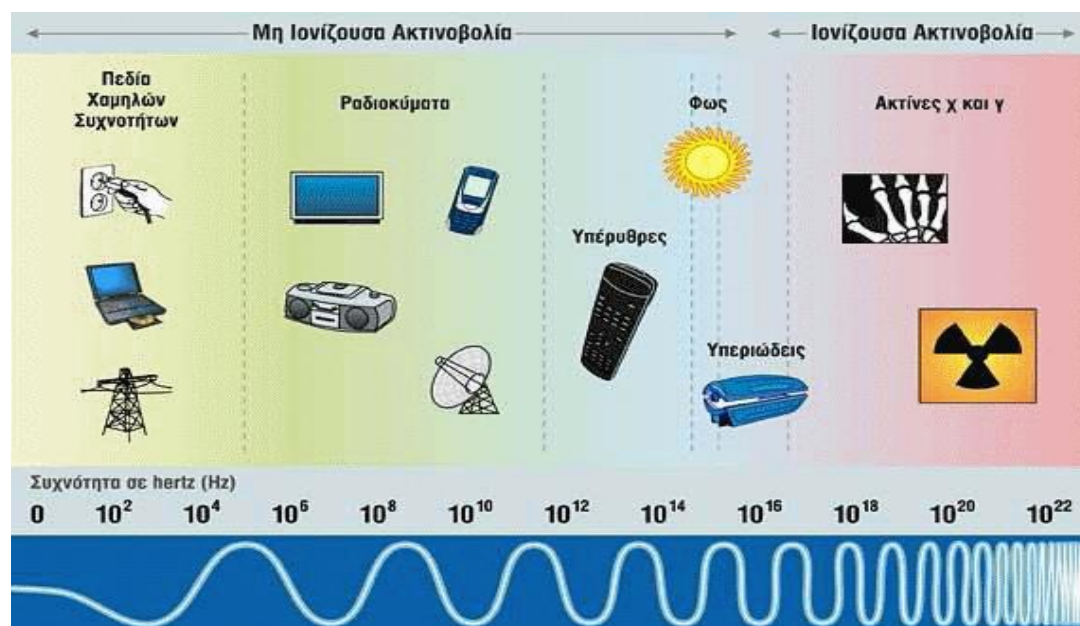
Υπέρυθρη ακτινοβολία: Εκτείνεται από εκεί που σταματάει η ορατή ακτινοβολία, δηλαδή περίπου τα 700 νανόμετρα μέχρι περίπου το ένα χιλιοστό. Περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας* που εκπέμπεται από τα σώματα κοντά σε θερμοκρασία δωματίου (20°C). Οι πιο κοινές εφαρμογές της υπέρυθρης ακτινοβολίας αφορούν τη νυχτερινή όραση, ανιχνευτές σε δορυφόρους και αεροπλάνα, καθώς και την αστρονομία.

*Θερμική ακτινοβολία ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός σώματος λόγω της θερμοκρασίας του.

Ραδιοκύματα : Τα ραδιοκύματα έχουν μήκος κύματος, που εκτείνεται σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή, από ένα χιλιοστό έως δεκάδες και εκατοντάδες μέτρα. Μέρος τους είναι τα μικροκύματα και το πεδίο χαμηλών συχνοτήτων. Εκπέμπονται από τη Γη, τα κτήρια, τα αυτοκίνητα κι άλλα μεγάλα σε μέγεθος αντικείμενα. Οι πηγές ακτινοβολίας των ραδιοκυμάτων περιλαμβάνουν τις κεραίες των ραδιοφωνικών κυμάτων, τα ραντάρ, τα κυψελωτά κινητά τηλέφωνα και σταθμούς κινητής τηλεφωνίας.

Ακτινοβολία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF)

Η ακτινοβολία ELF των 60 Hz παράγεται από τα ηλεκτροφόρα καλώδια, την ηλεκτρική καλωδίωση, και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Οι κοινές πηγές έντονης έκθεσης σε αυτή την ακτινοβολία περιλαμβάνουν τους κλιβάνους επαγωγής και τα υψηλής τάσεως ηλεκτροφόρα καλώδια.



Σχήμα 1.3: Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

Η κατηγορία συχνοτήτων που περιλαμβάνει τις εφαρμογές της κινητής τηλεφωνίας ονομάζεται ραδιοσυχνότητες (RF) και έχει εύρος που εκτείνεται από 3 KHZ έως 300 GHz. Στις ραδιοσυχνότητες εκπέμπει πληθώρα άλλων εφαρμογών που έχουν κατακλίσει την κοινωνία όπως το ασύρματο διαδίκτυο, οι ραδιοτηλεοπτικοί σταθμοί και γενικά κάθε ασύρματη ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή. Μια άλλη εφαρμογή που αναμένεται να αναπτυχθεί πολύ γρήγορα είναι τα έξυπνα δίκτυα, δηλαδή το ηλεκτρικό δίκτυο που μαζεύει πληροφορίες για τον ευφυή έλεγχο της ροής ενέργειας ώστε οι συσκευές να λειτουργούν πιο οικονομικά και με περισσότερη αποτελεσματικότητα.

Όλες οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην κοινωνία μας αλλά λόγω της μεγάλης ανάπτυξης στην ασύρματη επικοινωνία και κυρίως στα κινητά τηλέφωνα η ανησυχία του πληθυσμού για πιθανές επιπτώσεις από τη μαζική εγκατάσταση σταθμών βάσεων και τη χρήση κινητών συσκευών έχει αρχίσει να εμφανίζεται, με τις ακτινοβολίες των οποίων και θα ασχοληθούμε από δω και πέρα.

Κεφάλαιο 2

ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

2.1 Ένταση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και πυκνότητα ισχύος

Τα ραδιοκύματα ως γνωστόν αποτελούνται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο. Η ένταση (E) του ηλεκτρικού πεδίου μετριέται με τη μονάδα βολτ ανά μέτρο (V/m), ενώ η μονάδα αμπέρ ανά μέτρο (A/m) χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ένταση (H) του μαγνητικού πεδίου (άλλες μονάδες είναι το 1 Tesla και το 1 Gauss, $1\text{ Tesla}=10.000\text{ Gauss}$). Μόνο το μαγνητικό πεδίο εμφανίζεται να είναι κατάλληλο για να προκαλέσει προβλήματα υγείας, γι' αυτό μας ενδιαφέρει μόνο η ένταση H του μαγνητικού πεδίου. Συνήθως όμως για την μέτρηση της έντασης ενός πεδίου RF, χρησιμοποιείται η πυκνότητα ισχύος. Η μονάδα της πυκνότητας ισχύος είναι η ισχύς ανά μονάδα εμβαδού. Παραδείγματος χάριν, η πυκνότητα ισχύος μπορεί να εκφραστεί σαν milliwatt ανά τετραγωνικό εκατοστό (mW/cm^2) ή σε microwatt ανά τετραγωνικό εκατοστό ($\mu W/cm^2$).

Σε συνθήκες μακρινού πεδίου (δηλαδή του πεδίου που εκτείνεται σε απόσταση από την κεραία μεγαλύτερη από $r = \frac{2a^2}{\lambda}$ και μέχρι το άπειρο, όπου a είναι η μέγιστη διάσταση της κεραίας και λ το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας), για την πυκνότητα ισχύος P_d ισχύει :

- $P_d = \frac{E^2}{377}, \text{ και } \frac{E}{H} = 377$

(αν η ένταση μετρηθεί σε V/m , τότε η πυκνότητα προκύπτει σε W/m^2 .)

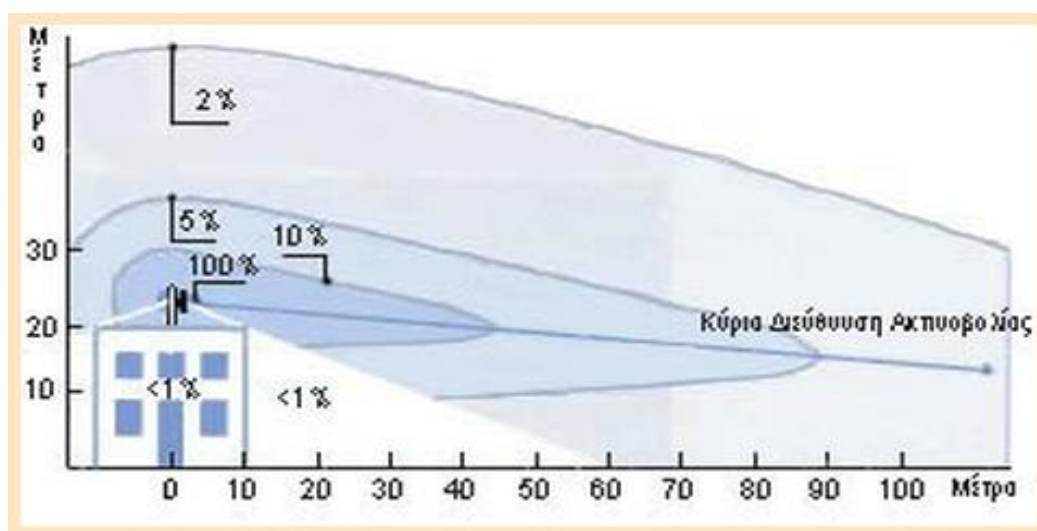
Επίσης η πυκνότητα ισχύος για μία κεραία κινητής τηλεφωνίας υπολογίζεται από τον τύπο:

- $P_d = \frac{N}{4\pi r^2} 10^{\frac{G}{10}} u^2 \left(\frac{W}{m^2}\right),$ όταν και η εκπομπή είναι συνεχής.

όπου, N : η ισχύς εξόδου του πομπού, G : η απολαβή της κεραίας (σε dB) r : η απόσταση από την κεραία και u : ο παράγοντας διάταξης που λαμβάνει υπόψη την ανάκλαση από το έδαφος.

Επομένως στο μακρινό πεδίο η ισχύς ακολουθεί το νόμο $\frac{1}{r^2}$, δηλαδή εξασθενεί «εκθετικά» με την απόσταση r . Στο κοντινό πεδίο, (δηλαδή του πεδίου που εκτείνεται από την κεραία μέχρι την απόσταση $r = \frac{2a^2}{\lambda}$), τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλονται πολύ γρήγορα και η μεταξύ τους σχέση είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Έτσι, κατά την έκθεση σε Η/Μ ακτινοβολία προερχόμενη από κοντινές πηγές, η πυκνότητα της ισχύος του προσπίπτοντος κύματος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράμετρος δοσιμετρίας.

Οι παραπάνω σχέσεις μας δίνουν την ενέργεια που υπάρχει στο χώρο. Ωστόσο οι βιολογικές επιδράσεις εξαρτώνται από το ποσό της ενέργειας που απορροφάται από το σώμα ενός ζωντανού οργανισμού και όχι από το ποσό της ενέργειας που υπάρχει στο χώρο.



Σχήμα 2.1 Μείωση της έντασης της ακτινοβολίας συναρτήσει της απόστασης από την κεραία.

2.2 Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης (EPA)

Οι οποιεσδήποτε επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από το βαθμό απορρόφησης τους από τους διάφορους ιστούς του σώματος.

Οι μηχανισμοί μεταφοράς ενέργειας από ένα κύμα σε ένα ζωνικό ιστό είναι οι εξής:

- α) Διέγερση των ελευθέρων ηλεκτρονίων των ατόμων.
- β) Εξαναγκασμένη πόλωση των ατόμων και μορίων των ιστών από το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.
- γ) Ευθυγράμμιση υπάρχοντων διπόλων ατόμων ή μορίων με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.

Όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί έχουν ως τελικό αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού.

Η ποσοτικοποίηση των αλληλεπιδράσεων ακτινοβολίας και μάζας παρέχεται με τον Ειδικό Ρυθμό Απορρόφησης (EPA), ή, όπως διεθνώς καθιερώθηκε, SAR (Specific Absorption Rate).

Ο EPA εκφράζει το ρυθμό μεταφοράς ενέργειας ανά μονάδα μάζας του υλικού που την απορροφάει και μετριέται σε μονάδες watt ανά κιλό (W/kg). Συνήθως υπολογίζεται είτε από τον μέσο όρο ολόκληρου του σώματος είτε από τον μέσο όρο μικρότερου όγκου (τυπικά 1gr ή 10 gr ιστού).

Ο EPA μπορεί να υπολογιστεί από το ηλεκτρικό πεδίο είτε από την αύξηση της θερμοκρασίας στον ιστό που ακτινοβολείτε. Εάν χρησιμοποιηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας, ο EPA μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια μόνον εάν δεν υπάρχει διάχυση θερμότητας κατά τη διάρκεια της έκθεσης σε ραδιοκύματα. Υπάρχει μια λανθασμένη αντίληψη ότι ο EPA δεν είναι χρήσιμος, δεδομένου ότι είναι μια θερμική μονάδα. Ο EPA σχετίζεται με το ηλεκτρικό πεδίο, την πυκνότητα ρεύματος και αύξηση της θερμοκρασίας μέσω απλών εξισώσεων. Ο EPA έχει υιοθετηθεί παγκοσμίως για τη δοσिमетρία RF.

Δίνεται από τους τύπους:

$$EPA = \frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta E}{\Delta m} \right) \quad \text{ή} \quad EPA = \frac{J^2}{2\sigma\rho} \quad \text{ή} \quad EPA = \sigma \frac{E_i^2}{2\rho}$$

Όπου, J : η μέγιστη πυκνότητα ρεύματος (A/m^2),

E_i : η μέγιστη ισχύς του εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου (V/m),

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

ρ : η φυσική πυκνότητα (kg/m^3).

Ο EPA σε συγκεκριμένο όγκο υπολογίζεται από το ολοκλήρωμα:

$$EPA = \int \frac{\sigma(r)|E(r)|^2}{\rho(r)} dr ,$$

Όπου, σ : η ηλεκτρική αγωγιμότητα,

E : ένταση του ηλεκτρικού πεδίου,

ρ : η φυσική πυκνότητα του ιστού,

Ο τύπος υπολογισμού του EPA για ένα ζωικό ιστό πυκνότητας ρ (g/cm^3) και ειδικής θερμοχωρητικότητας C ($cal/g.grad$), για ορισμένη συχνότητα και προσανατολισμό, είναι:

$$EPA = 4,166 \rho C \frac{\Delta T}{\Delta t} \text{ (Watts/cm}^3\text{)}$$

Όπου Δt είναι ο χρόνος ακτινοβολήσης σε sec και ΔT η αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού σε βαθμούς Κελσίου ($grad$).

2.2.1 Σύγκριση EPA και έντασης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης (EPA) είναι πιο αξιόπιστος παράγοντας από την ένταση των πεδίων και την ενεργειακή πυκνότητα των πεδίων στο χώρο, διότι ο EPA αντιπροσωπεύει την ποσότητα της ενέργειας που πραγματικά απορροφάτε και όχι την ενέργεια που υπάρχει στο χώρο.

Ακριβείς μετρήσεις του EPA όμως είναι πολύ δύσκολο να γίνουν στην πραγματική ζωή επομένως χρησιμοποιούνται οι εντάσεις των πεδίων γιατί είναι πιο εύκολο να μετρηθούν. Στην πραγματικότητα είναι αδύνατο να διεξαχθούν μετρήσεις EPA σε ζωντανό οργανισμό επομένως διεξάγονται σε ανθρώπινα και υπολογιστικά μοντέλα.

Υπολογίζεται ότι ρυθμίζοντας την ένταση του πεδίου από την πηγή μετάδοσης μπορεί να ελεγχθεί ο EPA, αυτό όμως δεν είναι απολύτως σωστό σε όλες τις περιπτώσεις κυρίως σε περιπτώσεις έκθεσης κοντά σε κυψέλες και πύργους μετάδοσης.

2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τον EPA και τις βιολογικές επιδράσεις

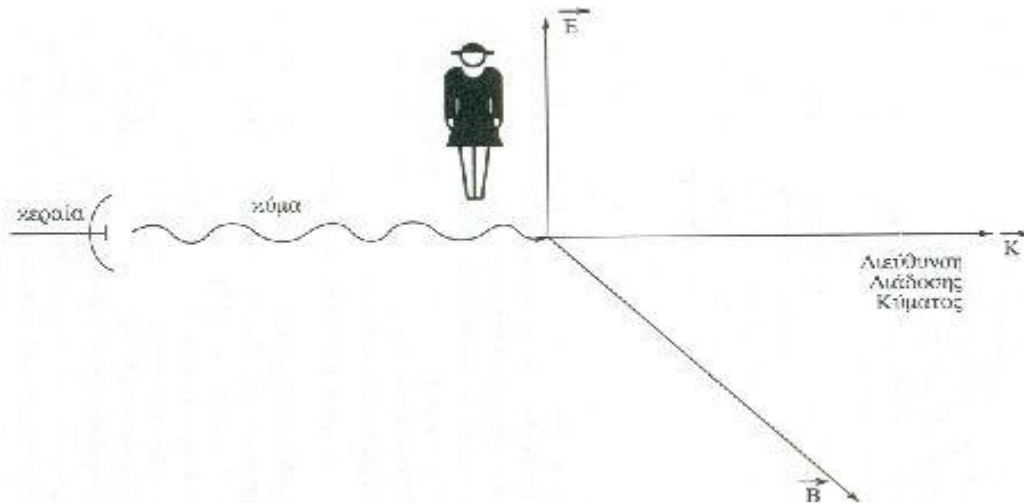
Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων της συχνότητας μετάδοσης, της πυκνότητας ισχύος, της απόστασης από την πηγή της ακτινοβολίας, του προσανατολισμού του σώματος ως προς την ακτινοβολία και άλλων παραγόντων όπως είναι το μέγεθος, το σχήμα και η περιεκτικότητα σε νερό και μεταλλικά στοιχεία του σώματος.

Συνεπώς τα παιδιά απορροφούν ενέργεια διαφορετικά από τους ενήλικες εξαιτίας της διαφορετικής ανατομίας και της σύστασης των ιστών τους. Για το λόγο αυτό και επειδή τα σώματα των παιδιών ακόμη αναπτύσσονται είναι πιο ευαίσθητα στη βλάβη από ακτινοβολία κινητών τηλεφώνων.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι βιολογικές επιδράσεις πέρα από το EPA εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο εναποτίθεται στο σώμα η ενέργεια, όπως επίσης από τον τύπο και τη διάρκεια της έκθεσης. Διαφορετικά χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας όπως η διαμόρφωση του σήματος, η κυματομορφή, το σχήμα και εάν η ενέργεια απορροφάται από τον ιστό συνεχόμενα ή σε παλμούς μικρής διάρκειας μπορεί να έχουν διαφορετικές επιδράσεις σε ζωντανούς οργανισμούς.

Ο EPA όπως προαναφέραμε εξαρτάται από τον προσανατολισμό του σώματος σε σχέση με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού, E, και του μαγνητικού, B, πεδίου του κύματος. Διακρίνονται οι εξής τρεις περιπτώσεις:

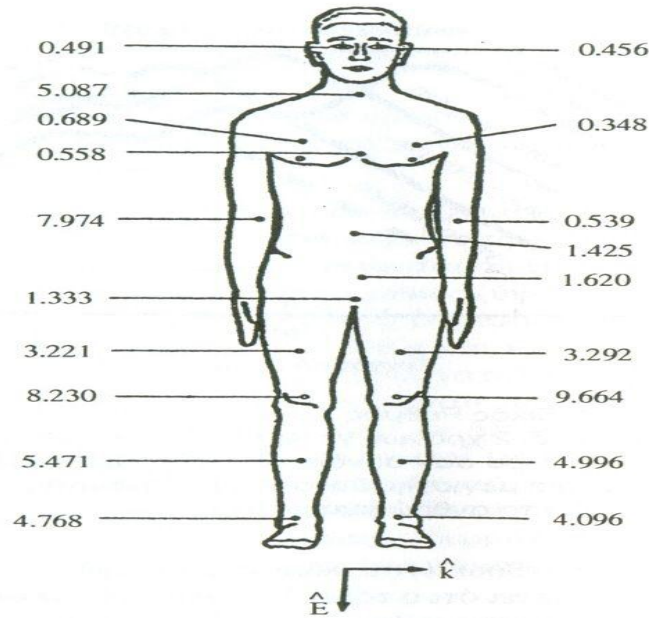
- 1) Προσανατολισμός E του σώματος, όταν το κύμα πέφτει με το ηλεκτρικό πεδίο παράλληλο με το μεγάλο άξονα του σώματος (που συνδέει το κεφάλι με τα πόδια, όπως στο σχήμα).
- 2) Προσανατολισμός B του σώματος όταν το κύμα προσεγγίζει με το μαγνητικό πεδίο παράλληλο με το μεγάλο άξονα του σώματος, και
- 3) Προσανατολισμός K του σώματος, όταν η διεύθυνση διάδοσης του κύματος είναι παράλληλη με το μεγάλο άξονα του σώματος.



Σχήμα 2.2: Καθορισμός των δυνατών προσανατολισμών του ανθρώπινου σώματος σε σχέση με τα πεδία E, B και την διεύθυνση διάδοσης του επίπεδου ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Στο σχήμα βλέπουμε προσανατολισμό E .

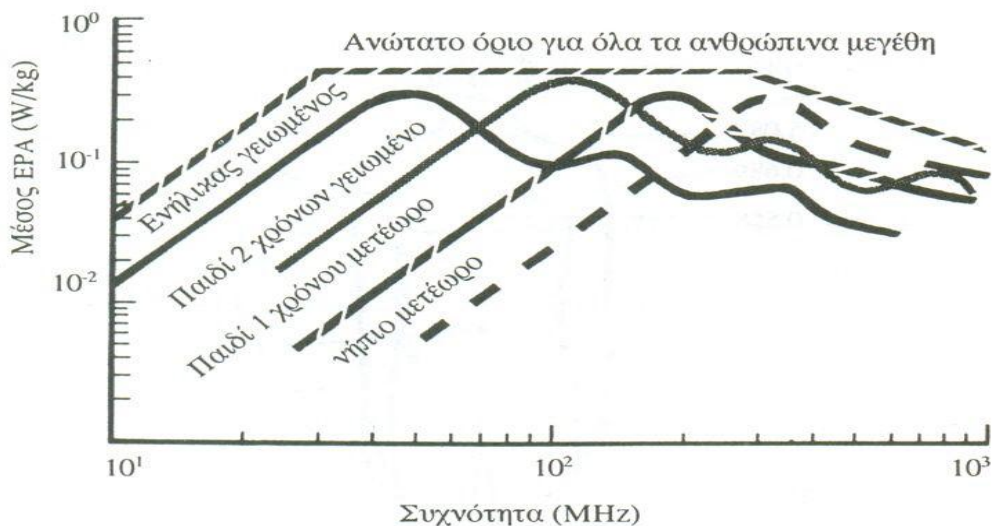
Θεωρητικές μελέτες έδειξαν ότι ο EPA παίρνει τη μέγιστη τιμή του, όταν ο μεγάλος άξονας του σώματος είναι παράλληλος με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος (προσανατολισμός E).

Όπως προαναφέρθηκε ο EPA εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του βιολογικού αντικειμένου. Επομένως η κατανομή της απορροφούμενης κυματικής ισχύος στις διάφορες περιοχές του ανθρωπίνου σώματος ποικίλει. (σχήμα 2.3)



Σχήμα 2.3 : Η Κατανομή της απορροφούμενης κυματικής ισχύος στους διάφορους ιστούς ανθρωπίνου σώματος. Οι αριθμοί εκφράζουν το σχετικό EPA του τοπικού ιστού ως προς το μέσο EPA ολόκληρου του σώματος. Ο αριθμός π.χ. 5,087 του λαιμού, σημαίνει ότι ο τοπικός EPA είναι πάνω από 5 φορές μεγαλύτερος από το μέσο όρο ολόκληρου του σώματος. Οι μετρήσεις έγιναν για πυκνότητα ισχύος $10\text{mW}/\text{cm}^2$ και μήκος κύματος λ , τέτοιο ώστε $(L/\lambda) = 0,417$, όπου L το μήκος του μεγάλου άξονα (ύψος) του σώματος το οποίο είναι παράλληλο με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.

Στο παρακάτω σχήμα (2.4) φαίνεται ο μέσος ειδικός ρυθμός απορρόφησης για διάφορες κατηγορίες ανθρώπων όπως και το μέγιστο όριο δυνατής απορρόφησης για όλα τα ανθρώπινα είδη σαν συνάρτηση της συχνότητας.



Σχήμα 2.4: Μέσος EPA για διάφορες κατηγορίες ανθρώπων συνάρτηση της συχνότητας.

Γενικά συμπεράσματα είναι τα εξής:

- α. Το ανθρώπινο σώμα απορροφά την κυματική ενέργεια κατά τρόπο εκλεκτικό, διαφορετικό δηλαδή για κάθε συχνότητα και είδος ιστού.
- β. Μέγιστη δεκτικότητα κατά συχνότητα (συντονισμός), εμφανίζεται στην περιοχή από 30MHz - 300MHz, όπου ο EPA παίρνει τις μέγιστες τιμές του.
- γ. Μέγιστη απορρόφηση ανά είδος ιστού εμφανίζουν σημεία του σώματος όπως ο λαιμός, τα πόδια, οι αγκώνες και η κοιλιακή χώρα, όπου ο τοπικός EPA παίρνει τιμές πολύ μεγαλύτερες (έως και 10 φορές) από τον μέσο EPA ολόκληρου του σώματος. Συνεπώς τα σημεία αυτά πρέπει να εκτίθενται όσο γίνεται λιγότερο στην κυματική ενέργεια.

Κεφάλαιο 3

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

3.1 Αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με βιολογικά υλικά

Τα κινητά τηλέφωνα και οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν RF ακτινοβολία η οποία ανήκει στην μη ιονίζουσα περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, δηλαδή τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν έχουν αρκετή ενέργεια ώστε να διασπάσουν τους μοριακούς δεσμούς ή να προκαλέσουν ιοντισμό στα βιολογικά υλικά.

Η RF ακτινοβολία παρόλο που δεν μπορεί να προκαλέσει ιοντισμό αλληλεπιδρά με τους βιολογικούς ιστούς. Κύριο ρόλο στην αλληλεπίδραση της με τον ιστό παίζει το ηλεκτρικό πεδίο καθώς τα βιολογικά υλικά έχουν ηλεκτρικές ιδιότητες. Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου της RF ακτινοβολίας στα βιολογικά υλικά θεωρείται πρακτικά αμελητέα γιατί ελάχιστα βιολογικά υλικά έχουν μαγνητικές ιδιότητες και η αλληλεπίδραση των υλικών με το μαγνητικό πεδίο γίνεται με μεγάλη σταθερά του χρόνου.

Όταν η RF ακτινοβολία συναντά ένα εμπόδιο (π.χ βιολογικό ιστό) τότε μπορεί μέρος της ακτινοβολίας να ανακλαστεί, να διαθλαστεί, να διαδοθεί μέσω του ιστού ή να απορροφηθεί από τον ιστό. Σημαντικό ρόλο στο τι θα συμβεί και σε ποιο ποσοστό ευθύνονται οι διηλεκτρικές ιδιότητες του ιστού, αγωγιμότητα σ (si/m) και διηλεκτρική σταθερά ϵ_r , οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την συχνότητα της ακτινοβολίας αλλά και με την περιεκτικότητα του ιστού σε νερό. Τα μόρια του νερού εμφανίζονται ως ηλεκτρικά δίπολα, και η παρουσία ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου είναι ικανή να προκαλέσει ταλάντωση των μορίων του νερού αυξάνοντας την κινητική τους ενέργεια και προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας του βιολογικού ιστού.

Η αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα βιολογικό ιστό γίνεται με 3 τρόπους: 1) διέγερση των ελεύθερων ηλεκτρονίων των ατόμων 2) εξαναγκασμένη πόλωση των ατόμων και των μορίων των ιστών και 3) ευθυγράμμιση υπαρχόντων δίπολων ατόμων ή μορίων με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.

Δύο μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη μελέτη αλληλεπιδράσεων της ακτινοβολίας με τους βιολογικούς ιστούς είναι η σχετική διηλεκτρική επιτρεπτότητα (ϵ) και το βάθος διείσδυσης (δ).

Η σχετική διηλεκτρική επιτρεπτότητα δίνεται από την σχέση :

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 + j \frac{\sigma}{\omega}$$

Όπου

$\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$, η διηλεκτρική σταθερά του κενού

ε_r : η διηλεκτρική σταθερά του υλικού η οποία αποτελεί μέτρο της ικανότητας του υλικού να αποθηκεύει ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου.

σ/ω : εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας που απορροφάται από το βιολογικό ιστό ανά Hz.

Το βάθος διείσδυσης (δ) ορίζεται ως η απόσταση που διανύει το κύμα από την είσοδο του σε ένα ιστό μέχρι η ένταση του πεδίου του να μειωθεί στο $1/e$ της έντασης που είχε στην είσοδο του ιστού.

Το βάθος διείσδυσης (δ) όταν ένα πεδίο προσπίπτει ως επίπεδο κύμα δίνεται από τον τύπο:

$$\delta = \frac{1}{\omega} \left[\left(\frac{\mu_0 \varepsilon_r \varepsilon_0}{2} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_r \varepsilon_0} \right)^2} - 1 \right) \right]^{1/2}$$

Το βάθος διείσδυσης εξαρτάται από την συχνότητα και την πόλωση της ακτινοβολίας, όπως παρατηρούμε αυξάνεται όσο μειώνεται η συχνότητα.

Γενικά η αλληλεπίδραση ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου με έναν βιολογικό ιστό εξαρτάται από:

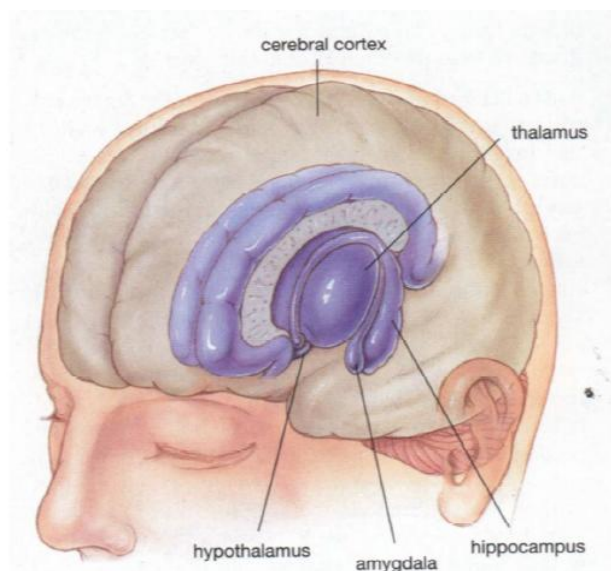
- Τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας (ένταση, πόλωση, συχνότητα)
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του βιολογικού υλικού (μέγεθος, σχήμα) και την εσωτερική δομή του.
- Την απόσταση της πηγής από το βιολογικό ιστό και εάν το πεδίο είναι μακρινό ή κοντινό. Στα κοντινά πεδία όπου η απόσταση είναι συγκρίσιμη με το μήκος κύματος η επίδραση στον ιστό είναι ισχυρή.

3.2 Αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με τον άνθρωπο

Ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται από δισεκατομμύρια κύτταρα τα οποία σχηματίζουν ιστούς οι οποίοι με την σειρά τους σχηματίζουν όργανα, όπως ο πνεύμονας, το συκώτι και ο εγκέφαλος.

Τα κύτταρα μέσω των μεμβρανών τους επιτρέπουν την διέλευση μέσα από αυτά ιόντων και μορίων για να επιτελέσουν της ζωτικής σημασίας έργο τους. Η διέλευση αυτή μπορεί να διαταραχθεί μετά από την επίδραση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Οι λειτουργίες των διάφορων οργάνων επιτυγχάνονται με την επικοινωνία και ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των κυττάρων και των ιστών τους. Τα μηνύματα μπορεί να αποτελούνται από χημικές ουσίες αλλά και ηλεκτρικά δυναμικά. Πολλές λειτουργίες του εγκέφαλου στηρίζονται στην δημιουργία ηλεκτρικών δυναμικών. Άρα οποιαδήποτε εξωτερική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία είναι παραπλήσια ή και μεγαλύτερης έντασης με τα ενδογενή ηλεκτρικά πεδία του ανθρώπινου μπορεί να επηρεάσει το κυτταρικό σύστημα του ανθρώπου.



Εικόνα 3.1: οι ιδιαίτερα ευαίσθητες περιοχές του εγκεφάλου που βρίσκονται πολύ κοντά στην κεραία του κινητού όταν μιλάμε.

Το 70% του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από μόρια νερού τα οποία είναι ηλεκτρικά δίπολα με τον θετικό πόλο ανάμεσα στα δύο άτομα του υδρογόνου (H) και τον αρνητικό πόλο κοντά στο άτομο του οξυγόνου (O₂). Με την παρουσία του ηλεκτρικού πεδίου τα ηλεκτρικά δίπολα (μόρια και ιόντα) και κυρίως τα μόρια του νερού ταλαντώνονται με αποτέλεσμα την μεταφορά ενέργειας από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στους ιστούς των βιολογικών οργανισμών και την αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών.

Για να επιτευχθεί αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στους βιολογικούς οργανισμούς είναι απαραίτητη η ισχυρή διείσδυση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα, η διατήρηση του πεδίου για κάποιο χρονικό διάστημα και η απορροφούμενη ισχύς ανά μονάδα μάζας του ιστού να είναι αρκετή.

Ο οργανισμός του ανθρώπου διαθέτει θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς που κρατούν τη θερμοκρασία του σώματος σταθερή μεταξύ 36 και 37 βαθμών Κελσίου. Όταν τα παραγόμενα ποσά θερμότητας είναι σχετικά μικρά, οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί μπορούν να απάγουν αυτήν τη θερμότητα και να κρατούν σταθερή τη θερμοκρασία στους 36-37°C, όταν τα ποσά θερμότητας υπερβούν κάποια τιμή, τότε οι μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά κάτι που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας σε ιστούς ή όργανα του σώματος άνω των 37 βαθμών. Τότε παρατηρείται γενικευμένος πυρετός που μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε θάνατο εάν η θερμοκρασία του σώματος ξεπεράσει το όριο των 42° C. Όπως αναφέραμε η απορρόφηση της ισχύος εξαρτάται από το βιολογικό υλικό έτσι τα πιο ευαίσθητα από άποψη θερμοκρασίας όργανα του ανθρωπίνου σώματος είναι οι οφθαλμοί και οι όρχις προφανώς λόγω του τρόπου της αιμάτωσής τους (οι μηχανισμοί απαγωγής της θερμότητας από τα μάτια και τους όρχις είναι ατελείς).

3.3 Θερμικές και μη θερμικές επιδράσεις

Οι επιδράσεις ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλούν σε ένα βιολογικό σύστημα διακρίνονται σε θερμικές και μη-θερμικές.

Θερμικές επιδράσεις

Θερμικές ονομάζονται οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία. Μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται για αύξηση πάνω από 0,1°C η οποία προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του 1mW/cm² ή για μέσο ρυθμό απορρόφησης (EPA) σε όλο το σώμα πάνω από 5W/Kg. Επίσης θερμικές επιδράσεις ονομάζονται οι οποιεσδήποτε βλάβες οφείλονται στη θέρμανση των ιστών από την ακτινοβόληση και την αδυναμία των θερμορυθμιστικών μηχανισμών των διάφορων ιστών να την αντιμετωπίσουν.

Βασικά προβλήματα στην μελέτη των θερμικών επιδράσεων είναι ο υπολογισμός της πιθανής κατανομής της θερμότητας στους διάφορους ιστούς και ο χρόνος που σταματά η αύξηση της θερμοκρασίας και σταθεροποιείται σε μία τιμή. Τα προβλήματα αυτά λύνονται με την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων του Maxwell και την βιοθερμική εξίσωση του Pennes.

Οι θερμικές επιδράσεις κατέχουν την μερίδα του λέοντος στις μελέτες για τις δυτικές χώρες. Οι μελέτες αυτές αποτελούν την βάση για την θέσπιση των ορίων των δυτικών χωρών που έχουν καθοριστεί έτσι ώστε να μην μπορούν να προκύψουν θερμικές επιδράσεις εφόσον τα όρια τηρούνται.

Μη-θερμικές επιδράσεις

Μη-θερμικές ή αθερμικές ονομάζονται οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μη μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία. Στις μη θερμικές επιδράσεις η θερμοκρασία δεν αυξάνεται περισσότερο από $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ και μπορούν να προκληθούν από πολύ μικρές πυκνότητες ισχύος της τάξεως των λίγων $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Παράδειγμα μη θερμικής επίδρασης είναι η διαταραχή στην κυτταρική μεμβράνη από το ηλεκτρικό πεδίο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διηλεκτρική διαπερατότητα και να μεταβάλει τη δραστηριότητα συγκεκριμένων ενζύμων, αυξάνοντας την εκροή ιόντων ασβεστίου καθώς και τη διαπερατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού (blood brain barrier, BBB)

Οι μη θερμικές επιδράσεις απασχολούν την επιστημονική κοινότητα καθώς σχετίζονται με επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που υπάρχουν στην καθημερινή μας ζωή. Κυρίως οι επιστήμονες των ανατολικών χωρών ανίχνευσαν πριν ακόμη από το β' παγκόσμιο πόλεμο μη-θερμικές επιδράσεις και τις έλαβαν υπόψη στα όρια που θέσπισαν για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Αυτός είναι ο λόγος που τα όρια των ανατολικών χωρών είναι πολύ πιο αυστηρά από αυτά τις δύσης.

Κεφάλαιο 4

ΚΙΝΗΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

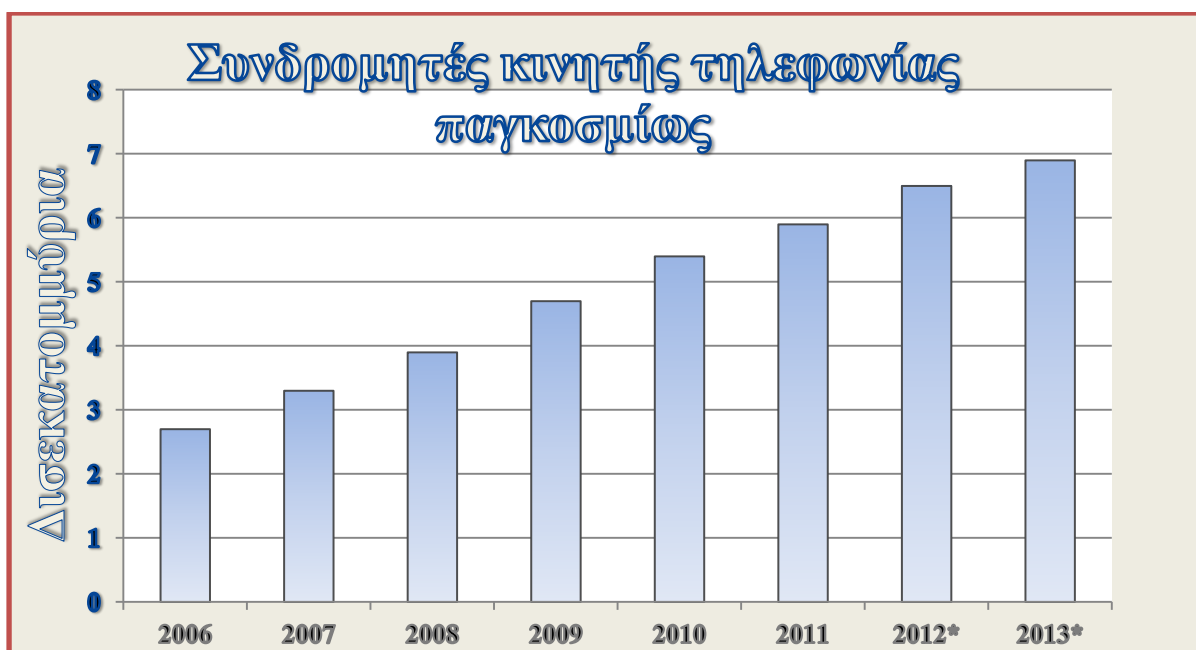
4.1 Εισαγωγικά

Η κινητή τηλεφωνία είναι μία από της μεγαλύτερες αγορές παγκοσμίως. Χαρακτηριστική είναι η φράση της CTIA (ασύρματης ομοσπονδίας) για το μέγεθος και τους ρυθμούς ανάπτυξης της αγοράς.

«Εάν η ασύρματη βιομηχανία τηλεπικοινωνιών ήταν μια χώρα, η οικονομία της θα ήταν μεγαλύτερη από ό, τι της Αιγύπτου και με βάση το ΑΕΠ (ακαθάριστο εθνικό προϊόν), θα κατατάσσονταν ως η 46η μεγαλύτερη χώρα στον κόσμο.»

«Πήρε πάνω από 21 χρόνια για τις έγχρωμες τηλεοράσεις να φθάσουν τα 100 εκατομμύρια καταναλωτές, περισσότερα από 90 χρόνια για την επίγεια εξυπηρέτηση να φθάσει το 100 εκατομμύρια καταναλωτές, και λιγότερο από 17 χρόνια για την ασύρματη σύνδεση για να φθάσει το 100 εκατομμύρια καταναλωτές.»

Οι συνδρομητές κινητών τηλεφώνων άρχισαν να αυξάνονται ραγδαία από την δεκαετία του 90 και από 12 εκατομμύρια έχουν πλέον ξεπεράσει τα 5.9 δισεκατομμύρια ανά τον κόσμο δηλαδή το 87% του παγκόσμιου πληθυσμού και το 79% στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι κάτοχοι κινητών τηλεφώνων.



Σχήμα 4.1: Συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας παγκοσμίως.

**προβλέψεις για τα έτη 2012 και 2013 από την έρευνα Portio.*

***οι πραγματικοί συνδρομητές αναμένεται να είναι περίπου 4.2 δισεκατομμύρια καθώς πολύ έχουν περισσότερες από μία συνδρομές. (Ericsson,2012)*

Τα νούμερα τρομάζουν εάν αναλογιστεί κανείς τον ρυθμό ανάπτυξης και την τάση που επικρατεί για αγορά των συσκευών κινητής τηλεφωνίας. Η μείωση της τιμής αγοράς των κινητών έχει δώσει την δυνατότητα ακόμα και στα χαμηλότερα οικονομικά στρώματα να έχουν κινητό τηλέφωνο. Σχεδόν ο καθένας πλέον είναι χρήστης κινητής τηλεφωνίας και κατέχει μία ή και περισσότερες συνδρομές. Έρευνες δείχνουν ότι όλο και περισσότερα παιδιά γίνονται συνδρομητές καθώς και ότι κάνουν πολύ μεγαλύτερη χρήση των κινητών σε σύγκριση με τους ενήλικες. Οι σταθμοί βάσεις και οι κεραιές κινητής τηλεφωνίας βρίσκονται πλέον παντού γύρω μας κάνοντας εφικτή την κλήση μας από τα πιο απόμακρα μέρη.

Κινητά και σταθερά τηλέφωνα ανά τον κόσμο							
	Αφρική	Αμερική	Ασία	Ευρώπ η	Αναπτυσσόμενες χώρες	Ανεπτυγμένες χώρες	Παγκόσμια
Συνδρομές Κινητών (εκ/μυρια)	433	969	2,897	741	4,520	1,461	5,981
Ποσοστό	53%	103.3%	73.9%	119.5%	78.8%	117.8%	86.7%
Σταθερό τηλέφωνο (εκ/μυρια)	12	268	511	242	665	494	1,159
ποσοστό	1.4%	28.5%	13%	39.1%	11.6%	39.8%	16.6%
Πηγή : International Telecommunication Union (November 2011)							

Πίνακας 4.1: Σύγκριση συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας και σταθερού τηλεφώνου ανά τον κόσμο.

Παρατηρούμε ότι η χρήση των σταθερών τηλεφώνων γίνεται ολοένα και πιο σπάνια σε αντίθεση με την χρήση των κινητών. Επίσης βλέπουμε ότι ακόμη και στις αναπτυσσόμενες χώρες το κινητό έχει πολύ μεγάλα ποσοστά. Στα τέλη του 2011 συνολικά πάνω από 105 χώρες είχαν περισσότερους συνδρομητές κινητών σε σχέση με τον πληθυσμό τους. Στην Ελλάδα οι συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας το έτος 2011 ανέρχονταν στα 12.127.985 με ποσοστό πάνω από 100%.

4.2 Κινητό τηλέφωνο και δίκτυο κινητής τηλεφωνίας

Για να έχουμε δυνατότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου χρειάζονται οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας και το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας που αποτελείται από σταθμούς βάσεις και τα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα (ή κέντρα ελέγχου και μεταγωγής κλήσεων).

Τα κινητά τηλέφωνα είναι πομποδέκτες ραδιοκυμάτων χαμηλής ισχύος, οι οποίοι με τη βοήθεια κατάλληλης ενσωματωμένης κεραίας και ηλεκτρονικού εξοπλισμού μετατρέπουν τη φωνή και τα ψηφιακά δεδομένα σε ραδιοκύματα και το αντίστροφο. Τα κινητά τηλέφωνα μας δίνουν την δυνατότητα να επικοινωνούμε είτε τηλεφωνικά είτε με γραπτά μηνύματα, να ανταλλάσουμε δεδομένα και να έχουμε πρόσβαση στο διαδίκτυο οπουδήποτε και αν βρισκόμαστε χωρίς περιορισμούς και καλώδια.

4.2.1 Σταθμοί βάσης

Σταθμός βάσης είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων που τοποθετούνται σε μια περιοχή για την εξυπηρέτηση ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας.

Αποτελούνται από:

- Κεραίες εκπομπής και λήψης ηλεκτρομαγνητικών σημάτων από και προς τα κινητά τηλέφωνα.
- Μικροκυματικές κεραίες ασύρματων ζεύξεων για την σύνδεση του σταθμού με το κέντρο, όπου λαμβάνεται και προωθείται η κλήση. (η σύνδεση με το κέντρο γίνεται με συνηθισμένα τηλεφωνικά καλώδια ή με υπερκατευθυντικές ζεύξεις).
- Ηλεκτρονικό εξοπλισμό για την επεξεργασία των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων.

Οι σταθμοί βάσης ανάλογα με το μέγεθος τους και την ακτίνα που καλύπτουν χωρίζονται σε σταθμούς μακροκυψελών και μικροκυψελών. Οι κεραίες των σταθμών βάσης τοποθετούνται συνήθως σε μεγάλο ύψος σε μεταλλικούς πυλώνες στις κορυφές των βουνών με σκοπό να υπάρχει σήμα σε οποιοδήποτε σημείο βρεθεί ένας χρήστης κινητού τηλεφώνου. Το σύνηθες ύψος εγκατάστασης σταθμών βάσης κυμαίνεται μεταξύ 15 και 60m (μακροκυψελών). Ωστόσο στις μεγάλες πόλεις όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός χρηστών οι σταθμοί που υπάρχουν στα τριγύρω βουνά δεν επαρκούν ή είναι σε μεγάλη απόσταση από τους χρήστες οπότε εκεί γίνεται εγκατάσταση σταθμών βάσεων σε ταράτσες κτηρίων και εντός αυτών και σε χώρους με συγκεντρωμένο πολύ κόσμος όπως γήπεδα, πάρκα κ.τ.λ όπου χρησιμοποιούνται πολλές μικρές κεραίες με μικρή ακτίνα κάλυψης (μικροκυψελών). Τυπικά, η εκπεμπόμενη ισχύς από ένα υπαίθριο σταθμό βάσης μπορεί να κυμαίνεται από μερικά watt έως περίπου 100 watt, ενώ η εκπεμπόμενη ισχύς από ένα σταθμό βάσης εσωτερικού χώρου είναι ακόμη χαμηλότερη.

Εκτιμάται ότι στη χώρα μας είναι εγκατεστημένες περίπου 8000 κεραιές κινητής τηλεφωνίας, εκ των οποίων οι 2500 στην Αθήνα.



Εικόνα 4.1: Φωτογραφία Σταθμού βάσης

4.2.2 Κυψελωτό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας

Το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας συνίσταται από γεωγραφικές περιοχές γνωστές ως κυψέλες, γι αυτό και ονομάζεται κυψελωτό ή κυψελωτό δίκτυο. Σε κάθε κυψέλη υπάρχει ένας σταθμός Βάσης που επικοινωνεί με τα κινητά τηλέφωνα στο κοντινό περιβάλλον του δηλαδή στην κυψέλη του. Ο σταθμός βάσης τοποθετείται σε κατάλληλη θέση εντός της κυψέλης, ώστε να εξασφαλίζει την πλήρη κάλυψη της και τη λειτουργία των κινητών τηλεφώνων με την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσίας. Οι κυψέλες θεωρούνται εξαγωνικού σχήματος σχηματίζοντας δομή κηρήθρας, αν και στην πράξη το σχήμα τους ενδέχεται να είναι ακαθόριστο για τους εξής λόγους:

- Χαρακτηριστικά του ανάγλυφου του εδάφους, όπως δένδρα, λόφοι και κτίρια, μπορούν να εμποδίσουν ή να εξασθενήσουν τα ραδιοκύματα.
- Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας δεν έχουν πάντα τη δυνατότητα να τοποθετούν τους σταθμούς βάσης όπου επιθυμούν, διότι δεν είναι πάντα διαθέσιμες οι κατάλληλες θέσεις.
- Μικρότερες κυψέλες είναι απαραίτητες όπου υπάρχει υψηλή πυκνότητα χρηστών, όπως στα κέντρα των πόλεων.

Όταν ο αριθμός των χρηστών σε μία κυψέλη μεγαλώνει για να μπορέσει να ανταποκριθεί στην ζήτηση αυτή η κυψέλη αυξάνει την χωρητικότητας της προσθέτοντας στον σταθμό βάσης περισσότερους πομπούς. Όμως κάθε σταθμός βάσης σε μία κυψέλη έχει συγκεκριμένο αριθμό χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα και αυτό γιατί υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των πομπών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

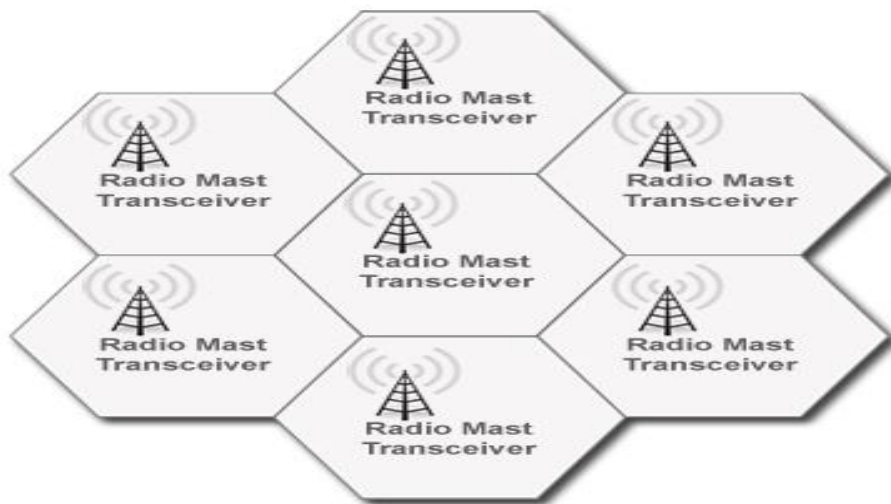
Κάθε σταθμός βάσης μπορεί συνήθως να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα το πολύ περίπου 130 κινητά τηλέφωνα. Ο περιορισμός στον αριθμό χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα ένας σταθμός βάσης προέρχεται από το περιορισμένο φάσμα συχνοτήτων που είναι διαθέσιμο για την κινητή τηλεφωνία.

Ας φανταστούμε λοιπόν ότι στην Αθήνα υπάρχει μόνο ένας σταθμός βάσης στην κορυφή ενός βουνού που κάλυπτε όλη την περιοχή. Ο αριθμός των χρηστών που θα μπορούσαν να συνομιλήσουν ταυτόχρονα στην Αθήνα θα ήταν μόλις 130! Έτσι λοιπόν στις μεγαλουπόλεις χρειάζεται να υπάρχουν περισσότερες κυψέλες με μικρότερη ακτίνα.

Το μέγεθος της κυψέλης ορίζεται από τον αναμενόμενο αριθμό χρηστών κινητών τηλεφώνων και καθορίζεται κατά το σχεδιασμό του δικτύου. Το μέγεθος της κυψέλης πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μην επικαλύπτει γειτονικές κυψέλες και προκαλεί παρεμβολές αλλά ούτε να αφήνει κενά μεταξύ των γειτονικών κυψελών ώστε ο χρήστης να έχει σήμα παντού. Το μέγεθος δεν μπορεί να ξεπεράσει αποστάσεις ακτίνας μερικών χιλιομέτρων διότι αν και οι κεραίες έχουν ικανές τιμές ισχύος που επιτρέπουν την μετάδοση σημάτων σε τόσο μεγάλες αποστάσεις ο χρόνος που απαιτείται για να γίνει η μετάδοση αυτή αυξάνεται αισθητά. Από τους περιορισμούς στον αριθμό των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα από ένα σταθμό βάσης και στην μέγιστη ακτίνα μίας κυψέλης προκύπτει ότι οι κυψέλες στις αγροτικές περιοχές με μικρή τηλεφωνική πυκνότητα είναι μεγάλες (διάμετρος 1 έως 4 km ή και μεγαλύτερη), ενώ αντίθετα στο κέντρο κάποιας μεγαλούπολης μικρές (διάμετρος 300 έως 400 μέτρα).

Αν σε κάποια κυψέλη χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερα κινητά τηλέφωνα, έρχεται στιγμή που υπερφορτώνεται ο σταθμός Βάσης. Τότε γίνεται υποδιαίρεση της κυψέλης σε πάνω από μια μικρότερες κυψέλες προσθέτοντας νέους σταθμούς βάσης. Για να «μπούνε σφήνα» γεωγραφικά αυτές οι νέες κυψέλες ανάμεσα στις παλιές δημιουργείτε χώρος μειώνοντας την ισχύ εκπομπής τους οι παλιοί γειτονικοί σταθμοί βάσης και ουσιαστικά το μέγεθός τους.

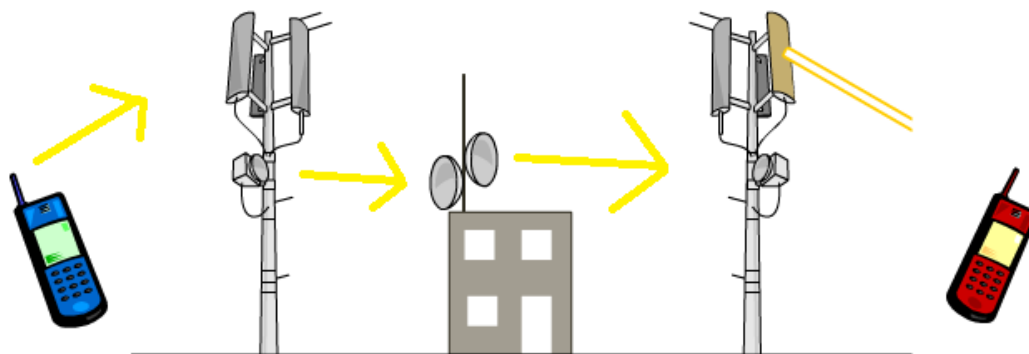
Έτσι όταν ο αριθμός των σταθμών βάσης αυξάνεται ουσιαστικά έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόστασης από το χρήστη. Η μείωση αυτή καθιστά ευκολότερη τη σύνδεση του κινητού με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με αποτέλεσμα η έκθεση των χρηστών από τα κινητά τηλέφωνα να μειώνεται. Το κινητό τηλέφωνο είναι σχεδιασμένο ώστε να λειτουργεί σε διάφορα επίπεδα ισχύος και να χρησιμοποιεί μόνο την εκπεμπόμενη ισχύ που είναι απαραίτητη για την επικοινωνία με το δίκτυο εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη ποιότητα ραδιοεπικοινωνίας με το σταθμό βάσης. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει σκοπό να παρατείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και το διαθέσιμο χρόνο ομιλίας. Όσο εγγύτερα βρίσκεται ο χρήστης του κινητού τηλεφώνου στο σταθμό βάσης τόσο χαμηλότερη είναι η ισχύς εκπομπής του κινητού. Ανάλογα προς τη μείωση της ισχύος εκπομπής του κινητού μειώνεται και η τιμή του SAR που δημιουργεί η συσκευή στο κεφάλι του χρήστη. Στον αντίποδα, με την αύξηση του αριθμού των σταθμών βάσης και των υπηρεσιών που παρέχουν σε νέες συχνότητες αυξάνεται η έκθεση του κοινού από τους σταθμούς βάσης.



Σχήμα 4.2: Κυψελωτό δίκτυο

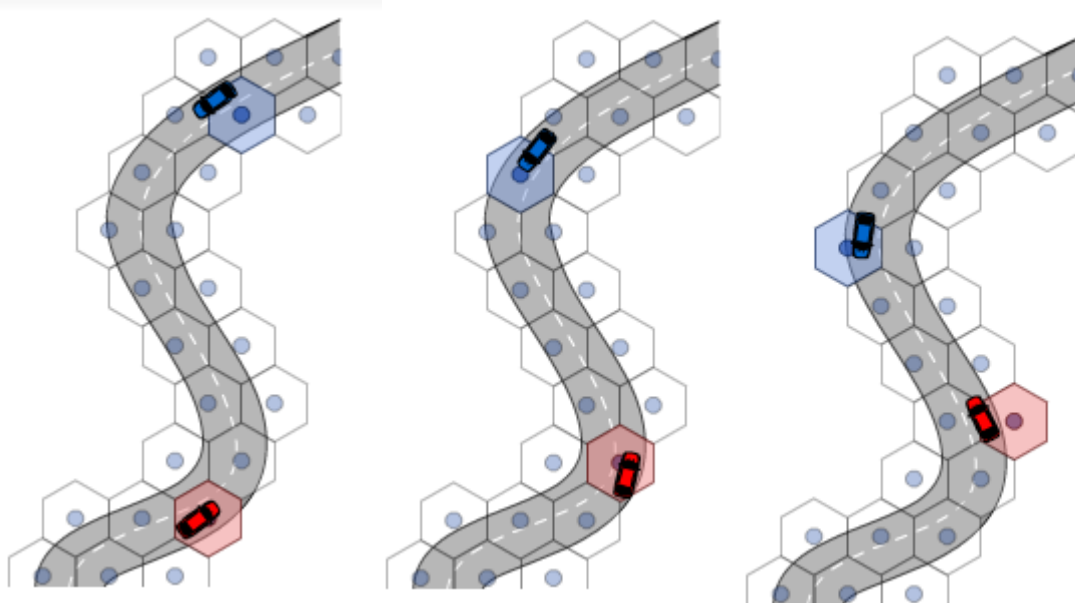
4.3 Λειτουργία κινητού

Κάθε φορά που κάνουμε ή δεχόμαστε μια κλήση μέσω του κινητού μας τηλεφώνου, εκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα από το κινητό μας τηλέφωνο προς την πλησιέστερη κεραία, εκείνη δηλαδή που μας εξυπηρετεί. Στη συνέχεια, η κεραία διαβιβάζει τα κύματα αυτά στον προορισμό τους, δηλαδή μέσω του δικτύου οι σταθμοί βάσης στέλνουν το σήμα σε κάποιο ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο όπου εκεί διαβιβάζεται το ερώτημα: «Πού είναι ο δέκτης;» Εκεί βρίσκεται μια τράπεζα δεδομένων όλων των χρηστών του εν λόγω δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Σε τακτά χρονικά διαστήματα το κέντρο λαμβάνει από όλους τους σταθμούς βάσης στο δίκτυο τα στοιχεία, ποια κινητά τηλέφωνα βρίσκονται εκείνη τη στιγμή στην κυψέλη τους και είναι ανοικτά. Ουσιαστικά κάθε κινητό δίνει το στίγμα του στο δίκτυο ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αν ο δέκτης δεν έχει κλείσει εντελώς το κινητό τηλέφωνο του, είναι έτσι γνωστό σε ποια κυψέλη βρίσκεται. Από το ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο το σήμα πάλι μέσω του δικτύου διαβιβάζεται σε μία άλλη κεραία που βρίσκετε πλησιέστερα στον χρήστη και στη συνέχεια σε ένα άλλο κινητό ή σταθερό τηλέφωνο. (σχήμα)



Σχήμα 4.3: Ο σταθμός βάσης λαμβάνει τα ραδιοσήματα από το κινητό τηλέφωνο, τα μεταφέρει στο ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο, το οποίο στη συνέχεια συνδέεται με τον αριθμό που καλείται (είτε στο δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας, είτε σε έναν άλλο σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας, ανάλογα με το εάν η κλήση προορίζεται σε σταθερό ή κινητό τηλέφωνο).

Αν κατά τη διάρκεια της κλήσης, εκείνος που καλεί ή ο καλούμενος απομακρυνθεί από την κυψέλη, τότε η σύνδεση μεταβιβάζεται αυτόματα στην επόμενη κυψέλη ώστε να μην διακοπεί η επικοινωνία. Τα ραδιοκύματα δεν χρειάζεται ποτέ να μεταδοθούν σε αποστάσεις μεγαλύτερες από μερικά χιλιόμετρα. (σχήμα)



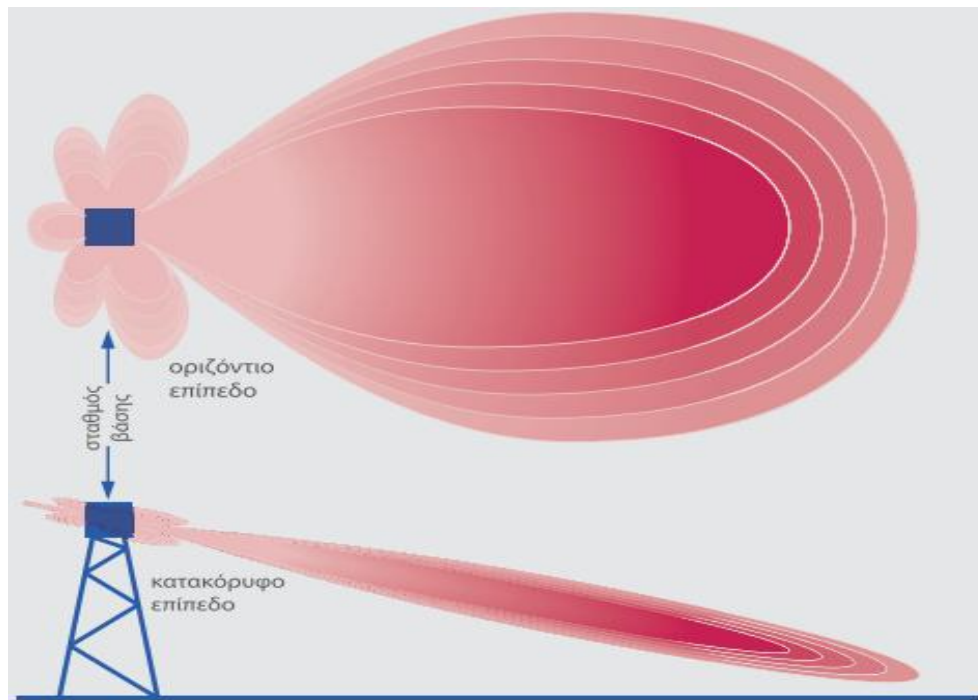
Σχήμα 4.4: Στιγμιότυπα μεταφοράς σύνδεσης στην επόμενη κυψέλη

4.4 Κεραίες κινητής τηλεφωνίας

Κεραίες εκπομπής και λήψης.

Οι κεραίες εκπομπής και λήψης χρησιμοποιούνται από τους σταθμούς βάσης για την επικοινωνία με τα κινητά τηλέφωνα. Κάθε σταθμός βάσης έχει 1 έως 4 κεραίες και δημιουργεί την περιοχή κάλυψης περιμετρικά δηλαδή την κυψέλη. Οι κεραίες αυτές έχουν συνήθως μακρόστενο σχήμα, ορθογώνιο ή ράβδου, μήκος έως δύο μέτρα, πλάτος 10 -20 εκατοστά, πάχος ή διάμετρο μερικά εκατοστά και τοποθετούνται κατακόρυφα στο σταθμό βάσης.

Οι κεραίες εκπομπής και λήψης δεν εκπέμπουν σφαιρικά γύρω τους με τον ίδιο τρόπο, αλλά ακτινοβολούν σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις για να επικοινωνούν με τα κινητά τηλέφωνα στην περιοχή που έχει σχεδιαστεί να καλύπτει ο σταθμός βάσης. Είναι δηλαδή κατευθυντικές και στο οριζόντιο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι κεραίες αυτές ακτινοβολούν σε στενές κατά την κατακόρυφη διεύθυνση δέσμες, οι οποίες παρουσιάζουν ελαφρά κλίση προς τα κάτω σε σχέση με τον ορίζοντα. Οι λοβοί των κεραιών διευρύνονται με την απόσταση και αγγίζουν το επίπεδο του εδάφους σε αποστάσεις 50-300 μέτρων από τις κεραίες. Τα επίπεδα πυκνότητας ισχύος των ραδιοκυμάτων σε αυτές τις αποστάσεις είναι πολύ μικρότερα από εκείνα που προκύπτουν απευθείας μπροστά από τις κεραίες και μπορούν εύκολα να υπολογιστούν. Επίσης η ένταση του πεδίου ακριβώς κάτω από τις κεραίες και πάνω στους στύλους του σταθμού βάσης είναι πολύ χαμηλότερη από αυτήν που μετράται απευθείας μπροστά από τις κεραίες σε μικρή απόσταση.



Σχήμα 4.5: Κατεύθυνση και σχήμα λοβών ακτινοβολίας σταθμών βάσης

Μικροκυματικές κεραιές ασύρματων ζεύξεων.

Οι μικροκυματικές κεραιές χρησιμοποιούνται για την ασύρματη σύνδεση του σταθμού βάσης με το κέντρο για την λήψη και την προώθηση των τηλεφωνικών κλήσεων. Οι κεραιές αυτές μοιάζουν με κυλινδρικά τύμπανα διαμέτρου 30 ή 60 εκατοστών και τοποθετούνται κάθετα στον σταθμό βάσης.

Οι κεραιές αυτές είναι υπερκατευθυντικές, εκπέμποντας μία πολύ στενή δέσμη και χρειάζονται δύο όμοιες κεραιές (από μία σε κάθε άκρο της σύνδεσης) για να αποκατασταθεί μία ζεύξη. Όλη η ακτινοβολία συγκεντρώνεται στην κατεύθυνση της ευθείας που συνδέει τις δύο κεραιές και η ακτινοβολία που διαφεύγει εκτός αυτής είναι σχεδόν μηδενική. Για να αποκατασταθεί η σύνδεση , απαιτείται να μην παρεμβάλλεται τίποτα μεταξύ στην νοητή ευθεία μεταξύ των δύο κεραιών. Η ισχύς εκπομπής των κεραιών είναι πολύ μικρή, της τάξεως του 1W. Συνήθως οι σταθμοί βάσης έχουν μία μικροκυματική κεραία, μερικές φορές όμως είναι αδύνατο να δημιουργηθεί μία απευθείας σύνδεση μεταξύ ενός σταθμού βάσης και του κέντρου και έτσι χρησιμοποιείται και κάποιος άλλος σταθμός βάσης ως ενδιάμεσος ο οποίος θα έχει περισσότερες από μία μικροκυματικές κεραιές. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις που οι σταθμοί βάσης μεταδίδουν τις κλήσεις τους στο κέντρο ενσύρματα όπως για παράδειγμα με κάποιο μισθωμένο κύκλωμα και δεν έχουν καμία μικροκυματική ζεύξη.

Μικροκεραίες.

Σε μερικές περιπτώσεις, πολλοί χρήστες κινητών τηλεφώνων συγκεντρώνονται σε χώρους όπου είναι δύσκολο να υπάρξει καλή κάλυψη από τους υπάρχοντες σταθμούς βάσης στην περιοχή ή/και είναι δύσκολο να εξυπηρετηθούν όλοι εφόσον θέλουν να κάνουν κλήση. Τέτοιες περιπτώσεις είναι στο μετρό, στους κλειστούς χώρους των αεροδρομίων, σε μεγάλους χώρους συγκεντρώσεων και εκδηλώσεων κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται μικροκεραίες για να καλύψουν με σήμα τους χώρους αυτούς. Οι μικροκεραίες έχουν σχετικά μικρές διαστάσεις, τοποθετούνται στην οροφή ή πάνω σε τοίχους εσωτερικών χώρων αλλά και σε εξωτερικούς χώρους που παρατηρείται αυξημένη χρήση κινητών τηλεφώνων όπως πλατείες ή πάρκα και έχουν μικρή ακτίνα κάλυψης με σκοπό να εξυπηρετήσουν μια περιοχή όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός χρηστών κινητών τηλεφώνων.

Κατευθυντικότητα κεραίας.

Κοινό χαρακτηριστικό των κεραιών κινητής τηλεφωνίας είναι η κατευθυντικότητα τους. Δηλαδή εκπέμπουν την ακτινοβολία όπως είδαμε στο σχήμα σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις και όχι σφαιρικά και συμμετρικά γύρω από τον σταθμό βάσης. Βάση της κατευθυντικότητας των κεραιών καταρρίπτεται η λανθασμένη αντίληψη ότι οι εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι πιο ισχυρή ακριβώς κάτω από τις κεραίες, γεγονός που εν μέρει εξηγεί κάποιες από τις ανησυχίες σχετικά με τις κεραίες που είναι τοποθετημένες πάνω από σχολεία ή πολυκατοικίες.

Ανεξαρτήτως εξοπλισμού, η ισχύς των ραδιοκυμάτων μειώνεται κατακόρυφα, καθώς απομακρυνόμαστε από την κεραία. Σε ελεύθερο χώρο, η ισχύς μειώνεται στο ένα τέταρτο της αρχικής, όταν η απόσταση διπλασιάζεται. Στην πραγματικότητα, η ισχύς μειώνεται πολύ πιο γρήγορα από αυτό, λόγω της απώλειας της ισχύος του σήματος (επίσης γνωστή ως 'εξασθένιση') που προκαλείται επειδή τα ραδιοκύματα πρέπει να περάσουν μέσα από εμπόδια, όπως δέντρα και κτίρια.

4.5 Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα όπως και σε άλλες 218 χώρες του κόσμου οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν τα συστήματα GSM-900, GSM-1800 (ή DCS-1800) και τα νέα συστήματα 3ης γενιάς UMTS. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούν το ψηφιακό Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (GSM) είναι γνωστά ως συστήματα δεύτερης γενιάς (2G), καθώς ακολούθησαν τα πρώτης γενιάς αναλογικά συστήματα που δεν λειτουργούν πλέον. Επιπλέον, και οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας έχουν αναπτύξει δίκτυα τρίτης γενιάς (3G) σε ολόκληρη τη χώρα (UMTS). Οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας που λειτουργούν στην Ελλάδα είναι οι εταιρίες COSMOTE, WIND και VODAFONE. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα χρησιμοποιούν ζώνες συχνοτήτων περί τα 900 MHz (GSM-900), 1800 MHz (GSM-1800 ή DCS-1800), και 2100 MHz (UMTS).

4.6 Το σύστημα GSM

Το Global System for Mobile communications (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών) είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G). Στο σύστημα GSM χωρίζεται η περιοχή του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων που έχει εκχωρηθεί στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας σε περισσότερες υποπεριοχές συχνοτήτων - κανάλια επικοινωνίας εύρους 200kHz. Κάθε κανάλι μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα έως και οκτώ συνδρομητές, οι οποίοι χρησιμοποιούν διαδοχικά τα κανάλια για λίγο χρόνο (περίπου 0,577 ms). Κάθε σταθμός βάσης επικοινωνεί με τα κινητά τηλέφωνα που βρίσκονται στη περιοχή, συνήθως με 6 έως 12 κανάλια συχνοτήτων. Τα κανάλια αυτά είναι διαφορετικά μεταξύ γειτονικών κυψελών, ώστε να ξεχωρίζουν μεταξύ τους.

Επειδή ο αριθμός των καναλιών είναι περιορισμένος, τα ίδια κανάλια ξανα-χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές κυψέλες. Επίσης κυψέλες που χρησιμοποιούν ίδια κανάλια τοποθετούνται όσο γίνεται πιο μακριά η μία από την άλλη για να αποφεύγονται παρεμβολές στο δίκτυο. Όταν μετακινούμαστε κατά την διάρκεια της συνομιλίας και το σήμα γίνει πιο ισχυρό σε ένα γειτονικό σταθμό βάσης γίνεται αυτόματα η μετάβαση στον σταθμό αυτό χωρίς να γίνει αισθητή από εμάς.

4.7 Το σύστημα UMTS

Το σύστημα κινητής τηλεφωνίας UMTS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων «Universal Mobile Telecommunication System» (Καθολικό Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών) και είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας τρίτης γενιάς κινητής τηλεφωνίας που επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων (εικόνα και ήχο) με πολύ υψηλές ταχύτητες και σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός φάσματος επικοινωνίας με εύρος 5 MHz μεταξύ κινητού και σταθμού βάσης. Στο σύστημα UMTS, η πρόσβαση των συνδρομητών στο δίκτυο μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα στην ίδια ζώνη συχνοτήτων, επειδή διαχωρίζονται με την χρήση κωδικών. Σε αντίθεση με το σύστημα GSM, δυο γειτονικοί σταθμοί βάσης μιας εταιρείας μπορούν να εκπέμπουν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων και κάθε συνδρομητής μπορεί να εξυπηρετείται ταυτόχρονα από δύο ή περισσότερους σταθμούς βάσης. Το μέγεθος της κυψέλης που καλύπτει ο σταθμός βάσης δεν είναι σταθερό, αλλά μπορεί να μεταβάλλεται. Συγκεκριμένα, όταν ένας σταθμός UMTS πρέπει να εκπέμπει μεγάλο όγκο πληροφοριών, είτε επειδή λειτουργούν πολλά κινητά τηλέφωνα στις κυψέλες του είτε επειδή υπάρχει απαίτηση υψηλών ρυθμών μεταφοράς δεδομένων από λίγες συσκευές, μειώνεται η ισχύς εκπομπής από την κεραία αυτή, ώστε να μικρύνει η περιοχή κάλυψης του σταθμού. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «αναπνοή της κυψέλης» (cell breathing) και έχει στόχο την αποφυγή των παρεμβολών στους γειτονικούς σταθμούς.

Σύγκριση	GSM	UMTS
Κανάλια	Πολλά διαφορετικά κανάλια εύρους 200kHz	Ευρυζωνική επικοινωνία με λίγα κανάλια εύρους 5MHz
Διαχωρισμός συνδρομητών	Έως 8 συνδρομητές μιλούν διαδοχικά στο ίδιο κανάλι	Διαχωρισμός με κώδικες
Διαχωρισμός κυψελών	Διαφορετικά κανάλια συχνότητας στις γειτονικές κυψέλες	Δύο γειτονικές κυψέλες μπορεί να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι
Μεταγωγή	Σύνδεση μόνο με την κυψέλη που έχει το καλύτερο σήμα	Δυνατότητα ταυτόχρονης σύνδεσης με δύο ή περισσότερες κυψέλες
Μέγεθος κυψέλης	Σταθερό	Μεταβλητό

Πίνακας 4.2: Σύγκριση μεταξύ GSM και UMTS συστήματος

4.8 Ισχύς εκπομπής κινητών τηλεφώνων

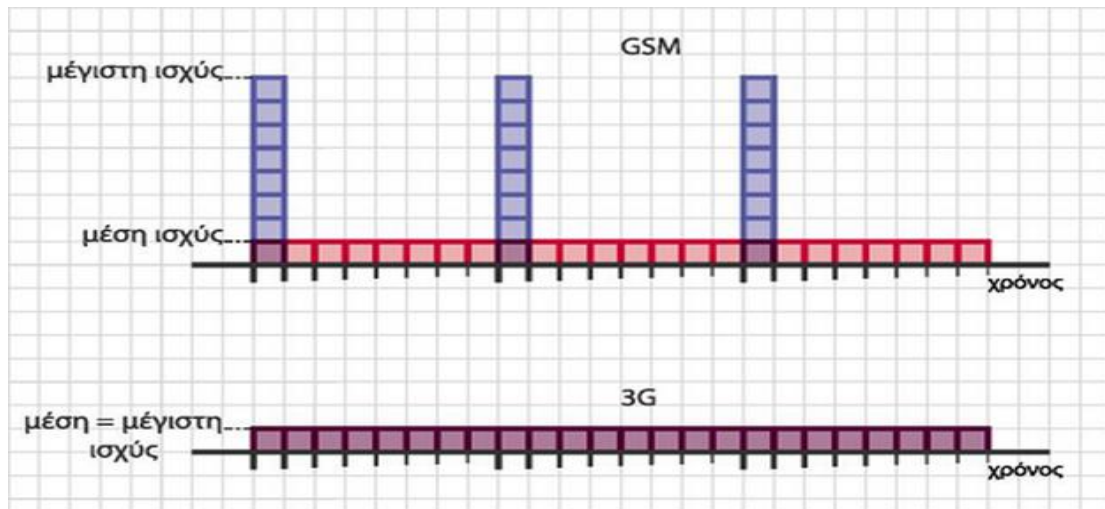
Τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μόνο κατά την διάρκεια της τηλεφωνικής μας επικοινωνίας. Όταν ο χρήστης είναι σιωπηλός, το επίπεδο της ισχύος μειώνεται. Επίσης, όταν ένα κινητό βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, εκπέμπει ανά κάποια λεπτά, ένα βραχύ παλμό προς το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με το οποίο συνδέεται για να δηλώσει ότι βρίσκεται στη συγκεκριμένη περιοχή κάλυψης και ότι είναι διαθέσιμο για την λήψη εισερχόμενων κλήσεων. Όταν το κινητό τηλέφωνο είναι κλειστό, δεν εκπέμπει.

Η ισχύς της ακτινοβολίας των κινητών τηλεφώνων είναι σχετικά μικρή και εξαρτάται από την ποιότητα του σήματος που έχει κατά την λειτουργία του. Όσο καλύτερο σήμα έχει δηλαδή, όσο εγγύτερα βρίσκεται σε σταθμό βάσης, τόσο περιορίζει την εκπεμπόμενη ισχύ του στο κατώτερο επίπεδο, το οποίο είναι απαραίτητο για την αξιόπιστη επικοινωνία με το σταθμό βάσης. Η μέση ισχύς εκπομπής είναι 0.5W ή και μικρότερη. Η μέση ισχύς εκπομπής σε πολλές περιπτώσεις είναι εξαιρετικά χαμηλότερη από τη μέγιστη ισχύ εκπομπής.

Στο σύστημα GSM, η μέση ισχύς βρίσκεται στο 1/8 της μέγιστης ισχύος καθώς μέχρι οκτώ (8) χρήστες μοιράζονται το ίδιο κανάλι συχνοτήτων και κάθε κινητό τηλέφωνο μεταδίδει μόνο κατά τη διάρκεια του 1/8 του χρόνου.

Τα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς (UMTS) δε διαχωρίζουν τα σήματα στο πεδίο του χρόνου ή στο πεδίο των συχνοτήτων και η μέση ισχύς ισούται με την μέγιστη ισχύ.

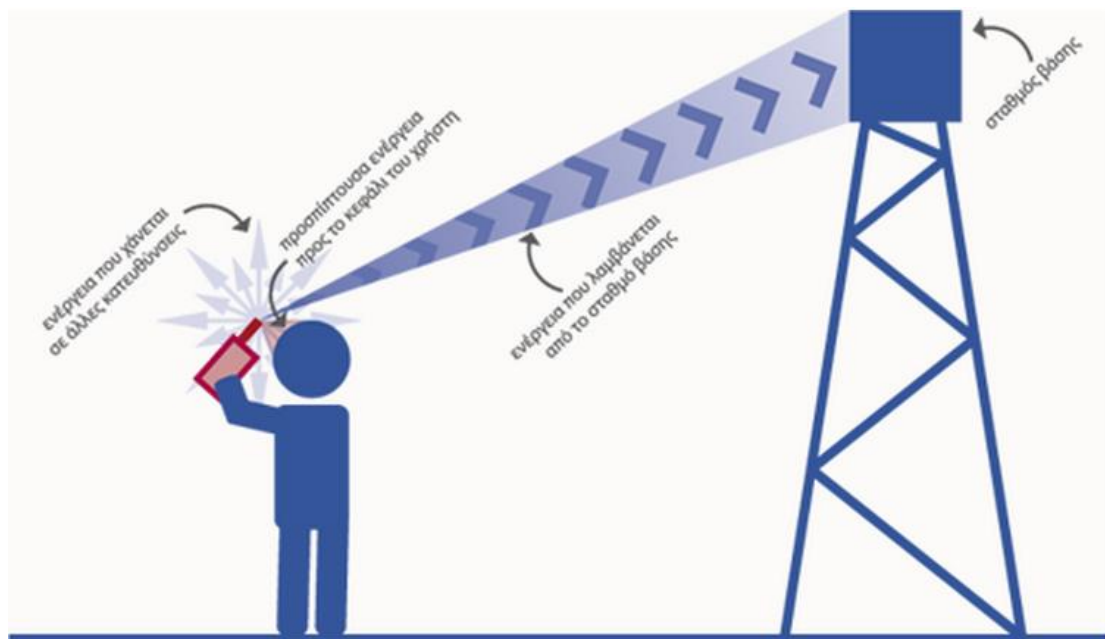
Τα κινητά τηλέφωνα τεχνολογίας GSM λειτουργούν με μέγιστη ισχύ 2 W (GSM 900) και 1 W (GSM 1800). Η μέγιστη μέση ισχύς είναι το 1/8 της συνολικής μέγιστης ισχύος, δηλαδή 250 mW ή 0.25 W (GSM 900) και 125 mW ή 0.125 W (GSM 1800). Για την τεχνολογία Τρίτης Γενιάς (UMTS), η μέγιστη ισχύς είναι 0.125 W και 0.25 W, ανάλογα με τον τύπο της τερματικής συσκευής.



Σχήμα 4.6: Διαχείριση χρόνου και επίπεδο ισχύος για συστήματα GSM και 3G.

4.8.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την έκθεση από τη χρήση κινητών τηλεφώνων.

Τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν ραδιοκύματα προς όλες τις κατευθύνσεις για να επικοινωνούν με τους σταθμούς βάσης της κινητής τηλεφωνίας που μπορεί να είναι σε οποιαδήποτε διεύθυνση σε σχέση με το χρήστη. Αυτό έχει ως συνέπεια μέρος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το κινητό να κατευθύνεται προς το κεφάλι (κυρίως) και το σώμα του χρήστη. Το επίπεδο EPA που προκαλεί το τηλέφωνο στο κεφάλι εξαρτάται από σειρά παραγόντων, όπως ο τύπος του κινητού τηλεφώνου, η πραγματική ισχύς εξόδου του κινητού τηλεφώνου, ο χρόνος ομιλίας κατά τη διάρκεια μιας κλήσης και η απόσταση του κινητού από το κεφάλι του χρήστη.



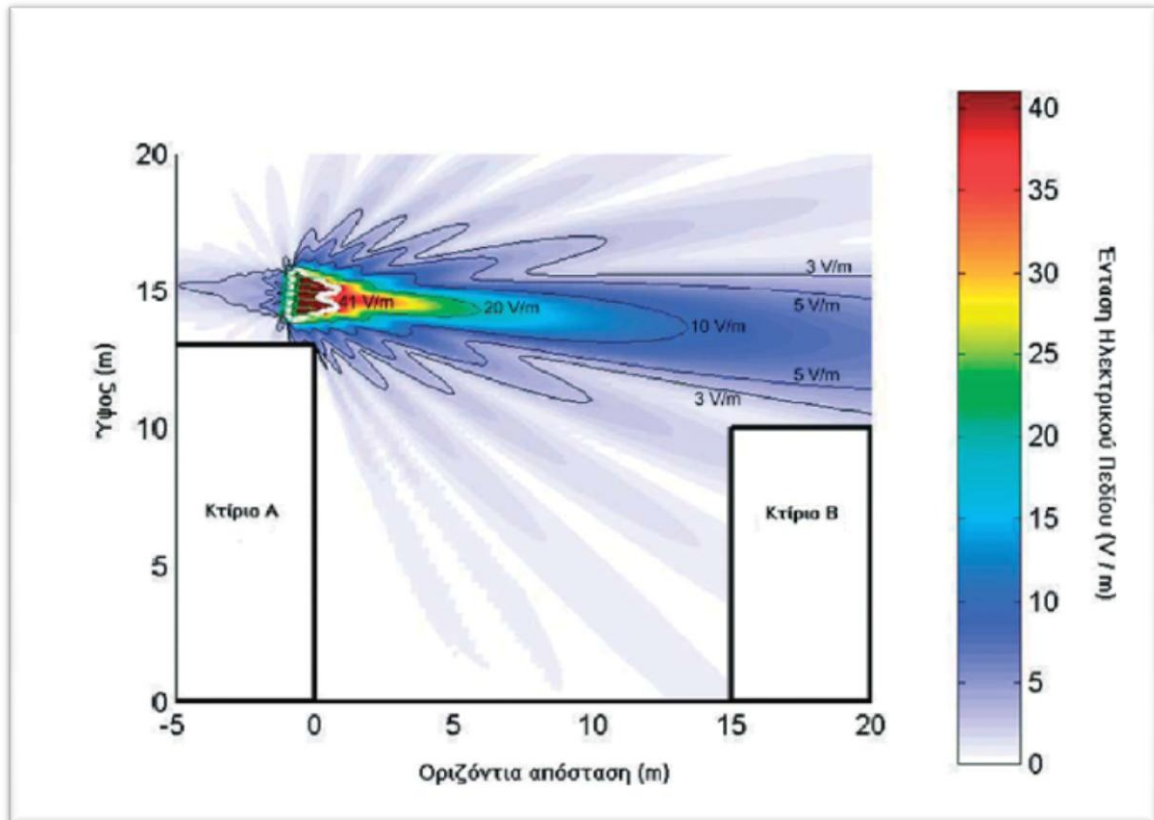
Σχήμα 4.7 :Ισχύς εκπεμπόμενη από κινητό τηλέφωνο.

Κάθε κινητό τηλέφωνο εκπέμπει με διαφορετικό EPA. Οι εταιρίες κινητών τηλεφώνων είναι υποχρεωμένες να αναγράφουν στην συσκευασία το EPA της συσκευής και να συμμορφώνονται στα επιτρεπτά όρια. Οι αναγραφόμενες τιμές για διάφορα κινητά κυμαίνονται από 0,2 μέχρι και 1,4 W/Kg. Οι πραγματικές τιμές συνήθως είναι χαμηλότερες από τις αναγραφόμενες.

4.9 Ισχύς σταθμών βάσης

Τα τυπικά επίπεδα ισχύος για ένα σταθμό βάσης είναι 40 W για σταθμούς βάσης σε αραιοκατοικημένες αγροτικές περιοχές, 10 W για σταθμούς σε αστικό περιβάλλον και κάτω από 1 W για κεραιές ασύρματων δικτύων εσωτερικού χώρου.

Η ισχύς εκπομπής μίας κεραιάς του σταθμού βάσης μπορεί να αυξηθεί εάν προστεθούν συχνότητες για την υποστήριξη παρεχόμενων υπηρεσιών. Στο σύστημα UMTS μπορεί να μειωθεί όταν υπάρχει μεγάλος όγκος πληροφοριών ή απαιτείται υψηλός ρυθμός μεταφοράς δεδομένων από λίγες συσκευές. Η ισχύς εκπομπής εξαρτάται από την τοποθεσία που βρισκόμαστε ως προς την κεραιά του σταθμού. Όσο μεγαλύτερη απόσταση έχουμε από την κεραιά και όσο περισσότερα φυσικά εμπόδια έχει ανάμεσα σε μας και την κεραιά τόσο η ισχύς εκπομπής του σταθμού βάσης μειώνεται. (Η ισχύς μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης). Επίσης μειωμένη ισχύς εκπέμπεται σε κατευθύνσεις πέραν της κύριας που εκπέμπει η κεραιά. Κατά την διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας οι τιμές της πυκνότητας ισχύος γίνονται μικρότερες από όλα τα όρια έκθεσης πέρα από απόσταση των 50 μέτρων. Επίσης στην επιφάνεια του εδάφους για ύψος κεραιάς 25 μέτρα η πυκνότητα ισχύος είναι μικρότερη από όλα τα όρια έκθεσης. Στο σχήμα βλέπουμε την ένταση του πεδίου της κεραιάς στις διάφορες κατευθύνσεις.



Σχήμα 4.8: Σε ύψος 1 μέτρου από την ταράτσα του κτιρίου A βρίσκεται τοποθετημένη μία κεραία κινητής τηλεφωνίας. Εδώ απεικονίζεται στο κατακόρυφο επίπεδο η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στη κατεύθυνση μεγίστης ακτινοβολίας της κεραίας. Το όριο της σχετικής Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι $41,25 \text{ V/m}$ για την συχνότητα στην οποία εκπέμπει η κεραία αυτή (900MHz). Όπως φαίνεται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι κάτω από το όριο αυτό σε απόσταση λίγων μέτρων ακόμα και στη κατεύθυνση που ακτινοβολεί η κεραία. Στις άλλες κατευθύνσεις, πίσω, πάνω και κάτω από την κεραία η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι πολύ μικρότερη του ορίου σε απόσταση μόλις ενός μέτρου από την κεραία. Εντός του κτιρίου A η ακτινοβολία είναι πολύ μικρότερη λόγω και της εξασθένησης που προκαλείται στην διάδοση της ακτινοβολίας από την ταράτσα. Στο σχήμα φαίνεται και ένα δεύτερο κτίριο, το κτίριο B, που βρίσκεται σε οριζόντια απόσταση 15 μέτρων από το κτίριο A, στην κατεύθυνση που ακτινοβολεί η κεραία. Το κτίριο B είναι μόλις έναν όροφο χαμηλότερο από το κτίριο A, ωστόσο η κύρια δέσμη της ακτινοβολίας διέρχεται πάνω από αυτό, χωρίς να εμποδίζεται από την παρουσία του κτιρίου. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ύψος 2 μέτρων πάνω από το επίπεδο της ταράτσας του κτιρίου B (θέση του κεφαλιού ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου) είναι 3V/m έως 5V/m . Στα μπαλκόνια του κτιρίου B προς την πλευρά της κεραίας η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μικρότερη από 1V/m και στο εσωτερικό του κτιρίου είναι πολλές φορές μικρότερη λόγω της εξασθένησης από τα δομικά υλικά. Τεχνικά στοιχεία κεραίας: συνολική ισχύ στην είσοδό της 20W , κέρδος κύριου λοβού $15,5\text{dBi}$ και άνοιγμα στο οριζόντιο επίπεδο 90° (Πηγή: France Telecom)

Σε σύγκριση με άλλους πομπούς ραδιοκυμάτων, όπως για παράδειγμα τους ραδιοτηλεοπτικούς πομπούς, τα επίπεδα ακτινοβολούμενης ισχύος από σταθμούς βάσης είναι σημαντικά χαμηλότερα. Στον Πίνακα παρουσιάζονται χαρακτηριστικά επίπεδα ισχύος για τη λειτουργία των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας συγκριτικά με τα αντίστοιχα των ραδιοτηλεοπτικών πομπών.

Τυπικά επίπεδα ισχύος σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας (ανά κεραία)	Watt
Σταθμοί βάσης σε αγροτικό περιβάλλον	40
Σταθμοί βάσης σε αστικό περιβάλλον	10
Κεραίες ασύρματων δικτύων εσωτερικού χώρου	0.1
Τυπικά επίπεδα ισχύος ραδιοτηλεοπτικών μεταδοτών	
Μεγάλοι τηλεοπτικοί μεταδότες (UHF)	40.000
Μεγάλοι ραδιοτηλεοπτικοί μεταδότες (VHF)	2.000

Πίνακας 4.3: Τυπικά επίπεδα ισχύος για τη λειτουργία των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας συγκριτικά με τα αντίστοιχα των ραδιοτηλεοπτικών μεταδοτών.

Σύγκριση σταθμού βάσης με κινητό τηλέφωνο

Η συχνότητα που εκπέμπουν ο σταθμός βάσης και οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας είναι η ίδια, αυτό που διαφέρει είναι η ισχύς του πομπού και η απόσταση που έχουμε από αυτόν. Η ισχύς εκπομπής του κινητού τηλεφώνου είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτήν του σταθμού βάσης όμως λόγω της πολύ μικρής απόστασης από το κεφάλι κατά την διάρκεια της συνομιλίας η επιβάρυνση του ανθρώπου από τα κινητά τηλέφωνα είναι μεγαλύτερη. Στον πίνακα βλέπουμε βασικές διαφορές μεταξύ του σταθμού βάσης και του κινητού τηλεφώνου.

Σταθμός βάσης	Κινητό τηλέφωνο
Ισχυρότερος πομπός	Ασθενέστερος πομπός
Σημαντική απόσταση από πρόσωπα	Πολύ μικρή απόσταση από το κεφάλι
Ομοιόμορφη ακτινοβολήση όλου του σώματος	Τοπική ακτινοβολήση του κεφαλιού
Ακτινοβολία εκπέμπεται συνεχώς	Ακτινοβολία εκπέμπεται μόνο κατά το τηλέφωνο

Πίνακας 4.4: Σύγκριση σταθμού βάσης με κινητό τηλέφωνο

4.10 Όρια ασφαλείας για την ακτινοβολία κινητών τηλεφώνων στην Ελλάδα.

Τα όρια ασφαλείας που ισχύουν στην Ελλάδα είναι πιο αυστηρά από αυτά που προτείνει η ICNIRP. Συγκεκριμένα, είναι κατά 30% χαμηλότερα. Ειδικότερα, για περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων από σχολεία, βρεφονηπιακούς σταθμούς, νοσοκομεία κ.ά., τα όρια είναι χαμηλότερα κατά 40%.

4.10.1 Όρια για τους σταθμούς βάσης και τις κεραιές

Τα όρια ασφαλούς έκθεσης που αφορούν κεραιές κινητής τηλεφωνίας ορίζονται διεθνώς βάσει τιμών μέτρησης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Οι τιμές αυτές πρέπει να βρίσκονται κάτω από συγκεκριμένα επίπεδα αναφοράς.

Εφαρμογή	Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (V/m)	Ένταση Μαγνητικού Πεδίου (A/m)	Πυκνότητα Ισχύος Ισοδύναμου Επίπεδου ΗΜ Κύματος (W/m ²)
Κινητή τηλεφωνία 900 MHz (GSM)	28.7 (24.6)	0.08 (0.066)	3.15 (2.7)
Κινητή τηλεφωνία 1800 MHz (DCS)	40.6 (34.8)	0.11 (0.096)	6.3 (5.4)
Κινητή τηλεφωνία 2100 MHz (UMTS)	42.7 (36.6)	0.11 (0.096)	7 (6)

Πίνακας 4.5: Τα επίπεδα αναφοράς που ισχύουν στην Ελλάδα για τον γενικό πληθυσμό, αντιστοιχούν στο 70% και (60%) των ορίων της ICNIRP.

4.10.2 Όρια για τα κινητά τηλέφωνα

Για τα κινητά τηλέφωνα, τα όρια ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ορίζονται μέσω του Ειδικού Ρυθμού Απορρόφησης (EPA). Ο EPA εκφράζεται σε Watt ανά χιλιόγραμμο μάζας σώματος (W/kg) και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2W/kg τοπικά.

Τα κινητά που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά, ικανοποιούν αυτήν την προδιαγραφή και φέρουν τη σήμανση CE. Η μέγιστη τιμή του τοπικού EPA για κάθε κινητό τηλέφωνο αναφέρεται στις οδηγίες χρήσης της συσκευής.

Τα όρια εκφράζονται σε EPA για μέσο όρο σε όλο το σώμα και για μέσο όρο τοπικά σε 10g συνεχούς ιστού και χρονική διάρκεια έκθεσης 6 λεπτά.

Φυσικό Μέγεθος	Όρια ΕΕ (W/kg)	Ελληνικά όρια ¹	
		70% ορίων ΕΕ (W/kg)	60% ορίων ΕΕ (W/kg)
Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος	0,08	0,056	0,048
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό	2	1,4	1,2
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα	4	2,8	2,4

1. Στο περιβάλλον σταθμών κεραιών

Πίνακας 4.6: Ελληνικά όρια, τοπικά και ολόσωμα, εκφραζόμενα σε EPA.

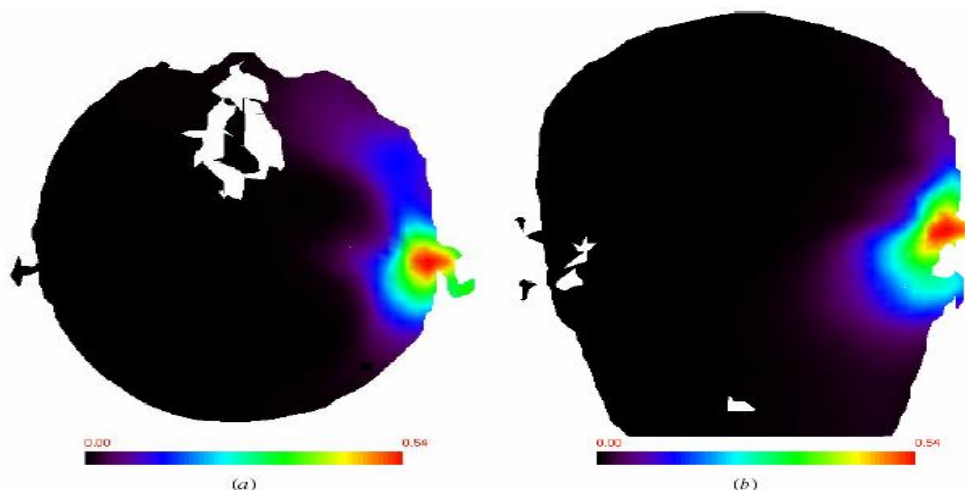
4.11 Μετρήσεις ακτινοβολίας κινητών τηλεφώνων

Θεωρητικοί υπολογισμοί του EPA της ακτινοβολίας ενός κινητού από το μάτι, το αυτί και τον εγκέφαλο με ισχύ εκπομπής φορητού 1W και για δύο θέσεις του κινητού ως προς το κεφάλι (κατακόρυφη και υπό κλίση 45ο) σε απόσταση 0,5cm από αυτό, έδειξαν τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

Είδος ιστού.	Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης (W/kg)	
	Κινητό τοποθετημένο κατακόρυφα.	Κινητό τοποθετημένο με κλίση 45ο από την κατακόρυφο.
Μάτι	1.82	2.48
Εγκέφαλος	0.178	0.21
Αυτί	10.11	4.97

Πίνακας 4.7: θεωρητικός υπολογισμός EPA για συσκευή 1W.

Από τα θεωρητικά αποτελέσματα βλέπουμε ότι ο EPA είναι διαφορετικός για τα διάφορα είδη ιστού όπως αναμενόταν. Επίσης για κινητό τοποθετημένο κατακόρυφα η τιμή απορρόφησης για το αυτί είναι πολύ μεγάλη καθώς το αυτί είναι το σημείο που εκτίθεται περισσότερο στην ακτινοβολία.



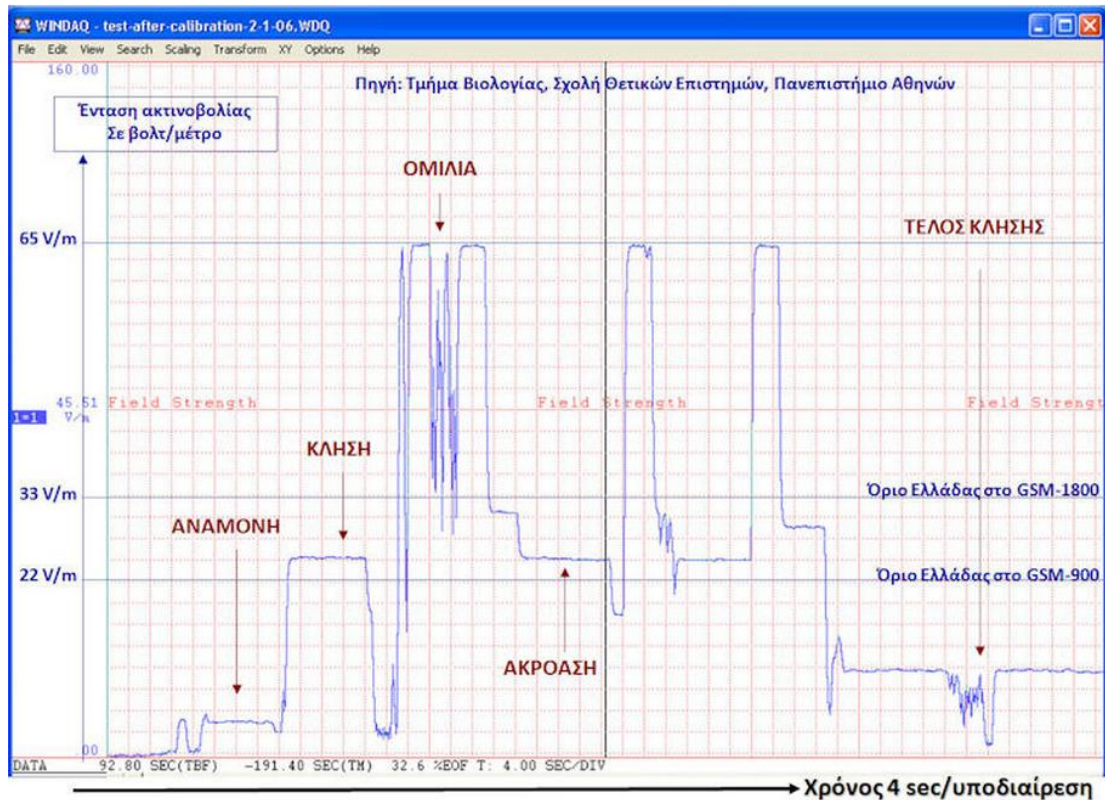
Εικόνα 4.2: Απεικόνιση βαθμού διεύθυνσης της ακτινοβολίας κινητού τηλεφώνου. Προφίλ θερμοκρασίας για κινητό 1W στα 1800 MHz (α) κατακόρυφα (β) πλάγια.

Πρόσφατες μετρήσεις μιας έρευνας του ΕΜΠ για την απορρόφηση από το αυτί, της Η/Μ ακτινοβολίας RF που εκπέμπεται από τα νέα κινητά των 0.5W ή 0.25W δίνει τα εξής αποτελέσματα.

Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης (W/kg)				
	Κεραία με κλίση 45ο σε απόσταση 0.5cm από το αυτί		Κεραία κατακόρυφη σε απόσταση 0.5cm από το αυτί	
	1800MHz	915MHz	1800MHz	915MHz
0.5 W	1.5	2.4	4.5	5
0.25W	0.75	1.2	2.2	2.5

Πίνακας 4.8: Μετρήσεις για απορρόφηση ακτινοβολίας από το αυτί από δύο διαφορετικά τηλέφωνα.

Παρατηρούμε ότι η απορρόφηση είναι πολύ μικρότερη από τους πιο πάνω θεωρητικούς υπολογισμούς.



Σχήμα 4.9: Μέτρηση έντασης πεδίου κατά την διάρκεια μιας κλήσης από ένα κινητό τηλέφωνο.

Παρατηρούμε ότι με βάση την μέτρηση αυτή που έγινε από το τμήμα βιολογίας του πανεπιστημίου Αθηνών κατά την διάρκεια της ομιλίας η ένταση του πεδίου ξεπερνάει τα όρια έκθεσης που ισχύουν στην Ελλάδα. Επίσης κατά την ακρόαση η ένταση του πεδίου είναι αισθητά μικρότερη σε σχέση με το διάστημα που μιλάμε.

4.12 Υπολογισμός ασφαλούς απόστασης από κεραία κινητής τηλεφωνίας

Ο υπολογισμός του μεγέθους της πυκνότητας ισχύος ισοδύναμου επίπεδου κύματος P_d που εκπέμπεται από κεραία αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας γίνεται γενικά με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$P_d = \frac{N}{4\pi r^2} 10^{\frac{G}{10}} u^2$$

Όπου,

P_d : πυκνότητα ισχύος ισοδύναμου επίπεδου κύματος, σε W/m^2 ,

N : ισχύς στην είσοδο της κεραίας σε Watt,

G : ισοτροπικό κέρδος της κεραίας σε db,

r : απόσταση από την κεραία της θέσης υπολογισμού της έντασης ακτινοβολίας, σε m, και u : παράγοντας διάταξης που λαμβάνει υπόψιν την ανάκλαση από το έδαφος.

Ο παράγοντας u κυμαίνεται από 1 (διάδοση ελευθέρου χώρου) έως 2 (τέλεια αγωγίμο έδαφος – τέλεια ανάκλαση).

Στα πλαίσια της τεχνικής μελέτης λαμβάνεται υπ' όψιν στους υπολογισμούς η δυσμενέστερη περίπτωση ($u = 2$), δηλαδή θεωρείται πως τα απευθείας κύματα συμβάλλουν σε φάση με τα ανακλώμενα. Άρα ο παραπάνω τύπος δίνει :

$$P_d = \frac{N}{\pi r^2} 10^{\frac{G}{10}}$$

Με βάση τον τύπο, υπολογίζεται γενικά η απόσταση r_{min} , που απαιτείται ώστε η πυκνότητα ισχύος P_d να μην υπερβαίνει το επίπεδο αναφοράς P_{dmax} .

$$r_{min} = \sqrt{\frac{N 10^{0.1G}}{\pi P_{dmax}}}$$

Παράδειγμα

Έστω ότι έχουμε μία κεραία σε σταθμό βάσης με έξοδο $N=50$ W και ισοτροπικό κέρδος $G=15$ db, να βρούμε την ελάχιστη απόσταση στην οποία δεν κινδυνεύουμε με βάση το μέγιστο επιτρεπτό όριο πυκνότητας ισχύος στην Ελλάδα για τις διάφορες συχνότητες.

Λύνοντας την εξίσωση $r_{min} = \sqrt{\frac{N 10^{0.1G}}{\pi P_{dmax}}}$

Βρίσκουμε:

για 900 MHz, $P_{dmax}=2.7$, $r_{min}=13.65$ m

για 1800MHz, $P_{dmax}=5.4$, $r_{min}=9.65$ m

για 2100MHz, $P_{dmax}=6$, $r_{min}=9.16$ m

Παρατηρούμε ότι οι αποστάσεις είναι αρκετά μέτρα από τις κεραίες ωστόσο δεν αποτελούν ισχυρή απόδειξη για να κρίνουμε τα όρια για τις κεραίες καθώς όπως είπαμε οι κεραίες εκπέμπουν κατευθυντικά.

4.13 Hands free-Bluetooth

Υπάρχουν δύο τύποι εξαρτημάτων «hands free», τα ενσύρματα και τα ασύρματα.

Τα ενσύρματα εξαρτήματα hands free αποτελούνται από το ακουστικό, το μικρόφωνο, το κλιπ στερέωσης και το καλώδιο μεταξύ του ακουστικού/ μικροφώνου και της συσκευής. Συνήθως, το μήκος του καλωδίου είναι 1-1.2 μέτρα από το άκρο που συνδέεται στο κινητό τηλέφωνο έως τα ακουστικά. Τα ασύρματα εξαρτήματα hands free ουσιαστικά αντικαθιστούν την εκπομπή της συσκευής κοντά στο κεφάλι με ένα μικρό ασύρματο πομποδέκτη που επικοινωνεί με το κινητό τηλέφωνο. Χρησιμοποιούν, συνήθως, την τεχνολογία Bluetooth στη συχνότητα 2.45 GHz με πολύ μικρή ισχύ εκπομπής (περίπου 1mW) και με ακτίνα λειτουργίας τουλάχιστον 10 μέτρα. Όταν γίνεται αποτελεσματική χρήση του συστήματος αποδέσμευσης χεριών, η τιμή του EPA μπορεί να μειωθεί.

4.14 Συμβουλές για ασφαλέστερη χρήση του κινητού τηλεφώνου

- ✓ Αγοράζετε κινητό με μικρότερο αναγραφόμενο EPA.
- ✓ Απομακρύνετε το κινητό από το κεφάλι σας κατά την διάρκεια των κλήσεων, χρησιμοποιώντας ανοιχτή ακρόαση ή καλώδιο hands-free.
- ✓ Μην έχετε το τηλέφωνο στην τσέπη σας όταν μιλάτε από hands free, καθώς τα γεννητικά όργανα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις ασύρματες ακτινοβολίες.
- ✓ Περιορίστε το χρόνο ομιλίας σας από κινητό τηλέφωνο, χρησιμοποιώντας το όταν είναι πραγματικά απαραίτητο - επικοινωνήστε καλύτερα με SMS
- ✓ Προτιμήστε τις σταθερές τηλεφωνικές γραμμές, ιδιαίτερα όταν κάνετε κλήσεις μεγάλης διάρκειας.
- ✓ Προτιμήστε να κάνετε κλήσεις όταν έχετε σήμα 3G καθώς η εκπεμπόμενη ακτινοβολία του κινητού είναι πολύ λιγότερη από ότι όταν έχετε σήμα 2G.
- ✓ Αποφεύγετε να χρησιμοποιείτε το κινητό τηλέφωνο σε σημεία με κακό σήμα όπου το τηλέφωνο εκπέμπει σε πλήρη ισχύ για να συνδεθεί (καλύτερο σήμα υπάρχει συνήθως δίπλα στα παράθυρα).
- ✓ Αποφεύγετε τη χρήση του κινητού τηλεφώνου στο αυτοκίνητο, σε τρένα, πλοία, λεωφορεία κλπ αφού η ακτινοβολία του ανακυκλώνεται εσωτερικά ανακλώμενη στις μεταλλικές επιφάνειες, ενώ καθώς μετακινήστε το κινητό εκπέμπει σε πλήρη ισχύ γιατί συνεχώς προσπαθεί να συνδεθεί με την πλησιέστερη κεραιά.
- ✓ Η χρήση ακουστικού bluetooth δεν συνιστάται αφού αποτελεί ασθενή αλλά μόνιμη πηγή ακτινοβολίας (εξαιρέση: όταν μιλάτε πολύ στο κινητό τηλέφωνο και ιδιαίτερα σε χώρους με κακό σήμα, είναι προτιμότερο να έχετε το τηλέφωνο μακριά και να μιλάτε από το bluetooth).
- ✓ Μοιράζετε τον χρόνο ομιλίας σας κρατώντας το κινητό και από τις δύο πλευρές του κεφαλιού.
- ✓ Μην αφήνετε το τηλέφωνο ανοιχτό δίπλα σας όταν κοιμάστε, αφού στέλνει σήμα κάθε λίγα λεπτά στην πλησιέστερη κεραιά κινητής τηλεφωνίας (2G σε λειτουργία).

- ✓ Προτιμήστε κινητά τηλέφωνα στα οποία η κεραία είναι εμφανής εξωτερικά (και όχι ενσωματωμένη εσωτερικά όπως συμβαίνει στα περισσότερα μοντέλα) γιατί εκπέμπει πιο αποτελεσματικά και με λιγότερη ισχύ για να πιάσει σήμα.
- ✓ Αν χρησιμοποιείτε smartphone, ενεργοποιείτε την δυνατότητα κατεβάσματος δεδομένων μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, μόνο την ώρα που θέλετε να περιηγηθείτε στο διαδίκτυο. Τα περισσότερα εφαρμογών, κατεβάζουν συνέχεια δεδομένα όταν μπορούν, αυξάνοντας σημαντικά την ακτινοβολία που εκπέμπει το κινητό σας.
- ✓ Να αποφεύγετε η χρήση κινητού τηλεφώνου από παιδιά και εγκύους.

Κεφάλαιο 5

ΕΡΕΥΝΕΣ

5.1 Μέθοδοι μελέτης

Οι μελέτες και οι έρευνες για την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία είναι αυτές που καθορίζουν τα όρια έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και εάν το καθιστούν αναγκαίο με βάση τα αποτελέσματά τους, την αναθεώρηση αυτών.

Υπάρχει πληθώρα ερευνών για την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και συγκεκριμένα από κινητά τηλέφωνα και κεραιές βάσης στην υγεία με αρκετές να έχουν αντιφατικά αποτελέσματα. Η αξιοπιστία και η ποιότητα αρκετών θεωρείται αμφισβητούμενη. Στην παρούσα διπλωματική καταγράψαμε τις όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστες μελέτες δηλαδή αυτές που έχουν εκδοθεί από κάποιο έγκριτο επιστημονικό περιοδικό ή λαμβάνουν αποδοχής από κάποιο διεθνή οργανισμό για την ακτινοπροστασία. Επίσης οι έρευνες που παραθέσαμε είναι αρκετές και όσο το δυνατόν από διαφορετικές πηγές για να έχουμε πιο πλήρη και αντικειμενική εικόνα για την έρευνα και να καταλήξουμε σε πιο σωστά συμπεράσματα.

Οι μελέτες για την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιούν χωρίζονται ως εξής:

A) Βιολογικές μελέτες.

- 1) Μελέτες σε εργαστήρια με καλλιέργειες κυττάρων και ιστών (in vitro).
- 2) Μελέτες σε πειραματόζωα (in vivo).
- 3) Μελέτες σε ανθρώπους-εθελοντές.

B) Επιδημιολογικές μελέτες.

Γ) Δοσιμετρικές μελέτες σε ανθρώπινα μοντέλα.

5.2 Βιολογικές μελέτες

Οι βιολογικές μελέτες περιλαμβάνουν εργαστηριακά πειράματα σε πειραματόζωα, σε ανθρώπους που προσφέρονται ως εθελοντές και σε καλλιέργειες κυττάρων και ιστών. Σκοπός τους είναι να καθορίζουν τα είδη των βιολογικών αντιδράσεων που προκύπτουν από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ως βιολογική αντίδραση ορίζεται οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα βιολογικό σύστημα ανεξάρτητα εάν θεωρείται επικίνδυνη για την υγεία ή όχι. Ως κίνδυνο για την υγεία δεν εννοούμε μόνο κάποια ασθένεια αλλά οτιδήποτε μπορεί να διαταράξει την πνευματική και κοινωνική ευεξία ενός οργανισμού.

5.2.1 Μελέτες σε καλλιέργειες κυττάρων και ιστών (in vitro)

Οι μελέτες αυτές επιχειρούν να εντοπίσουν τους μηχανισμούς με τους οποίους τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αλληλεπιδρούν με το βιολογικό σύστημα προσπαθών δηλαδή να απαντήσουν στο θεμελιώδες ερώτημα: ποια είναι η ρίζα των βιολογικών επιδράσεων της ακτινοβολίας. Εάν οι επιδράσεις αυτές δεν μπορούν να αποδειχθούν καθαρά και χωρίς αμφιβολία σε απομονωμένα κύτταρα και ιστούς τότε δεν υπάρχει λόγος για περεταίρω συνέχιση της επιστημονικής έρευνας σε επόμενο πιο πολύπλοκο επίπεδο ή οργανισμό.

Ο D'Inzeo το 2009 στην ανασκόπηση του για τις μελέτες αυτές πρότεινε την κατηγοριοποίηση των ερευνών ανάλογα με το επίπεδο πολυπλοκότητας που αναφέρονται. Επισημαίνοντας όμως ότι ακόμη και αν προκύψει κάποια επίδραση σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο αυτό δεν σημαίνει αυτόματα ότι είναι σημαντικό ή επηρεάζει άλλα ανώτερα επίπεδα. Ξεκινώντας από την δομή του μορίου μέχρι το επίπεδο κυττάρου και του ιστού του οργανισμού τα επίπεδα είναι:

- Μικρές ανόργανες ενώσεις σε ατομικό επίπεδο.
- Μεγάλες οργανικές ενώσεις όπως πρωτεΐνες.
- Μembrάνη κυττάρου περιλαμβανομένων διαπερατότητα ιόντων κ.λ.π.
- Λειτουργία μεταβολισμού ολόκληρου του κυττάρου.
- Ομάδες κυττάρων.

Οι ακτινοβολήση σε καλλιέργειες κυττάρων και ιστών στο εργαστήριο είναι πιο εύκολο να διεξαχθεί, κοστίζει λιγότερο και είναι μικρότερης διάρκειας σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους, και επομένως υπάρχει μεγάλος αριθμός πειραμάτων που έχουν γίνει σε αυτή την κατηγορία. Οι συχνότητες και η ενέργεια των κυμάτων που χρησιμοποιούνται για την ακτινοβολήση πρέπει να είναι παρόμοιες με αυτές στην πραγματικότητα για να εξαχθούν ασφαλή και αξιόπιστα συμπεράσματα. Συνήθως οι επιδράσεις που ανιχνεύονται in vitro εξετάζονται και in vivo.

Οι in vitro μελέτες υπόκεινται στην εξής κριτική: τα αποτελέσματα των πειραμάτων σε καλλιέργειες κυττάρων δεν μπορούν να επεκταθούν σε ολόκληρο τον ανθρώπινο οργανισμό που σαν ολικό σύστημα αντιμετωπίζει διαφορετικά τις εξωτερικές επιδράσεις.

5.2.1.1 Καρκίνος και Γονοτοξικότητα

Γονοτοξικότητα είναι αρνητική επίδραση εξωτερικών παραγόντων όπως ή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο γενετικό υλικό. Μπορεί να προκαλέσει μεταλλάξεις ή καρκινογένεση. Η ζημία στο DNA μπορεί να αξιολογηθεί πειραματικά, εάν είναι στην μία έλικα οπότε και μπορεί να επιδιορθωθεί ή στις δύο έλικες οπότε δεν επιδιορθώνεται, με τα neutral και alkaline comet test αντίστοιχα. Τρόποι μελέτης της γονοτοξικότητας μεταξύ άλλων είναι η παρατήρηση στο εργαστήριο εάν η RF ακτινοβολία είναι σε θέση να επιδεινώσει την ζημία στο DNA που έχει ήδη προκληθεί από γνωστό καρκινογόνο παράγοντα που έχει εισαχθεί από τους ερευνητές. Όπως επίσης η παρατήρηση για χρωμοσωμική ανωμαλία (σπάσιμο χρωμοσώματος, απώλεια ή κέρδος στον αριθμό χρωμοσωμάτων) και οι δοκιμασίες για σπάσιμο στην μία ή και στις δύο έλικες του DNA.

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Δύο Ιταλικές μελέτες από την ίδια ομάδα μελέτησαν ανθρώπινο τροφοβλάστη (HTR-8/SVneo) ως in vitro μοντέλο του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος. Οι τροφοβλάστες παίζουν σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της φυσιολογίας του πλακούντα.

Έγινε χρήση της δοκιμασίας για σπάσιμο στις 2 έλικες (alkaline comet test) για να αξιολογηθεί το μέγεθος της ζημίας στο DNA και 3 παράμετροι λήφθηκαν υπόψη (tail length, % DNA in the tail, tail moment).

Στην πρώτη μελέτη (Valbonesi κ.α., 2008) χρησιμοποιήθηκε έκθεση σε σήματα διαμορφωμένου εύρους GSM 1800 με EPA 2 W/kg για διάρκεια μίας ώρας. Η ακτινοβολία δεν προκάλεσε αυξημένα επίπεδα βλάβης στο DNA του κυττάρου HTR-8/SVneo όπως επίσης δεν προκάλεσε αλλαγές στην έκφραση των πρωτεϊνών HSP70 και HSC70 και των γονιδίων hsp70A, B, C και hsc70.

Στην δεύτερη μελέτη (Franzellitti κ.α., 2009) τα κύτταρα ακτινοβολήθηκαν για διάρκεια 4, 16 ή 24 ώρες είτε σε συνεχές κύμα 1800 MHz είτε σε διαμορφωμένου εύρους GSM 1800 σήμα. Ανά 5 λεπτά συνεχόμενης ακτινοβολήσης γίνονταν παύση της ακτινοβολήσης για 10 λεπτά. Η συνεχούς κύματος ακτινοβολία ήταν ανήμπορη να προκαλέσει βλάβη στο DNA. Αντίθετα η διαμορφωμένου εύρους GSM 1800 προκάλεσε σημαντική αύξηση σε όλες τις παραμέτρους του alkaline comet test μετά από 16 και 24 ώρες έκθεσης. Παρόλα αυτά τα κύτταρα τροφοβλάστη σε όλες τις εκθέσεις έδειξαν να επανέρχονται από την βλάβη του DNA σε λιγότερο από 2 ώρες και η βιωσιμότητα τους δεν άλλαξε.

2) (Zhijian, Κίνα, 2009, 2010) Μελέτησε την επίδραση της ακτινοβολίας GSM-1800 MHz με EPA 2 W/kg στην αποκατάσταση του DNA του κυττάρου HMy2.CIR. Ανθρώπινα κύτταρα (B-λεμφοβλαστοειδή) εκτέθηκαν σε doxorubicin (ναρκωτικό που χρησιμοποιείται στις χημειοθεραπείες για καρκίνο, DOX, 0.05-0.20 $\mu\text{g/ml}$). Διάφοροι τύποι συνδυασμένης έκθεσης αναλύθηκαν: εικονική έκθεση (S) ή RF έκθεση (E) 2 ώρες πριν την θεραπεία με DOX συνδυασμένη με εικονική έκθεση (S) ή RF έκθεση (E) για 2 ώρες κατά την θεραπεία με DOX (SS, ES, SE και EE) και με εικονική έκθεση (S) ή RF έκθεση (E) 2, 6, 12, 16 και 24 ώρες μετά την θεραπεία με DOX (SSS, SSE, SES, ESS, EEE). Η έκθεση ήταν διακοπτόμενη με 5 λεπτά

ακτινοβολήσης και 10 παύσης και χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης βλάβης του DNA το ποσοστό ουράς του. (% tail DNA).

Οι συγγραφείς έδειξαν ότι η διακοπτόμενη έκθεση GSM-1800 δεν προκαλεί οποιαδήποτε βλάβη στο DNA του κυττάρου HMγ2.CIR. Με την εισαγωγή του DOX η βλάβη στο DNA εξαρτιόταν από την δόση αλλά δεν επηρεάζονταν από τον διπλό συνδυασμό με έκθεση GSM-1800 (SS, ES, SE και EE). Ανάμεσα στις εκθέσεις του τριπλού συνδυασμού μόνο ο συνδυασμός EEE (δηλαδή έκθεση RF πριν κατά την διάρκεια κ μετά από το DOX) μπορούσε να μειώσει σταδιακά την επιδιόρθωση του DNA στις 6 και 12 ώρες έκθεσης μετά την εισαγωγή του DOX σε δόσεις 0.075 μέχρι 0.20 μg/ml. Στις 24 ώρες RF έκθεσης το επίπεδο βλάβης του DNA έφτανε στο επίπεδο που ήταν πριν.

Η έλλειψη επίδρασης της GSM-1800 μέχρι και 30 ώρες διακοπτόμενης έκθεσης είναι κάτι που μοιάζει αντιφατικό σχετικά με την μελέτη του Franzelletti (2009) παρόλο που τα κύτταρα μελέτης δεν ήταν τα ίδια στις δύο μελέτες.

3) Στην Κίνα μελετήθηκε η βλάβη στο DNA και ενδοκυτταρικά οι δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS*) από τον Yao (2008). Καλλιέργεια ανθρώπινων επιθηλιακών κυττάρων ακτινοβολήθηκε για 2 ώρες σε GSM-1800 με EPA (1, 2, 3, και 4 W/kg). Η RF ακτινοβολία με EPA 3 και 4 W/kg προκάλεσε σημαντική βλάβη στο DNA, αξιολογούμενη για σπασίματα μονής έλικας (single-strand breaks), ενώ για σπασίματα διπλής έλικας δεν υπήρχε επίδραση. Τα επιθηλιακά κύτταρα παρουσίασαν σημαντική αύξηση στις ROS ενδοκυτταρικά στην έκθεση για 2, 3 και 4 W/kg. Αναπάντεχα, όταν η RF ακτινοβολία επικαλύφθηκε με ένα μαγνητικό θόρυβο 2-μT, δεν συνέβη βλάβη του DNA και αύξηση στα ROS.

4) Σε μια άλλη μελέτη σχετικά με βλάβες στο DNA και ROS, (Luukkonen κ.α, 2009) στη Φινλανδία κύτταρα νευροβλαστώματος SH-SY5Y εκτέθηκαν σε σήματα GSM 900 στα 5 W / kg για 1 ώρα, η ακτινοβολία έγινε μόνη ή σε συνδυασμό με μεναδιόνη η οποία επάγει ενδοκυτταρική παραγωγή ROS και βλάβη στο DNA. Η έκθεση σε συνεχές κύμα RF προκάλεσε αυξημένη θραύση του DNA σε σύγκριση με τα κύτταρα που εκτέθηκαν μόνο στη μεναδιόνη. Το επίπεδο ROS ήταν υψηλότερο σε κύτταρα εκτεθειμένα σε συνεχές κύμα RF στα 30 και 60 λεπτά μετά το τέλος της έκθεσης. Στο GSM σήμα δεν παρατηρήθηκαν παρατηρηθήκαν επιδράσεις σε κανένα σημείο σε μετρήσεις με ίδιο EPA πράγμα πολύ περίεργο αφού το αντίθετο θα ήταν πιθανότερο καθώς η μέγιστη ισχύς του GSM είναι 8 φορές μεγαλύτερη από του συνεχούς κύματος. Επιπλέον, στα 5 W / kg η θέρμανση των κυττάρων δεν μπορεί να αποκλειστεί.

** Δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) είναι μόρια που περιέχουν μονήρες ή άλλο είδος ενεργού οξυγόνου. Παραδείγματα περιλαμβάνουν ιόντα οξυγόνου και υπεροξειδία. ROS είναι ιδιαίτερα δραστικά και σχηματίζονται σαν φυσικό υποπροϊόν του κανονικού μεταβολισμού του οξυγόνου. Μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στο DNA.*

5) Η ίδια ομάδα με την έρευνα 4 χρησιμοποιώντας τα ίδια βιολογικά και φυσικά πρωτόκολλα, μελέτησε ανθρώπινο νευροβλάστωμα SH-SY5Y και κύτταρα ποντικού ινοβλάστη L929 με εισαγωγή λιπιδίου υπεροξειδωσής χρησιμοποιώντας τριτ-βουτυλυδροϋπεροξειδίο (τριτ-BOOH). Μετά από 1 ή 24 ώρες από την έκθεση αξιολογήθηκαν τα επίπεδα κυτταρικής γλουταθειόνης (GSH), λιπιδική υπεροξειδωση, δραστηριότητας της πρωτεΐνης κασπάση 3, σπάσιμο του DNA και η βιωσιμότητα. Για έκθεση σε σήμα GSM μόνο του, η υπεροξειδωση των λιπιδίων αυξήθηκε στα SH-SY5Y αλλά όχι στα L929 κύτταρα και η δραστηριότητα κασπάσης 3 ήταν αυξημένη στα L929, αλλά όχι στα SH-SY5Y κύτταρα. Για συνεχή έκθεση μόνη της δεν παρατηρήθηκαν επιδράσεις. Σύμφωνα με τους συγγραφείς τα αποτελέσματα δεν υποστηρίζουν επαγωγή ή την αύξηση του οξειδωτικού στρες από την έκθεση. Επίσης η βιωσιμότητα των κυττάρων δεν επηρεάστηκε σε καμία φάση του πειράματος.

6) Ο Kim (Κορέα, 2008) μελέτησε την επίδραση πεδίου RF, στα 835-MHz με EPA (4 W/kg) σε κύτταρα θηλαστικών σχετικά με την γονοτοξικότητα. Χρησιμοποίησε μόνο του το πεδίο και σε συνδυασμό με κλαστογόνο* (αιθυλμεθανοσουλφονικού άλατος, EMS). Η συνδυασμένη έκθεση με RF και EMS μαζί δεν έδειξε σημαντική επίδραση στην γονοτοξικότητα συγκριτικά με το κλαστογόνο μόνο του. Ωστόσο το RF πεδίο έδειξε να έχει προσθετική επίδραση στην γονοτοξικότητα όταν συνδυάζεται με άλλα κλαστογόνα (κυκλοφωσφαμίδη ή 4-νιτροκινολίνης 1-οξειδίο). Η επίδραση του κυττάρου λόγω της θερμότητας δεν μπορεί να αποκλεισθεί καθώς δεν έχει δοθεί δοσιμετρική ανάλυση και δεν υπήρχε ανεμιστήρας ή κάποια άλλο μέσο που να δροσίζει παρά το υψηλό EPA.

** Κλαστογόνα είναι ουσίες που μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές στα χρωμοσώματα, οδηγούν τμήματα του χρωμοσώματος να διαγράφονται, να προστίθενται, και ανακατατάξεις. Αυτή είναι μια μορφή της μεταλλαξιογένεσης, και μπορεί να οδηγήσουν σε καρκινογένεση, κύτταρα τα οποία δεν θανατώνονται από την κλαστογόνο επίδραση μπορεί να γίνουν καρκινικά. Γνωστά κλαστογόνα περιλαμβάνουν ακριδίνη κίτρινο, βενζόλιο, το οξειδίο του αιθυλενίου, του αρσενικού, φωσφίνη και mimosine*

7) Μελέτη διερεύνησης της ανεπλοειδίας (χρωμοσωμική ανωμαλία στην οποία υπάρχει ένα επιπλέον ή ένα λιγότερο χρωμόσωμα) βρήκε αλλαγές στον αριθμό ορισμένων χρωμοσωμάτων. Αυξημένα επίπεδα αριθμητικής χρωμοσωμικής ανωμαλίας προσδιορίστηκαν σε ανθρώπινα λεμφοκύτταρα περιφερικού αίματος in vitro μετά από 72 ώρες έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες (800 MHz, συνεχούς κύματος, 2.9 και 4.1 W / kg). Προκλήθηκε ανεπλοειδία στα χρωμοσώματα 1,10,11 και 17. Τα αυξημένα επίπεδα της ανεπλοειδίας που παρατηρήθηκε εξαρτιόταν από το χρωμόσωμα και το επίπεδο της έκθεσης. Στα χρωμοσώματα 1 και 10, η αύξηση της ανεπλοειδίας ανιχνεύθηκε μόνο για την υψηλότερη τιμή EPA, ενώ για τα χρωμοσώματα 11 και 17, οι αυξήσεις παρατηρήθηκαν μόνο για το κατώτερο EPA. Σύμφωνα με τους συγγραφείς τα ευρήματα αυτά παρέχουν κάποια απόδειξη για μη θερμική επίδραση της RF ακτινοβολίας (Mazor, Ισραήλ. 2008).

8) Η ομάδα Rüdiger στο Πανεπιστήμιο της Βιέννης δημοσίευσε νέα ευρήματα για γονοτοξικές επιδράσεις που συμβαίνουν σε ανθρώπινους (fibroblasts) ινοβλάστες αλλά όχι στα λεμφοκύτταρα, όταν εκτίθενται σε UMTS σήματα. (Schwarz κ.α 2008). Τα κύτταρα εκτέθηκαν σε 1950 MHz σε EPA που φτάνει μέχρι 2 W / kg. Η UMTS έκθεση επέδρασε γονοτοξικά στην ανθρώπινη καλλιέργεια ινοβλαστών με τρόπο εξαρτώμενο από την δόση και το χρόνο της έκθεσης, αλλά όχι στα λεμφοκύτταρα. Δεδομένου ότι η επίδραση συνέβη ακόμη και σε χαμηλό επίπεδο EPA (0,05 W / kg) οι συγγραφείς εικάζουν ότι μια έμμεση επίδραση γονοτοξικής δράσης συμβαίνει. Η εργασία αυτή επικρίθηκε από Lerchl (2009) βασισμένη στην στατιστική ανάλυση των δεδομένων της Swartz κ.α. (2008).

9) Μία ομάδα στην Ιταλία (Sannino κ.α, 2009b) διερεύνησε εάν υπάρχει βλάβη στο DNA ανθρώπινων δερματικών ινοβλαστών ενός υγιούς ατόμου και ενός που πάσχει από σύνδρομο Turner (χρωμοσωμική ανωμαλία) . Τα κύτταρα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε GSM 900 , 1 W / kg. Η RF έκθεση πραγματοποιήθηκε μόνη της ή σε συνδυασμό με μεταλλαξιγόνο X, (Mutagen X,MX) (3-χλωρο-4-διχλωριομεθυλ-5-υδροξυ-2 (5H)-φουρανόνη, 25 mM για 1 ώρα αμέσως μετά την έκθεση RF). Δεν βρέθηκαν γονοτοξικά ή κυτταροτοξικά αποτελέσματα σε κανένα από τα δύο είδη κυττάρων για την RF έκθεση μόνη της. Η θεραπεία με MX προκάλεσε αύξηση στην βλάβη του DNA, αλλά δεν υπήρξε καμία επιδείνωση της επαγόμενης βλάβης από το MX, στα κύτταρα που εκτέθηκαν σε RF, ούτε διαφορές μεταξύ των ειδών των κυττάρων.

10) (Zhao R. κ.α 2007) Διερεύνησε τα αποτελέσματα διακοπτόμενης έκθεσης στην έκφραση γονιδίου καλλιεργημένων νευρώνων αρουραίων από RF σε EPA 2W / kg. Από τα 1.200 υπογήφια γονίδια, 24 εκφράζονταν με ρυθμό μεγαλύτερο του κανονικού και 10 με ρυθμό μικρότερο.

11) (Hirose κ.α 2008) Αξιολόγησαν την επίδραση μια συνεχούς 6-εβδομάδων, 2140-MHz έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες σε θάλαμο χωρίς αντήχηση στα 0.08 και 0.8 W / kg για αυθόρμητη και επαγόμενη νεοπλασία.3-μεθυλοχολανθρένιο (MCA) χρησιμοποιήθηκε για την εκκίνηση και φορβολ-12-μυριστικό-13-οξικό (PMA) ως υποκινητής όγκου. Τα δεδομένα έδειξαν ότι δεν υπάρχει επαγωγή (RF μόνο), προώθηση (MCA + RF) ή συν-καρκινογόνα (MCA + PMA + RF) επίδραση της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες για κυτταρική νεοπλασία.

12) Δύο μελέτες από μια γαλλική ομάδα (Billaudel κ.α 2009a & b) είχαν ως στόχο την επιβεβαίωση της αύξησης της δραστηριότητας του ενζύμου ornithine decarboxylase (ODC) σε ινοβλάστες ποντικού L929 μετά από έκθεση σε ραδιοσυχνότητες (D-AMPS*, 835 MHz, 2.5 W / kg, 8 ώρες). Δοκιμάστηκαν διαφορετικά σήματα RF (GSM-900 και -1800) και κυτταρικοί τύποι (SH-SY5Y ανθρώπινα κύτταρα νευροβλάστωματος) για την δραστηριότητα ODC. Η έκθεση των κυττάρων L929 πραγματοποιήθηκε σε (D-AMPS 835 MHz, 8 ώρες, 2.5 και 6.0 W / kg), σε (217 Hz διαμορφωμένου πλάτους GSM-900, 2 ώρες, 0.5, 1, και 2 W / kg), σε (GSM-1800, 2, 8 και 24 ώρες, 2.5 W / kg), υπό έλεγχο θερμοκρασίας (37 ° C). Τα SHSY5Y κύτταρα εκτέθηκαν σε 1 και 2.5 W kg / για 8 ή 24 ώρες σε D-AMPS 835 MHz και GSM-1800 σήματα. Όποια και αν είναι η κατάσταση έκθεσης και μέθοδος δοκιμής δραστηριότητας ODC, δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση, από την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες, της ODC δραστηριότητας για καμία από τις 2 κυτταρικές ομάδες.

**D-AMPS: Συστήματα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς.*

13) Το γονίδιο HSP70 και έκφραση της πρωτεΐνης αξιολογήθηκαν σε ανθρώπινα κύτταρα τροφοβλάστη HTR-8/SVneo μετά από έκθεση σε 1800-MHz συνεχούς κύματος (CW) και GSM-1800 (217Hz και ομιλίας) σήματα σε 2 W / kg για 4 έως 24 ώρες (Franzellitti κ.α 2008).

Δεν υπήρξε καμία μεταβολή στην έκφραση πρωτεΐνης HSP70 ούτε του HSP70A, HSP70B ή Hsc70 κάτω από RF έκθεση για όλες τις συνθήκες. Αντιθέτως, η HSP70C ενισχύεται σημαντικά μετά από 24 ώρες έκθεσης στο GSM-217 Hz σήμα και μειώνονται μετά από 4 και 16 ώρες έκθεσης στο σήμα GSM-ομιλίας. Ωστόσο, το επίπεδο της Hsc70 πρωτεΐνης δεν αναλύθηκε.

**GSM-ομιλίας: προσομοίωση σήματος κατά την συνομιλία με διαστήματα ομιλίας και ακοής, όπου κατά την διάρκεια της ακοής δεν εκπέμπεται σήμα από αυτόν που ακούει.*

14) Μια ιταλική μελέτη σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει εάν η έκθεση UMTS (1950 MHz, 0.5 και 2.0 W / kg) προκαλεί οξειδωτικό στρες σε ανθρώπινα λεμφοβλαστοειδή κύτταρα. Χρησιμοποιήθηκε RF μόνη της ή σε συνδυασμό με ιόντα σιδήρου, FeSO₄ (Μπρέσια κ.α., 2009). Η παραγωγή των ROS μετρήθηκε με κυτταρομετρία ροής. Σύντομες (5-60 λεπτά) ή μακράς διάρκειας (24 ώρες) εκθέσεις διεξήχθησαν σε έναν σύστημα με κυματοδηγό.

Οι RF έκθεση δεν αυξάνει την αυθόρμητη δημιουργία ROS σε καμία των διερευνούμενων περιπτώσεων. Επίσης δεν υπήρξε καμία αλλαγή στην βιωσιμότητα των κυττάρων σε κύτταρα που εκτέθηκαν σε RF για 24 ώρες. Τέλος η συνδυασμένη έκθεση σε RF και FeSO₄ δεν αυξάνει το σχηματισμό ROS που επάγεται από τη χημική επεξεργασία.

Σχόλια για τις in vitro έρευνες σε γονοτοξικότητα και καρκίνο

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε υψηλή συχνότητα και την ανθρώπινη υγεία (2010)

« Ένας αριθμός πειραμάτων σχετικά με την γονοτοξικότητα του χαμηλού επιπέδου RF που δημοσιεύθηκε πριν από το 2000 έχει καταδείξει επιπτώσεις που είναι όμως (συνήθως πολύ αδύναμες ή δύσκολο να ερμηνευθούν λόγω τεχνικών ανεπαρειών, ακατάλληλοι έλεγχοι, κλπ). Υπάρχουν πολλά πειράματα τα οποία δεν παρουσιάζουν καμία γονοτοξική επίπτωση, συμπεριλαμβανομένων της αντιγραφής ή επιβεβαίωσης μελετών που είχαν δείξει επιπτώσεις προηγουμένως σε ορισμένες περιπτώσεις από τους ίδιους συγγραφείς υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες (Marino, 2008a).

Στην πρόσφατη ανασκόπηση της (Marino, Reports on cancer related projects at cellular and molecular level, 2008) δημοσίευσε 83 μελέτες σχετικά με γονοτοξικότητα από αυτές το 63% ανέφεραν απουσία επιπτώσεων, το 23% παρουσία των επιπτώσεων, και οι υπόλοιπες ήταν ασαφείς.»

«Η REFLEX, μια υψηλού προφίλ ευρωπαϊκή έρευνα για γονοτοξικότητα, ισχυρίστηκε θραύση της διπλής έλικας του DNA σε καλλιεργημένους ανθρώπινους ινοβλάστες από ΗΜΠ με συχνότητα στο εύρος κινητής τηλεφωνίας. Η είδηση έκανε το γύρο του κόσμου (Schwarz κ.α., 2008), αλλά αργότερα βρέθηκε να έχει κατασκευασμένα δεδομένα. Αυτό καταδεικνύει τους κινδύνους κακής τεχνικής σε έρευνα ή όταν γίνονται μεροληψίες.»

«Η IARC (Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο) συμπέρανε ότι μέχρι στιγμής υπάρχουν ανεπαρκή στοιχεία για μια χαμηλού επιπέδου RF αλληλεπίδραση προκαλώντας γονοτοξικότητα καθώς και επιδείνωση της σε συνδυασμό με άλλους μεταλλαξιογόνους παράγοντες.»

« Η απόλυτη πλειοψηφία των πειραμάτων για νεοπλασία που έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής δεν μπόρεσαν να ανιχνεύσουν νεοπλασματικούς μετασχηματισμούς από τα σήματα μικροκυμάτων που χρησιμοποιούνται για την κινητή τηλεφωνία. Επομένως οι μελετητές συμπεραίνουν ότι υπάρχει έλλειψη στοιχείων για αυτές τις επιδράσεις.»

«Μερικές έρευνες έχουν δείξει έκφραση πρωτεϊνών σε ρυθμό μη κανονικό υπό την επίδραση ακτινοβολίας, αυτές όμως δεν έχουν επαληθευθεί οπότε η σημαντικότητά τους είναι δύσκολο να ερμηνευθεί επίσης πολλές μελέτες δεν έχουν δείξει σημαντικές αλλαγές στην έκφραση των πρωτεϊνών χρησιμοποιώντας τεχνολογία μικροσυστοιχιών.»

«Η εύρεση μεγάλου αριθμού αλλοιωμένων γονιδίων ή πρωτεϊνών χωρίς συνέπεια συμβαίνει πιθανώς λόγω της θερμότητας αν και οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι έλεγχαν την θερμοκρασία. Σε πολλές έρευνες με θετικά αποτελέσματα οι πρωτεΐνες που μεταλλάσσονταν ανήκουν στην κατηγορία αυτών που επηρεάζονται από την θερμοκρασία, επίσης αυτές μεταλλάσσονταν όταν δεν υπήρχε ακτινοβολία αλλά υπήρχε αυξημένη θερμοκρασία στην καλλιέργεια.»

«Γενικά οι μελετητές κατέληξαν στο συμπέρασμα για τις έρευνες σχετιζόμενες με τον καρκίνο και την έκφραση πρωτεϊνών ότι τα αποδεικτικά στοιχεία είναι περιορισμένα ή ότι υπάρχει έλλειψη συνέπειας στις ενδείξεις.»

Ευρωπαϊκό Δίκτυο Υγείας για την εκτίμηση κινδύνου από έκθεση σε Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία (EFHRAN,2010)

« Τα διαθέσιμα in-vitro δεδομένα υποδεικνύουν, ανάλογα με τον τύπο του κυττάρου και τη διάρκεια της έκθεσης, ότι υπάρχουν ορισμένες επιδράσεις του διαμορφωμένου εύρους σήματος RF για βλάβες στο DNA ή στην επιδιόρθωση του DNA οι οποίες όμως είναι αναστρέψιμες με τον χρόνο. Επίσης δείχνουν ότι η χαμηλού επιπέδου RF έκθεση θα μπορούσε να προκαλέσει ανεπλοειδία ωστόσο από τα δεδομένα που λαμβάνονται από in vivo μελέτη τα επιχειρήματα αυτά φαίνονται αδύναμα και οι in-vitro σχετικές επιδράσεις στην υγεία παραμένουν αμφίβολες.»

Ανεξάρτητη ομάδα ειδικών στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία από Σουηδία στην 5^η ετήσια αναφορά της (SSI,2008)

«Μια προσπάθεια να επαναλάβουν μερικά από τα θετικά αποτελέσματα του ευρωπαϊκού προγράμματος REFLEX έγινε από [Speit, et αι. 2007] με τη χρήση των ίδιων κυττάρων, τον ίδιο εξοπλισμό και τις ίδιες συνθήκες έκθεσης, όπως [Diem, κ.α 2005]. ESI ανθρώπινοι ινοβλάστες εκτέθηκαν και οι ίδιες μέθοδοι πραγματοποιήθηκαν. Δεν προέκυψαν θετικά αποτελέσματα. Επίσης η επαλήθευση απέτυχε και κατά τη χρήση των ευαίσθητων κυττάρων κινεζικών χάμστερ V79. Οι διαφορές που σχετίζονται με γονοτοξικές επιδράσεις της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες δεν έχουν πλήρως επιλυθεί σήμερα, αλλά αρκετές απόπειρες αντιγραφής των λίγων πειραμάτων με θετικά αποτελέσματα έχουν αποτύχει.»

SSI (2009)

«Παρά τις προσπάθειες που έγιναν στα πειράματα για να διατηρηθεί η θερμοκρασία των κυττάρων υπό έκθεση στις ονομαστικές θερμοκρασίες, πολλά βασικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι πάνω από 2 W / kg βιολογικές επιδράσεις λόγω της διακύμανσης της θερμοκρασίας δεν μπορούν να αποκλειστούν.»

«Σε αρκετές έρευνες με μικρό αριθμό δειγμάτων τα στατιστικά στοιχεία είναι τέτοια που αρνητικά αποτελέσματα δεν μπορούν να αποδειχθούν με βεβαιότητα. Αυτό είναι κάτι που δεν σχολιάζεται συχνά από τους συγγραφείς.»

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks).Επιστημονική επιτροπή για τους αναδυόμενους και πρόσφατα εντοπισμένους κινδύνους στην υγεία (2009)

«Διάφορες βιολογικές παράμετροι έχουν ερευνηθεί in vitro για έκθεση RF χρησιμοποιώντας μία ποικιλία από κυτταρικούς τύπους και συνθήκες έκθεσης με ποικίλα αποτελέσματα. Στην πλειοψηφία των ερευνών δεν παρουσιάστηκαν γονοτοξικές επιδράσεις. Μερικές έρευνες δείχνουν διάφορες βιολογικές επιδράσεις συμπεριλαμβανομένων της γονοτοξικότητας από RF πεδία, μόνο τους ή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, κυρίως σε επίπεδα EPA πάνω από 2 W / kg. Η βιολογική σημασία των ευρημάτων αυτών όμως είναι ασαφής. Η ασυνέπεια στα ευρήματα in vitro και η έλλειψη συσχέτισης της δόσης έκθεσης με τα ευρήματα καθιστούν, οποιαδήποτε μηχανιστική κατανόηση των πιθανών μη θερμικών επιδράσεων μεταξύ RF και ζωντανών οργανισμών, δύσκολη. Για RF πεδία κάτω από τα συνιστώμενα όρια (2 W / kg) για απορρόφηση ενέργειας εξαιτίας των κινητών τηλεφώνων, οι in vitro μελέτες δεν εντόπισαν επαληθεύσιμες επιδράσεις από τις οποίες να μπορεί να εξηγηθεί η καρκινογένεση σε ζωντανούς οργανισμούς.»

Πρόσφατες έρευνες σχετικά με καρκίνο και γονοτοξικότητα

1) Η προσαρμοστική απόκριση (AR)* εξετάστηκε σε περιφερικού αίματος ανθρώπινα λεμφοκύτταρα που εκτέθηκαν σε μη-ιονίζοντα πεδία ραδιοσυχνότητας RF (ινστιτούτο ανίχνευσης ηλεκτρομαγνητισμού, Ιταλία 2012). Κύτταρα από εννέα υγιείς εθελοντές ανθρώπους διεγέρθηκαν για 24 ώρες με γονοτοξική ουσία και ακολούθως εκτέθηκαν επί 20 ώρες σε μία προσαρμοζόμενη δόση από 1950MHz UMTS σήμα που χρησιμοποιείται για τις κινητές επικοινωνίες, με EPA 1.25, 0.6, 0.3, και 0.15W/kg. Ακολουθήθηκε θεραπεία των κυττάρων στις 48 ώρες με μία δόση 100ng/ml μιτομυκίνη c (MMC, αντιβιοτικό με αντικαρκινική δράση). Τα λεμφοκύτταρα συλλέχθηκαν στο τέλος συνολικής περιόδου 72 ωρών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η RF ακτινοβολία μαζί με την θεραπεία εμφάνισε σημαντική μείωση στην απόκριση σε σχέση με την θεραπεία μόνη της κυρίως στα 0,3 W/kg .

**Adaptive response: Η ικανότητα ενός κυττάρου, ιστού, ή του οργανισμού να αντισταθεί καλύτερα στη ζημία του DNA έχοντας προηγηθεί προσαρμοστική έκθεση.*

2) Σε μία μελέτη στην Ιταλία (Scarfi κ.α,2012) κύτταρα αρουραίου (PC12) εκτέθηκαν σε 1950 MHz (UMTS) για να αξιολογηθούν πιθανές ανεπιθύμητες επιδράσεις συσχετιζόμενες με καρκινογένεση και άλλες ασθένειες όπως του κεντρικού νευρικού συστήματος. Η ακτινοβολία έγινε για 24 ώρες με EPA 10 W / kg. Η έκθεση διεξήχθη σε ένα σύστημα κυματοδηγού όπου ελέγχεται με ακρίβεια και η δοσιμετρικές και περιβαλλοντικές παράμετροι.

Έγινε έλεγχος για επιδράσεις στην ακεραιότητα του DNA, την κυτταρική βιωσιμότητα, και την απόπτωση. Όλα τα πειράματα και οι μετρήσεις επαληθεύτηκαν αρκετές φορές. Πολύ ευαίσθητες βιολογικές δοκιμασίες χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα αμέσως μετά την έκθεση και 24 ώρες αργότερα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η έκθεση δεν κατάφερε να επιδράσει στα κύτταρα παρά την εφαρμογή υψηλότερης τιμής EPA από εκείνα που εφαρμόζονται στην πλειοψηφία των μελετών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

3) Μία έρευνα διεξήχθη με σκοπό να εξετάσει την επίδραση βραχυπρόθεσμης ακτινοβολίας RF στο DNA κυττάρων των ριζών ανθρώπινων τριχών που είναι κοντά στο αυτί που έχουμε το ακουστικό όταν μιλάμε στο κινητό.

(Cam ST, Seyhan N,2012).

Δείγματα τρίχας από 8 υγιείς ανθρώπους (6 άνδρες,2 γυναίκες) συλλέχθηκαν αμέσως πριν και μετά από ακτινοβολία 900-MHz GSM κινητού τηλεφώνου για 15 και 30 λεπτά. Σπασίματα μονής έλικας του DNA αξιολογήθηκαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ομιλία στο κινητό για 15 ή 30 λεπτά αυξάνει σημαντικά τη θραύση στο DNA των κυττάρων αυτών, επίσης η ομιλία για 30 λεπτά έχει μεγαλύτερη επίδραση σε σύγκριση με τα 15 λεπτά.

4)Σε έρευνα (τμήμα κυτταρικής βιολογίας Γαλλία,2011) μελετήθηκε εάν η GSM ακτινοβολία προκαλεί ανεπλοειδία σε αμνιακά ανθρώπινα κύτταρα. Τα κύτταρα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε ακτινοβολία GSM -900 MHz με EPA 0.25, 1, 2 και 4 W/kg και διακύμανση θερμοκρασίας από 36.3 μέχρι 37.9 °C. Εξετάστηκε ή ανεπλοειδία για τα χρωμοσώματα 11 και 17. Δεν προέκυψε σημαντική αλλαγή στον ρυθμό της ανεπλοειδίας στα χρωμοσώματα που εξετάστηκαν.

5) Μια πρόσφατη έρευνα (Bourthoumieu S, Magnaudeix A, Terro F, Leveque P, Collin A, Yardin C,2012) είχε σκοπό να διερευνήσει κατά πόσον η έκθεση από ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων, παρόμοια με αυτά που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα της δεύτερης γενιάς (GSM), μπορεί να προκαλέσει την έκφραση της πρωτεΐνης p53 και την ενεργοποίηση της με φωσφορυλίωση*, σε καλλιεργημένα ανθρώπινα αμνιακά κύτταρα.

Τα κύτταρα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε παλμική ακτινοβολία (GSM 900) με επίπεδα EPA 0.25 , 1, 2 και 4 W / kg . Η έκθεση έγινε κάτω από αυστηρές συνθήκες ελέγχου θερμοκρασίας, το εύρος θερμοκρασίας στα κύτταρα κυμάνθηκε από 36.3-39.7 ° C. Τρεις ανεξάρτητες εκθέσεις έγιναν σε κύτταρα από διαφορετικούς δότες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην έκφραση και στην ενεργοποίηση της πρωτεΐνης p53.

**Φωσφορυλίωση: η διαδικασία (χημική αντίδραση) κατά την οποία μία ή περισσότερες φωσφορικές ομάδες (φωσφορυλομάδα) PO₃-2 προστίθενται σ' ένα μόριο.*

5.2.1.2 Νευρικό σύστημα

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Μια ιαπωνική ομάδα εξέτασε τις συνέπειες μιας έκθεσης σε 1950 MHz Με EPA 0.2, 0.8, και 2,0 W / kg για διάρκεια 2 ωρών σε Φοιακά κύτταρα, τα οποία αποτελούν το ανοσοποιητικό σύστημα του εγκεφάλου (Hirose κ.α.,2010). Κλασσική δείκτες ενεργοποίησης μικρογλοίας αναλύθηκαν σε πρωτογενείς καλλιέργειες κυττάρων μικρογλοίας, 24 και 72 ώρες μετά την έκθεση. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των εκτεθειμένων ομάδων σε πραγματική και εικονική έκθεση. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι η έκθεση σε 1950 MHz δεν ενεργοποιεί τα μικρογλοιακά κύτταρα in vitro.

2) Μια ομάδα από την Μπολόνια της Ιταλίας (Del Vecchio κ.α ,2009) αξιολόγησε την βιωσιμότητα την ευπάθεια και τον πολλαπλασιασμό δύο μοντέλων νευρικών κυττάρων (SN56 χολινεργική κυτταρική γραμμή και πρωτογενής νευρώνες φλοιού από αρουραίο) μετά από έκθεση σε GSM-900 (EPA 1 W/Kg) και με την παρουσία νευροτοξικών μορίων , (γλουταμινικό, 25-35AA βήτα-αμυλοειδούς, και υπεροξειδίου του υδρογόνου) . Η RF έκθεση δεν άλλαξε τη βιωσιμότητα / πολλαπλασιασμό των SN56 ή τη βιωσιμότητα των νευρώνων. Η νευροτοξική δράση του υπεροξειδίου του υδρογόνου αυξήθηκε κατά την RF έκθεσης στα κύτταρα SN56, αλλά όχι στους πρωτογενείς νευρώνες του φλοιού. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η συνδυασμένη έκθεση σε RF και ορισμένες νευροτοξικές ουσίες μπορούν να μεταβάλουν το οξειδωτικό στρες* στα κύτταρα.

**Το οξειδωτικό στρες αντιπροσωπεύει μια διαταραχή της ισορροπίας μεταξύ της παραγωγής δραστικών μορφών οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) και της ικανότητας ενός βιολογικού συστήματος να αδρανοποιεί τα τοξικά αυτά μόρια και να επισκευάζει τις βλάβες που προκαλούν. Οι δραστικές μορφές οξυγόνου βλάπτουν όλα τα συστατικά του κυττάρου, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και του DNA.*

3) Κινεζική μελέτη (Xu κ.α 2010) είχε σκοπό να καθορίσει εάν η RF έκθεση προκαλεί οξειδωτική βλάβη στο μιτοχονδριακό DNA mtDNA, καθώς είναι γνωστό ότι είναι επιρρεπές στο οξειδωτικό στρες. Πρωτογενείς καλλιέργειες νευρώνων φλοιού εκτέθηκαν για 24 ώρες σε GSM-1800 (2 W / kg). Η έκθεση προκάλεσε μια σημαντική αύξηση σε ένα κοινό βιοδείκτη της οξειδωτικής βλάβης του DNA: 8-hydroxyguanine στα μιτοχόνδρια των νευρώνων. Ο αριθμός των αντιγράφων του mtDNA και τα επίπεδα των μεταγραφών RNA επίσης επηρεάστηκαν μετά την έκθεση. Όλες αυτές οι βλάβες ελαχιστοποιούνται με την παρουσία της μελατονίνης , γνωστού αντιοξειδωτικού.

EFHRAN (2010)

«Ορισμένες in-vitro μελέτες φαίνεται να δείχνουν επίδραση του σήματος κινητής τηλεφωνίας στο οξειδωτικό στρες που πρέπει να επιβεβαιωθεί με νέες έρευνες.»

Πρόσφατες έρευνες σχετικά με το νευρικό σύστημα

1) Σε αυτή τη μελέτη (πανεπιστήμιο του Μπορντό ,Γαλλία 2011) ερευνήθηκε η επίδραση απο σήμα GSM 1800 MHz σε κύτταρα τριών κυτταρικών γραμμών του ανθρώπινου εγκεφάλου, SH-SY5Y, U87 και CHME5, που χρησιμοποιούνται ως υποδείγματα για νευρώνες, αστροκύτταρα και μικρογλοία, αντίστοιχα, καθώς και στις πρωτογενείς καλλιέργειες νευρώνων φλοιού. Τέσσερις συνθήκες έκθεσης δοκιμάστηκαν: 2 και 10 W / kg για 1 και 24 ώρες. Η παραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) μετρήθηκε και θεραπεία με ροτενόνη (ουσία που προκαλεί οξειδωτικό στρες) χρησιμοποιήθηκε ως θετικός έλεγχος*.

Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η έκθεση για το σήμα δεν προκαλεί οξειδωτικό στρες κάτω από αυτές τις συνθήκες δοκιμής, συμπεριλαμβανομένων των 10 W / kg. Τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με τα προηγούμενα ευρήματα ότι η RF ακτινοβολία από μόνη της δεν αυξάνει την παραγωγή ROS.

**Ομάδα θετικού ελέγχου: ομάδα στην οποία ένα φαινόμενο αναμένεται να εμφανιστεί, χρησιμοποιώντας μια πειραματική θεραπεία που είναι ήδη γνωστό ότι παράγει αυτό το αποτέλεσμα.*

2) Μια έρευνα (Σεούλ Κορέα ,2012) μελέτησε την επίδραση του κυτταρικού στρες σε ανθρώπινα επιθηλιακά κύτταρα (MCF10A) εκτεθειμένα σε συνδυασμένη ακτινοβολία με EPA 2 και 4 W / kg για διάρκεια 4 ώρες ή για 2 ώρες και για 3 συνεχόμενες μέρες. Ενιαία ή συνδυασμένη έκθεση σε ραδιοσυχνότητες δεν προκάλεσε σημαντική φωσφορυλίωση στα κύτταρα. Η έλλειψη σημαντικής στατιστικής διαφοράς στην φωσφορυλίωση δείχνει ότι δεν προκαλείτε ενεργοποίηση οξειδωτικού στρες από την έκθεση στα κύτταρα αυτά.

5.2.1.3 Γονιμότητα

1)Επί του παρόντος υπάρχει μια ανησυχία σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις της έκθεσης των κινητών τηλεφώνων στην αρσενική γονιμότητα. Μερικές έρευνες έχουν γίνει in vitro σχετικά με αυτό το πρόβλημα. (De Iulius κ.α 2009)

Εκτέθηκαν ανθρώπινα σπερματοζωάρια σε GSM 1800 σήματα σε EPA που κυμαίνεται από 0,4 έως 27,5 W / kg. Η Κινητικότητα και η ζωτικότητα των σπερματοζωαρίων μειώθηκε σημαντικά μετά την έκθεση, αυξανόμενου του EPA, ενώ η μιτοχονδριακή παραγωγή ROS και βλάβες στο DNA ήταν σημαντικά αυξημένα. Διάφορες μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν για την ποσοτικοποίηση ROS και βλάβες στο DNA, αλλά ο σχεδιασμός του συστήματος έκθεσης και δοσιμετρίας δεν έγινε χρησιμοποιώντας τις πιο σύγχρονες διαθέσιμες τεχνικές. Επίσης η θέρμανση των κυττάρων σε υψηλό EPA δεν μπορεί να αποκλειστεί.

2) Σε αυτή τη μελέτη(πανεπιστήμιο Σλοβακίας ,2011) αξιολογήθηκαν πιθανές επιδράσεις της ακτινοβολίας GSM 1800 MHz στην κινητικότητα σπερματοζωαρίων βοοειδών. Τα πειραματικά δείγματα αναλύθηκαν in vitro σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (0, 30, 120 και 420 λεπτά) και συγκρίθηκαν με δείγματα που δεν έχουν εκτεθεί. Η αξιολόγηση του ποσοστού των κινητικών σπερματοζωαρίων έδειξε σημαντική ($P < 0,001$) μείωση στα κύτταρα της καλλιέργειας μετά από 120 και 420 λεπτά, σε σύγκριση με τα δείγματα που δεν είχαν εκτεθεί. Παρόμοια αναστολή κινητικότητας των σπερματοζωαρίων ανιχνεύθηκε για το ποσοστό των προοδευτικά

κινητικών σπερματοζωαρίων. Η Μέση απόσταση διαδρομής τους μειώθηκε σημαντικά ($p < 0,001$) μετά από 30 και 420 λεπτά έκθεσης. Η Ταχύτητα διαδρομής αυξήθηκε μετά από 30 λεπτά έκθεσης, αλλά στη συνέχεια μειώθηκε μετά από 420 λεπτά, σε σύγκριση με αυτά που δεν είχαν εκτεθεί. Αυτό υποδεικνύει μία πιθανή αρχική διέγερση και την επακόλουθη αναστολή της ταχύτητας σπερματοζωαρίων βοοειδών υπό RF έκθεση. Αλλαγές στην κινητικότητα των σπερματοζωαρίων ανιχνεύθηκαν επίσης για ορισμένες άλλες παραμέτρους. Λεπτομερής *in vitro* ανάλυση της κινητικότητας των σπερματοζωαρίων βοοειδών που εκτίθενται σε ακτινοβολία μικροκυμάτων έδειξε ότι οι παράμετροι της διαδρομής και της ταχύτητας στην αρχή της καλλιέργειας αυξάνονται αισθητά, αλλά μετά από περισσότερο χρόνο έκθεσης (420 λεπτά) μία σημαντική μείωση συμβαίνει σε σύγκριση με το κύτταρα που δεν ακτινοβολήθηκαν. Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος δείχνουν ένα αρνητικό χρόνο-εξαρτώμενο αποτέλεσμα της RF ακτινοβολίας στην κινητικότητα σπερματοζωαρίων βοοειδών.

5.2.1.4 Ανοσοποιητικό Σύστημα

1) Σε μία έρευνα (Pavicic and Trosic 2008, Κροατία) μελετήθηκε η επίδραση συνεχούς κύματος 935 MHz σχετικά με την δομή και την ανάπτυξη των κυττάρων V79(κύτταρα από τον πνεύμονα ενός χάμστερ) . Ο EPA εκτιμήθηκε σε 0,12 W / kg. Τα δείγματα των κυττάρων εκτέθηκαν επί 1, 2, και 3 ώρες. Η ανάπτυξη των κυττάρων προσδιορίστηκε κατά τη διάρκεια 5 ημερών. Η δομή των μικροσωληνίσκων* τροποποιήθηκε μετά από 3 ώρες έκθεσης και η ανάπτυξη των κυττάρων μειώθηκε τρεις ημέρες μετά την έκθεση. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η έκθεση σε 935 MHz μεταβάλλει τις πρωτεΐνες των μικροσωληνίσκων, το οποίο μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των κυττάρων. Σε παρόμοια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την ίδια ομάδα το 2009 σε παρόμοιες συνθήκες έκθεσης παρακολούθηθηκε ο πολλαπλασιασμός, η κυτταροσκελετική δομή και μιτωτικός δείκτης των κυττάρων V79.Ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων μειώθηκε για όσα εκτέθηκαν για 3 ώρες, 72 ώρες μετά την ακτινοβολία. Η δομή μικροσωληνίσκων μεταβλήθηκε μετά από 3 ώρες έκθεσης. Ο μιτωτικός δείκτης δεν επηρεάστηκε και στις δύο έρευνες που πραγματοποιούνται από την ομάδα αυτή, το σύστημα της έκθεσης δεν ήταν καλά προσαρμοσμένο σε αυτού του είδους τις μελέτες και δεν υπήρχε ακριβής δοσομετρία.

**Οι μικροσωληνίσκοι είναι οι μεγαλύτερες δομές του κυτταρικού σκελετού.*

2) Στην Ιταλία, [Κάπρι, κ.α. 2006] εκτέθηκαν μονοπύρηννα* κύτταρα περιφερικού αίματος από νέους και ηλικιωμένους δότες σε GSM 1800 σήματα στα 2 W / kg. Αναλύθηκαν τα μόρια CD25, CD95, CD28 και κυτταροτοξικά T λεμφοκύτταρα. Δεν υπήρξε καμία αλλοίωση των υποπληθυσμών των λεμφοκυττάρων. Ωστόσο, βρέθηκε μία ελαφρά μείωση στην παραγωγή κάποιων στοιχείων, των T λεμφοκυττάρων των CD95 από ηλικιωμένους δότες, που εμπλέκονται στην απόπτωση.

**Τα μονοπύρηννα ή μονοκύτταρα είναι κύτταρα του αίματος με διακριτό πυρήνα που συμμετέχουν στην άμυνα του οργανισμού και μεταναστεύουν στους ιστούς που προσβάλλονται από παθογόνους μικροοργανισμούς.*

3) Σκοπός της παρούσας έρευνας (Tuschl H κ.α, Αυστρία, 2006) ήταν να εκτιμήσει κατά πόσον τα GSM διαμορφωμένα πεδία RF έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργική ικανότητα των ανθρώπινων κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος σε ανθρώπινα αιμοκύτταρα. Έκθεση διεξήχθη σε GSM 1950 MHz, σε EPA 1 mW / g διακοπτόμενα (5 λεπτά "ON", 10 λεπτά "OFF") με μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας 0.06 βαθμούς κελσίου για διάρκεια 8 ώρες. Αξιολογήθηκαν διάφορες παράμετροι σχετικά με την ενδοκυτταρική παραγωγή, τη δραστηριότητα γονιδίων σχετικών με το ανοσοποιητικό σύστημα και την κυτταροτοξικότητα. Για κάθε παράμετρο, δείγματα αίματος από τουλάχιστον 15 δότες αξιολογήθηκαν. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις της έκθεσης και δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι οι εκπομπές από τα κινητά τηλέφωνα συνδέονται με δυσμενείς επιπτώσεις για το ανθρώπινο ανοσοποιητικό σύστημα.

5.2.1.5 Ενδοκρινικό σύστημα

1) Έρευνα (πανεπιστήμιο της Πίζας, Ιταλία, 2011) είχε ως σκοπό να αναλύσει πιθανές επιδράσεις της έκθεσης σε GSM-900 MHz σε καλλιέργεια κυττάρων θυρεοειδή (FRTL- 5).

Τα FRTL-5 ακτινοβολήθηκαν για 24, 48, και 96 ώρες. Η παραγωγή cAMP (ένωση αδενίνης) μετρήθηκε. Η ακτινοβολία των κυττάρων δεν επηρέασε το επίπεδο παραγωγής της cAMP στα κύτταρα FRTL-5 σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες. Συμπερασματικά η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δεν φαίνεται να είναι σε θέση να παρέμβει στις βιοχημικές ιδιότητες των κυττάρων FRTL-5 in vitro.

5.2.1.6 Ασβέστιο

1) Στην παρούσα μελέτη (πανεπιστήμιο Cambridge, 2010) χρησιμοποιήθηκε μία υψηλής απόδοσης πλατφόρμα απεικόνισης για την παρακολούθηση υποθετικών αλλαγών στα κυτταρικά Ca²⁺ κατά τη διάρκεια της έκθεσης των κυττάρων σε 900 MHz GSM πεδία με EPA από 0,012 έως 2 W / Kg, μιμούμενοι έτσι τον τύπο της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα κινητά τηλέφωνα. Τα δεδομένα από τα κύτταρα που εκτέθηκαν στα 900 MHz GSM πεδία συγκρίθηκαν με δεδομένα που λαμβάνονται από πειράματα για έκθεση σε συνεχή πεδία ή χωρίς πεδία. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις τύποι κυττάρων (ανθρώπινα ενδοθηλιακά κύτταρα, PC-12 νευροβλαστώματος και πρωτογενών ιπποκαμπικών νευρώνων) που έχουν προηγουμένως αναγνωριστεί ότι είναι ευαίσθητα σε πεδία ραδιοσυχνότητας. Τα στοιχεία μας δείχνουν ότι τα 900 MHz GSM πεδία δεν επηρεάζουν την Ca²⁺ ομοιόσταση*. Ακόμα και στα υψηλότερα επίπεδα που υπερβαίνουν τα τυπικά επίπεδα έκθεσης τηλεφώνου, δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στα κυτταρικά Ca²⁺.

Συμπέρασμα, ότι υπό τις συνθήκες που χρησιμοποιούνται στο πείραμα αυτό, και χρησιμοποιώντας μία εξαιρετικά ευαίσθητη δοκιμασία, δεν μπορούσαν να ανιχνεύσουν τυχόν επακόλουθα της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες.

**Ομοιόσταση: η ικανότητα του οργανισμού να διατηρεί σταθερές τις συνθήκες του εσωτερικού του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, συγκεντρώσεις διάφορων συστατικών κτλ.), παρά τις εξωτερικές μεταβολές.*

2) Η RF ακτινοβολία μπορεί να αλλοιώσει τα ενδοκυτταρικά σήματα μέσω αλλαγών στην διαπερατότητα των κατιόντων ασβεστίου (Ca (2+)) κατά μήκος των κυτταρικών μεμβρανών. Αλλαγές στην έκφραση των πρωτεϊνών δέσμευσης ασβεστίου (CaBP), όπως καλβιδίνη D28-k (CB) και καλρετινίνη (CR), θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μειωμένη ομοιόσταση Ca (2+) λόγω έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η έκφραση των CB και CR μετρήθηκε στον ιππόκαμπο των ποντικών μετά από έκθεση σε ακτινοβολία 835 MHz για διαφορετικούς χρόνους έκθεσης και EPA, 1 ώρα / ημέρα για 5 ημέρες με EPA = 1.6 W / kg, 1 ώρα / ημέρα για 5 ημέρες σε EPA = 4.0 W / kg, 5 ώρες / ημέρα για 1 ημέρα σε EPA = 1.6 W / kg, 5 ώρες / ημέρα για 1 ημέρα σε EPA = 4.0 W / kg, καθημερινή έκθεση για 1 μήνα σε EPA = 1.6 W / kg. Με βάση τα αποτελέσματα οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι 835 MHz έκθεση ραδιοσυχνότητας μπορεί να είναι επιβλαβής. (πανεπιστήμιο του Dankook , Βόρεια Κορέα, 2010)

5.2.1.7 Γενικά σχόλια για τις in-vitro έρευνες

SSI (2008)

«Ένας μεγάλος αριθμός από in vitro μελέτες έχουν δημοσιευθεί πρόσφατα διερευνώντας διάφορα αποτελέσματα όπως π.χ. επιδράσεις στις δραστικές μορφές οξυγόνου, γονοτοξικότητα, απόπτωση, γονιδιακή έκφραση, ανοσολογία, και δραστικότητα ενζύμων. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες δεν απέδειξαν καμία επίπτωση της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες για τα αποτελέσματα που μελετήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων προσπάθειες να αναπαράγουν το γονοτοξικές επιδράσεις που παρατηρήθηκαν στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα REFLEX. Κάποια αποτελέσματα χρειάζονται περαιτέρω έρευνα, όπως επιπτώσεις της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες στην απόπτωση σε περισσότερους τύπους κυττάρων.»

SSI (2009)

«Δεν υπάρχουν νέα ευρήματα από κυτταρικές μελέτες. Πιθανή θέρμανση των δειγμάτων θεωρείται ακόμα ως μια σημαντική πηγή επιδράσεων. Επιπλέον, τα λίγα αποτελέσματα για αρνητικές επιδράσεις που βρέθηκαν δεν σχετίζονται μεταξύ τους και / ή δεν έχουν σχέση με την αξιολόγηση των κινδύνων για την υγεία. Είναι σίγουρο ότι περαιτέρω in-vitro μελέτες σχεδιασμένες καλά, θα βοηθήσουν στην κάλυψη των κενών που παραμένουν.»

ICNIRP (2009)

«Οι μηχανισμοί με τους οποίους η έκθεση RF θερμαίνει τον βιολογικό ιστό είναι καλά κατανοητοί και η πιο έντονη και συνεπής επίδραση της έκθεσης RF είναι εκείνη της θέρμανσης, με αποτέλεσμα έναν αριθμό από φυσιολογικές και παθολογικές αποκρίσεις σε ανθρώπινα υποκείμενα και ζώα εργαστηρίου, που σχετίζονται με τη θερμότητα. Η θέρμανση παραμένει επίσης ένας δυναμικός παράγοντας σύγχυσης σε in vitro μελέτες και μπορεί να ευθύνεται για ορισμένες από τις θετικές επιδράσεις που αναφέρθηκαν.»

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής (2010)

«Όπως κρίθηκε από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία για ογκογένεση συσχετιζόμενη με την λειτουργία των κυττάρων και την έκθεση σε χαμηλό επίπεδο RF, το γενικό συμπέρασμα είναι ότι υπάρχουν ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία ή έλλειψη συνεπούς και επικυρωμένης απόδειξης, για μια τέτοια σχέση αιτίας-αποτελέσματος. Υπάρχει κάποια σύγχυση και διαμάχη σε αυτό το τομέα της έρευνας, διότι πολλές φορές τα πειράματα που έδειξαν επιπτώσεις δεν μπόρεσαν να αναπαραχθούν.

Οι βραχυπρόθεσμες επιδράσεις στον κυτταρικό κύκλο, τη ρύθμιση των γονιδίων έκφραση των πρωτεϊνών και βλάβη στο γενετικό υλικό δεν μπορεί να μεταφραστεί αυτόματα σε αιτία του καρκίνου. Για παράδειγμα, το μεγαλύτερο μέρος των κυττάρων που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα πειράματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε οποιονδήποτε εξωτερικό παράγοντα, όπως κύτταρα από το αιματοποιητικό σύστημα. Ακόμα και μικρές αλλαγές θερμοκρασίας τα επηρεάζουν, αλλά αυτό συμβαίνει πιθανόν όταν ακτινοβολούνται εξωτερικά, εξουδετερώνοντας έτσι την ισχυρή προστασία από το εσωτερικό του σώματος. Έτσι, η σημασία αυτών των αποτελεσμάτων μπορεί να αμφισβητηθεί.»

5.2.2 Μελέτες σε πειραματόζωα (in vivo)

Οι μελέτες σε πειραματόζωα είναι μία κλασική και λογική λύση για τη διερεύνηση, με ελεγχόμενο τρόπο, πιθανών αλληλεπιδράσεων των πεδίων RF με ολόκληρο το βιολογικό οργανισμό. Οι έρευνες γίνονται κυρίως σε ποικιλίες ζώων όπως ποντίκια και αρουραίοι.

Τα πειραματόζωα ακτινοβολούνται και τα αποτελέσματα αναλύονται με κλινικές μελέτες ή με νεκροτομή και ιστολογική εξέταση σε σύγκριση πάντα με μη ακτινοβολούμενα πειραματόζωα.

Το πλεονέκτημα αυτού του είδους των μελετών είναι ότι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την αλληλεπίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων με τους ζωικούς οργανισμούς όπως οι αποκρίσεις του ανοσοποιητικού συστήματος, αλλαγές στην συμπεριφορά κ.τ.λ με τρόπο που δεν μπορεί να επιτευχθεί με τις κυτταρικές μελέτες. Ο ανθρώπινος οργανισμός σε σχέση με τα τρωκτικά που χρησιμοποιούνται κυρίως στις έρευνες έχει μεγάλες διαφορές στο μέγεθος του σώματος που σημαίνει ότι οι δοσιμετρικές αλληλεπιδράσεις είναι διαφορετικές, τα μικρά ζώα δείχνουν συντονισμό του σώματός τους για μεγαλύτερες συχνότητες RF και μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης συγκριτικά με το ανθρώπινο σώμα.

Σε αρκετές έρευνες για να επιτευχθεί σωστά καθορισμένη δοσιμετρία γίνεται ακινητοποίηση των ζώων που μπορεί να προκαλέσει πρόσθετο άγχος και να επηρεάσει τα αποτελέσματα του πειράματος εκτός και αν τα έχουν μάθει να μένουν ακίνητα.

Στις έρευνες χρησιμοποιείται η μέθοδος της τυφλής βαθμολόγησης όπου η έκθεση του δείγματος είναι άγνωστη στον βαθμολογητή ώστε να αποφεύγονται προκαταλήψεις. Επίσης μερικές έρευνες χρησιμοποιούν θετικό έλεγχο με στοιχεία που προκαλούν κάποια επίδραση και μελετάται η προώθηση και η αλλοίωση αυτής.

Σε μοριακό επίπεδο υπάρχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ των διεργασιών στα ζώα και στους ανθρώπους ωστόσο τα συμπεράσματα των ερευνών αυτών στα πειραματόζωα ελέγχονται στο κατά πόσον μπορούν να επεκταθούν στον ανθρώπινο οργανισμό όπου είναι πιο πολύπλοκος και διαθέτει διαφορετικούς μηχανισμούς αντίδρασης από τα εξωτερικά ερεθίσματα.

Οι μελέτες των επιπτώσεων της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες σε πειραματόζωα τα τελευταία χρόνια έχουν επικεντρωθεί κυρίως στον εγκέφαλο χρησιμοποιώντας τεχνικές υψηλής απόδοσης για έλεγχο επιπτώσεων στην γονιδιακή έκφραση αλλά και την εξέταση γενικότερα βιοχημικών, και ιστοπαθολογικών αλλαγών όπως και αλλαγών στη συμπεριφορά. Αντίθετα τα τελευταία χρόνια λιγότερες μελέτες σε πειραματόζωα έχουν εξετάσει γονιδιοτοξικότητα, καρκινογένεση, αναπαραγωγή, ανάπτυξη, ακουστικό σύστημα και επιπτώσεις στο ανοσοποιητικό και ενδοκρινικό σύστημα.

Τα πειράματα σε ζώα που ταξινομούνται στην δημοσιευμένη βιβλιογραφία μπορούν να διαιρεθούν χονδρικά σε τρεις ομάδες:

- Πρόκληση και προώθηση καρκίνου, γονοτοξικότητα
- Νευρικό σύστημα και διαταραχές στη συμπεριφορά
- Ανάπτυξη και αναπαραγωγή
- Άλλες φυσιολογικές και παθολογικές αλλοιώσεις

5.2.2.1 Γονοτοξικότητα και καρκινογένεση

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Σε μία έρευνα (Hruby κ.ά. 2008) κατεργάστηκαν 100 θηλυκούς Sprague-Dawley αρουραίους χωρισμένους σε ομάδες. Χορηγήθηκε δόση DMBA (καρκινογόνος ουσία) που επάγει μαστικούς όγκους και στη συνέχεια τα ζώα εκτέθηκαν σε GSM-900 MHz σήματα σε μια μελέτη σχεδόν ταυτόσημη με μια προηγούμενη μελέτη από Yu (2006).

Οι ομάδες χωρίστηκαν σε ομάδα ελέγχου σε κλουβί, σε ψευδό-εκτιθέμενους και σε τρεις ομάδες έκθεσης με EPA 0.44, 1.33 και 4.0 W / kg. Τα ζώα που εκτέθηκαν κρατήθηκαν ακίνητα κατά τη διάρκεια της έκθεσης. Οι αρουραίοι ζυγίζονταν και ψηλαφίζονταν εβδομαδιαία για την παρουσία των μαστικών όγκων και θανατώθηκαν στο τέλος 6-μηνιαίας περιόδου έκθεσης. Όλοι οι μαστικοί αδένες εξετάστηκαν ιστολογικά. Βρέθηκαν αρκετά σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των ομάδων που εκτέθηκαν και των εικονικά εκτιθέμενων ομάδων. Όλες οι RF-εκτεθειμένες ομάδες είχαν, σε διαφορετικούς χρόνους, σημαντικά περισσότερους όγκους που ελέχθησαν με ψηλαφητή μαστικού αδένος από την εικονικά-εκτεθειμένη ομάδα, δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των τριών RF-εκτεθειμένων ομάδων. Η συχνότητα των κακοήθων μαστικών όγκων ήταν χαμηλότερη στην ψευδό-εκτεθειμένη ομάδα και αυξήθηκαν σημαντικά στην ομάδα υψηλής έκθεσης. Ωστόσο, η συχνότητα των καλοηθών όγκων ήταν σημαντικά χαμηλότερη στις τρεις εκτεθειμένες ομάδες RF σε

σχέση με το ψευδό-εκτεθειμένη ομάδα. Ο αριθμός των ζώων με καλοήθειες ή κακοήθειες όγκους ήταν παρόμοιος στην ψευδό-εκτεθειμένη ομάδα και στις τρεις RF-εκτεθειμένες ομάδες. Η ομάδα ελέγχου κλωβού είχε την υψηλότερη συχνότητα και κακοήθεια των όγκων μεταξύ όλων των ομάδων.

Συγκριτικά με τα αποτελέσματα της σχεδόν ταυτόσημης μελέτης του Yu κ.α (2006) υποστηρίζεται αυτό το συμπέρασμα: οι δύο μελέτες αναφέρονται σε παρόμοια ανάπτυξη των μαστικών όγκων στις τρεις ομάδες, αλλά χαμηλότερο ρυθμό ανάπτυξης σε μία ομάδα.

Hruby κ.α (2008) βρήκαν το χαμηλότερο ρυθμό ανάπτυξης σε ψευδό-εκτεθειμένη ομάδα, ενώ Yu κ.α (2006) βρήκαν στην ομάδα με 0,44 W / kg. Και οι δύο μελέτες ανέφεραν με συνέπεια υψηλότερη συχνότητα των όγκων στην ομάδα ελέγχου κλωβού, η οποία είναι περισσότερο πιθανό να σχετίζεται με τον διαφορετικό χειρισμό των ζώων από την άποψη της παρουσίας στρες περιορισμού, διαφορετικής πρόσληψης τροφής, κλπ.

Τα στοιχεία από τη μελέτη αυτή φαίνεται να υποστηρίζουν την άποψη ότι η έκθεση σε RF, δεν έχει καμία επίδραση στην καρκινογένεση και ότι το υψηλό επίπεδο κακοήθων όγκων του μαστού που εμφανίζονται σε μία ομάδα ήταν πιθανώς μια τυχαία παρατήρηση.

2) (Ziemann κ.α 2009) Διερεύνησαν τη συχνότητα των μικροπυρήνων* (ως δείκτη γενετικής βλάβης) σε ερυθρά αιμοσφαίρια από το περιφερικό αίμα των ποντικών που είχαν εκτεθεί σε GSM-902 ή 1747 MHz ακτινοβολία για 2 χρόνια. Ομάδες ανά 100 ποντίκια εκτέθηκαν για 2 ώρες ανά ημέρα, 5 ημέρες την εβδομάδα σε ολόκληρο το σώμα με EPA 0.4, 1.3 και 4.0 W / kg μαζί με ομάδες με ψευδή έκθεση, ελέγχου κλωβού, και μία ομάδα θετικού ελέγχου με χορηγία μιτομυκίνη C. Συνολικά, περίπου 1.200 ποντικοί χρησιμοποιήθηκαν. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη συχνότητα των μικροπυρήνων μεταξύ RF εκτεθειμένων, ψευδό-εκτεθειμένων και ποντικών ελέγχου κλωβού, μολονότι υπήρξε μια σημαντική αύξηση στην ομάδα θετικού ελέγχου.

**Μικροπυρήνας: διαφορετικός από τον κύριο πυρήνα, παράγεται κατά την μίτωση.*

3) Σε μία μελέτη με επιρρεπή σε λέμφωμα ζώα (Sommer κ.α 2007), ελεύθερα κινούμενα AKR / J ποντίκια, 160 ανά ομάδα, εκτέθηκαν εικονικά ή σε UMTS σήμα για 24 ώρες / ημέρα, 7 ημέρες / εβδομάδα σε EPA από 0.4 W / kg για διάστημα ενός έτους. Δεν παρατηρήθηκε επίδραση στην συχνότητα, εμφάνισης λεμφώματος, χρόνου επιβίωσης ή τη σοβαρότητα της νόσου. Τα ζώα ελέγχου κλωβού είχαν σημαντικά χαμηλότερα βάρη σώματος. Αυτή η διαφορά ήταν πιο πιθανόν να σχετίζεται με διαφορετικό χειρισμό των ζώων και το μεγαλύτερο επίπεδο στρες.

4) Μια ομάδα από την Νότιο Κορέα (Lee κ.α 2008) αξιολόγησε τις επιπτώσεις της έκθεσης σε 835 MHz στις μύγες. Στα 1.6 W / kg, περισσότερο από το 90% των μυγών ήταν εν-ζωή μετά τις 30 ώρες έκθεσης. Στα 4.0 W / kg, η βιωσιμότητα άρχισε να μειώνεται μετά από 12 ώρες έκθεσης, η οποία προκάλεσε μια απόκριση στρες και αύξησε την παραγωγή ROS. Επιπλέον στα 4.0 W / kg, ο αριθμός των αποπτωτικών κυττάρων αυξήθηκε στον εγκέφαλο της μύγας. Τα ευρήματα εξαρτώνται από το επίπεδο EPA. Ωστόσο, η δοσιμετρία του συστήματος έκθεσης δεν θα μπορούσε να αξιολογηθεί με βάση την περιγραφή.

5) Δύο μελέτες αξιολόγησαν την καρκινογένεση σε σήμα GSM 902 MHz και σε σήμα 1.747 MHz σε B6C3F1 ποντικούς (Tillman κ.α 2007) και αρουραίους Wistar (Smith κ.α 2007). Τρία επίπεδα έκθεσης από 0.4 - 4 W / kg και εικονική έκθεση χρησιμοποιήθηκαν.

Η μελέτη σε ποντίκια (Tillman κ.α 2007) δεν βρήκε στοιχεία που να οδηγούν ότι η έκθεση πεδίου RF αυξάνει τη συχνότητα εμφάνισης ή τη σοβαρότητα νεοπλασίας ή οδηγεί σε οποιεσδήποτε άλλες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Η μελέτη σε αρουραίους (Smith κ.α 2007) ήταν ένας συνδυασμός μελέτης χρόνιας τοξικότητας και καρκινογένεσης και μερικά από τα ζώα (15 αρσενικά και 15 θηλυκά ανά ομάδα) θανατώθηκαν σε 52 εβδομάδες από την έναρξη της μελέτης. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη συχνότητα, πλήθος, σοβαρότητα, των νεοπλασμάτων, ή οποιαδήποτε άλλη δυσμενή απόκριση από την έκθεση πεδίου RF.

6) Η μελέτη από Oberto κ.α (2007) ήταν μια αντιγραφή επέκταση και βελτίωση της μελέτης από Repacholi κ.α (1997) με EI-Pim1 δια-γονιδιακά ποντίκια που είχαν εκτεθεί σε GSM σήμα. Διαφορετικά επίπεδα έκθεσης (0.5, 1.4 ή 4.0 W/kg), καθορισμένη δοσιμετρία και πιο ομοιόμορφη έκθεση (που επιτυγχάνεται με τον περιορισμό των ζώων) και εκτεταμένη ιστοπαθολογία όλων των ζώων, χρησιμοποιήθηκαν. Σε σύγκριση με τα εικονικά εκτιθέμενα ζώα, η επιβίωση μειώθηκε στα ζώα που εκτέθηκαν σε πεδία ραδιοσυχνοτήτων. Καμία αύξηση στην συχνότητα λεμφώματος δεν παρατηρήθηκε στις εκτεθειμένες ομάδες RF. Όσον αφορά άλλα νεοπλαστικά ευρήματα, Harderian αδενώματα* αυξήθηκαν σε αρσενικούς ποντικούς, με σημαντική δόσο-εξαρτώμενη τάση. Ωστόσο, η τάση αυτή δεν υποστηρίζεται από τα ευρήματα για τα θηλυκά ζώα (ομάδα που εκτέθηκε σε μεγαλύτερη EPA).

Το συμπέρασμα ήταν ότι δεν υπήρχε επίδραση από ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων σε όγκους για οποιαδήποτε μέρος του σώματος. Ωστόσο η μειωμένη επιβίωση στα εκτεθειμένα ζώα δεν συζητήθηκε διεξοδικά από τους συγγραφείς, το εύρημα αυτό παραμένει ανεξήγητο και είναι δύσκολο να ερμηνευθεί εάν δεν υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα αίτια του θανάτου.

**Αδενώματα: καλοήθεις όγκοι του επιθηλίου με αδενική προέλευση.*

7) (Shirai κ.α 2007) Διερεύνησαν πιθανή επίδραση προώθησης ,επαγόμενων όγκων του εγκεφάλου σε 344 αρουραίους Fischer, από 1.95 MHz πεδίο RF. Η συχνότητα εμφάνισης όγκων του εγκεφάλου και των δύο (θηλυκά και αρσενικά) έτεινε να είναι υψηλότερη στις RF εκτεθειμένες ομάδες (0.67 και 2 W / kg) σε σχέση με το ψευδό-εκτεθειμένη ομάδα, αλλά χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, μια αντίθετη τάση (μείωση συχνότητα με την αύξηση του επιπέδου έκθεσης) παρατηρήθηκε σε προηγούμενη παρόμοια μελέτη (Shirai κ.α 2005), υποδεικνύοντας ότι οι τάσεις που παρατηρήθηκαν είναι κατά πάσα πιθανότητα τυχαία.

Σχόλια για τις in vivo έρευνες για γονοτοξικότητα και καρκίνο

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής (2010)

«Στην ανασκόπηση του ο Elder (*JA Survival and cancer in laboratory mammals exposed to radiofrequency energy. Bioelectromagnetics, 2003*) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι «Τα στοιχεία από 18 μελέτες δείχνουν ότι μακροπρόθεσμη, χαμηλού επιπέδου έκθεση σε ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων δεν επηρεάζει δυσμενώς επιβίωση και καρκίνο σε θηλαστικά του εργαστηρίου.»

Σύμφωνα με την ανασκόπηση του Swicord & Balzano (*Has Electromagnetic Energy in the Band 0.1-100 GHz Useful Medical Applications?, 2009*), 40 μελέτες σχετικά με τον καρκίνο έχουν δημοσιευθεί από το 1990. Η διάρκεια της έκθεσης κυμαινόταν από μερικές εβδομάδες σε περισσότερα από δύο έτη, και οι περισσότερες από τις μελέτες διερεύνησαν συνεχή έκθεση (20 έως 22 ώρες ανά ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα) σε RF συχνότητες, όπως είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συνήθως για τις κινητές επικοινωνίες. Οι πυκνότητες ρεύματος και EPA στις περισσότερες μελέτες ήταν συγκρίσιμο με εκείνο που παράγεται από συσκευές τηλεφώνου κυττάρων κοντά στο κεφάλι (1 έως 4 W/m²).

Παρά τη χρήση EPA πολύ πάνω από ότι οι συνήθεις χρήστες εκτίθενται, από άποψη συσσωρευμένης διάρκειας κατά μήκος μιας ζωής, και λαμβάνοντας υπόψη την εντελώς διαφορετική διανομή RF στο κρανίο των πειραματόζωων σε σύγκριση με τους ανθρώπους, το 92,5% από τις μελέτες δεν έδειξαν σημαντική επίδραση στον σχηματισμό όγκου.»

SSI (2008)

«Έξι πρόσφατες μελέτες με τρωκτικά έχουν αξιολογηθεί για καρκινογένεση από RF ηλεκτρομαγνητικά πεδία παρόμοια με εκείνα που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα. Οι μελέτες με συνέπεια αναφέρουν έλλειψη καρκινογόνων επιδράσεων στα διάφορα ζωικά μοντέλα.

Οι νέες μελέτες είναι συνεπείς με τα αποτελέσματα από προηγούμενες μελέτες, και προστίθενται στις αποδείξεις ότι τα πεδία ραδιοσυχνοτήτων με χαρακτηριστικά παρόμοια με εκείνα που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα δεν είναι καρκινογόνα στα ζώα εργαστηρίου. Μερικές από τις νέες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει για την έκθεση επίπεδα έως 4 W / kg, η οποία είναι υψηλή σε σύγκριση με τις περισσότερες προηγούμενες μελέτες. Έτσι, αυτές οι μελέτες παρέχουν μια χρήσιμη προσθήκη στη βάση δεδομένων για την αξιολόγηση των κινδύνων για την υγεία.

Όσο για την γονοτοξικότητα αναφέρει 2 έρευνες που αξιολογήθηκαν με EPA έως και 1.5 W / kg δεν έδειξαν γονοτοξικές επιδράσεις από την έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων. Τα αποτελέσματα δεν κατέδειξαν και δεν επιβεβαίωσαν προηγούμενα ευρήματα για αυξημένη συχνότητα μικροπυρήνων σε κύτταρα και ζώα που εκτέθηκαν σε ακτινοβολία RF. Δυνατό σημείο των μελετών αυτών ήταν η χρησιμοποίηση ολόκληρων ζώων και μεγάλων χρόνων έκθεσης.»

SSI (2009)

«Μια μετά-ανάλυση της RF γονοτοξικότητας από τους Vijayalaxmi και Prihoda (*Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to radiofrequency radiation, 2008*) ανέλυσε τα αποτελέσματα από 63 in vitro, in vivo και ανθρώπινες μελέτες που δημοσιεύθηκαν μεταξύ του 1990 και του 2005. Ανέφεραν ότι, με λίγες εξαιρέσεις, η διαφορά μεταξύ των συνολικών δεικτών γονιδοτοξικότητας για τις RF και των εικονικά εκτεθειμένων ομάδων ή / και των ομάδων ελέγχου ήταν πολύ μικρές.»

EFHRAN(2010)

«Μια ανασκόπηση έχει πρόσφατα δημοσιευθεί με βάση το βιβλίο της ICNIRP και έλαβε υπόψη RF έρευνες σε πειραματόζωα που δημοσιεύθηκαν από 1994-2008 (Juutilainen κ.α. *Experimental studies on carcinogenicity of radiofrequency radiation in animals*, 2010). Το συμπέρασμα της ανασκόπησης ήταν ότι τα αποτελέσματα από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία είναι «μάλλον συνεπή και δεν υπάρχουν ενδείξεις για καρκινογόνο δράση σε επίπεδα έκθεσης έως 4W/kg, η οποία είναι σαφώς υψηλότερη από ό, τι η χειρότερη περίπτωση από τι τοπικές μέγιστες τιμές (μέχρι και 1,5 W / kg) που σχετίζονται με τη χρήση των κινητών τηλεφώνων »».

Πρόσφατες έρευνες σχετικά με καρκίνο και γονοτοξικότητα

1) Σε μία έρευνα (Sekeroglu κ.α Τουρκία,2012) μελέτησαν τις κυτταρογενετοξικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλής συχνότητας (HF-EMF) για 45 ημέρες και την επίδραση μιας περιόδου ανάρρωσης 15 ημερών μετά την έκθεση σε κύτταρα μυελού των οστών ανώριμων (2 εβδομάδων) και ώριμων (10 εβδομάδων) αρουραίων. Τα ζώα στις ομάδες θεραπείας εκτέθηκαν σε 1.800 MHz σε EPA 0.37 W / kg και 0.49 W / kg για 2ώρες/ημέρα για 45 ημέρες. Δύο ομάδες αποκατάστασης κρατήθηκαν για μια περίοδο ανάρρωσης 15 ημερών χωρίς ΕΜΠ μετά από την έκθεση. Επίσης υπήρχαν δύο ομάδες ελέγχου ανώριμων και ώριμων αρουραίων.

Τα δεδομένα έδειξαν σημαντικές διαφορές σε χρωμοσωμικές εκτροπές*(αύξηση), τη συχνότητα μικροπυρήνων (αύξηση), μιτωτικό δείκτη (μείωση) και την αναλογία των πολυχρωματικών ερυθροκυττάρων (μείωση) στα κύτταρα μυελού οστών όλων των ομάδων έκθεσης σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου**.

Η κυτταρογενετοξικότητα ήταν πιο αξιοσημείωτη στους ανώριμους αρουραίους και η περίοδος αποκατάστασης δεν βελτίωσε την ζημία στους ανώριμους αρουραίους. Επειδή πολύ υψηλότερη και μη αναστρέψιμη κυτταρογενετοξική βλάβη παρατηρήθηκε σε ανώριμους αρουραίους από ό, τι σε ώριμους, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για να κατανοηθούν καλύτερα οι επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων για βλάβες και επιδιόρθωση του DNA και να καθοριστούν ασφαλή όρια για το περιβάλλον και τους ανθρώπους, ειδικά για τα παιδιά.

*Χρωμοσωμικές εκτροπές: διαταραχές στο κανονικό χρωμοσωμικό περιεχόμενο ενός κυττάρου.

**Ομάδα ελέγχου: μια ομάδα ζώων, κύτταρων ή προσώπων που συμμετέχουν στο ίδιο πείραμα ή μελέτη ως άλλη πειραματική ομάδα ή ομάδα υπό παρατήρηση, οι οποία όμως δεν εκτίθεται στη μεταβλητή υπό έρευνα.

2) Μία έρευνα (LEE HJ κ.α Νότια Κορέα,2011) μελέτησε τις καρκινογόνους επιδράσεις και την ανάπτυξη λεμφώματος από συνδυασμένο σήμα RF σε AKR / J ποντικούς.

Έξι-εβδομάδων AKR / J ποντίκια εκτέθηκαν ταυτόχρονα σε δύο τύπους σημάτων RF: GSM και UMTS ,160 ποντίκια (80 αρσενικά και 80 θηλυκά) χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες (κάθε ομάδα από 40): 1) αρσενικά ποντίκια, ψευδό-εκτεθειμένα, 2) αρσενικά ποντίκια εκτεθειμένα, 3) θηλυκά ποντίκια, ψευδό- εκτεθειμένα, 4) θηλυκά ποντίκια, εκτεθειμένα. Τα AKR / J ποντίκια εκτέθηκαν για 45 λεπτά / ημέρα, 5 ημέρες / εβδομάδα, για ένα σύνολο 42 εβδομάδων. Για ολόκληρο το σώμα ο μέσος ειδικός ρυθμός απορρόφησης (EPA) για τις δύο ακτινοβολίες ήταν 2.0 W / kg το καθένα, 4.0 W / kg συνολικά.

Εξετάστηκαν η τελική επιβίωση, η συχνότητα εμφάνισης λεμφώματος, και η συχνότητα σπληνομεγαλίας*, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ ψευδό και RF-εκτεθειμένα ποντίκια. Ωστόσο, η εμφάνιση λεμφώματος στον εγκέφαλο ήταν σημαντικά διαφορετική σε ποντικούς που εκτέθηκαν συγκριτικά με ψευδο-εκτεθειμένα ποντίκια, παρόλο που κανένας συνεπής συσχετισμός (αύξηση ή μείωση) δεν παρατηρήθηκε μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ποντικών. Επίσης, η εμφάνιση λεμφώματος σε ήπαρ, πνεύμονα και σπλήνα δεν ήταν διαφορετική μεταξύ των ομάδων. Από τα αποτελέσματα προτάθηκε ότι η ταυτόχρονη έκθεση δεν επηρέασε την ανάπτυξη λεμφώματος σε AKR / J ποντίκια.

**Σπληνομεγαλία :Όταν η σπλήνα μεγαλώνει σε μέγεθος, οι λειτουργικές τις ικανότητες επηρεάζονται.*

3) (Tillmann κ.α,Γερμανία ,2010) αξιολόγησαν πιθανές επιπτώσεις στην ευαισθησία του όγκου σε ποντίκια που εκτέθηκαν σε ένα UMTS σήμα έως και 24 μήνες, αρχής γενομένης με την εμβρυϊκή έκθεση.

Τα ζώα εκτέθηκαν σε UMTS πεδία με εντάσεις 0, 4.8, και 48 W / m², η ομάδα χαμηλής δόσης (4.8 W / m²) υποβλήθηκε σε πρόσθετη προγεννητική επεξεργασία με αιθυλο-νιτροζουρία (ENU,μεταλλαξιγόνο ,40 mg / kg σωματικού βάρους).

Στο υψηλό επίπεδο έκθεσης UMTS (48 W / m (2)), οι ομάδες ελέγχου κλωβού και εικονικής έκθεσης έδειξαν συγκρίσιμη συχνότητα εμφάνισης όγκων. Σε αντίθεση, η ομάδα αγωγής (ENU +UMTS έκθεση σε 4.8 W / m²) εμφάνισε αυξημένη συχνότητα όγκου του πνεύμονα και αυξημένη συχνότητα καρκινωμάτων του πνεύμονα σε σύγκριση με την ομάδα που αντιμετωπίστηκε μόνο με αγωγή ENU. Επιπλέον, η πολλαπλότητα των όγκων καρκινώματος του πνεύμονα αυξήθηκε και ο αριθμός των μεταστατικών όγκων του πνεύμονα ήταν διπλάσιος στην ομάδα (ENU + UMTS) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου ENU.

Αυτή η πιλοτική μελέτη δείχνει συγκαρκινογόνο επίδραση της δια βίου έκθεσης UMTS (4.8 W / m²) σε θηλυκούς απόγονους B6C3F1 που υποβλήθηκαν σε προ-επεξεργασία με αιθυλο-νιτροζουρία.

5.2.2.2 Επίδραση στο νευρικό σύστημα και στην συμπεριφορά (in-vivo)

Αιματοεγκεφαλικός φραγμός (Blood Brain Barrier, BBB)

Έρευνες μέχρι το 2010

Ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός είναι ο κυτταρικός φραγμός που περιορίζει την είσοδο ουσιών στον εγκέφαλο. Λειτουργεί σαν ένα είδος επιλεκτικού φίλτρου. Παρεμβάλλεται μεταξύ του αίματος και του κεντρικού νευρικού συστήματος (εγκεφάλου και νωτιαίου μυελού) και χρησιμεύει για να διατηρεί το περιβάλλον του διάμεσου υγρού, ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή λειτουργικότητα των νευρώνων. Οποιαδήποτε διαταραχή στην διαπερατότητα του BBB θα μπορούσε να έχει αρνητικές συνέπειες για την υγεία του εγκεφάλου.

1) (Salford κ.α 2003) ανέφεραν ότι η έκθεση των αρσενικών και των θηλυκών αρουραίων διαφόρων ηλικιών με παλμική ακτινοβολία 915 MHz για 2 ώρες σε EPA μεταξύ 2 και 200 mW / kg προκάλεσε αυξημένη διαπερατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού και αύξηση του αριθμού των σκοτεινών νευρώνων* 50 ημέρες μετά την έκθεση. Στην ανασκόπηση IEGEMF (2003) περιγράφονται διάφορες τεχνικές αδυναμίες συμπεριλαμβανομένων της δοσιμετρίας και των ακατάλληλων τεχνικών χρώσης για τη μελέτη αυτή.

2) Η ομάδα του Salford (Σουηδία, 2008) έδειξε ότι η GSM-900 έκθεση μεταβάλλει τη διαπερατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού (BBB), αποτέλεσμα της εξαγγείωσης** λευκωματίνης (υδατοδιαλυτή πρωτεΐνη) 14 ημέρες μετά από 2 ώρες έκθεση και αύξηση των σκοτεινών νευρώνων 28 ημέρες αλλά όχι στις 14 ημέρες μετά την έκθεση. Αυτά τα αποτελέσματα δεν έδειξαν δοσο-εξαρτώμενη σχέση.

**Έντονα χρωματισμένοι νευρώνες. Τέτοια κύτταρα ονομάζονται σκοτεινοί νευρώνες, και μπορεί να παράγονται από μεταθανάτια χειραγώγηση ή τραύμα στον ιστό του εγκεφάλου.*

*** Διαρροή ενός ρευστού. Στην περίπτωση της φλεγμονής, αναφέρεται στην κίνηση των λευκών αιμοσφαιρίων από τα τριχοειδή αγγεία στους ιστούς που τα περιβάλλουν. Στην περίπτωση της κακοήθους μετάστασης του καρκίνου αναφέρεται σε καρκινικά κύτταρα που εξέρχονται από τον τριχοειδή και εισέρχονται στα όργανα.*

3) Η ίδια ομάδα (Nittby κ.α 2009) εξέτασε τα αποτελέσματα για ίδιες συνθήκες έκθεσης (EPA των 0, 0.12, 1.2, 12, και 120 mW / kg) σε αρουραίους οι οποίοι θυσιάστηκαν 7 ημέρες μετά την έκθεση. Η εξαγγείωση αλβουμίνης (λευκωματίνη) ήταν μεγαλύτερη σε ζώα που εκτέθηκαν σε 12 mW / kg και καμία επίδραση για τη συχνότητα σκοτεινών νευρώνων δεν περιγράφηκε.

4) Το 2009, τρεις ομάδες δημοσίευσαν τα αποτελέσματα των μελετών που επιχείρησαν να επιβεβαιώσουν κάποιο από το έργο του Salford χρησιμοποιώντας το ίδιο στέλεχος αρουραίου, αλλά αποφεύγοντας μερικές από τις τεχνικές αδυναμίες στις αρχικές μελέτες. Έκαναν χρήση μεγαλύτερου αριθμού ίδιου φύλου (αρσενικών) αρουραίων ενός στενότερου εύρους ηλικίας, εθισμό των αρουραίων στο σύστημα έκθεσης και βελτιωμένες μεθόδους σταθεροποίησης και χρώσης.

4α)Στις ΗΠΑ, (McQuade κ.α 2009) χρησιμοποίησαν παρόμοιες παραμέτρους έκθεσης με εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν από τον Salford και τους συνεργάτες του. Η εξαγγείωση της λευκωματίνης σε ιστό εγκεφάλου αρουραίου εξετάστηκε στο τέλος της έκθεσης. Οι Εγκέφαλοι που εκτέθηκαν ή ψευδο-εκτέθηκαν για 30 λεπτά σε συνεχές κύμα 915 MHz ή 915 MHz διαμορφωμένου παλμού σε ολόκληρο το σώμα με EPA να κυμαίνεται μεταξύ 1.8 mW / kg και 20 W / kg εμφάνισαν μικρή ή καμία εξωκυτταρική εξαγγείωση της λευκωματίνης σε αντίθεση με τις επιδράσεις που παρατηρήθηκαν στις θετικές ομάδες ελέγχου.

4β)Στην Ιαπωνία, (Masuda κ.α 2009) εξέτασαν την επίδραση έκθεσης ή εικονικής έκθεσης σε GSM-915 MHz ακτινοβολία για διάρκεια 2 ωρών σε EPA για ολόκληρο το σώμα μεταξύ 20 mW / kg και 2.0 W / kg. 9 από τους 31 νευρώνες αξιολογήθηκαν ιστολογικά 14 ή 50 ημέρες μετά την έκθεση. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι δεν μπόρεσαν να βρουν κανένα αποδεικτικό στοιχείο για αυξημένη εξαγγείωση λευκωματίνης ή σκοτεινών νευρώνων στον εγκεφαλικό ιστό των εκτεθειμένων ζώων. Σαφείς αυξήσεις των δύο παραμέτρων παρατηρήθηκαν στις ομάδες θετικού ελέγχου.

4γ)Στη Γαλλία, οι Poulletier de Gannes κ.α (2009) χρησιμοποίησαν βελτιωμένες τεχνικές χρώσης, για προσδιορισμό της εξαγγείωσης λευκωματίνης και της παρουσίας σκοτεινών νευρώνων στους εγκεφάλους αρουραίων 14 ή 50 ημέρες μετά από έκθεση μόνο στο κεφάλι. Οι αρουραίοι εκτέθηκαν ή ψευδο-εκτέθηκαν για 2 ώρες σε GSM-900 σήμα στον εγκέφαλο με μέσο όρο EPA 140 mW / kg και 2.0 W / kg. Ένας πιο συγκεκριμένος δείκτης για νευρωνική εκφύλιση χρησιμοποιήθηκε και παρατηρήθηκε η παρουσία αποπτωτικών νευρώνων. Οι συντάκτες δήλωσαν ότι δεν μπόρεσαν να βρουν κανένα αποδεικτικό στοιχείο για εξαγγείωση αυξημένης λευκωματίνης, νευρωνικού εκφυλισμού, σκοτεινών νευρώνων ή απόπτωση σε 12 διαφορετικές περιοχές των ιστών του εγκεφάλου αρουραίου από τα ζώα που εκτέθηκαν , αν και σαφείς αυξήσεις παρατηρήθηκαν στην ομάδα θετικού ελέγχου.

Οι παρατηρήσεις του Salford δεν επιβεβαιώθηκαν από αυτές τις τρεις ομάδες, γεγονός που δείχνει ότι οι αρχικές παρατηρήσεις χάνουν την αξιοπιστία τους. Επίσης δεν παρατηρήθηκε οποιαδήποτε δοσο-εξαρτώμενη σχέση στις μελέτες αυτές.

5) Οι Siran και Seyhan (Άγκυρα,2009) διερεύνησαν τις επιπτώσεις των 900 και 1800 MHz συνεχούς κύματος ακτινοβολίας για την διαπερατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού (BBB) αρουραίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η έκθεση 20 λεπτών των 900 και 1800 MHz αυξάνει την διαπερατότητα του BBB αρσενικών αρουραίων. Δεν υπήρξε καμία αλλαγή σε θηλυκούς αρουραίους. Τα επιστημονικά στοιχεία σχετικά με την βλάβη της RF ακτινοβολίας παραμένουν ασαφή. Περισσότερες μελέτες χρειάζονται για να αποδείξουν επιπτώσεις της RF ακτινοβολίας στην διαπερατότητα του BBB και των μηχανισμών αυτής της βλάβης.

Σχόλια σχετικά με αιματοεγκεφαλικό φραγμό (BBB)

SCENIHR(2009)

«Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν έλλειψη των αποτελεσμάτων για επίδραση στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό. Έρευνες που έδειξαν ευρήματα δεν έχουν δοσο-εξαρτώμενη σχέση και υπάρχει η ανάγκη για ανεξάρτητες μελέτες επαλήθευσης με βελτιωμένη μεθοδολογία.»

Επιτροπή λατινικής Αμερικής (2010)

«Σύμφωνα με Swicord & Balzano , από το 1990, 52 έγγραφα έχουν διερευνηθεί το ενδεχόμενο επίδρασης της RF για τη διατάραξη της διαπερατότητας BBB. Η Ομαδοποίηση των πολλαπλών αποτελεσμάτων σε 29 μεμονωμένες μελέτες έδειξε 11 μελέτες χωρίς καμία επίδραση, 10 μελέτες με θερμικές επιδράσεις και 8 μελέτες με άλλες επιδράσεις, ενδεχομένως μη-θερμικές. Τα επίπεδα ακτινοβολίας ποικίλουν ευρέως μεταξύ των μελετών καθιστώντας δύσκολη τη σύγκριση. Οι περισσότερες από τις έρευνες δεν είχαν ελέγξει αρκετά για να αποκλείσουν άλλους πιθανούς παράγοντες όπως το άγχος ή τραύμα στο κεφάλι, τα οποία είναι γνωστό ότι επηρεάζουν το BBB. Η πιο πιθανή εξήγηση για τις 8 υπόλοιπες μελέτες είναι ότι επίσης οφείλονται σε θερμικές επιδράσεις.»

«Πιο πρόσφατα, Fritz κ.α (1997) και Ohmoto κ.α. (1996) απέδειξαν πειραματικά ότι η αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλείται με θέρμανση των ιστών εγκεφάλου από RF θα μπορούσε να είναι η πλέον πιθανή εξήγηση για διάσπαση BBB σε αρουραίους.»

«Με μία εξαίρεση, BBB αποτελέσματα δεν έχουν ερευνηθεί σε μεγαλύτερα ζώα, όπως σκύλους, γάτες ή πίθηκοι, τα οποία έχουν κρανιακές διαμορφώσεις πλησιέστερες προς τον άνθρωπο. Αφού η θερμοκρασία δεν αλλάζει σημαντικά, καθώς χρησιμοποιείται ένα κινητό τηλέφωνο για μερικά λεπτά από τον άνθρωπο, δεν πρέπει να αναμένονται διαταραχές όπως επιβεβαιώνεται με την απεικόνιση PET. (Huber κ.α 2005).»

Πρόσφατες έρευνες για αιματοεγκεφαλικό φραγμό (BBB)

1) Οι Nittby κ.α. (Σουηδία, 2011) ερεύνησαν την επίδραση στον κρανιο-αιματοεγκεφαλικό φραγμό από πεδίο GSM 900MHz και εξαιρετικά χαμηλές συχνότητες (50 HZ) σε αρουραίους. Οι ομάδες εκτέθηκαν σε 1)ραδιοσυχνότητες, 2)σε πεδίο 50 HZ 3) σε συνδυασμό και 4)σε εικονική έκθεση. Η έκθεση σε ραδιοσυχνότητες ήταν συνεχής διάρκειας 2 ωρών και με μέσο όρο EPA για όλο το σώμα 0.37 mW / kg στους αρσενικούς και 0.44 mW / kg στους θηλυκούς αρουραίους.

Σε κανένα από τα ζώα που ψευδο-εκτέθηκαν δεν υπήρξε παθολογική διαρροή αλβουμίνης στον εγκέφαλο. Στους εκτιθέμενους σε ραδιοσυχνότητες αρουραίους, χαμηλής συχνότητας» και «ραδιοσυχνότητας + εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας» εκτεθειμένες ομάδες δεν είχαν σημαντικές διαφορές από την ομάδα ελέγχου.

Τα ευρήματα αυτά είναι σε συμφωνία με προηγούμενες εργασίες τους, για αυξημένη διαπερατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού μετά από μη θερμική έκθεση σε ραδιοσυχνότητες σε πολύ χαμηλά επίπεδα EPA, στη συγκεκριμένη περίπτωση πάνω από 1.000 φορές χαμηλότερα από τη συνιστώμενη οριακή τιμή των 2 W / kg.

Αντίδραση στο στρες (άγχος)

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Μια αυστραλιανή ομάδα (Finnie κ.α 2009) εξέτασε τις επιδράσεις από GSM-900 σήματα κατά την διάρκεια της κύησης για την έκφραση HSP (πρωτεΐνες θερμικού σοκ*) σε εγκεφάλους εμβρύων ποντικών. Έγκυα ποντίκια εκτέθηκαν ή ψευδο-εκτέθηκαν στο GSM-900 σήματα σε ολόκληρο το σώμα με EPA 4 W / kg για 1 ώρα ανά ημέρα κάθε ημέρα από την ημέρα 1 έως την ημέρα 19 της κυοφορίας. Μετά την έκθεση, τα ζώα που εγκυμονούσαν θυσιάστηκαν και ένας εμβρυϊκός εγκέφαλος επιλέχθηκε από κάθε γέννα για απόκριση θερμικού σοκ. HSP25, HSP32 και HSP70 εκφράσεις αξιολογήθηκαν. Δεν υπήρξαν ενδείξεις για επαγωγή της HSP32 ή HSP70 σε εγκεφάλους ποντικών, και η HSP25 έκφραση περιορίστηκε σε δύο περιοχές του εγκεφαλικού στελέχους και στα εκτεθειμένα και στα ψευδο εκτεθειμένα ζώα.

**πρωτεΐνες, η έκφραση τους αυξάνεται όταν τα κύτταρα εκτίθενται σε αυξημένες θερμοκρασίες ή άλλα στρες.*

2) Η ίδια ομάδα (2010) μελέτησε τις επιδράσεις μιας έκθεσης σε ολόκληρο το σώμα σε GSM-900 (4 W / kg) για ενεργοποίηση μικρογλοιακών* κυττάρων. Μετά από σύντομη και μακροχρόνια (2 έτη) έκθεση, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των εκτεθειμένων και ψευδο-εκτεθειμένων ομάδων.

**Είδος νευρογλοιακών κυττάρων. Τα νευρογλοιακά κύτταρα είναι μη-νευρικά κύτταρα τα οποία συμβάλλουν στην διατήρηση της ομοιόστασης και παρέχουν στήριξη και προστασία στους νευρώνες του εγκεφάλου. Τα μικρογλοία είναι κύτταρα που "καθαρίζουν" το νευρικό σύστημα από τα κύτταρα που το ανοσοποιητικό σύστημα σημαίνει ως μη λειτουργικά.*

3) Τα αποτελέσματα της 900 MHz έκθεσης διερευνήθηκαν στην Τουρκία για την εγκεφαλική απόπτωση των αρουραίων και το οξειδωτικό στρες (Dasdag κ.α 2009). Μετά από 10 μήνες έκθεση (2 ώρες / ημέρα, 7 ημέρες / εβδομάδα), μετρήθηκαν οι δείκτες απόπτωσης (ενεργό κασπάση-3 και ρ53, πρωτεΐνες με σημαντικό ρόλο στην κυτταρική απόπτωση και με ογκοκατασταλτική λειτουργία αντίστοιχα.) η καταλάση*, η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC), η συνολική οξειδωτική κατάσταση (TOS), και δείκτης του οξειδωτικού στρες**. Ο δείκτης απόπτωσης ήταν σημαντικά χαμηλότερος στην εκτεθειμένη ομάδα σε σύγκριση με την εικονικά εκτεθειμένη ομάδα και την ομάδα ελέγχου κλωβού, αλλά ρ53 δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την έκθεση. Το TAC και η καταλάση αυξήθηκαν στην εκτεθειμένη ομάδα ενώ TOS και δείκτης οξειδωτικού στρες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ εκτεθειμένης και εικονικά εκτεθειμένης ομάδας.

**Καταλάση: αντιοξειδωτικό ένζυμο / τα αντιοξειδωτικά συμβάλλουν ουσιαστικά στην προστασία του οργανισμού από τις καταστροφικές ελεύθερες ρίζες δεσμεύοντας τα ισχυρά αυτά αντιδραστικά μόρια ελεύθερες ρίζες και με τον τρόπο αυτό μειώνουν την δυνατότητά τους να καταστρέφουν τα κύτταρα και τους ιστούς.*

***Το οξειδωτικό στρες αντιπροσωπεύει μια διαταραχή της ισορροπίας μεταξύ της παραγωγής δραστικών μορφών οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) και της ικανότητας ενός βιολογικού συστήματος να αδρανοποιεί τα τοξικά αυτά μόρια και να επισκευάζει τις βλάβες που προκαλούν. Οι δραστικές μορφές οξυγόνου βλάπτουν όλα τα συστατικά του κυττάρου, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και του DNA.*

4) Η ομάδα de Seze στη Γαλλία (Ammari κ.α 2008) αξιολόγησε την επίδραση της έκθεσης σε GSM-900 σήματα για την μεταβολική δραστηριότητα του εγκεφάλου του αρουραίου με τη μέτρηση των επιπέδων της οξειδάσης* του κυτοχρώματος**. Οι εγκεφαλοί των αρουραίων εκτέθηκαν ή ψευδο-εκτέθηκαν σε EPA 1.5 W / kg για 15 λεπτά την ημέρα ή σε 6 W / kg για 45 λεπτά / ημέρα για 7 ημέρες. Τα ζώα θανατώθηκαν 7 ημέρες μετά το τέλος της έκθεσης.

Σε σύγκριση με την ψευδο-εκτεθειμένη ομάδα, σημαντικές μειώσεις βρέθηκαν στην δραστηριότητα της οξειδάσης του κυτοχρώματος των ζώων που εκτέθηκαν σε 6 W / kg αλλά όχι σε αυτά που εκτέθηκαν σε 1.5 W / kg, αυξάνοντας την πιθανότητα ότι τα αποτελέσματα ήταν θερμικά.

**Οξειδάση: ένζυμο που καταλύει μια αντίδραση οξειδοαναγωγής.*

***Κυτόχρωμα: ομάδα πρωτεϊνών που παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταφορά ενέργειας στα κύτταρα.*

Πρόσφατες έρευνες για στρες

1) Οι Demirel κ.α (Τουρκία, 2012) διερεύνησαν τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τρίτης γενιάς (3G) κινητά τηλέφωνα για αντιοξειδωτικές και οξειδωτικού στρες παραμέτρους στον ιστό του ματιού και το αίμα των αρουραίων.

Δεκαοκτώ αρουραίοι χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: η ομάδα 1 δέχθηκε μια τυποποιημένη ημερήσια δόση ακτινοβολίας 3G κινητού τηλεφώνου για 20 ημέρες, και η ομάδα 2 χρησιμοποιήθηκε ως ομάδα ελέγχου.

Δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στις παραμέτρους που μετρήθηκαν.

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι κάτω από ένα σύντομο χρονικό διάστημα η έκθεση από ακτινοβολία 3G κινητού τηλεφώνου δεν θα οδηγήσει σε επιβλαβείς συνέπειες στον ιστό του ματιού και στο αίμα αρουραίων.

2) Αρουραίοι Wistar μελετήθηκαν για την επίδραση ακτινοβολίας στην οξείδωση του εγκεφάλου (Kesari κ.α, Ινδία, 2011). Εκτέθηκαν σε ακτινοβολία από κινητό τηλέφωνο για 2 ώρες ανά ημέρα για διάρκεια 45 ημερών, όπου ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης ήταν 0.9 W / Kg. Τα ζώα χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: εικονικά-εκτεθειμένη (n = 6) και εκτεθειμένη ομάδα (n = 6).

Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μείωση ή η αύξηση της δραστηριότητας αντιοξειδωτικών ενζύμων που παρατηρήθηκε στην έρευνα συγκριτικά με την εικονικά εκτεθειμένη ομάδα, σχετίζονται με υπερπαραγωγή των δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) σε ζώα υπό έκθεση σε ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου. Τα ευρήματά αποτελούν σαφείς ενδείξεις πιθανών επιπτώσεων για την υγεία.

Επίδραση στην έκφραση γονιδίων και πρωτεϊνών

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Οι Paparini κ.α (Ιταλία, Αυστραλία 2008) ανέλυσαν 22.600 μικροσυστοιχίες* γονιδίων σε ολόκληρο τον εγκεφαλικό ιστό από ένα σύνολο 30 ποντικών (15 ανά ομάδα) εκτεθειμένη ή ψευδο εκτεθειμένη σε GSM-1800 MHz σήματα με EPA 0.2 W / kg για 1 ώρα. Η γονιδιακή έκφραση στον εγκεφαλικό ιστό των εκτεθειμένων ποντικών δεν ήταν σημαντικά διαφορετική από εκείνη των ψευδο-εκτεθειμένων. 75 γονίδια διαφοροποίησαν την έκφραση τους συμπεριλαμβανομένων πολλών λειτουργιών όπως η μεταγραφή. Ωστόσο, σε πραγματικό χρόνο η ανάλυση δεν επιβεβαίωσε τις μεταβολές έκφρασης που παρατηρήθηκαν.

**Οι μικροσυστοιχίες είναι μία διάταξη μικροσκοπικών σημείων που αντιπροσωπεύουν μοναδικά γονίδια.*

2) Στη Σουηδία, οι Nittby κ.α (2008a) πραγματοποίησαν αναλύσεις σε μικροσυστοιχίες από 31.099 γονίδια από τον ιππόκαμπο και τον φλοιώδη ιστό των εγκεφάλων από ένα σύνολο 8 αρουραίων (4 ανά ομάδα) μετά από έκθεση είτε ψευδή έκθεση σε GSM-1800 σήματα με μέσο όρο σε ολόκληρο το σώμα EPA από 13 mW / kg (EPA του εγκεφάλου 30 mW / kg) για 6 ώρες.

Οι συγγραφείς ανέφεραν σημαντικά αλλαγμένη έκφραση σε ορισμένες κατηγορίες γονιδίου τόσο στο φλοιό όσο και στον ιππόκαμπο των αρουραίων που εκτίθενται σε σύγκριση με εκείνους από την ψευδο-εκτεθειμένη ομάδα.

Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι αυτά τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να έχουν σχέση με τη προηγούμενη τους παρατήρηση της εξαγγελίωσης λευκωματίνης. Ωστόσο, ο αριθμός των ζώων ανά ομάδα ήταν μικρός και τα επίπεδα έκθεσης EPA ήταν πολύ χαμηλά.

3) Οι Yan κ.α (2008) ερεύνησαν την επίδραση της παρατεταμένης έκθεσης ενήλικων αρουραίων σε RF σχετικά με τις αλλαγές, στον ιστό του εγκεφάλου αρουραίου και στην έκφραση πρωτεϊνών που είναι αναγκαίες για την κυτταρική επιδιόρθωση. Ενήλικοι αρουραίοι εκτέθηκαν ή ψευδο-εκτέθηκαν σε RF από τέσσερα (Nokia 3588i) κινητά τηλέφωνα που λειτουργούν τόσο σε 800 και 1900 MHz. Οι εκθέσεις διεξήχθησαν 6 ώρες ανά ημέρα για 18 εβδομάδες.

Η ανάλυση αποκάλυψε ότι τα RF-εκτεθειμένα ζώα είχαν σημαντικές επιδράσεις στην έκφραση πρωτεϊνών. Ωστόσο, οι διαδικασίες δοσιμετρίας και έκθεσης ήταν αμφισβητήσιμες.

4) Μια πρόσφατη ανασκόπηση από τους McNamee και Chahan (2009) για την έκφραση γονιδίων και πρωτεϊνών in-vivo και in-vitro μετά από έκθεση σε ραδιοσυχνότητες, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι «Πολλές μελέτες έχουν ερευνησει πιθανή ικανότητα της ακτινοβολίας RF, να μεταβάλει τη γονιδιακή μεταγραφή και τα επίπεδα πρωτεΐνης, σε μια ποικιλία από κυτταρικά και ζωικά μοντέλα. Μερικές από αυτές τις έρευνες έχουν αναφέρει επιδράσεις αλλά υπό συνθήκες όπου η πιθανότητα σύγχυσης λόγω θερμικών επιδράσεων(επιδράσεις λόγω αύξησης της θερμοκρασίας των ιστών) δεν μπορεί να αποκλειστεί. Άλλες μελέτες αναφέρουν επιδράσεις κάτω από μη-θερμική ακτινοβολία RF αλλά συνήθως σε συνθήκες / μοντέλα ή κάτω από πειραματικές συνθήκες με μεθοδολογικές αδυναμίες που δεν έχουν επαληθευθεί.

Επιπλέον, δεν υπάρχουν σαφείς τάσεις στον κατάλογο των γονιδίων / πρωτεϊνών που επιδρά η ακτινοβολία, μειώνοντας έτσι τη βιολογική αληθοφάνεια στις απαντήσεις που παρατηρήθηκαν σε μεμονωμένες μελέτες. Συνολικά δεν υποστηρίζονται ειδικές, μη-θερμικές αποκρίσεις από ακτινοβολία RF στα γονίδια ή στα επίπεδα των πρωτεϊνών. Παρ' όλα αυτά, μερικές καλά-διεξαγόμενες μελέτες έχουν παρατηρήσει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία για πιθανές επιδράσεις από RF ακτινοβολία στα γονίδια / πρωτεΐνες για να δικαιολογήσουν περαιτέρω έρευνες στον τομέα αυτό.

Πρόσφατες έρευνες στην έκφραση γονιδίων και πρωτεϊνών

1) Μια έρευνα από το τμήμα βιολογίας του πανεπιστημίου Αθηνών (Φραγκοπούλου, 2012) είχε ως σκοπό να διερευνήσει τις επιδράσεις από δύο πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (κινητής και ασύρματη τηλεφωνίας) στο πρωτέωμα* της παρεγκεφαλίδας* , του ιππόκαμπου και του μετωπιαίου λοβού*** σε ποντίκι μετά από μακροχρόνια έκθεση. 18 ποντίκια χωρίστηκαν σε ομάδες των 6 η πρώτη εκτέθηκε σε ακτινοβολία κινητής τηλεφωνίας 900 MHz σε ένα εύρος EPA από 0.17 έως 0.37 W / kg για 3 ώρες ημερησίως για 8 μήνες. Η δεύτερη εκτέθηκε σε ακτινοβολία ασύρματης τηλεφωνίας με εύρος EPA από 0.012 έως 0.028 W / kg για 8 ώρες / ημέρα και για 8 μήνες και η τρίτη ομάδα περιλαμβάνει τα ποντίκια που εκτέθηκαν σε ψεύτικη ακτινοβολία. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η μακροχρόνια έκθεση από ηλεκτρομαγνητικά πεδία αλλάζει σημαντικά την έκφραση 143 πρωτεϊνών στο σύνολο (νευρικής λειτουργίας, μεταβολισμού του εγκεφάλου κλπ). Οι περισσότερες από αυτές τις αλλαγές προέκυψαν στο τμήμα του ιππόκαμπου και από την ακτινοβολία κινητής τηλεφωνίας. Οι παρατηρούμενες αλλαγές της έκφρασης πρωτεΐνης μπορεί να σχετίζονται με μεταβολές στην πλαστικότητα του εγκεφάλου****, στο οξειδωτικό στρες του νευρικού συστήματος ή να εμπλέκονται με την απόπτωση και μπορούν πιθανώς να εξηγήσουν κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου όπως οι πονοκέφαλοι, διαταραχές ύπνου, η κόπωση, κενά μνήμης, και την πρόκληση όγκου στον εγκέφαλο από μακροπρόθεσμη έκθεση σε παρόμοιες συνθήκες.

**Πρωτέωμα είναι το σύνολο των πρωτεϊνών που εκφράζονται σε ένα δεδομένο τύπο κυττάρου ή οργανισμού, σε δεδομένη στιγμή, υπό καθορισμένες συνθήκες.*

***Παρεγκεφαλίδα είναι δομή του εγκεφάλου που παίζει σημαντικό ρόλο στον συντονισμό των κινήσεων. Βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου και καλείται «ελάσσων εγκέφαλος».*

****Μετωπιαίος λοβός είναι μία περιοχή του εγκεφάλου των θηλαστικών.*

*****Πλαστικότητα του εγκεφάλου: η αλλαγές του εγκεφάλου.*

Νευροεκφυλιστικές ασθένειες και νευρωνική απώλεια

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Οι Arendash κ.α (2010) είναι οι πρώτοι που περιγράφουν γνωστικά οφέλη μετά από έκθεση σε ραδιοσυχνότητες (918 MHz ,EPA 0.25 W / kg.). Τόσο σε φυσιολογικά όσο και διαγονιδιακά ποντίκια που προορίζονται να αναπτύξουν την νόσο Alzheimer (AD). Η βελτίωση στις γνωστικές λειτουργίες στα διαγονιδιακά ποντίκια μετά από μακρόχρονη έκθεση συνδέεται με την μείωση του αμυλοειδούς βήτα* (αβ) στον εγκέφαλο. Αρκετές υποθέσεις για τους πιθανούς μηχανισμούς δράσης των RF προτείνονται από τους συγγραφείς όπως η αύξηση της κάθαρσης του (αβ) από τους εγκεφάλους των ποντικών με την νόσο, η αυξημένη νευρωνική δραστηριότητα, αυξημένη εγκεφαλική αιματική ροή και αυξημένη χρήση της γλυκόζης**.

Παρ' όλα αυτά, οι συγγραφείς παρατήρησαν μια αύξηση της θερμοκρασίας τόσο στο σώμα όσο και στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια έκθεσης που θα μπορούσε να είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό του μηχανισμού. Εάν επιβεβαιωθεί, η έκθεση σε ραδιοσυχνότητες μπορεί να αντιπροσωπεύει μια νέα θεραπευτική προσέγγιση της AD. Ωστόσο, λόγω της κακής περιγραφής στη δοσιμετρία χρειάζεται επαναληπτική μελέτη.

**Βήτα-αμυλοειδές: πεπτίδιο αμινοξέων (ομάδα από 2 ή περισσότερα ενωμένα με χημικό δεσμό (πεπτιδικό) αμινοξέα που βρίσκεται περισσότερο στους εγκεφάλους ασθενών με την νόσο Alzheimer.)*

*** Γλυκόζη: τα κύτταρα τη χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή ενέργειας*

2) Στη Νότια Κορέα, μελετήθηκε η επίδραση της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες (835 MHz) στην ομοιόσταση του ασβεστίου* που ακολουθείται μέσω αλλαγών στην έκφραση των πρωτεϊνών δέσμευσης ασβεστίου (CaBP) όπως καλβιδίνη D28-k (CB) και καλρετινίνη (CR), στον ιππόκαμπο των ποντικών (Maskey κ.α. , 2010).

Διάφορες διάρκειες έκθεσης και EPA δοκιμάστηκαν: 1 ώρα / ημέρα επί 5 ημέρες σε 1.6 ή 4 W / kg, 5 ώρες / ημέρα για 1 ημέρα σε 1.6 ή 4 W / kg, και η καθημερινή έκθεση για 1 μήνα στους 1.6 W / kg.

Η κύρια επίδραση που παρατηρήθηκε μετά από ένα μήνα έκθεσης ήταν πλήρη απώλεια των πυραμιδικών κυττάρων** στην περιοχή CA1 του ιππόκαμπου. Η ανάλυση εικόνας για CaBP και CR αποκάλυψε επίσης σημαντικές διαφορές σε όλες τις περιοχές του ιππόκαμπου του εγκεφάλου που μελετήθηκαν για την πλειοψηφία των συνθηκών έκθεσης. Το σύστημα έκθεσης σχεδιάστηκε για ελεύθερα να κινούνται ζώα, αλλά η πειραματική δοσιμετρία δεν περιγράφεται καλά και θερμικές επιδράσεις δεν μπορούν να αποκλειστούν.

**Μεταβολισμός ασβεστίου ή ομοιόσταση ασβεστίου είναι ο μηχανισμός δια του οποίου το σώμα διατηρεί επαρκή επίπεδα ασβεστίου. Διαταραχές αυτού του μηχανισμού οδηγούν σε υπερασβεστιαμία ή υποασβεστιαμία και τα δύο μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες για την υγεία.*

***Τύπος νευρώνων που βρίσκονται σε περιοχές του εγκεφάλου όπως εγκεφαλικός φλοιός και ιππόκαμπος.*

Πρόσφατες έρευνες

1) Πρόσφατες έρευνες ανέφεραν ότι η μακροχρόνια έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία υψηλής συχνότητας, όχι μόνο προλαμβάνει ή αντιστρέφει τη γνωστική εξασθένηση σε διαγονιδιακά (δγ) ποντίκια με Alzheimer, αλλά επίσης βελτιώνει τη μνήμη σε φυσιολογικά ποντίκια. Για να διευκρινιστεί ο πιθανός μηχανισμός για τα εν λόγω επαγόμενα γνωστικά οφέλη, αξιολογήθηκε η μιτοχονδριακή λειτουργία του εγκεφάλου σε ηλικιωμένους (δγ) και φυσιολογικούς ποντικούς μετά από 1 μήνα ημερήσιας έκθεσης σε ΗΜΠ. (Dragisevic κ.α., USA, 2011)

Στα (δγ) ποντίκια βρέθηκε αυξημένη εγκεφαλική λειτουργία των μιτοχονδρίων από 50-150%, σε γνωστικά-σημαντικές περιοχές του εγκεφάλου (π.χ. τον εγκεφαλικό φλοιό και τον υπόκαμπο). Η έκθεση αύξησε επίσης τη μιτοχονδριακή λειτουργία του εγκεφάλου σε φυσιολογικά ηλικιωμένα ποντίκια, σε μικρότερο βαθμό. Η μιτοχονδριακή ενίσχυση τόσο σε δγ και φυσιολογικά ποντίκια εμφανίστηκε μέσω μη θερμικών επιδράσεων στον εγκέφαλο, επειδή οι θερμοκρασίες ήταν είτε σταθερές ή μειώθηκαν κατά τη διάρκεια / μετά την έκθεση.

Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η μιτοχονδριακή λειτουργία μπορεί να είναι ένας κύριος μηχανισμός μέσω του οποίου παρέχεται γνωστικό όφελος τόσο σε δγ όσο και σε φυσιολογικούς ποντικούς. Επίσης η μιτοχονδριακή δυσλειτουργία είναι ένα πρώιμο και κύριο χαρακτηριστικό της παθογένειας του Αλτσχάιμερ, η έκθεση σε ραδιοσυχνότητες θα μπορούσε να έχει αξία για την πρόληψη και τη θεραπεία της ασθένειας, μέσω παρέμβασης στο μιτοχονδριακό επίπεδο.

Συμπεριφορά – μνήμη

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Στη Νότια Αφρική, (Daniels κ.α., 2009) εκτέθηκαν νεογνά αρουραίων σε ένα σήμα 840 MHz από τη μεταγεννητική ημέρα 2 έως τη 14 για 3 ώρες ανά ημέρα. Δοκιμασίες (λαβύρινθος νερού Morris, ανοιχτού πεδίου*) για τη συμπεριφορά και τη χωρική μνήμη διεξήχθησαν τη μεταγεννητική ημέρα 58. Μετά από 62 ημέρες αξιολογήθηκαν, η παρουσία σκοτεινών νευρώνων και τα επίπεδα κορτικοστερόνης**. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις δοκιμασίες χωρικής μνήμης και στην παρουσία σκοτεινών νευρώνων στον υπόκαμπο. Ωστόσο, σε εκτεθειμένα αρσενικά, παρατηρήθηκε μειωμένη κινητική δραστηριότητα, χωρίς σημαντική επίδραση στα βασικά επίπεδα κορτικοστερόνης. Η μείωση της κινητικής δραστηριότητας υπέδειξε ότι η έκθεση RF μπορεί να οδηγήσει σε ανωμαλίες στη συμπεριφορά, τουλάχιστον στα αρσενικά.

Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με προσοχή, καθώς δεν πραγματοποιήθηκε δοσιμετρία.

**Τα ποντίκια αφήνονται σε ένα χώρο κλεισμένο περιμετρικά για εξερεύνηση και διάφοροι παράμετροι μετρώνται ως προς το άγχος και την συμπεριφορά.*

***Στεροειδής ορμόνη που στα τρωκτικά συμμετέχει στις αντιδράσεις του ανοσοποιητικού και του άγχους.*

2) Οι (Nittby κ.α 2008b) ερευνήσαν τις επιπτώσεις της έκθεσης σε 32 αρουραίους ,σε GSM-915 MHz ακτινοβολία σε ολόκληρο το σώμα με EPA 0.6 και 60 mW / kg για 2 ώρες / εβδομάδα για 55 εβδομάδες, σε δοκιμασία ανοιχτού πεδίου , η οποία εξετάζει τα επίπεδα άγχους και διερευνά τη συμπεριφορά σε μια ανοικτή αρένα, και σε δοκιμασία αναγνώρισης τοποθεσίας και αντικειμένου, η οποία ελέγχει τη μακροπρόθεσμη μνήμη για αντικείμενα, τη χωρική τους θέση και τη σειρά παρουσίασης.

Οι εκθέσεις κωδικοποιήθηκαν έτσι ο έλεγχος της συμπεριφοράς διεξήχθη «τυφλά». Οι δοκιμασίες συμπεριφοράς διεξήχθησαν μεταξύ τρίτης και έβδομης εβδομάδας μετά την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η έκθεση σε ραδιοσυχνότητες δεν είχε καμία επίδραση για τη κινητική ή διερευνητική δραστηριότητα ή το άγχος.

Κανονικά, σε αυτή την δοκιμασία οι αρουραίοι πρέπει να ξοδεύουν λιγότερο χρόνο για να εξερευνήσουν ένα αντικείμενο που παρουσιάστηκε πρόσφατα από ένα αντικείμενο που είχε παρουσιαστεί νωρίτερα, ομοίως λιγότερο χρόνο για να εξερευνήσουν ένα αντικείμενο που έχει παραμείνει στη θέση του σε σύγκριση με ένα που είχε αλλαχθεί.

Η RF έκθεση δεν επηρέασε το χρόνο που δαπανάται για εξερεύνηση οικείων αντικείμενων που είχαν παραμείνει σταθερά σε σύγκριση με εκείνα που είχαν μετακινηθεί. Ωστόσο, οι αρουραίοι που εκτέθηκαν αφιέρωναν λιγότερο χρόνο να εξερευνήσουν το «παλιό γνώριμο αντικείμενο» σε σύγκριση με το χρόνο που δαπανάται για εξερεύνηση του «πρόσφατα γνωστού αντικειμένου». Η επίδραση ήταν ανεξάρτητη από το EPA. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι GSM-εκτιθέμενοι αρουραίοι έδειξαν μια εξασθενημένη επεισοδιακή μνήμη* για τα αντικείμενα και τη σειρά παρουσιάσής τους.

**Επεισοδιακή μνήμη ή αλλιώς αυτοβιογραφική μνήμη καλείται αυτό το είδος μνήμης που μας επιτρέπει να θυμόμαστε προσωπικά βιώματα τοποθετημένα σε χρόνο και χώρο.*

Ο Nordstrom (2009) άσκησε κριτική στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μελέτης, σημειώνοντας ότι οι ηλικιωμένοι αρουραίοι του στελέχους που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη υποφέρουν από έντονη ατροφία του αμφιβληστροειδούς και φτωχή όραση. Σε απάντηση, ωστόσο οι Nittby κ.α. (2009b) τόνισαν τη σημασία της αφής με τα πόδια, το ρύγχος και τα μουστάκια σε αυτή τη συμπεριφορά.

Πρόσφατες έρευνες

1) Η παρούσα εργασία σχεδιάστηκε για να δοκιμαστούν τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας κινητού τηλεφώνου στην χωρική μάθηση και μνήμη ποντικών χρησιμοποιώντας τον λαβύρινθο νερού Morris* (Φραγκοπούλου κ.α, Αθήνα ,2010) . Εφαρμόστηκε μία δόση ακτινοβολίας GSM 900MHz από εμπορικά διαθέσιμο κινητό τηλέφωνο για 2ώρες/ημέρα, για 4 ημέρες σε EPA από 0.41 έως 0.98W/kg. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της μάθησης, τα εκτεθειμένα ζώα παρουσίασαν αυξημένο λανθάνοντα χρόνο διαφυγής και απόσταση που κολύμπησαν, σε σύγκριση με τα ψευδο-εκτεθειμένα ζώα. Κατά τη δοκιμασία μνήμης τα

εκτεθειμένα ποντίκια έδειξαν έλλειψη στην ενοποίηση ή / και ανάκτησης των χωρικών πληροφοριών που είχαν μάθει. Τα αποτελέσματά μας παρέχουν μια βάση για πιο διεξοδικές έρευνες σχετικά με τις μη θερμικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (ΗΜΠ).

**Τα ζώα, συνήθως αρουραίοι ή ποντίκια, τοποθετούνται σε μια μεγάλη κυκλική δεξαμενή νερού και απαιτείται να διαφύγουν από το νερό με μια κρυμμένη πλατφόρμα, η θέση της οποίας μπορεί κανονικά να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας μόνο χωρική μνήμη.*

2) (Hao κ.α.,Κίνα,2012) Διερεύνησαν την επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στη χωρική μάθηση και τη μνήμη αρουραίων. 32 εκπαιδευμένοι αρουραίοι Wistar χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: την ομάδα έκθεσης και την ομάδα ελέγχου. Η ομάδα έκθεσης εκτέθηκε σε 916 MHz, 10w/m² σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο κινητού τηλεφώνου για 6 ώρες ανά ημέρα, 5 ημέρες την εβδομάδα, για 10 εβδομάδες. Ο χρόνος ολοκλήρωσης και ο αριθμός των συνολικών λαθών καταγράφηκαν καθώς οι αρουραίοι έψαχναν για τροφή σε ακτινικό λαβύρινθο, κάθε Σαββατοκύριακο. Φάνηκε ότι κατά τη διάρκεια των εβδομάδων 4-5 του πειράματος, ο μέσος χρόνος ολοκλήρωσης και ποσοστό σφάλματος της ομάδας έκθεσης ήταν μεγαλύτερο από αυτό της ομάδας ελέγχου. Κατά τη διάρκεια των εβδομάδων 1-3 και 6-9, ήταν παρόμοιες οι μετρήσεις τους. Αυτό δείχνει ότι η ακτινοβολία 916 MHz επηρεάζει τη μάθηση και τη μνήμη σε αρουραίους, σε κάποιο βαθμό, σε κάποια περίοδο κατά τη διάρκεια της έκθεσης και ότι οι αρουραίοι μπορούν να προσαρμοστούν σε μακροχρόνια έκθεση σε ΗΜΠ.

3) Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο ποντικού για να αποδείξει ότι η έκθεση ραδιοσυχνοτήτων από τα κινητά τηλέφωνα κατά την κύηση επηρεάζει τη συμπεριφορά των απόγονων (Aldad κ.α,2012). Τα ποντίκια (απόγονοι) που εκτέθηκαν κατά την κύηση ήταν υπερκινητικά και είχαν εξασθενημένη μνήμη, όπως προσδιορίστηκε με διαδικασίες αναγνώρισης αντικειμένων κ.α. Είναι η πρώτη πειραματική απόδειξη της νευροπαθολογίας για ακτινοβολία κυψελοειδούς τηλεφωνίας στο έμβρυο. Περαιτέρω πειράματα χρειάζονται σε ανθρώπους ή άλλα θηλαστικά για να προσδιοριστεί ο κίνδυνος της έκθεσης κατά την κύηση.

5.2.2.3 Επιδράσεις στην αναπαραγωγή και στην ανάπτυξη

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Στα πειράματα των (Dasdag κ.α ,2008) 14 αρουραίοι εκτέθηκαν και 7 ψευδό-εκτέθηκαν σε GSM-900 MHz ακτινοβολία για 2 ώρες ανά ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα για 10 μήνες. Η μέγιστη έκθεση ήταν στο κεφάλι, και το EPA στους όρχεις υπολογίστηκε να είναι μεταξύ 0.07 και 0.57 W / kg. 10 αρουραίοι χρησιμοποιήθηκαν ως ομάδα ελέγχου-κλωβού. Μετά από κατεργασία, ανοσοϊστοχημικές τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της παρουσίας κασπάση-3 (δείκτης για την απόπτωση), σε ορχικούς ιστούς. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε «τυφλά».

Δεν υπήρχε σημαντική επίδραση της RF ακτινοβολίας στα επίπεδα απόπτωσης σπερματοζωαρίων προγονικών* ιστών στα σπερματικά σωληνάρια των όρχεων αρουραίου σε σύγκριση με τα επίπεδα στα ζώα ελέγχου.

**Προγονικό κύτταρο είναι ένα βιολογικό κύτταρο που έχει μια τάση να διαφοροποιείται σε ένα συγκεκριμένο τύπο κυττάρου.*

2) Οι Sommer κ.α (2009) διερεύνησαν την επίδραση ισόβιας έκθεσης σε UMTS-1966 MHz ακτινοβολία για την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη σε πάνω από τέσσερις γενιές ποντικών. Τριάντα ομάδες από 90 ζώα (ένα αρσενικό με 2 θηλυκά σε κλουβί) εκτέθηκαν ή ψευδό εκτέθηκαν σε πυκνότητες ισχύος των 1.35, 6.8 και 22 W/m² επί 24 ώρες ανά ημέρα κατά τη διάρκεια ζωής τους. Το EPA κατά μέσο όρο σε όλο το σώμα ήταν 0.08, 0.4 και 1.3 W / kg, αντιστοίχως.

Μετά το ζευγάρισμα, ένα θηλυκό θανατωνόταν στις 18 ημέρες της κύησης και μετρούνταν, ο αριθμός των εμβρύων, οι δυσπλασίες κλπ. Η πρώτη και δεύτερη γέννα των υπόλοιπων θηλυκών αξιολογήθηκαν για την ανάπτυξη και την εμφάνιση των αναπτυξιακών δεικτών, όπως το άνοιγμα των ματιών και τα αντανάκλαστικά. Τα νεογνά της δεύτερης γέννας μετά τον απογαλακτισμό, εκτέθηκαν ή ψευδό εκτέθηκαν σε ξεχωριστές ομάδες των αρσενικών και θηλυκών μέχρι την ηλικία των 90 έως 110 ημερών, όταν και πάλι κάθε αρσενικό τοποθετείται με δύο θηλυκά και εκτέθηκαν ή ψευδό εκτέθηκαν. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για 3 γενιές.

Οι συγγραφείς δεν διαπίστωσαν καμία επίδραση σε μια σειρά από παραμέτρους της γυναικείας αναπαραγωγικής λειτουργίας κατά τη διάρκεια των τριών γενεών, όπως αξιολογούνται από τις γυναίκες που θανατώθηκαν την ημέρα 18. Επιπλέον, δεν φάνηκε καμία επίδραση επί του αριθμού ή του βάρους των επιζώντων νεογνών, ή στο χρόνο κατά το άνοιγμα των ματιών και τα αντανάκλαστικά. Τέλος, δε βρέθηκε αποτέλεσμα πάνω από τρεις γενιές σε ένα αριθμό παραμέτρων της ανδρικής αναπαραγωγικής λειτουργίας.

3) Οι Ogawa κ.α (2008) εξέτασαν την επίδραση της έκθεσης 1.950 MHz RF σήματος σχετικά με το σύστημα του εμβρύου και την εμβρυϊκή ανάπτυξη σε ποντικούς. Εκτέθηκαν ή ψευδό-εκτέθηκαν 60 έγκυα ποντίκια για 90 λεπτά την ημέρα από την ημέρα 7 έως την ημέρα 17 της κύησης με μέσους EPA εγκεφάλου 0.67 ή 2 W / kg. Άλλα 20 ποντίκια χρησίμευσαν σαν έλεγχος-κλωβού. Οι ποντικοί θανατώθηκαν την 20η ημέρα κύησης και εξετάστηκαν για τερατογένεση, συχνότητα εμφάνισης εμβρυϊκών θανάτων και σκελετικές ανωμαλίες. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε οποιαδήποτε παραμέτρους είτε για την υγεία ή την εγκυμοσύνη των μητέρων ή για την ανάπτυξη του εμβρύου.

4) Τουρκική ομάδα (Tomruk κ.α., 2010) αξιολόγησε τις πιθανές βιολογικές επιπτώσεις της έκθεσης 1800 MHz των κουνελιών (15 λεπτά / ημέρα για μία εβδομάδα) σε όλο το σώμα στην υπεροξειδωσι* των λιπιδίων** του ήπατος και οξειδωτική βλάβη του DNA. Συνθήκες έκθεσης και εικονικής έκθεσης ακολούθησαν σε κουνέλια με ή χωρίς εγκυμοσύνη και στα νεογνά τους. Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη βλάβη του DNA. Η υπεροξειδωσι των λιπιδίων στην εκτεθειμένη, ομάδα μη-εγκύων αυξήθηκε.

Οι συγγραφείς δεν συζήτησαν την απουσία επίδρασης σε κουνέλια με εγκυμοσύνη. Η δοσιμετρία της έκθεσης δεν έγινε και δεν δόθηκε EPA, καθιστώντας τα δεδομένα δύσκολο να ερμηνευθούν.

**Μόρια με ασύζευκτο ηλεκτρόνιο (ελεύθερες ρίζες) «κλέβουν» τα ηλεκτρόνια από τα λιπίδια στις μεμβράνες κυττάρων, με συνέπεια τη ζημία κυττάρων.*

***Μόρια με κύριες βιολογικές λειτουργίες την αποθήκευση ενέργειας και τη δομική σύσταση των κυτταρικών μεμβρανών.*

5) Οι Lee κ.α (2009a), στη Νότιο Κορέα ακτινοβόλησαν έγκυα ποντίκια (ολόκληρο το σώμα σε 2.0 W / kg) σε σήματα κινητής τηλεφωνίας, καθόλη τη διάρκεια της κύησης (ημέρες 1-17). Οι ποντικοί έλαβαν δύο 45 λεπτές εκθέσεις με ένα 15-λεπτο διάλειμμα διάστημα. Την 18η ημέρα της κύησης, τα έμβρυα εξετάστηκαν για τερατογένεση. Η έκθεση δεν προκάλεσε καμία αισθητή δυσμενή συνέπεια για τα έμβρυα ποντικού.

6) Έγκυες αρουραίοι εκτέθηκαν από μια τουρκική ομάδα σε ένα «πραγματικό» κινητό τηλέφωνο σε κατάσταση αναμονής για 11 ώρες και 45 λεπτά και σε κατάσταση ομιλίας επί 15 λεπτά καθ 'όλη την 21-ημερών εγκυμοσύνη (Gul κ.α., 2009).

Η μπαταρία ήταν φορτισμένη συνεχώς. Ο αριθμός και το βάρος των νεογνών μετρήθηκε μετά τον τοκετό. Οι ωοθήκες των θηλυκών νεογνών αφαιρέθηκαν 21 ημέρες μετά τον τοκετό και οι όγκοι και ο αριθμός των ωοθυλακίων* μετρήθηκαν. Η στατιστική ανάλυση αποκάλυψε ότι ο αριθμός των νεογνών και των ωοθυλακίων μειώθηκε στην εκτεθειμένη ομάδα, αλλά η χρήση τηλεφώνου σαν μία πηγή RF αποκλείει οποιαδήποτε επικύρωση της δοσιμετρίας, καθιστώντας τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης πολύ δύσκολο να ερμηνευθούν.

**Το ωοθυλάκιο είναι η βασική μονάδα του θηλυκού αναπαραγωγικού συστήματος και αποτελείται από σχεδόν σφαιρικά κύτταρα που βρίσκονται στην ωοθήκη.*

7) Οι Salama κ.α (2008-2009) έκαναν 3 διαφορετικές έρευνες όπου μελέτησαν την λειτουργία, την δομή των όρχεων και την ανδρική σεξουαλική συμπεριφορά σε κουνέλια που εκτέθηκαν σε 800 και 900MHz από κινητό σε κατάσταση αναμονής για 8 ώρες/ημέρα για 12 εβδομάδες.

Βρέθηκαν επιδράσεις στη συγκέντρωση και την κινητικότητα των σπερματοζωαρίων όπως και στην σεξουαλική συμπεριφορά (διάρκεια ,συχνότητα ,κ.α). Οι ορμονικές μετρήσεις (τεστοστερόνη ,κορτιζόλη και ντοπαμίνη) δεν είχαν διαφορά.

Η ερμηνεία αυτών των τριών ερευνών παρεμποδίζεται από την έλλειψη δοσιμετρίας και πιθανή απουσία έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες!

8) Αρσενικά ποντίκια εκτέθηκαν σε RF που προέρχονται από σταθμούς βάσης GSM γύρω από κτήρια γραφείων ή γύρω από μια κατοικημένη περιοχή στο Λάγος της Νιγηρίας (Otitoloju κ.α 2010) και οι δύο συνθήκες έκθεσης προκάλεσαν μια αύξηση στις ανωμαλίες της κεφαλής του σπέρματος σε σχέση με την ομάδα ελέγχου που βρίσκεται μακριά από σταθμούς βάσης GSM. Οι παρατηρούμενες ανωμαλίες βρέθηκαν επίσης να είναι δοσο-εξαρτώμενες. Ωστόσο, η αξιολόγηση της ποιότητας της έκθεσης και των συνθηκών διαβίωσης των ποντικών φαίνεται να είναι τόσο κακή ώστε τα αποτελέσματα θα πρέπει να λαμβάνονται με μεγάλη προσοχή.

9) Οι Batellier κ.α (2008) μελέτησαν τη θνησιμότητα του εμβρύου σε γόνιμα αυγά κοτόπουλου που εκτέθηκαν σε 900 MHz πεδία κινητού τηλεφώνου. Η έκθεση αυτή προερχόταν από ένα κινητό τηλέφωνο που είχε προγραμματιστεί να καλεί μία φορά σε διαστήματα 3 λεπτών κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου επώασης. Ένα κινητό τηλέφωνο τοποθετήθηκε πάνω σε μία ομάδα από 60 αυγά, με αποτέλεσμα ένα πολύ ανομοιογενές επίπεδο έκθεσης. Σημαντικά υψηλότερη θνησιμότητα παρατηρήθηκε στην εκτεθειμένη ομάδα σε σύγκριση με την ψευδο-εκτεθειμένη ομάδα. Ωστόσο, αυτή η διαφορά ήταν προφανής σε μόνο δύο από τα τέσσερα αντίγραφα πειραμάτων, και δεν υπήρχε σημαντική εξάρτηση από το επίπεδο έκθεσης. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής είναι δύσκολη λόγω της ανεπαρκώς ελεγχόμενης έκθεσης και την έλλειψη ορθής δοσιμετρίας.

Σχόλια για αναπαραγωγή και ανάπτυξη

SCHENIR(2009)

«Οι πρόσφατες μελέτες (μέχρι το 2010) που απευθύνονται σε RF-συνέπειες για τον τομέα της προγεννητικής ανάπτυξης σε ζώα και την σύνδεση χρήσης κινητού τηλεφώνου από την μητέρα με επιδράσεις συμπεριφοράς στους απόγονους δεν έχουν δώσει νέες πληροφορίες που θα αλλάζουν τα παλαιότερα συμπεράσματα δηλαδή ότι δεν υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις από μη θερμικά επίπεδα έκθεσης.

Οι μελέτες για την ανδρική γονιμότητα είναι ανεπαρκής, λόγω της χαμηλής στατιστικής ισχύος και / ή μεθοδολογικών προβλημάτων.»

EFHRAN(2010)

«Οι περισσότερες από τις μελέτες που περιγράφονται έχουν δείξει επιδράσεις της RF για τερατογένεση και στην αναπαραγωγική λειτουργία. Παρ 'όλα αυτά, σε όλα τα άρθρα, τα συστήματα της έκθεσης δεν είναι κατάλληλα και τα δεδομένα για δοσιμετρία απουσιάζουν ή δεν είναι σωστά. Έτσι τα συμπεράσματα της έκθεσης SCENIHR εξακολουθούν να ισχύουν.»

SSI(2009)

«Οι μελέτες από την ανασκόπηση υποστηρίζουν την άποψη ότι οι μικρές και χρόνιες εκθέσεις πολλαπλών γενεών σε ακτινοβολία RF σε επίπεδα πολύ χαμηλά για να προκαλέσουν σημαντική θέρμανση, χαρακτηριστικό της χρήσης κινητού τηλεφώνου, δεν έχει καμία επίδραση στην αναπαραγωγική λειτουργία ή την ανάπτυξη.»

Πρόσφατες έρευνες σχετικά με αναπαραγωγή και ανάπτυξη (in vivo)

1) Οι Celik κ.α (Τουρκία,2012) διερεύνησαν κατά πόσο τα χαμηλής έντασης ηλεκτρομαγνητικά κύματα που μεταδίδονται από τα κινητά τηλέφωνα προκαλούν ιστοπαθολογικές ή δομικές αλλαγές στους όρχεις αρουραίων. Wistar-Kyoto άρρενες αρουραίοι εκτέθηκαν από κινητά τηλέφωνα με EPA 1.58. Μετά από 3 μήνες αξιολογήθηκαν, τα βάρη και οι κυτταρικές συνθήκες σπερματογένεσης όλων των όρχεων των αρουραίων. Το ήμισυ από τους όρχεις εξετάστηκε επίσης κάτω από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Η ηλεκτρονική ανάλυση μικροσκοπίου έδειξε κάποιες επιδράσεις στους όρχεις. Παρά το γεγονός ότι τα κύτταρα που είχαν εκτεθεί σε μακροπρόθεσμη, χαμηλή δόση ΗΜΠ δεν παρουσιάζουν ευρήματα που να είναι διαφορετικά με τις συνθήκες ελέγχου, οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της δομικής εξέτασης έδωσαν την εντύπωση ότι σημαντικές αλλαγές μπορεί να προκύψουν, εάν η διάρκεια της μελέτης επεκτεινόταν. Περισσότερες μελέτες χρειάζονται για να κατανοήσουμε καλύτερα τις επιπτώσεις των ΗΜΠ στον ιστό των όρχεων.

2) Οι Ozlem κ.α (Τουρκία,2012) αξιολόγησαν τις πιθανές επιπτώσεις της ΗΜΠ έκθεσης σε ολόκληρο το σώμα σχετικά με την αναπαραγωγή σε αναπτυσσόμενους αρσενικούς αρουραίους. Αρσενικοί albino αρουραίοι Wistar (2 ημερών) εκτέθηκαν σε ΗΜΠ 1800 και 900 MHz για 2 ώρες συνεχώς ανά ημέρα για 90 ημέρες. Η ομάδα ελέγχου κρατήθηκε υπό παρόμοιες συνθήκες εκτός από το ότι το εικονικό πεδίο δεν εφαρμόστηκε για την ίδια περίοδο. Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα προκάλεσε αύξηση στο επίπεδο της τεστοστερόνης, στην κινητικότητα του σπέρματος και στη φυσιολογική μορφολογία του σπέρματος των αρουραίων. Ως συνέπειες της έκθεσης στα 1800 και 900 MHz θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι είναι ένα αίτιο της πρώιμης ανάπτυξης στους αναπτυσσόμενους αρουραίους.

3) Οι Meo κ.α (Σαουδική Αραβία,2011) μελέτησαν πιθανές μορφολογικές αλλαγές που προκαλούνται από την ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων στους όρχεις των ποντικών, Wistar albino. Σαράντα αρσενικοί Wistar αρουραίοι διαιρέθηκαν σε 3 ομάδες. Εκτεθειμένη ομάδα για 30 ή 60 λεπτά/ημέρα με συνολική περίοδο 3 μήνες και σε ομάδα ελέγχου. Οι μορφολογικές μεταβολές στους όρχεις, που επάγονται από ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου παρατηρήθηκαν κάτω από ένα οπτικό μικροσκόπιο. Η έκθεση σε ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου για 60 λεπτά / ημέρα προκάλεσε μείωση της σπερματογένεσης κατά 18.75% και 18.75% αναστολή της ωρίμανσης σπερματοζωαρίων στους όρχεων συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Δεν παρατηρήθηκαν παθολογικά ευρήματα σε αρουραίους albino που είχαν εκτεθεί για 30 λεπτά / ημέρα για μια συνολική περίοδο 3 μηνών. Συμπερασματικά, η μακροχρόνια έκθεση σε ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων μπορεί να προκαλέσει καταστολή της σπερματογένεσης και αναστολή της ωρίμανσης των σπερματοζωαρίων στους όρχεις των ποντικών Wistar albino.

4) Αυτή η μελέτη, αποσκοπεί στην αποσαφήνιση των επιπτώσεων της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα GSM 900 MHz κινητό τηλέφωνο στην ανάπτυξη του εμβρύου ορτυκιού κατά τη διάρκεια τόσο βραχυπρόθεσμης όσο και παρατεταμένης έκθεσης. (Tsyboulin κ.α 2012, Ουκρανία)

Νωπά γονιμοποιημένα αυγά ακτινοβολήθηκαν κατά τις πρώτες 38 ώρες ή 14 ημέρες επώασης με ένα κινητό τηλέφωνο, ενεργοποιημένο συνεχώς (κατάσταση κλήσης) μέσω ενός συστήματος υπολογιστή. Μέγιστη ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην επιφάνεια του αυγού ήταν $0.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Η ακτινοβολία οδήγησε σε σημαντική αύξηση του αριθμού των διαφοροποιημένων σωμιτών* για 38-ώρες έκθεση των εμβρύων και σε σημαντική αύξηση της συνολικής επιβίωσης των εμβρύων από αυγά που εκτέθηκαν για 14 ημέρες.

Οι παρατηρούμενες επιδράσεις της ακτινοβολίας GSM 900 MHz κινητού τηλεφώνου για την ανάπτυξη των εμβρύων ορτυκιών σημαίνει τη δυνατότητα για μη θερμικές επιπτώσεις των μικροκυμάτων στην εμβρυογένεση. Προτάθηκε ότι η διευκόλυνση της ανάπτυξης του εμβρύου με την επίδραση χαμηλών δόσεων ακτινοβολίας μπορεί να εξηγηθεί από ένα φαινόμενο hormesis** που επάγεται από δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS). Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να γίνουν για να διευκρινιστεί η υπόθεση αυτή.

**Σωμίτες: κύτταρα που διαφοροποιούνται για την δημιουργία της σπονδυλικής στήλης.*

***Hormesis: είναι ο όρος για γενικά ευνοϊκές βιολογικές αντιδράσεις με χαμηλή έκθεση σε τοξίνες.*

Merhi (2012)

5) Έγινε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις επιπτώσεις της κινητής τηλεφωνίας στην αναπαραγωγή σε αρσενικά και θηλυκά ζώα και ανθρώπους με έμφαση την απόπτωση των αναπαραγωγικών κυττάρων, την κατάσταση γονιμότητας και των αναπαραγωγικών ορμονών.

Ενώ μερικές μελέτες ζώων και ανθρώπων αποκάλυψαν μεταβολές στην αναπαραγωγική φυσιολογία και στους άνδρες και στις γυναίκες, άλλες δεν αναφέρουν οποιαδήποτε σχέση. Οι in vitro και in vivo μελέτες μέχρι σήμερα είναι πολύ διαφορετικές, πολύ ασυνεπής και σε πολλές περιπτώσεις, αναφέρουν διαφορετικά πρωτογενή αποτελέσματα.

Η αυξανόμενη χρήση της κινητής τηλεφωνίας απαιτεί καλά σχεδιασμένες μελέτες για να εξακριβωθεί η επίδραση της RF ακτινοβολίας στην αναπαραγωγή.

Vignera κ.α (2012)

6) Ο σκοπός αυτού του άρθρου ήταν να επανεξετάσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία που διερευνά τις επιπτώσεις της RF ακτινοβολίας για την ανδρική αναπαραγωγική λειτουργία σε πειραματόζωα και ανθρώπους. Μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε αρουραίους, ποντίκια και κουνέλια χρησιμοποιούν ένα παρόμοιο σχεδιασμό με βάση την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες από κινητό τηλέφωνο για μεταβλητά χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών έχουν δείξει ότι η RF έκθεση μειώνει τον αριθμό των σπερματοζωαρίων και τη κινητικότητα και αυξάνει το οξειδωτικό στρες.

Στους ανθρώπους ακολουθήθηκαν 2 διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις: η μία διερεύνησε τις επιδράσεις της RF άμεσα σε σπερματοζώαρια και η άλλη αξιολόγησε τις παραμέτρους σπέρματος στους άνδρες που κάνουν χρήση ή μη των κινητών τηλεφώνων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ανθρώπινα σπερματοζώαρια που εκτέθηκαν σε RF έχουν μειωμένη κινητικότητα, μορφολογικές ανωμαλίες, και αυξημένο οξειδωτικό στρες, ενώ οι άνδρες που χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα έχουν μειωμένη συγκέντρωση σπερματοζωαρίων, μειωμένη κινητικότητα, κανονική μορφολογία, και μειωμένη βιωσιμότητα. Αυτές οι ανωμαλίες φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με τη διάρκεια χρήσης του κινητού τηλεφώνου.

5.2.2.4 Άλλες φυσιολογικές και παθολογικές αλλοιώσεις

Ακουστικό σύστημα

Έρευνες έως το 2010

1) Οι Galloni κ.α (2009) κατέγραψαν την παραμόρφωση από ακουστικές εκπομπές (DPOAE)* πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από έκθεση ή ψευδό έκθεση του δεξιού αυτιού 48 αρουραίων σε ένα σήμα UTMS-1946 MHz με EPA στον κοχλία του αυτιού 10 W / kg για 2 ώρες ανά ημέρα, 5 ημέρες την εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Η DPOAE μετρήθηκε την Παρασκευή πριν και μετά την έκθεση και για όλες τις Παρασκευές κατά τη διάρκεια της έκθεσης. Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση. Επιπλέον 16 ζώα ελέγχονταν πιο συχνά πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την έκθεση, πάλι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές επιπτώσεις. Τα στοιχεία της μελέτης αυτής υποστηρίζουν έλλειψη επίδρασης του κινητού τηλεφώνου στη ακουστική λειτουργία σε τρωκτικά.

**DPOAE: προϊόν ακουστικής εκπομπής παράγονται από τον κοχλία και είναι ένας αντικειμενικός δείκτης κανονικής λειτουργίας του κοχλία. Είναι οι αντιδράσεις που δημιουργούνται όταν ο κοχλίας(κοιλότητα στο εσωτερικό του αυτιού που περιέχει νευρικές απολήξεις απαραίτητες για την ακοή) διεγείρεται ταυτόχρονα από δύο συχνότητες.*

2) Οι κοχλιακές λειτουργίες σε θηλυκά βρέφη και ενήλικα κουνέλια ερευνηθήκαν στην Τουρκία με μέτρηση των (DPOAE)* σύμφωνα με έκθεση σε GSM-1800 σήματα, 15 λεπτά ημερησίως για 7 ημέρες (Budak κ.α., 2009α).

DPOAE αλλοιώσεις βρέθηκαν για έκθεση GSM, περισσότερο σε ενήλικα κουνέλια παρά σε βρέφη. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η παρατεταμένη έκθεση και η αύξηση της θερμοκρασίας στο κανάλι του αυτιού, μπορεί να μειώσει τα πλάτη της απόκρισης DPOAE. Ωστόσο, δεν πραγματοποιήθηκε δοσιμετρία γεγονός που καθιστά τα δεδομένα πολύ δύσκολο να ερμηνευθούν.

Πρόσφατες έρευνες στο ακουστικό σύστημα

1) Ο στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί τις πιθανές ηλεκτροφυσιολογικές χρόνο συσχετιζόμενες αλλαγές στην ακουστική οδό κατά τη διάρκεια της έκθεσης από κινητό τηλέφωνο (Παπαδάκης κ.α 2011).

Τριάντα υγιή κουνέλια εισήχθησαν εκτέθηκαν σε GSM-900 για 60 λεπτά και οι ακουστικές αποκρίσεις εγκεφαλικού στελέχους (ABRs)* καταγράφηκαν σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της έκθεσης.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα μπορεί να επηρεάσει την κανονική ηλεκτροφυσιολογική δραστηριότητα του ακουστικού συστήματος και τα ευρήματα αυτά ταιριάζουν στο πρότυπο γενικών επιδράσεων στρεσογόνου παράγοντα.

**ABRs: ακουστικά προκλητά δυναμικά στον εγκέφαλο που καταγράφονται μέσω ηλεκτροδίων. Μέθοδος εξέτασης στην οποία καταγράφουμε τις αποκρίσεις του ακουστικού νευρικού συστήματος σε διάφορες εντάσεις ήχου.*

2) Οι Kayabasoglu κ.α (2011) μελέτησαν τις επιπτώσεις του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που εκπέμπεται από κινητά τηλέφωνα στο εσωτερικό του αυτιού των αρουραίων, μετρώντας DPOAE*.

Σαράντα Wistar Albino αρουραίοι χρησιμοποιήθηκαν. Είκοσι νεογέννητοι και 20 ενήλικες αρουραίους χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 10, μία για να συμμετάσχουν στη μελέτη και μία ως έλεγχος. Οι αρουραίοι εκτέθηκαν για 6 ώρες ανά ημέρα, για 30 διαδοχικές ημέρες. Πριν και μετά την περίοδο έκθεσης DPOAE μετρήθηκαν σε κάθε ομάδα.

Για όλες τις ομάδες έκθεσης, δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στις DPOAE πριν και μετά την έκθεση. Η έκθεση στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που εκπέμπεται από κινητά τηλέφωνα, για 6 ώρες την ημέρα για 30 διαδοχικές ημέρες, δεν είχε επίδραση στην ακοή των νεογέννητων ή ενήλικων αρουραίων, στο εξωτερικό αυτί ή το κοχλιακό επίπεδο.

Ανοσοποιητικό σύστημα

Θερμικές επιδράσεις στο ανοσοποιητικό σύστημα έχουν περιγραφεί όμως, Ρωσικά και Ουκρανικά δημοσιεύματα στη δεκαετία του '70 και του '80, ανέφεραν ότι η παρατεταμένη έκθεση σε RF ακτινοβολία σε σχετικά χαμηλές πυκνότητες ισχύος (μη-θερμικά) θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά το ανοσοποιητικό σύστημα αρουραίων. Ειδικότερα, αναφέρθηκε ότι η ολόσωμη έκθεση για 30 ημέρες σε 2375 MHz συνεχούς κύματος σε 5 W/m^2 προκάλεσε μια έντονη αυτό-άνοση απόκριση σε σύγκριση με την εικονική έκθεση. Πρόσφατα οι Veyret, Lagroye και οι συνεργάτες του προσπάθησαν να επιβεβαιώσουν τα ευρήματα αυτά με τη χρήση σύγχρονων δοσιμετρικών και βιολογικών μεθόδων χωρίς επιτυχία.

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Μια ιταλική ερευνητική ομάδα (Prisco κ.α., 2008) εξέτασε τις επιδράσεις της έκθεσης ενός GSM-900 σήματος στην ικανότητα των κυττάρων του μυελού των οστών να διαφοροποιηθούν. Σε ποντίκια που ακτινοβολήθηκαν με ακτίνες X χορηγήθηκαν με μέσο που περιέχει κύτταρα μυελού των οστών είτε από RF-εκτεθειμένα (2 W / kg, 2 ώρες / ημέρα, 5 ημέρες / εβδομάδα, 4 εβδομάδες) είτε από ποντίκια δότες που ψευδό-εκτέθηκαν. Όλοι οι ποντικοί που έλαβαν κύτταρα μυελού των οστών επέζησαν. Τρεις και 6 εβδομάδες μετά από μεταμόσχευση κυττάρων μυελού των οστών, δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στα κύτταρα του θύμου ή στη συχνότητα διαφοροποίησης κυττάρων μεταξύ των διαφορετικών ομάδων. Δεν υπήρξαν επιδράσεις της έκθεσης στον αριθμό των κυττάρων της σπλήνας, στα ποσοστά των B και T κυττάρων, στον πολλαπλασιασμό, και στην παραγωγή ιντερφερόνης- γ^* σε μεταμοσχευμένους ποντικούς.

**Πρωτεΐνη που απελευθερώνετε από τα κύτταρα του ξενιστή σε απόκριση στην παρουσία παθογόνων όπως καρκινικά κύτταρα.*

2) Nasta κ.α (2006, Ιταλία) εξέτασαν τις επιδράσεις της in-vivo έκθεσης ενός GSM σήματος 900 MHz για την διαφοροποίηση των B περιφερειακών-κυττάρων του αίματος (B-λεμφοκύτταρα) και την παραγωγή αντισωμάτων σε ποντίκια. Τα αποτελέσματά δεν έδειξαν κάποια ανεπιθύμητη επίδραση της ακτινοβολίας επί των B-περιφερειακών κυττάρων και στην παραγωγή αντισωμάτων.

Πρόσφατες έρευνες στο ανοσοποιητικό σύστημα

1) Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να αξιολογήσει την επίδραση της ταυτόχρονης έκθεσης σε δύο τύπους σημάτων RF, επί του ανοσοποιητικού συστήματος των αρουραίων.

Αρσενικοί Sprague-Dawley αρουραίοι εκτέθηκαν σε RF για 45 λεπτά / ημέρα, 5 ημέρες / εβδομάδα για μέχρι 8 εβδομάδες. Ο συνολικός μέσος όρος του σώματος (EPA) ήταν 2.0 W / kg. Κάθε 2 εβδομάδες μετά την εκκίνηση του πειράματος, 20 αρουραίοι υποβάλλονταν σε αυτοψία.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η 8-εβδομάδων συνδυασμένη έκθεση σε (849 MHz) και (1950 MHz) για 45-λεπτά/ημέρα με συνολικό EPA 4 W / kg, το οποίο είναι ένα σχετικά υψηλό επίπεδο EPA σε σύγκριση με τα επίπεδα έκθεσης για το ανθρώπινο σύστημα που συνιστάται από το ICNIRP, δεν επηρέασε τις ανοσολογικές παραμέτρους.

Ενδοκρινικό σύστημα

Οι πρώτες μελέτες στη δεκαετία του '80 και του '90, έχουν αναφέρει ότι η ενδοκρινική επίδραση σε οξεία έκθεση σε ραδιοσυχνότητες σχετίζεται με παράγοντες όπως η θερμότητα, λίγα αποτελέσματα έχουν βρεθεί που να μην σχετίζονται.

Έρευνες μέχρι το 2010

1) Οι Lerchl κ.α (2008) διερεύνησαν την επίδραση της παρατεταμένης έκθεσης σε GSM (900 και 1800 MHz) στα επίπεδα μελατονίνης* σε Djungarian χάμστερ. Οι συγγραφείς ακτινοβόλησαν ή ψευδό-ακτινοβόλησαν συνολικά 240 χάμστερ σε 900 MHz ή 1800 MHz για 24 ώρες την ημέρα για 60 ημέρες σε ολόκληρο το σώμα του με μέσο EPA 80 mW / kg. Δεν βρέθηκαν αποτελέσματα στα επίπεδα μελατονίνης μετά από χρόνια έκθεση σε GSM ακτινοβολία.

** Η μελατονίνη είναι μια ορμόνη η οποία παράγεται από την υπόφυση. Καθορίζει το κύκλο ύπνου-εγρήγορσης με ασφαλή τρόπο.*

Πρόσφατες Έρευνες στο Ενδοκρινικό σύστημα

1) Οι Sarookhani κ.α (Ιραν, 2011) μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών ισχύων (3 και 6 W) σήματος 950 MHz στην τεστοστερόνη, θυλακιοτρόπο ορμόνη και στα επίπεδα κορτιζόλης σε αρσενικά κουνέλια. 18 αρσενικά κουνέλια χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: εικονικής έκθεσης, 3 και 6 W έκθεση για 2 ώρες/ημέρα για 2 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν μία μείωση της συγκέντρωσης της τεστοστερόνης και στις δύο ομάδες έκθεσης (3 και 6 W). Στην ομάδα 6 W, η συγκέντρωση θυλακιοτρόπου ορμόνης αυξήθηκε σε σχέση με την ομάδα 3W. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα κορτιζόλης σε οποιαδήποτε ομάδα.

2) Οι Seyedpour κ.α (Ιραν, 2011) διερεύνησαν τις επιπτώσεις της έκθεσης από ηλεκτρομαγνητικά πεδία κινητών τηλεφώνων σχετικά με την προγεστερόνη, κορτιζόλη (ορμόνες) και τα επίπεδα της γλυκόζης στο θηλυκό χάμστερ. 72 ενήλικα, μη έγκυα θηλυκά χρυσά χάμστερ διαιρέθηκαν σε τρεις ομάδες: ομάδα ελέγχου, βραχυπρόθεσμη ομάδα έκθεσης (για 10 ημέρες), και μακροχρόνια ομάδα έκθεσης (για 60 ημέρες). Η έκθεση είχε διάρκεια 3 ώρες/ημέρα στα 950MHz. Στατιστικά σημαντική μείωση στο επίπεδο προγεστερόνης και μια σημαντική αύξηση στο επίπεδο κορτιζόλης παρατηρήθηκε σε αμφότερες τις εκτεθειμένες ομάδες (βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Το επίπεδο της γλυκόζης της εκτεθειμένης μακροπρόθεσμη ομάδας ήταν σημαντικά αυξημένο σε σύγκριση με την εκτεθειμένη βραχυπρόθεσμη ομάδα και την ομάδα ελέγχου.

5.2.2.5 Σχόλια για τις in-vivo έρευνες σε πειραματόζωα

SSI (2009)

«Αρκετές μελέτες ανέφεραν μια αύξηση στην έκφραση γονιδίων και άλλες βιοχημικές αλλαγές στον ιστό του εγκεφάλου, αλλά τα αποδεικτικά στοιχεία ήταν μάλλον αδύναμα, σε μερικές μελέτες οι επιδράσεις μπορεί να οφείλονται σε θέρμανση. Ένας αριθμός μελετών από τον Salford και τους συνεργάτες του(2003,2008) ανέφεραν αυξημένη διαπερατότητα του φραγμού αίματος- εγκεφάλου(BBB) και μία αύξηση στην νευρωνική βλάβη ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτά δεν επιβεβαιώνονται από τρεις μεταγενέστερες μελέτες (McQuade,Masuda,Poullietier). Για τα θετικά αποτελέσματα στην επίδραση στην επεισοδιακή μνήμη χρειάζονται μελέτες επιβεβαίωσης.

Δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες επιδράσεις σε μελέτη γονοτοξικότητας(Ziemann κ.α 2009) για χρόνια έκθεση. Ένα αυξημένο επίπεδο των κακοήθων μαστικών όγκων που παρατηρήθηκαν σε μία μελέτη ήταν πιθανώς μια τυχαία παρατήρηση τα αποτελέσματα δεν υποστηρίζονται από άλλες σχεδόν πανομοιότυπες μελέτες. Πρόσφατες μελέτες έχουν αναφέρει την έλλειψη επιδράσεων του κινητού τηλεφώνου τύπου RF για την αναπαραγωγική λειτουργία ή την ανάπτυξη. Δεν έχουν αναφερθεί επιδράσεις στη λειτουργία κοιλία ή την κυκλοφορία της μελατονίνης από 900 ή 1800 MHz GSM. Οι επιδράσεις στο ανοσοποιητικό σύστημα δεν επαληθεύθηκαν.

Γενικά, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι οι πρόσφατες μελέτες σε ζώα δεν έχουν εντοπίσει κάποια ξεκάθαρη επίδραση σε ποικιλία διαφορετικών βιολογικών παραμέτρων μετά από έκθεση σε ακτινοβολία RF χαρακτηριστική της χρήσης κινητού τηλεφώνου, σε πολύ χαμηλά επίπεδα για να προκαλέσουν σημαντική θέρμανση. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα προηγούμενα συμπεράσματά. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω σημαντικές μελέτες που βρίσκονται σε εξέλιξη.»

Επιτροπή λατινικής Αμερικής (2010)

«Σχετικά με την επιβίωση σε χρόνια έκθεση έρευνες προσομοίωσαν συνθήκες παρόμοιες με εκείνες των οργανισμών που ζουν κοντά σε σταθμούς βάσης. Η μέση επιβίωση των ακτινοβολημένων ομάδων ζώων δεν επηρεάστηκε σε ποσοστό 95.8% (23 από τις 24 μελέτες), ως εκ τούτου δεν αποδεικνύονται μη-θερμικές επιδράσεις σε αυτό το επίπεδο.»

«Το γενικό συμπέρασμα μετά από 20 χρόνια πειραμάτων σε ζώα είναι ότι δεν μπορούν να παρουσιαστούν επιδράσεις. Υπάρχει μία αξιοσημείωτη συνεπής απουσία επιδράσεων τουλάχιστον σε επίπεδα κάτω των διεθνών προτύπων προστασίας για RF.

Οι λίγες μελέτες που ανέφεραν επίδραση στον αιματοεγκεφαλικό-φραγμό, πρόκληση και προώθηση καρκίνου και στη συνολική επιβίωση της χρόνιας έκθεσης σε RF είχαν ελλείψεις, ή οφείλονταν σε θερμικές επιδράσεις.»

5.2.3 Εργαστηριακές μελέτες σε ανθρώπους

Ένας τρόπος διερεύνησης της σχέσης μεταξύ αιτίας-αποτελέσματος στον τομέα των επιδράσεων της RF ακτινοβολίας σε ανθρώπινα συστήματα οργάνων όπως το νευρικό, το κυκλοφορικό, το αναπαραγωγικό και το ενδοκρινικό είναι οι μελέτες με ανθρώπους εθελοντές που εκτίθενται σε ελεγχόμενες συνθήκες.

Οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούν βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη έκθεση σε πεδία RF, σε επίπεδα ίσα ή κάτω από τα πρότυπα ασφαλείας, έτσι ώστε να αποκλειστούν οι θερμικές επιδράσεις.

Το πλεονέκτημα των μελετών σε ανθρώπους είναι ότι μπορούν να φανερώσουν τις πραγματικές αντιδράσεις των ανθρώπινων οργανισμών που εκτίθενται σε παρόμοιες συνθήκες.

Από την άλλη πλευρά όμως λόγω ηθικών περιορισμών, έχουν μελετηθεί μόνο μερικά συστήματα οργάνων και λειτουργίες, και λίγα μακροχρόνια πειράματα έκθεσης έχουν ολοκληρωθεί, οπότε λίγες πληροφορίες είναι σήμερα διαθέσιμες για τις δυνητικά βραδείας δράσης επιδράσεις. Επίσης το πλήθος των ατόμων που συμμετέχουν στις έρευνες αυτές είναι αρκετά μικρό και συνήθως για πρακτικούς λόγους έχει την τάση να είναι σχετικά ομοιογενές και προφανώς είναι απίθανο να αντικατοπτρίζει το εύρος του πληθυσμού.

Στα αποτελέσματα που δημοσιεύθηκαν μέχρι τώρα έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές όπως διπλά-τυφλός*, μονά-τυφλός** σχεδιασμός κλπ. Η ποιότητα και η βαρύτητα των αποδεικτικών στοιχείων ποικίλλει πολύ μεταξύ αυτών των τεχνικών, έτσι μερικές φορές είναι δύσκολο να συγκριθούν πειραματικά αποτελέσματα μεταξύ των διαφόρων μελετών και να καταλήξουν σε σαφή συμπεράσματα.

Οι εργαστηριακές μελέτες σε ανθρώπους ασχολούνται κυρίως με την επίδραση στην γνωστική λειτουργία, το καρδιαγγειακό, το ενδοκρινικό, το οπτικό και το ακουστικό σύστημα όπως επίσης με τα υποκειμενικά συμπτώματα.

**Διπλά-τυφλός σχεδιασμός: ούτε οι εθελοντές, ούτε οι ερευνητές γνωρίζουν ποιος ανήκει στην ομάδα ελέγχου και ο ποιος ανήκει στην πειραματική ομάδα. Μόνο αφού όλα τα στοιχεία έχουν καταγραφεί (και σε ορισμένες περιπτώσεις, αναλυθεί) μαθαίνουν οι ερευνητές ποιος είναι ποιος. Σε διπλά-τυφλούς σχεδιασμούς αποφεύγονται οι θελημένες ή όχι, προκαταλήψεις.*

***Μονά-τυφλός σχεδιασμός: μόνο οι εθελοντές δεν γνωρίζουν σε ποια ομάδα ανήκουν για να αποφεύγονται οι προκαταλήψεις τους σε πειράματα που χρειάζεται οι ερευνητές να ξέρουν τις διάφορες ομάδες.*

Έρευνες μέχρι το 2010

5.2.3.1 Γνωστικές μελέτες

1) Οι Irlenbusch κ.α (2007) δεν βρήκαν καμία επίδραση στο όριο οπτικής διάκρισης σε μονά-τυφλή μελέτη σε 33 άτομα με σήμα 902.4 MHz GSM.

2) Οι Luria κ.α (2009) μελέτησαν τις επιδράσεις σε δοκιμασία χωρικής μνήμης* σε 48 άτομα σε σήμα GSM (915 MHz, 0.25 W μέσος όρος) και μελέτη μονά-τυφλή, αλλά δεν βρήκαν αποτελέσματα.

**Χωρική μνήμη είναι το τμήμα της μνήμης υπεύθυνο για την καταγραφή πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον τριγύρω μας και το χωρικό προσανατολισμό. Είναι απαραίτητη για να περιηγηθούμε γύρω από μια γνώριμη πόλη.*

3) Οι Cinel κ.α (2008) μελέτησαν σε ένα μεγάλο δείγμα (N = 160 και 168, σε δύο μελέτες) τα αποτελέσματα της GSM (888 MHz, EPA = 1.4 W / kg ± 30%) σχετικά με τη βραχυπρόθεσμη μνήμη* και την εγρήγορση και στη συνέχεια τη βραχυπρόθεσμη μνήμη και την προσοχή με διπλά-τυφλό σχεδιασμό. Τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά.

**Βραχυπρόθεσμη μνήμη (ή «ενεργός μνήμη») έχει την ικανότητα να κατέχει ένα μικρό ποσό πληροφοριών στο μυαλό σε μια ενεργή, διαθέσιμη κατάσταση για ένα σύντομο χρονικό διάστημα.*

4) Οι Wiholm κ.α (2009) μελέτησαν την συμπεριφορά στο χώρο και την μάθηση (σε δοκιμασία) σε άτομα με (N = 23) και χωρίς συμπτώματα (N = 19) που συνδέονταν με τη χρήση κινητού τηλεφώνου. Ο σχεδιασμός ήταν διπλά-τυφλός, η έκθεση 884 MHz και διήρκεσε για 2.5 ώρες.

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η ομάδα με τα συμπτώματα βελτίωσε τις επιδόσεις της κατά τη διάρκεια της έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες. Οι ίδιοι οι συγγραφείς αναφέρουν ότι υπάρχει ανάγκη για επαλήθευση.

5) Οι Unterlechner κ.α. (2008) εξέτασαν τις επιδράσεις στην προσοχή και στην αντίδραση 40 ατόμων που εκτέθηκαν σε σήμα 3G UMTS 1.97 GHz χωρίς να εντοπίσουν κάποια επίδραση.

Σχόλιο για τις γνωστικές μελέτες

SSI (2009)

«Συνοψίζοντας, διάφορες πτυχές της αντίληψης, της προσοχής, της μνήμης και εκτελεστικές λειτουργίες έχουν καλυφθεί στις γνωστικές μελέτες μέχρι σήμερα. Το θέμα των πολλαπλών συγκρίσεων δεν λαμβάνεται υπόψη στις προηγούμενες μελέτες συμπεριφοράς, η οποία οδήγησε σε ορισμένα σημαντικά αποτελέσματα, που πιθανόν οφείλονται στο στατιστικό “θόρυβο” (στατιστικό σφάλμα) . Πράγματι, αργότερα πιο σύνθετες μελέτες δεν αναπαρήγαγαν τα αποτελέσματα αυτά. Ως εκ τούτου, όσον αφορά τις γνωστικές λειτουργίες του ανθρώπου η ακτινοβολία του κινητού τηλεφώνου ή του σταθμού βάσης δεν φαίνεται να έχει επιπτώσεις. Τα αποτελέσματα, εάν υπάρχουν, δεν είναι αρκετά μεγάλα ώστε να είναι μετρήσιμα με τα υπάρχοντα εργαλεία της γνωστικής ψυχολογίας.»

5.2.3.2 Καρδιακός ρυθμός, πίεση αίματος και μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού

1) Οι Parazzini κ.α (2007) εστίασαν την έρευνά τους στις πιθανές συνέπειες της 900 MHz GSM ακτινοβολίας στη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού σε 26 εθελοντές. Δεδομένα συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια δύο διαφορετικών συνεδριών, με μία πραγματική και μια εικονική έκθεση. Αυτές οι συνεδρίες έγιναν σε διαφορετικές ημέρες σε τυχαία σειρά ακολουθώντας ένα διπλά-τυφλό πειραματικό σχεδιασμό. Τα δεδομένα έδειξαν ότι η έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων δεν επηρέασε τις περισσότερες παραμέτρους μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού, ωστόσο, μερικές αδύναμες αλλά στατιστικά σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν σε κάποιους μικρούς δείκτες της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού. Ωστόσο, ίσως η σημασία αυτών των μικρών αλλαγών να υπερεκτιμήθηκε.

2) Οι Barker κ.α (2007) εξέτασαν τις επιδράσεις του σήματος GSM στην πίεση του αίματος και την μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού σε 120 άτομα. Μετρήσεις καταγράφηκαν 20 λεπτά πριν από την έκθεση, και 40 λεπτά κατά την διπλά-τυφλή έκθεση ή την εικονική έκθεση.

Δεν βρέθηκε καμία επίδραση οποιουδήποτε σήματος RF στη μέση αρτηριακή πίεση αίματος, ή για οποιοδήποτε μέτρο της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού. Ωστόσο, η μέση αρτηριακή πίεση του αίματος μειώθηκε (κατά ~ 0.7 mm Hg) για την GSM εικονική έκθεση. Οι συγγραφείς εικάζουν ότι αυτό θα μπορούσε να προκύψει από μία ελαφρά αύξηση στη θερμοκρασία της συσκευής όταν ήταν σε αυτήν τη λειτουργία.

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής (2010)

«Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για επιδράσεις στο καρδιακό ρυθμό και στην αρτηριακή πίεση του αίματος.»

5.2.3.3 Ενδοκρινικό σύστημα

1) Οι Djeridane κ.α (2008) διερεύνησαν την επίδραση της έκθεσης σε 900 MHz GSM για στεροειδή (κορτιζόλη και τεστοστερόνη) και τα επίπεδα των ορμονών της υπόφυσης (θυρεοειδής ορμόνη, αυξητική ορμόνη, και αδρενοκορτικοτρόπος ορμόνη) σε υγιείς άνδρες.

Η έκθεση ήταν καθημερινή, για ένα μήνα και οι ορμόνες μετρήθηκαν από δείγματα αίματος κάθε ώρα πριν από την έναρξη, στο μέσον και στο τέλος της διάρκειας της έκθεσης. Η μελέτη ανέφερε ότι όλες οι συγκεντρώσεις ορμονών παρέμειναν μέσα στα φυσιολογικά όρια.

Για την αυξητική ορμόνη και την κορτιζόλη, υπήρξαν σημαντικές μειώσεις περίπου 28% και 12%, αντίστοιχα, 2 και 4 εβδομάδες μετά την έκθεση, αλλά δεν υπήρχε διαφορά κατά την περίοδο μετά την έκθεση, επίσης άλλοι παράγοντες εκτός από την έκθεση σε RF θα μπορούσαν να είναι υπεύθυνοι γι' αυτό (ομάδα ελέγχου δεν είχε συσταθεί). Φαίνεται ότι δεν υπάρχει απόδειξη για επιδράσεις της RF για ενδοκρινικές λειτουργίες στον άνθρωπο.

5.2.3.4 Οπτικό σύστημα

1) Οι Schmid κ.α (2005) δοκίμασαν 58 εθελοντές για τέσσερις διαφορετικές οπτικές παραμέτρους, χρησιμοποιώντας μια διπλά-τυφλή μελέτη. Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ έντονα εκτεθειμένων και μη εκτεθειμένων.

5.2.3.5 Συμπεράσματα και σχόλια για τις εργαστηριακές μελέτες σε ανθρώπους

SSI (2009)

«Ορισμένες παλαιότερες μελέτες ανέφεραν λανθασμένα επιδράσεις λόγω έλλειψης διορθώσεων, για πολλαπλές συγκρίσεις, των στατιστικών. Νέες μελέτες δεν επαλήθευσαν τις επιδράσεις. Όλες οι μελέτες με μικρό μέγεθος του δείγματος, ασαφή στατιστικά στοιχεία, και ευκαιριακές παρατηρήσεις θα πρέπει να επαναληφθούν.»

«Με βάση τα αποτελέσματα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι γνωστικές μελέτες με βραχυπρόθεσμες εκθέσεις δεν προσθέτουν τίποτα καινούργιο στις γνώσεις μας. Η έρευνα θα πρέπει να στοχεύσει σε πιο μακροπρόθεσμες εκθέσεις και διαφορετικές ομάδες χρηστών με διαφορετική έκθεση σε ΗΜΠ.»

«Χρειαζόμαστε περισσότερα επιστημονικά δεδομένα στις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της έκθεσης στα παιδιά. Το φύλο δεν φαίνεται να παίζει κάποιο ρόλο στα αποτελέσματα, αλλά δεν υπάρχει εμπειριστατωμένη κριτική για αυτό το θέμα.»

SSI (2008)

«Σε γενικές γραμμές, οι πιο πρόσφατες, μεθοδολογικά πιο αυστηρές μελέτες δεν αναπαράγουν τα αποτελέσματα από τις μικρότερες, λιγότερο αυστηρές μελέτες που δημοσιεύθηκαν πριν από λίγα χρόνια, αλλά αναφέρονται μερικές επιδράσεις.

Για τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού και της πίεσης του αίματος, δύο μελέτες δεν βρίσκουν επιδράσεις (Parazzini, Barker). Η μία μελέτη διαπίστωσε αλλαγές αλλά σε ορισμένους ήσσονος σημασίας δείκτες της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας.»

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής (2010)

«Η πλειοψηφία των μελετών καλής ποιότητας δεν έχουν δείξει επιδράσεις ή αναφέρουν ασήμαντες μεταβολές στις παραμέτρους συμπεριφοράς που ενδιαφέρουν. Εκτός από τις μικρές, ασαφείς διακυμάνσεις της απόδοσης των γνωστικών λειτουργιών, η έκθεση του κινητού τηλεφώνου στους χρήστες εντός του φυσιολογικού εύρους της έντασης και συχνότητας δεν επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα.»

5.2.3.6 Πρόσφατες έρευνες για ανθρώπινες μελέτες στο εργαστήριο

1) Οι Gadzika κ.α (Πολωνία, 2012) πειραματίστηκαν αν η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα επηρεάζει τη θερμοκρασία τυμπάνου.

Δέκα νέοι άνδρες εθελοντές εξετάστηκαν σε πραγματική, διακοπτόμενη και εικονική έκθεση. Η έκθεση δημιουργήθηκε από κινητό τηλέφωνο (συχνότητας 900 MHz, EPA 1.23 W / kg).

Η μέση θερμοκρασία στο σύνολο της ομάδας κατά τη διάρκεια της συνεχούς έκθεσης ήταν σημαντικά υψηλότερη από ό, τι κατά τη διάρκεια της εικονικής έκθεσης. Κατά τη διάρκεια της διακοπτόμενης έκθεσης η θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη από ό, τι κατά τη διάρκεια της εικονικής έκθεσης.

Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης δείχνουν ότι η φυσιολογική απόκριση στην έκθεση σε ΗΜΠ από κινητό τηλέφωνο ως επί το πλείστον σχετίζεται με το είδος της έκθεσης (συνεχούς ή διακεκομμένης).

2) Mortazavi κ.α (Ιράν, 2012) ανέφεραν για πρώτη φορά μειωμένο χρόνο αντίδρασης μετά από έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από κινητό τηλέφωνο με υψηλό ειδικό ρυθμό απορρόφησης. Είναι επίσης η πρώτη μελέτη στην οποία το ιστορικό χρήσης κινητού τηλεφώνου λαμβάνεται υπόψη.

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να εκτιμήσει τις οξείες και χρόνιες επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα στο χρόνο αντίδρασης σε φοιτητές. Ο Οπτικός χρόνος αντίδρασης (VRT) των νέων φοιτητών καταγράφηκε με μια μονά-τυφλή δοκιμασία σε υπολογιστή, πριν και μετά από 10 λεπτά σε πραγματική / εικονική έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία των κινητών τηλεφώνων. Οι συμμετέχοντες ήταν 160 δεξιόχειρες φοιτητές ηλικίας 18-31.

Η μέση τιμή χρόνου αντίδρασης μετά από έκθεση σε πραγματική και εικονική έκθεση ήταν $286,78 \pm 31,35$ ms και $295,86 \pm 32,17$ ms αντίστοιχα. Το VRT των φοιτητών επηρεάστηκε σημαντικά από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εκπέμπονται από ένα κινητό τηλέφωνο. Μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η έκθεση προκαλεί μείωση του χρόνου αντίδρασης. Υπό το πρίσμα αυτό, το φαινόμενο αυτό μπορεί να μειώσει τις πιθανότητες ανθρώπινου λάθους σε θανατηφόρα τροχαία κ.α.

3) Οι Spichtig κ.α (2012) αξιολόγησαν τις πιθανές επιπτώσεις της διαλείπουσας UMTS ακτινοβολίας στην εγκεφαλική κυκλοφορία του αίματος. Για πρώτη φορά, μετρήθηκαν πιθανές άμεσες επιπτώσεις του UMTS σε πραγματικό χρόνο, κατά τη διάρκεια της έκθεσης. Τρεις διαφορετικές εκθέσεις (εικονική, 0.18 W / kg, και 1.8 W / kg), εφαρμόστηκαν σε μια διπλά-τυφλή μελέτη σε 16 υγιείς εθελοντές. Οι συγκεντρώσεις αιμοσφαιρίνης και ο καρδιακός ρυθμός (HR) καταγράφηκαν. Τα αποτελέσματά έδειξαν ότι η διαλείπουσα έκθεση σε UMTS είχε μικρές βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες επιπτώσεις στην εγκεφαλική κυκλοφορία του αίματος και του καρδιακού ρυθμού.

4) Οι Colletti κ.α (2011) είχαν στόχο να παρατηρήσουν εάν η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία κινητών τηλεφώνων επηρεάζει τα προκλητά ακουστικά δυναμικά του κοχλιακού νεύρου (DPOAE). Επτά ασθενείς που έπασχαν από τη νόσο του Meniere (διαταραχή στο εσωτερικό του αυτιού) εκτέθηκαν στις επιδράσεις κινητού τηλεφώνου για 5 λεπτά.

Όλοι οι ασθενείς έδειξαν μια σημαντική μείωση στο πλάτος των δυναμικών των κοχλιακών νεύρων κατά τη διάρκεια της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι αλλαγές αυτές διήρκεσαν για μια περίοδο περίπου 5 λεπτά μετά την έκθεση.

5) Οι Barutcu κ.α (2011) εξέτασαν τις πιθανές επιπτώσεις των ραδιοσυχνοτήτων που εκπέμπονται από τα ψηφιακά κινητά τηλέφωνα στην καρδιακή αυτόνομη λειτουργία με ανάλυση της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (HRV).

Ούτε ο χρόνος ούτε η συχνότητα των παραμέτρων του HRV μεταβλήθηκαν σημαντικά σε καμία από τις διαφορετικές εκθέσεις (κλειστό/ ανοιχτό κινητό ,κατάσταση κλήσης)σε σύγκριση με τις αρχικές τιμές τους. Ο σύντομος χρόνος έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα δεν επηρέασε την καρδιακή αυτόνομη λειτουργία σε υγιή άτομα.

6) Sauter κ.α (2011) μελέτησαν τις πιθανές επιδράσεις της μακροχρόνιας (7 ώρες και 15 λεπτά) έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (GSM) 900 και (UMTS) για την προσοχή και τη μνήμη. Το δείγμα περιελάμβανε 30 υγιείς άνδρες, οι οποίοι εξετάστηκαν σε εννέα ημέρες μελέτης όπου εκτέθηκαν σε τρεις συνθήκες έκθεσης (εικονική, GSM 900 και UMTS) σε τυχαία σειρά. Όλες οι δοκιμές έγιναν δύο φορές (πρωί και απόγευμα) για κάθε ημέρα της μελέτης εντός καθορισμένου χρονικού πλαισίου.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν παρείχαν καμία απόδειξη για την επίδραση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη νόηση, αλλά υπογράμμισαν την ανάγκη να ελέγχεται η ώρα της ημέρας του πειράματος.

Μετα-ανάλυση (Augner κ.α 2012)

7) «Η σημερινή μετα-ανάλυση έχει ως στόχο να διευκρινίσει αν οι RF ακτινοβολίες επηρεάζουν την ποιότητα ζωής στα ευαίσθητα στην ακτινοβολία άτομα, καθώς και σε μη-ευαίσθητα άτομα. Η βιβλιογραφική έρευνα αποκάλυψε 17 μελέτες συμπεριλαμβανομένων των 1174 συμμετεχόντων. Οι μεταβλητές ήταν υποκειμενικές (π.χ. πονοκέφαλοι) και αντικειμενικές παραμέτρους (π.χ. μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού). Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν καμία σημαντική επίδραση της βραχυπρόθεσμης έκθεσης RF σε οποιαδήποτε παράμετρο. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στις πιθανές επιπτώσεις της μακροχρόνιας έκθεσης»

Μετα-ανάλυση (Barth κ.α 2012)

8) «Πραγματοποίησαν μετα-ανάλυση, προκειμένου να διερευνήσουν τις επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα στην ανθρώπινη νόσηση. Δεκαεπτά μελέτες περιλήφθησαν στη μετα-ανάλυση που πληρούν ορισμένες απαιτήσεις. Η μετα-ανάλυση διεξήχθη ως μια σύγκριση μεταξύ της ομάδας εκτεθειμένων και μη εκτεθειμένων ατόμων. Δεν βρέθηκαν σημαντικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται από GSM και UMTS κινητά τηλέφωνα. Οι γνωστικές ικανότητες δεν φάνηκε ούτε να διαταράσσονται ούτε να διευκολύνονται. Τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης έδειξαν ότι μια σημαντική βραχυπρόθεσμη επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα στη γνωστική απόδοση μπορεί ουσιαστικά να αποκλειστεί.»

5.2.3.7 Υποκειμενικά συμπτώματα

Τα υποκειμενικά συμπτώματα είναι τα βιώματα του ασθενή που αφορούν διαταραχές της φυσιολογίας του και δεν είναι ανιχνεύσιμα με κάποιο επιστημονικό αντικειμενικό κριτήριο.

Ηλεκτρομαγνητική Υπερευαισθησία

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εκτός του ορατού φάσματος και της υπέρυθρης ακτινοβολία δεν είναι, υπό κανονικές συνθήκες, ανιχνεύσιμη από τα ανθρώπινα όντα, εφόσον δεν έχουμε ειδικούς υποδοχείς για να υποδεχθούμε άμεσα συγκεκριμένες συχνότητες του. Επιπλέον οι συσκευές που χρησιμοποιούνται από το κοινό, όπως τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Παρ'όλα αυτά, μια μερίδα του πληθυσμού αναφέρει ότι είναι ευαίσθητη σε αυτά τα RF πεδία, ισχυριζόμενη ότι είναι σε θέση να τα ανιχνεύσει όταν είναι κοντά τους, ή να διακρίνει όταν ένα κινητό τηλέφωνο είναι ενεργοποιημένο ή απενεργοποιημένο. Αυτό έχει ονομασθεί ηλεκτρομαγνητική υπερευαισθησία και δεν είναι απαραίτητα επιβλαβής για τα άτομα αυτά.

Τα άτομα αυτά αναφέρουν μια σειρά από οδυνηρά υποκειμενικά συμπτώματα κατά τη διάρκεια και μετά τη χρήση ενός κινητού τηλεφώνου και άλλων συσκευών που εκπέμπουν ραδιοσυχνότητες ή όταν είναι κοντά σε μια θέση κεραίας RF.

Αυτά τα συμπτώματα δεν είναι συγκεκριμένα και υπάρχουν σε πολλές ασθένειες, όπως είναι το κρυολόγημα και συμπτώματα γρίπης (πονοκέφαλος, ναυτία, κόπωση, μυαλγίες, κακουχία, κ.λπ.).

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει μηχανισμός που να εξηγεί τα συμπτώματα αυτά και αρχικά το φαινόμενο ονομάστηκε ηλεκτρομαγνητικό σύνδρομο υπερευαισθησίας, ή EHS, αλλά πρόσφατα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, μελετώντας το θέμα αυτό, αποφάσισε να το μετονομάσει σε Ιδιοπαθή Περιβαλλοντική Δυσανεξία με Καταλογισμό σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (IEI-EMF). Το νέο όνομα το τοποθετεί ανάμεσα σε μια μεγάλη σειρά από άλλες αναγνωρισμένες περιβαλλοντικές δυσανεξίες σε χημικούς και φυσικούς παράγοντες, με ή χωρίς αποδεδειγμένη αιτιολογία.

Η Σουηδία έχει αναγνωρίσει την ύπαρξη του φαινομένου EHS και έχει καταβάλει χρήματα αναπηρίας σε ορισμένες εργαζομένους με EHS.

Το φαινόμενο δεν είναι μικρό σε μια έρευνα που διεξήχθη στις ΗΠΑ Eltiti κ.α (*Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? 2007*) ανέφεραν ότι 4 στα 100 άτομα αναφέρουν ότι είναι ηλεκτροευαίσθητα, στην Ελβετία βρήκαν ποσοστό 5%. Τα πιο κοινά παράπονα υγείας ήταν διαταραχές του ύπνου (43%) και πονοκέφαλος (34%), τα οποία ήταν ως επί το πλείστον αποδίδονταν στις γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος και κινητών τηλεφώνων. Το φαινόμενο είναι πραγματικό, και η ποιότητα της ζωής αυτών ατόμων πάσχει σημαντικά με συμπτώματα εξασθένησης, μέχρι του σημείου η εργασία και αναψυχή γίνονται δύσκολες.

Τα άτομα με EHS αναφέρουν συμπτώματα μεγαλύτερης βαρύτητας από ό, τι μη-ευαίσθητα άτομα, αλλά αυτά δεν συσχετίζονται με την έκθεση και μπορεί να αντανακλούν τη συνειδητή προσδοκία τέτοιων αποτελεσμάτων. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο placebo.

Οι περισσότερες καλής ποιότητας μελέτες έχουν δείξει ότι δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ RF έκθεσης και των συμπτώματα EHS. Ωστόσο, η περιορισμένη ποσότητα και η ποιότητα της έρευνας σε αυτό το τομέα δεν επιτρέπουν να αποκλειστούν σίγουρα μακροπρόθεσμες επιπτώσεις για την υγεία. Σε πρόσφατη μετά-ανάλυση ο Roosli (2008) συμπέρανε ότι «δεν υπήρχαν αποδεικτικά στοιχεία ότι τα άτομα με υπερευαίσθησία μπορούσαν να ανιχνεύσουν την παρουσία ή απουσία RF καλύτερα από άλλα άτομα.»

Το συμπέρασμα του παγκόσμιου οργανισμού υγείας (Π.Ο.Υ) το 2004 ήταν «Υπάρχουν ορισμένες ενδείξεις ότι αυτά τα συμπτώματα μπορεί να οφείλονται σε προϋπάρχουσες ψυχιατρικές συνθήκες, καθώς και αντιδράσεις στρες, ως αποτέλεσμα της ανησυχίας που πιστεύεται για τις επιπτώσεις των πεδίων στην υγεία, παρά την ίδια την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Επίσης η EHS δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως μια ιατρική διάγνωση δεδομένου ότι δεν υπάρχει προς το παρόν καμία επιστημονική βάση που να συνδέει τα συμπτώματα EHS με την έκθεση σε ΗΜΠ.»

Οι εμπειρογνώμονες του Π.Ο.Υ συνέστησαν επίσης τα άτομα με IEL-EMF ότι θα πρέπει να λαμβάνουν ιατρική περίθαλψη, ακόμη και αν η αιτιώδη συνάφεια με RF δεν έχει τεκμηριωθεί. Επίσης πρέπει να εφαρμόζεται αξιολόγηση του χώρου εργασίας και παράγοντες στο σπίτι που μπορεί να συμβάλλουν στα συμπτώματα (ατμοσφαιρική ρύπανση, υπερβολικό θόρυβο, κακός φωτισμός) και ψυχολογική αξιολόγηση για τον εντοπισμό εναλλακτικών ψυχιατρικών / ψυχολογικών συνθηκών που μπορεί να είναι υπεύθυνοι για το φαινόμενο αυτό.

Έρευνες για τα υποκειμενικά συμπτώματα μέχρι το 2010

1) Οι Know κ.α (2008) διεξήγαγαν έρευνα στην οποία κανένας από τους συμμετέχοντες συμπεριλαμβανομένων των ατόμων με υπερευαισθησία δεν μπόρεσαν να διακρίνουν εάν ένα κινητό είναι ενεργοποιημένο η όχι με ποσοστό 75%.

2) Οι Augner κ.α (2009) μελέτησαν τη βραχυπρόθεσμη επίδραση ενός υποτιθέμενου σταθμού βάσης GSM στο εργαστήριο για κριτήρια όπως η καλή διάθεση, η εγρήγορση και η ηρεμία. Το συμπέρασμα ήταν μάλλον αντίθετο από άλλες μελέτες: «*Η Βραχυπρόθεσμη έκθεση σε GSM σήματα σταθμού βάσης μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής.*»

3) Οι Furubayashi κ.α (2009) εξέτασαν πολλές ψυχολογικές (χαρακτηριστικά της προσωπικότητας) και γνωστικές παραμέτρους σε άτομα με EHS. Δεν παρατηρήθηκαν επιδράσεις της έκθεσης σε οποιαδήποτε των εξεταζόμενων παραμέτρων. Τα άτομα που σχετίζονταν με τα συμπτώματα EHS γνώρισαν ένα υψηλότερο επίπεδο δυσφορίας από την ομάδα ελέγχου, αλλά αυτό ήταν ανεξάρτητο από το είδος της έκθεσης.

Σχόλια για τα υποκειμενικά συμπτώματα

SSI(2009)

«Για να συνοψίσουμε, οι μελέτες για άτομα με και χωρίς υποκειμενικά συμπτώματα και EHS / IEI καταλήγουν στα ίδια συμπεράσματα χωρίς επιδράσεις, και αυτή η προσέγγιση πιθανότατα δεν οδηγεί σε νέα συμπεράσματα.»

SSI(2008)

«Σε σχέση με το λεγόμενο σύνδρομο ηλεκτρομαγνητικής υπερευαισθησίας, το συμπέρασμα είναι ότι τα ισχυριζόμενα ευαίσθητα άτομα δεν μπορούν να ανιχνεύσουν την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες καλύτερα από οποιαδήποτε μη-ευαίσθητα άτομα, και ότι τα συμπτώματά τους δεν οφείλονται σε έκθεση σε ραδιοσυχνότητες, αλλά σε άλλους παράγοντες.»

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής (2010)

«Όσον αφορά την υπερευαισθησία, οι πρόσφατες μελέτες που εξετάζουν τα αποτελέσματα των GSM και UMTS RF ακτινοβολιών υποστηρίζουν την παρατήρηση ότι τα RF-ευαίσθητα άτομα αναφέρουν συμπτώματα σοβαρότερα συγκριτικά με τα μη-ευαίσθητα άτομα, αλλά αυτά δεν συσχετίζονται με την έκθεση και μπορεί να αντανακλούν τη συνειδητή προσδοκία αυτών των επιπτώσεων.»

Πρόσφατες έρευνες για τα υποκειμενικά συμπτώματα

1) Οι Augner κ.α (2012) Σε μία μετα-ανάλυση που έκαναν σε 17 έρευνες με θέμα την ποιότητα ζωής των ατόμων με EHS διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία για τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα στις παραμέτρους που επηρεάζουν την ποιότητα ζωής.

2) Οι Rubin κ.α (2011) στην βιβλιογραφική τους έρευνα εξέτασαν αν η έκθεση σε ΗΜΠ προκαλεί φυσιολογικές ή γνωστικές αλλαγές στην ομάδα ατόμων με EHS. Μελέτησαν 29 έρευνες από τις οποίες σε πέντε μελέτες εντοπίζονται σημαντικές επιπτώσεις της έκθεσης, όπως η μείωση του καρδιακού ρυθμού και της αρτηριακής πίεσης, μειωμένη οπτική προσοχή και αντίληψη, βελτίωση της χωρικής μνήμης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτά ήταν μεμονωμένα αποτελέσματα όπου άλλες μελέτες απέτυχαν να αναπαράγουν. Προς το παρόν, δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία που να υποδηλώνουν ότι οι άνθρωποι με EHS βιώνουν ασυνήθιστες φυσιολογικές αντιδράσεις ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε ΗΜΠ. Αυτό υποστηρίζει τις προτάσεις ότι τα ΗΜΠ δεν είναι η κύρια αιτία της κακής κατάστασης της υγείας τους.

5.3 Επιδημιολογικές Μελέτες

Λόγω των ηθικών και μεθοδολογικών δυσκολιών η μελέτη μακροχρόνιας έκθεσης σε ανθρώπους από ηλεκτρομαγνητικά πεδία χρησιμοποιώντας πειραματικές προσεγγίσεις είναι πολύ δύσκολη, το κλειδί για την μελέτη επίδρασης από μακροχρόνια έκθεση είναι η παρατηρητική έρευνα δηλαδή οι επιδημιολογικές μελέτες.

Ο στόχος των επιδημιολογικών μελετών είναι να ελέγξει εάν υπάρχει μια στατιστικά αιτιώδης σχέση μεταξύ της έκθεσης σε έναν παράγοντα και πιθανών επιπτώσεων της κατάστασης της υγείας των εκτεθειμένων ατόμων.

Χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένες μελέτες που προσπαθούν να καθορίσουν τις στατιστικές συσχετίσεις μεταξύ ανεξάρτητων (επίπεδο έκθεσης) και εξαρτημένων μεταβλητών (κατάσταση υγείας, ανάπτυξη της νόσου, κλπ.)

Οι τρεις που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι μελέτη κοόρτης, ασθενή-μάρτυρα και συγχρονικές (cross-sectional) μελέτες.

Μελέτες κοόρτης: μια ομάδα-κοόρτη είναι οποιαδήποτε ομάδα ανθρώπων που συνδέονται με κάποιο τρόπο και παρακολουθούνται στο πέρασμα του χρόνου για τις εξεταζόμενες παραμέτρους/εμφάνιση ασθένειας. Οι ερευνητές παρατηρούν τι συμβαίνει στην ομάδα που έχει ήδη εκτεθεί σε μια συγκεκριμένη μεταβλητή σε σύγκριση με μια παρόμοια ομάδα που δεν έχει εκτεθεί στην μεταβλητή αυτή. Οι μελέτες αυτές μπορεί να είναι είτε μελλοντικές είτε αναδρομικές.

Μελέτες ασθενή-μάρτυρα: εδώ οι ερευνητές χρησιμοποιούν τα υπάρχοντα αρχεία για να εντοπίσουν ανθρώπους με ένα συγκεκριμένο πρόβλημα υγείας («ασθενή») και να συγκρίνουν την έκθεσή τους με μια παρόμοια ομάδα, χωρίς το πρόβλημα ("μάρτυρα").

Συγχρονικές (cross-sectional) μελέτες: στις μελέτες αυτές η έκθεση και η νόσος μιας ομάδας του πληθυσμού μετρούνται σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Στις μελέτες αυτές για τη σύγκριση των δύο ομάδων χρησιμοποιούνται οι δείκτες λόγος των πιθανοτήτων (Odd Risk, OR) και ο σχετικός κίνδυνος (Relative Risk, RR). Εάν οι πιθανότητες εκδήλωσης ασθένειας σε κάθε μία από τις ομάδες είναι P_1 (πρώτη ομάδα) και P_2 (δεύτερη ομάδα), τότε $OR = \frac{P_1(1-P_2)}{P_2(1-P_1)}$. Εάν ο OR είναι μεγαλύτερος από 1 δείχνει ότι η κατάσταση ή το γεγονός είναι πιο πιθανό να συμβεί στην πρώτη ομάδα εάν είναι μικρότερο από 1 υποδεικνύει ότι η κατάσταση ή το γεγονός είναι λιγότερο πιθανό να συμβεί στην πρώτη ομάδα. Ο σχετικός κίνδυνος ορίζεται ως ο λόγος των πιθανοτήτων των δύο ομάδων. $RR = \frac{P_{\text{εκτεθειμένων}}}{P_{\text{μη-εκτεθειμένων}}}$.

Οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν το πλεονέκτημα, ότι παρέχουν άμεση πληροφόρηση για την υγεία των ανθρώπων που εκτίθενται σε τέτοιου είδους ακτινοβολίες. Όμως οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν υψηλό κόστος, μεγάλη διάρκεια και αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες και μεθοδολογικά ζητήματα. Παρά τις δυσκολίες αυτές οι επιδημιολογικές μελέτες είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή εκτίμηση του κινδύνου. Περίπου 383 δημοσιευμένες επιδημιολογικές μελέτες αναφέρονται μέχρι το πρώτο τρίμηνο του 2010 από τις οποίες τριάντα δύο διερεύνησαν τη σχέση μεταξύ της έκθεσης σε RF με τα υποκειμενικά συμπτώματα (21), του νευρικού συστήματος και της συμπεριφοράς (8), και τερατογένεση, αναπαραγωγή και ανάπτυξη (3).

5.3.1 Επιδημιολογικές Έρευνες

5.3.1.1 INTERPHONE

INTERPHONE ονομάστηκε μια σειρά που ξεκίνησε το 2001 από φιλόδοξες, καλά σχεδιασμένες, μεγάλες ασθενή-μάρτυρα επιδημιολογικές μελέτες σε 13 χώρες (Αυστραλία, Καναδάς, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ισραήλ, Ιταλία, Ιαπωνία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Σουηδία, και Ηνωμένο Βασίλειο) χρησιμοποιώντας ένα κοινό πρωτόκολλο. Συντονίζεται από το Διεθνές Κέντρο Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC).

Η μελέτη INTERPHONE εστίασε σε όγκους που είναι πιθανότερο να επηρεαστούν από υψηλότερη έκθεση συγκριτικά με την RF έκθεση κάνοντας χρήση του κινητού τηλεφώνου. Περιελάμβανε 2.765 περιπτώσεις με γλοίωμα*, 2.425 με μηνιγγίωμα**, 1.121 με ακουστικό νευρίωμα***, 109 κακοήθων όγκων αδένων της παρωτίδας**** και 7.658 ως έλεγχοι.

*Το γλοίωμα είναι ένας τύπος καρκίνου που ξεκινά στον εγκέφαλο ή στη σπονδυλική στήλη.

**Το μηνιγγίωμα είναι σύνολο όγκων που προκύπτουν από τις μήνιγγες: μεμβρανώδη στρώματα γύρω από το κεντρικό νευρικό σύστημα.

****Καλοήθης όγκος στον εγκέφαλο κοντά στο αυτί.*

*****Σιαλογόνος αδέννας.*

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι, για πρώτη φορά, αρκετές προπαρασκευαστικές μελέτες επικύρωσης και εκλεπτυσμένες επιδημιολογικές και στατιστικές τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να κατανοήσουν καλύτερα και να μειώσουν την επίδραση από προκαταλήψεις και συγχυσιακούς παράγοντες που επηρεάζουν προηγούμενες μελέτες ασθενή-μάρτυρα.

Μία από τις πρώτες μελέτες INTERPHONE εξετάζει τη συχνότητα των ακουστικών νευρινωμάτων (Shoemaker κ.α, 2005). Διαπίστωσαν ότι ο κίνδυνος αυτού του όγκου σε σχέση με την τακτική χρήση κινητών τηλεφώνων δεν αυξήθηκε (OR = 0.9) και ότι δεν υπήρχε καμία συσχέτιση του κινδύνου με την διάρκεια της χρήσης, συνολικού αθροίσματος ωρών χρήσης ή τον αριθμό των κλήσεων. Βρήκαν ωστόσο, ένα μικρό αυξημένο κίνδυνο όγκου στην ίδια πλευρά του κεφαλιού για χρήση 10 χρόνια ή και περισσότερο (OR = 1.8).

Η μελέτη προτείνει ότι δεν υπάρχει ουσιαστικός κίνδυνος για ακουστικά νευρινώματα κατά την πρώτη δεκαετία μετά την έναρξη της χρήσης κινητών τηλεφώνων.

Η γαλλική μελέτη INTERPHONE (Hours κ.α, 2007) δεν αναφέρει καμία σημαντική αύξηση του κινδύνου για γλοιώμα, μηνιγγίωμα ή νευρίνωμα αν και οι ασθενείς γλοιώματος είχαν ένα ελαφρώς θετικό δείκτη (OR), μη σημαντικό μεταξύ των βαρέων χρηστών. Το τμήμα του Ηνωμένου Βασιλείου δεν είχε επιδράσεις για τα γλοιώματα αποδίδοντας το μεγαλύτερο αλλά μη σημαντικό ομόπλευρο κίνδυνο σε προκαταλήψεις υπενθύμισης (Herworth, 2007).

Το αποτέλεσμα ότι δεν υπάρχει συσχέτιση για το γλοιώμα και μηνιγγίωμα με έκθεση του κινητού τηλεφώνου κάτω των 10 ετών επιβεβαιώθηκε από μια σκανδιναβική μελέτη INTERPHONE σε 5 χώρες (Lakhola κ.α, 2008).

Μια άλλη INTERPHONE μελέτη ολοκληρώθηκε και δημοσιεύθηκε το 2008, η οποία ανέλυσε τον κίνδυνο των όγκων αδέννα παρωτίδας σε χρήστες κινητών τηλεφώνων στο Ισραήλ (Sadetzki κ.α 2008a).

Βρήκε έναν αυξημένο κίνδυνο για ομόπλευρους καλοήθεις και κακοήθεις όγκους προκαλώντας πολλές διαφωνίες και παραπλανητικές δηλώσεις στο Τύπο.

Η καρκινογένεση που προκαλείται από μακροπρόθεσμο κάπνισμα έχει προταθεί ως παράγοντας κινδύνου για κάποιους όγκους στο κεφάλι και το λαιμό (Marur & Forastiere, 2008), συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου παρωτίδας (Sadetzki κ.α, 2008b).

Η τελική έκδοση του INTERPHONE με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για γλοιώμα και μηνιγγίωμα σε μελέτες ασθενή-μάρτυρα σε 13 χώρες (INTERPHONE Research Group, 2010) , έφτασε στα συμπεράσματα ότι μερικές έρευνες έχουν (OR) κάτω από μονάδα για γλοιώμα και μηνιγγίωμα σε σχέση με ένα κανονικό χρήστη τηλεφώνου. Οι συγγραφείς ερμήνευσαν αυτό πως ενδεχομένως αντανακλά σε προκατάληψη συμμετοχής ή άλλους μεθοδολογικούς περιορισμούς και όχι της πραγματικής προστατευτικής επίδρασης των κινητών. Για την παράμετρο συνολικού χρόνου κλήσης στην ομάδα με μεγάλη χρήση, το (OR) ήταν 1.40 για γλοιώμα, και 1.15 για μηνιγγίωμα. Ωστόσο, οι συγγραφείς παρατήρησαν εντελώς αβάσιμες τιμές

αναφερόμενες στη χρήση του τηλεφώνου σε αυτή την ομάδα, όπως 12 ώρες χρήσης ανά ημέρα, πολώνοντας ενδεχομένως τα αποτελέσματα και καθιστώντας τα τεχνητά σε υψηλά επίπεδα. Όσον αφορά την τοποθεσία του όγκου, το OR για γλοιώμα έτεινε να είναι μεγαλύτερο στο κροταφικό λοβό από ό, τι σε άλλους λοβούς του εγκεφάλου, το οποίο αντιστοιχεί στο τμήμα του εγκεφάλου που εκτίθενται περισσότερο από την ακτινοβολία του κινητού τηλεφώνου, αλλά τα διαστήματα εμπιστοσύνης για τις συγκεκριμένες εκτιμήσεις ήταν μεγάλα. Τα OR για γλοιώμα έτειναν να είναι μεγαλύτερα σε άτομα που ανέφεραν «συνήθης» χρήση του τηλεφώνου στην ίδια πλευρά του κεφαλιού όπου βρισκόταν ο όγκος τους, αλλά με βάση τη μεθοδολογικές μελέτες που προαναφέρθηκαν, αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την προκατάληψη υπενθύμισης, αφού τα άρρωστα άτομα έτειναν να σημειώνουν προτιμώμενη πλευρά χρήσης του κινητού τηλεφώνου την πλευρά του κεφαλιού που υπέστη τον όγκο.

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα της μελέτης INTERPHONE ήταν ότι δεν είχε σημασία αν κάποιος ήταν χρήστης αναλογικού ή ψηφιακού κινητού σε σχέση με τον αυξημένο κίνδυνο των όγκων του εγκεφάλου.

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η μελέτη της INTERPHONE κατακρίθηκε από μερικούς επιδημιολόγους για τους λόγους ότι υπήρξαν μεθοδολογικές ατέλειες και προκαταλήψεις επιλογής δείγματος και υπενθύμισης που μπορεί να οδήγησαν σε μικρότερο OR από το πραγματικό. Επίσης συνηθισμένος χρήστης ορίστηκε κάποιος που χρησιμοποιεί το κινητό για μία κλήση την εβδομάδα για τουλάχιστον 6 μήνες, μία έκθεση τόσο μικρή που μπορεί να υποτιμήσει το ρίσκο έκθεσης του πληθυσμού.

Σχόλια για INTERPHONE

WHO: *«Η διεθνής συγκεντρωτική ανάλυση των δεδομένων από τις 13 συμμετέχουσες χώρες δεν βρήκε αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης γλοιώματος ή μηνιγγίωμα για τη χρήση κινητών τηλεφώνων για περισσότερα από 10 χρόνια. Υπάρχουν ορισμένες ενδείξεις αυξημένου κινδύνου γλοιώματος για εκείνους που ανέφεραν περισσότερες συνολικά ώρες χρήσης κινητού τηλεφώνου, αν και δεν υπήρχε σταθερή τάση αύξησης του κινδύνου με μεγαλύτερη διάρκεια χρήσης. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι προκαταλήψεις και τα λάθη περιορίζουν την ισχύ των συμπερασμάτων αυτών και αποτρέπουν μια αιτιώδη ερμηνεία.»*

ICNIRP: *«Συνολικά, η μελέτη δεν διαπίστωσε αύξηση των κινδύνων για γλοιώμα ή μηνιγγίωμα σε σχέση με τη χρήση κινητού τηλεφώνου. ICNIRP συμφωνεί ότι οι προκαταλήψεις και τα λάθη στη μελέτη απέκλιναν την ύπαρξη αιτιώδους ερμηνείας των αποτελεσμάτων.»*

5.3.1.2 Έρευνες στον πληθυσμό

Σε μια μελέτη ασθενή/μάρτυρα (Stang κ.α 2009), προηγούμενα αποτελέσματα που υποδήλωναν κάποια σχέση μεταξύ της χρήσης κινητού τηλεφώνου και μελανώματος* δεν μπόρεσαν να επιβεβαιωθούν.

**Κακοήθης όγκος των μελανοκυττάρων: κύτταρα που παράγουν μελανίνη(φυσική χρωστική ουσία).*

Η συχνότητα των νευρολογικών ασθενειών αναλύθηκε σε Δανική μελέτη κοόρτης για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων (Schuz κ.α 2009). Η ομάδα αποτελείτο από 420.000 άτομα (85% άνδρες). Η Συχνότητα εμφάνισης της νόσου εκτιμήθηκε με βάση την εθνική βάση δεδομένων από το νοσοκομείο.

Ένα ελαφρώς υψηλότερο από το αναμενόμενο ποσοστό νοσηλείας για ίλιγγο (ζάλη) και ημικρανία αναφέρθηκε. Δεν βρέθηκαν αυξημένα ποσοστά για αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση*, σκλήρυνση κατά πλάκας** ή επιληψία***. Τα ευρήματα δεν υποδηλώνουν επιπλέον κίνδυνο νευρολογικών ασθενειών που οφείλονται στη χρήση των κινητών τηλεφώνων.

**Προοδευτική νευροεκφυλιστική πάθηση που επηρεάζει τα νευρικά κύτταρα στον εγκέφαλο και στην σπονδυλική στήλη.*

***Στη σκλήρυνση κατά πλάκας μέρος της μυελίνης (λιποειδής ουσία που περιβάλλει το νευράξονα και βελτιώνει την αποδοτικότητα με την οποία οι άξονες άγουν τα δυναμικά ενέργειας) των νευρών προσβάλλεται και ερεθίζεται.*

****Νευρολογική διαταραχή. Προκύπτουν από υπερβολική μη φυσιολογική νευρωνική δραστηριότητα στον εγκέφαλο.*

Σε μια άλλη Δανική μελέτη κοόρτης (Divan κ.α 2009) η χρήση των κινητών τηλεφώνων κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης σχετίζεται με ελαφρά, αλλά σημαντικά αυξημένα προβλήματα συμπεριφοράς στην ηλικία των επτά ετών. Διαταραχές που συνδέονται με την υπερκινητικότητα, τη συμπεριφορά, τις κοινωνικές σχέσεις, κλπ αξιολογήθηκαν με τα παιδιά των οποίων οι μητέρες χρησιμοποιούσαν κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης να έχουν την τάση να έχουν τα υψηλότερα ποσοστά πιθανοτήτων (OR).Ωστόσο, τα ευρήματα θα πρέπει σαφώς να αξιολογηθούν και σε άλλες μελέτες.

Μια συγχρονική μελέτη από 317 μαθητές ηλικίας περίπου 13 ετών έδειξε ταχύτερη ανταπόκριση αλλά λιγότερη ακρίβεια σε δοκιμασίες μάθησης και μνήμης που σχετίζονται με τη χρήση κινητού τηλεφώνου (Abramson κ.α 2009).

Σε μια συγχρονική έρευνα ερωτηματολογίου στη Νορβηγία (Møllerlokken κ.α 2008), η αυτοαναφερόμενη υπογονιμότητα (αποτυχία να συλλάβει μέσα σε 12 μήνες με πρόθεση εγκυμοσύνης) ήταν πιο συχνή μεταξύ των ανδρών που εργάζονταν σε τηλεπικοινωνίες ή ραντάρ (15-18% έναντι 9% μεταξύ αυτών που δεν εργάζονταν).

Λίγες μελέτες έχουν εκτιμήσει την επίδραση των RF πεδίων σχετικά με την ποιότητα του σπέρματος σε ανθρώπους. Ωστόσο, η έκθεση στους όρχεις υπό κανονικές συνθήκες χρήσης του κινητού τηλεφώνου φαίνεται πολύ μικρή. Υπάρχει σημαντική μεταβλητότητα στις παραμέτρους ποιότητας σπέρματος, γεγονός που καθιστά πιο δύσκολο να φανεί κάποιο αποτέλεσμα. Τα στοιχεία όσον αφορά την επίδραση των πεδίων RF για την ποιότητα του σπέρματος είναι αδύναμα και δεν επιτρέπουν αξιόπιστη αξιολόγηση της παρουσίας ή της απουσίας επίδρασης στην υγεία. Μερικά ενδεικτικά αποτελέσματα, αν και δεν είναι πολύ πειστικά, δίνουν ερέθισμα για περαιτέρω μελέτες με βελτιωμένες μεθόδους.

Μια Γερμανική συγχρονική μελέτη περιελάμβανε περίπου 30000 άτομα. Η Απόσταση τους από το σταθμό βάσης μετρήθηκε μέσω γεω-κωδικοποίησης, και κατηγοριοποιήθηκαν σε > 500 ή <500 μέτρα (Blettner, κ.α 2009).

Μια ελαφρώς υψηλότερη συχνότητα παραπόνων για την υγεία βρέθηκε μεταξύ των ανθρώπων που ζουν σε απόσταση λιγότερη των 500 μέτρων από το σταθμό βάσης. Άνθρωποι οι οποίοι ανησυχούν για δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε κινητά σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας ανέφεραν με υψηλότερη συχνότητα παράπονα για την υγεία.

Σε μια γερμανική μελέτη μετρήθηκε η RF έκθεση στα σπίτια μερικών από τους συμμετέχοντες και εκτιμήθηκαν οι ατομικές RF εκθέσεις από σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας και άλλες εξωτερικές πηγές (Berg-Beckhoff, κ.α 2009). Η μέτρηση της έκθεσης σε πεδία ραδιοσυχνοτήτων από τους σταθμούς βάσης δεν συσχετίστηκε με τα αυτοαναφερόμενα συμπτώματα στην υγεία.

Ωστόσο, τα άτομα που ανησυχούσαν για δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία από τους σταθμούς βάσης είχαν περισσότερα προβλήματα ύπνου και άγχους. Η σχεδίαση της μελέτης δεν μας επιτρέπει την αξιολόγηση των σχέσεων αιτίας-αποτελέσματος.

Σε μια πρόσφατη μετα-ανάλυση Khurana κ.α (2009) συμπέραναν ότι *«με τη χρήση ενός κινητού τηλεφώνου για περισσότερα από 10 χρόνια περίπου διπλασιάζεται ο κίνδυνος να διαγνωστούν όγκοι στον εγκέφαλο για το ίδια πλευρά του κεφαλιού που γίνεται η χρήση του κινητού τηλεφώνου»*. Παρά το γεγονός ότι οι συγγραφείς δήλωσαν ότι ενσωμάτωσαν 11 μακροπρόθεσμες επιδημιολογικές μελέτες στον τομέα αυτό στην πραγματικότητα μόνον 5 από τις μελέτες περιλήφθηκαν στην ποσοτική ανάλυση.

5.3.1.3 Έρευνες στους εργαζόμενους

Διαισθητικά, είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι η επαγγελματική έκθεση σε ραδιοσυχνότητες μπορεί να είναι ένα πολύ πιο σοβαρό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία από την έκθεση του γενικού κοινού, επειδή πολλοί εργαζόμενοι εκτίθενται σε καθημερινή βάση σε πολύ πιο έντονα πεδία RF, για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε να λαμβάνουν μία πολύ υψηλότερη "δόση"

Έως το 2005 δεκάδες μελέτες είχαν δημοσιευθεί, όμως υπήρχαν λίγες, αν υπήρχαν, ποιοτικά καλές εκτεταμένες επιδημιολογικές μελέτες σχετικά με την επαγγελματική έκθεση.

Οι περισσότερες από τις μελέτες που εξετάστηκαν από τους Ahlbom κ.α (2004) διεξήχθησαν στη δεκαετία του 1990 και στις αρχές της δεκαετίας του 2000 και είχαν πολλές μεθοδολογικές ελλείψεις. Τα κύρια ευρήματα των ερευνών αυτών ήταν σχετικά με νεοπλασίες, καρκίνο του εγκεφάλου, του μαστού, των όρχεων, του μελανώματος του οφθαλμού, καρκίνο του πνεύμονα, λευχαιμία αλλά και συχνότητα εμφάνισης του καταρράκτη, επιδράσεις στο καρδιακό σύστημα και στην αναπαραγωγή.

Σε μελέτη ασθενή-μάρτυρα της INTERPHONE (Berg κ.α, 2006) δεν βρέθηκε καμία σημαντική σχέση μεταξύ της επαγγελματικής έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες στους όγκους στον εγκέφαλο (OR για γλοιώμα 1.21 και 1.34 για μηνιγγίωμα αντίστοιχα, όχι τόσο σημαντικά στατιστικά).

5.3.1.4 Σχόλια και συμπεράσματα για τις επιδημιολογικές μελέτες

Επιτροπή Λατινικής Αμερικής (2010)

«Σε γενικές γραμμές, οι μελέτες συμπτωμάτων για την ποιότητα ζωής βρήκαν περισσότερα συμπτώματα ανάμεσα στα άτομα που ανησυχούν για την έκθεση από σταθμούς βάσης, επίσης υπάρχουν λίγες ενδείξεις για συσχέτιση μεταξύ μετρήσεων των επίπεδων RF και των αποτελεσμάτων.»

«Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την επιδημιολογία, φαίνεται ότι δεν υπάρχουν σαφείς αποδείξεις για έναν αυξημένο κίνδυνο καρκίνου και θνησιμότητας μεταξύ των χρηστών κινητών τηλεφώνων. Όσον αφορά την επίπτωση του καρκίνου, τα πρόσφατα αποτελέσματα της INTERPHONE μας πληροφορούν για απουσία οποιουδήποτε κινδύνου, μέχρι και 10 χρόνια συνεχούς χρήσης των κινητών τηλεφώνων. Αλλά δεδομένα για μακροχρόνια βαριά χρήση (Ο καρκίνος του εγκεφάλου μπορεί να έχει μεγάλες καθυστερήσεις εμφάνισης της τάξεως των 30 ετών η περισσότερο) εξακολουθούν να είναι ελλιπή.»

«Συμπεραίνουμε, λοιπόν ότι οι RF επιδημιολογικές μελέτες που έχουν δημοσιευθεί μέχρι στιγμής δεν έχουν δείξει επαληθεύσιμες δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία, και ότι οι πολλές μεθοδολογικές αδυναμίες, δεν επιτρέπουν σε ασφαλή συμπεράσματα.»

Ahlbom κ.α. 2009 (ICNIRP)

«Για τους αργής ανάπτυξης όγκους όπως μηνιγγίωμα και ακουστικό νευρίνωμα, καθώς και για γλοίωμα μεταξύ μακροχρόνιων χρηστών, η απουσία της συσχέτισης που αναφέρθηκε μέχρι τώρα έχει μικρότερη δυναμική, διότι η περίοδος παρατήρησης ήταν πολύ σύντομη.»

WHO/IARC (2008)

«Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι η μακροχρόνια βαριά χρήση του κινητού τηλεφώνου μπορεί να σχετίζεται με μέτρια αύξηση των κινδύνων για γλοιώματα, όγκων στον αδένα παρωτίδας και ακουστικά νευρίνωμα ωστόσο, οι ενδείξεις είναι αντικρουόμενες και ο ρόλος της προκατάληψης σε αυτές τις μελέτες δεν μπορεί να αποκλειστεί.»

5.3.1.5 Ζητήματα μεθοδολογίας

Οι επιδημιολογικές μελέτες αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες που χρειάζονται προσοχή κατά την διεξαγωγή τους ώστε να παρέχουν σωστά και καλύτερα αποτελέσματα. Μερικά ζητήματα είναι:

- 1) Είναι πολύ δύσκολο να εξεταστούν οι RF επιπτώσεις καθώς τα άτομα απορροφούν ακτινοβολία από πολλές πηγές με διαφορετικές συχνότητες.
- 2) Εκτίμηση της έκθεσης, πολλές έρευνες κάνουν θεωρητικούς υπολογισμούς με κριτήρια την εργασία και την απόσταση από τον σταθμό βάσης με αποτέλεσμα να μην εκτιμούν σωστά την έκθεση των ατόμων.
- 3) Εκτίμηση της ισχύος μετάδοσης, η ισχύς μετάδοσης αλλάζει ανάλογα με το σήμα και την απόσταση μας από την βάση.
- 4) Εκτίμηση διάρκειας χρήσης του κινητού για κλήσεις, η χρήση hands free ή ακόμα και η χρησιμοποίηση άλλου κινητού πέραν του δικού μας αλλάζει τα δεδομένα.
- 5) Για έρευνες μεγάλης διάρκειας έχουμε το ζήτημα αλλαγής της τεχνολογίας των κινητών καθώς αυτά τείνουν να έχουν μικρότερη ισχύ.
- 6) Αταίριαστες ομάδες, π.χ καθώς όλοι χρησιμοποιούν κινητό στις μέρες μας είναι δύσκολο να βρεις ομάδα που να μην χρησιμοποιεί κινητό παρά μόνο ηλικιωμένους που όμως έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά με την ομάδα που θέλουμε να συγκρίνουμε.
- 7) Μικρός αριθμός από ασθενείς κυρίως σε σπάνιες ασθένειες που επηρεάζει πολύ την στατιστική της έρευνας.

8) Τα άτομα πρέπει να έχουν κοινά χαρακτηριστικά για να είναι συγκρίσιμα αλλά πρέπει να υπάρχει ποικιλία δειγμάτων από διαφορετικές περιοχές.

9) Η εξέταση πολλών μεταβλητών περιέχει κινδύνους προκαταλήψεις καθώς συνήθως οι ερευνητές εστιάζουν στην ασθένεια με τα περισσότερα συμπτώματα.

10) Σε ασθένειες όπως ο καρκίνος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος που ξεκίνησε η ασθένεια μέχρι την εκδήλωση της.

11) Σφάλματα υπενθυμίσεως, π.χ δηλώνουν περισσότερο χρόνο χρήσης του κινητού.

5.3.1.6 Νέες έρευνες στον πληθυσμό

1) Μια συστηματική ανασκόπηση των επιδημιολογικών μελετών που δημοσιεύτηκαν μεταξύ Ιανουαρίου 2000 και Απριλίου 2011 διεξήχθη για να μελετήσει την σχέση μεταξύ της RF ακτινοβολίας και των μη ειδικών σωματικών συμπτωμάτων (αυτοαναφερόμενα, μη συγκεκριμένα συμπτώματα π.χ κούραση) στο γενικό πληθυσμό. (Baliatsas κ.α 2012)

Αυτή η συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση δεν βρήκε κανένα στοιχείο για άμεση συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας και της σοβαρότητας των μη ειδικών σωματικών συμπτωμάτων και των υψηλών επιπέδων της έκθεσης σε ΗΜΠ.

2) Μια μελέτη κοόρτης με 955 συμμετέχοντες ηλικίας μεταξύ 30 και 60 ετών μελέτησε την ποιότητα του ύπνου και ημερήσια υπνηλία (Mohler κ.α 2012). Σε ένα δείγμα από 119 συμμετέχοντες στη μελέτη, μετρήθηκε η RF έκθεση στην κρεβατοκάμαρα και τα δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά του ύπνου συλλέχθηκαν μέσω κινησιογραφίας κατά τη διάρκεια δύο εβδομάδων.

Δεν βρέθηκαν αποδείξεις για δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του ύπνου από την έκθεση RF στο καθημερινό περιβάλλον.

3) Τα ευρήματα από μία μελέτη σε ηλικιωμένους υποδεικνύουν ότι δεν υπάρχει επιβλαβής επίδραση από την RF ακτινοβολία αλλά ίσως να υπάρχει θετική επίδραση στην νοητική απόδοση και στη λειτουργικότητα. (Lim κ.α 2012)

4) Ερευνήσαν τον κίνδυνο της σκλήρυνσης κατά πλάκας (ΣΚΠ) μεταξύ όλων των κατοίκων της Δανίας που είχαν κινητό τηλέφωνο με συνδρομή πριν από το 1996 (Schuz κ.α 2012). Βρέθηκαν ελάχιστες ενδείξεις για μια έντονη σχέση μεταξύ χρήσης κινητού τηλεφώνου και του κινδύνου της σκλήρυνσης κατά πλάκας ή του ποσοστού θνησιμότητας μεταξύ των ασθενών με ΣΚΠ.

5) Τα αποτελέσματα από πέντε μελέτες INTERPHONE αναλύθηκαν : της Αυστραλίας, του Καναδά, της Γαλλίας, του Ισραήλ και της Νέας Ζηλανδίας. (Cardis κ.α 2011) Υπήρξαν εισηγήσεις αυξημένου κινδύνου εμφάνισης γλοιώματος σε μακροπρόθεσμη χρήση κινητών τηλεφώνων με υψηλή έκθεση σε ραδιοσυχνότητες και παρόμοια, αλλά μικρότερη, αύξηση κίνδυνου για μηνιγγίωμα. Η αβεβαιότητα όμως των αποτελεσμάτων αυτών προϋποθέτει ότι θα πρέπει να επαναληφθούν πριν μπορέσει να γίνει μια αιτιώδης ερμηνεία.

6) Οι Cherrie κ.α (2011) εξέτασαν τις τάσεις και τα ποσοστά των νεοδιαγνωσθέντων περιπτώσεων καρκίνου του εγκεφάλου στην Αγγλία μεταξύ 1998 και 2007. Δεν υπάρχουν διαχρονικές τάσεις στη συνολική συχνότητα των καρκίνων του εγκεφάλου των δύο φύλων, ή οποιαδήποτε συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα. Τα στοιχεία δεν δείχνουν επιτακτική ανάγκη να εφαρμοστεί μια αρχή προφύλαξης για το γενικό πληθυσμό για τη μείωση της έκθεσης RF από τα κινητά τηλέφωνα.

7) Στα προάστια της Σαγκάη, 1983 – 2007 ,ερεύνησαν τις διαχρονικές τάσεις στη συχνότητα εμφάνισης όγκων του εγκεφάλου και των νεύρων. Η μελέτη δεν υποστηρίζει τη σύνδεση μεταξύ της χρήσης κινητού τηλεφώνου και του αυξημένου κινδύνου όγκου του εγκεφάλου και των νεύρων. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης των όγκων τώρα και στο μέλλον, θεωρεί πως χρειάζεται αξιολόγηση των διαχρονικών τάσεων για μεγαλύτερο διάστημα.

8) Οι Poulsen κ.α (2011) διερεύνησαν το κίνδυνο των όγκων στο κεντρικό νευρικό σύστημα, μεταξύ των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας στη Δανία. Όλοι οι Δανοί ηλικίας ≥ 30 που γεννήθηκαν στη Δανία μετά το 1925, υποδιαιρέθηκαν σε συνδρομητές και μη συνδρομητές κινητών τηλεφώνων πριν από το 1995. Δεν υπήρχαν αυξημένοι κίνδυνοι των όγκων του κεντρικού νευρικού συστήματος, παρέχοντας ελάχιστες ενδείξεις για την ύπαρξη αιτιώδους σύνδεσης.

5.3.1.7 Έρευνες για επιδράσεις στα παιδιά

Το γεγονός ότι όλο και περισσότερα παιδιά και έφηβοι έχουν γίνει χρήστες κινητών τηλεφώνων έχει αυξήσει την ανησυχία για την υγεία, σε σημείο που οι δημόσιες αρχές σε ορισμένες χώρες έχουν θεσπίσει νομοθεσία που απαγορεύει σταθμούς βάσης κοντά σε σχολεία, κάτι που δεν έχει επιστημονική βάση (οι κεραιές έχουν πολύ μικρές πυκνότητες ισχύος και επιπλέον κατά ειρωνικό τρόπο ,η απαγόρευση της χρήσης των κινητών τηλεφώνων από τα παιδιά, δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο της νομοθεσίας). Έχει υποστηριχθεί από ορισμένους ερευνητές ότι τα παιδιά θα μπορούσαν να είναι πιο ευάλωτα σε RF, επειδή έχουν αναπτυσσόμενους οργανισμούς και στις δομές της κεφαλής τους θα μπορούσαν να διεισδύσουν πιο βαθιά τα πεδία ραδιοσυχνότητων.

Υπάρχουν λίγες επιδημιολογικές μελέτες σε παιδιά ο λόγος είναι ότι οι περισσότεροι καρκίνοι είναι εξαιρετικά σπάνιοι στους νέους και ότι οι επιδημιολογικές έρευνες που απαιτούν ανάκληση των πληροφοριών από χρήστες δεν είναι εύκολο να γίνει με τα παιδιά.

Οι Heinrich κ.α (2011) διερεύνησαν πιθανή συσχέτιση μεταξύ RF και χρόνιων συμπτωμάτων στην ποιότητα ζωής σε νεαρά άτομα χρησιμοποιώντας προσωπικά δοσίμετρα. 3022 παιδιά και έφηβοι επιλέχθηκαν τυχαία και προσωπικά δεδομένα χρόνιων συμπτωμάτων, κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά και στοιχεία για πιθανούς συγχυτικούς παράγοντες συλλέχθηκαν με συνέντευξη. Ένα 24 ώρο προφίλ έκθεσης ραδιοσυχνότητας δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας προσωπικά δοσίμετρα. Η μέτρηση της έκθεσης ήταν σε πολύ χαμηλότερα από τα τρέχοντα επίπεδα αναφοράς ICNIRP. Το πιο αναφερόμενο χρόνιο σύμπτωμα στα παιδιά και τους εφήβους ήταν η κόπωση. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης και των χρόνιων συμπτωμάτων.

Τα αποτελέσματα δεν δείχνουν τη σύνδεση μεταξύ της μετρούμενης έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας και χρόνιων συμπτωμάτων στην ποιότητα ζωής των παιδιών και των εφήβων. Μελλοντικές μελέτες για τη διερεύνηση πιθανών μακροπρόθεσμων επιπτώσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνότητας είναι απαραίτητες για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων.

Οι Osaki κ.α (2011) εξέτασαν τη σχέση μεταξύ της χρήσης των κινητών τηλεφώνων και τις διαταραχές στον ύπνο μεταξύ των ιαπώνων εφήβων. Αυτή η μελέτη σχεδιάστηκε ως μια συγχρονική έρευνα και συνολικά 94.777 ερωτηματολόγια υποβλήθηκαν σε ανάλυση.

Η μελέτη έδειξε ότι η χρήση των κινητών τηλεφώνων για κλήσεις και για την αποστολή μηνυμάτων κειμένου σχετίζεται με διαταραχές στον ύπνο μεταξύ των ιαπώνων εφήβων. Ωστόσο, υπήρξαν ορισμένοι περιορισμοί, όπως μικρά μεγέθη επίδρασης, σε αυτή τη μελέτη. Περισσότερες μελέτες που εξετάζουν τις λεπτομέρειες της συσχέτισης αυτής είναι αναγκαίες για να καθοριστούν οι στρατηγικές για την υγιεινή του ύπνου στο μέλλον.

Δύο διεθνείς μελέτες όγκων του εγκεφάλου στα παιδιά και τους εφήβους είναι σε εξέλιξη (CEFALO και MOBIKIDS).

Η πρώτη μελέτη ασθενών-μαρτύρων για τη χρήση κινητών τηλεφώνων και κινδύνου καρκίνου του εγκεφάλου στα παιδιά και τους εφήβους (CEFALO) δημοσιεύθηκε πρόσφατα. Παρατηρήθηκε αυξημένος κίνδυνος για βαριά χρήση κινητού τηλεφώνου. Χρειάζεται περαιτέρω παρακολούθηση των τάσεων συχνότητας εμφάνισης του όγκου του εγκεφάλου στη παιδική ηλικία.

Μια μελέτη ασθενών-μαρτύρων διεξήχθη στη Δανία, τη Σουηδία, τη Νορβηγία και την Ελβετία και περιλαμβάνει όλα τα παιδιά και τους εφήβους ηλικίας 7-19 ετών που είχαν διαγνωστεί με όγκο στον εγκέφαλο μεταξύ 2004 και 2008. Έγιναν συνεντεύξεις, πρόσωπο με πρόσωπο, με 352 ασθενείς και 646 άτομα ελέγχου και τους γονείς τους (CEFALO).

Οι τακτικοί χρήστες των κινητών τηλεφώνων δεν είχαν στατιστικά σημαντικά περισσότερες πιθανότητες να έχουν διαγνωστεί με καρκίνο του εγκεφάλου σε σχέση με τους μη χρήστες (OR = 1.36). Τα παιδιά που άρχισαν να χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα τουλάχιστον 5 χρόνια δεν είχαν αυξημένο κίνδυνο σε σύγκριση με αυτούς που δεν χρησιμοποίησαν τακτικά κινητά τηλέφωνα (OR = 1.26). Σε ένα υποσύνολο των συμμετεχόντων, ο κίνδυνος καρκίνου του εγκεφάλου συσχετιζόταν με το χρόνο που έχει παρέλθει από την έναρξη της συνδρομής του κινητού τηλεφώνου, αλλά όχι για το ποσό της χρήσης του. Δεν παρατηρήθηκε αυξημένος κίνδυνος των όγκων του εγκεφάλου, για τις περιοχές του εγκεφάλου που λαμβάνουν μεγαλύτερη ποσότητα έκθεσης.

Ευαισθησία των παιδιών στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Η ανησυχία σχετικά με την ευπάθεια των παιδιών στην ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων έχει αυξηθεί λόγω της δυνητικά μεγαλύτερης ευαισθησίας στο αναπτυσσόμενο νευρικό τους σύστημα. Τα παιδιά θεωρείται ότι είναι πιο ευαίσθητα στην RF ακτινοβολία καθώς ο ιστός του εγκεφάλου των παιδιών είναι πιο αγωγίμος και η διείσδυση ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το μέγεθος του κεφαλιού επίσης τα παιδιά θα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της έκθεσης από τους ενήλικες.

Βασικές διαφορές με ενήλικες.

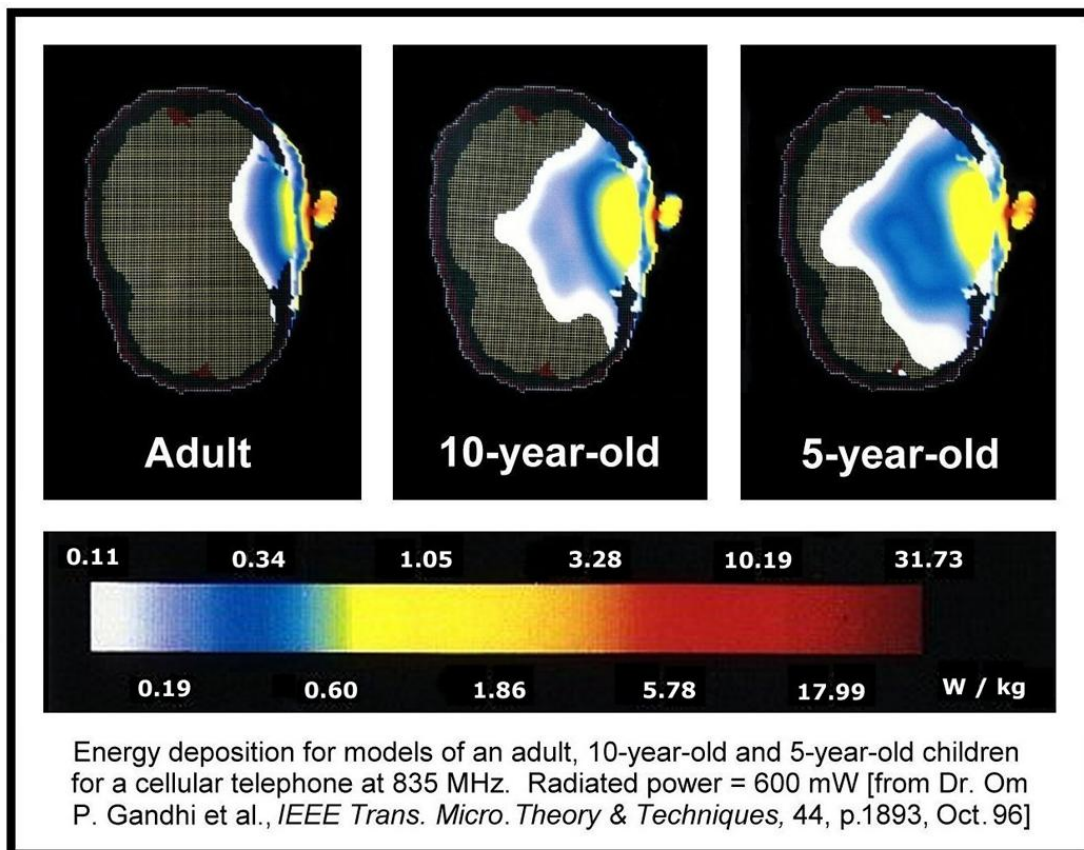
- Το μέγεθος της κεφαλής και το πάχος του κρανίου. Τα κρανία των νέων είναι μικρότερα και λεπτότερα από εκείνα των ενηλίκων, επιτρέποντας μεγαλύτερη διείσδυση ακτινοβολίας.
- Ελλιπής μυελίνη, ο σχηματισμός ενός προστατευτικού περιβλήματος γύρω από κάθε κύτταρο νευρών - είναι ατελής μέχρι αργά στην εφηβεία. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για την καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος.
- Αγωγιμότητα. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε νερό των εγκεφάλων των παιδιών τους καθιστά πιο αγωγίμους ηλεκτρικά από εκείνους των ενηλίκων.

Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι τα κεφάλια των παιδιών απορροφούν μέχρι και διπλάσια ενέργεια σε σύγκριση με ένα ενήλικα κατά την πραγματοποίηση κλήσης από κινητό και ότι η ενέργεια μπορεί να συγκεντρώνεται σε ορισμένες περιοχές της εγκεφάλου του παιδιού, με αποτέλεσμα έως 3 φορές μεγαλύτερη απορρόφηση σε αυτούς τους τομείς.

Στα ζώα έχει διαπιστωθεί ότι μεγαλώνοντας μειώνονται η αγωγιμότητα και η επιτρεπτότητα στο σώμα τους. Εάν αυτό μπορεί να αναχθεί στους ανθρώπους σημαίνει ότι τα παιδιά έχουν μεγαλύτερη απορρόφηση EPA από τους ενήλικες.

De Salles (2006)

«Φαίνεται ότι υπό παρόμοιες συνθήκες, ο EPA που υπολογίστηκε για τα παιδιά είναι υψηλότερος από ότι για τους ενήλικες. Όταν χρησιμοποιείτε το μοντέλο παιδιού ηλικίας 10 χρονών, οι EPA τιμές είναι υψηλότερες 60% από αυτές για τους ενήλικες.»



Εικόνα 5.1: Δείσδυση ακτινοβολίας κινητού τηλεφώνου (835MHz) για ανθρώπινα τα μοντέλα ενήλικα, παιδιού 5 και 10 χρόνων.

Συμπεράσματα σχετικά με τις έρευνες στα παιδιά

Τα παιδιά φαίνεται να είναι πιο ευάλωτα στις επιπτώσεις της ακτινοβολίας κινητών από τους ενήλικες. Οι μεγάλης κλίμακας επιδημιολογικές μελέτες δεν έχουν μελετήσει τα παιδιά, οδηγώντας σε σημαντικά κενά στην κατανόηση των διαφορών στο προφίλ των κινδύνων για τα παιδιά και ιδιαίτερα για την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Ωστόσο, τα πειραματικά δεδομένα δείχνουν σημαντικά αυξημένο κίνδυνο για τα παιδιά.

Ενώ μερικές επιδημιολογικές μελέτες βρίσκονται σε εξέλιξη σε μία προσπάθεια να διευκρινισθούν οι κίνδυνοι για τα παιδιά, μια μεγαλύτερη έμφαση σε αυτόν τον τομέα της έρευνας είναι αναγκαία.

Σημαντικές ερωτήσεις όπου η έρευνα σχετικά με τα παιδιά, θα πρέπει να απαντήσει περιλαμβάνουν:

- Εάν η έκθεση απορροφάται από τον εγκέφαλο ενός παιδιού είναι υψηλότερη από εκείνη που απορροφάται από ένα ενήλικα.
- Εάν ή όχι τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα λόγω του αναπτυσσόμενου νευρικού τους συστήματος.
- Εάν τα παιδιά είναι πιο ευάλωτα λόγω της πιθανώς μεγαλύτερης έκθεσης στην διάρκεια της ζωής τους.

5.4 Δοσιμετρικές έρευνες με ανθρώπινα μοντέλα

Η διείσδυση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ανθρώπινο σώμα, και κυρίως στο ανθρώπινο κεφάλι έχει εξεταστεί από πολλούς ερευνητές. Ορισμένες από αυτές τις έρευνες γίνονται με προσομοίωση από λογισμικό και κάποιες γίνονται με συστήματα μέτρησης όπως τα ανθρώπινα μοντέλα (φάντασμα) ή με συνδυασμό αυτών. Στις έρευνες που παρουσιάζονται παρακάτω εξετάζεται η κατανομή του EPA στο ανθρώπινο σώμα και κυρίως στο κεφάλι. Γίνεται σύγκριση αυτής με ανθρώπινα μοντέλα διαφόρων ηλικιών και παράλληλα μετράται η κατανομή της θερμοκρασίας στο σώμα ή το κεφάλι.

1) Οι Behari κ.α (Ινδία,2012) πραγματοποίησαν μετρήσεις του ειδικού ρυθμού απορρόφησης για τον έλεγχο συμμόρφωσης των προσωπικών 3G κινητών τηλεφώνων. Οι μετρήσεις έγιναν χρησιμοποιώντας ένα 3G κινητό τηλέφωνο 1718.5 MHz, σε ένα μοντέλο προσομοίωσης του εγκεφάλου και των μυών. Το συμπέρασμα είναι ότι οι τιμές του EPA εξαρτώνται από την θέση του κινητού τηλεφώνου και είναι πολύ κάτω από τα κριτήρια ασφαλείας που προβλέπονται για την έκθεση του ανθρώπου.

2) Οι Vermeeren κ.α (2012) αξιολόγησαν την ολόσωμη απορρόφηση σε ετερογενή ρεαλιστικά ανθρώπινα μοντέλα. Η μέθοδος εφαρμόστηκε για μοντέλο εξάχρονου αγοριού εκτιθέμενο σε ακτινοβολία 950 MHz. Αποδείχτηκε ότι η ολόσωμη απορρόφηση δεν διαφέρει σημαντικά για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες στα 950 MHz. Όμως τονίζουν ότι το ομογενές σφαιροειδές μοντέλο υποτιμά την απορρόφηση συγκριτικά με τα ρεαλιστικά ανθρώπινα μοντέλα και ότι η διακύμανση της απορρόφησης είναι μεγαλύτερη στα ρεαλιστικά μοντέλα λόγω της ετερογένειας των ιστών και του ακανόνιστου σχήματος αυτών.

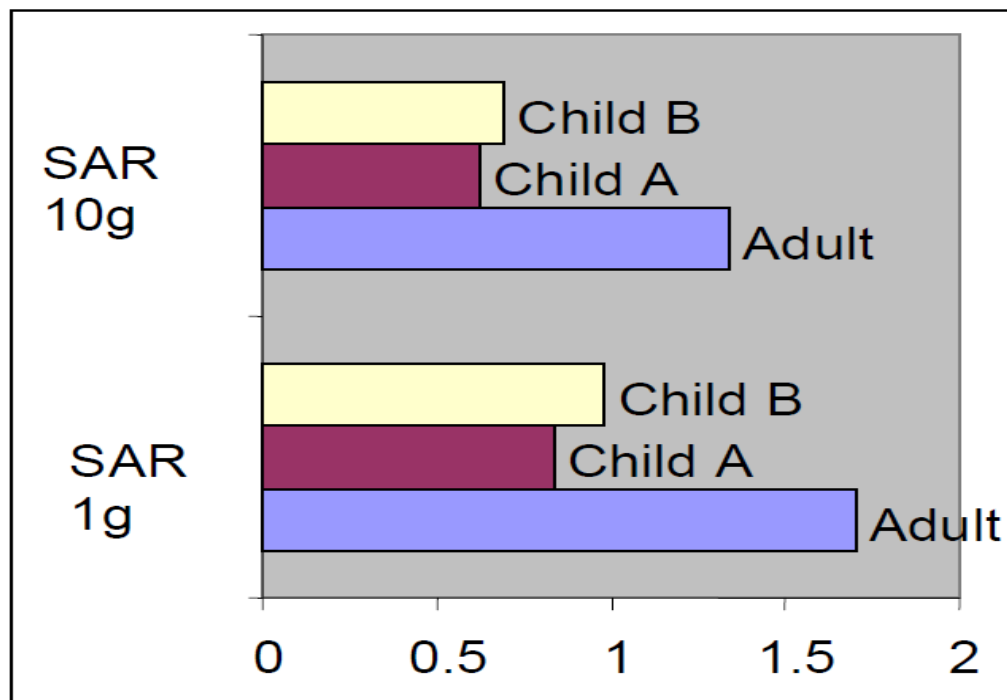
3) Οι Vermeeren κ.α (2010) υπολόγισαν τις τιμές ολόσωμου EPA και τις συνέκριναν για διάφορα σφαιροειδή ανθρώπινα μοντέλα. Οι υψηλότερες τιμές (στα 950MHz) παρατηρήθηκαν για μοντέλο παιδιού ενός χρόνου ακολουθούμενο από πεντάχρονο, δεκάχρονο, μέση γυναίκα και τέλος το μοντέλο του μέσου άνδρα. Όλες οι τιμές απορρόφησης ήταν κάτω από το βασικό περιορισμό, 0.08 W/Kg για το γενικό πληθυσμό.

4) Οι Keshvari j κ.α (Φιλανδία) διερεύνησαν τη διαφορά του EPA στο κεφάλι των παιδιών και των ενηλίκων με ρεαλιστικές πηγές ΗΜΠ. Τέσσερα μοντέλα κεφαλής χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη. Τα κινητά τηλέφωνα της Nokia 8310 και 6630 χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές έκθεσης σε 900MHz και 1747MHz. Το κύριο εύρημα της μελέτης ήταν ότι η κατανομή/μεταβολή του EPA εξαρτάται από την δομή της κεραίας (εξωτερική ή εσωτερική) και το μοντέλο του κινητού τηλεφώνου. Τα προηγούμενα ευρήματα σχετικά με το σημαντικό ρόλο της ανατομίας του κεφαλιού, της θέσης του τηλεφώνου, της συχνότητας και της τοπικής ανομοιογένειας ιστών στη διαφορά του EPA επιβεβαιώθηκαν. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι καμία συστηματική διαφορά μεταξύ των μοντέλων κεφαλής των παιδιών και των ενηλίκων δεν βρέθηκε.

5) Οι Luan Ahma κ.α (2010) με σκοπό την αξιολόγηση της έκθεσης σε κινητό τηλέφωνο έκαναν προσομοίωση σε ανθρώπινο μοντέλο κεφαλής (“SAM”). Το κεφάλι ακτινοβολήθηκε στα 900 MHz από κινητό ισχύος 250mw. Οι μετρήσεις έγιναν για τοπικό μέγιστο EPA με μέσο όρο ανά γραμμάριο και ανά 10 γραμμάρια με τιμές 2.1mw/g και 1.35mw/g αντίστοιχα. Μέγιστο EPA παρατηρήθηκε κοντά στο αυτί επίσης δεν έγινε διάκριση σε φύλο και ηλικία κάτι που πρέπει να μελετηθεί κυρίως για τα μάτια που θεωρούνται ευαίσθητα όργανα.

6) Οι Sabbah κ.α (2010) μελέτησαν την κατανομή του EPA στο ανθρώπινο κεφάλι από ηλεκτρομαγνητικό κύμα στα 900,1800,2400MHz. Παράλληλα με την δοσιμετρική ανάλυση έγινε και θερμική ανάλυση. Διαπιστώθηκε ότι η ανύψωση της θερμοκρασίας στην περιοχή του εγκεφάλου δεν ξεπέρασε τους 0.4 °C. Αυτή η τιμή είναι κατά πολύ χαμηλότερη από το όριο για αρνητικές θερμικές επιδράσεις στους νευρώνες που είναι 3.5 °C. Επίσης τα επίπεδα EPA ήταν χαμηλότερα από τα όρια ασφαλείας εκτός από το EPA στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό (csf, υγρό που προστατεύει τον εγκέφαλο) και στον ιστό του δέρματος. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν απλά αλλά τα αποτελέσματα ήταν πολύ κοντά σε αυτά που έχουν βρεθεί από μελέτες με πιο πολύπλοκα μοντέλα.

7) Οι Luan Ahma κ.α (2010) συνέκριναν την απορρόφηση ραδιοσυχνοτήτων στο κεφάλι παιδιού και ενήλικα. Προσομοιώθηκε η απορρόφηση από ένα ενήλικα και μετρήθηκε σε EPA ανά 1 και ανά 10 γραμμάρια. Οι μετρήσεις αυτές συγκρίθηκαν με μετρήσεις σε δύο διαφορετικά μοντέλα κεφαλής παιδιών. Το πρώτο (A) αναπαραστάθηκε με τις ίδιες ιδιότητες επιτρεπτότητας και αγωγιμότητας αλλά με 80% του μεγέθους της κεφαλής του ενήλικα. Το δεύτερο (B) αναπαραστάθηκε με 80% του μεγέθους κεφαλής του ενήλικα και αυξημένη κατά 20% επιτρεπτότητα και 25% αγωγιμότητα σε σύγκριση με του ενήλικα. Η ακτινοβολία ήταν 900MHz.

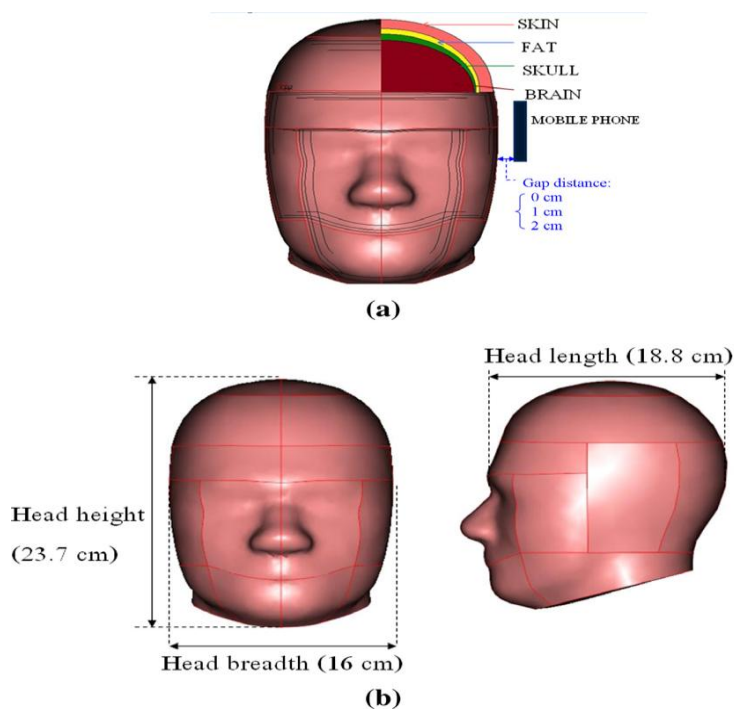


Σχήμα 5.1: Μέγιστος EPA στον ενήλικα και στα παιδιά A,B σε τιμές W/kg.

Τα αποτελέσματα ποτέ δεν ξεπέρασαν τα επιτρεπόμενα όρια ασφαλείας και έδειξαν μεγαλύτερη απορρόφηση στο παιδί Β συγκριτικά με το Α κάτι που ήταν αναμενόμενο. Τα παιδιά δεν έδειξαν μεγαλύτερη απορρόφηση από τον ενήλικα κάτι που μπορεί να εξηγηθεί κάπως διότι δεν λήφθηκαν υπόψη όλες οι διαφορετικές παράμετροι που μπορεί να επηρεάσουν την κατανομή ΕΡΑ όπως σχήμα κεφαλής, αναπαράσταση κινητού (δεν είναι τέλεια αγωγίμο κουτί όπως υποτέθηκε), κ.τ.λ. Επίσης περισσότερα μοντέλα κινητών και πιο πολύπλοκα μοντέλα παιδιών πρέπει να μελετηθούν.

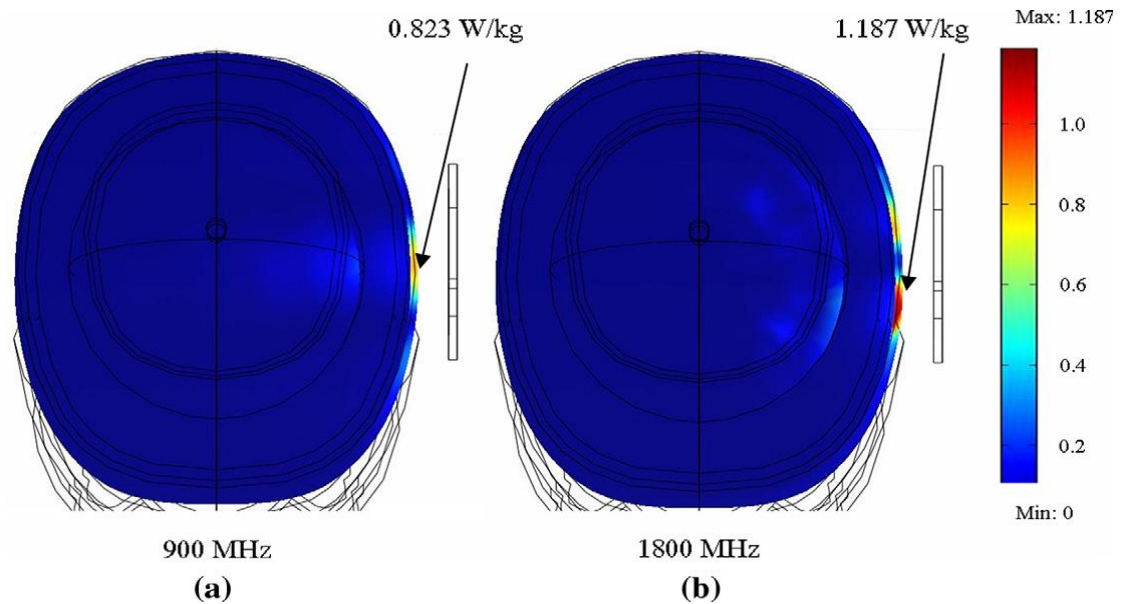
Συμπερασματικά η μοντελοποίηση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ανθρώπινο σώμα γενικά και το σώμα του παιδιού ειδικότερα, είναι ένα περίπλοκο θέμα και πρέπει να γίνει περισσότερη δουλειά για να απαντηθούν τα ερωτηματικά που προκύπτουν από την τρέχουσα έρευνα και να γίνει αποκλειστική προσέγγιση της έκθεσης στην πραγματική ζωή.

8) Οι Teerapot Wessapan κ.α (2011) παρουσίασαν μία αριθμητική ανάλυση της κατανομής του ΕΡΑ και της θερμοκρασίας σε ένα ανθρώπινο μοντέλο κεφαλής εκτεθειμένο σε 900 και 1800 MHz. Η μελέτη επικεντρώθηκε σε κάθε ιστό χωρίζοντας το ανθρώπινο μοντέλο σε επίπεδα (δέρμα, λίπος, κρανίο, εγκέφαλος).

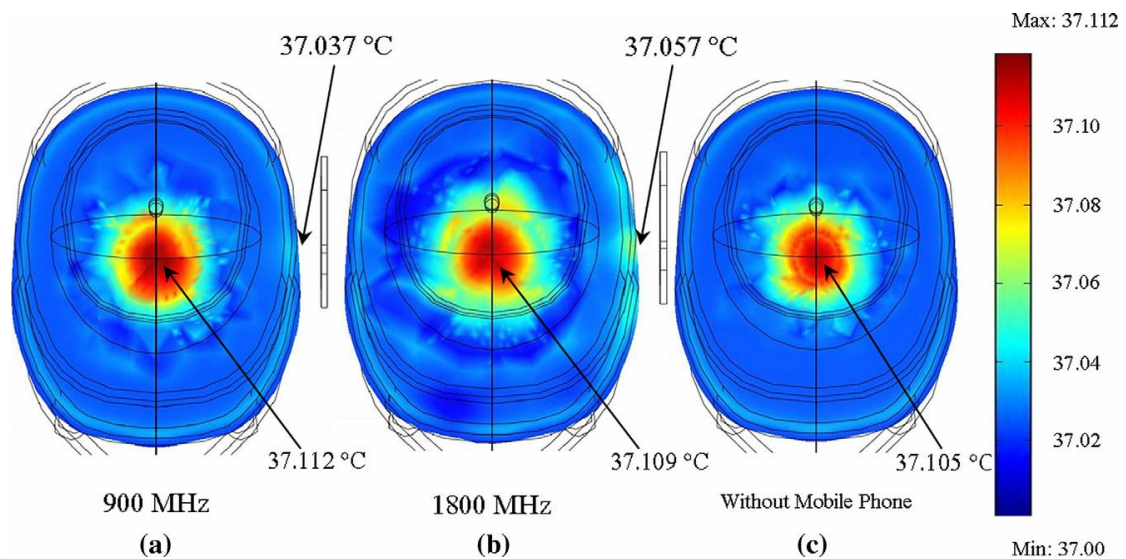


Εικόνα 5.2: Τα διάφορα επίπεδα και οι διαστάσεις στο ανθρώπινο μοντέλο.

Τα αποτελέσματα πάρθηκαν για απόσταση ένα εκατοστό από το κεφάλι και έδειξαν ότι το δέρμα έχει μεγαλύτερη απορρόφηση συγκριτικά με τα άλλα επίπεδα και ότι στα 1800 MHz υπάρχει μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας συγκριτικά με τα 900MHz (εκτός από το επίπεδο του εγκεφάλου). Οι μέγιστες τιμές EPA φαίνονται στην εικόνα 5.3 και είναι κάτω από τα όρια ασφαλείας. Όσον αφορά την αύξηση στις θερμοκρασίες (εικόνα 5.4) είναι πολύ χαμηλότερη από την αύξηση που μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιδράσεις η οποία είναι 3.5 °C. Όμως μικρότερη απόσταση από το κεφάλι οδηγεί σε υψηλότερες τιμές EPA και θερμοκρασίας.



Εικόνα 5.3: Κατανομή EPA (W / kg) σε ανθρώπινο κεφάλι που εκτέθηκε σε ισχύς των $1W$ στις συχνότητες των (α) 900 MHz και (β) 1,800 MHz, με απόσταση 1 cm κενό.

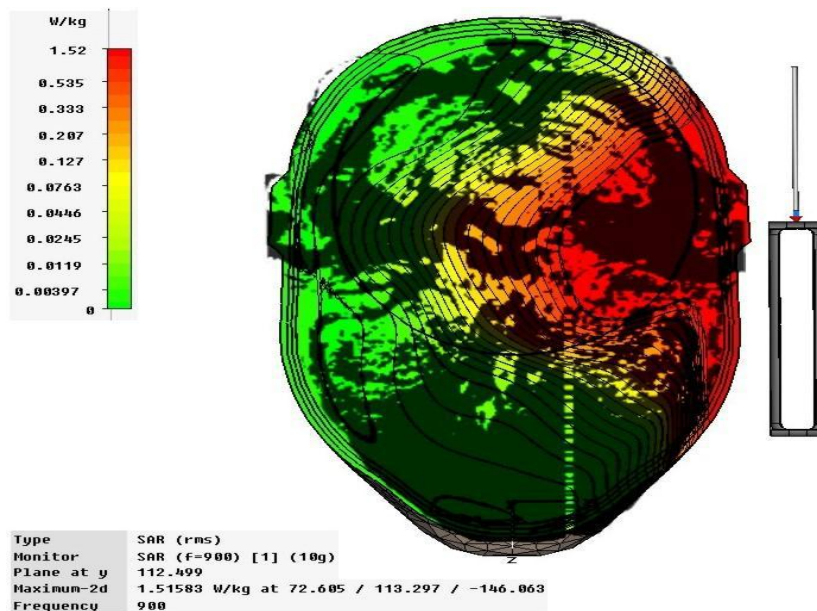


Εικόνα 5.4: Η κατανομή θερμοκρασίας στο ανθρώπινο κεφάλι που εκτέθηκε σε ισχύς των $1W$ με απόσταση διακένου 1 cm για 30 λεπτά. (Α) Στη συχνότητα των 900 MHz. (β) στο συχνότητα των 1800 MHz. (Γ) χωρίς κινητό τηλέφωνο.

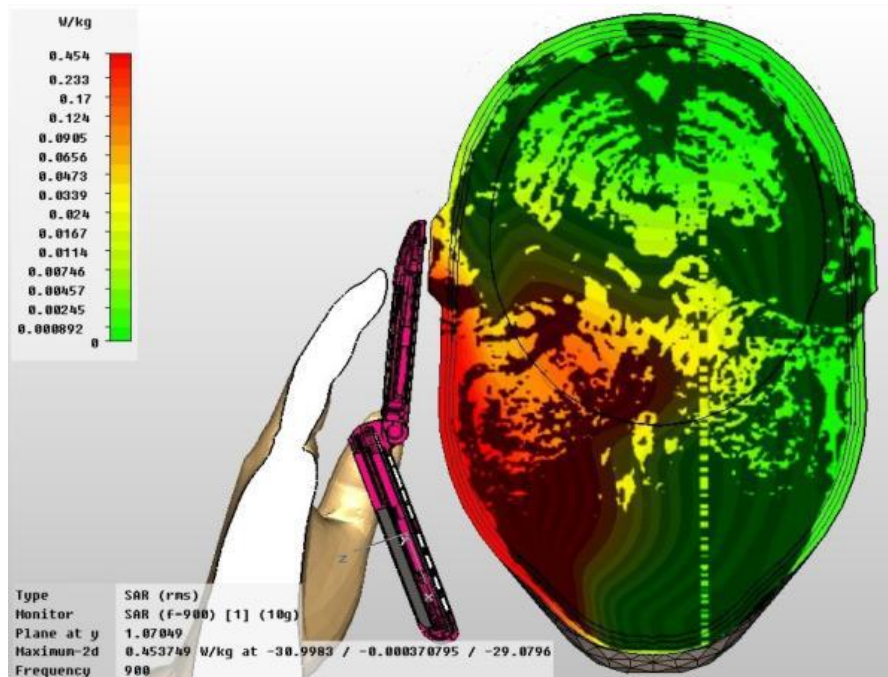
Συμπερασματικά η τοποθεσία με το μέγιστο EPA δεν είναι απαραίτητα το σημείο με την μέγιστη θερμοκρασία λόγω των διαφόρων μηχανισμών ηλεκτρομαγνητικής διάδοσης και της μετάδοσης της θερμότητας. Άρα η ταυτόχρονη μελέτη της κατανομής θερμοκρασίας με το EPA είναι προτιμότερη για την καλύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας στους ανθρώπους.

9) Οι Asma Lak κ.α (Ιράν, 2012) εκτίμησαν την κατανομή του EPA σε ανθρώπινο μοντέλο έξι επιπέδων συγκριτικά με απλό μοντέλο ενός επίπεδου. Τα αποτελέσματα δείχνουν μικρότερη απορρόφηση στο απλό μοντέλο κάτι που υποδεικνύει την ακαταλληλότητα του για τις μετρήσεις αυτές καθώς δεν μπορεί να προσομοιώσει σωστά και με ακρίβεια το ανθρώπινο κεφάλι. Συνεπώς ο σχεδιασμός καλύτερων μοντέλων είναι απαραίτητος για τη μελέτη των επιδράσεων των ραδιοσυχνοτήτων στους ανθρώπους.

10) Οι Dejan krstic κ.α (Σερβία ,2011) παρουσίασαν την κατανομή του EPA σε ανθρώπινο μοντέλο κεφαλής για δύο διαφορετικές θέσεις χρήσης του κινητού.



Εικόνα 5.5: EPA κανονικοποιημένο σε 10 γραμμάρια περίπτωση Α.



Εικόνα 5.6: EPA κανονικοποιημένο σε 10 γραμμάρια περίπτωση B.

Παρατήρησαν ότι το EPA και στις δύο περιπτώσεις βρισκόταν κάτω από τα όρια ασφαλείας καθώς και ότι στην B περίπτωση η μέγιστη απορρόφηση ενέργειας ήταν μικρότερη. Επίσης διαπιστώθηκε ότι ο ιστός που εκτέθηκε περισσότερο στην ακτινοβολία και στις δύο περιπτώσεις ήταν η επίφυση και οι δομές που την περιβάλλουν. Είναι αποδεδειγμένο ότι χρόνια έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία οδηγεί σε μείωση της έκκρισης της μελατονίνης από την υπόφυση που με την σειρά του οδηγεί σε καταστάσεις οξειδωτικού στρες.

11) Οι J.Wiart κ.α (Γαλλία,2008) ανέλυσαν το μέγιστο EPA ανά 1 και 10 γραμμάρια σε επτά διαφορετικά μοντέλα κεφαλής παιδιών και έξι ενηλίκων. Οι συχνότητες της ακτινοβολίας ήταν 900,1800,2100 και 2400MHz. Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις που έγιναν ανά 10 γραμμάρια ο μέγιστος EPA σε παιδιά και ενήλικες ήταν περίπου ο ίδιος όμως ανά 1 γραμμάριο ο μέγιστος EPA στους περιφερειακούς ιστούς του εγκεφάλου βρέθηκε περίπου διπλάσιος για παιδιά 5-8 ετών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μοντέλα κάτι που εξηγείται λόγω του λεπτότερου δέρματος και κρανίου. Από την παρούσα μελέτη συμπεράναν ότι ο μέγιστος EPA που απορροφάται από την ίδια πηγή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφολογία του ανθρώπου με διαφορές που φτάνουν ακόμη και το 50% σε μετρήσεις ανά 1 γραμμάριο.

12) Οι Kanako Wake κ.α (Ιαπωνία) μέτρησαν την κατανομή του EPA σε μοντέλο κεφαλής παιδιού από την Ιαπωνία και το σύγκριναν με μοντέλο ενήλικα. Τα αποτελέσματα έδειξαν μικρότερο EPA στο μοντέλο του παιδιού ωστόσο χρειάζεται η εκτίμηση για περισσότερα μοντέλα κινητών.

13) Οι Adel.Z κ.α (2010) ανέλυσαν τον ΕΡΑ που εισάγεται σε μοντέλα ανθρώπινης κεφαλής διαφόρων μεγεθών από κινητά τηλέφωνα στα 900 και 1800 MHz. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μέγεθος του κρανίου επηρέασε το μέγιστο ΕΡΑ με αυξητική τάση όσο το κρανίο μειωνόταν όμως οι τιμές του ΕΡΑ ήταν κατά πολύ κάτω από τα όρια ασφαλείας.

Συνολικά οι μελέτες που παρουσιάστηκαν υποστηρίζουν ότι ο μέγιστος ΕΡΑ για διάφορες συνθήκες δεν ξεπερνά τα όρια ασφαλείας για το γενικό πληθυσμό, σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα έχει κατά πολύ μικρότερες τιμές. Ωστόσο αυτό δεν αποκλείει τις αρνητικές επιδράσεις ύστερα από χρόνια έκθεση σε σημεία που απορροφούν περισσότερη ενέργεια όπως γύρω από την επίφυση.

Σχετικά με την σύγκριση απορρόφησης ενήλικα και παιδιού τα αποτελέσματα είναι αντιφατικά ωστόσο η γενική τάση είναι ότι τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα και μάλιστα έρευνα έδειξε ότι παιδιά με ηλικίες 5-8 ετών μπορεί να έχουν ακόμη και διπλάσιες τιμές ΕΡΑ σε σύγκριση με τους ενήλικες.

Από την Θερμική ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη αύξηση θερμοκρασίας είναι κατά πολύ μικρότερη από τους 3.5°C που θεωρείται το όριο για θερμικές επιδράσεις, επίσης προκύπτει ότι η μέγιστη αύξηση θερμοκρασίας δεν ταυτίζεται πάντα με το σημείο που βρίσκεται ο μέγιστος ΕΡΑ. Ταυτόχρονη θερμική και δοσιμετρική μελέτη πρέπει να γίνει για καλύτερη κατανόηση της απορρόφησης ακτινοβολίας από τον άνθρωπο.

Τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα με την πηγή (κινητό τηλέφωνο) και το ανθρώπινο μοντέλο, κινητά με εξωτερική κεραία είχαν μεγαλύτερο ΕΡΑ σε σύγκριση με αυτά που έχουν εσωτερική.

Συμπερασματικά η μοντελοποίηση ανθρώπων και η μελέτη απορρόφησης του ΕΡΑ είναι μια πολύπλοκη διαδικασία με πολλά μεθοδολογικά ζητήματα όπως η τελειοποίηση των μοντέλων ώστε να είναι πιο ρεαλιστικά, η εξάρτηση του ΕΡΑ από τη μορφολογία της κεφαλής, το μοντέλο του κινητού, την απόσταση και θέση ομιλίας κ.τ.λ. Περισσότερες έρευνες στον τομέα αυτό χρειάζεται να γίνουν με μελέτη περισσότερων και πιο σύγχρονων κινητών και καλύτερων μοντέλων (ομοιώματα), ώστε να κατανοηθεί καλύτερα η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο.

5.5 Έμμεσες επιδράσεις της RF ακτινοβολίας: Παρεμβολές στη λειτουργία ιατρικών συσκευών

Η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC), δηλαδή ο διαχωρισμός του φάσματος ραδιοσυχνότητων και η προσαρμογή τεχνικών και μέτρων για την αποφυγή παρεμβολών από μία RF συσκευή εκπομπής, σε μια δυνητικά ευαίσθητη σε ραδιοσυχνότητες, υπήρξε μια σημαντική ενασχόληση του κλάδου των τηλεπικοινωνιών. Ο κλάδος ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική παρεμβολών (EMI).

Η πιθανότητα ότι τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα θα μπορούσαν να επηρεαστούν αρνητικά από την RF που εκπέμπεται από τις κεραιές των σταθμών βάσης και των κινητών τηλεφώνων όταν είναι κοντά συζητήθηκε στη δεκαετία του 1990, με πολλές μηχανικές και κλινικές δοκιμές σε όλο τον κόσμο.

Αρχικά θεωρήθηκε μια σπάνια περίπτωση δεδομένου ότι μόνο 5 εκθέσεις στην MAUDE FDA (βάση δεδομένων των αρνητικών επιπτώσεων της EMI για τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα) είχαν αναφερθεί από 1993 (<http://www.fda.gov/cdrh/maude.html>), καμία από τις οποίες δεν θα μπορούσε να αποδοθεί στην εγγύτητα μιας συσκευής τηλεπικοινωνιών.

Οι αρχικές μελέτες σύντομα τεκμηρίωσαν ότι οι αρνητικές επιπτώσεις της EMI ήταν πράγματι δυνατόν να συμβούν, τουλάχιστον για τις συσκευές σε στενή γειτνίαση με ιατρικές συσκευές της δεκαετίας του 80.

Η συνεχιζόμενη εκρηκτική αύξηση της χρήσης των κινητών τηλεφώνων τόσο εντός όσο και εκτός των εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης ήταν επίσης ένα σημαντικό κίνητρο για τις μελέτες αυτές, διότι θα μπορούσε να αυξήσει τη συχνότητα εμφάνισης των μέχρι τότε-σπάνιων γεγονότων EMI.

Λόγω του εξαιρετικά χαμηλού επιπέδου των σημάτων από τους σταθμούς βάσης, οι περισσότερες από τις πειραματικές μελέτες επικεντρώθηκαν στην EMI για κινητά τηλέφωνα.

Οι ιατρικές συσκευές που θα μπορούσαν, θεωρητικά, να είναι ευαίσθητες σε ραδιοσυχνότητες που εκπέμπονται από κινητά τηλέφωνα σε κοντινή απόσταση είναι πολλές. Για παράδειγμα:

- Εμφυτευμένες: βηματοδότες, τεχνητοί κοχλίες, κλπ.
- Φορετές: βοηθήματα ακοής, συσκευές παρακολούθησης ασθενή, κλπ.
- Εξωτερικές: εξοπλισμός παρακολούθησης του σήματος, αναισθησιολογικά μηχανήματα, καταγραφικά σήματος (Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, κλπ.), τερματικά απεικόνισης, κ.λ.π

Δύο είδη έρευνας έχουν διεξαχθεί: *in vivo* με εμφυτευμένες ή φορετές συσκευές, και *in vitro*, με εξωτερικές συσκευές. Σε αμφότερες τις καταστάσεις, ήπια έως εξαιρετικά έντονα συμβάντα παρεμβολών παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια δοκιμών υπό εργαστηριακές και κλινικές συνθήκες, όπως η αιφνίδια δυσλειτουργία των βηματοδοτών, πολλά από τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν σοβαρή βλάβη ή ακόμα και θάνατο σε μια πραγματική περίπτωση.

Έρευνες μέχρι το 2007

Σε μία μελέτη που διεξήγαγε η Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency, (MHRA), μόνο το 4% των κινητών συσκευών προκάλεσαν παρεμβολές σε λιγότερο από 1m απόσταση, με το πολύ μικρό 0.1% αυτών να θεωρούνται σοβαρές. Εκείνη την εποχή, οι περισσότερες συσκευές που εξετάστηκαν ήταν αναλογικές, και ως εκ τούτου είχαν μεγαλύτερη ισχύ από ότι τα πρόσφατα ψηφιακά μοντέλα.

Οι πρώτες έρευνες σχετικά με την EMI σε βηματοδότες πραγματοποιήθηκαν το 1995-1997. Βρέθηκαν αποτελέσματα για επίδραση των κινητών σε διάφορα μοντέλα βηματοδοτών όμως...

«Η δυσλειτουργία του βηματοδότη ήταν εντελώς προσωρινή, επιστρέφοντας στο φυσιολογικό μετά την χρήση του κινητού τηλεφώνου, η μέγιστη απόσταση επίτευξης EMI ήταν μόνο 10 εκατοστά» Barbaro κ.α (1995).

«Η μέγιστη απόσταση που προκάλεσε EMI επιδράσεις ήταν μικρότερη από 20 cm. Αυτό οδήγησε στη σύσταση ότι οι ασθενείς με βηματοδότη πρέπει να χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο με την ετερόπλευρη πλευρά του κεφαλιού σε σχέση με την πλευρά του εμφυτεύματος, καθώς αυτό εξασφαλίζει την απαιτούμενη απόσταση ασφαλείας.» Irnich κ.α(1996).

«Σημαντικές επιδράσεις βρέθηκαν μόνο στο 1.7% και μόνο όταν το τηλέφωνο ήταν πάνω από την συσκευή και όχι στο αυτί.» Hayes κ.α (1997).

Μετά τις πρώτες έρευνες όπου βρέθηκαν επιδράσεις (1995-1997) οι ρυθμιστικοί οργανισμοί άρχισαν να εξετάζουν προσεκτικά το θέμα της EMI σχετικά με τις συσκευές κινητής τηλεφωνίας και αναγνωρίζοντας τους πιθανούς κινδύνους, άρχισαν να δημοσιεύουν πολλές τεχνικές εκθέσεις, κατευθυντήριες γραμμές και συστάσεις προς τους επαγγελματίες και το ευρύ κοινό σχετικά με το θέμα. Αυτές αργότερα αποδείχθηκαν ότι είναι περιττές, δεδομένου κυρίως λόγω της εξέλιξης των τεχνολογιών και της υιοθέτησης φιλτραρίσματος και μέτρων προστασίας από τους κατασκευαστές ιατρικού εξοπλισμού.

Τα νεότερα μοντέλα των εμφυτεύσιμων συσκευών καθώς και η τεχνική εξέλιξη των κινητών τηλεφώνων, τα οποία εκπέμπουν σε πολύ χαμηλή ισχύ, έχουν πλέον πρακτικά εξαλείψει ή μειώσει σημαντικά το κίνδυνο σοβαρής παρεμβολής.

Στην πραγματικότητα, η χρήση των κινητών εντός των νοσοκομείων σε όλο τον κόσμο έχει γίνει εξαιρετικά κοινή, χωρίς να υπάρχουν επεισόδια.

Πρόσφατα διάφοροι οργανισμοί όπως ο Π.Ο.Υ κ.α αναγνώρισαν ότι συνολική απαγόρευση των συσκευών επικοινωνίας στα νοσοκομεία είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί καθώς πλέον υπάρχουν πάρα πολλές συσκευές που εκπέμπουν ασύρματα και πολύς κόσμος που είναι απρόθυμος να τις απενεργοποιήσει εντός του νοσοκομείου, αλλά το κυριότερο είναι ότι πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι το χαμηλό ρίσκο από την χρήση κινητών τηλεφώνων αντισταθμίζεται με σημαντική μείωση στα ιατρικά σφάλματα που προκύπτει από την επικοινωνία των μέσω κινητών.

Οι νέες τεχνολογίες όπως η χρήση συσκευών επικοινωνίας, χαμηλής ισχύος μεταξύ του ιατρικού προσωπικού και η χρήση του VoIP (Voice over Internet Protocol) που χρησιμοποιεί πολύ χαμηλή ισχύ με WiFi δίκτυα επικοινωνίας δίνουν μια λύση στο ζήτημα επικοινωνίας στα νοσοκομεία.

Σε πιο πρόσφατες έρευνες (2004-2007) βρέθηκαν μειωμένες μικρής δυναμικής επιδράσεις σε σύγκριση με τις αρχικές έρευνες, οι οποίες συνέβησαν για απόσταση μικρότερη του 1μ από το κινητό.

«Για κινητά 3^{ης} γενιάς η απόσταση για παρεμβολές περιορίστηκε στα 3 εκατοστά με μόνο ένα περιστατικό σε απόσταση μεγαλύτερη του 1 μέτρου.» Lieshout κ.α (2007).

«Καμία επικίνδυνη δυσλειτουργία δεν βρέθηκε σε οποιαδήποτε από τις 14 μελέτες που αναλύθηκαν, οι περισσότερες μελέτες σημείωσαν παρεμβολή στη λειτουργία της συσκευής, όταν το τηλέφωνο λειτούργησε πολύ κοντά στην συσκευή.» Francis & Niehaus (2006).

«Η αύξηση της χρήσης των κινητών τηλεφώνων και η συνεχώς μεταβαλλόμενη τεχνολογία στην επικοινωνία απαιτούν συνεχή επαγρύπνηση από τους κατασκευαστές συσκευών, τα νοσοκομεία και τους χρήστες των συσκευών, για την πρόληψη δυνητικά επικίνδυνων περιστατικών που οφείλονται σε EMI.» Gladman & Lapinsky (2007).

Συνολικά οι έρευνες συνιστούν περιορισμό της χρήσης κινητών τηλεφώνων στα νοσοκομεία, με τη χρήση μεγαλύτερη από 1 m από τον εξοπλισμό να είναι η πλέον κοινή και χρήση των κινητών σε δημόσιους χώρους χωρίς περιορισμό καθώς οι παρεμβολές είναι ελάχιστες.

Συμπεράσματα-Συστάσεις για τις έμμεσες επιδράσεις

Επιστημονική ανασκόπηση στην Λατινική Αμερική (2010)

- Οι τεχνολογίες χαμηλής ισχύος και το φάσμα συχνοτήτων που χρησιμοποιείται από αυτές σήμερα όπως τα κινητά τηλέφωνα, καθώς και τα ηλεκτρονικά φίλτρα που έχουν εγκατασταθεί στις σύγχρονες ιατρικές συσκευές έχουν μειώσει σχεδόν στο μηδέν την πιθανότητα εμφάνισης EMI κινδύνων, όταν χρησιμοποιούνται κανονικά.
- Οι μεγάλοι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας έξω από ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης, ή μικρότερες κεραιές μέσα στο ίδρυμα έχουν σήμερα πολύ χαμηλή ισχύ για να προκαλέσουν οποιαδήποτε σημαντική παρεμβολή με όλα τα είδη των ιατρικών συσκευών.
- Κλινικά σχετικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές με ιατρικές συσκευές είναι απίθανο να συμβούν, ιδιαίτερα όταν τηρείται μια ελάχιστη απόσταση 0,3 m για εμφυτευμένες συσκευές, και 0,5 m για εξωτερικό ιατρικό εξοπλισμό.

- Ως εκ τούτου, επιστημονικά και τεχνικά δεν υπάρχει προς το παρόν κανένας περιορισμός σχετικά με τη χρήση κινητών τηλεφώνων σε κάθε τομέα ιδρυμάτων παροχής υγειονομικής περίθαλψης, και δεν είναι απαραίτητη η γενική πολιτική απαγόρευσης της. Ραδιοεπικοινωνίες και συσκευές οι οποίες μπορεί να έχουν ένα υψηλότερο κίνδυνο παρεμβολών, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με μέτρο και μόνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- Οι ασθενείς με εμφυτευμένο βηματοδότη και παρόμοιες συσκευές θα πρέπει μιλάνε στο κινητό με την ετερόπλευρη πλευρά του εμφυτεύματος, και να χρησιμοποιούν πάντα τα νεότερα χαμηλής ισχύος ψηφιακά μοντέλα κινητών.
- Τα ιδρύματα υγείας θα πρέπει να ενθαρρύνονται να διενεργούν έρευνες και να τηρούν αρχεία για τις περιοχές και τον εξοπλισμό με υψηλό ρίσκο EMI, και ανάλογα να επιβάλλουν πολιτικές παρακολούθησης και περιορισμό της χρήσης.
- Τα ιδρύματα υγείας θα πρέπει να ενθαρρύνονται να ξεχωρίσουν και να σηματοδοτούν περιοχές όπου οι επισκέπτες και το προσωπικό θα είναι ελεύθερο να κάνει χρήση του κινητού.
- Περαιτέρω μείωση των πιθανών επιπτώσεων EMI για τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα μπορεί να είναι επιτευχθεί με την εγκατάσταση ειδικών χαμηλού κινδύνου συστημάτων ασύρματης επικοινωνίας μέσα σε ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης τα οποία θα προορίζονται για την επικοινωνία του προσωπικού.
- Εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού για τους κινδύνους EMI.
- Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται οι ειδικοί θα πρέπει να δοκιμάζουν τις νέες τεχνολογίες για πιθανά EMI.
- Ενημέρωση του κοινού για τον κίνδυνο των EMI.

5.6 Σχόλια και συμπεράσματα για τις έρευνες

European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure (EFHRAN,2010)

Τα αποτελέσματα της ανασκόπησης για τις RF ακτινοβολίες κινητών και σταθμών βάσεις.

Είδος μελέτης	Αποδεικτικά στοιχεία
Καρκίνος -Γονοτοξικές επιδράσεις In vitro In vivo -Μη Γονοτοξικές επιδράσεις In vitro In vivo	Περιορισμένα στοιχεία Έλλειψη στοιχείων Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία
Νευρικό σύστημα -Αιματοεγκεφαλικός φραγμός -Απόκριση στο Άγχος -Γενετική έκφραση -Νευροεκφυλιστική ασθένεια -Νευρογένεση -Συμπεριφορά -In vitro	Έλλειψη στοιχείων Περιορισμένα στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία Περιορισμένα στοιχεία
Ανάπτυξη και αναπαραγωγή -Ανάπτυξη και τερατολογία -Αναπαραγωγή -In vitro	Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία
Διάφορα -Ακουστικό σύστημα -Ανοσολογία In vivo In vitro	Έλλειψη στοιχείων Ανεπαρκή στοιχεία Ανεπαρκή στοιχεία

Πίνακας 5.1: Τα αποτελέσματα της ανακόπησης για τις RF ακτινοβολίες κινητών και σταθμών βάσεις (EFHRAN,2010).

Έλλειψη στοιχείων:

- Όταν δεν έχουν αναφερθεί επιδράσεις από διάφορες μελέτες από ανεξάρτητους ερευνητές υπό διαφορετικά πρωτόκολλα που περιλαμβάνουν τουλάχιστον δύο είδη ή δύο τύπους κυττάρων και ένα επαρκές εύρος έντασης πεδίου.

Ανεπαρκή στοιχεία:

- όταν οι μελέτες έχουν ανεπαρκή ποιότητα, συνέπεια ή στατιστική δύναμη ώστε να επιτρέπουν κάποιο συμπέρασμα.

Περιορισμένα στοιχεία:

- όταν τα στοιχεία της επίδρασης περιορίζονται σε λίγες μελέτες, ή όταν υπάρχουν άλυτες απορίες σχετικά με την επάρκεια τον σχεδιασμό, τη διεξαγωγή ή την ερμηνεία της μελέτης.
- όταν συγχυτικοί παράγοντες δεν μπορεί να αποκλειστούν από τις μελέτες με βεβαιότητα.

Σκανδιναβικές Αρχές Ακτινοπροστασίας, (2009)

«Οι σκανδιναβικές αρχές συμφωνούν ότι δεν υπάρχουν επιστημονικές αποδείξεις για δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που προκαλούνται από εντάσεις πεδίου ραδιοσυχνοτήτων στο κανονικό περιβάλλον διαβίωσης επί του παρόντος. Αυτό το συμπέρασμα ταυτίζεται με την άποψη των διεθνών επιστημονικών και συμβουλευτικών οργανισμών [ICNIRP, 1998 και 2009 Π.Ο.Υ, 2005 και 2006 SCENIHR 2009 SSI `s ομάδας ανεξάρτητων εμπειρογνομόνων για Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία, 2007]. Οι σκανδιναβικές αρχές ως εκ τούτου προς το παρόν δεν βλέπουν καμία ανάγκη για συστάσεις για περαιτέρω δράσεις για τη μείωση αυτών των πεδίων ραδιοσυχνοτήτων».

Forschungszentrums Jülich, (2009): Έκθεση Υγείας, για την υγεία των παιδιών σε RF έκθεσης και σε ΗΜΠ.

«Για τα παιδιά κάτω των 8 ετών δεν υπάρχει αποδεικτικό στοιχείο για την υπόθεση ότι το επίπεδο EPA στο κεφάλι των παιδιών είναι υψηλότερο από ό, τι για τους ενήλικες. Για ολόσωμη έκθεση, υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι το επίπεδο αναφοράς ICNIRP δεν μπορεί να εξασφαλίσει ότι δεν θα υπερβούν οι βασικοί περιορισμοί κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Συνολικά, η επανεξέταση της υφιστάμενης επιστημονικής βιβλιογραφίας δεν υποστηρίζει την υπόθεση ότι η υγεία των παιδιών επηρεάζεται από την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες ΗΜΠ από κινητά τηλέφωνα ή σταθμούς βάσης.»

ICNIRP (2009): Αξιολόγηση των επιστημονικών στοιχείων σχετικά με τη δοσιμετρία, τα βιολογικά αποτελέσματα, τις επιδημιολογικές παρατηρήσεις, και τις συνέπειες για την υγεία σχετικά με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία υψηλής συχνότητας (100 kHz έως 300 GHz).

«Η Θέρμανση, παραμένει ένας πιθανός παράγοντας σύγχυσης σε in vitro μελέτες και μπορεί να ευθύνεται για μερικές από τις επιδράσεις που αναφέρθηκαν.»

« Αρχικά είναι αδύνατο οι έρευνες να διαψεύσουν την ύπαρξη πιθανών μη θερμικών αλληλεπιδράσεων, η αληθοφάνεια όμως των διαφόρων μη θερμικών μηχανισμών που έχουν προταθεί είναι πολύ μικρή.»

« Όσον αφορά τις *in vitro* μελέτες για RF μη-γονοτοξικές επιδράσεις τα αποτελέσματα είναι πιο διφορούμενα, αλλά τα μεγέθη στις μελέτες που έδειξαν επιδράσεις είναι πολύ μικρά και περιορισμένης συνέπειας . Τα αποτελέσματα των μελετών για κυτταρικό πολλαπλασιασμό και διαφοροποίηση, απόπτωση και το μετασχηματισμό κυττάρων δεν δείχνουν επιδράσεις.»

«Δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στη γνωστική λειτουργία. Επίσης τα στοιχεία δείχνουν ότι δεν υπάρχουν συνεπείς αποτελέσματα των μη θερμικών εκθέσεων RF στην καρδιαγγειακή φυσιολογία, στα επίπεδα ορμονών και την ακουστική λειτουργία.»

«Τα στοιχεία από διπλά-τυφλές μελέτες δείχνουν ότι οι προκλήσεις υποκειμενικών συμπτωμάτων, όπως πονοκέφαλοι, που έχουν εντοπιστεί από ορισμένα άτομα που συνδέονται με την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες, δεν σχετίζεται αιτιολογικά με την έκθεση σε ΗΜΠ.»

«Τα πειραματικά δεδομένα δείχνουν μέχρι τώρα ότι τα παιδιά είναι πιο ευάλωτα από τους ενήλικες σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητων, αλλά λίγες σχετικές μελέτες έχουν διεξαχθεί.»

«Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών μέχρι σήμερα δεν παρέχουν συνεπής ή πειστικές αποδείξεις για την ύπαρξη αιτιώδους σχέσης μεταξύ έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες και τυχόν αρνητικές συνέπειες στην υγεία.»

SCENIHR (2009): Επιπτώσεις στην υγεία της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

«Η χρήση κινητού τηλεφώνου για λιγότερο από δέκα χρόνια δεν σχετίζεται με την εμφάνιση καρκίνου. Όσον αφορά τη χρήση για περισσότερο καιρό, κρίθηκε δύσκολο να γίνει μια εκτίμηση αφού λίγες έρευνες έχουν γίνει μέχρι στιγμής.»

«Το συμπέρασμα από τρεις ανεξάρτητες γραμμές αποδεικτικών στοιχείων (επιδημιολογικές, των ζώων και *in vitro* μελέτες) είναι ότι η έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητων είναι απίθανο να οδηγήσει στην αύξηση του καρκίνου στους ανθρώπους. Ωστόσο, δεδομένου ότι η εκτεταμένη διάρκεια της έκθεσης του ανθρώπου σε πεδία ραδιοσυχνότητων από τα κινητά τηλέφωνα είναι μικρότερη από το χρόνο επαγωγής ορισμένων μορφών καρκίνου, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για να διαπιστωθεί κατά πόσον σημαντική είναι η μακροπρόθεσμα (και πέραν των δέκα ετών) έκθεση του ανθρώπου σε κινητά τηλέφωνα και κατά πόσον θα μπορούσε να δημιουργήσει κάποιο κίνδυνο για καρκίνο.»

«Πρόσφατες μελέτες δεν έχουν δείξει επιδράσεις των πεδίων RF στην ανθρώπινη ή ζωική αναπαραγωγή και ανάπτυξη.»

«Οι πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις που προκαλούνται από πεδία ραδιοσυχνότητων στα παιδιά είναι περιορισμένες»

Huai Chiang, σύμβουλος του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, σε θέματα ακτινοβολιών.

«Κάποτε χρησιμοποιούσαμε τα μικροκύματα για αντισύλληψη. Σήμερα τηλεφωνούμε με αυτά. Βγάλτε συμπέρασμα»

Δρ. Gerard Hyland, βιοφυσικός, Πανεπιστήμιο Warwick, 2 φορές υποψήφιος για βραβείο Νόμπελ Ιατρικής.

«Ως γονιός θα ήμουν εξαιρετικά επιφυλακτικός να επιτρέψω στα παιδιά μου τη χρήση κινητού τηλεφώνου, ακόμη και για πολύ λίγο χρόνο. Η συμβουλή μου θα ήταν να αποφύγουν τα κινητά.»

Κεφάλαιο 6

ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

6.1 Ιστορικά

Με στόχο τη διασφάλιση της υγείας των ανθρώπων από τυχόν επιδράσεις της μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ΜΙΑ) έχουν θεσπιστεί όρια έκθεσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Οι έρευνες για τις επιπτώσεις της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας και πιο συγκεκριμένα στο πεδίο των ραδιοσυχνότητων ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1950 ,αμέσως μετά τον β' παγκόσμιο πόλεμο, αλλά ο περιορισμός της έκθεσης ξεκίνησε πολύ αργότερα.

Η πρώτη σημαντική προσπάθεια καθιέρωσης ορίων για την έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού στη ΜΙΑ έγινε από τη διεθνή ένωση προστασίας από την ακτινοβολία (International Radiation Protection Association , IRPA).Η IRPA συγκρότησε μια ομάδα που της ανατέθηκε να εξετάσουν τα θέματα προστασίας από την έκθεση. Το 1977 η ομάδα αυτή έγινε η διεθνής επιτροπή μη ιονίζουσας ακτινοβολίας (International Non-ionizing Radiation Committee, INIRC).

Στα πλαίσια του περιβαλλοντικού προγράμματος υγείας του παγκόσμιου οργανισμού υγείας, (WHO) η IRPA/ INIRC ανέπτυξε διάφορα έγγραφα που ασχολούνταν με την ΜΙΑ, τα οποία περιελάμβαναν επισκοπήσεις των φυσικών χαρακτηριστικών, των οργάνων, των μετρήσεων, των πηγών και εφαρμογών των διαφόρων ΜΙΑ, ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με βιολογικές επιδράσεις, και αξιολόγηση των κινδύνων για την υγεία από την έκθεση σε ΜΙΑ. Αυτά τα έγγραφα παρείχαν την επιστημονική βάση για περαιτέρω ανάπτυξη των ορίων έκθεσης.

Το 1992 η IRPA/ INIRC έγινε η διεθνής επιτροπή προστασίας από την μη ιονίζουσα ακτινοβολία (International Commission on Non- Ionizing Radiation Protection ,ICNIRP), ένας ανεξάρτητος επιστημονικός οργανισμός με σκοπό την αξιολόγηση της έρευνας παγκοσμίως και έκδοση οδηγιών με τις οποίες συνιστά συγκεκριμένα όρια έκθεσης των ανθρώπων στις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες. Η ICNIRP εξετάζει αναλυτικά τη διεθνή έρευνα και βιβλιογραφία και επαναξιολογεί τις οδηγίες που έχει εκδώσει ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Η ICNIRP συνεργάζεται με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας και εκδίδει την τελευταία αναθεώρηση των οδηγιών το 1998.Οι οδηγίες αυτές εγκρίθηκαν από το παγκόσμιο οργανισμό υγείας, το διεθνές γραφείο εργασίας, την διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών και έχουν υιοθετηθεί ως εθνικά πρότυπα για περισσότερες από 50 χώρες παγκοσμίως.

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας αναφέρει ότι η έκθεση σε επίπεδα κάτω από τα όρια που συνιστά η ICNIRP δεν φαίνεται να έχει κάποια γνωστή συνέπεια για την υγεία. Ενώ αναφορικά με τις ανησυχίες που έχουν διατυπωθεί για την έκθεση από τα κινητά τηλέφωνα τονίζει ότι: «δεν υπάρχουν πειστικά επιστημονικά στοιχεία ότι τα ασθενή σήματα ραδιοσυχνότητας από κεραιές κινητής τηλεφωνίας, προκαλούν βλαβερά αποτελέσματα στην υγεία»

6.2 Γενικά για τα όρια

Τα όρια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: για το γενικό πληθυσμό και για τους εργαζόμενους σε ηλεκτρομαγνητικά βεβαρημένους χώρους. Τα όρια για τον γενικό πληθυσμό είναι 5 φορές χαμηλότερα από αυτά των εργαζομένων.

Επίσης τα όρια αυτά ισχύουν όταν η έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι συνεχής και μόνιμη. Οι τιμές των ορίων αναφέρονται ως χρονικός μέσος όρος οποιασδήποτε εξαλέπτου έκθεσης. Δηλαδή, για έκθεση μικρής διάρκειας, είναι δυνατόν να εκτεθεί κάποιος και σε μεγαλύτερες τιμές από αυτές των ορίων, αρκεί ο μέσος όρος της έκθεσης στη διάρκεια οποιασδήποτε εξαλέπτου να μην υπερβαίνει το όριο.

Τέλος παρατηρούμε ότι στα όρια ασφαλούς έκθεσης δεν καθορίζονται αποστάσεις ασφαλείας από τις θέσεις όπου κατοικούν οι άνθρωποι. Επειδή ο τρόπος που εκπέμπουν οι διάφορες κεραιοδιατάξεις είναι διαφορετικός, δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί μια απόσταση ασφαλείας που να είναι κοινή για όλα τα είδη κεραιοδιατάξεων. Επιπλέον πολλές φορές η έκθεση των ανθρώπων οφείλεται σε συνδυασμό κεραιοδιατάξεων που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις. Στις περιπτώσεις αυτές ένα όριο απόστασης δεν θα μπορούσε να προστατέψει από την συμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας πολλών διαφορετικών κεραιοδιατάξεων στην έκθεση των ανθρώπων. Η επιτρεπτή απόσταση προκύπτει ως παράγωγο μέγεθος από τα όρια που έχουν θεσπιστεί και είναι μεγάλη για κεραιές που ακτινοβολούν ισχυρά και μικρή για κεραιές που ακτινοβολούν ασθενώς λαμβάνοντας υπόψη και την κατεύθυνση που ακτινοβολούν οι κεραιές.

6.3 Τα όρια με βάση τις θερμικές επιδράσεις

Τα όρια αυτά υιοθετούνται από πολλές χώρες κυρίως δυτικές και θεσπίστηκαν με βάση τις θερμικές επιδράσεις μη λαμβάνοντας υπόψη τις αθερμικές επιδράσεις.

Τα όρια διαφέρουν ανάλογα την συχνότητα και εκφράζονται σε ποσότητες έντασης πεδίου, πυκνότητας ισχύος, μέγιστου χρόνου έκθεσης και ειδικού ρυθμού απορρόφησης (τοπικού και μέσου).

ICNIRP

Οι οδηγίες της ICNIRP για της Μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι πιο αποδεκτές οδηγίες παγκοσμίως.

Τα όρια εξαρτώνται από την συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και εκφράζονται σε ποσότητες έντασης του πεδίου, πυκνότητα ισχύος ή ειδικού ρυθμού απορρόφησης (τοπικού και μέσου).

Η ICNIRP, αφού εξέτασε το σύνολο των δημοσιευμένων ερευνών σχετικά με τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων, κατέληξε ότι οι μόνες επιδράσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την θέσπιση ορίων έκθεσης των ανθρώπων είναι αυτές που οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών από την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από το σώμα. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι οι δυσμενείς βιολογικές επιδράσεις προκύπτουν με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά 1°C. Η αύξηση αυτή γίνεται με την απορρόφηση ενέργειας από το ανθρώπινο σώμα με ρυθμό μεγαλύτερο από 4W/kg. Διαιρώντας την τιμή αυτή με ένα συντελεστή ασφαλείας 10 διαμορφώνονται τα όρια έκθεσης για τους εργαζόμενους (0.4 W/kg). Λαμβάνοντας υπόψη ότι κάποιες ομάδες πληθυσμού ενδεχομένως να είναι πιο ευπαθείς και ότι δεν αποκλείεται η έκθεση να λαμβάνει χώρα σε ήδη επιβαρημένους χώρους με αυξημένη θερμοκρασία ή υγρασία ή κατά την διάρκεια έντονης άσκησης, επέλεξαν έναν συντελεστή ασφαλείας 50 στη θέσπιση των ορίων έκθεσης του κοινού. Έτσι, προέκυψε ο βασικός περιορισμός για την έκθεση του κοινού σε 0,08W/kg. Ταυτόχρονα, για να μην υπάρχουν περιοχές του σώματος στις οποίες να εμφανίζεται τοπικά υψηλή απορρόφηση ενέργειας προβλέπονται οι περιορισμοί και για τον μέγιστο τοπικό ρυθμό απορρόφησης σε 2W/kg για το κεφάλι και τον κορμό του σώματος και 4W/kg στα άκρα. Σε παρόμοια συμπεράσματα και όρια για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχουν καταλήξει και άλλοι διεθνείς επιστημονικοί φορείς.

Η ICNIRP αναφέρει ότι προστασία εναντίον αρνητικών επιδράσεων στην υγεία προϋποθέτει ότι δεν θα ξεπεραστούν αυτά τα όρια.

Τα όρια του ICNIRP για το κοινό και για συχνότητες των τηλεπικοινωνιών (50-2000 MHz) φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Services/systems	Frequency range (MHz)	Whole-body average SAR (Wkg^{-1})	Localized SAR (head and trunk) (Wkg^{-1})	Localized SAR (limbs) (Wkg^{-1})
FM broadcast	88- 108 MHz	0.08	NA	NA
VHF TV	54- 88 MHz 174- 216 MHz	0.08	NA	NA
UHF TV	407- 806 MHz	0.08	NA	NA
Trunking 800 MHz	806-869 MHz	0.08	2	4
Mobile Telephony 800 MHz	824-894MHz	0.08	2	4
Mobile Telephony 900 MHz	890-960 MHz	0.08	2	4
PCS 1800	1710- 1880 MHz	0.08	2	4
PCS 1900	1850- 1900 MHz	0.08	2	4

Πίνακας 6.1: Τα όρια έκθεσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του ICNIRP εκφρασμένα σε SAR.

Services	Frequency range (MHz)	E- field strength (Vm^{-1})	H- field strength (Am^{-1})	B- field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (Wm^{-2})
FM broadcast	88- 108 MHz	28.0	0.073	0.092	2.0
VHF TV	54- 88 MHz 174- 216 MHz	28.0	0.073	0.092	2.0
UHF TV	407- 806 MHz	29.8	0.08	0.099	2.0
Trunking 800 MHz	806-869 MHz	40.0	0.10	0.13	4.3
Mobile Telephony 800 MHz	824-894MHz	40.6	0.11	0.14	4.4
Mobile Telephony 900 MHz	890-960 MHz	41.0	0.11	0.14	4.5
PCS 1800	1710- 1880 MHz	56.9	0.15	0.19	8.6
PCS 1900	1850- 1900 MHz	60.5	0.16	0.20	9.7

Πίνακας 6.2 Τα όρια έκθεσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του ICNIRP εκφρασμένα σε ποσότητες έντασης πεδίου και πυκνότητας ισχύος.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Το IEEE με σκοπό να προστατέψει τον άνθρωπο από τις αρνητικές επιδράσεις της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία εξέδωσε οδηγίες και πρότυπα για ασφαλή επίπεδα έκθεσης το 2006. Τα πρότυπα αυτά είναι επαναξιολόγηση των οδηγιών του 1991.

Τα όρια κυμαίνονται από 3KHz-300GHz ,εξαρτώνται από την συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και εκφράζονται σε ποσότητες έντασης του πεδίου, ειδικού ρυθμού απορρόφησης (τοπικού και μέσου) και μέγιστου χρόνου έκθεσης.

Γενικά τα όρια αυτά είναι πιο ελαστικά από της οδηγίες του ICNIRP παρόλο που βασίζονται στην ίδια επιστήμη.

Τα όρια του IEEE για το κοινό και για συχνότητες 3KHz-300GHz φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Services/systems	Frequency range (MHz)	Whole- body average SAR (Wkg ⁻¹)	Localized SAR (head and trunk) (Wkg ⁻¹)	Localized SAR (limbs) (Wkg ⁻¹)
FM broadcast	88- 108 MHz	0.08	NA	NA
VHF TV	54- 88 MHz	0.08	NA	NA
UHF TV	174- 216 MHz			
	407- 806 MHz	0.08	NA	NA
Trunking 800 MHz	806-869 MHz	0.08	2	4
Mobile Telephony 800 MHz	824-894MHz	0.08	2	4
Mobile Telephony 900 MHz	890-960 MHz	0.08	2	4
PCS 1800	1710- 1880 MHz	0.08	2	4
PCS 1900	1850- 1900 MHz	0.08	2	4

Πίνακας 6.3: Τα όρια έκθεσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του IEEE εκφρασμένα σε SAR.

Service	Frequency range (MHz)	E_{rms} (V/m)	H_{rms} (A/m)	S_{rms} E field, H-field		Averaging time $[E]^2$, $[H]^2$ or S (min)	
VHF TV	54-88	27.50	0.13	2.00	6.27	30	6
FM broadcast	88-108	27.50	0.08	2.00	2.14	30	6
VHF TV	174-216	27.50	0.07	2.00	2.00	30	6
Trunking 800 MHz	806-869	-	-	4.19		30	
Mobile Telephony 800 MHz	824- 894	-	-	4.30		30	
Mobile Telephony 900 MHz	890-960	-	-	4.63		30	
PCS 1800 MHz	1710-1880	-	-	8.98		30	
PCS 1900 MHz	1850-1900	-	-	9.38		30	

Πίνακας 6.4: Τα όρια έκθεσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του IEEE εκφρασμένα σε ποσότητες έντασης πεδίου και μέγιστου χρόνου έκθεσης.

USA FCC (Federal Communications Commission)

Η επιτροπή επικοινωνιών των ΗΠΑ εξέδωσε οδηγίες από το 1997 βασισμένες στα πρότυπα του IEEE.

Τα όρια εξαρτώνται από τη συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και εκφράζονται σε ποσότητες έντασης του πεδίου, ειδικού ρυθμού απορρόφησης και μέγιστου χρόνου έκθεσης.

Παρακάτω δίνονται τα όρια του USA FCC για το κοινό και για τους εργαζόμενους.

Frequency Range (MHz)	Electric Field Strength (E) (V/m)	Magnetic Field Strength (H) (A/m)	Power Density (S) (mW/cm ²)	Averaging Time $[E]^2$ $[H]^2$ or S (minutes)
0.3 – 3.0	614	1.63	(100)*	30
3.0 – 30	824 / f	2.19 / f	(180 / f ²)*	30
30 – 300	27.5	0.073	0.2	30
300 – 1 500	N/A	N/A	f / 1500	30
1500 – 100 000	N/A	N/A	1.0	30

Πίνακας 6.5: Όρια έκθεσης για το κοινό από USA FCC.

Frequency Range (MHz)	Electric Field Strength (E) (V/m)	Magnetic Field Strength (H) (A/m)	Power Density (S) (mW/cm ²)	Averaging Time E ² H ² or S (minutes)
0.3 – 3.0	614	1.63	(100)*	6
3.0 – 30	1842 / f	4.89 / f	(900 / f ²)*	6
30 – 300	61.4	0.163	1.0	6
300 – 1 500	N/A	N/A	f / 300	6
1500 – 100 000	N/A	N/A	5.0	6

Πίνακας 6.6: Όρια έκθεσης για τους εργαζόμενους από USA FCC.

Παρατηρήσεις:

- 1) Τα όρια έκθεσης για τους εργαζόμενους είναι πιο ελαστικά καθώς είναι ενήμεροι για την πιθανή έκθεση σε ακτινοβολία και ξέρουν πώς να τη διαχειριστούν σε αντίθεση με τον απλό κόσμο.
- 2) Τα όρια εκφράζονται συναρτήσει της συχνότητας όπου f μία τιμή συχνότητας από το αντίστοιχο εύρος τιμών.

Ευρωπαϊκή Ένωση

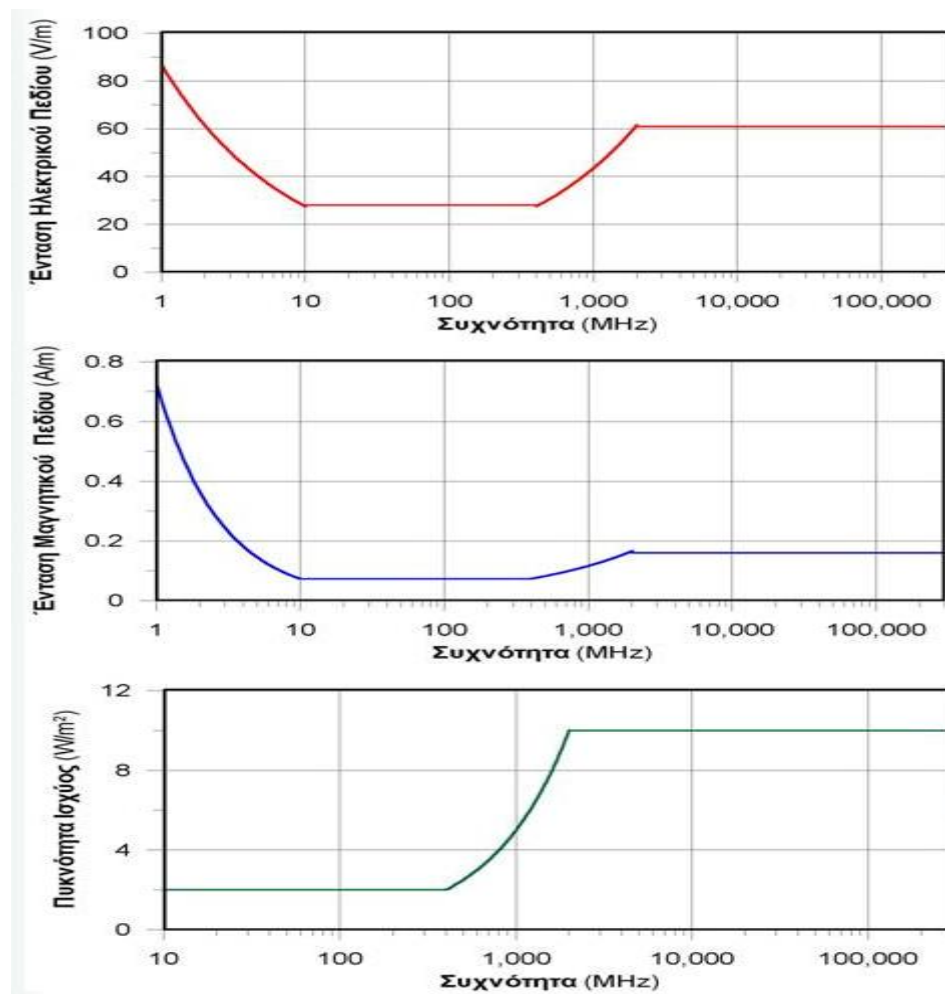
Τα όρια αυτά εκδόθηκαν το 1999 βασιζόμενα στα όρια της ICNIRP και φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Frequency range	Magnetic flux density (mT)	Current density (mA/m ²) (rms)	Whole body average SAR (W/kg)	Localised SAR (head and trunk) (W/kg)	Localised SAR (limbs) (W/kg)	Power density, S (W/m ²)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	8	—	—	—	—
1-4 Hz	—	8/f	—	—	—	—
4-1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz-100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10 MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

Πίνακας 6.7: Όρια ΕΕ συναρτήσει της συχνότητας εκφρασμένα σε μαγνητική ροή, πυκνότητα ρεύματος, EPA και πυκνότητα ισχύος για συχνότητες 0Hz-300GHz.

Frequency range	E-field strength (V/m)	H-field strength (A/m)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W/m ²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

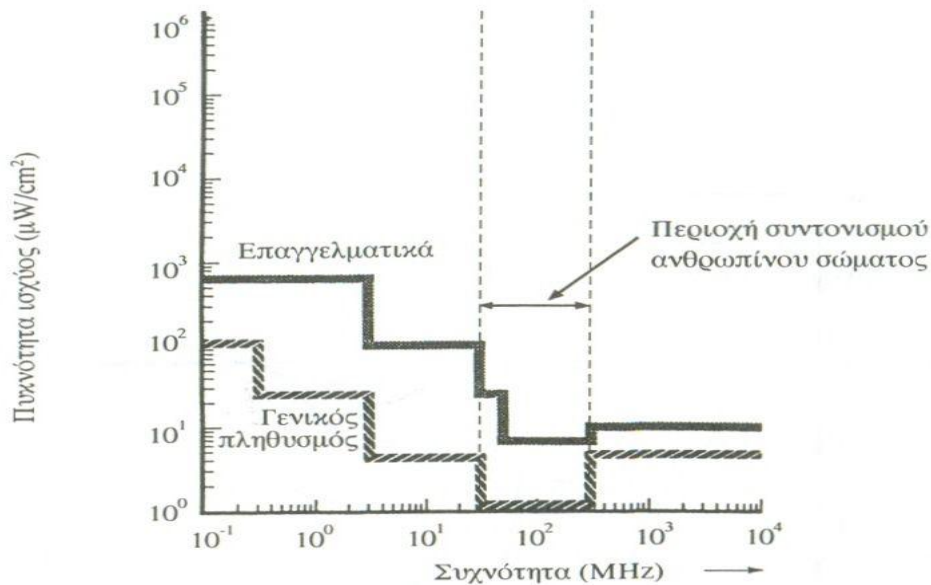
Πίνακας 6.8: Όρια ΕΕ συναρτήσει της συχνότητας εκφρασμένα σε ποσότητες έντασης πεδίου για συχνότητες 0Hz-300GHz.



Σχήμα 6.1: Τα όρια για τις εντάσεις των πεδίων σε διαγράμματα.

6.4 Τα όρια στις ανατολικές χώρες με βάση τις μη-θερμικές επιδράσεις

Τα όρια αυτά είχαν καθιερωθεί από την πρώην Σοβιετική Ένωση και ισχύουν σε πολλές χώρες τις ανατολής λαμβάνουν υπόψη τους και τις πιθανές αθερμικές επιδράσεις και είναι πολύ πιο αυστηρά σε σύγκριση με εκείνα των δυτικών χωρών αφού μπορεί να φτάσουν μέχρι και διακόσιες φορές μικρότερα από αυτά.

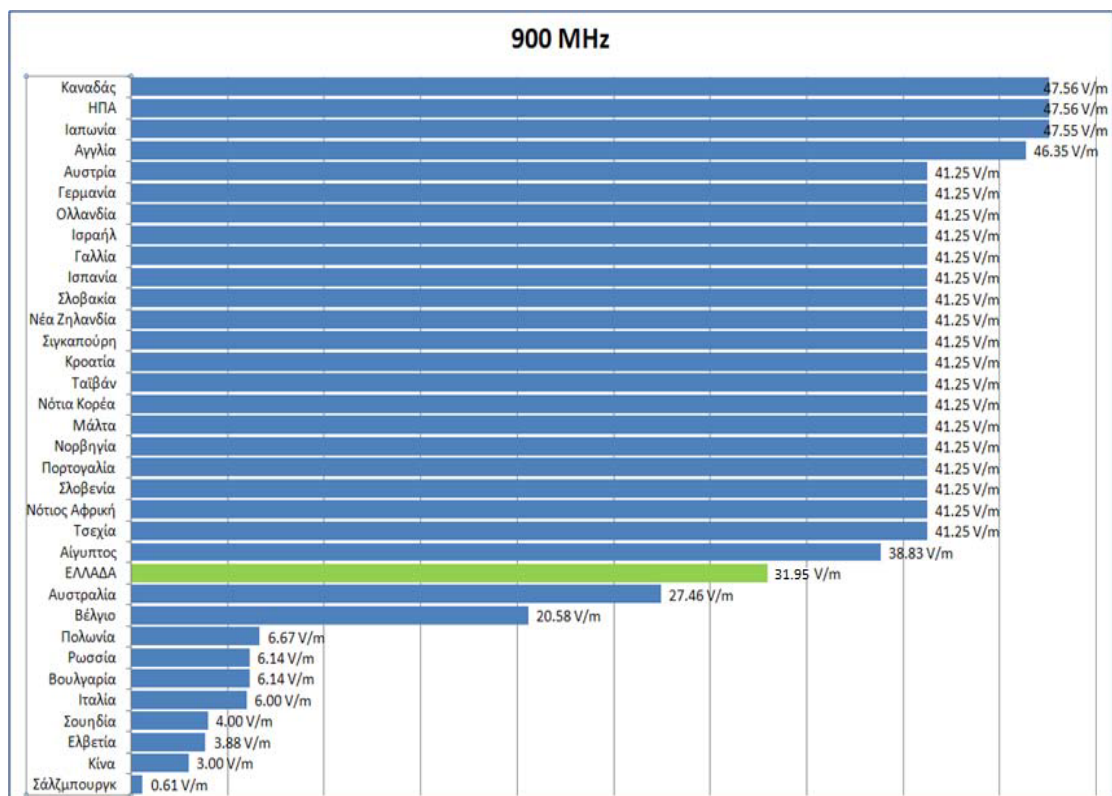


Σχήμα 6.2: Όρια επικινδυνότητας για τους εργαζομένους και τον γενικό πληθυσμό των ανατολικών χωρών για συχνότητες 100KHz-10GHz.

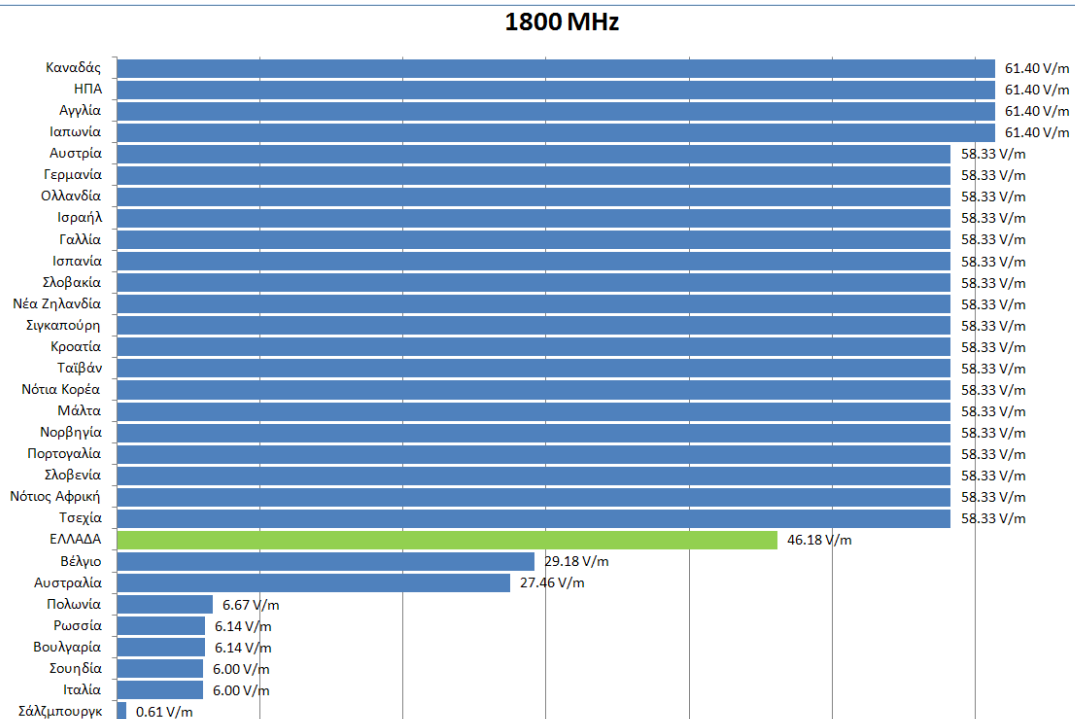
6.5 Τα όρια σε διάφορες χώρες

Κάθε χώρα θέτει τα δικά της εθνικά πρότυπα και όρια για την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ωστόσο, η πλειονότητα των εθνικών προτύπων και ορίων βασίζονται στις οδηγίες που έχουν εκδοθεί από την ICNIRP.

Στις παρακάτω εικόνες συγκρίνονται τα όρια που ισχύουν για το κοινό σε διάφορες χώρες, για τις συχνότητες των 900 MHz και 1800MHz, σε μονάδες έντασης ηλεκτρικού πεδίου.



Σχήμα 6.3: Σύγκριση ορίων έκθεσης του κοινού στα 900MHz (V/m)



Σχήμα 6.4: Σύγκριση ορίων έκθεσης του κοινού στα 1800MHz (V/m)

Παρατηρούμε ότι κάθε χώρα μπορεί να έχει υιοθετήσει τα δικά της όρια έκθεσης. Σε πολλές χώρες της Ευρώπης ακολουθείται κατά γράμμα η σύσταση της ΕΕ και τα όρια της ICNIRP. Οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Μεγάλη Βρετανία και άλλες χώρες έχουν εφαρμόσει τα όρια που βασίζονται στις θερμικές επιδράσεις και είναι πρακτικά ίδια με αυτά της ICNIRP. Σε πολλές χώρες της ανατολικής Ευρώπης και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης έχουν υιοθετήσει όρια που είναι πολύ πιο αυστηρά από αυτά της ICNIRP, βασιζόμενοι σε έρευνες που αναφέρουν μη-θερμικές επιδράσεις. Ελβετία και Ιταλία έχουν εκδώσει νόμους που ορίζουν πολύ χαμηλότερα όρια από αυτά της ICNIRP σε ευαίσθητους χώρους όπως κατοικίες, σχολεία κλπ. Η Ελλάδα ακολουθεί τις συστάσεις της Ε.Ε αλλά με λίγο πιο αυστηρά όρια.

Ο Παγκόσμιος οργανισμός υγείας συνιστά τον εναρμονισμό των ορίων ώστε να μην διογκώνετε ο φόβος και η καχυποψία των πολιτών για αρνητικές επιδράσεις από την ΜΙΑ. Σε ότι αφορά τα προληπτικά μέτρα που μπορούν να λάβουν οι κυβερνήσεις, για να αντιμετωπιστεί η ανησυχία του κοινού, ο WHO συστήνει: «εάν οι ρυθμιστικές Αρχές έχουν υιοθετήσει οδηγίες βασιζόμενες στην υγεία, αλλά εξαιτίας της δημόσιας ανησυχίας θα ήθελαν να εισάγουν πρόσθετα προληπτικά μέτρα για να μειώσουν την έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητας, δε θα πρέπει να υπονομεύσουν την επιστημονική βάση των οδηγιών ενσωματώνοντας αυθαίρετους πρόσθετους παράγοντες ασφάλειας στα όρια έκθεσης»

6.6 Τα όρια στην Ελλάδα

Στην χώρα μας υιοθετήθηκαν τα όρια που προτείνει η Ευρωπαϊκή Ένωση και θεσπίστηκαν από την ICNIRP/WHO με βάση τις θερμικές επιδράσεις με κάποιες τροποποιήσεις.

Το 2000 με βάση την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) που εξέδωσε η ελληνική κυβέρνηση, «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά» (Αρ. 53571/3839, ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) μειώθηκαν τα όρια κατά 20% σε σχέση με τη Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το 2006 με νέο νόμο «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006), θεσμοθετήθηκαν νέα, ακόμη αυστηρότερα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού. Ο νόμος αυτός μειώνει τα όρια που θεσπίστηκαν από την ICNIRP/WHO κατά 30%.

Τα όρια που ισχύουν σήμερα στη χώρα μας ορίζονται από τις παραγράφους 9 και 10 του άρθρου 31 του Νόμου “Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις” και τα άρθρα 2-4 της Κοινής Απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά». Η προαναφερθείσα Κ.Υ.Α. βασίστηκε στη Σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε (30-7-1999), «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0 Hz - 300 GHz».

Τα όρια έχουν οριστεί με μεγάλους συντελεστές ασφαλείας (μεγέθους περίπου 50) έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες που υπάρχουν όσον αφορά την ατομική ευαισθησία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και τις διαφορές όσον αφορά την ηλικία και την κατάσταση της υγείας του κοινού. Επίσης, πρέπει να υπογραμμιστεί πως τα επίπεδα αναφοράς που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της έκθεσης προέρχονται από τους βασικούς περιορισμούς, υπό συνθήκες μέγιστης σύζευξης του πεδίου με το εκτιθέμενο σε αυτό άτομο, παρέχοντας έτσι το μέγιστο βαθμό προστασίας.

Στην Ελλάδα ως όρια θεωρούνται το 70% των τιμών της Ε.Ε., εισάγοντας έτσι ένα πρόσθετο συντελεστή ασφαλείας. Επίσης ειδικά σε περίπτωση εγκατάστασης-κατασκευής κεραιάς σε απόσταση μέχρι και 300 μέτρα από βρεφονηπιακούς σταθμούς, σχολεία, γηροκομεία και νοσοκομεία, προβλέπεται περαιτέρω μείωση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού, καθώς αυτά απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των τιμών της Ε.Ε. Πρέπει λοιπόν εδώ να υπογραμμιστεί ότι σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες που έχουν θεσπίσει από τα αυστηρότερα όρια στην Ευρώπη αν και υπάρχουν χώρες που έχουν πολύ αυστηρότερα μέτρα όπως Ιταλία, Ελβετία κ.α.

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται συγκριτικά τα όρια που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση και αυτά που ισχύουν στην Ελλάδα για συχνότητες 100kHz-300Hz. Επίσης παρουσιάζονται τα επίπεδα αναφοράς της ελληνικής νομοθεσίας για διάφορες περιοχές συχνότητων στις οποίες λειτουργούν βασικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες.

Φυσικό Μέγεθος	Τιμές ΕΕ (mA/m ²)	Ελληνική νομοθεσία	
		70% τιμών ΕΕ (mA/m ²)	60% τιμών ΕΕ (mA/m ²)
Πυκνότητα επαγόμενου ρεύματος	$f / 500$	$f / 714$	$f / 833$

Σημείωση: f είναι η συχνότητα σε Hz

Πίνακας 6.9: Όρια συναρτήσει της συχνότητας εκφρασμένα σε πυκνότητα του επαγόμενου ρεύματος στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10MHz.

Φυσικό Μέγεθος	Τιμές ΕΕ (W/kg)	Ελληνική νομοθεσία	
		70% τιμών ΕΕ (W/kg)	60% τιμών ΕΕ (W/kg)
Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος	0,08	0,056	0,048
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό	2	1,4	1,2
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα	4	2,8	2,4

Πίνακας 6.10: Όρια εκφρασμένα σε ΕΡΑ στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10GHz.

Φυσικό Μέγεθος	Τιμές ΕΕ (W/m ²)	Ελληνική νομοθεσία	
		70% τιμών ΕΕ (W/m ²)	60% τιμών ΕΕ (W/m ²)
Πυκνότητα Ισχύος	10	7	6

Πίνακας 6.11: Όρια εκφρασμένα σε πυκνότητα ισχύος στην περιοχή συχνοτήτων 10-300GHz.

Περιοχή Συχνοτήτων	70%			60%			Εφαρμογές
	E (V/m)	H (A/m)	P (W/m ²)	E (V/m)	H (A/m)	P (W/m ²)	
10-400MHz	23.4	0.0611	1,4	21.7	0.0565	1,2	ραδιοφωνία FM, επικοινωνίες TETRA, εκπομπές VHF, κ.α.
600 MHz	28.2	0.0758	2.1	26.1	0.0702	1.8	εκπομπές TV UHF
800 MHz	32.5	0.0876	2.8	30.1	0.0811	2.4	
900 MHz	34.5	0.0929	3.1	31.9	0.0860	2.7	κινητή τηλεφωνία GSM-900
1800 MHz	48.8	0.1313	6.3	45.2	0.1216	5.4	κινητή τηλεφωνία GSM-1800
2-300GHz	51	0.1339	7	47.2	0.1239	6	κινητή τηλεφωνία UMTS, μικροκυματικές ζεύξεις, δορυφορικές επικοινωνίες

Πίνακας 6.12: Επίπεδα αναφοράς της ελληνικής νομοθεσίας για διάφορες περιοχές συχνοτήτων στις οποίες λειτουργούν βασικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες.

6.6.1 ΕΕΑΕ (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας)

Στην Ελλάδα ο αρμόδιος εθνικός φορέας για θέματα ακτινοπροστασίας και πυρηνικής ασφάλειας είναι η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Σκοπός της είναι η προστασία του πληθυσμού, των εργαζομένων και του περιβάλλοντος από τις ιονίζουσες και τις τεχνητά παραγόμενες μη ιονίζουσες ακτινοβολίες. Η ΕΕΑΕ ιδρύθηκε το 1954 και ανασυστάθηκε το 1987.

Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας υποβάλλουν στην ΕΕΑΕ, για κάθε κεραία που πρόκειται να εγκαταστήσουν, μελέτη ραδιοεκπομπών η οποία πρέπει να αποδεικνύει ότι με την εγκατάσταση της συγκεκριμένης κεραίας τηρούνται τα όρια εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως αυτά καθορίζονται από την εθνική νομοθεσία.

Η ΕΕΑΕ έχει αναλάβει να ελέγχει την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, διενεργώντας ελέγχους δειγματοληπτικά αυτεπαγγέλτως και χωρίς προειδοποίηση τουλάχιστον στο 20% των κεραιών που είναι εγκατεστημένες εντός κατοικημένων περιοχών. Επιπλέον ο νόμος δίνει την δυνατότητα σε οποιοδήποτε να ζητήσει με αίτηση στην ΕΕΑΕ να κάνει μετρήσεις σε όποιο σημείο τον ενδιαφέρει.

Μετρήσεις πέρα από την ΕΕΑΕ διεξάγονται στην Ελλάδα από προγράμματα (Ερμής, Φάσμα, Πεδίον 24) τα οποία αποτελούν ερευνητικό έργο των Εργαστηρίων Ραδιοεπικοινωνιών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Όπως αναφέρει η ΕΕΑΕ συνολικά από τις μετρήσεις που έχουν γίνει μέχρι στιγμής στην Ελλάδα στην συντριπτική πλειοψηφία τους οι τιμές των επιπέδων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων βρέθηκαν από μερικές δεκάδες έως και αρκετές χιλιάδες φορές κάτω από τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού.

6.7 Γενικά για τα όρια της ICNIRP

- Βασίζονται σε βραχυπρόθεσμες άμεσες επιπτώσεις υγείας όπως η διέγερση των περιφερειακών νεύρων και μυών, η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που προκαλεί η απορρόφηση ενέργειας κατά την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.
- Αναγνωρίζουν ως μοναδική επίπτωση των ακτινοβολιών την θέρμανση των ιστών, ενώ έχουν πια αναγνωριστεί πληθώρα άλλες επιβαρυντικές, μη θερμικές, επιδράσεις όπως: αύξηση δραστηριότητας των ελευθέρων ριζών, αύξηση διαπερατότητας αιματοεγκεφαλικού φραγμού κ.α.
- Παραμένουν αμετάβλητα από το 1998 παρά την ραγδαία αύξηση της ηλεκτρομαγνητικής ρύπανσης τα τελευταία χρόνια και τις νεότερες έρευνες που δείχνουν ότι οι παραπάνω μη θερμικοί μηχανισμοί δράσης οδηγούν μακροπρόθεσμα σε επιπτώσεις υγείας όπως: λευχαιμία, καρκίνο του μαστού, του εγκεφάλου και ακουστικό νευρίωμα, Αλτσχάϊμερ, αϋπνία, σεξουαλικές δυσλειτουργίες, κατάθλιψη, αλλεργίες κ.α.
- Δεν λαμβάνουν υπόψη τους την συνεχή και ταυτόχρονη έκθεση του πληθυσμού σε πολλαπλές πηγές ακτινοβολίας.
- Αγνοούν την διαφορετική απορρόφηση των ακτινοβολιών από ενήλικες και παιδιά.
- Διαχωρίζουν τις ακτινοβολίες μόνο με βάση την συχνότητα και όχι την κυματομορφή, που φαίνεται ότι αποτελεί ένα βιολογικά ισχυρό παράγοντα.

Κεφάλαιο 7

ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΟ ΚΟΙΝΟ

Το πραγματικό ζήτημα πίσω από τις τρέχουσες αντιπαραθέσεις και τον φόβο από το κοινό σχετικά με τις RF επιπτώσεις της κινητής επικοινωνίας πιθανόν να μην είναι εάν υπάρχει μια πραγματική και σταθερή επιστημονική βάση για αυτόν τον φόβο, αλλά μάλλον η έλλειψη της κατανόησης από το κοινό της αντίληψης και αποδοχής κινδύνου. Επίσης, είναι σημαντική η κατανόηση του κοινού για την επιστήμη.

Η κινητή τηλεφωνία είναι ένα πολύπλοκο θέμα μηχανικής, το οποίο το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού δεν κατανοεί πλήρως. Επιπλέον, οι καθημερινοί άνθρωποι δεν συνειδητοποιούν πλήρως ότι οι επιστημονικές μελέτες σχετικά με βιολογικές επιπτώσεις και τις συνέπειες για την υγεία των RF, αναπόφευκτα έχουν αβεβαιότητα και ενδέχεται να παρέχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα και να προκαλέσουν συζήτηση μεταξύ των επιστημόνων. Εν συντομία, η φύση της επιστημονικής προσπάθειας και πώς η γνώση παράγεται, και τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζεται η αβεβαιότητα και τελικά ξεπερνιέται στον τομέα της επιστήμης, είναι παρεξηγημένη από το ευρύ κοινό και είναι εξαιρετικά δύσκολο να κατανοηθεί.

Οι κυβερνήσεις, οι οργανισμοί, οι ερευνητές και τα ΜΜΕ θα πρέπει να συμβάλουν στην σωστή ενημέρωση του κοινού. Οι δράσεις διαφόρων ομάδων συμφερόντων, καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις ανίκανοι και ανεύθυνοι υποβολή ειδήσεων από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης έχουν οξύνει τις αντιθέσεις και την ανησυχία του κοινού.

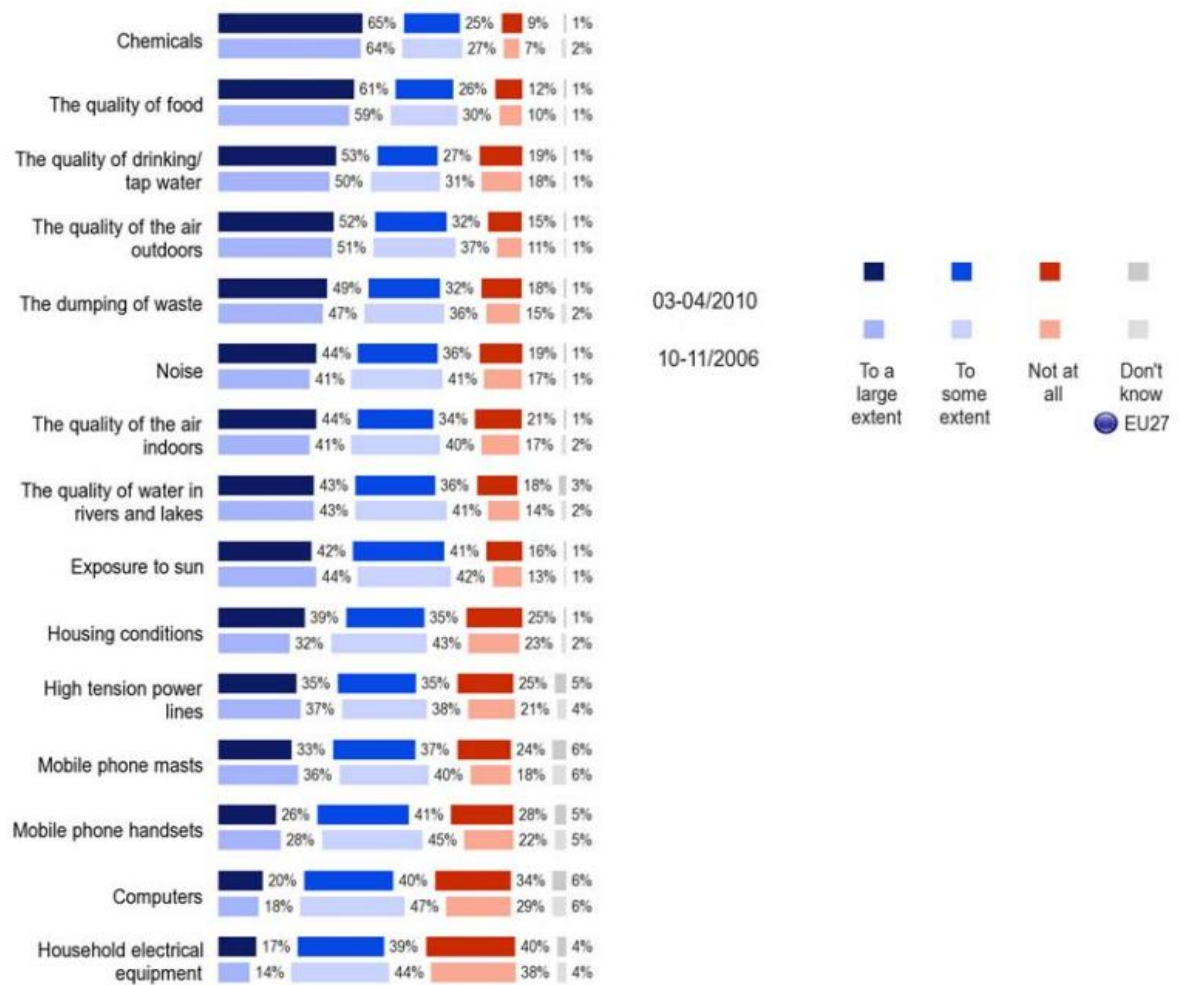
Τέλος τα μέτρα προστασίας και προφύλαξης που παίρνονται από διάφορες χώρες και οργανισμούς θα πρέπει να είναι με σύνεση και να έχουν επιστημονική βάση ώστε να μην οξύνουν την ανησυχία του κόσμου.

7.1 Αντίληψη/αποδοχή κινδύνου

Σε έρευνα που έγινε στην Χιλή (Bronfman & Cifuentes, 2003) ο κόσμος έδωσε μεσαία θέση επικινδυνότητας στο κινητό ανάμεσα σε διάφορους κινδύνους όπως φυσικές καταστροφές, περιβαλλοντικούς κινδύνους κ.λ.π βέβαια ανάλογα με την ηλικία και διάφορα αλλά χαρακτηριστικά των ατόμων διαφέρει και η αντίληψη τους για την επικινδυνότητα ή όχι των κινητών. Σε έρευνα που έγινε το 2006 και το 2010 από την ευρωπαϊκή επιτροπή ο κόσμος έδωσε χαμηλή θέση επικινδυνότητας σε σύγκριση με άλλους πιθανούς κινδύνους.

Έρευνα από την ευρωπαϊκή επιτροπή.

Ερώτηση: Σε ποίο βαθμό πιστεύεται ότι επηρεάζουν την υγεία σας τα παρακάτω;

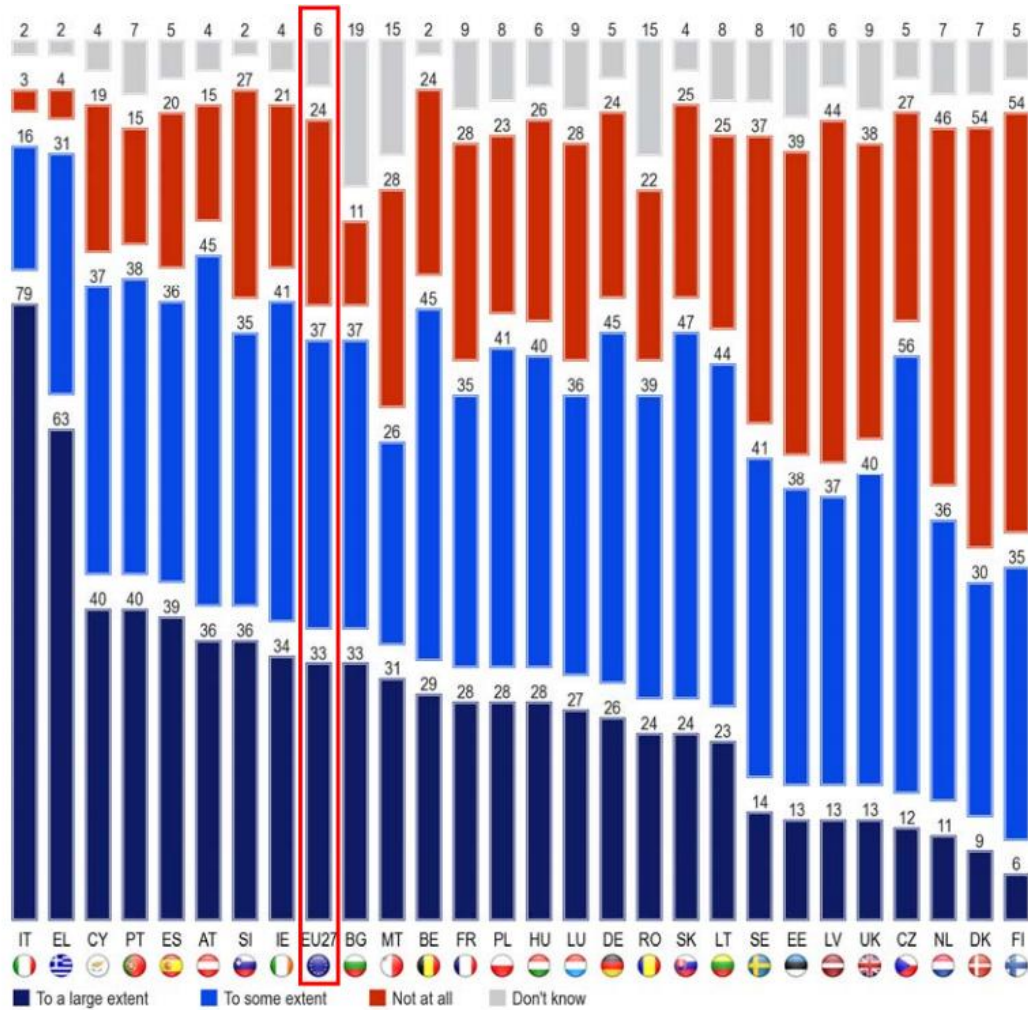


Σχήμα 7.1: Ερώτηση από έρευνα τις ευρωπαϊκής επιτροπής το 2010.

Παρατηρούμε μία τάση μείωσης της αντίληψης τις επικινδυνότητας για τα κινητά τηλέφωνα και τους σταθμούς βάσης με την πάροδο του χρόνου. Επίσης σημαντικό είναι το γεγονός ότι η σταθμοί βάσης θεωρούνται πιο επικίνδυνοι για την υγεία.

Στην Ελλάδα συγκεκριμένα ο κόσμος θεωρεί τα κινητά και τους σταθμούς βάσης μεγαλύτερη απειλή για την υγεία συγκριτικά με την υπόλοιπη Ευρώπη.

Ερώτηση: Σε ποιο βαθμό πιστεύεται ότι επηρεάζουν την υγεία σας οι σταθμοί βάσης;



Σχήμα 7.2: Ερώτηση από έρευνα τις ευρωπαϊκής επιτροπής το 2010.

Σημαντικός παράγοντας για την αποδοχή του κινδύνου είναι η σύγκριση πλεονεκτημάτων/μειονεκτημάτων της τεχνολογίας. Όλα τα τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν κινδύνους π.χ το αεροπλάνο, γενετικά τροποποιημένο φαγητό κ.λ.π όμως όταν αντισταθμίστηκαν οι κίνδυνοι με τα πλεονεκτήματα ο κόσμος τα αντίληφθηκε και αποδέχθηκε τις τεχνολογίες αυτές. Τα Τεχνολογικά επιτεύγματα όπως το κινητό παρουσίασαν συγκρίσιμα πλεονεκτήματα έναντι των μειονεκτημάτων. Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν περισσότερο το κινητό τους θεωρούν ότι το κινητό έχει περισσότερα πλεονεκτήματα παρά μειονεκτήματα και το αντίθετο για αυτούς που δεν τα χρησιμοποιούν πολύ.

Άρνηση κινδύνου ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της αντίληψης της κοινωνίας για τον κίνδυνο και της αντίληψης προσωπικού κινδύνου. Συνήθως είναι μεγαλύτερη η αίσθηση κινδύνου της κοινωνίας καθώς ο καθένας πιστεύει “αυτό δεν θα συμβεί σε μένα”. Για τα κινητά τηλέφωνα η άρνηση κινδύνου είναι μεγάλη, για τους σταθμούς βάσεις δεν μπορούμε να κρίνουμε διότι η προσωπική αντίληψη εξαρτάται από το πόσο μακριά μένει κάνεις από ένα σταθμό.

Η αντίληψη του κινδύνου επίσης επηρεάζεται από την εμπιστοσύνη στις κυβερνητικές αρχές.

7.2 Κοινωνική αντίδραση κατά της τεχνολογίας

Ορισμένοι οργανώνονται σε ομάδες διαμαρτυρίες κατά των νέων τεχνολογιών και κατά της κινητής τηλεφωνίας αν και οι ίδιοι είναι χρήστες κινητών τηλεφώνων. Οι ομάδες αυτές πιστεύουν γενικά ότι οι τεχνολογία δεν οδηγεί σε καλύτερο επίπεδο ζωής. Για να μειωθούν οι αντιδράσεις από αυτές τις ομάδες πρέπει να γίνει κατανοητή στο ευρύ κοινό η χρήση των RF στις τηλεπικοινωνίες και να καταλάβουν τα πλεονεκτήματα της κινητής τηλεφωνίας. Γενικά οι κυβερνήσεις παίρνουν μέτρα και αποφάσεις οι οποίες δεν βασίζονται στην επιστήμη αλλά προέρχονται από την πίεση της μειοψηφίας αυτών που διαμαρτύρονται.

7.3 Κατανόηση πλεονεκτημάτων

Το πλεονέκτημα που κάνει το κινητό να ξεχωρίζει από το σταθερό τηλέφωνο είναι η αίσθηση ελευθερίας που δίνει στον χρήστη, μπορείς να μιλάς με οποιονδήποτε, οπουδήποτε, οποιαδήποτε στιγμή το θελήσεις.

Τα προσωπικά οφέλη με την χρήση του κινητού αναγνωρίζονται εύκολα από τον κόσμο σε αντίθεση με τα κοινωνικά (ασφάλεια, κλήση σε επείγοντα περιστατικά κ.λ.π) που δεν αναγνωρίζονται εύκολα κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες όπου το βιοτικό επίπεδο είναι αρκετά υψηλό σε αντίθεση με τις αναπτυσσόμενες.

Σε έρευνα στην Λατινική Αμερική το 2006 από τους Frost & Sullivan , έδειξε ότι το 35% έχει κάνει τουλάχιστον μία κλήση για επείγοντα περιστατικά. Επίσης τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο κόσμος αισθάνεται πιο ασφαλής με το κινητό σε περιπτώσεις ληστείας κ.λ.π . Πολλές οικογένειες αγοράζουν κινητό στις γυναίκες και στα παιδιά ώστε να βελτιώσουν την αίσθηση ασφάλειας τους. Έρευνα στην Βραζιλία το 2009 έδειξε ότι το 85% θεωρεί πολύ σημαντικό το να έχει κινητό τηλέφωνο.

Μέχρι στιγμής οι έρευνες που μελετάνε την χρήση το κινητού και δείχνουν τα κοινωνικά οφέλη του όπως η βελτίωση της υγείας, της ασφάλειας και της ευημερίας των πολιτών κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι πολύ λίγες.

7.4 Αρχή της προφύλαξης

Αν και ο W.H.O δήλωσε πως δεν υπάρχουν πειστικά στοιχεία που να δείχνουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία από της RF ακτινοβολίες των κινητών και των σταθμών βάσεις, όλοι φαίνονται να είναι πιο χαρούμενοι παίρνοντας επιπλέον μέτρα προφύλαξης.

Μερικές χώρες παίρνουν αυστηρά μετρά προφύλαξης κυρίως για ειδικές ομάδες του πληθυσμού τα οποία δεν βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα από την στιγμή μάλιστα που έχουν εκδοθεί τα όρια ασφάλειας από τον ICNIRP.

Δυο αντίθετες υποθέσεις ισχύουν για τα προληπτικά μετρά: ότι ενισχύεται η εμπιστοσύνη του κόσμου προς την πολιτεία ή ότι ο κόσμος θεωρεί πλέον ότι ο κίνδυνος είναι αληθινός αφού παίρνονται τα μέτρα αυτά. Υπάρχουν πειραματικά δεδομένα που δείχνουν ότι ενώ οι κυβερνήσεις παίρνουν μέτρα για να διασφαλίσουν τον κόσμο από πιθανή επίδραση ΗΜΠ τα μέτρα έχουν ως αποτέλεσμα να προκαλούν ανησυχία στο κοινό.

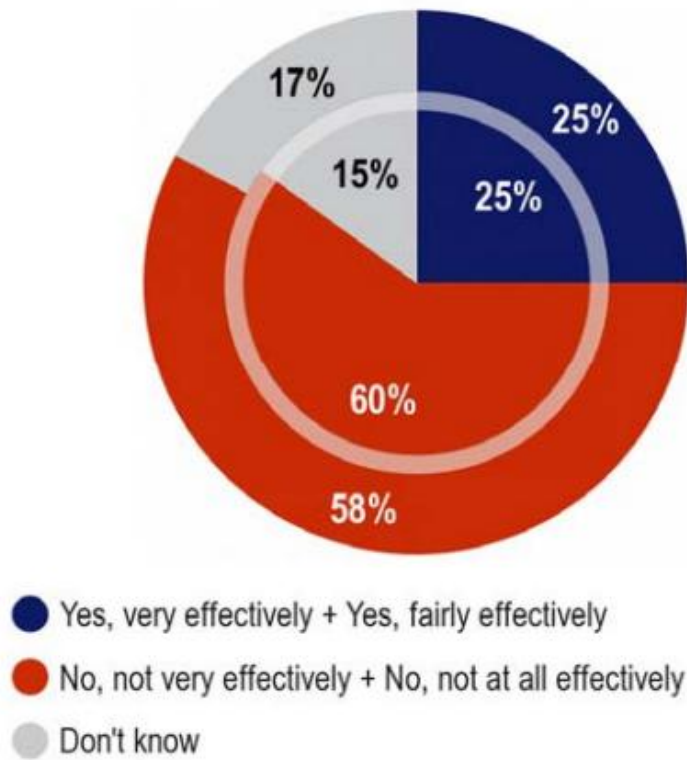
« τα προληπτικά μέτρα δεν θα πρέπει να εφαρμόζονται απουσία αξιόπιστων επιστημονικών δεδομένων και λογική σκέψης που να καταδεικνύει τον πιθανό κίνδυνο για την υγεία. Τα όρια ασφαλείας ,η ελαχιστοποίηση περιττής έκθεσης, η συνεχιζόμενη έρευνα, η τακτική επανεξέταση των ορίων και η ενημέρωση του κοινού κάνουν την κινητή τηλεφωνία από την φύση της ασφαλή.» (Dolan & Rowley, 2009)

Το κοινό στην πλειοψηφία του δεν είναι ικανοποιημένο από την δράση της πολιτείας σχετικά με την προστασία από τους κινδύνους των ΗΜΠ και θεωρεί πως οι δημόσιες αρχές πρέπει να εκδώσουν οδηγίες για την ασφάλεια του κοινού, να χρηματοδοτήσουν έρευνες, να αναθεωρήσουν τα υπάρχοντα επιστημονικά δεδομένα κ.λ.π.

Τέλος οι εταιρίες κατασκευής κινητών ανταποκρίθηκαν στις ανησυχίες του κοινού κάνοντας διαθέσιμα στοιχεία για το EPA της συσκευής.

Ερώτηση: Κατά την γνώμη σας η δημόσιες αρχές δρουν αποτελεσματικά ή όχι, για να σας προστατέψουν από πιθανούς κινδύνους σχετικά με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία;

QC9. In your opinion, do public bodies act effectively or not to protect you from potential health risks linked to electromagnetic fields?



Σχήμα 7.3: Ερώτηση από έρευνα τις ευρωπαϊκής επιτροπής το 2010.

7.5 Επικοινωνία με το κοινό

Το γεγονός ότι συνεχίζονται οι έρευνες σχετικά με τα κινητά δημιουργεί ένα αίσθημα στον κόσμο ότι κάτι δεν πάει καλά. Πρέπει λοιπόν να παρέχεται στον κόσμο όσο περισσότερη πληροφορία γίνεται σχετικά με τα ΗΜΠ ώστε να καταλάβει ο κόσμος όχι μόνο πως λειτουργούν οι ασύρματες επικοινωνίες αλλά και πώς αλληλεπιδρούν με τον άνθρωπο. Πέρα από τον απλό λαό υπάρχουν ειδικές κατηγορίες ανθρώπων που θα πρέπει να είναι καλύτερα ενημερωμένοι σχετικά με την επιστήμη των ΗΜΠ αυτοί είναι γενικά οι γιατροί, οι μηχανικοί οι τεχνικοί ασφαλείας κ.α. Φυσικά ο κόσμος δεν εμπιστεύεται εύκολα πληροφορίες που προέρχονται από έναν που έχει συμφέροντα όπως η βιομηχανία των επικοινωνιών, σε αντίθεση με πληροφορίες από κυβερνητικούς οργανισμούς, ερευνητικά ινστιτούτα ή πανεπιστήμια υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχουν οικονομικούς δεσμούς με εμπλεκόμενες εταιρείες.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι μέσω των οποίων μπορεί να παρέχεται η πληροφορία στον κόσμο χαρακτηριστικοί είναι το διαδίκτυο, η διοργάνωση συνεδρίων και ομιλιών από ειδικούς και τα ΜΜΕ όπως τηλεόραση και ραδιόφωνο.

Μέσω του διαδικτύου μπορούν να δημιουργηθούν ιστοσελίδες η οποίες να ενημερώνονται συχνά και να επιτρέπουν στον κόσμο να μάθει όσες πληροφορίες χρειάζεται σχετικά με ΗΜΠ πως λειτουργούν και τις τελευταίες εξελίξεις στον ερευνητικό τομέα. Με τη διοργάνωση δραστηριοτήτων και ενημερώσεων μπορεί ο κόσμος να έρθει σε επαφή με ειδικούς και ερευνητές στον τομέα των ΗΜΠ και αφού κατατοπιστεί να συζητήσει μαζί τους και να λύσει τις απορίες του. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές όπου υπάρχει διαμάχη, συνήθως κοντά σε σταθμούς βάσεις.

Τα ΜΜΕ θα πρέπει να ενημερώνουν τον κόσμο για τα ΗΜΠ με εκπαιδευτικά προγράμματα αν και το θέμα αυτό δεν είναι τόσο δημοφιλές στην τηλεόραση και στο ραδιόφωνο. Από τα ΜΜΕ και τους επικοινωνιολόγους θα πρέπει να υπάρχει ειδική μέριμνα καθώς αρκετοί δεν είναι εκπαιδευμένοι για το πώς να χειρίζονται και να προβάλλουν την επιστημονική αβεβαιότητα προς τον κόσμο ώστε να μην δημιουργούν περισσότερο πανικό. Επίσης οι ερευνητές μιλώντας στα ΜΜΕ θα πρέπει να είναι πιο προσεκτικοί. Οι ίδιοι οι ερευνητές πολλές φορές αναφέρουν ότι τα αποτελέσματα τους είναι ποιοτικά αδύναμα για να βγάλουν ασφαλή συμπεράσματα.

Επίσης υπάρχουν πολλοί οργανισμοί που σχετίζονται με τον κλάδο της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας όπως ο Διεθνής Οργανισμός Προστασίας από την Ακτινοβολία (IRPA), η Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από Μη Ιονίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP), ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) κ.α. Ο WHO είναι το μόνο θεσμοθετημένο όργανο των ηνωμένων εθνών με σαφή εντολή την προώθηση της έρευνας για τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε ΜΙΑ και μέσω διεθνών προγραμμάτων συγκεντρώνει πληροφορίες και συντονίζει άλλους διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς και ερευνητικά ιδρύματα. Μια τέτοια συσσώρευση επιστημονικών δεδομένων πρέπει να διαβιβάζεται στο ευρύ κοινό προκειμένου να αποφευχθούν η δημόσια ανησυχία για την ευρεία διάδοση των νέων τεχνολογιών. Γεγονός πάντως είναι ότι πολύ λίγοι άνθρωποι επισκέπτονται την ιστοσελίδα του WHO.

Τέλος Οι κυβερνήσεις θα πρέπει να διεξάγουν έρευνες για ΗΜΠ και να παρέχουν όσες περισσότερες πληροφορίες μπορούν. Όταν ο κόσμος μπορεί να μάθει τις μετρήσεις ΗΜΠ στην γειτονία και όπου υπάρχουν κεραιές ίσως να αισθάνεται πιο ήρεμος.

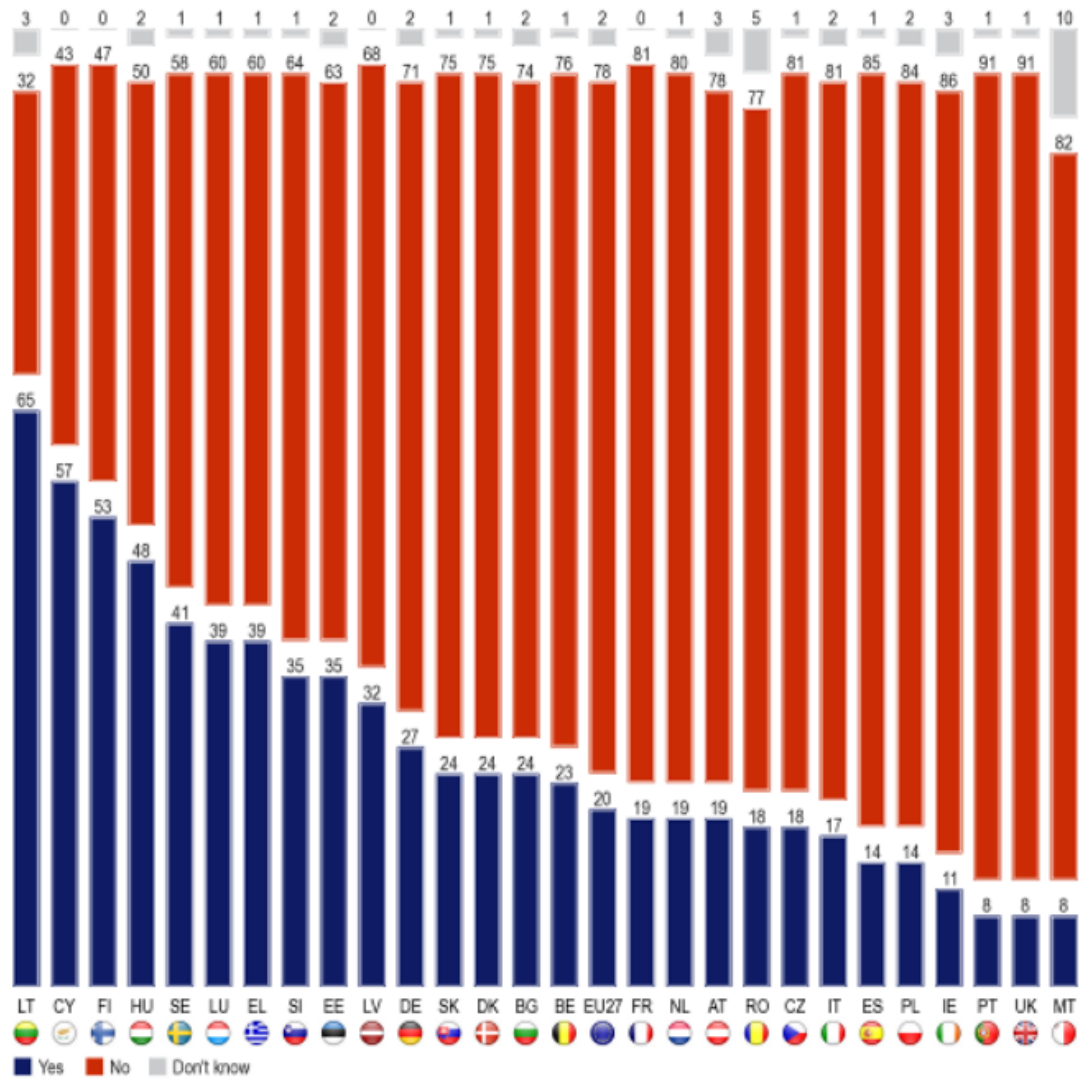
Παρατηρήσεις σχετικά με την επικοινωνία με το κοινό των ερευνητών και των MME Ministerio de Salud Pública y Consumo de España (2002):

- Χρησιμοποιήστε μια κατανοητή και αντικειμενική γλώσσα, ώστε να μπορούν οι πολίτες να λάβουν μια καλά τεκμηριωμένη απόφαση.
- Προειδοποιήστε ότι, ακόμη και όταν η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να προέλθει από πολλές διαφορετικές πηγές, η πιθανότητα κινδύνου είναι πολύ χαμηλή, εφόσον τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι σύμφωνα με τους υφιστάμενους κανονισμούς.
- Ενημερώστε για τον υψηλό βαθμό ασφάλειας που εγγυούνται οι παρόντες κανονισμοί ή συστάσεις, είτε εθνικές είτε διεθνείς, χωρίς να υποτιμάτε τους πιθανούς κινδύνους, ανεξάρτητα από το πόσο απομακρυσμένοι θα μπορούσαν να είναι.

Ο κόσμος γενικά λαμβάνει λίγες πληροφορίες σχετικά με την επίδραση στην υγεία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, αρκετοί από αυτούς που λαμβάνουν πληροφορίες δεν είναι ικανοποιημένοι από αυτές και κυριότεροι λόγοι είναι η ανεπάρκεια η μη αντικειμενικότητα και η έλλειψη εμπιστοσύνης προς αυτές. Αυτά φαίνονται από την έρευνα της ευρωπαϊκή επιτροπής.

Ερώτηση: έχετε ενημερωθεί για πιθανούς κινδύνους στην υγεία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία;

QC4. Have you received any information about potential health risks linked to electromagnetic fields?



















Σχήμα 7.4: Ερώτηση από έρευνα τις ευρωπαϊκής επιτροπής το 2010.

Ερώτηση: Πόσο ικανοποιημένοι είστε από τις πληροφορίες που λαμβάνεται για πιθανούς κινδύνους στην υγεία από ΗΜΠ;

QC5 Generally speaking, how satisfied are you with the information you receive about potential health risks linked to electromagnetic fields?

(IF 'HAS RECEIVE INFORMATION', CODE 1 IN QC4)

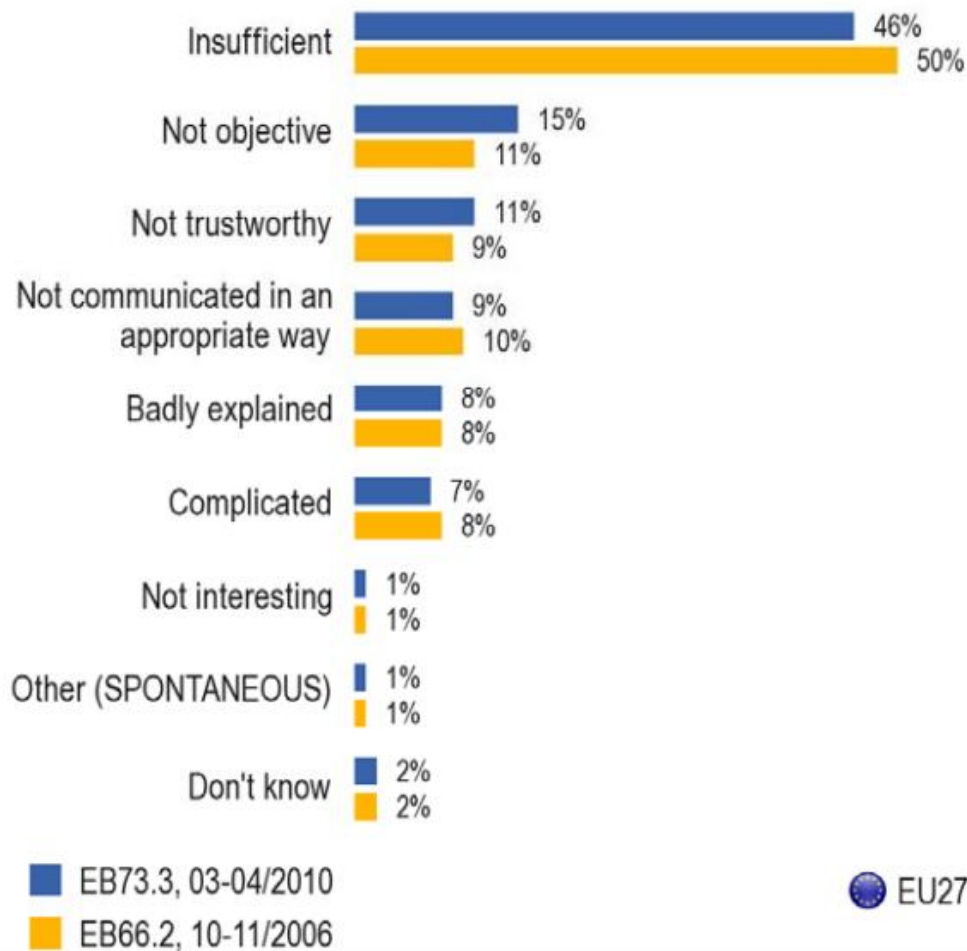
	Total 'Satisfied'	Total 'Not satisfied'	DK
 EU27	58%	40%	2%
 BE	67%	32%	1%
 BG	72%	23%	5%
 DK	68%	30%	2%
 DE	51%	48%	1%
 EE	65%	33%	2%
 EL	46%	54%	-
 CY	55%	45%	-
 LV	70%	27%	3%
 LT	53%	45%	2%
 LU	65%	31%	4%
 HU	61%	36%	3%
 SI	65%	33%	2%
 SK	58%	40%	2%
 FI	68%	30%	2%
 SE	65%	32%	3%

Base: Those that have received information, EU27 n=5345
country level n>200.

Σχήμα 7.5: Ερώτηση από έρευνα τις ευρωπαϊκής επιτροπής το 2010.

Ερώτηση: Ποίος από τους παρακάτω λόγους εξηγεί καλύτερα την δυσαρέσκεια σας από τις πληροφορίες που παίρνεται για τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από ΗΜΠ;

QC7. Which of the following reasons best explains why you are not satisfied with the information you have about the potential health risks linked to electromagnetic fields? The information is...



Base: Those that received information and are not satisfied, EU27 n=2171

Σχήμα 7.6: Ερώτηση από έρευνα της ευρωπαϊκής επιτροπής το 2010.

7.5.1 Ηθική και Επαγγελματική Ευθύνη των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης

Μία έρευνα από την ευρωπαϊκή επιτροπή δείχνει ότι ο κόσμος σε μεγάλα ποσοστά (75%) προτιμά να ενημερώνεται σχετικά με τις επιδράσεις των ΗΜΠ από την τηλεόραση. Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, όπως το ραδιόφωνο, η τηλεόραση και το διαδίκτυο είναι σήμερα ο πιο ισχυρό τρόπος για να κυριέψεις το μυαλό και επηρεάζει μεγάλο αριθμό ανθρώπων. Πολλές ειδήσεις όμως είναι αναμεταδόσεις από άλλες πηγές χωρίς διασταύρωση των πληροφοριών και σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρείται το φαινόμενο να παρουσιάζονται μόνο οι έρευνες με θετικά αποτελέσματα με μόνο σκοπό την τηλεθέαση χωρίς να αναλύονται στο κοινό με αποτέλεσμα να οξύνεται η ανησυχία του κοινού.

Βασικά σημεία ευθύνης των μέσων μαζικής ενημέρωσης είναι: η άκριτη αποδοχή και δημοσίευση όλων των ειδήσεων από το διεθνή Τύπο και τη διάδοση των αποτελεσμάτων ερευνών με κακή μεθοδολογική ποιότητα ή μελετών που τα ευρήματα δεν έχει επιβεβαιωθεί από ανεξάρτητες μελέτες αναπαραγωγής.

Ως εκ τούτου πιστεύουμε ότι οι δημοσιογράφοι θα πρέπει να εκπαιδεύονται στον κλάδο των ΗΜΠ και τα πανεπιστήμια θα πρέπει να προσπαθούν να παράγουν καλούς επιστήμονες και δημοσιογράφους της τεχνολογίας με διεπιστημονικό υπόβαθρο, αλλά ως επί το πλείστον σε θέση να κρίνουν την ποιότητα των αρχικών εγγράφων και να επικρίνουν τα δημοσιευμένα αποτελέσματα.

7.6 Συμπεράσματα, σχόλια, προτάσεις για τα κοινωνικά θέματα

Το κοινό χρειάζεται περισσότερες και ορθές πληροφορίες ,είναι εκπληκτικό το γεγονός ότι δεδομένου του μεγέθους της χρήσης των κινητών, υπάρχει τόσο μικρή προσπάθεια ενημέρωσης του κοινού μέσω των ΜΜΕ ή του διαδικτύου.

- Να δημιουργηθούν ιστοσελίδες ανεξάρτητες και με δεδομένα με επιστημονική βαρύτητα που να τροφοδοτούν με πληροφορίες το κοινό.
- Οι κυβερνήσεις σχετικά με την προσπάθεια τους να κάνουν κάτι με τις ανησυχίες των ανθρώπων για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και την υγεία, πρέπει να αξιολογούν προσεκτικά τις κινήσεις τους πριν προχωρήσουν σε μέτρα και συστάσεις, δεδομένου ότι η υπερβολικές συστάσεις και μέτρα προφύλαξης ή, ακόμα χειρότερα, μειώνοντας τα όρια για το ΗΜΠ με την ιδέα του να είναι πιο αυστηροί και ασφαλείς, τείνουν να αυξάνουν την ανησυχία, σύγχυση και δυσπιστία προς την κυβέρνηση αντί να καθησυχάζουν τους ανθρώπους.
- Το να υπάρχουν τόσα διαφορετικά μέτρα και όρια ασφαλείας σε διαφορετικές χώρες δημιουργεί σύγχυση και δυσπιστία προς τις κυβερνήσεις άρα πρέπει να εναρμονιστούν τα μέτρα μεταξύ των χωρών.
- Περισσότερες έρευνες που να εστιάζουν στα κοινωνικά οφέλη του κινητού χρειάζονται.
- Σχετικά με τους επικοινωνιολόγους και τους δημοσιογράφους χρειάζεται εκπαίδευση ώστε να χειρίζονται την επιστημονική αβεβαιότητα , να κρίνουν την αξιοπιστία των ερευνών και να τις προβάλλουν ορθά προς τον κόσμο. Επίσης πρέπει να χρησιμοποιούν μια κατανοητή και αντικειμενική γλώσσα, ώστε να μπορούν οι πολίτες να λάβουν μια καλά τεκμηριωμένη απόφαση.
- Ενημέρωση του κοινού μέσω ΜΜΕ και ομιλιών με ειδικούς για την ΗΜΠ αλλά τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι έρευνες και την αβεβαιότητα που εμπεριέχεται σε αυτές.

Κεφάλαιο 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν περισσότερες από 150 μεμονωμένες μελέτες και δεκάδες ανασκοπήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προερχόμενης από κινητά τηλέφωνα και σταθμούς βάσης στην υγεία ανθρώπων και ζώων. Οι μελέτες χωρίστηκαν ανάλογα με την μεθοδολογία που ακολουθούν σε *in vitro*, *in vivo*, σε μελέτες στο εργαστήριο με εθελοντές, σε επιδημιολογικές και σε έρευνες με ανθρώπινα μοντέλα. Επίσης χωρίστηκαν ανάλογα με το έτος που δημοσιεύτηκαν σε έρευνες που έχουν ήδη επανεξεταστεί (έως το 2010, παλιές) και σε αυτές που δεν έχουν ακόμη ανασκοπηθεί (νέες έως 2012). Τέλος μελετήθηκαν οι έμμεσες επιδράσεις και οι επιδράσεις σε παιδιά.

Από τις 30 περίπου *in vitro* έρευνες που μελετήσαμε, παρατηρήσαμε ότι σχετικά με τον καρκίνο και την γονοτοξικότητα υπάρχουν επιδράσεις του σήματος RF για βλάβες στο DNA ή στην επιδιόρθωση του DNA οι οποίες όμως είναι αναστρέψιμες με τον χρόνο. Επίσης δείχνουν ότι η χαμηλού επιπέδου RF έκθεση θα μπορούσε να προκαλέσει ανευπλοειδία. Παρατηρήθηκε αλλοίωση γονιδίων ή πρωτεϊνών η οποία όμως θεωρείται ότι προέρχεται από θερμικές επιδράσεις. Νέες έρευνες δείχνουν επιδράσεις για βλάβη και επιδιόρθωση του DNA όπως και αύξηση στις αντιδραστικές μορφές οξυγόνου (ROS). Σχετικά με το νευρικό σύστημα μερικές έρευνες δείχνουν μεταβολές στο οξειδωτικό στρες. Μελέτες για την γονιμότητα έδειξαν μείωση της κινητικότητας και της ζωτικότητας των σπερματοζωαρίων μετά από έκθεση. Τέλος για το ανοσοποιητικό και ενδοκρινολογικό σύστημα δεν βρέθηκε κάποια σημαντική επίδραση.

Όσον αφορά τις μελέτες σε ζώα, 55 περίπου *in vivo* έρευνες μελετήθηκαν. Σχετικά με την γονοτοξικότητα και τον καρκίνο το μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνών δεν έδειξε επιδράσεις λίγες έρευνες αναφέρουν ευρήματα για μειωμένη βιωσιμότητα, και αυξημένη εμφάνιση όγκων. Έρευνες για το νευρικό σύστημα αναφέρουν περιστατικά με αυξημένη διαπερατότητα στο αιματοεγκεφαλικό φραγμό (BBB) οι οποία όμως δεν έχει δοσο-εξαρτώμενη σχέση και θεωρείται ότι μπορεί να σχετίζεται με πιθανά τραύματα στο κεφάλι, στρές ή θερμικές επιπτώσεις. Σχετικά με το στρες μόνο μία έρευνα αναφέρει υπερπαραγωγή των αντιδραστικών μορφών οξυγόνου (ROS). Για την έκφραση γονιδίων και πρωτεϊνών μόνο μία πρόσφατη έρευνα καταγράφηκε με επιδράσεις και μία ανασκόπηση του 2009 επιβεβαιώνει πως υπάρχουν και χρειάζεται να διερευνηθούν περαιτέρω. Οι μελέτες σχετικά με την νευρωνική απώλεια και τις νευροεκφυλιστικές ασθένειες όχι μόνο δεν δείχνουν αρνητικές επιδράσεις αλλά παρουσιάζουν γνωστικά ωφέλει και ίσως η έκθεση να αντιπροσωπεύει μια νέα θεραπευτική προσέγγιση της νόσου Alzheimer. Αρνητικές επιδράσεις παρατηρήθηκαν στην μνήμη και στην συμπεριφορά με μείωση της κινητικότητας

και εξασθένηση της επεισοδιακής μνήμης να καταγράφεται με προσαρμογή όμως σε μακροχρόνια έκθεση. Νέα έρευνα έδειξε υπέρ-κινητικότητα σε ποντίκια που εκτέθηκαν εντός της μήτρας. Όσον αφορά την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη οι μελέτες έδειξαν αρνητικές επιδράσεις στην ανδρική γονιμότητα με μείωση της κινητικότητας και του αριθμού σπερματοζωαρίων, καταστολή της σπερματογένεσης και αναστολή της ωρίμανσης των σπερματοζωαρίων στους όρχεις. Αρκετές μελέτες όμως χαρακτηρίζονται ανεπαρκής με χαμηλή στατιστική ισχύ και / ή μεθοδολογικά προβλήματα. Δεν παρατηρήθηκαν επιδράσεις σχετικά με την τερατογένεση. Τέλος σχετικά με διάφορες φυσιολογικές και παθολογικές αλλοιώσεις μία μόνο πρόσφατη έρευνα έκανε λόγο για επιδράσεις στο ακουστικό σύστημα με τις περισσότερες έρευνες να μην έχουν ευρήματα. Για το ενδοκρινολογικό σύστημα πρόσφατες έρευνες έδειξαν διαταραχή στις συγκεντρώσεις διάφορων ουσιών και ορμονών, ενώ για το ανοσοποιητικό σύστημα δεν βρέθηκαν επιδράσεις ακόμη και σε υψηλά επίπεδα EPA.

Περισσότερες από 30 εργαστηριακές μελέτες σε ανθρώπους εξετάστηκαν σε διάφορους κλάδους. Μικρές αλλαγές παρατηρήθηκαν σε δείκτες της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού όμως γενικά δεν θεωρείτε ότι υπάρχουν στοιχεία για επιδράσεις στο καρδιακό ρυθμό και στην αρτηριακή πίεση του αίματος από βραχυπρόθεσμη RF ακτινοβολία. Επίσης η θερμοκρασία τυμπάνου φαίνεται ότι επηρεάζεται από το είδος διαμόρφωσης του παλμού. Όσον αφορά τις γνωστικές λειτουργίες, το οπτικό και ενδοκρινικό σύστημα του ανθρώπου η ακτινοβολία του κινητού τηλεφώνου ή του σταθμού βάσης δεν φαίνεται να έχει επιπτώσεις. Επιπλέον θετικές επιδράσεις προέκυψαν στην νευρωνική δραστηριότητα του εγκεφάλου με μειωμένους χρόνους αντίδρασης έπειτα από έκθεση. Τέλος σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική υπερευαισθησία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων που πάσχουν από αυτή αν και υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι τα ΗΜΠ επηρεάζουν την ποιότητα ζωής τους τα στοιχεία αυτά δεν θεωρούνται αξιόπιστα και ως συνέπεια δεν θεωρούνται τα ΗΜΠ η κύρια αιτία της κακής κατάστασης της υγείας τους.

Στις επιδημιολογικές μελέτες ξεχωρίζει η διεθνής μελέτη της INTERPHONE η οποία ασχολήθηκε κυρίως με την αύξηση των κινδύνων για γλοίωμα ή μηνιγγίωμα σε σχέση με τη χρήση κινητού τηλεφώνου χωρίς να διαπιστώσει σημαντική συσχέτιση. Σε άλλες έρευνες διαπιστώθηκε στατιστική συσχέτιση σχετικά με διαταραχές στον ύπνο, την συμπεριφορά και όγκο στην ίδια πλευρά του κεφαλιού με αυτή που χρησιμοποιείται το κινητό. Οι έρευνες για αυτούς που εργάζονται κοντά σε εγκαταστάσεις με ΗΜΠ αν και δεν είναι πολλές έδειξαν επιδράσεις σχετικά με τον καρκίνο. Τέλος στις λίγες έρευνες που έγιναν για τις επιδράσεις των κινητών στα παιδιά διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα στην ανάπτυξη καρκίνου του εγκεφάλου σε σύγκριση με τους ενήλικες. Συνολικά μπορούμε να πούμε ότι με μόνο τις επιδημιολογικές έρευνες δεν μπορούμε να βγάλουμε σαφή συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση των ΗΜΠ στην υγεία καθώς όπως αναφέραμε έχουν αρκετά μεθοδολογικά προβλήματα και νέες καλύτερες έρευνες χρειάζονται.

Από τις δοσιμετρικές έρευνες σε ανθρώπινα μοντέλα που μελετήθηκαν συμπεραίνουμε ότι μέγιστος ΕΡΑ για διάφορες συνθήκες δεν ξεπερνά τα όρια ασφαλείας για τον γενικό πληθυσμό όπως και η αύξηση της θερμοκρασίας δεν φτάνει σε επίπεδα που είναι ανησυχητικά για θερμικές επιδράσεις, ωστόσο παρατηρήθηκε αύξηση του μέγιστου ΕΡΑ σε παιδιά κυρίως μέχρι 8 ετών. Νέες έρευνες χρειάζονται για την καλύτερη κατανόηση της κατανομής του ΕΡΑ στον άνθρωπο.

Για τις έμμεσες επιδράσεις το συμπέρασμα είναι ότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των κινητών αλλά και των ιατρικών συσκευών τα κρούσματα έχουν μειωθεί στο ελάχιστο. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δεν θα πρέπει να τηρούνται κάποιοι κανόνες πρόληψης στους χώρους με τις ιατρικές συσκευές και από τους ανθρώπους που φέρουν τις συσκευές αυτές.

Προτάσεις

Προτάσεις σχετικά τη χρήση κινητού τηλεφώνου και τα κοινωνικά θέματα έχουν γίνει ήδη στα αντίστοιχα κεφάλαια.

Σχετικά με τις έρευνες:

- Περισσότερες έρευνες με καλύτερη μεθοδολογία χρειάζονται για να διαπιστωθεί η επίδραση των ΗΜΠ με μεγαλύτερη σαφήνεια.
- Σχετικά με τις δοσιμετρικές μελέτες, χρειάζονται έρευνες με πιο πολύπλοκα και ρεαλιστικά μοντέλα ανθρώπων.
- Όσον αφορά την επίδραση της χρόνιας έκθεσης πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω κυρίως σε περιπτώσεις καρκίνου.
- Περισσότερες έρευνες και ξεχωριστή μελέτη χρειάζεται να γίνει σχετικά με την επίδραση των ΗΜΠ στα παιδιά καθώς όπως φαίνεται είναι πιο ευαίσθητα από τους ενήλικες.

Σχετικά με τα όρια έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία:

- Να γίνεται επανεξέταση στα όρια σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Να λάβουν υπόψη την μεγαλύτερη ευαισθησία των παιδιών στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
- Να ληφθούν υπόψη οι αναγνωρισμένες μη θερμικές επιδράσεις.
- Να διαχωρίζουν τις ακτινοβολίες ανάλογα και με την κυματομορφή που φαίνεται να αποτελεί ένα βιολογικά ισχυρό παράγοντα.

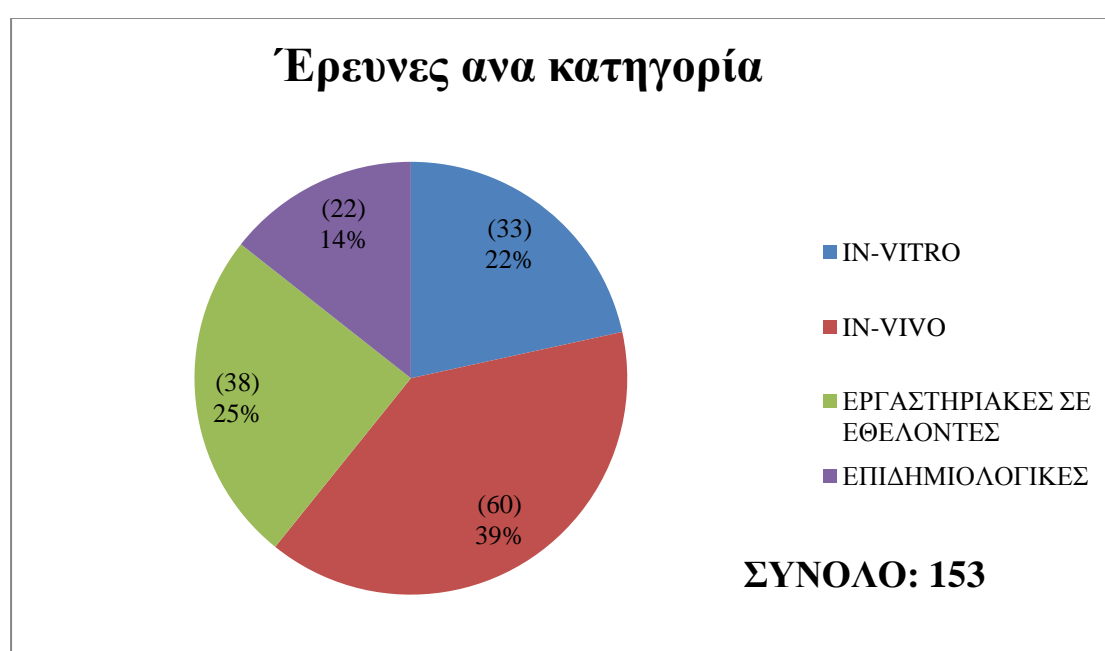
8.1 Στατιστικά της παρούσας διπλωματικής

Συνολικά μελετήθηκαν και καταγράφηκαν περισσότερες από 150 μεμονωμένες έρευνες, ανασκοπήσεις και στατιστικές μετά-αναλύσεις.

Οι μελέτες κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με την μεθοδολογία τους σε in-vitro, in-vitro, επιδημιολογικές και σε εργαστηριακές σε εθελοντές.

Επίσης μελετήθηκαν δοσιμετρικές έρευνες σε μοντέλα ανθρώπων και οι έμμεσες επιδράσεις της RF ακτινοβολίας από κινητά και σταθμούς βάσης.

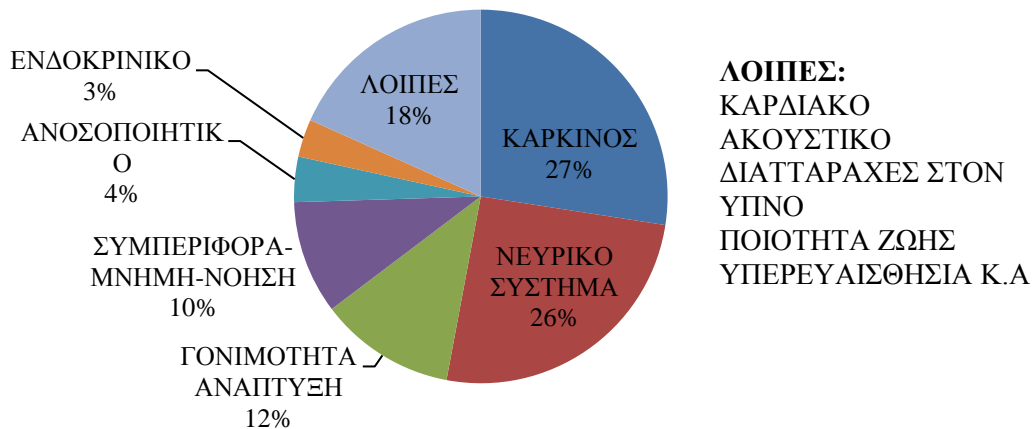
Παρακάτω σας παραθέτουμε μερικά στατιστικά στοιχεία για τις έρευνες που μελετήσαμε στην παρούσα διπλωματική.



Σχήμα 8.1: έρευνες που μελετήθηκαν ανά κατηγορία.

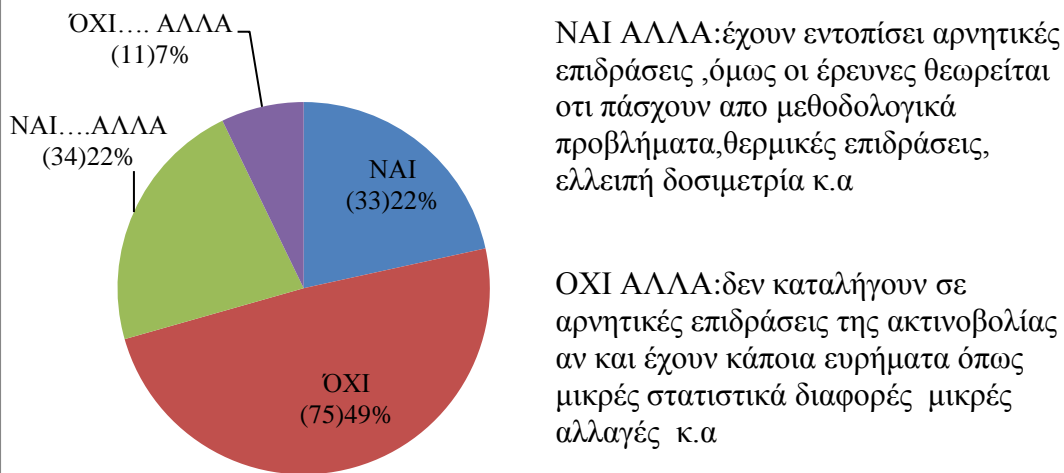
**Επίσης μελετήθηκαν δοσιμετρικές έρευνες σε μοντέλα ανθρώπων και οι έμμεσες επιδράσεις.*

Ασθένειες και κλάδοι μελέτης



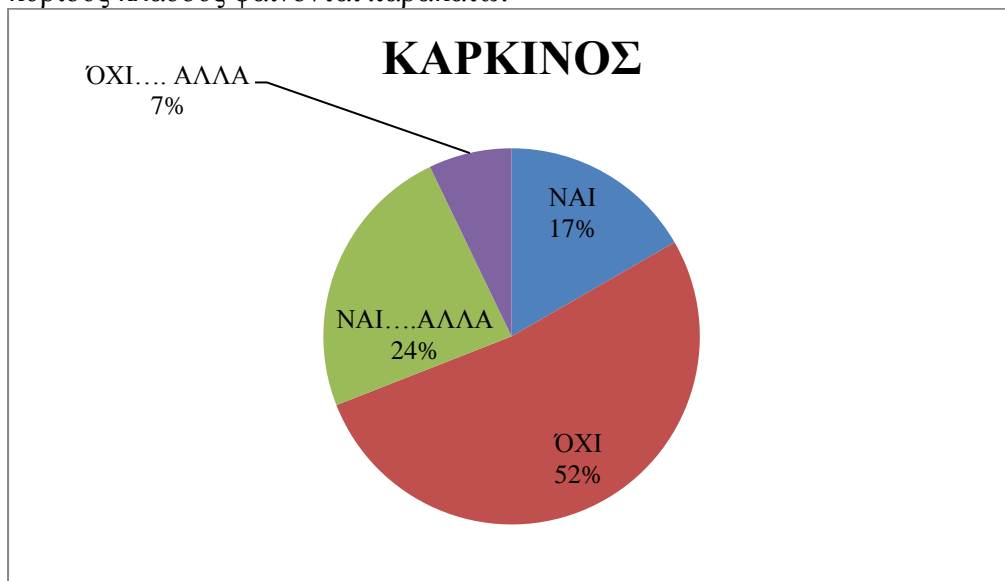
Σχήμα 8.2: ασθένειες και κλάδοι μελέτης που μελετήθηκαν στην διπλωματική και τα ποσοστά τους.

Πόσες έχουν εντοπίσει αρνητικές επιδράσεις;

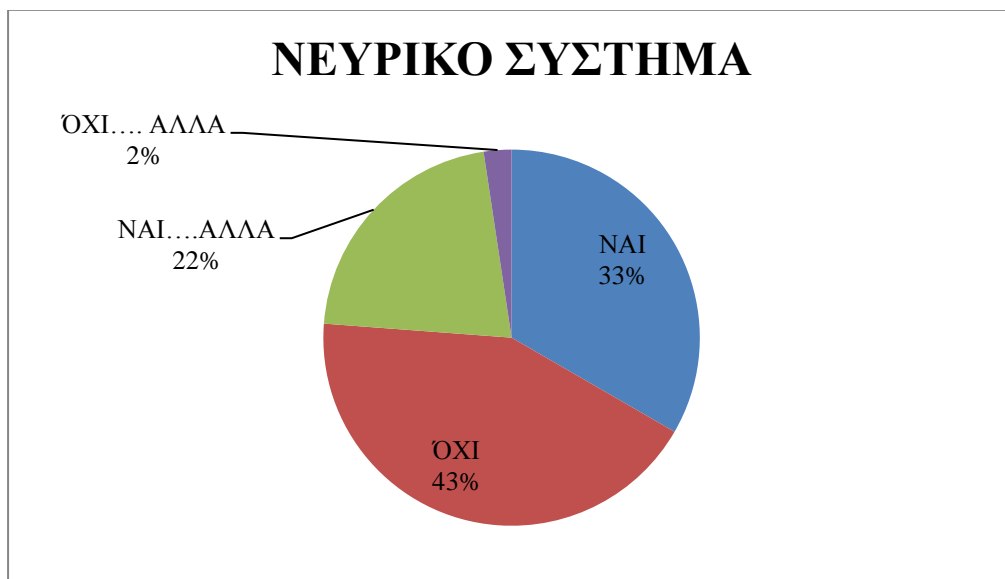


Σχήμα 8.3: ποσοστά αρνητικών επιπτώσεων από τις έρευνες που μελετήθηκαν.

Τα ποσοστιαία αποτελέσματα για τον εντοπισμό αρνητικών επιδράσεων στους κύριους κλάδους φαίνονται παρακάτω:

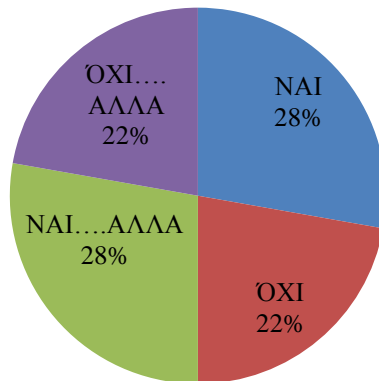


Σχήμα 8.4: ποσοστά αρνητικών επιπτώσεων για τις έρευνες στον καρκίνο.



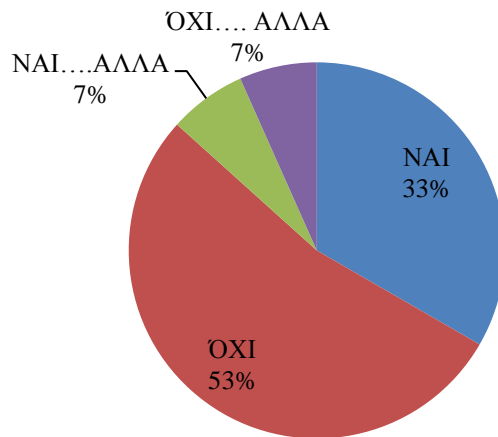
Σχήμα 8.5: ποσοστά αρνητικών επιπτώσεων για τις έρευνες στο νευρικό σύστημα.

ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ/ΑΝΑΠΤΥΞΗ



Σχήμα 8.6: ποσοστά αρνητικών επιπτώσεων για τις έρευνες σε γονιμότητα και ανάπτυξη.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ/ΜΝΗΜΗ/ΝΟΗΣΗ



Σχήμα 8.7: ποσοστά αρνητικών επιπτώσεων για τις έρευνες σε συμπεριφορά, μνήμη και νόηση.

ΝΑΙ ΑΛΛΑ: έχουν εντοπίσει αρνητικές επιδράσεις, όμως οι έρευνες θεωρείται ότι πάσχουν από μεθοδολογικά προβλήματα, θερμικές επιδράσεις, ελλιπή δοσιμετρία κ.α.

ΌΧΙ ΑΛΛΑ: δεν καταλήγουν σε αρνητικές επιδράσεις της ακτινοβολίας αν και έχουν κάποια ευρήματα όπως μικρές στατιστικά διαφορές μικρές αλλαγές κ.α.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- [2]: <http://www.chronicexposure.org/basestations.html>
- [3]: <http://www.livepedia.gr>
- [4]: <http://www.vodafone.gr>
- [5]: <http://www.eekt.gr/>
- [6]: <http://www.physics4u.gr>
- [7]: <http://www.aktinovolies.gr/>
- [8]: <http://www.greektechforum.com>
- [9]: <http://www.eett.gr>
- [10]: <http://www.allaboutmobile.org.uk>
- [11]: <http://www.mobilepro.gr>
- [12]: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- [13]: <http://www.emf-portal.de/>
- [14]: <http://www.ygeiaonline.gr/>
- [15]: <http://www.mimosaacoustics.com/>
- [16]: <https://www.iwh.on.ca/wrmb/cohort-studies-case-control-studies-and-rcts>
- [17]: <http://mobithinking.com>
- [18]: <http://www.home-biology.gr/>
- [19]: ΕΕΤΤ «Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και κινητή τηλεφωνία. Τα επιστημονικά δεδομένα» πηγή <http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/>
- [20]: ΕΕΑΕ «Κινητή τηλεφωνία και υγεία» πηγή <http://www.eeae.gr/gr/>
- [21]: «Τι είναι το σύστημα κινητής τηλεφωνίας UMTS» Πούλιας Αλέξανδρος, Νίνης Άρης πηγή <http://angnikolou.mysch.gr/mobilephones/sigma973sigmatauetamualpha-umts.html>

- [22]: Νίκη Καμπύλη και Σπυρίδωνας Μαρούλης «Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και στο περιβάλλον». Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Πτυχιακή Εργασία, 2005.
- [23]: Ευφροσύνη Δασκαλάκη «Μελέτη των Πιθανών Βιολογικών Επιδράσεων της Ακτινοβολίας από τις Κεραίες και τις Συσκευές Κινητής Τηλεφωνίας» Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Πτυχιακή Εργασία, 2005.
- [24]: Δημήτριος Β. Ιακωβάκης «Μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και η βιολογικές της επιδράσεις» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2008.
- [25]: Ρουμπέα Σοφία «Πεποιθήσεις των καταναλωτών για τους κινδύνους της ηλεκτρομαγνητικής τηλεφωνίας» Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Αθήνα, 2008.
- [26]: Πηλείδου Αλεξάνδρα «Δικτύων Εταιριών Κινητής Τηλεφωνίας Σε Ελλάδα» Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Μεταπτυχιακό στα Πληροφοριακά Συστήματα, 2007.
- [27]: Luan Ahma, Mimoza Ibrani, and Enver Hamiti «Computation of SAR Distribution in a Human Exposed to Mobile Phone Electromagnetic Fields» PIERS Proceedings, Xi'an, China, Pages 1080-1082, March 22-26, 2010.
- [28]: Mimoza Ibrani, Luan Ahma, Enver Hamiti «Comparative SAR assessment in adults and children exposed to electromagnetic fields of radio frequency devices» WSEAS TRANSACTIONS on COMMUNICATIONS ,Pages 105-114, Issue 2, Volume 9, February 2010.
- [29]: Teerapot Wessapan , Siramate Srisawatdhisukul , Phadungsak Rattanadecho « Specific absorption rate and temperature distributions in human head subjected to mobile phone radiation at different frequencies» International Journal of Heat and Mass Transfer ,Pages 347-359, 2012.
- [30]: Dejan Krstić, Darko Zigar, Dejan Petković, Dušan Sokolović «Calculation of Absorbed Electromagnetic Energy in Human Head Radiated by Mobile Phones» Int. J. Emerg. Sci. 1(4),Pages 526-534, December 2011.
- [31]: JWart, A Hadjem M F Wong and I Bloch «Analysis of RF exposure in the head tissues of children and adults» PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY, Pages 3681-3695, 2008.
- [32]: Kanako Wake, Takuji Arima, Soichi Watanabe and Masao Taki « Measurement of SAR Distributions in a Child Head Phantom for Epidemiological Studies on Cellular Phones» National Institute of Information and Communications Technology, Tokyo, Japan 2011.
- [33]: Adel Z. El Dein , Alaeddin Amr «Specific Absorption Rate (SAR) Induced in Human Heads of Various Sizes When Using a Mobile Phone» Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol I WCE 2010, June 30 - July 2, 2010, London, U.K.

- [34]: B. Blake Levitt and Henry Lai «Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays» Published by NRC Research Press, Environ. Rev. Vol. 18,Pages 369-395,2010.
- [35]: «Recent Research on EMF and Health Risks» Fifth Annual Report from SSI:s Independent Expert Group on Electromagnetic Fields, Swedish Radiation Protection Authority ,2007.
- [36]: «Health Effects of Exposure to EMF» Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2009.
- [37]: «Recent Research on EMF and Health Risks» Sixth annual report from SSM:s Independent Expert Group on Electromagnetic Fields Swedish Radiation Safety Authority , December 2009.
- [38]: «Report on the analysis of risks associated to exposure to EMF: in vitro and in vivo (animals) studies» European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure, July 2010.
- [39]: «Micro. Theory & Techniques» ,P.Gandhi, Page 1893,1996.
- [40]: «ELECTROMAGNETIC FIELDS», Eurobarometer 73.3 European Commission, 2010.
- [41]: «Non-Ionizing Electromagnetic Radiation in the Radiofrequency Spectrum and its Effects on Human Health» Latin American Experts Committee on High Frequency Electromagnetic Fields and Human Health June 2010.