



Κινητό τηλέφωνο και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Κωνσταντίνα Σπ. Νικήτα, Ph.D., M.D.
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Κινητή τηλεφωνία

Δεδομένα

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Συνεχώς αυξανόμενο πλήθος συνδρομητών
 - 383 εκατομμύρια χρήστες κινητών τηλεφώνων στην Ευρώπη
 - 84% μέση διείσδυση στην Ευρώπη
 - 1.6 δισεκατομμύρια συνδρομητές κινητών τηλεφώνων παγκόσμια
 - Εξάπλωση της χρήσης στα παιδιά
- Κινητή τηλεφωνία και υγεία
 - Δεδομένης της ευρύτατης χρήσης κινητών τηλεφώνων, ακόμα και ανεπαίσθητα αποτελέσματα για την υγεία, ενδεχομένως να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία

**Με κινητό τηλέφωνο
το 74% των δωδεκάχρονων**



Εθισμένοι στα... κινητά οι νέοι

Αποκαλυπτικά στοιχεία για τα Ελληνόπουλα 12 έως 22 ετών
και την απόλυτη εξάρτησή τους από το τηλέφωνο



Κινητή τηλεφωνία

Βασικές αρχές λειτουργίας

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

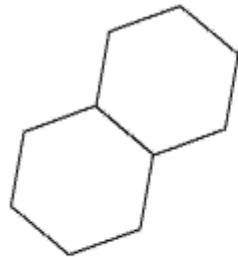
Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα



<http://www.mmfai.org>

Ικανοποιητική κάλυψη

- Κυψελοειδής δομή δικτύου
- Στρατηγική θέση σταθμού βάσης



Κλήση από το κινητό ...

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία και ραδιοκύματα

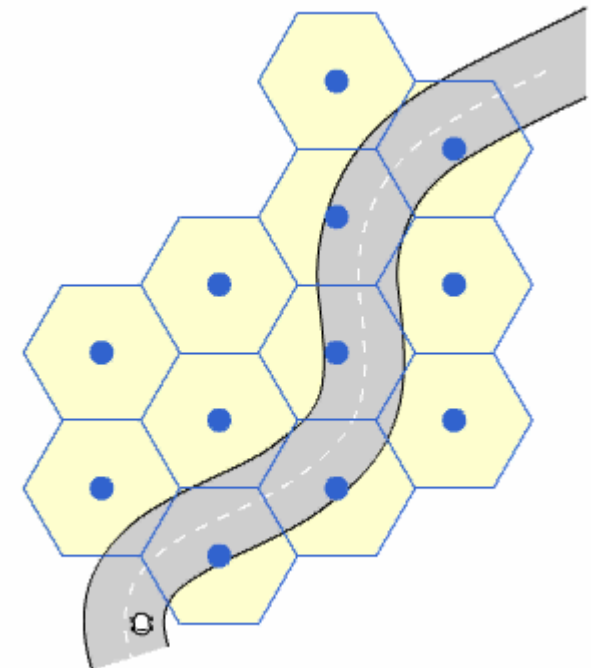
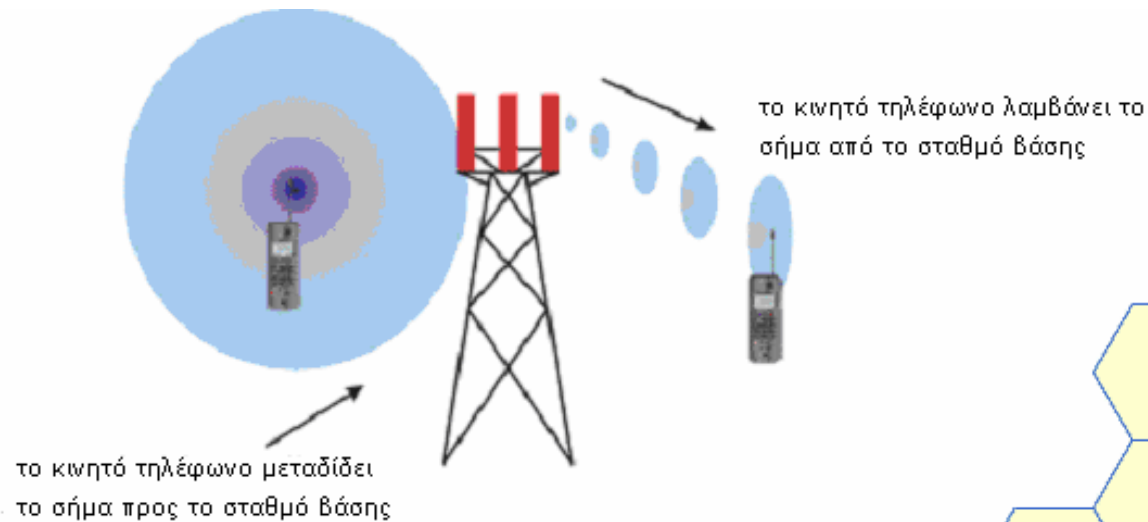
Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική εκτίμηση της έκθεσης ενηλίκων και παιδιών

Συμπεράσματα



<http://www.hpa.org.uk>



Σταθμός βάσης

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Κάλυψη
- Χωρητικότητα: Δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης ενός μέγιστου αριθμού κλήσεων σε κάθε κυψέλη
 - Αύξηση αριθμού συνδρομητών
 - Πύκνωση δικτύου σταθμών βάσης



<http://www.mmfai.org>



Κινητό τηλέφωνο

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

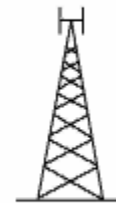
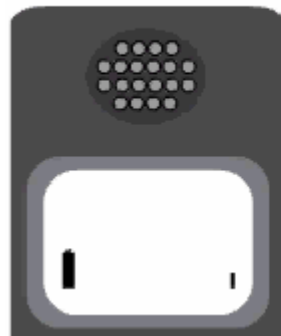
Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Αυτόματος έλεγχος ισχύος για τη μείωση στο ελάχιστο της εκπεμπόμενης ισχύος, με παράλληλη διατήρηση της ποιότητας επικοινωνίας
- Παράταση διάρκειας ζωής της μπαταρίας και του χρόνου ομιλίας

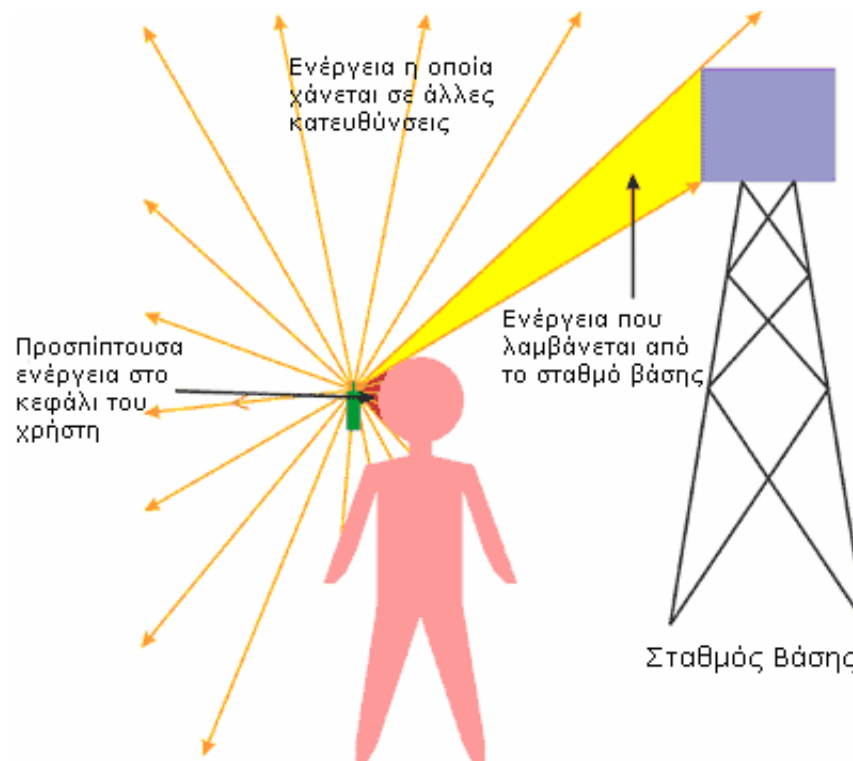


<http://www.mmfai.org>



Ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου

- Η ισχύς εξόδου του κινητού ρυθμίζεται ανάλογα με την ποιότητα επικοινωνίας με το σταθμό βάσης



Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα



Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Ραδιοκύματα (100 kHz-300 GHz)

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα



<http://www.mmfai.org>

- **Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα**
 - Μη-ιοντίζουσα Ακτινοβολία
ELF, VLF, IF, RF (10 MHz-300 GHz) – IR
UV
 - 8×10^{14} Hz
 - Ιοντίζουσα ακτινοβολία
Ακτίνες X - ακτίνες γ
- **Ιοντίζουσα ακτινοβολία:**
 - καταστροφή της ενδομοριακής δομής
 - διάσπαση διαμοριακών δεσμών
 - καρκινογενετικά φαινόμενα
- **Μη-Ιοντίζουσα ακτινοβολία:**
 - δεν προκαλεί χημικές μεταβολές στα ακτινοβολούμενα βιολογικά συστήματα



Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

**Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων**

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Θερμικά**
 - σημαντική απορρόφηση ενέργειας
 - αύξηση θερμοκρασίας
- **Μη-θερμικά**
 - μη ανιχνεύσιμη αύξηση θερμοκρασίας
 - έκθεση σε χαμηλά επίπεδα η/μ ισχύος



Θερμικά αποτελέσματα

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

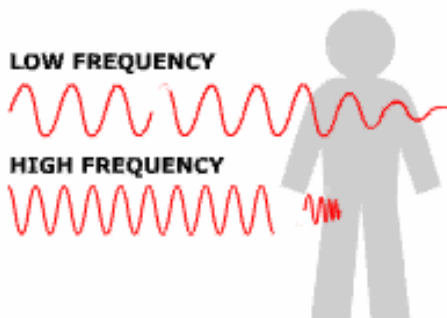
Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Ηλεκτρικό πεδίο \Rightarrow αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων νερού, αμινοξέων, πρωτεϊνών, σακχάρων, λιπιδίων κ.λπ.
 - αύξηση της ταχύτητας δόνησης ή περιστροφής των διπόλων μορίων που τείνουν να προσανατολιστούν κατά τη φορά του επιβαλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου
 - τοπική ή συνολική (σε όλο το σώμα) αύξηση της θερμοκρασίας



Πειραματικές μελέτες

Καταρρακτογένεση

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

**Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων**

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Πρόκληση καταρράκτη σε πειραματόζωα που ακτινοβολήθηκαν με υψηλή πυκνότητα ισχύος
- Σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας, εξαιτίας της αδυναμίας του οφθαλμού να απαγάγει την επιπλέον θερμότητα



Παλμικά πεδία

Μικροκυματικό ακουστικό φαινόμενο

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

**Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων**

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Παλμική ακτινοβολία (200 MHz-6.5 GHz) γίνεται αντιληπτή από άτομα με φυσιολογική ακοή ως ήχος
 - Θερμοελαστική αλληλεπίδραση στον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου
 - Μικρή αλλά απότομη αύξηση της θερμοκρασίας



Πεδία διαμορφωμένα κατά πλάτος

Μετακίνηση ιόντων ασβεστίου

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

**Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων**

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Μετακίνηση **ιόντων ασβεστίου** στις κυτταρικές μεμβράνες
 - Φέροντα κύματα ραδιοσυχνότητας διαμορφωμένα κατά πλάτος σε συχνότητες εγκεφαλικών κυμάτων \Rightarrow αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου από τον εγκεφαλικό ιστό
 - Φαινόμενα συντονισμού
 - συχνότητα περιβάλλουσας 6-20 Hz (16 Hz)
 - πυκνότητα ισχύος 1 mW/cm²



Πειραματικές μελέτες

Επίδραση στο DNA

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων

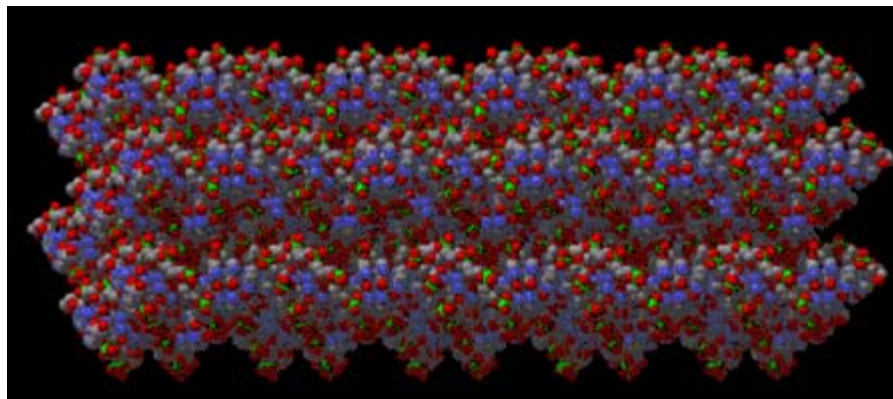
Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Δεν έχει παρατηρηθεί σε σειρά μη-θερμικών πειραμάτων *in vitro* και σε πειραματόζωα για υψίσυχνα παλμικά πεδία.
- Έχει παρατηρηθεί ρήξη στις αλυσίδες DNA εγκεφαλικών ιστών σε πειραματόζωα για έκθεση σε μικροκυματικά πεδία (SAR~1W/kg)



Βιολογικά αποτελέσματα και Επιπτώσεις στην υγεία

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

**Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων**

- Οδηγίες για τον
περιορισμό της
έκθεσης

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Βιολογικά αποτελέσματα**

Μετρήσιμες αποκρίσεις του οργανισμού ή των κυττάρων σε μια διέγερση ή αλλαγή του περιβάλλοντος

- **Επιπτώσεις στην υγεία**

Βιολογικά αποτελέσματα τα οποία προκαλούν βλάβη στην υγεία ή την καλή φυσική κατάσταση

- παρατεταμένη έκθεση
- ανεπαρκείς αντιρροπιστικοί μηχανισμοί



Οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

- Οδηγίες για τον
περιορισμό της
έκθεσης

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Προστασία απέναντι σε όλα τα αναγνωρισμένα αποτελέσματα των ραδιοκυμάτων
 - Μεγάλα περιθώρια ασφάλειας
- Καλά τεκμηριωμένα αποτελέσματα μελετών
 - Λαμβάνονται υπόψη **μόνο** βραχυπρόθεσμες, άμεσες επιδράσεις στην υγεία (θερμικά αποτελέσματα)
- Ανεπάρκεια διαθέσιμων δεδομένων για πιθανές μακροπρόθεσμες επιδράσεις και μη-θερμικής φύσης βιολογικά αποτελέσματα
 - Δεν λαμβάνονται υπόψη πιθανές μακροπρόθεσμες επιδράσεις, όπως η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου



Όρια Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης

Βασικοί περιορισμοί (100 kHz-10 GHz)

Ρυθμός ειδικής απορρόφησης

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} \quad (W / Kgr)$$

σ: ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ιστών (Si/m)

E: ενεργή τιμή ηλεκτρικού πεδίου μέσα στον βιολογικό ιστό (V/m)

ρ: πυκνότητα μάζας ιστών (kg/m³)

	SAR (μέση τιμή για όλο το σώμα και για διάστημα μέτρησης 6 min)	SAR (μέση τιμή για 10 g ιστού της κεφαλής ή του κορμού και για διάστημα μέτρησης 6 min)	SAR (μέση τιμή για 10 g ιστού των άκρων και για διάστημα μέτρησης 6 min)
Γενικός πληθυσμός	0.08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg
Εργαζόμενοι	0.4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg

ICNIRP 1998

Εισαγωγή
Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

- Οδηγίες για τον
περιορισμό της
έκθεσης

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα



Κινητή τηλεφωνία και υγεία

Μελέτες σε πειραματόζωα

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Μελέτες καρκινογένεσης**
 - Διπλασιασμός εμφάνισης λεμφώματος σε ποντίκια προδιαθετειμένα σε λέμφωμα μετά από μακρά έκθεση σε GSM ακτινοβολία (Αυστραλία).
 - Βλάβες στο DNA λόγω έκθεσης των πειραματοζώων σε ραδιοκύματα στις συχνότητες των κινητών επικοινωνιών (Πανεπιστήμιο Washington)
- **Επιδράσεις στην πρόσφατη μνήμη** (Πανεπιστήμιο Washington)
- **Επιδράσεις στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό** (Πανεπιστήμιο Lund)
 - Διάνοιξη αιματοεγκεφαλικού φραγμού σε πρωτεΐνες (αλβουμίνη)
 - Πιθανή συσχέτιση με ασθένειες όπως η Alzheimer



Κινητή τηλεφωνία και υγεία

Μελέτες σε ενήλικες

Εισαγωγή
Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα
Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων
Κινητή τηλεφωνία
και υγεία
- Ενήλικες
- Παιδιά
Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών
Συμπεράσματα

- **Βράχυνση του χρόνου αντίδρασης σε εξωτερικά ερεθίσματα**
Έκθεση 35 εθελοντών σε συνεχή και παλμική ακτινοβολία ραδιοκυμάτων, Πανεπιστήμιο Bristol.
- **Επιδράσεις στον ύπνο και τη γνωσιακή λειτουργία**
Διαταραχή των φυσιολογικών EEG ύπνου, μετά από έκθεση σε GSM ακτινοβολία διάρκειας 30 min, Πανεπιστήμιο Zurich.
- **Καρκίνος οφθαλμού**
Ανάλυση ερωτηματολογίων που δόθηκαν σε 118 ασθενείς με μελάνωμα, σε σχέση με αντίστοιχα ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε 475 υγιείς μάρτυρες, Πανεπιστήμιο Essen.



Μελέτη INTERPHONE¹

Συνεργασία 13 χωρών* με σκοπό τη διερεύνηση πιθανής συσχέτισης μεταξύ του κινδύνου ανάπτυξης ενδοκρανιακών όγκων και της χρήσης κινητών τηλεφώνων



Ακουστικό Νευρίνωμα

Γλοίωμα, μηνιγγίωμα

**Cardis E, Kilkenny M. "International case-control study of adult brain, head and neck tumours: results of the feasibility study", Radiat Prot Dosimetry 1999;83:179-83*

Εισαγωγή
Κινητή τηλεφωνία και ραδιοκύματα
Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων
Κινητή τηλεφωνία και υγεία
- Ενήλικες
- Παιδιά
Συγκριτική εκτίμηση της έκθεσης ενηλίκων και παιδιών
Συμπεράσματα



Μελέτη INTERPHONE²

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Σκοπός:** Αποτίμηση κινδύνου εμφάνισης **ακουστικού νευρινώματος** σε σχέση με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου
- **Σχεδιασμός:** Επιδημιολογική πληθυσμιακή έρευνα σε 5 χώρες της Ευρώπης (Φινλανδία, Δανία, Σουηδία, Νορβηγία, Ηνωμένο Βασίλειο)
- **Συμμετέχοντες:** Ασθενείς με ακουστικό νευρίνωμα ηλικίας 20–69 ετών, περίοδος 1999–2004, 678 ασθενείς, 3553 άτομα ελέγχου
- **Αποτελέσματα:**
 - Δεν παρατηρήθηκε αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης ακουστικού νευρινώματος
 - Δεν βρέθηκε καμία σύνδεση κινδύνου με τη διάρκεια χρήσης, τις αθροιστικές ώρες χρήσης ή το συνολικό αριθμό κλήσεων
 - Αύξηση του κινδύνου ανάπτυξης νευρινώματος στην πλευρά που το άτομο συνηθίζει να κρατά το κινητό, για χρήση 10 ή περισσότερων ετών
 - Δεν μπορεί να αποκλειστεί συνολικά αυξημένος κίνδυνος μετά από υπερδεκαετή χρήση

* “*Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European counties*”, *British Journal of Cancer*, 2005



Μελέτη INTERPHONE³

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Σκοπός:** Διερεύνηση πιθανής συσχέτισης κινδύνου εμφάνισης **γλοιώματος** στους ενήλικες με τη χρήση κινητών τηλεφώνων
- **Σχεδιασμός:** Επιδημιολογική πληθυσμιακή έρευνα με συγκέντρωση δεδομένων από προσωπική συνέντευξη σε 5 περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου*
- **Συμμετέχοντες:** 966 άτομα (18 - 69 ετών) με διάγνωση γλοιώματος στο διάστημα 12/2000-02/2004 και 1716 μάρτυρες
- **Αποτελέσματα:**
 - Δεν παρατηρήθηκε σύνδεση του κινδύνου για γλοίωμα με τη βραχυρόθεσμη ή μεσοπρόθεσμη χρήση του κινητού
 - Παρατηρήθηκε συσχετισμός σημαντικά μεγαλύτερου κινδύνου για ανάπτυξη όγκου στην πλευρά χρήσης του κινητού, που συνοδεύτηκε από μειωμένο κίνδυνο για την άλλη πλευρά.
 - Οι συμπληρωματικοί θετικοί και αρνητικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την ομόπλευρη και την ετερόπλευρη χρήση του κινητού τηλεφώνου σε σχέση με την εντόπιση του όγκου ενδεχομένως να οφείλονται σε στατιστική απόκλιση ανάκλησης πληροφορίας.

* "Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study", *British Medical Journal*, January 2006



Μελέτη INTERPHONE⁴

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Σκοπός:** Διερεύνηση πιθανής συσχέτισης κινδύνου εμφάνισης **γλοιώματος** και **μηνιγγιώματος** στους ενήλικες με τη χρήση κινητών τηλεφώνων
- **Σχεδιασμός:** Επιδημιολογική πληθυσμιακή έρευνα στη Γερμανία*
- **Συμμετέχοντες:** Ασθενείς (30–69 ετών), περίοδος 2000–2003, 366 άτομα με γλοιώμα, 381 άτομα με μηνιγγίωμα, 1535 άτομα ελέγχου
- **Αποτελέσματα:**
 - Καμία ένδειξη συνολικού αυξημένου κινδύνου για γλοιώμα ή μηνιγγίωμα στους τακτικούς χρήστες κινητών τηλεφώνων
 - Αυξημένος κίνδυνος για γλοιώμα σε άτομα που είχαν χρησιμοποιήσει κινητά τηλέφωνα για 10 ή περισσότερα χρόνια.
 - Καμία σχέση μεταξύ χρήσης ασύρματων τηλεφώνων και κινδύνου εμφάνισης γλοιώματος ή μηνιγγιώματος
- **Σημείωση:** Ο αριθμός των χρηστών κινητών τηλεφώνων για 10 ή περισσότερα χρόνια ήταν χαμηλός. Δεν μπορούν να αποκλειστούν οι επιπτώσεις στατιστικής απόκλισης ανάκλησης πληροφορίας.

“Cellular phones, cordless phones, and the risks of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany)”, American Journal of Epidemiology, October 2006



Επιδημιολογική έρευνα στη Δανία

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- **Σκοπός:** Διερεύνηση επίπτωσης καρκίνου σε Δανούς* χρήστες κινητών τηλεφώνων οι οποίοι παρακολουθήθηκαν για χρονική περίοδο 21 ετών
- **Σχεδιασμός:** Εκτεταμένη εθνικής κλίμακας έρευνα. Υπολογισμός του κανονικοποιημένου λόγου επίπτωσης (SIR -Standardized Incidence Ratio): Αριθμός περιστατικών καρκίνου στην παρακολουθούμενη ομάδα / αναμενόμενος αριθμός στον πληθυσμό της Δανίας
- **Συμμετέχοντες:** 420 095 χρήστες κινητού τηλεφώνου που άρχισαν να χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο μεταξύ 1982 και 1995, και εξετάστηκαν για καρκίνο το 2002. Καρκίνος διαγνώστηκε σε 14 249 άτομα (άντρες και γυναίκες).
- **Αποτελέσματα:**
 - Η χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν συσχετίστηκε με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης ακουστικού νευρινώματος, λευχαιμίας, όγκων του εγκεφάλου, του σιελογόνου αδένου, του οφθαλμού.
 - Για τους μακροχρόνιους χρήστες (πάνω από 10 χρόνια), η χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν συσχετίστηκε με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του εγκεφάλου.

* "Cellular Telephone Use and Cancer Risk: Update of a Nationwide Danish Cohort", *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 98, No. 23, December 6, 2006



Κινητό τηλέφωνο και παιδί

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Είναι ο παιδικός εγκέφαλος πιο ευαίσθητος από τον εγκέφαλο των ενηλίκων στην ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα κινητά τηλέφωνα;
- Είναι η ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων τόσο επιβλαβής, ώστε να απαιτείται προσεκτική προσέγγιση για τη διαχείριση του κινδύνου;



Κινητό τηλέφωνο και παιδί

Θέματα έρευνας

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Βιολογικά αποτελέσματα
 - πειράματα σε πτηνά, ποντίκια, αρουραίους και πιθήκους
 - παρόμοια ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος των θηλαστικών και του ανθρώπου
 - παρόμοιες συνθήκες έκθεσης
 - υψηλής ποιότητας δοσιμετρία
- Γνωσιακή λειτουργία, χρόνος αντίδρασης, μνήμη, ΗΕΓ
 - φόβοι ότι οποιαδήποτε επίδραση στη λειτουργία του εγκεφάλου των παιδιών μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη ικανότητα μάθησης ή σε προβλήματα συμπεριφοράς
 - πιθανά χρόνια βιοχημικά αποτελέσματα μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες ειδικά στους νέους οι οποίοι δεν έχουν ολοκληρώσει την ανάπτυξή τους
 - δύσκολη η διεξαγωγή των μελετών κυρίως για λόγους δεοντολογίας → λίγες μελέτες
 - σκεπτικισμός των γονέων όσον αφορά στη συμμετοχή των παιδιών τους σε πειράματα εθελοντών
 - βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα
- Δοσιμετρία – Χαρακτηριστικά απορρόφησης ισχύος
 - ανατομική εξέλιξη κεφαλιού
 - αλλαγές στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ιστών



Γνωσιακή λειτουργία, χρόνος αντίδρασης, μνήμη, ΗΕΓ

Εισαγωγή
Κινητή τηλεφωνία και ραδιοκύματα
Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία και υγεία
- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική εκτίμηση της έκθεσης ενηλίκων και παιδιών

Συμπεράσματα

■ A.W. Preece *et al.*, 2005*

Πληθυσμός: 18 παιδιά (9 αγόρια, 9 κορίτσια), 10-12 ετών

Συνθήκες έκθεσης: 902 MHz, Nokia 3110, με μέση ισχύ εξόδου: 0, 0.025 και 0.25 W,

SAR_{εγκεφάλου}=0.28 W/kg

Μέτρηση: χρόνος αντίδρασης, 'ακρίβεια' και 'ευαισθησία'

Αποτελέσματα: ελαφρά τάση βράχυνσης του χρόνου αντίδρασης (στατιστικά μη σημαντική)

■ C. Haarala *et al.*, 2005**

Πληθυσμός: 32 παιδιά (16 αγόρια, 16 κορίτσια), 10-14 ετών

Συνθήκες έκθεσης: 902 MHz, Nokia 3110, με μέση ισχύ εξόδου: 0.25 W,

SAR_{10g}=0.99 W/kg, **SAR_{1g}**=1.44 W/kg, **SAR_{max}**=2.07 W/kg

Μέτρηση: χρόνος αντίδρασης, λειτουργίες πρόσφατης μνήμης

Αποτελέσματα: καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στις γνωσιακές λειτουργίες

■ C.M. Krause *et al.*, 2006***

Πληθυσμός: 15 παιδιά (6 αγόρια, 9 κορίτσια), 10-14 ετών

Συνθήκες έκθεσης: 902 MHz, κινητό τηλέφωνο, με μέση ισχύ εξόδου: 0.25 W,

SAR_{1g}=1.40 W/kg, **SAR_{max}**=1.98 W/kg

Μέτρηση: επιδράσεις στο ΗΕΓ (προκλητά δυναμικά) κατά τη διάρκεια ακουστικής δοκιμασίας μνήμης

Αποτελέσματα: η ακτινοβολία επιδρά στις συχνότητες ~4-8 Hz και ~15 Hz του ΗΕΓ κατά τη γνωσιακή επεξεργασία (κωδικοποίηση και αναγνώριση)

* A.W. Preece *et al.*, "Effect of 902 MHz mobile phone transmission on cognitive function in children," *Bioelectromagnetics*, vol. 7, pp. S138-S143, 2005.

** C. Haarala *et al.*, "Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function," *Bioelectromagnetics*, vol. 7, pp. S144-S150, 2005.

*** C.M. Krause *et al.*, "Mobile phone effects on children's event-related oscillatory EEG during an auditory memory task", *Int. J. Radiat. Biol.*, Vol. 82, No. 6, pp. 443 - 450, June 2006.



Χαρακτηριστικά απορρόφησης ισχύος

Εξάρτηση από την ηλικία

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Εξάρτηση των διηλεκτρικών ιδιοτήτων των ιστών από την ηλικία
 - αυξημένη διηλεκτρική σταθερά και αγωγιμότητα των εγκεφαλικών ιστών νεογέννητων ποντικών και κουνελιών (λόγω χαμηλής περιεκτικότητας των εγκεφαλικών ιστών σε μυελίνη και κατά συνέπεια υψηλής περιεκτικότητας σε νερό)
 - αύξηση αιματοκρίτη (κατά τη μετάβαση από την εφηβεία στην ενηλικίωση) \Rightarrow μείωση των τιμών διηλεκτρικών ιδιοτήτων
- Ανατομική εξέλιξη κεφαλιού
 - Πληροφορίες για την ανάπτυξη του κρανιακού οστού, του δέρματος, του όγκου του εγκεφάλου και των λοιπών ιστών που απαρτίζουν το κεφάλι
 - αύξηση του όγκου του εγκεφάλου κατά 10% μεταξύ 5 και 20 ετών
 - αύξηση του πάχους του κρανίου κατά 70% μεταξύ 5 και 20 ετών
 - δεδομένα για την ανάπτυξη του πτερυγίου του αυτιού
 - απόσταση του εγκεφαλικού ιστού από το σημείο τροφοδοσίας της κεραίας (μεγαλύτερη ελαστικότητα, συμπίεση του πτερυγίου, μικρότερη απόσταση της κεραίας από τον εγκέφαλο)



Κινητό τηλέφωνο και παιδί

Συστάσεις διεθνών φορέων

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

Ανεξάρτητη Ομάδα Εμπειρογνομώνων για τα Κινητά Τηλέφωνα της Μ. Βρετανίας (IEGMP) (*Stewart report*) [2000]:

“Υπάρχει ένδειξη ότι για τις συχνότητες λειτουργίας των κινητών τηλεφώνων, οι τιμές του SAR στα παιδιά είναι μεγαλύτερες από αυτές των ενηλίκων... γιατί οι ιστοί τους... έχουν υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας... Παιδιά ηλικίας μικρότερης των 16 ετών θα πρέπει να αποφεύγουν την άσκοπη χρήση των κινητών τηλεφώνων. Οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να σταματήσουν την προώθηση των κινητών τηλεφώνων στα παιδιά”

Συμβούλιο Υγείας της Ολλανδίας (HCN) [2002]:

“Η προληπτική προσέγγιση για τα παιδιά δεν δικαιολογείται, ακόμα και αν ληφθεί υπόψη η ανάπτυξη των οργάνων και η μείωση στον εγκέφαλο των παιδιών καθώς και τα χαρακτηριστικά της απορροφούμενης ενέργειας.”

Εθνικό Συμβούλιο Ακτινοπροστασίας της Μ. Βρετανίας (NRPB) [2004]:

“Λόγω έλλειψης νέων επιστημονικών στοιχείων, η εισήγηση της επιτροπής Stewart σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης των κινητών τηλεφώνων από τα παιδιά εξακολουθεί να ισχύει ως προληπτικό μέτρο (“*Αρχή της Προφύλαξης*”)... Προληπτικά, οι γονείς συμβουλεύονται να μην επιτρέπουν τη χρήση κινητού τηλεφώνου σε παιδιά κάτω των 8 ετών”

Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από τη Μη Ιονίζουσα Ακτινοβολία (ICNIRP) [2004]:

“Τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών δεν παρέχουν συνεπείς και πειστικές αποδείξεις αιτιολογικής συσχέτισης μεταξύ της ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων και μη-αναστρέψιμων αποτελεσμάτων στην υγεία. Από την άλλη πλευρά, αυτές οι μελέτες παρουσιάζουν πολλές αδυναμίες ώστε να μπορούν να αποκλείσουν μια τέτοια συσχέτιση.”

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) [2005]:

“Τα ελάχιστα δεδομένα, ειδικά αυτά που αφορούν στα παιδιά, υποδεικνύουν τη λήψη απλών προληπτικών μέτρων, ειδικά γιατί κάποιες περιπτώσεις έκθεσης βρίσκονται κοντά στα όρια των οδηγιών. Οι γιατροί θα μπορούσαν να συμβουλεύουν τους γονείς ότι η έκθεση των παιδιών τους σε ραδιοσυχνότητες μπορεί να μειωθεί, απομακρύνοντας το κινητό από το κεφάλι και το σώμα .”



Επιστημονική βάση για τη σύσταση λήψης προληπτικών μέτρων

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία και ραδιοκύματα

Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική εκτίμηση της έκθεσης ενηλίκων και παιδιών

Συμπεράσματα

- Τα παιδιά μπορεί να είναι πιο ευαίσθητα από τους ενήλικες εξαιτίας
 - του αναπτυσσόμενου νευρικού συστήματός τους
 - Μυελίνωση (ταχεία κατά τα 2 πρώτα χρόνια της ζωής - συνεχίζεται και κατά τη δεύτερη δεκαετία της ζωής)
 - Αναδιάταξη των συναπτικών συνδέσεων μετά τα 2 πρώτα χρόνια και στην εφηβεία (μείωση αριθμού συνάψεων)
 - της υψηλότερης απορρόφησης ενέργειας από τους ιστούς του κεφαλιού
 - Υψηλότερη αγωγιμότητα των ιστών
 - Μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης σε σχέση με τη διάμετρο του κεφαλιού
 - της αναμενόμενης μεγαλύτερης μακροπρόθεσμης έκθεσής τους στη ακτινοβολία



Εκτίμηση της έκθεσης σε η/μ πεδία

Πειραματικές μέθοδοι

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Πειραματικά μοντέλα – Ομοιώματα κεφαλιού
 - Απλά κανονικά σχήματα (κύβος, σφαίρα)
 - Πλαστικό κέλυφος, υγρό υλικό που προσομοιάζει τον εγκέφαλο
 - Πιο πιστά-λεπτομερή μοντέλα
 - Αποτελούνται από 5 ή και περισσότερους ιστούς
- Μετρήσεις με αισθητήρες και ρομποτικά συστήματα



APREL SAR Assessment System ALSAS 10 Universal



Εκτίμηση της έκθεσης σε η/μ πεδία

Υπολογιστική προσομοίωση

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

Τρισδιάστατα Μοντέλα Κεφαλιού / Τερματικής συσκευής

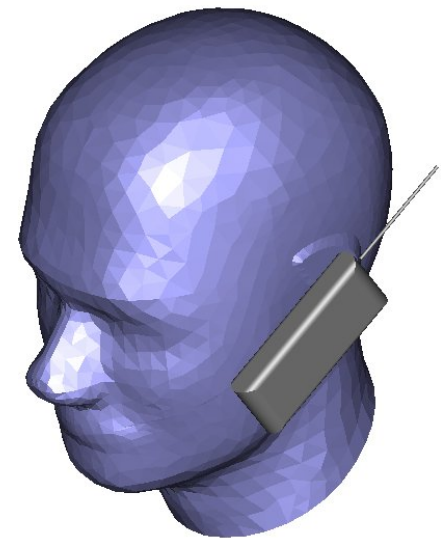
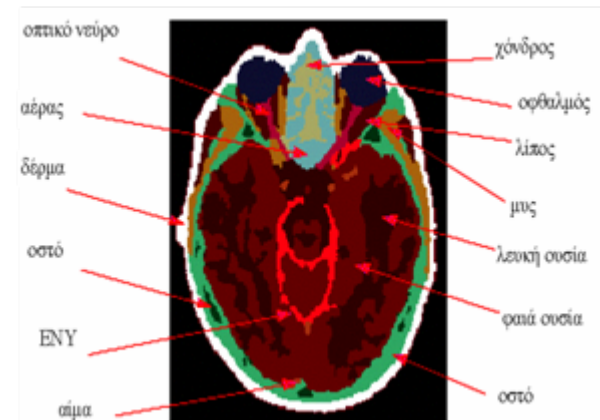
■ Μοντέλα κεφαλιού

- Απλά κανονικά μοντέλα (σφαίρες, ελλειψοειδή)
- Λεπτομερή αριθμητικά μοντέλα προερχόμενα από CT, MRI
 - Κυβικές κυψέλες ακμής 1mm, 2mm
 - Διηλεκτρικές ιδιότητες από μετρήσεις σε αντίστοιχους ιστούς

■ Μοντέλα τερματικών συσκευών

- Διπολικές γραμμικές ή ελικοειδείς κεραίες
- Αριθμητικά μοντέλα από αρχεία CAD

■ Επίλυση του προβλήματος αλληλεπίδρασης με προσεγγιστικές αριθμητικές μεθόδους και κυρίως FDTD



Αριθμητικό παράδειγμα

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Τερματική συσκευή
Μονοπολική ελικοειδής/γραμμική κεραία
- Αριθμητικό μοντέλο κεφαλιού
 - Ενήλικας / Παιδί 10 ετώνΡεαλιστικό (13 ιστοί)
- Επίλυση με τη μέθοδο FDTD
- Απόσταση χρήστη-τερματικής συσκευής
- Αριθμητικά αποτελέσματα
 - Μέγιστες τιμές σημειακού SAR και μέσης τιμής SAR σε μάζα 1g και 10g
 - Κατανομές σημειακού SAR
 - Συνολική απορροφούμενη ισχύς



Ρεαλιστικό μοντέλο κεφαλιού/ Τερματικής συσκευής

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

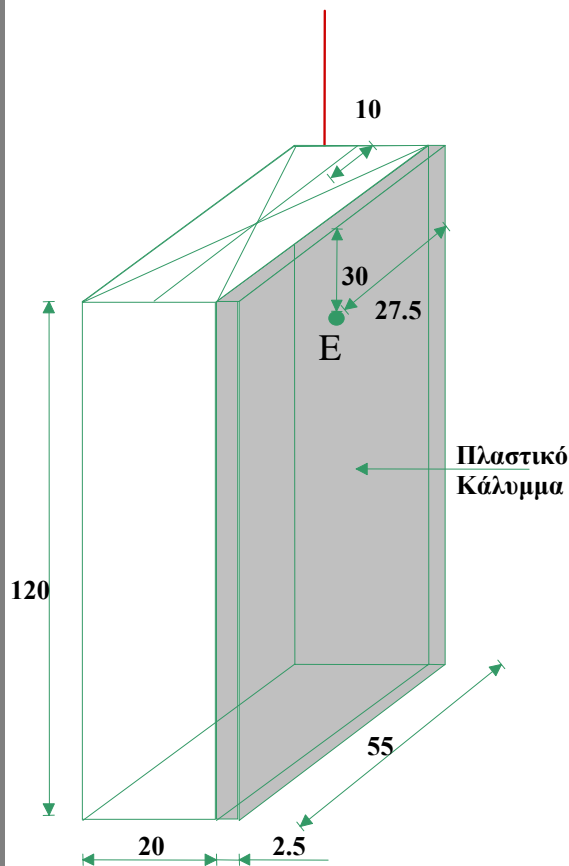
Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

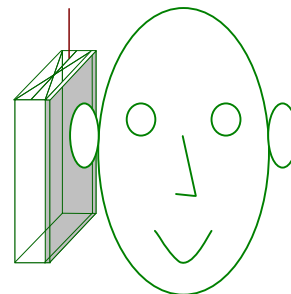
- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

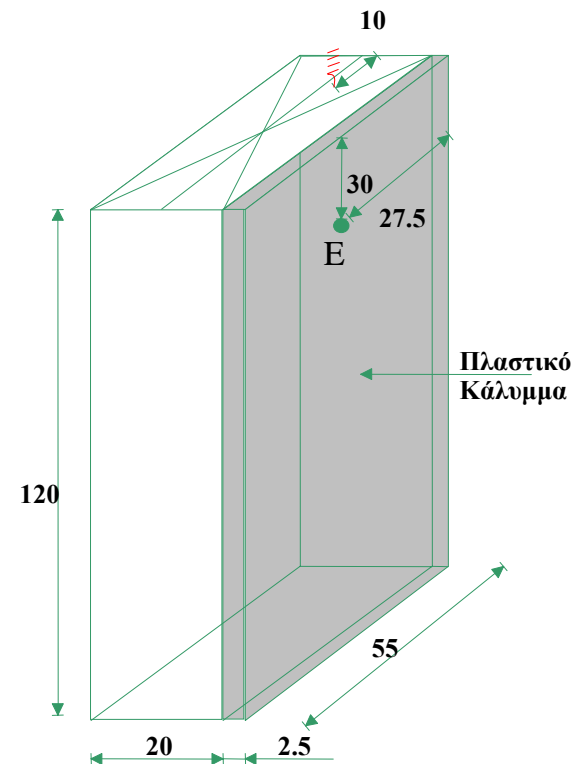
Συμπεράσματα



Μοντέλο κεφαλιού
13 διαφορετικοί τύποι ιστών
Διακριτοποίηση 1.25 mm



$f=1800$ MHz



Τερματική συσκευή
Με ελικοειδή ή γραμμική κεραία
Σε κατακόρυφη θέση

Μέγιστη τιμή σημειακού SAR

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

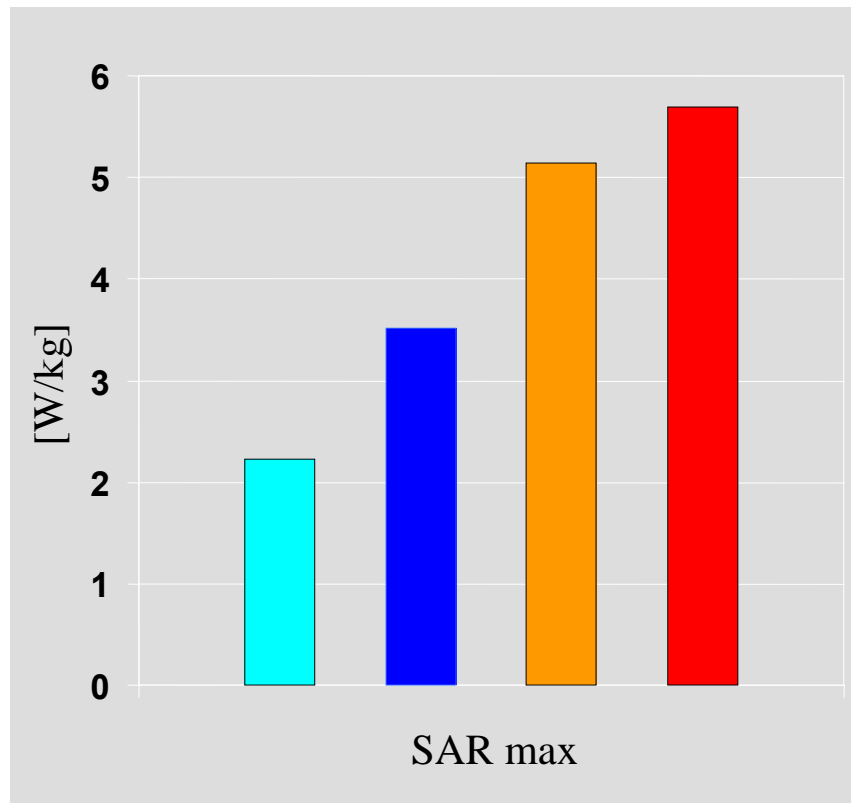
Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

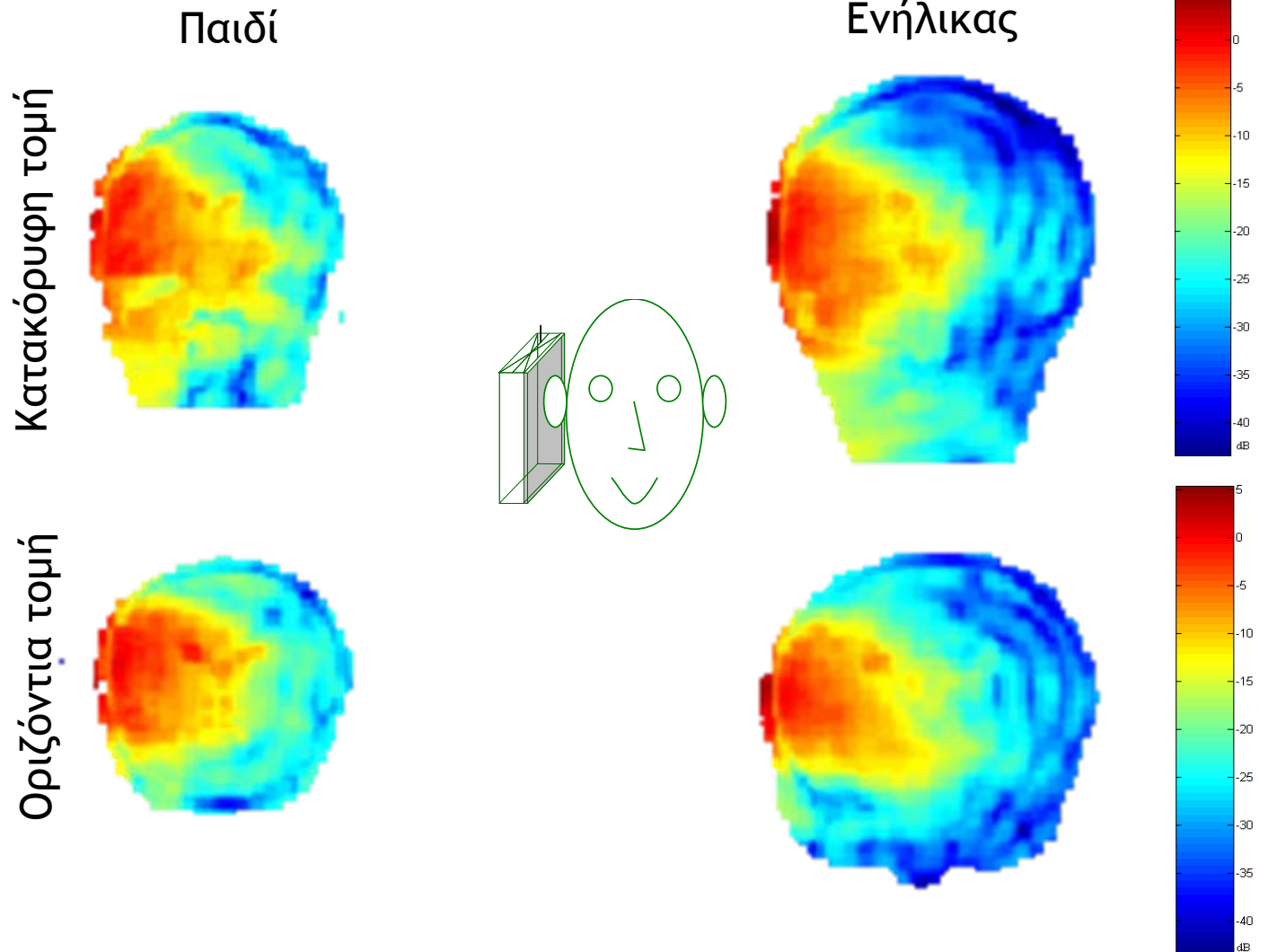


- Γραμμικό Μονόπολο / Παιδί
- Γραμμικό Μονόπολο / Ενήλικας
- Ελικοειδές Μονόπολο / Παιδί
- Ελικοειδές Μονόπολο / Ενήλικας

$$P_{in} = 125 \text{ mW}$$

Κατανομή SAR – Γραμμική κεραιά

Εισαγωγή
Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα
Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων
Κινητή τηλεφωνία
και υγεία
- Ενήλικες
- Παιδιά
Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών
Συμπεράσματα



Κατανομή SAR – Ελικοειδής κεραία

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

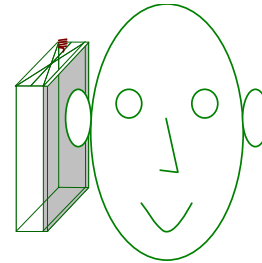
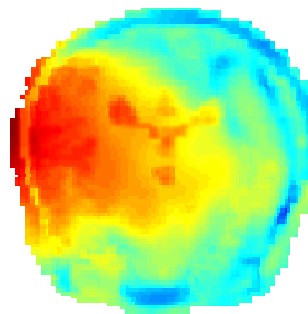
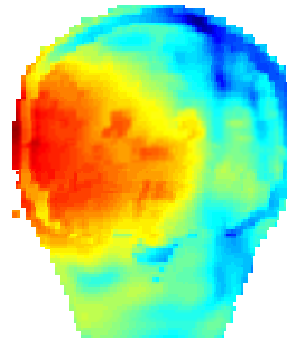
Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

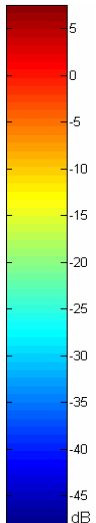
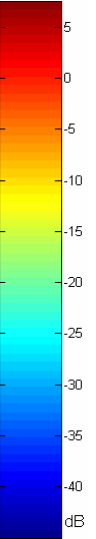
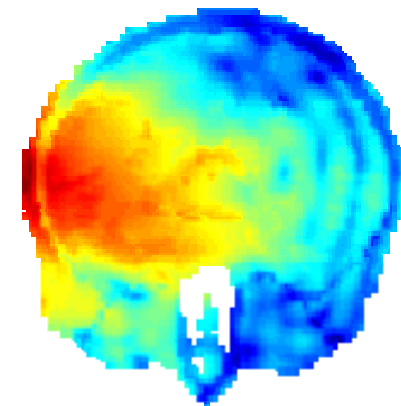
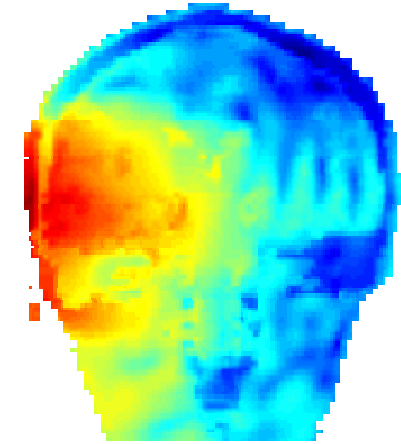
Κατακόρυφη τομή

Οριζόντια τομή

Παιδί



Ενήλικας



Μέγιστη τιμή SAR σε μάζα 1g & 10g

Εισαγωγή
Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

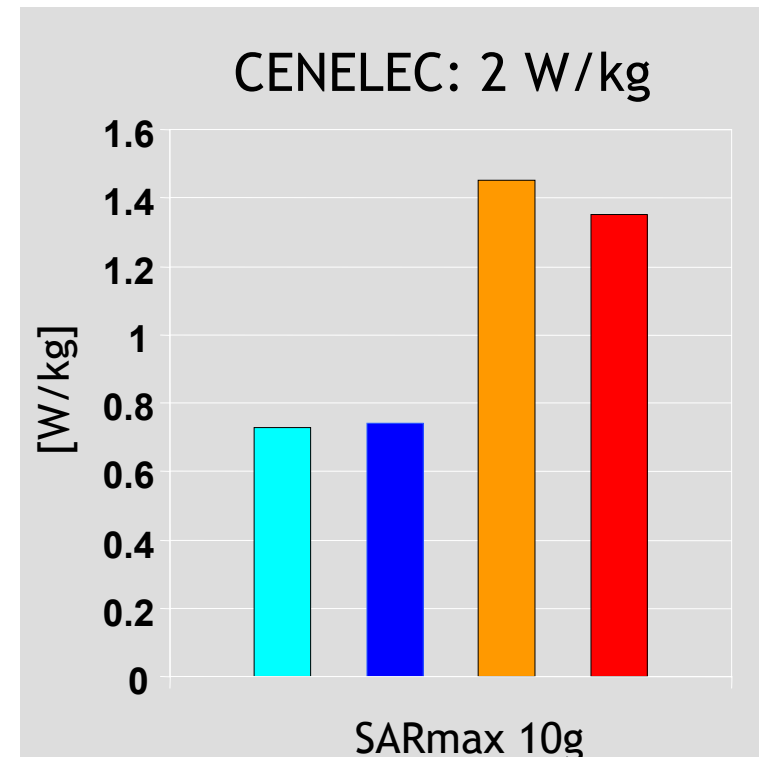
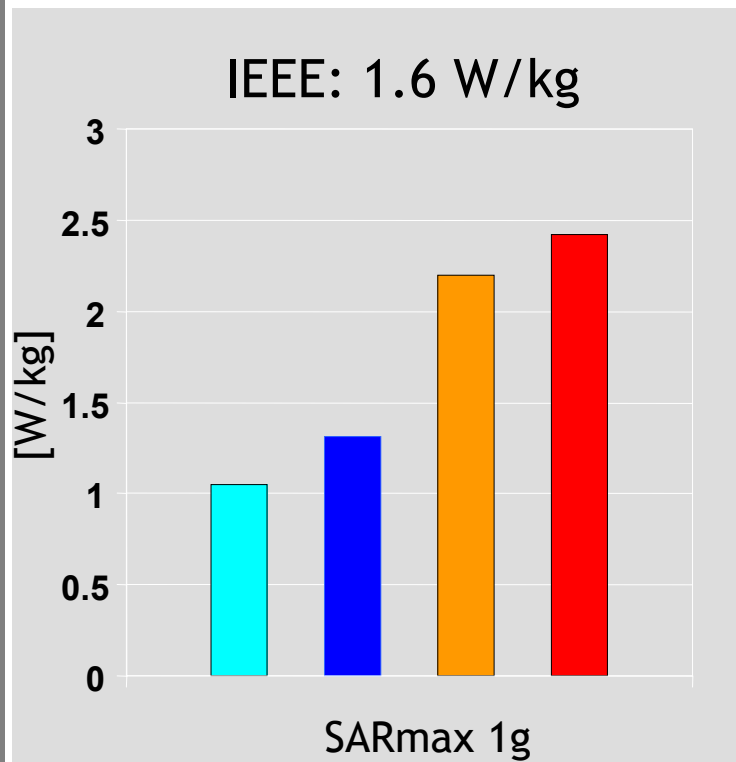
Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Γραμμικό Μονόπολο / Παιδί
- Γραμμικό Μονόπολο / Ενήλικας
- Ελικοειδές Μονόπολο / Παιδί
- Ελικοειδές Μονόπολο / Ενήλικας



$P_{in} = 125 \text{ mW}$



Απορροφούμενη ισχύς

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

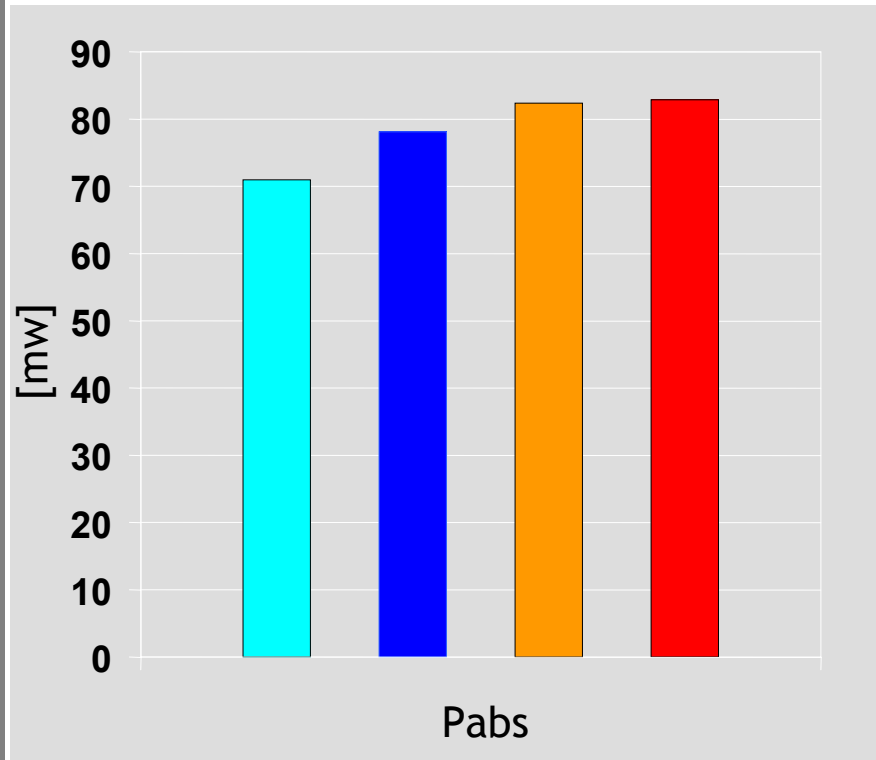
Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα



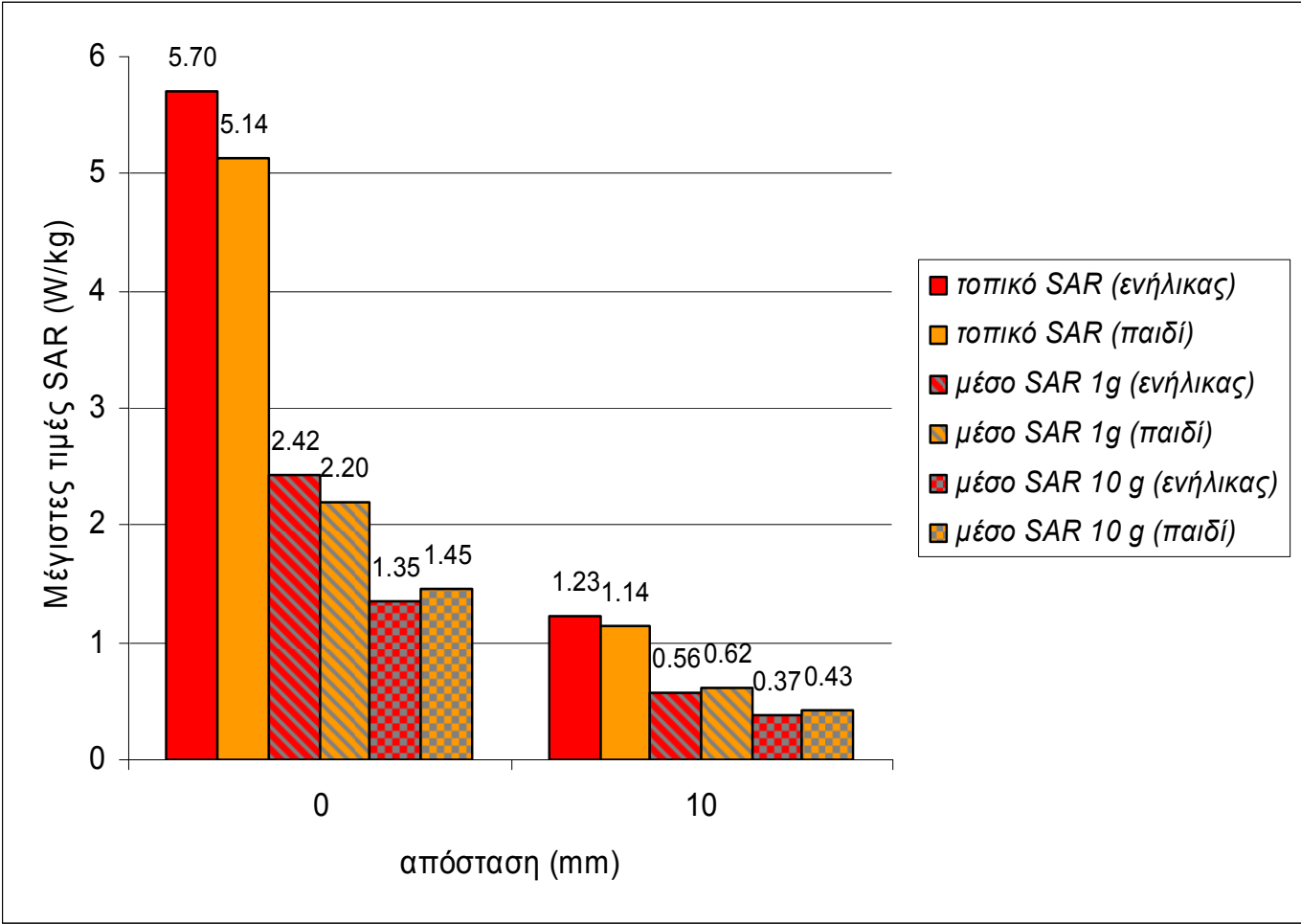
- Γραμμικό Μονόπολο / Παιδί
- Γραμμικό Μονόπολο / Ενήλικας
- Ελικοειδές Μονόπολο / Παιδί
- Ελικοειδές Μονόπολο / Ενήλικας

$P_{in} = 125 \text{ mW}$



Μέγιστη τιμή SAR: Μεταβολή απόστασης

$P_{in} = 125 \text{ mW}$

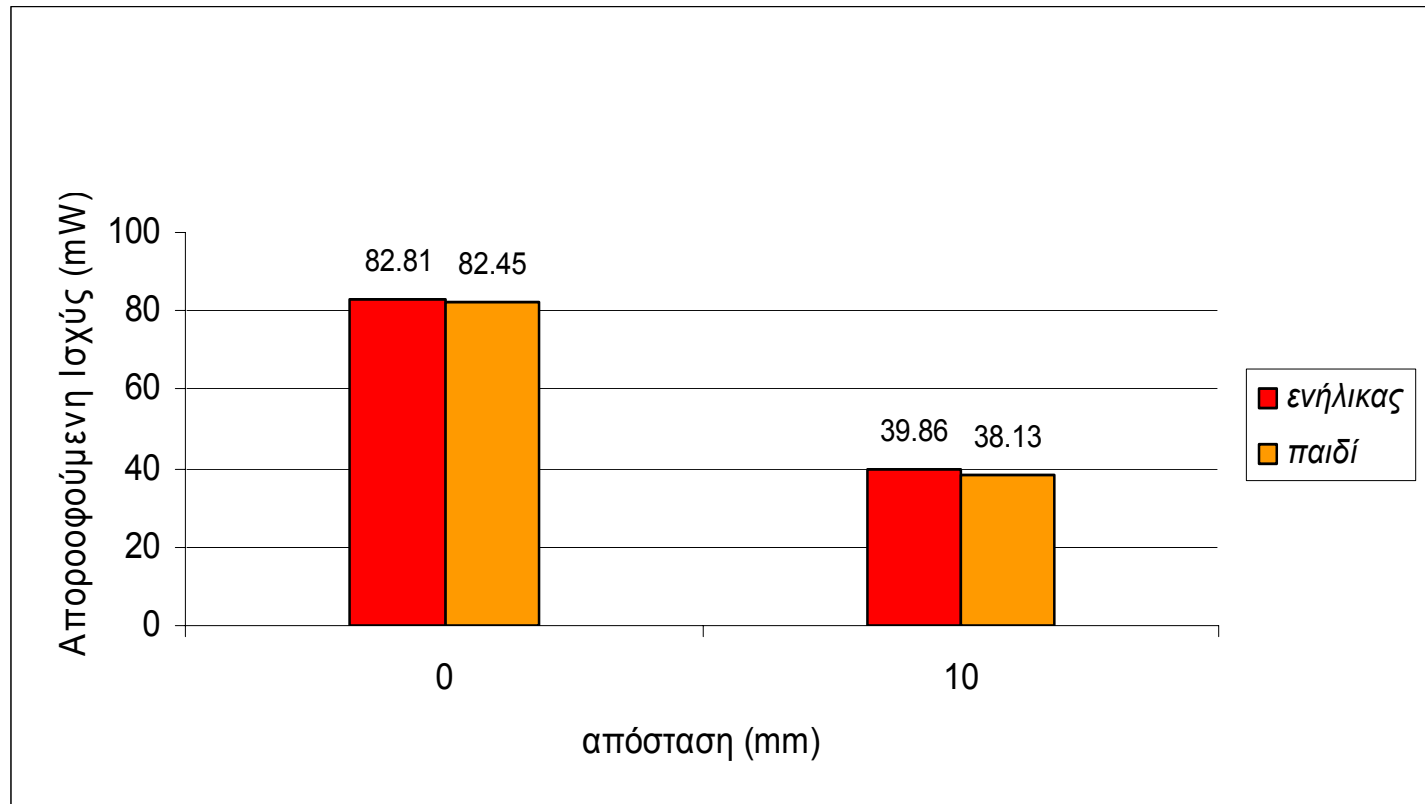


Εισαγωγή
 Κινητή τηλεφωνία και ραδιοκύματα
 Βιολογικά αποτελέσματα ραδιοκυμάτων
 Κινητή τηλεφωνία και υγεία
 - Ενήλικες
 - Παιδιά
 Συγκριτική εκτίμηση της έκθεσης ενηλίκων και παιδιών
 Συμπεράσματα



Απορροφούμενη ισχύς: Μεταβολή απόστασης

$P_{in} = 125 \text{ mW}$



Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα



Συμπεράσματα

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Απορρόφηση ισχύος πολύ κοντά στα όρια επιτρεπτής έκθεσης ή και πάνω από αυτά κατά τη χρήση τερματικών συσκευών
- Υψηλή απορρόφηση ισχύος κατά τη χρήση τερματικών συσκευών από παιδιά
 - Αναπτυσσόμενο νευρικό σύστημα
 - Μεγαλύτερη μακροπρόθεσμη έκθεση
- Δραστική ελάττωση απορρόφησης κατά την αύξηση της απόστασης μεταξύ συσκευής και κεφαλιού
- Οι τιμές SAR εξαρτώνται σημαντικά από το σχεδιασμό της τερματικής συσκευής (τύπο της κεραίας)



Προτάσεις

Εισαγωγή

Κινητή τηλεφωνία
και ραδιοκύματα

Βιολογικά
αποτελέσματα
ραδιοκυμάτων

Κινητή τηλεφωνία
και υγεία

- Ενήλικες
- Παιδιά

Συγκριτική
εκτίμηση της
έκθεσης ενηλίκων
και παιδιών

Συμπεράσματα

- Ενθάρρυνση σχεδιασμού, ανάπτυξης και χρήσης τερματικών συσκευών που δημιουργούν χαμηλά επίπεδα έκθεσης
- Αυστηροί έλεγχοι συμμόρφωσης τερματικών συσκευών με τις διεθνείς οδηγίες
- Μέγιστη τιμή SAR και τρόποι μείωσης της έκθεσης σε ακτινοβολία στο εγχειρίδιο χρήσης του κινητού
- “Αρχή της Προφύλαξης”
 - υψηλός βαθμός επιστημονικής αβεβαιότητας
 - επαρκής επιστημονική ένδειξη (όχι απαραίτητως απόλυτη απόδειξη)
- Αποφυγή μη απαραίτητων, συχνών και μακράς διάρκειας κλήσεων
- Αποφυγή χρήσης κινητού τηλεφώνου από παιδιά
- Αποφυγή χρήσης κινητού τηλεφώνου μέσα στο αυτοκίνητο χωρίς εξωτερική κεραία
- Απόσταση κινητού τηλεφώνου από το κεφάλι
- Χρήση ακουστικών (‘hands-free’)

