

## «Προβληματισμοί πάνω στην επίδραση των ψηφιακών κινητών τηλεφώνων στη χρήση ακουστικών βαρηκοΐας και οι απαιτήσεις μιας νέας εποχής».

**Μανωλόπουλος Λ, Βλασταράκος ΠΒ, Νικολόπουλος Θ, Βαρελά Α, Γιωτάκης Ι, Τζαγκαρουλάκης Α, Φερεκύδης Ε.**

*Α΄ Παν/κη Ω.Ρ.Α. Κλινική Ιπποκράτειο Νοσοκομείο και Β΄ Παν/κη Ω.Ρ.Α. Κλινική Αττικό Νοσοκομείο*

### Περίληψη

Μετά τα μέσα της δεκαετίας του '90 η κινητή τηλεφωνία εισήλθε με ταχείς ρυθμούς στην ψηφιακή εποχή. Κατά την εφαρμογή ωστόσο της ψηφιακής τεχνολογίας στην κινητή τηλεφωνία ανέκυψαν προβλήματα στους χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας, εξαιτίας των παρεμβολών που μπορεί να δημιουργήσει η αλληλεπίδραση αυτών με το κινητό τηλέφωνο. Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές είναι δυνατόν να δημιουργηθούν στα ακουστικά βοηθήματα κατά την αποδιαμόρφωση του μεταδιδόμενου σήματος του ψηφιακού κινητού τηλεφώνου από τον ενισχυτή του ακουστικού λόγω της παλμικής φύσης του σήματος αυτού. Το μέγεθος των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών εξαρτάται από 3 παραμέτρους: α) την ένταση του ραδιοσήματος που λαμβάνει το κινητό τηλέφωνο, β) την απόσταση του κινητού τηλεφώνου από το ακουστικό βοήθημα και γ) την ευαισθησία του ακουστικού βοηθήματος στις παρεμβολές αυτές.

Μέτρα αντιμετώπισης των παρεμβολών αυτών θα μπορούσαν καταρχήν να περιλαμβάνουν τη μείωση της επίδρασης της ισχύος του παλμικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στα ακουστικά βοηθήματα μέσω αύξησης του αριθμού των σταθμών – βάσεων, ή εκτροπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της κεραίας του κινητού τηλεφώνου μακριά από το ακουστικό βαρηκοΐας με τη χρήση ειδικών βοηθημάτων. Η χρησιμοποίηση κεραιών αναδιπλούμενης κατεύθυνσης στο χώρο θα μπορούσε να συμβάλλει στην αύξηση της απόστασης ανάμεσα στο ακουστικό βοήθημα και το κινητό τηλέφωνο ενώ ανάλογη φιλοσοφία διαπνέει και τη σχεδίαση ειδικών βρόγχων οι οποίοι αναρτώνται από το λαιμό και συνδέονται επαγωγικά με το πηνίο τηλεφώνου των ακουστικών βαρηκοΐας. Παραλλαγή αυτών είναι συσκευές προσομοιάζουσες με οπισθοωτιαία ακουστικά που παράγουν ένα ισχυρό ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο συλλαμβάνεται από το πηνίο τηλεφώνου του ακουστικού βοηθήματος, ή ειδικές κατασκευές που συνδυάζουν το ακουστικό βαρηκοΐας με ένα σύστημα hands-free εφόσον όμως το ακουστικό διαθέτει είσοδο άμεσης υποδοχής του ακουστικού σήματος.

Η αντιμετώπιση λοιπόν των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών των κινητών τηλεφώνων στα ακουστικά βαρηκοΐας είναι αποφασιστικής σημασίας σε έναν κόσμο που κινείται συνεχώς προς την κατεύθυνση ψηφιακών και ασύρματων λύσεων.

### **1) Εισαγωγή**

Τα κινητά τηλέφωνα αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της καθημερινής ζωής στον σύγχρονο κόσμο. Προοδευτικά η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τεχνολογία ήταν αναπόφευκτη από τη στιγμή που τα ψηφιακά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας φάνηκαν να ξεπερνούν τους σοβαρούς περιορισμούς χωρητικότητας των αντίστοιχων αναλογικών, ενώ εμφάνιζαν μεγαλύτερη πιστότητα ήχου, λόγω της αποτελεσματικότερης χρήσης των ραδιοσυχνοτήτων, υποστήριζαν επιπλέον

λειτουργίες και παρείχαν τα εχέγγυα για μεγαλύτερη ασφάλεια στη μετάδοση των πληροφοριών.

Κατά την εφαρμογή ωστόσο της ψηφιακής τεχνολογίας στην κινητή τηλεφωνία ανέκυψαν προβλήματα στους χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας, εξαιτίας των παρεμβολών που μπορεί να δημιουργήσει η αλληλεπίδραση αυτών με το κινητό τηλέφωνο.

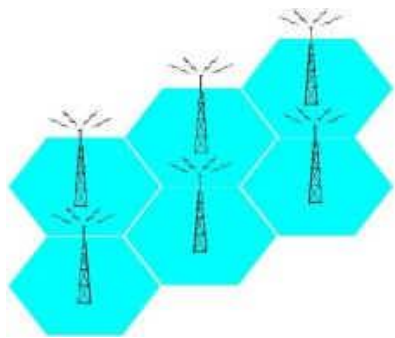
## **2) Επιδημιολογία**

Η συχνότητα της βαρηκοΐας υπολογίζεται ότι ανέρχεται στο 15% του γενικού πληθυσμού, στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στις Η.Π.Α. [Uimonen και συν. (1999), Davis, (1995)] και αφορά κυρίως άτομα μεγαλύτερα των 55 ετών. Ωστόσο κλινικά σημαντική ακουστική δυσλειτουργία που χρήζει αντιμετώπισης με ακουστικά βοηθήματα παρατηρείται κατά προσέγγιση στο 10% του πληθυσμού των χωρών αυτών. Οι χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας στις Η.Π.Α. ανέρχονται περίπου σε 6.000.000, αντιπροσωπεύοντας το 2,14% του πληθυσμού [Kochkin, (2000, 1992), Cruickshanks και συν., (1998), Proelka και συν., (1998)], ενώ στο Ηνωμένο Βασίλειο και τις Σκανδιναβικές χώρες η αντίστοιχη συχνότητα κυμαίνεται μεταξύ 1 και 3% του γενικού πληθυσμού [Barton και συν., (2001), Stephens και συν., (2001)]. Καθ' όσον αφορά τους χρήστες κινητών τηλεφώνων ο αριθμός τους υπολογίστηκε ότι ανερχόταν στα 930.000.000 παγκοσμίως [Nokia, (2002)], παρουσιάζοντας έντονα αυξητικές τάσεις.

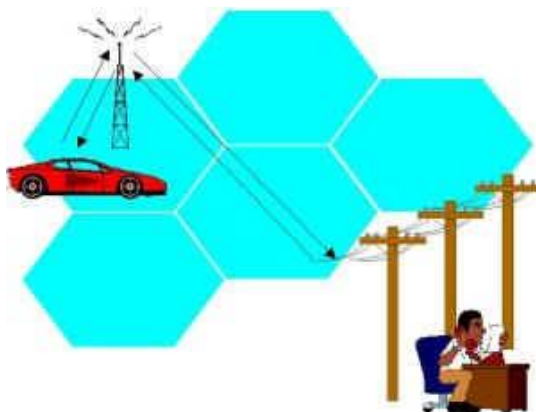
Πρόσφατη ωστόσο επιδημιολογική μελέτη κατέδειξε ότι το 62% των χρηστών ακουστικών βαρηκοΐας αδυνατούσαν να χρησιμοποιήσουν ψηφιακό κινητό τηλέφωνο (χωρίς να κάνουν τις απαραίτητες προσαρμογές στο ακουστικό ή το κινητό τους), ενώ μόνο το 15% αυτών κατόρθωσε να λάβει ένα καθαρό ή έστω κατανοητό σήμα. Το 75% των εξετασθέντων ανέφερε παρεμβολές κατά τη χρήση του κινητού τους τηλεφώνου από τους ίδιους, ενώ σχεδόν στο 50% παρεμβολές αναφέρθηκαν και κατά τη διάρκεια της χρήσης κινητών τηλεφώνων από άλλους. Επώδυνη αίσθηση αναφέρθηκε από το 10% των χρηστών, ενώ ποσοστό μεγαλύτερο του 25% αναγκάστηκε τελικά να χρησιμοποιήσει ειδικά βοηθήματα, να κλείσει, ή και να απομακρύνει το ακουστικό βαρηκοΐας προκειμένου να ακούσει καθαρότερα [Hearing Concern, (2005)]. Φαίνεται λοιπόν ότι η σύγχρονη χρήση ακουστικών και κινητών τηλεφώνων παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα που οφείλουμε να αντιμετωπίσουμε διότι δεν πρέπει ένα σημαντικό τμήμα του γενικού πληθυσμού να μην έχει πρόσβαση στην κινητή τηλεφωνία και τα όποια ευεργετήματά της στην σύγχρονη ζωή.

## **3) Συζήτηση**

Η βάση της λειτουργίας των κινητών τηλεφώνων βρίσκεται στη χρήση ραδιοκυμάτων συχνότητας 450, 800/900 και 1800/1900 MHz. Κάθε δεδομένη γεωγραφική περιοχή χωρίζεται σε συνεχόμενες «κυψέλες» λειτουργίας που περιέχουν ένα σταθμό – βάση και έναν πομπό και μεταδίδουν διαδοχικά τα ραδιοκύματα αυτά, καθώς ο χρήστης (καλών ή καλούμενος) κινείται στο χώρο (σχήματα 1 και 2).



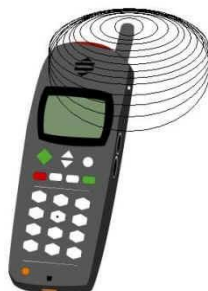
Σχ. 1



Σχ. 2

Ενώ η κωδικοποίηση στα αναλογικά τηλέφωνα βασίζεται στη δημιουργία ενός ηλεκτρονικού αντιγράφου της φωνής του ομιλούντος, η ψηφιακή τεχνολογία διαχωρίζει τις φωνητικές πληροφορίες σε μία αλληλουχία αριθμών 0 ή 1. Η μετάδοση των πληροφοριών αυτών γίνεται σε παλμούς εξαρτώμενους είτε από τη συχνότητα (FDMA – frequency division multiple access), είτε από το χρόνο παλμού (TDMA – time division multiple access), είτε κωδικοποιημένους με τυχαίο τρόπο (CDMA – code division multiple access). Το σύστημα GSM (global system for mobile communications) που χρησιμοποιείται καθ' ολοκληρία στην Ευρώπη, αποτελεί ένα TDMA σύστημα.

Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές είναι δυνατόν να δημιουργηθούν στα ακουστικά βοηθήματα κατά την αποδιαμόρφωση του μεταδιδόμενου σήματος του ψηφιακού κινητού τηλεφώνου από τον ενισχυτή του ακουστικού λόγω της παλμικής φύσης του σήματος αυτού [Fry και συν., (2000)], που έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία ενός παλμικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου γύρω από την κεραία του κινητού τηλεφώνου [Kuk και Nielsen, (1997)] (σχήμα 3).



Σχ. 3

Τα μεταλλικά μέρη, το μικρόφωνο και το πηνίο του ακουστικού μπορεί να συλλάβουν ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς είτε συχνότητας 217 Hz (και των αρμονικών του), που επειδή ευρίσκονται στο φάσμα των ακουστών συχνοτήτων γίνονται αντιληπτοί ως ένα αυξομειούμενο σφύριγμα στα GSM δίκτυα ή ένα συνεχή «λευκό» θόρυβο στα CDMA δίκτυα [Flemming, (2001), Skopec, (1998)]. Το μέγεθος των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών εξαρτάται από 3 παραμέτρους: α) την ένταση του ραδιοσήματος που λαμβάνει το κινητό τηλέφωνο (η οποία βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση με την απόστασή του από το σταθμό – βάση), β) την απόσταση του κινητού τηλεφώνου από το ακουστικό βοήθημα και γ) την ευαισθησία του ακουστικού βοηθήματος στις παρεμβολές αυτές.

Η ένταση του ραδιοσήματος που λαμβάνει το κινητό τηλέφωνο είναι τόσο μεγαλύτερη όσο πιο απομακρυσμένα βρίσκεται από το σταθμό – βάση. Η ένταση αυτή φτάνει στο μέγιστο επίπεδο των 2W τη χρονική στιγμή που ο σταθμός – βάση προσπαθεί να συνδεθεί με το κινητό, ενώ στη συνέχεια υποχωρεί σε πολύ μικρότερα επίπεδα.

Το μέγεθος της παρεμβολής είναι αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της απόστασης του κινητού τηλεφώνου από το ακουστικό βοήθημα [Sorri και συν., (2003)] (σχήμα 4).



Σχ. 4

Παρεμβολές ωστόσο έχουν αναφερθεί ακόμα και όταν η απόσταση μεταξύ του κινητού τηλεφώνου και του ακουστικού βαρηκοΐας κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3 μέτρων [Ravidran και συν, (1997), Skopec, (1998)]. Το τελευταίο έχει ως δυνητική συνέπεια παρεμβολές του τύπου του «αθώου περαστικού» στο χρήστη ακουστικών βαρηκοΐας κατά τη χρήση κινητών τηλεφώνων από τρίτους [Flemming, (2001)]. Η άμεση επίδραση πάντως θεωρείται περισσότερο σημαντική από τις έμμεσες παρεμβολές [Schlegel και συν, (2001)], ενώ η ένταση της παρεμβολής μειώνεται ταχύτερα αυξανομένης της απόστασης στα CDMA δίκτυα από τα αντίστοιχα GSM [Skopec, (1998)].

Τα οπισθοωτιαία ακουστικά βαρηκοΐας θεωρούνται περισσότερο ευαίσθητα από τα αντίστοιχα ενδοωτιαία στην επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών [Ravidran και συν, (1997), Skopec, (1998)]. Τα γεγονότα αυτά μπορεί να εξηγηθεί από την εξασθένιση του παλμικού σήματος από τους παρεμβαλλόμενους μαλακούς ιστούς του έξω ακουστικού πόρου στην περίπτωση των ενδοωτιαίων ακουστικών. Εξάλλου τα τελευταία διαθέτουν λιγότερα κυκλώματα που θα μπορούσαν να συλλάβουν το ηλεκτρομαγνητικό σήμα, ενώ δεν είναι εφοδιασμένα συνήθως με τα ειδικά ακουστικά πηνία που βελτιώνουν το λόγο σήματος προς θόρυβο. Αξιοσημείωτο είναι ακόμα και το γεγονός ότι το επίπεδο της ηχητικής παρεμβολής εξαρτάται ισχυρώς από το σχετικό προσανατολισμό του ακουστικού βοηθήματος ως προς το κινητό τηλέφωνο [Skopec, (1998)], ενώ όταν το σήμα παρεμβολής εισέρχεται στην περιοχή ελέγχου του αυτόματου κέρδους του ακουστικού βαρηκοΐας παρατηρείται μείωση αυτού [Skopec, (1998)]. Η περιοχή αυτή έχει καθοριστεί στα 47 dB SPL για τα δίκτυα GSM [Hansen and Poulsen, (1996)], επίπεδο πάνω από το οποίο η ικανότητα διάκρισης ομιλίας μειώνεται σημαντικά. Τονίζεται πάντως ότι η τελευταία συσχετίζεται στενά και με την καθαρότητα της ομιλίας [Eisenberg και συν, (1998)].

#### 4) Αντιμετώπιση

Η αντιμετώπιση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών των κινητών τηλεφώνων στα ακουστικά βαρηκοΐας είναι αποφασιστικής σημασίας σε έναν κόσμο που κινείται

συνεχώς προς την κατεύθυνση ψηφιακών και ασύρματων λύσεων. Μέτρα αντιμετώπισης των παρεμβολών αυτών θα μπορούσαν καταρχήν να περιλαμβάνουν τη μείωση της επίδρασης της ισχύος του παλμικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στα ακουστικά βοηθήματα. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω αύξησης του αριθμού των σταθμών – βάσεων, ή εκτροπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της κεραίας του κινητού τηλεφώνου μακριά από το ακουστικό βαρηκοΐας με τη χρήση ειδικών βοηθημάτων. Η χρησιμοποίηση κεραιών αναδιπλούμενης κατεύθυνσης στο χώρο θα μπορούσε να συμβάλλει στην αύξηση της απόστασης ανάμεσα στο ακουστικό βοήθημα και το κινητό τηλέφωνο [DELTA, Telelaboratoriet, RNID & The Mike Martin Consultancy, (1999)] (σχήμα 5).



Σχ. 5

*Αναδιπλούμενη κεραία (αρ.) σε σχέση με κεραία σταθερής κατεύθυνσεως (δε.)*

Ανάλογη φιλοσοφία διαπνέει και τη σχεδίαση ειδικών βρόγχων οι οποίοι αναρτώνται από το λαιμό (εικόνα 1) και συνδέονται επαγωγικά με το πηνίο τηλεφώνου των ακουστικών βαρηκοΐας.



Εικ.1

*(ο βρόγχος είναι μοντέλο LPS-1 της Nokia)*

Παραλλαγή αυτών είναι συσκευές προσομοιάζουσες με οπισθοωτιαία ακουστικά που παράγουν ένα ισχυρό ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο συλλαμβάνεται από το πηνίο τηλεφώνου του ακουστικού βοηθήματος (εικόνα 2), ή ειδικές κατασκευές που συνδυάζουν το ακουστικό βαρηκοΐας με ένα σύστημα hands-free (εικόνα 3) εφόσον όμως το ακουστικό διαθέτει είσοδο άμεσης υποδοχής του ακουστικού σήματος.



Εικ.2

(το σύστημα hands-free είναι κατασκευασμένο από ανεξάρτητη από τη Nokia εταιρεία)



Εικ.3

(το ακουστικό βοήθημα είναι της εταιρείας Oticon)

### 5) Συμπεράσματα

Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές συνιστούν ένα υπαρκτό πρόβλημα για τους χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας. Η στροφή της σύγχρονης τεχνολογίας προς την υιοθέτηση ψηφιακών λύσεων στην κινητή τηλεφωνία μπορεί να εμποδίσει την ισότιμη πρόσβαση των ατόμων αυτών στις τηλεπικοινωνίες, κάτι που έρχεται σε ευθεία αντίθεση με το όραμα της ενωμένης Ευρώπης των πολιτών. Η κατάσταση αυτή εντείνεται από το γεγονός η αγορά των ακουστικών βαρηκοΐας ειδικά στην Ευρώπη θεωρείται αρκετά συντηρητική, με αποτέλεσμα τα χρησιμοποιούμενα ακουστικά βοηθήματα να είναι ως επί το πλείστον αναλογικά [Barton και συν, (2001)], τα οποία πιστεύεται ότι είναι περισσότερο ευαίσθητα από τα αντίστοιχα ψηφιακά στις παρεμβολές των ψηφιακών κινητών τηλεφώνων [Flemming, (2001)], αν και η κατάσταση αυτή αλλάζει προοδευτικά.

Περαιτέρω σχεδιαστικές παρεμβάσεις προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της συμβατότητας μεταξύ ακουστικών βοηθημάτων και κινητής τηλεφωνίας είναι απαραίτητες προκειμένου αυτή να κατορθώσει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της νέας εποχής.

### “The interaction between digital mobile phones and hearing aids under the prospective of a new era”

Manolopoulos L ,Vlastarakos PV, Nikolopoulos T, Varela A, Giotakis I, Tzagaroulakis A, Ferekidis E.

ENT Dept, Hippokraton General Hospital and Atticon University Hospital.

## **Abstract**

After the mid-90ties mobile telephony has entered the digital era at a strong pace. However, a series of problems concerning hearing aid users arose, as a result of the interference caused by mobile phones-hearing aids interaction. Electromagnetic interference could be the result of the demodulation of the cell phone transmission signal by the hearing aid amplifier, due to the pulsed nature of that signal. The extent of electromagnetic interference depends on 3 parameters: a) the power of the radio-signal picked up by the mobile phone, b) the proximity of the mobile phone to the hearing aid and c) the susceptibility of the hearing aid to electromagnetic interference. Steps that should be taken towards dealing with electromagnetic interference could include a reduction in the effect that the power of the pulsed electromagnetic field exerts upon hearing aids, either through an increase in the number of base-stations, or through the deflection of the electromagnetic radiation of the mobile phone antenna from the hearing aid using certain devices. The use of “flip” cell phone antennas could actually increase the distance between the hearing aid and the mobile phone, along with the design of neckloops that can be inductively attached to the hearing aid telecoil. Other solutions may include devices resembling behind-the-ear hearing aids which produce a strong electromagnetic signal that could be picked up by the hearing aid telecoil or modified hands-free kits for direct audio input to the hearing aid. Dealing with electromagnetic interference of mobile phones to hearing aids is of great importance, in a world that moves constantly towards digital and wireless solutions.

---

Οι εικόνες και τα σχήματα του παρόντος άρθρου ελήφθησαν από την ηλεκτρονική διεύθυνση [www.audiologyonline.com](http://www.audiologyonline.com).

## **Βιβλιογραφία**

- 1) Barton G, Davis A, Mair I, Parving A, Rosenhall U, Sorri M, “Provision of hearing aid services: A comparison between the Nordic countries and the United Kingdom”, *Scandinavian Audiology*, 2001, 30(Suppl. 54), 16-20.
- 2) Cruickshanks K, Willey T, Tweed T, Klein B, Kelin R, Mares-Perlman J, Nondahl D, “Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin. The Epidemiology of Hearing Loss Study”, *American Journal of Epidemiology* 1998, 148, 879-886.
- 3) Davis A, “Hearing in Adults. The Prevalence and Distribution of Hearing Impairment and Reported Disability in the MRC Institute of Hearing Research’s National Study of Hearing”, Whurr Publishers, London, 1995.
- 4) DELTA, Teelaboratoriet, RNID & The Mike Martin Consultancy (1999), “Hearing aids and mobile phones interference and immunity standards: Technical report TR1”.
- 5) Eisenberg L, Dirks D, Takayanagi S, Schaefer-Martinez A, “Subjective judgements of clarity and intelligibility for filtered stimuli with equivalent speech intelligibility index predictions”, *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 1998, 41, 327-339.

- 6) Flemming S, "Hearing aids and digital mobile phones. A survey of the experiences of hearing aid wearers", [Online article, [www.Hearingconcern.com](http://www.Hearingconcern.com), June, 2001].
- 7) Fry TL, Schlegel RE, Grant H, "Impact of CDMA wireless phone power output and puncture rate on hearing aid interference levels", *Biomedical Instrumentation and Technology*, Jan/Feb 2000, 29-38.
- 8) Hansen MO, Poulsen T, "Evaluation of noise in hearing instruments caused by GSM and DECT mobile telephones", *Scand Audiol.* 1996;25(4):227-32.
- 9) Kochkin S, "MarkeTrak V: Why my hearing aids are in the drawer: The consumer's perspective", *The Hearing Journal* 2000, 53, 34-42.
- 10) Kochkin S, "MarkeTrak III: Higher hearing aid sales don't signal better market penetration", *The Hearing Journal* 1992, 45, 47-54.
- 11) Kompis M, Hausler R, "Electromagnetic interference of bone-anchored hearing aids by cellular phones revisited", *Acta Otolaryngol.* 2002 Jul;122(5):510-2.
- 12) Kozma L, "Digital Wireless Telephones and Hearing Aids", [Online article, [www.audiologyonline.com](http://www.audiologyonline.com), Dec, 2001].
- 13) Kuk FK, Nielsen KH, "Factors affecting interference from digital cellular telephones", *The Hearing Journal* 1997, 50(9), 1-3.
- 14) No authors listed, "Hearing aid wearers and digital mobile phones. Executive summary", [Online article, [www.Hearingconcern.com](http://www.Hearingconcern.com), Feb, 2005].
- 15) Nokia Corporation, "Annual Accounts 2001", Espoo, Finland 2002: Nokia Corporation.
- 16) Propelka M, Cruickshanks K, Willey T, Tweed T, Klein B, Klein R, "Low prevalence of hearing aid use among older adults with hearing loss: the Epidemiology of Hearing Loss Study", *Journal of American Geriatric Society* 1998, 46, 1168-1169.
- 17) Ravindran A, Schlegel R, Grant H, Matthews P, Scates P, "Study measures interference to hearing aids from digital phones", *The Hearing Journal* 1997, 50(2), 32-39.
- 18) Schlegel RE, Ravindran AR, Raman S, Grant H, "Wireless telephone-hearing aid electromagnetic compatibility research at the University of Oklahoma", *J Am Acad Audiol.* 2001 Jun;12(6):301-8.
- 19) Skopec M, "Hearing aid electromagnetic interference from digital wireless phones", *IEEE Trans Rehabil Eng* 1998, 6(2), 235-9.
- 20) Sorri M, Piiparinen P, Huttunen K, Haho M, Tobey E, Thibodeau L, Buckley K, "Hearing aid users benefit from induction loop when using digital cellular phones", *Ear Hear.* 2003 Apr;24(2):119-32.
- 21) Stephens D, Lewis P, Davis A, Giannopoulos I, Vetter N, "Hearing aid possession in the population: Lessons from a small country", *Audiology* 2001, 40, 104-111.
- 22) Uimonen S, Huttunen K, Junio-Ervasti K, Sorri M, "Do we know the real need for hearing rehabilitation at the population level? Hearing impairments in the 5- to 75- year old cross-sectional Finnish population", *British Journal of Audiology* 1999, 33, 53-59.