

## 2. Μέσοι ακουστικοί ουδοί στις τυπικές (0.25 -8 kHz) και στις υπερυψηλές συχνότητες (9 – 20 kHz) σε νέους ενήλικες

Δ. Μπαλατσούρας, Γ. Κουκούτσης, Π. Γκανελής, Γ. Κλούτσος, Κ. Μπάλλας, Β. Ντόστης, Σ. Πιπερόπουλος, Α. Καμπέρος

Ωτορινολαρυγγολογική Κλινική, «Τζάνειο» Γενικό Νοσοκομείο Πειραιά

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Σκοπός:** Η ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων (8-20 kHz) δεν έχει τύχει μέχρι σήμερα ευρείας εφαρμογής, λόγω διαφόρων τεχνικών προβλημάτων, απουσίας διεθνών στάνταρντς και σημαντικής μεταβλητότητας των μετρήσεων. Κατά τα τελευταία, όμως, έτη τα περισσότερα προβλήματα ξεπεράσθηκαν και έχει αρχίσει η συχνότερη κλινική εφαρμογή της μεθόδου. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η δημιουργία μιας βάσεως δεδομένων από μέσους ακουστικούς ουδούς σε ελληνικό πληθυσμό, με την εξέταση μεγάλου αριθμού νέων ενηλίκων.

**Υλικό και μέθοδοι:** 61 νέοι ενήλικες (122 ώτα) με μέση ηλικία 19 έτη, συμπεριλήφθηκαν στην μελέτη. Ουδείς εκ των εξετασθέντων είχε εκτεθεί σε θόρυβο ή άλλους ωτοτοξικούς παράγοντες στο παρελθόν. Οι μετρήσεις έγιναν με τον ακοογράφο υπερυψηλών συχνοτήτων GSI 61 Clinical Audiometer (Grason Stadler, Madison, USA). Εχρησιμοποιήθηκαν ακουστικά TDH-49 για το φάσμα συχνοτήτων 0.25 – 8 kHz και Sennheiser HDA200 για το εκτεταμένο φάσμα συχνοτήτων 9 – 20 kHz.

**Αποτελέσματα:** Στο φάσμα συχνοτήτων 0.25 έως 8 kHz οι εξής μέσες τιμές σε dB HL (με σταθερά απόκλιση) ανευρέθηκαν: 0.25 kHz: 14.3 (4.2), 0.5 kHz: 11.5 (3.4), 1 kHz: 11 (4), 2 kHz: 9.4 (4.9), 4 kHz: 10.6 (4.8) και 8 kHz: 13.4 (7.5). Στο εκτεταμένο φάσμα υψηλών συχνοτήτων 9 έως 20 kHz ανευρέθησαν: 9 kHz: 14 (9.9), 10 kHz: 12.7 (10.6), 11.2 kHz: 15.7 (13.9), 12.5 kHz: 14.7 (16.1), 14 kHz: 13.9 (18), 16 kHz: 16.5 (20.1), 18 kHz: 30.3 (18.8) και 20 kHz: 47 (21.8).

**Συμπέρασμα:** Ενώ οι μέσοι ουδοί στα 0.25 - 16 kHz παρουσιάζουν σταθερότητα και αξιοπιστία, οι ουδοί στα 18 - 20 kHz θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιφυλακτικότητα. Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση προς σύγκριση σε μελέτες που στηρίζονται στην ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων στον Ελληνικό χώρο.

Η συμβατική τονική ακοομετρία περιλαμβάνει προσδιορισμό των ακουστικών ουδών σε διαστήματα οκτάβας από 0.25 έως 8 kHz. Η μέτρηση των ουδών πάνω από τα 8 kHz αποκαλείται ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος (ή υπερυψηλών) συχνοτήτων, κατά την οποία μετριοούνται οι ουδοί στο φάσμα συχνοτήτων 8-20 kHz [1]. Κλινικά, μπορεί να είναι χρήσιμη σε αρκετές περιπτώσεις, και ιδιαίτερα σε βαρηκοΐα εκ θορύβου, λόγω της μεγάλης ευαισθησίας της στην διάγνωση κοχλιακής βαρηκοΐας, δεδομένου ότι έχει ευρεθεί ότι στην οξεία βλάβη της ακοής λόγω εκθέσεως σε θόρυβο, η παθολογική διαδικασία ξεκινάει συνήθως, από την βασική περιοχή του κοχλίου, η οποία είναι υπεύθυνη για την ακοή στις υψηλές συχνότητες [2-4]. Εντούτοις, μέχρι σήμερα δεν έχει τύχει ευρείας εφαρμογής, για διάφορους λόγους [2], όπως:

(1) Διάφορα τεχνικά προβλήματα.

(2) Απουσία διεθνών προτύπων.

(3) Διαφορετικές μέθοδοι χρησιμοποιούμενες σε διάφορα Εργαστήρια.

(4) Σημαντική μεταβλητότητα των μετρήσεων από άτομο σε άτομο.

(5) Ανάγκη χρησιμοποίησης διαφορετικών δεδομένων για κάθε δεκαετία ηλικίας, δεδομένου ότι έχει ευρεθεί, ότι η μείωση της ακοής στην ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων ξεκινά από την πρώτη δεκαετία της ζωής [5].

Κατά τα τελευταία, όμως, έτη τα περισσότερα προβλήματα ξεπεράσθηκαν και έχει αρχίσει η συχνότερη κλινική εφαρμογή της μεθόδου. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η δημιουργία μιας βάσεως δεδομένων από μέσους ακουστικούς ουδούς σε ελληνικό πληθυσμό, με την εξέταση μεγάλου αριθμού νέων ενηλίκων.

## ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εξήντα ένας νέοι ενήλικες (122 ώτα) με μέση ηλικία 19 έτη, συμπεριλήφθηκαν στην μελέτη. Η επιλογή τους για συμμετοχή στην μελέτη έγινε με τα κάτωθι κριτήρια:

- Απουσία οικογενειακού ιστορικού κληρονομικής βαρηκοίας.
- Απουσία ιστορικού εκθέσεως σε θόρυβο στο παρελθόν.
- Απουσία αιθουσοκοχλιακής νόσου, ιστορικού λήψεως αμινογλυκοσιδών ή οιουδήποτε άλλου επιβαρυντικού παράγοντα για βαρηκοία, είτε στο παρόν είτε στο παρελθόν.
- Απουσία αρτηριακής υπερέτασης ή υποτάσεως, ή άλλης συστηματικής νόσου με αγγειακή προσβολή, νόσου του ΚΝΣ ή κρανιοεγκεφαλικής κάκωσης.

Διεξήχθη πλήρης ωτορινολαρυγγολογικός και ακοολογικός έλεγχος, ο οποίος περιελάμβανε ακοομετρία και τυμπανομετρία. Η ακοομέτρηση διεξήχθη με τον ακοογράφο υπερυψηλών συχνοτήτων GSI 61 Clinical Audiometer (Grason Stadler, Madison, USA). Εχρησιμοποιήθηκαν ακουστικά TDH-49 για το φάσμα συχνοτήτων 0.25 – 8 kHz και Sennheiser HDA200 για το εκτεταμένο φάσμα συχνοτήτων 9 – 20 kHz.

Τόσον η συμβατική τονική ακοομετρία, όσον και η ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων πραγματοποιήθηκαν σε ακοολογικό θάλαμο. Στην συμβατική τονική ακοομετρία καταμετρήθηκαν οι ακουστικοί ουδοί κάθε ωτός στις συχνότητες των 0.25, 0.5, 1, 2, 4 και 8 kHz. Στην ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων καταμετρήθηκαν οι ακουστικοί ουδοί κάθε ωτός στις συχνότητες των 9 kHz, 10 kHz, 11.2, 12.5, 14, 16, 18 και 20 kHz. Για την τυμπανομετρία εχρησιμοποιήθηκε τόνος 85 dB SPL και συχνότητας 226 Hz. Σε περίπτωση παθολογικού τυμπανογράμματος ο εξεταζόμενος αποκλείονταν

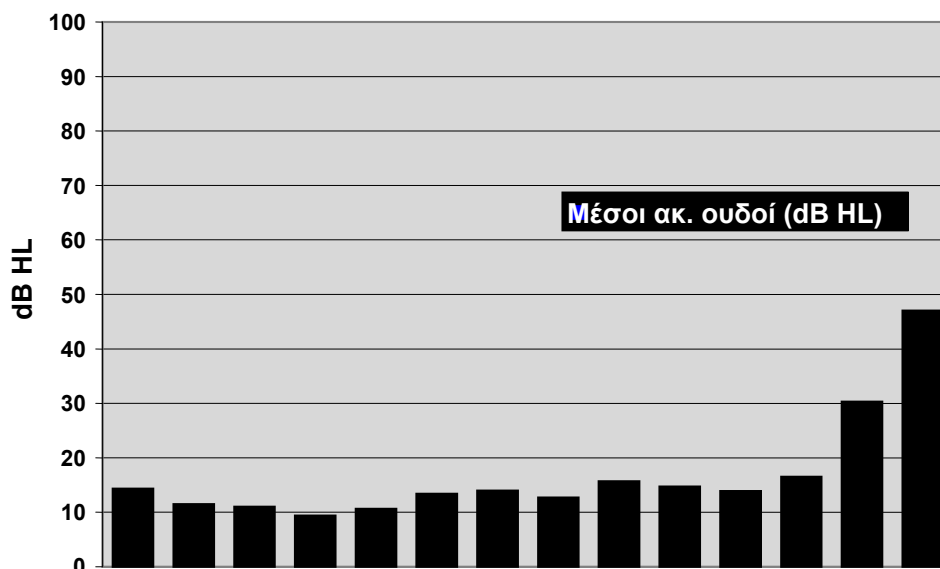
από την μελέτη. Τα αποτελέσματα εισήχθησαν στο στατιστικό πρόγραμμα (SPSS 11.0) για περαιτέρω αξιολόγηση και ανάλυση.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι ευρεθέντες μέσοι ακουστικοί ουδοί και οι σταθερές αποκλίσεις στην συμβατική τονική ακοομετρία και στην ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων φαίνονται στον Πίνακα 1 και απεικονίζονται στην *Εικ. 1*. Η σύγκριση δεξιών και αριστερών ωτών, καθώς και ανδρών-γυναικών, δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

**Πίν. 1.** Μέσοι ακουστικοί ουδοί και σταθερές αποκλίσεις (Σ.Α.) στην συμβατική τονική ακοομετρία και στην ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων

<i>Συμβατική τονική ακοομετρία (0.25 – 8 kHz)</i>		
Συχνότητα (kHz)	Μέσοι ακ. ουδοί (dB HL)	Σ.Α.
0.25	14.3	4.2
0.5	11.5	3.4
1	11.0	4.0
2	9.4	4.9
4	10.6	4.8
8	13.4	7.5
<i>Ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων (9 - 20 kHz)</i>		
9	14.0	9.9
10	12.7	10.6
11.2	15.7	13.9
12.5	14.7	16.1
14	13.9	18.0
16	16.5	20.1
18	30.3	18.8
20	47.0	21.8



**Σχ. 1.** Μέσοι ακουστικοί ουδοί στο φάσμα συχνοτήτων 0.25 έως 20 kHz.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η τυπική ακοομετρία που περιλαμβάνει μέτρηση των ακουστικών ουδών από τα 0.25 έως τα 8 kHz, δεν δίνει συχνά επαρκείς πληροφορίες για την βάση του κοχλίου, η οποία αποτελεί συχνή θέση προσβολής από κληρονομικές ή και επίκτητες παθήσεις. Το τμήμα αυτό του έσω ωτός είναι ευπρόσβλητο για διάφορους λόγους, όπως[6-7]:

- Πρόωρη ωρίμανση
- Τοπική κυτταρική διαφοροποίηση
- Εγγύτητα προς την ωοειδή και στρογγύλη θυρίδα
- Βιοχημική σύνθεση
- Ο τύπος της αγγειώσεως κατά μήκος του κοχλιακού πόρου επιφέρει μεγαλύτερη έκθεση σε διακυμάνσεις της πίεσεως και προσβολή από τοξίνες

Για τούτο, φαίνεται ότι η μέτρηση των ακουστικών ουδών στις υπερυψηλές συχνότητες, οι οποίες αντιστοιχούν στο πρώτο αυτό τμήμα της βάσεως του κοχλίου, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε διάφορες παθήσεις που προκαλούν βαρηκοία υψηλών συχνοτήτων, μεταξύ των οποίων προεξάρχει η βαρηκοία εκ θορύβου[8]. Η εξέταση αυτή όμως, απαιτεί υψηλή τεχνολογική επάρκεια των χρησιμοποιούμενων συσκευών, άψογο

καλιμπράρισμα, και χρήση καταλλήλων ακουστικών. Για τους λόγους αυτούς, μερικές μελέτες που έγιναν παλαιότερα, και ιδίως προ του 1980, δεν θεωρούνται σήμερα αξιόπιστες. Κατά τα τελευταία έτη, έχουν διεξαχθεί διάφορες σχετικές μελέτες στο εξωτερικό με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια καλή βάση δεδομένων ασθενών, στην οποία βασίσθηκε η τυποποίηση των ακουστικών ουδών άνω των 8 kHz και μέχρι τα 16kHz.

Ένα μεγάλο πρόβλημα, το οποίο παραμένει ακόμη και σήμερα, είναι η απουσία διεθνών στάνταρντς για τους ακουστικούς ουδούς στις υπερυψηλές συχνότητες σε ωτολογικά φυσιολογικά άτομα, σύμφωνα με την ηλικία. Παρόμοια στάνταρντς υπάρχουν και χρησιμοποιούνται εδώ και πολλές δεκαετίες για τις τυπικές συχνότητες 0.25 έως 8 kHz[9]. Για τον λόγο αυτό περιορίσαμε την παρούσα εργασία σε νέους ενήλικες, με πρόθεση να την επεκτείνουμε στο μέλλον και σε άλλες ομάδες ηλικιών, δημιουργώντας τα στάνταρντς για τον ελληνικό πληθυσμό. Εξ άλλου έχει διαπιστωθεί, ότι οι υπερυψηλές συχνότητες επηρεάζονται από πολύ ενωρίς, ακόμη και από την πρώτη δεκαετία της ζωής. Θα πρέπει επίσης, να τονισθεί ότι υπάρχουν ελάχιστες συσκευές υπερυψηλών συχνοτήτων στο εμπόριο, πολλά δε ακοολογικά εργαστήρια χρησιμοποιούν ιδιοκατασκευές, με διαφορετικά ακουστικά ή με ακοομετρία ελευθέρου

πεδίου, είναι δε δύσκολη η σύγκριση των διαφόρων μελετών. Ευτυχώς, μετά την καθιέρωση των στάνταρντς από το American National Standard Institute το 2004 [10] και τον International Organization for Standardization το 2006 [11], τουλάχιστον για τις συχνότητες έως τα 16 kHz, είναι δυνατόν να γίνει πλέον συστηματικότερη συγκριτική μελέτη.

Τα αποτελέσματά μας γενικώς συμφωνούν με εκείνα άλλων μελετών που διεξήχθησαν στο εξωτερικό, με μικρές διαφορές [12-13]. Σύμφωνα με την δική μας μελέτη, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ δεξιών και αριστερών ώτων, ούτε μεταξύ ανδρών και γυναικών. Σε μερικές εργασίες διαπιστώθηκε κάποια διαφορά στην μία μόνον πλευρά σε ολίγες συχνότητες, όπως στην μελέτη των Marthinho et al.[14], οι οποίοι διαπίστωσαν καλύτερους ακουστικούς ουδούς στις γυναίκες αλλά μόνον στο δεξιό ους και στις συχνότητες 10, 14 και 16 kHz. Επίσης, ο Pedalini [15] ανέφερε σημαντική διαφορά φύλου σε εξετασθέντες ηλικίας μεταξύ 21 και 30 ετών, αλλά και μεταξύ 41 και 50 ετών, με καλύτερες αποκρίσεις στις θήλεις. Παρόλα αυτά δεν παρέχεται ουδεμία εξήγηση, η οποία να δικαιολογεί την υπεροχή αυτή των

γυναικών.

Στην παρούσα εργασία διαπιστώσαμε μεγαλύτερη μεταβλητότητα των ακουστικών ουδών στις υπερυψηλές συχνότητες, σε σύγκριση με τους ακουστικούς ουδούς στις τυπικές συχνότητες. Η μεγαλύτερη μεταβλητότητα διαπιστώθηκε άνω των 12.5 kHz. Πάντως, οι μέσοι ουδοί στα 0.25 - 16 kHz παρουσίασαν γενικά σταθερότητα και αξιοπιστία. Αντίθετα, οι ουδοί στα 18 - 20 kHz παρουσίασαν μεγάλη απόκλιση από το θεωρούμενο φυσιολογικό εύρος διακυμάνσεως 0-20 dB HL, και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιφυλακτικότητα. Σε παλαιότερες εργασίες, διαπιστώνεται επίσης μια συστηματική ελάττωση της ευαισθησίας της ακοής σε συχνότητες άνω των 14 kHz, ακόμη και σε νεαρότερα άτομα, άνω της ηλικίας των 14 ετών 5, [16-17].

Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση προς σύγκριση σε μελέτες που στηρίζονται στην ακοομετρία εκτεταμένου φάσματος συχνοτήτων στον Ελληνικό χώρο.

## ABSTRACT

*Aim:* Extended high frequency audiometry (8-20 kHz) has not been widely applied in current clinical practice, because of various technical issues, absence of international standards and increased variance of measurements. However, most of these problems have been recently confronted and the application of this method has become more frequent. The aim of the present study was the creation of a database of mean puretone thresholds in the Greek population, with the examination of a large number of young adults.

*Material and methods:* 61 young adults (122 ears) with mean age 19 years, were included in the study. None of the subjects had a history of noise exposure. Measurements were performed with the extended frequency clinical audiometer GSI 61 (Grason Stadler, Madison, USA). For the frequency range 0.25 – 8 kHz standard TDH-49 head phones were used, whereas Sennheiser HDA200 head phones were used for the extended frequency range 9 – 20 kHz.

*Results:* In the frequency range 0.25 - 8 kHz the following mean pure tone thresholds (with standard deviation) in dB HL were found: 0.25 kHz: 14.3 (4.2), 0.5 kHz: 11.5 (3.4), 1 kHz: 11 (4), 2 kHz: 9.4 (4.9), 4 kHz: 10.6 (4.8) and 8 kHz: 13.4 (7.5). In the extended high frequency range 9 - 20 kHz, the following mean pure tone thresholds were found: 9 kHz: 14 (9.9), 10 kHz: 12.7 (10.6), 11.2 kHz: 15.7 (13.9), 12.5 kHz: 14.7 (16.1), 14 kHz: 13.9 (18), 16 kHz: 16.5 (20.1), 18 kHz: 30.3 (18.8) and 20 kHz: 47 (21.8).

*Conclusion:* Although mean pure tone thresholds are stable and reliable, puretone thresholds at 18 – 20 kHz should be treated with care. The results of the present study may be used as a data base in studies that are based on extended high frequency audiometry in Greek populations.

## BIBΛIOΓPAΦIA

1. Laukli E, Mair IWS. High frequency audiometry: normative studies and preliminary experiences. *Scand Audiol* 1985; 14: 151-158.
2. Borchgrevink HM, Hallmo P, Mair I.W.S. Extended high-frequency hearing loss from noise exposure. In: A Axelsson, P-A Hellström, HM Borchgrevink, D Henderson, RP Hamernik, RJ Salvi, Eds. *Scientific basis of noise-induced hearing loss*. New York: Thieme; 1996: 299-312.
3. Fausti SA, Erickson DA, Frey RH, et al. The effects of noise upon human hearing sensitivity from 8000 to 20 000 Hz. *J Acoust Soc Am* 1981; 69: 1343-1349.
4. Hall AJ, Lutman ME. Methods for early identification of noise-induced hearing loss. *Audiology* 1999; 38: 277-280.
5. Buren M, Solem BS, Laukli E. Threshold of hearing (0.125-20 kHz) in children and youngsters. *Br J Audiol* 1992; 26: 23-31.
6. Quaranta A, Portalatini P, Henderson D: Temporary and permanent threshold shift: An overview. *Scand Audiol Suppl* 1998; 48: 75-86.
7. Yost WA: *Fundamentals of Hearing: An introduction*, ed 4. San Diego, Academic Press, 2000:253-259.
8. Balatsouras DG, Homsoglou E, Danielidis V. Extended high-frequency audiometry in patients with acoustic trauma. *Clin Otolaryngol* 2005; 30: 249-254.
9. International Organization for Standardization. Acoustics. Pure tone audiometric test methods. Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry. ISO 8253-1. ISO, Geneva; 1989.
10. American National Standard Institute. Specification for audiometers. NSI S3.6-2004. 2204. ANSI, New York; 2004.
11. International Organization for Standardization. Technical report. Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 5: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz. ISO/TR 389-5. ISO, Geneva; 2006.
12. Matthews LJ, Lee FS, Mills JH, et al. Extended high-frequency thresholds in older adults. *J Speech Lang Hear Res* 1997; 40: 208-214.
13. Schmuziger N, Probst R, Smurzynski J. Test-retest reliability of pure-tone thresholds from 0.5 to 16 kHz using Sennheiser HDA 200 and Etymotic Research ER-2 earphones. *Ear Hear* 2004; 25: 127-132.
14. Martinho T, Zeigelboim BS, Glorig A, et al. Perfil audiologico nas altas frequencias em individuos de 30 a 40 anos com audicao normal. *Arq Otorrinolaringol* 2005; 9: 18-25.
15. Pedalini MEB, Sanchez TG, Dantonio A, et al. Media dos limiares tonais na audiometria de alta frequencia em individuos normals de 4 a 60 anos. *Pro-fono* 2000; 12: 17-20.
16. Sakamoto M, Sugasawa M, Kaga K, et al. Average thresholds in the 8 to 20 kHz range as a function of age. *Scand Audiol* 1998; 27: 189-192.
17. Sakamoto M, Sugasawa M, Kaga K, et al. Average thresholds in the 8 to 20 kHz range in young adults. *Scand Audiol* 1998; 27: 169-172.