

**Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης  
Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής  
Ακαδημαϊκό Έτος 2009-2010**

**Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας :**

*Μέτρηση της σχετικής μετατόπισης του κατωφλίου ακουστότητας εξαιτίας της φυσιολογικής γήρανσης του ακουστικού συστήματος (Presbycusis) για ομάδες ατόμων διαφορετικής ηλικίας. Εφαρμογή για ομάδες ατόμων των 10, 25, 45 και 65 ετών.*

**Σπουδαστές :**

*Νικολιδάκης Βαγγέλης (Α.Μ. 617)  
Τσουρδαλάκης Γιάννης (Α.Μ. 625)*

**Επιβλέπων Καθηγητής :**

*Παπαδάκης Νίκος*

*Ρέθυμνο, 2010*

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	4
Ευχαριστίες.....	4
Πρόλογος.....	5
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	6
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Ανατομία του Αυτιού.....	6
1.1 Εξωτερικό Αυτί (Outer Ear) .....	6
1.1.1 Πτερύγιο .....	7
1.1.2 Ακουστικό Κανάλι .....	8
1.2 Μέσο Αυτί (Middle Ear).....	8
1.2.1 Τυμπανική Μembrάνη (Tympanic Membrane) .....	9
1.2.2 Οστέαρια .....	9
1.2.3 Μύες του Μέσου Αυτιού.....	10
1.2.4 Ευσταχιανή Σάλπιγγα .....	10
1.3 Εσωτερικό Αυτί (Inner Ear).....	11
1.3.1 Κοχλίας.....	11
1.3.2 Όργανο Corti.....	13
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Απώλεια Ακοής.....	17
2.1 Τύποι Απώλειας Ακοής.....	17
2.1.1 Αγωγήμνη Απώλεια Ακοής – Conductive Hearing Loss .....	17
2.1.2 Νευροαισθητήρια Απώλεια Ακοής (Sensorineural Hearing Loss) .....	19
2.1.3 Μεικτός Τύπος Απώλειας Ακοής (Mixed Hearing Loss) .....	20
2.1.4 Λειτουργική Απώλεια Ακοής (Functional Hearing Loss).....	21
2.1.5 Κεντρική Απώλεια Ακοής (Central Hearing Loss).....	21
2.2 Στοιχεία για την Περιγραφή της Απώλειας Ακοής.....	22
2.2.1 Βαθμός Σοβαρότητας (Severity).....	22
2.2.2 Συμμετρία (Symmetry).....	23
2.2.3 Διαμόρφωση (Configuration).....	23
2.3 Δοκιμασίες Εκτίμησης της Ακουστικής Ικανότητας.....	24
2.3.1 Συμπεριφοριστικές Δοκιμασίες (Behavioral Tests) .....	24
2.3.1.1 Ακοομετρία Καθάρων Τόνων.....	24
2.3.1.2 - Ομιλητική Ακοομετρία.....	26
2.3.1.3 Τεχνική της Ηχοκάλυψης (Masking).....	27
2.3.2 Φυσιολογικές Μετρήσεις για την Εξέταση του Μηχανισμού της Ακοής (Physiologic Ttests).....	28
2.3.2.1 Τυμπανομετρία (Tympanometry) .....	28
2.3.2.2 Καταγραφή Ωτοακουστικών Εκπομπών (Otoacoustic Emissions) .....	29
2.3.2.3 Ηλεκτροακοομετρία.....	29
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Πρεσβυακοΐα .....	31
3.1 Ορισμός.....	31
3.2 Κλινική εικόνα – Συμπτώματα .....	32
3.3 Τύποι Πρεσβυακοΐας .....	33
3.3.1 Αισθητηριακή Πρεσβυακοΐα – Sensory Presbycusis .....	33
3.3.2 Νευρική Πρεσβυακοΐα – Neural Presbycusis .....	35
3.3.3 Μεταβολική Πρεσβυακοΐα – Metabolic Presbycusis.....	35
3.3.4 Μηχανική Πρεσβυακοΐα – Mechanical Presbycusis .....	36
3.4 Αιτίες.....	37
3.4.1 Γενετικοί Παράγοντες : ο Ρόλος των Γονιδίων.....	38
3.4.2 Ο Ρόλος του Μιτοχονδριακού DNA .....	39

3.4.3	Αρτηριοσκλήρυνση.....	39
3.4.4	Μεταβολισμός – Διατροφικές Συνθήκες .....	40
3.4.5	Η Επίδραση του Θορύβου.....	41
3.5	Διάγνωση .....	41
3.5.1	Ιστορικό.....	42
3.5.2	Ιατρικές Δοκιμασίες.....	43
3.5.3	Απλές Δοκιμασίες Ελέγχου Ακουστικής Ικανότητας.....	43
3.6	Θεραπεία – Τρόποι Αντιμετώπισης .....	44
3.6.1	Πρόληψη.....	44
3.6.2	Ιατρική Αποκατάσταση (Rehabilitation).....	45
3.6.3	Χρήση Ακουστικών Βαρηκοΐας.....	45
3.6.4	Χειλοανάγνωση .....	46
3.6.5	Συσκευές Ενίσχυσης της Ακρόασης (Assistive Learning Devices) .....	46
3.6.6	Κοχλιακά Εμφυτεύματα .....	47
	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	48
	Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> : Σκοπός της έρευνας – Ερευνητικά Ερωτήματα .....	48
	Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> : Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας .....	49
	Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> : Μεθοδολογία .....	53
6.1	Το δείγμα της έρευνας .....	53
6.2	Όργανα - Εξοπλισμός .....	54
6.3	Το λογισμικό με το ακοόγραμμα .....	56
6.4	Περιγραφή Διαδικασίας Διεξαγωγής της Έρευνας.....	61
	Κεφάλαιο 7 <sup>ο</sup> : Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Έρευνας.....	64
7.1	Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων ανά ηλικιακή ομάδα.....	64
7.1.1	Ηλικιακή Ομάδα «10 ετών» .....	64
7.1.2	Ηλικιακή Ομάδα «25 ετών» .....	66
7.1.3	Ηλικιακή Ομάδα «45 ετών» .....	68
7.1.4	Ηλικιακή Ομάδα «65 ετών και άνω» .....	70
7.1.5	Σύγκριση της ακουστικής ικανότητας των ηλικιακών ομάδων .....	72
7.2	Έλεγχος της επίδρασης του «εξεταζόμενου αυτιού» στην ικανότητα αντίληψης των τόνων.....	74
7.3	Έλεγχος της επίδρασης του «φύλου» στην ικανότητα αντίληψης των τόνων... 76	
7.4	Έλεγχος της Επίδρασης της «Ηλικίας» στην Ικανότητα Αντίληψης των Τόνων .....	79
7.4.1	Προσδιορισμός του Τόνου Ανώτατης Συχνότητας που Γίνεται Αντιληπτός ανά Ηλικιακή Ομάδα.....	79
7.4.2	Προσδιορισμός της Στάθμης Έντασης που Απαιτείται για την Αντίληψη Τόνων Διαφορετικής Συχνότητας ανά Ηλικιακή Ομάδα.....	84
	Κεφάλαιο 8 <sup>ο</sup> : Συμπεράσματα - Ερμηνεία.....	86
	Κεφάλαιο 9 <sup>ο</sup> : Περιορισμοί της έρευνας – Προτάσεις.....	90
	Βιβλιογραφία .....	93
-	Ελληνόγλωσση .....	93
-	Ξενόγλωσση .....	94
	Παράρτημα .....	97

## Περίληψη

Η απώλεια ακοής λόγω γήρανσης αποτελεί το αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, το οποίο προσεγγίζεται τόσο θεωρητικά όσο και ερευνητικά. Στο θεωρητικό μέρος, πέρα από την παρουσίαση του μηχανισμού της ανθρώπινης ακοής, γίνεται εκτενής αναφορά στο φαινόμενο της απώλειας ακοής, με ιδιαίτερη έμφαση στην απώλεια ακοής που οφείλεται στη γήρανση του ακουστικού συστήματος (πρεσβυακοΐα). Ταυτόχρονα, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε ομάδες ατόμων διαφορετικής ηλικίας (10, 25, 45 και 65 ετών και άνω) προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της πρεσβυακοΐας στην ικανότητα αντίληψης τόνων διαφορετικών συχνοτήτων. Για τη διεξαγωγή της παραπάνω έρευνας έγινε σχεδιασμός και ανάπτυξη ειδικού λογισμικού, το οποίο αποτελεί μια ψηφιακή εκδοχή ακουογράμματος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ακουστικής ικανότητας των ατόμων τόσο για τις συμβατικές συχνότητες (περιοχή 0,25 – 8 kHz) όσο και για τις πολύ χαμηλές (32-125 Hz) και τις πολύ υψηλές συχνότητες (9-20 kHz) του ακουστικού φάσματος.

## Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε τις *ευχαριστίες* μας προς όλους όσους βοήθησαν στο να πραγματοποιηθεί η παρούσα πτυχιακή εργασία. Πρώτα απ' όλα οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή Παπαδάκη Νίκο για την καθοδήγηση και την αμέριστη συμπαράστασή του, καθώς και για την άμεση ανταπόκρισή του σε όλες τις περιπτώσεις που αντιμετωπίσαμε δυσκολίες. Έπειτα, τους καθηγητές του τμήματος Τζεδάκη Κατερίνα και Μπρέζα Σπύρο για την παροχή εξοπλισμού απαραίτητου για τη διεξαγωγή της έρευνας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το διευθυντή και το εκπαιδευτικό προσωπικό του Δημοτικού Σχολείου του Άδελε για την παραχώρηση του εργαστηρίου ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ προς όλα τα άτομα που πρόθυμα δέχθηκαν να συμπεριληφθούν στο δείγμα της έρευνας.

## Πρόλογος

Η ακοή είναι μία από τις πιο σημαντικές ανθρώπινες αισθήσεις. Μέσω του μηχανισμού της ακοής το άτομο προσλαμβάνει πλήθος ερεθισμάτων που το βοηθούν να αντιληφθεί το περιβάλλον γύρω του και να λειτουργήσει αποτελεσματικά μέσα σε αυτό. Η καλή λειτουργία της ακοής συνήθως εκλαμβάνεται ως κάτι το δεδομένο, κάτι που παύει να ισχύει όταν το άτομο έρθει αντιμέτωπο με την απώλειά της, οπότε και αντιλαμβάνεται το μέγεθος της αξίας της και το ρόλο της στην ποιότητα της ζωής.

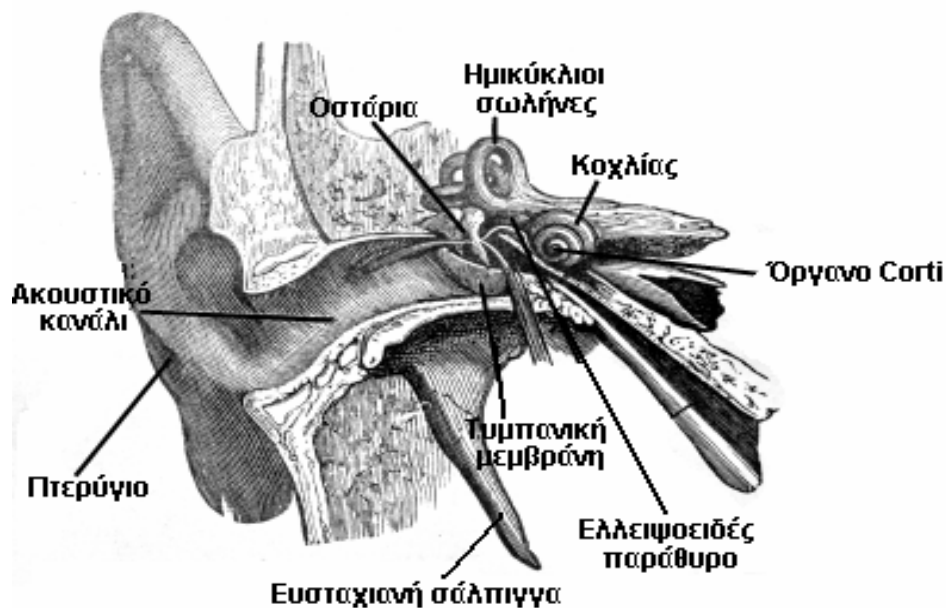
Η απώλεια ακοής είναι ένα πολύ συχνό φαινόμενο, το οποίο δε φαίνεται να αφορά μόνο άτομα προχωρημένης ηλικίας. Η ολοένα και μεγαλύτερη συχνότητα με την οποία το άτομο έρχεται σε επαφή με ιδιαίτερα δυνατές έντασης ήχους στην καθημερινότητά του, συνιστά επιβαρυντικό παράγοντα που έρχεται να προστεθεί στη φυσιολογική φθορά του μηχανισμού της ακοής που προκαλεί η γήρανση. Η απώλεια ακοής μπορεί να περιορίσει τη δυνατότητα επικοινωνίας με άλλους ανθρώπους, να δημιουργήσει κοινωνική απομόνωση, άγχος και ανασφάλεια ή ακόμα και να οδηγήσει σε μελαγχολία και άλλες ψυχολογικές διαταραχές. Ως εκ τούτου, θεωρήθηκε ωφέλιμη η ενασχόληση με το αντικείμενο αυτό στο πλαίσιο εκπόνησης πτυχιακής εργασίας, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο.

Στο θεωρητικό μέρος γίνεται αναφορά στην ανατομία του ανθρώπινου αυτιού (κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>), δίνονται γενικές πληροφορίες για τον όρο απώλεια ακοής (κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>), ενώ στη συνέχεια (κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>) γίνεται αναλυτική παρουσίαση του συγκεκριμένου τύπου απώλειας ακοής που απασχολεί την πτυχιακή εργασία, της πρεσβυακοΐας. Στο ερευνητικό μέρος, αρχικά διατυπώνονται ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα (κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>), ενώ ακολουθεί η ανασκόπηση της σχετικής με το θέμα της έρευνας βιβλιογραφίας (κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>). Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία της έρευνας (κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>), για να ακολουθήσει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η στατιστική τους επεξεργασία (κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>). Τέλος, διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα (κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>) και οι περιορισμοί της μαζί με προτάσεις για μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας (κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>).

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Ανατομία του Αυτιού

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε στοιχεία ανατομίας του ανθρώπινου αυτιού. Στόχος είναι η συνοπτική παρουσίαση των διαφόρων τμημάτων του οργάνου της ακοής, που συμβάλλουν στη συγκέντρωση των ήχων του περιβάλλοντος και ακολούθως στη μετατροπή τους σε σήματα αναγνωρίσιμα από τον ανθρώπινο εγκέφαλο.



Εικόνα 1 : Ανατομία του ανθρώπινου αυτιού<sup>1</sup>

Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, το αυτί αποτελείται από τρία διακριτά μέρη : το εξωτερικό, το μέσο και το εσωτερικό αυτί, τα οποία εξετάζονται παρακάτω.

### 1.1 Εξωτερικό Αυτί (Outer Ear)

Το εξωτερικό αυτί αποτελείται από το πτερύγιο και το ακουστικό κανάλι. Βασική λειτουργία του εξωτερικού αυτιού είναι η προσαρμογή της μηχανικής σύνθετης αντίστασης του τυμπάνου στην ειδική σύνθετη αντίσταση του αέρα (Σκαρλάτος, 2005, 382).

<sup>1</sup> Η παραπάνω εικόνα αποτελεί προσαρμογή αντίστοιχης εικόνας που αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://www.start-american-sign-language.com/images/ear-anatomy2.gif>

### 1.1.1 Πτερύγιο

Μπορεί να χαρακτηριστεί σαν η συσκευή η οποία συλλέγει τους ήχους και τους κατευθύνει στον ακουστικό πόρο. Το σχήμα και το μέγεθος του πτερυγίου καθορίζουν το είδος των ήχων που μπορεί να συλλάβει. Έτσι, ήχοι με μήκος κύματος που ξεπερνά τις διαστάσεις του πτερυγίου δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν (Dalebout, 2009, 29).

Αποτελείται από χόνδρο που είναι καλυμμένος με δέρμα. Οι χαρακτηριστικές κοιλότητες του πτερυγίου είναι ο έλικας, η τριγωνοειδής και σκαφοειδής κοιλότητα, ο αντιέλικας, η κόχη, ο τράγος, ο αντίτραγος, ο λοβός και η οπή, η οποία αποτελεί την είσοδο του ακουστικού πόρου (Gelfand, 2005, 48).



Εικόνα 2 : Χαρακτηριστικές κοιλότητες του πτερυγίου<sup>2</sup>

Εκτός από τη συγκέντρωση των ήχων του περιβάλλοντος, ένας πολύ σημαντικός ρόλος του πτερυγίου είναι ο εντοπισμός της πηγής στο χώρο (Feilding, 2006). Συγκεκριμένες ταλαντώσεις και ανακλάσεις μέσα στα κοιλώματα του πτερυγίου βοηθούν στον προσδιορισμό της κατεύθυνσης του ήχου, τόσο στον οριζόντιο όσο και στον κατακόρυφο άξονα διεύθυνσης του χώρου (Eargle, 1999, 57)

<sup>2</sup> Η παραπάνω εικόνα αποτελεί προσαρμογή αντίστοιχης εικόνας που αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση : [http://www.virtualmedicalcentre.com/uploads/VMC/TreatmentImages/2192\\_ear\\_outside\\_300.jpg](http://www.virtualmedicalcentre.com/uploads/VMC/TreatmentImages/2192_ear_outside_300.jpg)

### **1.1.2 Ακουστικό Κανάλι**

Το ακουστικό κανάλι ξεκινάει από το περύγιο και καταλήγει στην τυμπανική μεμβράνη. Έχει μήκος περίπου 2,5 cm και διάμετρο περίπου 6 mm (*Møller, 2006, 5*). Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με σωλήνα, ανοιχτό από το ένα άκρο και κλειστό από το άλλο, όσον αφορά τη συμπεριφορά του στη διέλευση του ηχητικού κύματος, με συχνότητα συντονισμού περίπου στα 3000Hz. Η καμπύλη του συντονισμού είναι αρκετά ευρεία και σε ορισμένες συχνότητες η αύξηση της ηχητικής πίεσης αγγίζει τα 15 dB (*Σκαρλάτος, 2005, 382 · Παπαδάκης, 2008, 7*)

Βασική ιδιότητα του ακουστικού καναλιού, πέρα από τη μετάδοση του ήχου, είναι η προστασία του μέσου και του εσωτερικού αυτιού από εξωτερικά σωματίδια, υγρασία και μεταβολές της θερμοκρασίας. Το εξωτερικό τμήμα του καναλιού αποτελείται από χόνδρο καλυμμένο με δέρμα που περιέχει τριχίδια και αδένες. Οι αδένες αυτοί εκκρίνουν κερι. Το κερι καθιστά το ακουστικό κανάλι μη φιλικό στα βακτηρίδια και τους μύκητες που διαφορετικά θα αναπτύσσονταν σε αυτό το σκοτεινό, θερμό και υγρό περιβάλλον. Το τμήμα αυτό του καναλιού, έχει την ιδιότητα να καθαρίζεται από μόνο του. Αντίθετα, στο εσωτερικό τμήμα του καναλιού, που αποτελείται από κόκαλο καλυμμένο με δέρμα, χωρίς τριχίδια και αδένες, κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό με αποτέλεσμα ο καθαρισμός του να είναι πολύ πιο δύσκολος (*Dalebout, 2009, 30*).

## **1.2 Μέσο Αυτί (Middle Ear)**

Το τύμπανο είναι το όργανο που αποτελεί το όριο για τη μετάβαση από το εξωτερικό στο μέσο αυτί. Τα υπόλοιπα βασικά όργανα του μέσου αυτιού, εκτός από το τύμπανο που ήδη αναφέρθηκε, είναι τα οστάρια (σφύρα, άκμονας, αναβολέας), οι μύες του μέσου αυτιού, η κοιλότητα του μέσου αυτιού και η ευσταχιανή σάλπιγγα (*Κουλούρης & Πετρίδης, 1994, 62*).

Ο βασικός ρόλος του μέσου αυτιού είναι η διάδοση του ήχου από το εξωτερικό αυτί προς τον κοχλία, όπου εδράζονται τα αισθητηριακά κύτταρα και όπου επιτυγχάνεται η μετατροπή των ηχητικών κυμάτων σε νευρικά σήματα. Σε αυτή τη διαδικασία, λόγω του ότι ο κοχλίας είναι γεμάτος υγρά, το μέσο αυτί δρα ως μετατροπέας που ουσιαστικά εξισορροπεί την αντίσταση του αέρα με εκείνη του κοχλίου, ώστε η μετάδοση του ήχου να γίνεται αποτελεσματικά (*Gelfand, 2005, 41*)



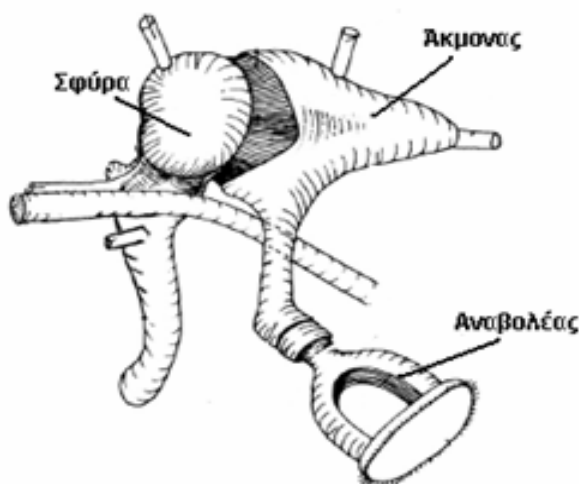
### 1.2.1 Τυμπανική Μεμβράνη (Tympanic Membrane)

Πρόκειται για μια λεπτή, ημιδιαφανή μεμβράνη που έχει επιφάνεια περίπου 85 mm<sup>2</sup>. Το σχήμα της θυμίζει κώνο ύψους περίπου 2 mm, του οποίου η κορυφή κατευθύνεται προς το εσωτερικό του αυτιού. Αποτελείται από ένα σύνολο λεπτών στρωμάτων, που εξασφαλίζουν την ανθεκτικότητά της, χωρίς να μειώνουν την ευαισθησία της στη διάδοση των ηχητικών κυμάτων.

Η τυμπανική μεμβράνη εξωτερικά, καλύπτεται από ένα στρώμα επιδερμικών κυττάρων, που αποτελεί τη συνέχεια του δέρματος του ακουστικού καναλιού. Το παραπάνω στρώμα λόγω της κίνησής του από το κέντρο του προς το εξωτερικό μέρος του αυτιού, προστατεύει το αυτί από μικροτραυματισμούς και μικρές ουλές, ενώ ταυτόχρονα μεταφέρει τα ξένα σώματα πίσω προς το ακουστικό κανάλι, προκειμένου να αποβληθούν από το αυτί.

Ωστόσο, το κυρίως μέρος της μεμβράνης (*pars tensa*) αποτελείται από επικαλυπτόμενες νευρικές ίνες. Αυτό το τμήμα της μεμβράνης είναι ουσιαστικά υπεύθυνο για τη μετατροπή του ήχου σε δονήσεις που θα μεταδοθούν στο οστάριο (σφύρα) που εφάπτεται της τυμπανικής μεμβράνης στην κατεύθυνση προς το εσωτερικό του αυτιού. Σε ένα υγιές αυτί, για να υπάρξει αίσθηση ήχου, αρκεί μία ελάχιστη κίνηση της κυτταρικής μεμβράνης της τάξης του 1/200.000.000 του εκατοστού (Møller, 2006, 6 · Dalebout, 2009, 32)

### 1.2.2 Οστάρια



Εικόνα 3 : Τα οστάρια του μέσου αυτιού

Πρόκειται για τρία διαδοχικά οστάρια : τη σφύρα, τον άκμονα και τον αναβολέα. Τα οστάρια αυτά συνδέονται μεταξύ τους και διαδίδουν την κίνηση του τυμπάνου, λειτουργώντας ως ένα σύστημα μοχλών, όπου η σφύρα μεταδίδει την κίνηση στον άκμονα και αυτός με τη σειρά του τη μεταδίδει στον αναβολέα. Από εκεί η ταλάντωση μεταφέρεται στο εσωτερικό αυτί και

συγκεκριμένα στο ελλειψοειδές παράθυρο<sup>3</sup> (Ιωάννου, 1997, 65).

Η θέση των οσταρίων είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται αύξηση της πίεσης στην είσοδο του εσωτερικού αυτιού, προκειμένου η πίεση αυτή να είναι ανάλογη με εκείνη που διέγειρε το τύμπανο. Αυτό είναι απαραίτητο καθώς η ακουστική πληροφορία μεταφέρεται από το μέσο αυτί στον κοχλία, στο εσωτερικό του οποίου υπάρχουν υγρά. Επομένως πρέπει να υπάρξει διάδοση από ένα αραιό μέσο (αέρας) σε ένα υγρό μέσο, κάτι που σημαίνει ότι πρέπει να επιτευχθεί εξισορρόπηση του λόγου αντιστάσεων των δύο διαφορετικών μέσων (Eargle, 1999, 57 ` Παπαδάκης, 2008, 9).

Ένας πρόσθετος ρόλος των οσταρίων είναι η προστασία του αυτιού από τους πολύ δυνατούς ήχους. Συγκεκριμένα, τα οστάρια συνδέονται με μυϊκούς ιστούς, οι οποίοι περιορίζουν το πλάτος της κίνησης που δημιουργείται από ένα ισχυρό ηχητικό ερέθισμα, το οποίο σε διαφορετική περίπτωση θα μπορούσε να προξενήσει ζημιά στο ακουστικό όργανο (Σκαρλάτος, 2005, 383).

### **1.2.3 Μύες του Μέσου Αυτιού**

Πρόκειται για τους δύο μικρότερους μύες του ανθρώπινου σώματος. Ο ένας από αυτούς (tensor tympani) είναι προσκολλημένος στη σφύρα και ο άλλος (stapedius) προσφύεται στον αναβολέα. Όπως ήδη αναφέρθηκε, σε περίπτωση δυνατών ήχων, οι παραπάνω μύες συστέλλονται και με τον τρόπο αυτό περιορίζουν το μέγεθος της ταλάντωσης, προστατεύοντας έτσι το εσωτερικό αυτί. Επιπρόσθετα, οι μύες του μέσου αυτιού συστέλλονται και κατά τη φώνηση και τη σωματική άσκηση, περιορίζοντας την ικανότητα του ανθρώπου να αντιλαμβάνεται ήχους που παράγει, οι οποίοι και θα δυσχέραιναν την αντίληψη των πραγματικά «χρήσιμων» ήχων του περιβάλλοντος (Παπαδάκης, 2008, 10 ` Møller, 2006, 8).

### **1.2.4 Ευσταχιανή Σάλπιγγα**

Η ευσταχιανή σάλπιγγα είναι μια δίοδος μήκους περίπου 35-38 mm που συνδέει το μέσο αυτί με το άνω μέρος του λαιμού, πίσω από τη ρινική κοιλότητα. Εξαιτίας της, δεν παρουσιάζεται υποχωρητικότητα του αέρα που είναι παγιδευμένος στο μέσο αυτί και που είναι απαραίτητος για την περαιτέρω διάδοση του ήχου. Συγκεκριμένα, παρόλο που οι διάφοροι ιστοί απορροφούν τον αέρα που βρίσκεται στην κοιλότητα του μέσου αυτιού, η ευσταχιανή σάλπιγγα (που ανοίγει περίπου 1000 φορές την

---

<sup>3</sup> Η παραπάνω εικόνα αποτελεί προσαρμογή αντίστοιχης εικόνας από το βιβλίο του Møller (2006, 7)

ημέρα) επιτρέπει τη διαρκή ανανέωση του αέρα στην κοιλότητα αυτή (Dalebout, 2009, 33).

Επιπρόσθετα, εξαιτίας της ευσταχιανής σάλπιγγας δεν εμφανίζεται μόνιμη μετατόπιση του τυμπάνου, λόγω της διαφοράς στατικής πίεσης που υπάρχει μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού αυτιού, αφού ο ρόλος της είναι να εξισορροπεί τη διαφορά αυτή (Ιωάννου, 1997, 64). Επιπλέον, χρησιμεύει στο να εξισορροπεί τις διαφορές πίεσης που υπάρχουν μεταξύ του εσωτερικού του αυτιού και της ατμόσφαιρας και έτσι εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του τυμπάνου και των υπόλοιπων μεμβρανών του εσωτερικού αυτιού (Eargle, 1999, 58). Τέλος, η ευσταχιανή σάλπιγγα προσφέρει διέξοδο (μέσω της μύτης) σε ορισμένες εκκρίσεις που παράγονται στην κοιλότητα του μέσου αυτιού, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μολύνσεις (Dalebout, 2009, 33).

### **1.3 Εσωτερικό Αυτί (Inner Ear)**

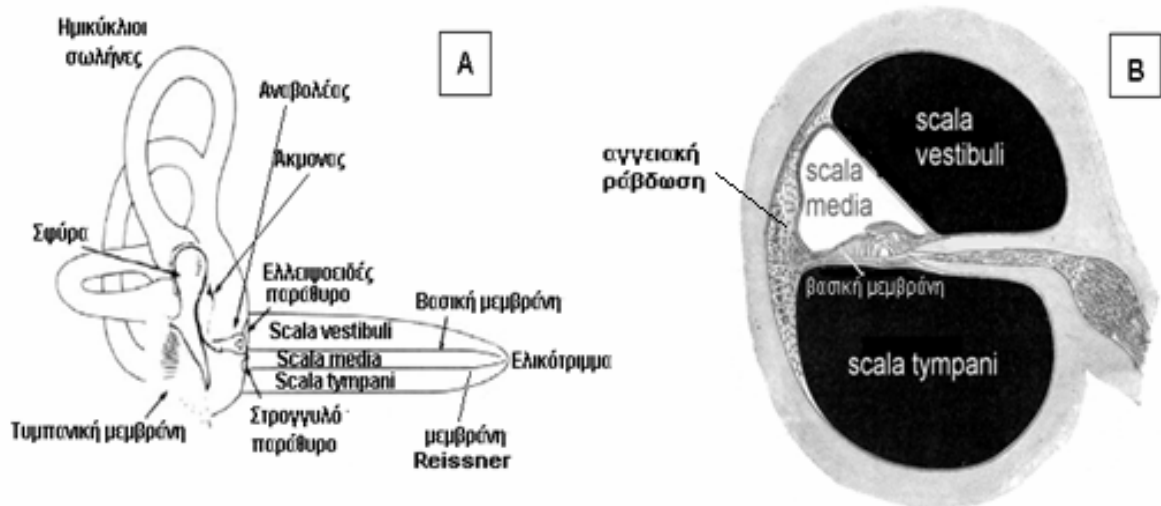
Το εσωτερικό αυτί<sup>4</sup> αποτελείται από 3 δομές : τον κοχλία (cochlea), την αίθουσα (vestibule) και τους ημικυκλικούς σωλήνες (semicircular canals). Οι δύο τελευταίες δομές περιλαμβάνουν τα όργανα της ισορροπίας, σε αντίθεση με τον κοχλία στον οποίο βρίσκονται τα όργανα της ακοής (Ιωάννου, 1997, 65). Το κεφάλαιο αυτό θα επικεντρωθεί στην παρουσίαση εκείνων των δομών (κοχλίας και όργανο του Corti) που είναι υπεύθυνες για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας που παραλαμβάνεται από το μέσο αυτί, σε νευρικά σήματα, που μπορούν να σταλούν στον εγκέφαλο και να αποκωδικοποιηθούν από αυτόν.

#### **1.3.1 Κοχλίας**

Ο κοχλίας αποτελεί το πιο σημαντικό τμήμα του μηχανισμού της ανθρώπινης ακοής. Πρόκειται για ένα εξαιρετικά ευαίσθητο όργανο που έχει περισσότερα από 100.000 κινούμενα τμήματα, παρά το μικρό του μέγεθος. Το μήκος του (σε έκταση) είναι περίπου 35 mm και έχει τη μορφή κελύφους σαλιγκαριού, σχηματίζοντας μια σπείρα από σχεδόν  $2\frac{3}{4}$  έλικες γύρω από τον κεντρικό οστεώδη άξονα (modiolus). Η διάμετρός του στη βάση του είναι περίπου 9 mm, ενώ στην κορυφή του (στο άλλο άκρο) μικραίνει (Gelfand, 2005, 59).

---

<sup>4</sup> Για τη συγγραφή του κεφαλαίου «Το εσωτερικό αυτί», πέρα από τις βιβλιογραφικές πηγές, αξιοποιήθηκαν οι ακόλουθες ιστοσελίδες :  
<http://www.rhodes.aegean.gr/sxedia/grafdaskalou/anatomy/sub1/hearing/innerear.htm>  
<http://www.alfa-acoustics.com/hearing/index.htm>



Εικόνα 4 : Α. Σχηματική αναπαράσταση του μέσου και εσωτερικού αυτιού, με τον κοχλία σε έκταση Β. Οι θάλαμοι του κοχλία<sup>5</sup>

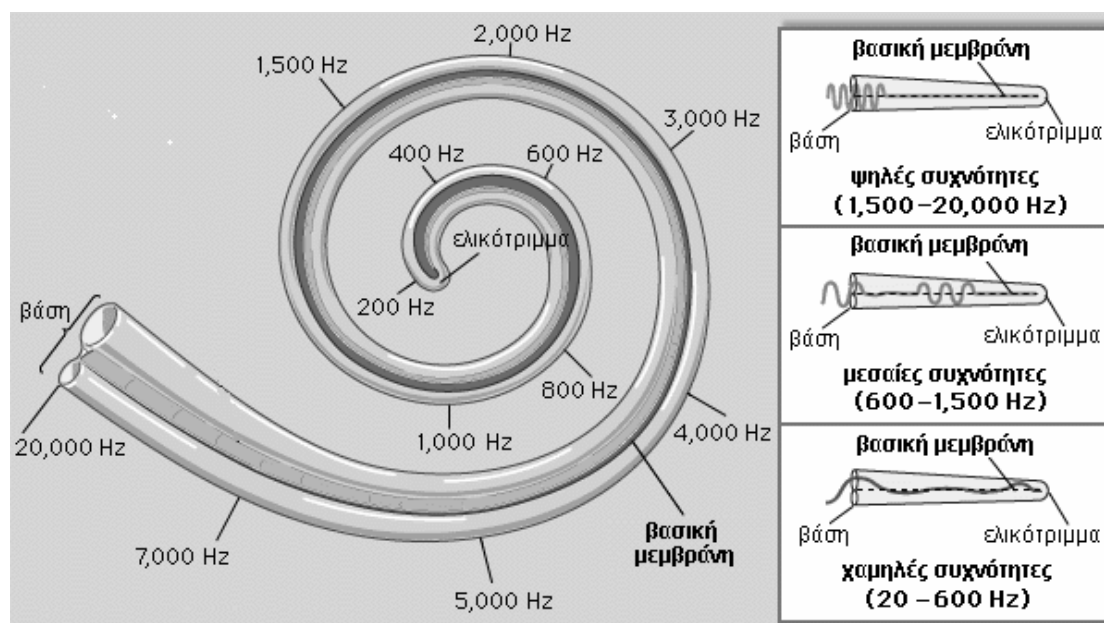
Η ανατομία του κοχλία είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και συνήθως παρουσιάζεται με δεδομένο ότι ο κοχλιάς βρίσκεται σε κατάσταση αποσυσπείρωσης. Ξετυλίγοντας τον κοχλία, το εσωτερικό του διασχίζεται από δύο μεμβράνες: τη βασική μεμβράνη (basilar membrane) και τη μεμβράνη του Reissner (Reissner's membrane). Οι μεμβράνες αυτές χωρίζουν το εσωτερικό του κοχλία σε 3 κοιλότητες: την αιθουσαία κοιλότητα (scala vestibule), τη μέση κοιλότητα ή κοχλιακό πόρο (scala media) και την τυμπανική κοιλότητα (scala tympani). Η αιθουσαία κοιλότητα, συνέχεια του ελλειψοειδούς παραθύρου (oval window), βρίσκεται ψηλότερα σε σχέση με τις άλλες δυο. Χαμηλότερα, βρίσκεται το στρογγυλό παράθυρο (round window) που οδηγεί στο θάλαμο scala tympani.

Η αιθουσαία και η τυμπανική κοιλότητα περιέχουν εντός τους ένα υγρό πλούσιο σε ιόντα νατρίου ( $\text{Na}^+$ ) που ονομάζεται περίλεμος (perilymph). Η μέση κοιλότητα περιέχει ένα διαφορετικό υγρό, την ενδόλεμφο (endolymph), το οποίο έχει υψηλή συγκέντρωση σε ιόντα καλίου ( $\text{K}^+$ ). Η περίλεμος είναι το υγρό, μέσω του οποίου διαδίδεται η κυματική διαταραχή, ξεκινώντας από το ελλειψοειδές παράθυρο και καταλήγοντας στο στρογγυλό παράθυρο. Υπεύθυνη για τη διατήρηση της παραπάνω χημικής ισορροπίας είναι η αγγειακή ράβδωση (stria vascularis) που περιβάλλει μέρος των τριών κοιλοτήτων του κοχλία, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.

Σημαντικό ρόλο για την ακοή έχει η βασική μεμβράνη, η οποία διατρέχει τον κοχλία από τη βάση του (όπου είναι στενή και σκληρή) μέχρι την κορυφή του (όπου γίνεται πιο πλατιά και χαλαρή). Η φυσιολογία της είναι τέτοια ώστε παρουσιάζει

<sup>5</sup> Οι παραπάνω εικόνες αποτελούν προσαρμογή αντίστοιχων εικόνας από το βιβλίο του Møller (2006, 9) και την ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://www.bmb.leeds.ac.uk/illingworth/bioc3800/index.htm>

διαφορετική απόκριση ανάλογα με τη συχνότητα του ήχου. Συγκεκριμένα, τα σημεία που είναι κοντά στην κορυφή της μεμβράνης (ελικότριμα) αποκρίνονται στις χαμηλές συχνότητες, ενώ τα σημεία που βρίσκονται κοντά στη βάση της αποκρίνονται στις υψηλές συχνότητες (Turkington & Sussman, 2004, 51 ` Πίτρης, 2009), όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.

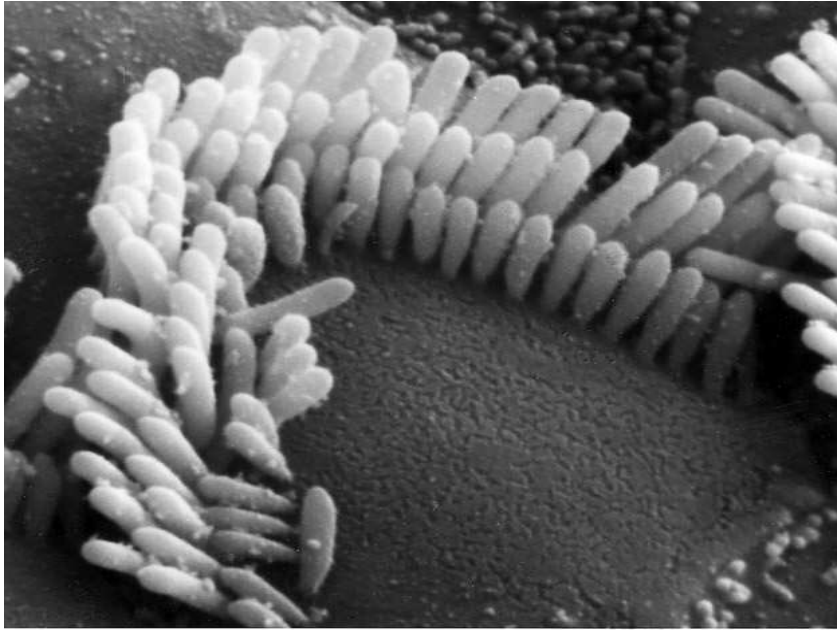


Εικόνα 5 : Συχνοτική ανάλυση του ήχου στον κοχλία<sup>6</sup>

### 1.3.2 Όργανο Corti

Στη βασική μεμβράνη στηρίζεται το όργανο του Corti, το οποίο μετατρέπει τις ταλαντώσεις που καταφθάνουν στο εσωτερικό του κοχλία σε ηλεκτρικά σήματα. Κάθε όργανο του Corti διαθέτει τα στυλοειδή κύτταρα (pillar cells), τα οποία ενώνονται στην κορυφή τους και σχηματίζουν τη δίοδο του Corti (tunnel of Corti). Δίπλα από αυτά υπάρχει ένα εσωτερικό τριχωτό κύτταρο (inner hair cell), το οποίο έχει πάνω του περίπου 100 στερεοτριχία (stereocilia). Από την άλλη πλευρά υπάρχουν τρία εξωτερικά τριχωτά κύτταρα (outer hair cells) που επίσης έχουν στερεοτριχία. Στο όργανο του Corti εντοπίζεται επίσης ένα σύνολο νευρικών απολήξεων του ακουστικού νεύρου (auditory nerve), ενώ πάνω από τη δίοδο του Corti υπάρχει η οροφιαία μεμβράνη (tectorial membrane).

<sup>6</sup> Η παραπάνω εικόνα αποτελεί προσαρμογή αντίστοιχης εικόνας που αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://galileo.phys.virginia.edu/classes/304/cochlea1.gif>

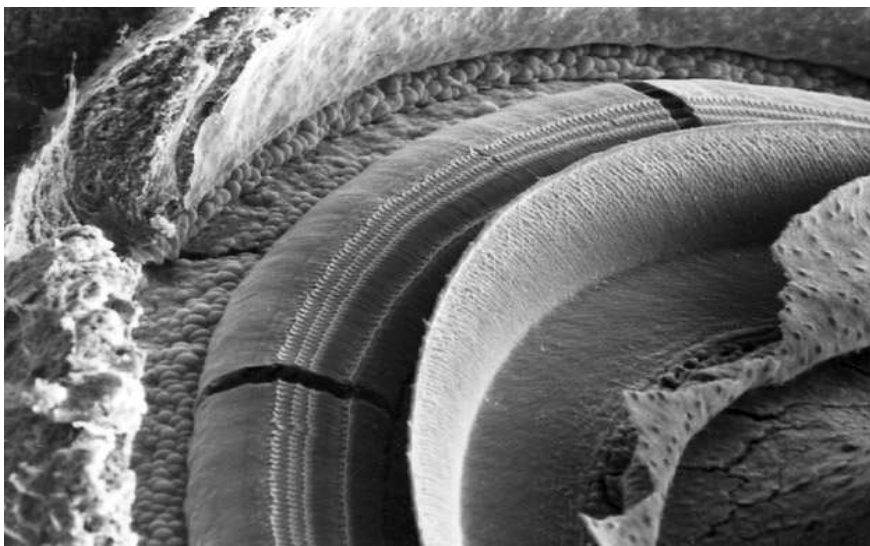


Εικόνα 6 : Όργανο του Corti. Εξωτερικά τριχωτά κύτταρα (outer hair cells)<sup>7</sup>

Για το μηχανισμό με τον οποίο ερεθίζονται τα τριχωτά κύτταρα του οργάνου του Corti, έχουν αναπτυχθεί ορισμένες θεωρίες, με βασικότερη τη θεωρία του “ταξιδεύοντος κύματος” Bekesy. Σύμφωνα με αυτήν, κάθε ακουστικό ερέθισμα δημιουργεί το σχηματισμό ενός κύματος στη βασική μεμβράνη, το οποίο πάντοτε αρχίζει από το βασικό άκρο της και καταλήγει να έχει το μέγιστο εύρος σε κάποιο σημείο κατά μήκος της βασικής μεμβράνης. Ο τρόπος απόκρισης της βασικής μεμβράνης στο κύμα αυτό, καθορίζεται ως ένα βαθμό από δύο βασικές φυσικές ιδιότητες που τη χαρακτηρίζουν: α) από τη μεταβολή του εύρους της (από 0,1 mm στη βάση γίνεται 0,5 mm στο ελικότριμμα) και β) από τη μεταβολή της δυσκαμψίας της (μειώνεται περίπου 100 φορές από τη βάση προς το ελικότριμμα). Τα παραπάνω καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η συχνοτική ανάλυση των ήχων, με τα τριχοειδή κύτταρα που βρίσκονται στη βάση του κοχλίου (κοντά στο μέσο αυτί) να αποκρίνονται σε ήχους υψηλών συχνοτήτων, ενώ εκείνα που βρίσκονται στο ελικότριμμα του κοχλίου να αποκρίνονται σε ήχους χαμηλότερων συχνοτήτων. Το κύμα που διαδίδεται στη βασική μεμβράνη φτάνει στο μέγιστο πλάτος του όταν συναντήσει την περιοχή με τα τριχοειδή κύτταρα που είναι «συντονισμένα» γύρω από τη συχνότητα του εισερχόμενου ήχου, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η εξασθένιση και εν τέλει η απόσβεση του διαδιδόμενου κύματος. Η απόσταση του σημείου αυτού από το βασικό άκρο της μεμβράνης, είναι περίπου ανάλογη με το λογάριθμο της συχνότητας του ερεθίσματος (Παπαδάκης, 2008, 17-20).

<sup>7</sup> Η παραπάνω εικόνα αποτελεί προσαρμογή αντίστοιχης εικόνας που αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://www.sickkids.ca/Research/Auditory-science-laboratory/Hearing-loss/index.html>

Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι η καταστροφή ή έστω η φθορά των τριχοειδών κυττάρων ενός τμήματος της βασικής μεμβράνης, θα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την απώλεια ακοής για τη δεδομένη περιοχή συχνοτήτων που αντιστοιχεί σε εκείνο το τμήμα της βασικής μεμβράνης. Κάτι τέτοιο παρατηρείται αρκετά συχνά, καθώς τα τριχίδια που βρίσκονται στην κορυφή των κυττάρων αυτών είναι ιδιαίτερα ευπαθή. Ωστόσο, το ζήτημα της απώλειας ακοής λόγω βλαβών στην περιοχή του κοχλίου απασχολεί άλλο μέρος της παρούσας εργασίας (Dalebout, 2009, 34-37).



**Εικόνα 7 :** Άποψη της επιφάνειας του οργάνου του Corti. Από τα αριστερά προς τα δεξιά διακρίνονται : ο σπειροειδής σύνδεσμος (spiral ligament), η αγγειακή ράβδωση (stria vascularis), τα τριχωτά κύτταρα, η οροφιαία μεμβράνη (tectorial membrane), η μεμβράνη του Reissner και ο κεντρικός οστεώδης άξονας (modiolus)<sup>8</sup>

Ανακεφαλαιώνοντας, οι μηχανικές ταλαντώσεις του αναβολέα διέρχονται μέσω του ελλειψοειδούς παραθύρου στην αιθουσαία κοιλότητα, όπου και μετατρέπονται σε υδραυλικές ταλαντώσεις λόγω του υγρού ενδόλεμφος. Στη συνέχεια κατέρχονται στην τυμπανική κοιλότητα για να προχωρήσουν εκτός του κοχλίου μέσω του στρογγυλού παραθύρου (round window). Όλη αυτή η κίνηση της ταλάντωσης, ενεργοποιεί τη βασική μεμβράνη, η οποία με τη σειρά της κινείται και μετατοπίζει τα στερεοτριχία που υπάρχουν στα εξωτερικά τριχωτά κύτταρα. Η παραπάνω κίνηση επιτρέπει τη μετακίνηση ιόντων καλίου από τα εξωτερικά προς τα εσωτερικά τριχωτά κύτταρα, κάτι που προκαλεί αλλαγή του ενδοκοχλιακού δυναμικού (εκπόλωση). Το παραπάνω, σε συνδυασμό με τη διάταξη των τριχοειδών κυττάρων στη βασική μεμβράνη, επιτρέπει στον κοχλίο να πραγματοποιεί συχνοτική ανάλυση των ήχων. Στη συνέχεια, τα εσωτερικά τριχωτά κύτταρα απελευθερώνουν διαβιβαστές στα

<sup>8</sup> Η εικόνα αποτελεί προσαρμογή αντίστοιχης εικόνας που αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.sickkids.ca/Research/Auditory-science-laboratory/Overview-of-ear/Cochlea/index.html>

σημεία όπου υπάρχουν συνάψεις με τους νευρώνες του ακουστικού νεύρου και με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται η πληροφορία στο ακουστικό νεύρο.

Πρόκειται για το τελευταίο στάδιο μιας μακράς διαδικασίας ενεργειακών μετατροπών, οι οποίες οδήγησαν σταδιακά στην μετατροπή του ήχου (ακουστική ενέργεια) αρχικά σε μηχανική ενέργεια, κατόπιν σε υδραυλική ενέργεια και τέλος σε ηλεκτρική ενέργεια, που είναι η επιθυμητή μορφή ενέργειας που μπορεί να αποκωδικοποιηθεί από τον εγκέφαλο (*Dalebout, 2009, 35*).



## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Απώλεια Ακοής**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι τύποι απώλειας ακοής που υπάρχουν, δίνονται επεξηγήσεις ως προς τα στοιχεία που απαιτούνται για μια σωστή περιγραφή της απώλειας ακοής, ενώ στο τέλος γίνεται αναφορά σε βασικές δοκιμασίες εκτίμησης της ακουστικής ικανότητας.

### **2.1 Τύποι Απώλειας Ακοής**

Για να καθοριστεί ο τύπος απώλειας ακοής που εμφανίζει ένα άτομο, συνήθως αξιολογούνται τα δεδομένα από τις δοκιμασίες ακοομετρίας με χρήση καθαρών τόνων, τόσο για αέρινη αγωγιμότητα όσο και για οστέινη αγωγιμότητα του ήχου<sup>9</sup>. Μέσα από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων κάθε ατόμου στις δύο αυτές δοκιμασίες, είναι δυνατός ο προσδιορισμός του τμήματος του αυτιού όπου εντοπίζεται το πρόβλημα και ο καθορισμός του τύπου απώλειας ακοής που το άτομο εμφανίζει. Με βάση τα παραπάνω, υπάρχουν πέντε βασικοί τύποι απώλειας ακοής (αγώγιμη, νευροαισθητηριακή, μεικτή, κεντρική και λειτουργική), οι οποίοι αναπτύσσονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

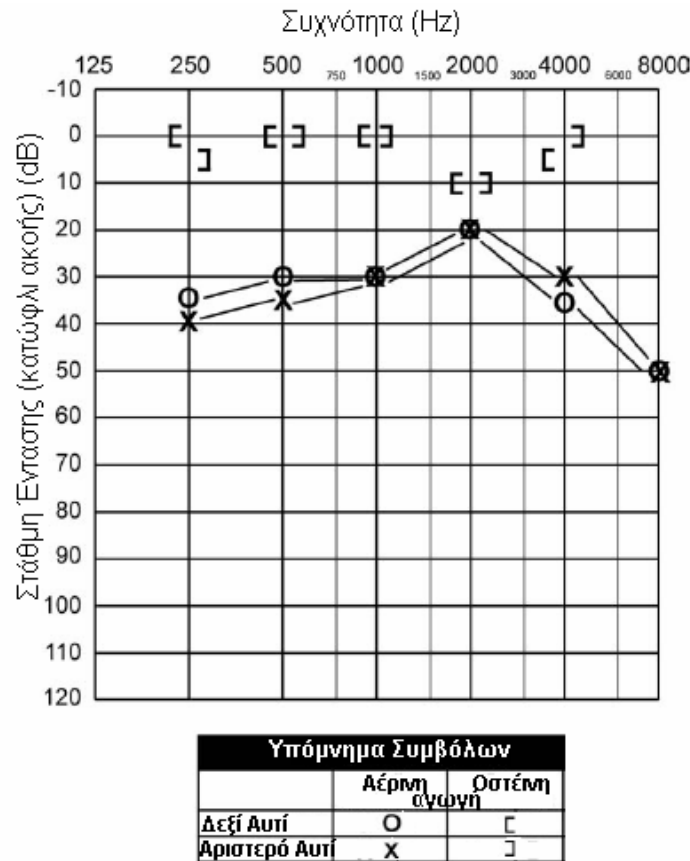
#### **2.1.1 Αγώγιμη Απώλεια Ακοής – *Conductive Hearing Loss***

Αυτό το είδος απώλειας ακοής εμπεριέχει τις περιπτώσεις προβληματικής μεταφοράς του ήχου από το εξωτερικό προς το εσωτερικό αυτί, που οφείλονται σε φθορά που υπάρχει αποκλειστικά στα όργανα του εξωτερικού ή μέσου αυτιού. Για να χαρακτηριστεί μια απώλεια ακοής ως αγώγιμη θα πρέπει προηγουμένως να έχει αποκλειστεί το ενδεχόμενο βλάβης των οργάνων του εσωτερικού αυτιού (*Turkington & Sussman, 2004, 100-101*).

Αγώγιμη απώλεια ακοής υπάρχει όταν το άτομο εμφανίζει φυσιολογικό σκορ στη δοκιμασία ακοομετρίας για οστέινη αγωγή και χαμηλό σκορ (απώλειες άνω των 20 dB) στη δοκιμασία ακοομετρίας για αέρινη αγωγή. Το φυσιολογικό σκορ για την οστέινη αγωγή δείχνει ότι ο κοχλίας και όλες οι υπόλοιπες δομές του εσωτερικού αυτιού είναι υγιείς. Αντίθετα, το χαμηλό σκορ για την αέρινη αγωγή αποκαλύπτει βλάβη που αναγκαστικά θα βρίσκεται στο εξωτερικό ή μέσο τμήμα του αυτιού (*Dalebout, 2009, 54-56*). Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα παραπάνω.

---

<sup>9</sup> Αναλυτική περιγραφή των δοκιμασιών γίνεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.



Εικόνα 8 : Παράδειγμα ακουογράμματος ατόμου με αγωγήμη απώλεια ακοής<sup>10</sup>

Υπάρχουν αρκετές αιτίες που μπορεί να προκαλέσουν αγωγήμη απώλεια ακοής, όπως (Dalebout, 2009, 71-73 ` Bupa health information team, 2009) :

- τραυματισμός του τυμπάνου από χρήση αντικειμένων για τον καθαρισμό του
- μόλυνση του αυτιού λόγω ανάπτυξης βακτηριδίων, ύστερα από επαφή του εξωτερικού αυτιού με νερό
- απόφραξη του ακουστικού καναλιού λόγω συνεχούς συσσώρευσης κεριού
- παρεμπόδιση της κίνησης του τυμπάνου εξαιτίας του κεριού
- ωτοσκλήρυνση, που προκαλεί ελάττωση της κινητικότητας των τριών οσταρίων, εμποδίζοντας τη μεταβίβαση της δόνησης στον κοχλία
- λοιμώξεις του μέσου αυτιού (π.χ. ωτίτιδα)
- καρκίνος του δέρματος

Σε πολλές περιπτώσεις, οι παθήσεις που επηρεάζουν το εξωτερικό και μέσο αντί προκαλώντας αγωγήμη απώλεια ακοής, μπορούν να θεραπευτούν. Με την κατάλληλη ιατρική περίθαλψη, η ακοή μπορεί να αποκατασταθεί ακόμα και πλήρως. Ακόμα και

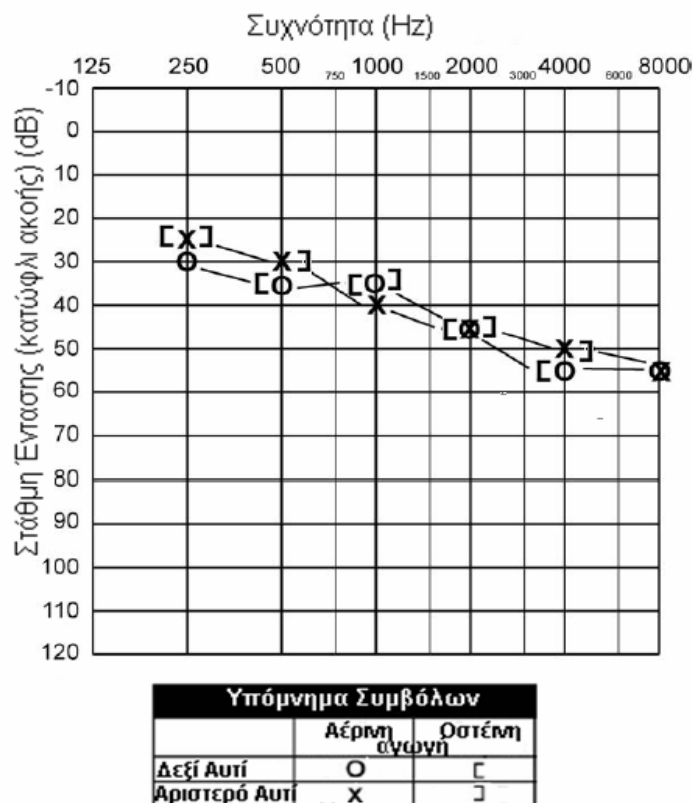
<sup>10</sup> Οι εικόνες με τα ακουογράμματα που παρουσιάζονται στο τρέχον εδάφιο προέρχονται από το βιβλίο του Dalebout (2009, 56-59)

σε περιπτώσεις όπου κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ακουστικών βοηθημάτων και υποστηρικτικής τεχνολογίας, που βελτιώνουν σημαντικά την κατάσταση (Sataloff & Sataloff, 2005, 25).

### 2.1.2 Νευροαισθητήρια Απώλεια Ακοής (Sensorineural Hearing Loss)

Νευροαισθητήρια είναι η απώλεια ακοής που οφείλεται σε παραμόρφωση ή δυσλειτουργία του εσωτερικού αυτιού. Πρόκειται για σύνθετη λέξη, που ενοποιεί στον ίδιο όρο, ουσιαστικά, δύο διαφορετικές περιπτώσεις απώλειας ακοής. Το συνθετικό «νεύρο» αναφέρεται σε παθολογία του ακουστικού νεύρου, ενώ το συνθετικό «αισθητήριος» σε παθολογία που εντοπίζεται στον κοχλία (Sataloff & Sataloff, 2005, 26).

Για να χαρακτηριστεί μια απώλεια ακοής νευροαισθητήρια θα πρέπει στις ακοομετρικές δοκιμασίες με χρήση καθαρών τόνων, το σκορ του ατόμου να είναι εξίσου χαμηλό (εξασθένιση άνω των 20 dB) τόσο για την αέρια όσο και για την οστέινη αγωγή και η διαφορά μεταξύ των δύο (air-bone gap) να μην υπερβαίνει τα 15 dB (Martini & Trevisi, 2004, 49 ` Dalebout, 2009, 56-57). Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ακοόγραμμα που υποδηλώνει την ύπαρξη νευροαισθητήριας απώλειας ακοής.



Εικόνα 9 : Παράδειγμα ακοογράμματος ατόμου με νευροαισθητήρια απώλεια ακοής

Δεν έχουν ακόμα προσδιοριστεί επακριβώς οι αιτίες που οδηγούν στην εμφάνισή νευροαισθητήριας απώλειας ακοής. Ωστόσο, έχουν εντοπιστεί πιθανές αιτίες, οι παρατίθενται στη συνέχεια εν συντομία:

- απώλεια ακοής λόγω γήρανσης (πρεσβυακοΐα)
- ακουστικό τραύμα
- συγκεκριμένες μολύνσεις και ασθένειες, όπως ιλαρά και μηνιγγίτιδα
- το σύνδρομο Ménière (Ménière's disease), το οποίο είναι μια ασθένεια που επηρεάζει τόσο την ακοή όσο και την ισορροπία και κατά το οποίο το άτομο παρουσιάζει συχνά επεισόδια ίλιγγων, ακούει διαρκώς εμβοές και σημειώνει σταδιακή απώλεια ακοής, συνήθως στο ένα μόνο αυτί.
- ωτοτοξικά φάρμακα, όπως ορισμένα ισχυρά αντιβιοτικά ή ακόμα και ασπιρίνες όταν καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες
- η δημιουργία καλοήθους όγκου στο ακουστικό νεύρο (ακουστικό νεύρωμα – acoustic neuroma) ή στα τοιχώματα του μέσου αυτιού (χολοστεάτωμα - cholesteatoma)
- θεραπείες του καρκίνου, όπως χημειοθεραπεία (*Bupa health information team, 2009*)

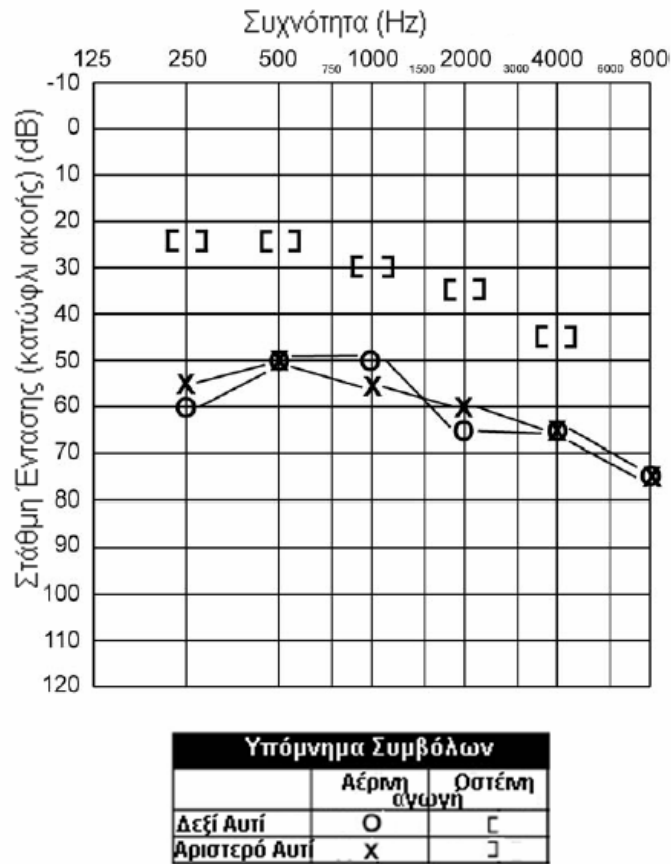
Στην κατηγορία της νευροαισθητήριας απώλειας ακοής εντάσσεται ένα ευρύ πλήθος διαφορετικών περιπτώσεων εξασθένησης της ακουστικής ικανότητας του ατόμου, κάτι που καθιστά δύσκολη την προσπάθεια εύρεσης ενιαίων τρόπων αντιμετώπισης της. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι προτεινόμενες θεραπευτικές πρακτικές δεν επιτυγχάνουν τη μόνιμη αποκατάσταση της ακοής του ασθενούς και ουσιαστικά χρησιμεύουν στο να κάνουν τα συμπτώματα της απώλειας ακοής απλώς ηπιότερα (*Sataloff & Sataloff, 2005, 26*).

### **2.1.3 Μεικτός Τύπος Απώλειας Ακοής (Mixed Hearing Loss)**

Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατάσταση όπου το άτομο εμφανίζει ταυτόχρονα συμπτώματα διαφορετικών τύπων απώλειας ακοής. Συγκεκριμένα, το άτομο παρουσιάζει απώλεια ακοής αγωγίμου τύπου, η οποία συνδυάζεται με μια νευροαισθητηριακού τύπου απώλεια ακοής, στο ίδιο αυτί (*Sataloff & Sataloff, 2005, 26*).

Το άτομο που παρουσιάζει μεικτού τύπου απώλεια ακοής σημειώνει χαμηλό σκορ στη δοκιμασία ακοομετρίας για οστέινη αγωγή και ακόμα χαμηλότερο σκορ στη

δοκιμασία ακοομετρίας για αέρια αγωγή, όπως φαίνεται στο ακοογράμμα στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 10 : Παράδειγμα ακοογράμματος ατόμου με απώλεια ακοής μεικτού τύπου

#### 2.1.4 Λειτουργική Απώλεια Ακοής (Functional Hearing Loss)

Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου απώλειας ακοής είναι ότι δεν υπάρχει οργανικό πρόβλημα στο μηχανισμό ακοής. Η απώλεια ακοής αποδίδεται σε κάποια υποκείμενη ψυχοσυναισθηματική διαταραχή του ατόμου, η οποία συνήθως προκαλείται λόγω της ύπαρξης ιστορικού απώλειας ακοής στην οικογένεια του ατόμου αυτού (Sataloff & Sataloff, 2005, 25).

#### 2.1.5 Κεντρική Απώλεια Ακοής (Central Hearing Loss)

Τα άτομα που παρουσιάζουν κεντρική απώλεια ακοής δεν είναι σε θέση να ερμηνεύσουν την ομιλία που τους απευθύνεται, όχι εξαιτίας βλάβης σε κάποιο τμήμα του αυτιού, αλλά λόγω δυσλειτουργιών στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Χαρακτηριστικό της κεντρικής απώλειας ακοής είναι το ότι στις δοκιμασίες ακοομετρίας με χρήση καθαρών τόνων, το κατώφλι ακοής που σημειώνουν τα άτομα

αυτά είναι φυσιολογικό. Με άλλα λόγια, τα ακοογράμματα που προκύπτουν μαρτυρούν την ύπαρξη κανονικής ακοής (*Martini & Trevisi, 2004, 49*).

Το πρόβλημα έγκειται στο ότι τα άτομα με κεντρική απώλεια ακοής αδυνατούν να φιλτράρουν τα ηχητικά ερεθίσματα και να απορρίψουν τα μη χρήσιμα - ανταγωνιστικά ηχητικά σήματα που παράγονται στο περιβάλλον ταυτόχρονα με τη «χρήσιμη» ηχητική πληροφορία. Καταστάσεις όπως κουβέντα στο θορυβώδες περιβάλλον ενός εστιατορίου ή συζήτηση ενώ ταυτόχρονα ακούγεται ο ήχος από μια τηλεοπτική εκπομπή, είναι εξαιρετικά προβληματικές στην περίπτωση ατόμων που πάσχουν από κεντρική απώλεια ακοής. Κεντρική απώλεια ακοής μπορεί να προκύψει ύστερα από ένα τραύμα στον εγκέφαλο. Ωστόσο, η ακριβής αιτία που την προκαλεί παραμένει άγνωστη (*Sataloff & Sataloff, 2005, 27*).

## 2.2 Στοιχεία για την Περιγραφή της Απώλειας Ακοής

Η περιγραφή μιας απώλειας ακοής, πέρα από τον προσδιορισμό του τύπου, περιλαμβάνει πληροφορίες για το βαθμό σοβαρότητας, τη συμμετρία και τη διαμόρφωσή της (*Dalebout, 2009, 54*).

### 2.2.1 Βαθμός Σοβαρότητας (*Severity*)

Ο βαθμός σοβαρότητας μιας απώλειας ακοής δείχνει το μέγεθος της εξασθένισης της ακοής (μετρημένο σε dB) που παρατηρείται. Σύμφωνα με την ANSI (American National Standards Institute) υπάρχουν 4 διαβαθμίσεις σοβαρότητας της απώλειας ακοής (*Martini & Trevisi, 2004, 50*), όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

<i>Απώλεια Ακοής (dB HL)</i>	<i>Βαθμός Σοβαρότητας</i>
<15	Κανονική ακοή
15-30	Ήπια Απώλεια Ακοής (mild)
31-60	Απώλεια Ακοής μεσαίου βαθμού (moderate)
61-90	Σοβαρή Απώλεια Ακοής (severe)
>90	Βαριά Απώλεια Ακοής (profound)

**Πίνακας 1 : Διαβαθμίσεις σοβαρότητας της απώλειας ακοής, σύμφωνα με την ANSI.**

## 2.2.2 Συμμετρία (Symmetry)

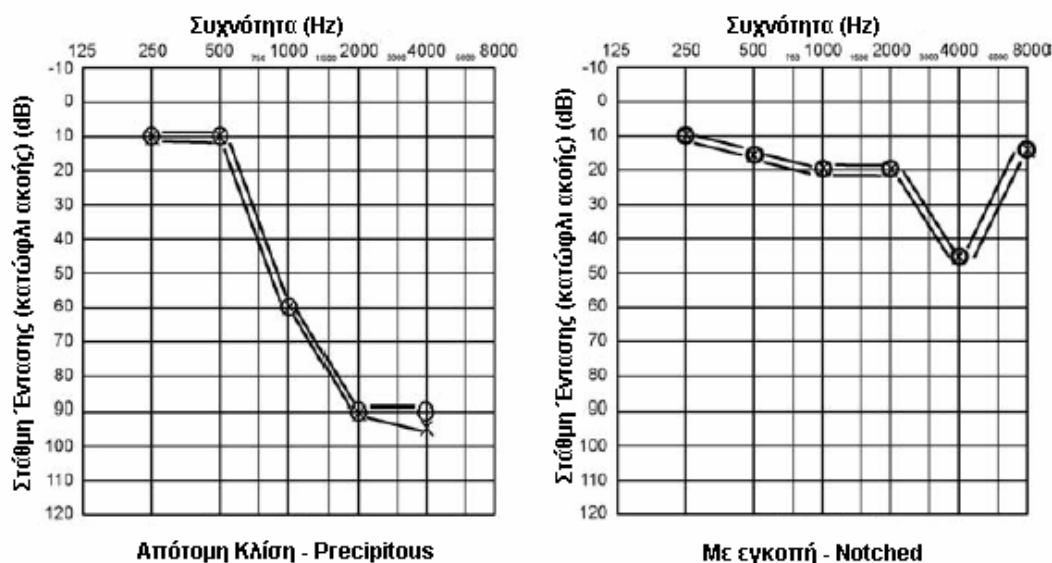
Το είδος συμμετρίας της απώλειας ακοής προκύπτει εάν συγκριθεί το σκορ που φέρνει το άτομο σε μια ακοομετρική δοκιμασία για το δεξί του αυτί, με το αντίστοιχο σκορ που φέρνει στην ίδια δοκιμασία για το αριστερό του αυτί (Dalebout, 2009, 62-63). Τα πιο συνηθισμένα είδη συμμετρίας που απαντώνται φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

<i>Είδος Συμμετρίας</i>	<i>Περιγραφή</i>
Αμφιπλεύρως Συμμετρική (bilaterally symmetrical)	Παρατηρείται ίδια σοβαρότητα απώλεια ακοής και για τα δύο αυτιά
Αμφιπλεύρως Μη Συμμετρική (bilaterally asymmetrical)	Παρατηρείται διαφορετικής σοβαρότητας απώλεια ακοής και για τα δύο αυτιά
Μονόπλευρη (unilateral)	Παρατηρείται απώλεια ακοής για το ένα μόνο αυτί

Πίνακας 2 : Είδη συμμετρίας της απώλειας ακοής

## 2.2.3 Διαμόρφωση (Configuration)

Η διαμόρφωση της απώλειας ακοής είναι μία γραφική παράσταση που απεικονίζει το μέγεθος της εξασθένησης της ακοής σε κάθε συχνότητα. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται 2 από τις πολλές διαφορετικές περιπτώσεις διαμόρφωσης που μπορεί να προκύψουν (Dalebout, 2009, 63-65).



Εικόνα 11 : Δύο διαφορετικές παραδείγματα διαμόρφωσης απώλειας ακοής

## 2.3 Δοκιμασίες Εκτίμησης της Ακουστικής Ικανότητας

Το είδος της διαγνωστικής διαδικασίας που θα ακολουθηθεί για κάθε άτομο ποικίλει, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της περίπτωσης. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο να γίνονται όλες οι δοκιμασίες που περιγράφονται στη συνέχεια. Αντίθετα, είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν παραλλαγές τους ή ακόμα και δοκιμασίες που δεν αναφέρονται στο τρέχον κεφάλαιο, αλλά κρίνονται χρήσιμες από τον εξεταστή.

Αρχικά ο ωτορινολαρυγγολόγος συνήθως εξετάζει με το ωτοσκόπιο (otoscopy) κάθε αυτί, ώστε να εξασφαλίσει ότι τα αποτελέσματα των τεστ δεν αλλοιώνονται από παράγοντες όπως είναι η ύπαρξη κεριού ή ξένων αντικειμένων στο ακουστικό κανάλι ή η ύπαρξη τρύπας στην τυμπανική μεμβράνη. Παράλληλα, γίνεται καταγραφή του ιστορικού του εξεταζόμενου ατόμου<sup>11</sup>. Για το σκοπό αυτό μπορεί να γίνει συνέντευξη ή να χρησιμοποιηθεί ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης ή ακόμα και ερωτηματολόγιο που να συμπληρώνεται από μέλη της οικογένεια του ατόμου. Οι δοκιμασίες που περιγράφονται στη συνέχεια, διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις συμπεριφοριστικές και τις αντικειμενικές – φυσιολογικές (Isaacson & Vora, 2003, 1125-1126).

### 2.3.1 Συμπεριφοριστικές Δοκιμασίες (Behavioral Tests)

Οι δοκιμασίες που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία βασίζονται στη μελέτη των αντιδράσεων των εξεταζόμενων ατόμων στα ερεθίσματα που τους παρουσιάζονται.

#### 2.3.1.1 Ακοομετρία Καθαρών Τόνων

*α) Καθαροτονική Κατωφλιακή Ακοομετρία Αέρινης Αγωγής (Pure Tone Air Conduction Thresholds)*

Σε αυτή τη δοκιμασία χρησιμοποιείται ο ακοογράφος (ακούμετρο - audiometer). Πρόκειται για ένα όργανο που με τη βοήθεια γεννήτριας συχνοτήτων παράγει καθαρούς τόνους διαφόρων συχνοτήτων, σε διαφορετικά επίπεδα έντασης. Με κατάλληλο χειρισμό της στάθμης έντασης των παραγόμενων τόνων, μπορεί να

---

<sup>11</sup> Περισσότερες λεπτομέρειες για τη διαδικασία λήψης του ιστορικού αναφέρονται στο υποκεφάλαιο «Διάγνωση» του κεφαλαίου «Πρεσβυακοΐα».



υπολογιστεί το κατώφλι ακοής (hearing threshold), δηλαδή η χαμηλότερη στάθμη έντασης για την οποία ο ήχος γίνεται ακουστός.

Για τη δοκιμασία αυτή είναι απαραίτητη η χρήση ακουστικών. Το εξεταζόμενο άτομο, με έναν προσυμφωνημένο τρόπο (π.χ. πάτημα ενός κουμπιού, άρση του ενός χεριού), ενημερώνει τον εξεταστή για το αν ακούει τον παραγόμενο ήχο. Μολονότι, το εύρος της ανθρώπινης ακοής είναι μεγάλο, συνήθως ελέγχονται μονάχα 5-6 συχνότητες που είναι ιδιαίτερα κρίσιμες για την απρόσκοπτη κατανόηση της ομιλίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ημιτονικά ερεθίσματα στις οκταβικές συχνότητες από 250 Hz έως 8000 Hz. Η δοκιμασία καταλήγει στη δημιουργία ενός γραφήματος, του ακοογράμματος<sup>12</sup> (audiogram), στο οποίο για κάθε αυτί απεικονίζεται το κατώφλι ακοής για καθεμιά από τις συχνότητες που εξετάστηκαν. Μέσα από τη μελέτη του ακοογράμματος, ο ωτορινολαρυγγολόγος μπορεί να αντλήσει πληροφορίες για τη σοβαρότητα της απώλειας ακοής, τη συμμετρία της και τη διαμόρφωσή (configuration) της (*American Speech-Language-Hearing Association, 2005*).

#### *β) Καθαροτονική Κατωφλιακή Ακοομετρία Οστέινης Αγωγής (Pure Tone Bone Conduction Thresholds)*

Η διαδικασία που ακολουθείται σε αυτήν την περίπτωση είναι παρόμοια με εκείνη που μόλις περιγράφηκε και αφορούσε την αέρινη αγωγή. Βασική διαφορά κατά τον έλεγχο της οστέινης αγωγής είναι ότι για την παραγωγή των καθαρών τόνων χρησιμοποιείται ένα μικρό κουτί (δονητής οστέινης αγωγής - bone vibrator), το οποίο τοποθετείται στο κροταφικό οστό (temporal bone) ακριβώς πίσω από το αυτί. Όπως και προηγουμένως, το αποτέλεσμα της όλης δοκιμασίας είναι η δημιουργία ακοογράμματος.

Η δημιουργία ακοογράμματος για την περίπτωση της οστέινης αγωγής, έχει σημασία, καθώς στην προηγούμενη περίπτωση (αέρινη αγωγή), δεν είναι εύκολος ο εντοπισμός του ακριβούς σημείου του μηχανισμού ακοής, που ευθύνεται για την παρατηρούμενη απώλεια ακοής. Με την παρούσα δοκιμασία η διέγερση των υγρών του κοχλίου από το ηχητικό ερέθισμα γίνεται άμεσα, εξαιτίας της δόνησης του κουτιού που προκαλεί με τη σειρά της δόνηση των οστών του κρανίου. Με τον τρόπο αυτό ουσιαστικά παρακάμπτεται ένα μεγάλο τμήμα του μηχανισμού της ακοής (περύγιο, ακουστικό κανάλι, τύμπανο και οστάρια) και επομένως η παρατηρούμενη απώλεια

---

<sup>12</sup> Στο υποκεφάλαιο «Τύποι Απώλειας Ακοής» του τρέχοντος κεφαλαίου παρουσιάστηκαν παραδείγματα ακοογραμμάτων

ακοής μπορεί να αποδοθεί σε βλάβες σε όργανα του εσωτερικού αυτιού ή στο ακουστικό νεύρο (Dalebout, 2009, 46-47).

### 2.3.1.2 - Ομιλητική Ακοομετρία

#### α) Κατώτατο Όριο Πρόσληψης Ομιλίας (*Speech Reception Thresholds*)

Μία διαφορετική προσέγγιση στην προσπάθεια διάγνωσης της απώλειας ακοής παρουσιάζεται στη συνέχεια. Πρόκειται για την ομιλητική ακοομετρία, αντικείμενο της οποίας είναι ο έλεγχος του κατά πόσο καλά ένα άτομο διακρίνει και καταλαβαίνει τα λεκτικά σήματα που του παρουσιάζονται. Μία από τις τεχνικές που εντάσσεται σε αυτή την κατηγορία είναι ο καθορισμός του κατώτατου ορίου πρόσληψης ομιλίας (*speech reception threshold*), το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ακουστικής ευαισθησίας (κατώτατα όρια ακοής σε dB για λέξεις).

Σε αυτή τη δοκιμασία χρησιμοποιείται ένας κατάλογος 25 ή 50 συχνόχρηστων δισύλλαβων λέξεων που έχουν όμοιο επιτονισμό σε κάποια συλλαβή (π.χ. μύτη, σπίτι, τρίτη). Συνήθως χρησιμοποιείται επαγγελματικά φτιαγμένο υλικό που αναπαράγεται μέσω cd player, ενώ σε περιπτώσεις που το υλικό εκφωνείται δεν επιτρέπεται να υπάρχει οπτική επαφή ανάμεσα στον εκφωνητή και τον εξεταζόμενο. Τα παραπάνω λεκτικά σήματα οδηγούνται στον ακουομετρητή, μέσω του οποίου ρυθμίζεται κατάλληλα το επίπεδο έντασης τους και εν συνεχεία, μέσω των ακουστικών, διεγείρουν το αυτί του εξεταζόμενου (κάθε αυτί εξετάζεται μεμονωμένα). Μέσα από τη δοκιμασία αυτή είναι δυνατός ο υπολογισμός του μικρότερου επιπέδου έντασης, στο οποίο ο εξεταζόμενος μπορεί να επαναλάβει σωστά τις λέξεις. Ως μειονέκτημα της τεχνικής αναφέρεται η επερχόμενη εξοικείωση του εξεταζόμενου ατόμου με τις λέξεις που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ακοής του (Κυριαφίνης, 2005, 24 ` Dalebout, 2009, 48).

#### β) Τεστ Ακουστικής Διάκρισης Λέξεων (*Speech Discrimination Testing*)

Η τεχνική υπολογισμού του κατώτατου ορίου πρόσληψης ομιλίας που παρουσιάστηκε προηγουμένως, δίνει πληροφορίες για την ακουστική ευαισθησία του ατόμου. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις ατόμων, οι οποίοι μολονότι αντιλαμβάνονται την ύπαρξη ήχου, δεν κατορθώνουν να ξεκαθαρίσουν τι ακριβώς ακούνε. Ακόμα και όταν ο συνομιλητής τους επαναλαμβάνει τα ίδια λόγια με μεγαλύτερη ένταση, η κατάσταση δε βελτιώνεται και η ομιλία παραμένει ακατάληπτη για αυτούς. Για τον

εντοπισμό αυτών των περιπτώσεων «απώλειας» ακοής χρησιμοποιούνται οι δοκιμασίες ακουστικής διάκρισης λέξεων (speech discrimination testing).

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία δοκιμασιών ακουστικής διάκρισης λέξεων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι το επίπεδο έντασης των λεκτικών σημάτων δεν είναι χαμηλό (όπως σε προηγούμενες δοκιμασίες), αλλά αντίθετα είναι τέτοιο<sup>13</sup> ώστε να μπορούν με άνεση να γίνονται ακουστά από τον εξεταζόμενο. Συνήθως, ζητείται από τον τελευταίο να επαναλάβει μια σειρά λέξεων τις οποίες εκείνη τη στιγμή ακούει μέσω ακουστικών. Στο τέλος, υπολογίζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό, το σύνολο των λέξεων που ο εξεταζόμενος επανέλαβε σωστά ως προς το σύνολο των λέξεων που του παρουσιάστηκαν.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτή την τεχνική είναι πιο χρήσιμα όταν η τεχνική διεξάγεται σε πιο ρεαλιστικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, υπάρχουν αρκετές παραλλαγές της, που προσομοιώνουν αυθεντικότερες καταστάσεις διαλόγου. Για παράδειγμα, μια παραλλαγή της δοκιμασίας προβλέπει τη διεξαγωγή της σε συνθήκες όπου υπάρχει θόρυβος βάθους (και όχι σε δωμάτιο ιατρικού εργαστηρίου) ή την προσθήκη θορύβου βάθους στα λεκτικά σήματα που οδηγούνται στα ακουστικά του εξεταζόμενου ατόμου (*Better Health Channel, 2010` Dalebout, 2009, 48-50*).

### 2.3.1.3 Τεχνική της Ηχοκάλυψης (Masking)

Στις περισσότερες διαγνωστικές τεχνικές που παρουσιάστηκαν μέχρι στιγμής, ο στόχος ήταν να προσδιοριστεί η ακουστική ικανότητα κάθε αυτιού μεμονωμένα. Ωστόσο, όταν διεγείρεται το υπό εξέταση αυτί από ένα ηχητικό ερέθισμα, αυτό δεν εξασφαλίζει απαραίτητα, ότι ο ήχος αυτός δεν θα γίνει ακουστός από το άλλο αυτί. Κάτι τέτοιο είναι πιθανόν, ιδίως όταν η ένταση του ηχητικού ερεθίσματος γίνεται υψηλή, λόγω της ύπαρξης απώλειας ακοής στο εξεταζόμενο αυτί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, κυρίως λόγω της οστέινης διέγερσης που προκαλεί ο δυνατός ήχος, παρατηρείται «διαρροή» του ήχου και σύλληψή του από το αυτί που δεν εξετάζεται εκείνη τη στιγμή, οδηγώντας σε εσφαλμένη, ανακριβή διάγνωση.

Για την εξάλειψη του παραπάνω περιορισμού, χρησιμοποιείται η τεχνική της ηχοκάλυψης (masking). Παράλληλα με το ηχητικό ερέθισμα που αφορά το υπό εξέταση αυτί, ένας κατάλληλος θόρυβος δίνεται στο μη εξεταζόμενο αυτί, ώστε κατά κάποιο τρόπο να το κρατάει απασχολημένο. Συνήθως, χρησιμοποιείται ένας περιορισμένης ζώνης θόρυβος όταν το ηχητικό ερέθισμα είναι ένας καθαρός τόνος ή

---

<sup>13</sup> Υπό την προϋπόθεση ότι έχει ήδη υπολογιστεί το κατώτατο όριο πρόσληψης ομιλίας, η ένταση των λεκτικών σημάτων στις δοκιμασίες ελέγχου της ικανότητας ακουστικής διάκρισης είναι 40dB ανώτερη από το κατώτατο όριο πρόσληψης ομιλίας για κάθε εξεταζόμενο.

λεκτικός θόρυβος όταν το ηχητικό ερέθισμα είναι ένα λεκτικό σήμα. Με την τεχνική της ηχοκάλυψης, ακόμα και αν υπάρξει «διαρροή» ήχου από το εξεταζόμενο στο μη εξεταζόμενο αυτί, ο θόρυβος (masking) επικαλύπτει τον ήχο αυτό, με αποτέλεσμα ο ήχος να μη γίνεται αντιληπτός από το μη εξεταζόμενο αυτί (Κυριαφίνης, 2005, 23).

### **2.3.2 Φυσιολογικές Μετρήσεις για την Εξέταση του Μηχανισμού της Ακοής (Physiologic Ttests)**

Σε αντίθεση με τις συμπεριφοριστικές δοκιμασίες (behavioristic tests), όπου αξιολογούνται οι αποκρίσεις που δίνει το εξεταζόμενο άτομο στα ερεθίσματα που του παρουσιάζονται, η εξέταση του μηχανισμού της ακοής μπορεί να γίνει και μέσα από ένα σύνολο φυσιολογικών δοκιμασιών (physiologic tests). Οι συγκεκριμένες δοκιμασίες, διαφέρουν από τις συμπεριφοριστικές, αφού βασίζονται σε αντανακλαστικές, αυτοματοποιημένες αντιδράσεις του σώματος και δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για το κατά πόσο ο μηχανισμός της ακοής λειτουργεί κανονικά. Οι φυσιολογικές δοκιμασίες ελέγχου του μηχανισμού της ακοής που παρουσιάζονται παρακάτω είναι: η τυμπανομετρία, η καταγραφή ωτοακουστικών εκπομπών, και η ηλεκτροακουμετρία (ηλεκτροκοχλιογραφία και έλεγχος της ακουστικής αντίδρασης του εγκεφαλικού στελέχους) (Better Health Channel, 2010).

#### **2.3.2.1 Τυμπανομετρία (Tympanometry)**

Η τυμπανομετρία διενεργείται με την είσοδο ενός μαλακού σωληνίσκου στο αυτί, ο οποίος ουσιαστικά αποφράζει το ακουστικό κανάλι. Ο σωληνίσκος, συνδέεται εξωτερικά με όργανο, που ρυθμίζει την πίεση του αέρα που διοχετεύεται στο ακουστικό κανάλι. Η διαδικασία οδηγεί στην δημιουργία του τυμπανογράμματος, δηλαδή μιας καμπύλης που καταγράφει την ενδοτικότητα της τυμπανικής μεμβράνης σε διαφορετικές πιέσεις αέρος. Με αυτό τον τρόπο ελέγχεται η κινητικότητα της τυμπανικής μεμβράνης και γενικότερα η λειτουργία του μέσου αυτιού. Μέσα από την παραπάνω διαδικασία είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ακρίβεια το είδος της πάθησης (π.χ. υγρό στο μέσο αυτί, προβληματική λειτουργία της ευσταχιανής σάλπιγγας, διάτρηση του τυμπανικού υμένα, ελλιπής κινητικότητα των οσταρίων του μέσου αυτιού κ.ά.) που προκαλεί την παρατηρούμενη απώλεια ακοής (Dalebout, 2009, 51-52 ` Μονάδα Ειδικής Αγωγής/Κωφών Π.Τ.Δ.Ε. Παν/μίου Πατρών, 2006, 26-27 ` Χαντζή & Καφετζής, 2003, 327)

### 2.3.2.2 Καταγραφή Ωτοακουστικών Εκπομπών (Otoacoustic Emissions)

Στο κεφάλαιο όπου παρουσιάστηκε η φυσιολογία του ανθρώπινου αυτιού έγινε αναφορά για τα τριχοειδή κύτταρα που βρίσκονται στο εσωτερικό του κοχλία (όργανο corti). Η κίνηση - κάμψη των τριχοειδών κυττάρων λόγω της διαταραχής που διαδίδεται στο υγρό που υπάρχει στο εσωτερικό του κοχλία (hair cell dance) παράγει ήχους, οι οποίοι κινούνται από το εσωτερικό προς το μέσο αυτί. Πρόκειται για τις αποκαλούμενες ωτοακουστικές εκπομπές, οι οποίες είναι δυνατόν να καταγραφούν με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού, όταν ο ακουστικός πόρος είναι αποφραγμένος.

Σε αυτή την εξέταση χρησιμοποιείται ένα μικροσκοπικό μικρόφωνο, το οποίο τοποθετείται στον ακουστικό πόρο με τη βοήθεια σωληνίσκου. Η χρησιμότητα του μικροφώνου έγκειται στο να μετρά τα ηχητικά κύματα που παράγονται στον κοχλία, ως αντίδραση στους σύντομους κρότους (clicks) ή στις τονικές εξάρσεις, στις οποίες εκτίθεται το εξεταζόμενο άτομο. Μολονότι η καταγραφή των ωτοακουστικών εκπομπών μπορεί να επηρεαστεί από κάποια πιθανή δυσλειτουργία του μέσου αυτιού ή από την ύπαρξη βαρυκοΐας αγωγιμότητας, τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παραπάνω δοκιμασίας είναι χρήσιμα, καθώς μπορεί να οδηγήσουν σε ένα γενικό συμπέρασμα για την παρουσία κοχλιακής βλάβης λόγω φθοράς των εξωτερικών τριχωτών κυττάρων (outer hair cells) του κοχλία (*Dalebout, 2009, 52, Υπουργείο Υγείας NNO, 2007, 6 ` Ψηφίδης, 2007, 26*).

### 2.3.2.3 Ηλεκτροακουμετρία

Η ηλεκτροακουμετρία είναι ένα σύνολο αντικειμενικών δοκιμασιών που χρησιμοποιούνται για την εξέταση της ακοής, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ατόμων που δεν είναι εύκολο να εξασφαλισθεί η συνεργασία τους (π.χ. νεογέννητα μωρά). Σε μεγαλύτερα άτομα, οι δοκιμασίες αυτές χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της κεντρικής ακουστικής λειτουργίας (λειτουργία του ακουστικού νεύρου CN VIII). Η εκτίμηση της ακοής γίνεται με την εξέταση των ηλεκτρικών δυναμικών του κεντρικού οργάνου της ακοής που δημιουργούνται αυτόματα από τον εγκέφαλο, ως απόκριση στα ηχητικά ερεθίσματα που παρουσιάζονται. Βασικά είδη ηλεκτροακουμετρίας είναι η ηλεκτροκοχλιογραφία (electrocochleography) και η εξέταση της ακουστικής αντίδρασης του εγκεφαλικού στελέχους (auditory brainstem response) γνωστότερη ως μέθοδος των ακουστικών προκλητών δυναμικών του στελέχους (evoked potentials).

Κατά την ηλεκτροκοχλιογραφία (electrocochleography) γίνεται έλεγχος του κοχλία για σημάδια ηλεκτρικής δραστηριότητας ως αντίδραση σε κάποιον ήχο. Για το

σκοπό αυτό, ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται μέσα στο τύμπανο προκειμένου να ακουμπήσει τον κοχλία. Ωστόσο, από τις δοκιμασίες ηλεκτροακουμετρίας περισσότερο χρησιμοποιείται η εξέταση της ακουστικής αντίδρασης του εγκεφαλικού στελέχους, η οποία παρουσιάζεται συνοπτικά στη συνέχεια (*Better Health Channel, 2010*).

Κατά την εξέταση αυτή, τοποθετούνται ηλεκτρόδια στο τριχωτό της κεφαλής και στην περιοχή του μαστοειδούς οστού προκειμένου να καταγραφεί η ηλεκτροεγκεφαλική αντίδραση (EEG) του ακουστικού νεύρου του εξεταζόμενου ατόμου στον ήχο. Οι ήχοι που χρησιμοποιούνται και που εκπέμπονται μέσω ακουστικών, είναι μια σειρά από διακοπτόμενους ήχους (clicks) που δημιουργούν ηλεκτρικά δυναμικά μετά την εκπομπή τους. Τα ηλεκτρικά δυναμικά που προκαλούνται, καταγράφονται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και δημιουργούνται σχετικές γραφικές παραστάσεις. Μέσα από τη μελέτη των γραφικών παραστάσεων είναι δυνατόν να μετρηθεί η περιφερειακή απώλεια της ακοής, η ύπαρξη νευροαισθητηριακής απώλειας ακοής στις υψηλές συχνότητες, καθώς και να εντοπιστούν περιπτώσεις κεντρικής ακουστικής δυσλειτουργίας (*Dalebout, 2009, 53* ` *Υπουργείο Υγείας ΝΝΟ, 2007, 2* ` *Μονάδα Ειδικής Αγωγής/Κωφών Π.Τ.Δ.Ε. Παν/μίου Πατρών, 2006, 26-27*).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Πρεσβυακοΐα

Αντικείμενο μελέτης του παρόντος κεφαλαίου είναι η πρεσβυακοΐα. Αρχικά, δίνονται πληροφορίες για το συγκεκριμένο τύπο απώλειας ακοής, στοιχεία για την κλινική εικόνα και τα συμπτώματα που τη συνοδεύουν, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι πρεσβυακοΐας που υπάρχουν. Το κεφάλαιο συνεχίζεται με αναφορά στις αιτίες που την προκαλούν και περιγραφή της διαδικασίας διάγνωσης που ακολουθείται, καθώς και των τρόπων θεραπείας και αντιμετώπισής της.

### 3.1 Ορισμός

Η πρεσβυακοΐα (presbycusis) είναι μια νευροαισθητηριακού τύπου απώλεια ακοής. Ο όρος αυτός, προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις πρέσβυς που σημαίνει ηλικιωμένος άνδρας και ακοή. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη σταδιακή, προοδευτική επιδείνωση της ακουστικής ικανότητας, που επέρχεται αποκλειστικά λόγω της γήρανσης του ανθρώπινου οργανισμού (Busis, 2006, 77). Χαρακτηρίζεται από μειωμένη ακουστική ευαισθησία και για τα δύο αυτιά, που είναι εντονότερη στις υψηλές συχνότητες, ενώ συνδυάζεται και με μια μειωμένη ικανότητα διάκρισης της ανθρώπινης ομιλίας. Γενικότερα, η πρεσβυακοΐα οδηγεί σε μια πιο αργή επεξεργασία των ηχητικών πληροφοριών από το κεντρικό νευρικό σύστημα (Roeser et al, 2007, 104 ` Busis, 2006, 83).

Αρκετοί ερευνητές θεωρούν ότι η πρεσβυακοΐα είναι το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας έκθεσης του μηχανισμού της ακοής σε ένα σύνολο επιβαρυντικών για αυτό συνθηκών (έκθεση σε θορυβώδη περιβάλλοντα, κατανάλωση οτοτοξικών ουσιών), χωρίς να αποκλείουν την ύπαρξη γενετικής προδιάθεσης. Προκειμένου να συμπεριληφθούν όλες οι παραπάνω αιτίες, χρησιμοποιείται εναλλακτικά ο όρος απώλεια ακοής λόγω γήρανσης (age-related hearing loss). Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις οι δύο όροι αντιμετωπίζονται ως ισοδύναμοι, σύμφωνα η οποία υιοθετείται και στην παρούσα εργασία. Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι η πρεσβυακοΐα είναι μια πολυπαραγοντική διαδικασία, που μπορεί να ποικίλει σε σοβαρότητα από άτομο σε άτομο (Busis, 2006, 77 ` Gates & Mills, 2005, 1112).

Υπολογίζεται ότι η συχνότητα εμφάνισης της πρεσβυακοΐας για άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών προσεγγίζει το 40%, με το ποσοστό να υπερβαίνει το 80% για άτομα ηλικίας άνω των 80. Από την καθημερινή πρακτική των ωτορινολαρυγγολόγων, προκύπτει ότι αυτή η προοδευτική απώλεια ακοής μπορεί να ξεκινήσει από την ηλικία των 40 ετών, ανεξάρτητα από το φύλο του ατόμου (Busis,

2006, 77 ` Γκέλης, 2009). Ωστόσο, υπάρχουν πηγές που αναφέρουν ότι τα συμπτώματα της πρεσβυακοΐας εμφανίζονται νωρίτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό στους άνδρες παρά στις γυναίκες (Dalebout, 2009, 84).

### 3.2 Κλινική εικόνα – Συμπτώματα

Η πρεσβυακοΐα αρχικά εκδηλώνεται με τη μείωση της ικανότητας του ατόμου να διακρίνει την ομιλία που εκφέρεται γύρω του. Το άτομο αντιλαμβάνεται την ύπαρξη της ομιλίας, ωστόσο δυσκολεύεται να κατανοήσει τι ειπώθηκε. Σε αρχικά στάδια εκδήλωσης πρεσβυακοΐας, αυτό συμβαίνει μονάχα σε θορυβώδη περιβάλλοντα, που λόγω του πλήθους των ηχητικών ερεθισμάτων, οδηγούν σε διάσπαση της προσοχής του ατόμου. Καθώς εξελίσσεται η πρεσβυακοΐα τα συμπτώματα γίνονται περισσότερο εμφανή και σε άλλες περιστάσεις. Το άτομο δυσκολεύεται να παρακολουθήσει τηλεόραση, ραδιόφωνο, ομιλίες, διαλέξεις και ολοένα και πιο συχνά ζητάει από τους συνομιλητές του να επαναλάβουν αυτό που μόλις είπαν. Οι δυσκολίες είναι ακόμα πιο έντονες όταν η ομιλία γίνεται με ταχύτητα, όταν η άρθρωση του συνομιλητή δεν είναι καλή ή όταν δεν υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ τους (Sataloff & Sataloff, 2005, 223). Άλλο ένα χαρακτηριστικό των ατόμων με πρεσβυακοΐα είναι το ότι έχουν περιορισμένο δυναμικό εύρος ακοής, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να ακούσουν ήχους χαμηλής έντασης, ενώ ταυτόχρονα να αισθάνονται δυσφορία και ενόχληση όταν η ένταση των ήχων γίνεται ελαφρώς υψηλή (Busis, 2006, 83).

Καθώς η απώλεια ακοής επεκτείνεται στην περιοχή συχνοτήτων μεταξύ 2000-4000 Hz η κλινική εικόνα του ατόμου επιβαρύνεται περισσότερο. Πλέον, δεν είναι σε θέση να ξεχωρίσει ορισμένα σύμφωνα που εμπίπτουν στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων (π.χ. τα σύμφωνα σ, ζ, θ, τ). Επίσης, αδυνατεί να αντιληφθεί προειδοποιητικούς ήχους υψηλών συχνοτήτων, όπως είναι οι ήχοι που παράγουν οι βομβητές και οι συναγερμοί. Επιπρόσθετα, χαρακτηριστικό σύμπτωμα, σε πιο προχωρημένο στάδιο της πρεσβυακοΐας, είναι και η αδυναμία του ατόμου να εντοπίζει την πηγή προέλευσης ενός ηχητικού ερεθίσματος. Τέλος, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις, στις οποίες τα παραπάνω συμπτώματα συνοδεύονται και από εμβοές (tinnitus), χωρίς ωστόσο οι τελευταίες από μόνες τους να αποτελούν ένδειξη πρεσβυακοΐας (Gates & Mills, 2005, 1111).

Οι επιπτώσεις της πρεσβυακοΐας εκτείνονται και στην καθημερινότητα των ανθρώπων, επηρεάζοντας αρνητικά την ψυχική τους υγεία. Η απώλεια ακοής μπορεί να οδηγήσει το άτομο σε κοινωνική απομόνωση, να του προκαλέσει κατάθλιψη, ενώ επιδρά αρνητικά και στην αυτοεκτίμησή του. Αναπόφευκτα, η ικανότητα



επικοινωνίας με τους συνανθρώπους του μειώνεται αισθητά, με συνέπεια το άτομο να αποκλείεται από ολοένα και περισσότερες κοινωνικές δραστηριότητες στις οποίες μέχρι πρότινος συμμετείχε ενεργά. Σε άλλες περιπτώσεις, εμφανίζεται μια άρνηση αποδοχής του προβλήματος και μεταφορά ευθυνών στους ανθρώπους του οικείου περιβάλλοντος, γεγονός που επιφέρει προστριβές και συγκρούσεις σε διαπροσωπικό επίπεδο. Τέλος, πολύς κόσμος ταυτίζει την εμφάνιση των συμπτωμάτων της πρεσβυακούς με τη μετάβαση στο τελευταίο στάδιο της ζωής τους, οπότε εκδηλώνεται μια γενικότερη απροθυμία και παραίτηση από κάθε προσπάθεια αποκατάστασης του προβλήματος (*Dalebout, 2009, 3-4` Gates & Mills, 2005, 1111` Busis, 2006, 78*).

### **3.3 Τύποι Πρεσβυακούς**

Η πρεσβυακούς δεν εκδηλώνεται με ομοιόμορφο τρόπο σε όλες τις περιπτώσεις. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πρεσβυακούς, οι οποίοι έχουν ταξινομηθεί σε τέσσερις κατηγορίες<sup>14</sup>. Ουσιαστικά, κάθε προτεινόμενος τύπος πρεσβυακούς, αφορά ιστολογικές αλλαγές που εντοπίζονται σε συγκεκριμένη δομή του κοχλίου, που παίζει σημαντικό ρόλο για την ακοή. Ως τέτοιες δομές έχουν προσδιοριστεί :

- το όργανο του Corti (τριχοειδή και υποστηρικτικά κύτταρα)
- το ακουστικό νεύρο
- η αγγειακή ράβδωση (stria vascularis)
- η βασική μεμβράνη (με τον ελικοειδή σύνδεσμο – spiral ligament) όπου εδράζεται το όργανο του Corti

Κατά αντιστοιχία, έχουν προσδιοριστεί οι ακόλουθοι τύποι πρεσβυακούς (*Gacek & Schuknecht, 1969, 199-200` Sataloff, 2005, 222*) :

- αισθητηριακή πρεσβυακούς (sensory presbycusis)
- νευρική πρεσβυακούς (neural presbycusis)
- μεταβολική πρεσβυακούς (metabolic presbycusis)
- μηχανική πρεσβυακούς (mechanical presbycusis)

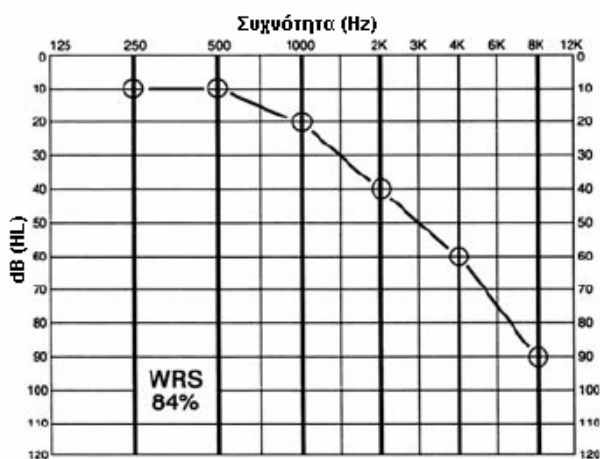
#### **3.3.1 Αισθητηριακή Πρεσβυακούς – Sensory Presbycusis**

Είναι ο τύπος πρεσβυακούς που οφείλεται σε ατροφία του επιθηλιακού ιστού στον κοχλίο, η οποία οδηγεί σε απώλεια μέρους των αισθητηριακών τριχοειδών και

---

<sup>14</sup> Στην τυπολογία αυτή κατέληξε η νοσοκομειακή μονάδα Massachusetts Eye and Ear Infirmary του πανεπιστημίου Harvard, ύστερα από μελέτη πλήθους αναφορών σχετικά με την παθολογία κροταφικών οστών.

των υποστηρικτικών κυττάρων του οργάνου του Corti. Η διαδικασία ξεκινάει από τη βασική έλικα του κοχλία (basal turn) και σταδιακά επεκτείνεται προς την κορυφή του (ελικότριμμα - apex). Αυτές οι αλλαγές έχει βρεθεί ότι συσχετίζονται με την απότομη απώλεια ακουστότητας στις υψηλές συχνότητες του ακουστικού φάσματος, που αρχίζουν να εμφανίζονται τα άτομα μέσης ηλικίας (Busis, 2006, 80 ` Ronald, 2010). Τα παραπάνω φαίνονται και από το ακοογράμμα που παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα και που αφορά άτομο που πάσχει από αισθητηριακή πρεσβυακοΐα<sup>15</sup>.



**Εικόνα 12 :** Παράδειγμα ακοογράμματος ασθενούς με αισθητηριακή πρεσβυακοΐα

Σύμφωνα με την επικρατέστερη θεωρία που έχει αναπτυχθεί για την επεξήγηση της αισθητηριακής πρεσβυακοΐας, υποστηρίζεται ότι αυτές οι αλλαγές οφείλονται στη συσσώρευση κοκκίων της χρωστικής ουσίας λιποφουσκίνης (lipofuscin). Από έρευνες του Scholtz και συνεργατών του πάνω στα κροταφικά οστά ατόμων με πρεσβυακοΐα, βρέθηκε ότι η προοδευτική συσσώρευση λιποφουσκίνης στο όργανο του Corti

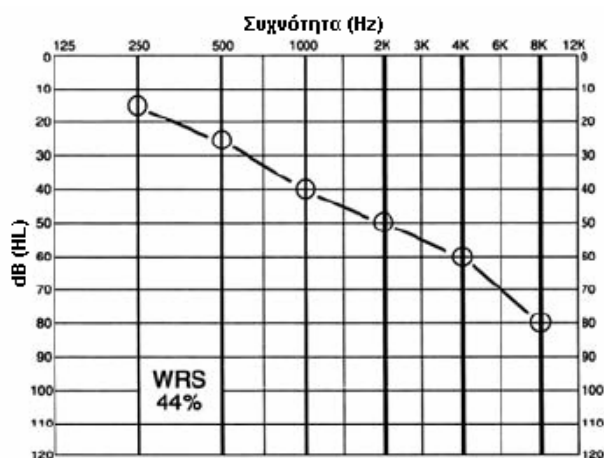
προκαλεί απώλεια των υποστηρικτικών κυττάρων και μια επακόλουθη νευρική εκφύλιση εξαιτίας της απώλειας των υποστηρικτικών κυττάρων (Γκέλης, 2009).

Κατά την αισθητηριακή πρεσβυακοΐα δε φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά η διακριτική ικανότητα της ακοής (speech discrimination), η οποία συνήθως διατηρείται. Αυτό γίνεται κατανοητό, αφού στα ακοογράμματα, η απότομη προς τα κάτω κλίση που υποδεικνύει κάμψη της ακουστικής ικανότητας, κάνει την εμφάνισή της για συχνότητες που είναι υψηλότερες από την περιοχή συχνοτήτων που σχετίζεται με την ανθρώπινη ομιλία (Sataloff, 2005, 222). Άλλωστε, η ατροφία του ιστού εντοπίζεται κυρίως στα πρώτα χιλιοστά της βασικής έλικας του κοχλία και δεν επεκτείνεται εξίσου στο μεσαίο και το κορυφαίο τμήμα της (π.χ. στην περιοχή των 15-22 mm από τη βάση, η οποία συνδέεται με τις συχνότητες της ομιλίας). Παρόλα αυτά, καθώς συνεχίζει να αυξάνεται –έστω και με βραδύ ρυθμό- η αισθητηριακή απώλεια, αρχίζει με την πάροδο του χρόνου να περιορίζεται ταυτόχρονα και η ικανότητα αναγνώρισης των λέξεων (Gacek & Schuknecht, 1969, 201).

<sup>15</sup> Οι εικόνες που χρησιμοποιούνται σε αυτό το κεφάλαιο προέρχονται από το άρθρο του Buses (2006, 81). Η συντομογραφία WRS (word recognition score) αναφέρεται στο σκορ του εξεταζόμενου σε τεστ αναγνώρισης λέξεων.

### 3.3.2 Νευρική Πρεσβυακοΐα – Neural Presbycusis

Η νευρική πρεσβυακοΐα χαρακτηρίζεται από ατροφία των νευρικών κυττάρων του κοχλίου, ιδίως στην περιοχή της βασικής έλικας. Σε πιο προχωρημένες ηλικίες είναι πιθανόν να παρατηρηθεί φθορά κυττάρων σε ολόκληρο τον κοχλίο ή ακόμα και στις κεντρικές νευρικές οδούς. Η φθορά νευρικών κυττάρων στον κοχλίο ξεκινάει από μικρή ηλικία, ενώ υπάρχουν εκτιμήσεις που κάνουν λόγο για απώλεια περίπου 2000 κυττάρων ανά δεκαετία για κάθε άτομο, αν και πιθανολογείται ότι ο ρυθμός φθοράς των νευρώνων είναι γενετικά προκαθορισμένος (Sataloff, 2005, 222). Ωστόσο, η συνειδητοποίηση της νευρικής πρεσβυακοΐας από το άτομο έρχεται πολύ καιρό αργότερα και μονάχα όταν ο πληθυσμός των κατεστραμμένων νευρώνων έχει ήδη υπερβεί ένα κρίσιμο σημείο, μετά το οποίο αρχίζει να επηρεάζεται σημαντικά η ακοή (Ronald, 2010).



Εικόνα 13 : Παράδειγμα ακουογράμματος ασθενούς με νευρική πρεσβυακοΐα

Κατά τη νευρική πρεσβυακοΐα δεν παρατηρείται μείωση της ακουστικής ικανότητας του ατόμου σε δοκιμασίες καθαρών τόνων, εκτός από κάποιες περιπτώσεις όπου υπάρχει φθορά ενός υψηλού ποσοστού (90%) νευρώνων, αφού το όργανο του Corti δεν έχει υποστεί ουσιαστική βλάβη. Αντίθετα, σημειώνεται απώλεια της ικανότητας ακοής της ευκρινούς ομιλίας, η οποία και είναι χαρακτηριστική της νευρικής πρεσβυακοΐας, καθώς για την

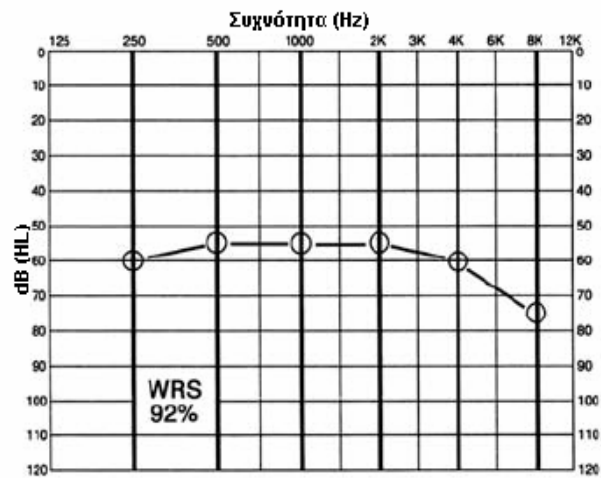
κατανόηση της ομιλίας απαιτείται επαρκής αριθμός νευρώνων. Η νευρική πρεσβυακοΐα δε θεωρείται ως ιδιαίτερα συνηθισμένος τύπος πρεσβυακοΐας (Gacek & Schuknecht, 1969, 201 ` Γκέλης, 2009).

### 3.3.3 Μεταβολική Πρεσβυακοΐα – Metabolic Presbycusis

Μεταβολική πρεσβυακοΐα προκύπτει λόγω ατροφίας της αγγειακής ράβδωσης (stria vascularis). Η αγγειακή ράβδωση είναι η δομή του κοχλίου που είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση της χημικής – βιοηλεκτρικής ισορροπίας και γενικότερα για τη μεταβολική υγεία του κοχλίου. Συγκεκριμένα, περιέχει μεγάλες ποσότητες οξειδωτικών ενζύμων που είναι απαραίτητα για τον μεταβολισμό της γλυκόζης και

επομένως για την παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία του κοχλία. Ταυτόχρονα, θεωρείται ως το μέρος όπου σχηματίζεται το ενδολεμφικό υγρό (Gacek & Schuknecht, 1969, 202-203).

Η μη φυσιολογική αιμάτωση του κοχλία οδηγεί σε ατροφία της αγγειακής ράβδωσης, με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ορθή λειτουργία της και να επέρχεται η παρατηρούμενη απώλεια ακοής. Η ατροφία της αγγειακής ράβδωσης είναι συνήθως εντονότερη στη μέση και στην κορυφή της βασικής έλικας του κοχλία και όχι τόσο στη βάση

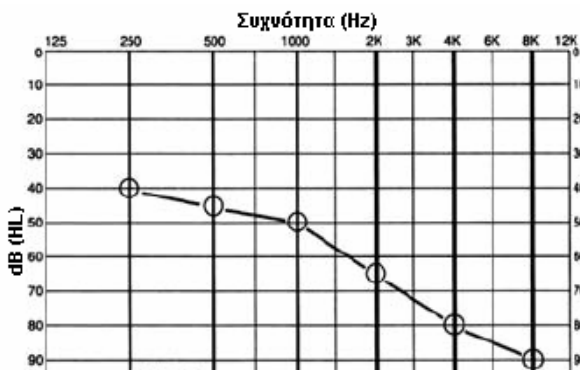


Εικόνα 14 : Παράδειγμα ακοογράμματος ασθενούς με μεταβολική πρεσβυακοΐα

του, με αποτέλεσμα η παρατηρούμενη απώλεια ακοής να εντοπίζεται περισσότερο στις χαμηλές παρά στις υψηλές συχνότητες. Η μεταβολική πρεσβυακοΐα, σε αντίθεση με τη νευρική πρεσβυακοΐα, δε φαίνεται να επηρεάζει αισθητά τη διακριτική ικανότητα της ομιλίας (Ronald, 2010 ` Γκέλης, 2009).

### 3.3.4 Μηχανική Πρεσβυακοΐα – Mechanical Presbycusis

Για τη μηχανική πρεσβυακοΐα χρησιμοποιείται και ο όρος πρεσβυακοΐα κοχλιακής αγωγιμότητας (cochlear conductive presbycusis). Αυτού του είδους η πρεσβυακοΐα οφείλεται σε μια σταδιακή αύξηση του όγκου της βασικής μεμβράνης του κοχλία, που συνοδεύεται και από μια αυξανόμενη ακαμψία της. Το φαινόμενο παρατηρείται εντονότερα στη βασική έλικα (basal turn) του κοχλία, όπου η βασική μεμβράνη είναι στενή. Η μηχανική πρεσβυακοΐα εκδηλώνεται με μια ακοομετρική καμπύλη που είναι συμμετρικά κατιούσα μετά τη συχνότητα των 1000 Hz, στοιχείο που φανερώνει ότι προκαλείται μια βραδέως προοδευτική απώλεια ακοής στις υψηλές συχνότητες (Ronald, 2010 ` Γκέλης, 2009).



Εικόνα 15 : Παράδειγμα ακοογράμματος ασθενούς με μηχανική πρεσβυακοΐα

Ουσιαστικά, σε αυτόν τον τύπο πρεσβυακοΐας εντάσσονται όλες οι περιπτώσεις όπου δεν εντοπίζεται κάποια παθολογία στο όργανο του Corti, τους ακουστικούς νευρώνες ή την αγγειακή ράβδωση,

που θα δικαιολογούσαν την παρατηρούμενη απώλεια ακοής και θα υποδήλωναν την ύπαρξη αισθητηριακής, νευρικής ή μεταβολικής πρεσβυακοΐας, αντίστοιχα. Βασική προϋπόθεση για αυτό θεωρείται ο εντοπισμός κάποιας βλάβης στις δομές που είναι υπεύθυνες για την κίνηση του κοχλίου, όπως είναι η βασική μεμβράνη (που ήδη αναφέρθηκε) και οι ελικοειδείς σύνδεσμοι (spiral ligaments) (Gacek & Schuknecht, 1969, 202-203).

Οι παραπάνω τύποι πρεσβυακοΐας δεν καλύπτουν όλο το φάσμα περιπτώσεων που μπορεί να εντοπιστούν στον ανθρώπινο πληθυσμό. Συχνά, εμφανίζονται **μεικτοί τύποι πρεσβυακοΐας**, οπότε και υπάρχει συνδυασμός χαρακτηριστικών συμπτωμάτων. Τέλος, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου τα συμπτώματα που παρατηρούνται διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτά που έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής και καθιστούν αδύνατο τον προσδιορισμό του τύπου της πρεσβυακοΐας. Για αυτές τις περιπτώσεις έχει χρησιμοποιηθεί ο όρος **απροσδιόριστη πρεσβυακοΐα** (indeterminate presbycusis). (Γκέλης, 2009)

### 3.4 Αιτίες

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται οι αιτίες που οδηγούν στην εκδήλωση της πρεσβυακοΐας. Μολονότι, η πρεσβυακοΐα θεωρείται επακόλουθο της γήρανσης, η παρουσία της δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά σε γενετικούς παράγοντες, καθώς ένα σύνολο περιβαλλοντικών παραγόντων φαίνεται ότι συμβάλλει στη φθορά του μηχανισμού ακοής. Τέτοιοι παράγοντες είναι η έκθεση του ατόμου σε θορυβώδεις περιβάλλον, η κατανάλωση χημικών ουσιών με ωτοτοξική δράση, οι τραυματισμοί στην περιοχή του αυτιού (Schmiedt, 2010, 9) και άλλοι παράγοντες που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Τα ερευνητικά δεδομένα δείχνουν μεγάλες διαφορές στην ακουστική ικανότητα ατόμων που ανήκουν στην ίδια ηλικιακή ομάδα. Αυτό παρατηρείται σε έρευνες με ανθρώπους, όπου κάτι τέτοιο θεωρείται φυσιολογικό λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας στο γενετικό υλικό που φέρει το κάθε υποκείμενο. Ωστόσο, εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι το ίδιο συμβαίνει και σε έρευνες με ζώα, όπου τα υποκείμενα προέκυψαν από κατάλληλες γενετικές διασταυρώσεις ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η επίδραση του γενετικού παράγοντα, ενώ ταυτόχρονα υπήρξε αυστηρός έλεγχος του περιβάλλοντος. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ακόμα και σε οργανισμούς με πανομοιότυπο γενετικό υλικό, ο τρόπος με τον οποίο τα γονίδια εκφράζονται μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται (Ison et al, 2010, 103). Έτσι, ναι μεν δικαιολογείται η απόκλιση της

ακουστικής ικανότητας που παρατηρείται μεταξύ των ατόμων, ωστόσο γίνεται εξαιρετικά δύσκολη η ανεύρεση των αιτιών που προκαλούν την πρεσβυακοΐα.

Ύστερα από ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, εντοπίστηκαν αρκετοί παράγοντες που φαίνεται ότι σχετίζονται με την εκδήλωση της πρεσβυακοΐας. Ανάμεσα σε αυτούς, ξεχωρίζουν γενετικοί παράγοντες (ρόλος των γονιδίων, ρόλος του μιτοχονδριακού DNA), περιβαλλοντικοί παράγοντες (θόρυβος, λήψη φαρμάκων) και ιατρικοί παράγοντες (διαβήτης, αρτηριοσκλήρυνση), οι οποίοι αναπτύσσονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

### **3.4.1 Γενετικοί Παράγοντες : ο Ρόλος των Γονιδίων**

Μολονότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να μελετηθούν οικογένειες ατόμων, υπάρχουν επιδημιολογικές μελέτες που δείχνουν ότι η απώλεια ακοής μπορεί και να έχει κληρονομική βάση (Buses, 2006, 83). Υποστηρίζεται ότι η πρόωρη εκδήλωση της πρεσβυακοΐας πιθανόν σχετίζεται με τον γενετικό προγραμματισμό του ατόμου που προβλέπει γρήγορη γήρανση μερών του ακουστικού συστήματος ή ευπάθειά του σε περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. θόρυβος, ωτοτοξικά φάρμακα, άγχος) (Roland, 2010). Ως εκ τούτου, ένα μεγάλο μέρος της έρευνας επικεντρώνεται στον εντοπισμό υποκρυπτόμενων γενετικών ανωμαλιών που είτε προκαλούν άμεσα, είτε (σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες) συμβάλλουν ή προδιαθέτουν στην ανάπτυξη της συγκεκριμένης πάθησης.

Έχουν εντοπιστεί αρκετά γονίδια, τα οποία εμπεριέχουν κωδικοποιημένες πληροφορίες σχετικές με το ακουστικό σύστημα, οι οποίες πιθανόν επηρεάζουν την εκδήλωση πρεσβυακοΐας, καθορίζοντας το βαθμό σοβαρότητάς της και το χρόνο εμφάνισής της. Ωστόσο, μέχρι στιγμής δεν έχει αποδειχτεί η ύπαρξη αιτιώδους σχέσης. Έτσι, για παράδειγμα, ενώ σε έρευνα σε ποντίκια έχει εντοπιστεί ένα γονίδιο που συνδέεται με την απώλεια ακοής (Ahl), δεν έχει υπάρξει έρευνα που να επιβεβαιώνει την ύπαρξη αντίστοιχου γονιδίου για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Έχουν γίνει έρευνες που εξετάζουν αν υπάρχει σχέση ανάμεσα σε μεταλλάξεις γονιδίων και την εμφάνιση απώλειας ακοής. Σε έρευνα σε ποντίκια, εντοπίστηκε το γονίδιο Cdh23, η μετάλλαξη του οποίου δημιουργεί μια προδιάθεση για την εκδήλωση πρεσβυακοΐας νωρίτερα από το φυσιολογικό, κάτι που διαπιστώθηκε ότι μάλλον ισχύει και για τους ανθρώπους (Buses, 2006, 83). Επίσης, έχει εντοπιστεί μια γενετική ποικιλία στη χρωμοσωμιακή περιοχή του DFNA18 η οποία θεωρείται υπεύθυνη για την πρεσβυακοΐα. Πρόσφατα, σε οικογενειακή μελέτη ατόμων με πρεσβυακοΐα που διεξήγαγαν οι Huyghe και συνεργάτες, εντοπίστηκε ο γονιδιακός τόπος 8q24.13-q24.22 που θεωρήθηκε ότι σχετίζεται με την απώλεια ακοής. Ωστόσο,

χρειάζονται περαιτέρω μελέτες για να καθοριστεί αν πράγματι υπάρχουν συγκεκριμένα γονίδια που προκαλούν την πρεσβυακοΐα, είτε μεμονωμένα είτε μέσω αλληλεπίδρασης με άλλους παράγοντες (Γκέλης, 2009).

### **3.4.2 Ο Ρόλος του Μιτοχονδριακού DNA**

Ανάμεσα στις θεωρίες που προσπαθούν να ερμηνεύσουν τη διαδικασία γήρανσης, η θεωρία του μιτοχονδριακού ρολογιού (mitochondrial clock theory) θεωρείται η πιο ικανοποιητική για την επεξήγηση της απώλειας ακοής λόγω γήρανσης.

Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία η περιορισμένη αιματόρδευση του κοχλίου οδηγεί στο σχηματισμό ενεργών μορφών οξυγόνου (reactive oxygen species – ROS). Πρόκειται για τις ελεύθερες ρίζες, που είναι χημικές ενώσεις οι οποίες περιέχουν ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο, το οποίο είναι πάντοτε έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί σε αντιδράσεις, προκειμένου να πετύχει τη δημιουργία δεσμού. Αυτό σημαίνει ότι οι ελεύθερες ρίζες είναι ενώσεις που από χημική σκοπιά προκαλούν οξείδωση, κάτι που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις νευρικές δομές του εσωτερικού αυτιού και να προκαλέσει βλάβη στο μιτοχονδριακό DNA. Στα ηλικιωμένα άτομα η παραγωγή των παραπάνω χημικών ενώσεων είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα η αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού να μην αρκεί για την εξουδετέρωσή τους. Μέσα από αυτή τη διαδικασία προκύπτει μια περιορισμένη οξειδωτική φωσφορυλίωση, η οποία με τη σειρά της συμβάλλει στην εμφάνιση προβλημάτων στη νευρική λειτουργία του εσωτερικού αυτιού (Buses, 2006, 82-83).

Υπάρχουν αρκετές απαλειφές του μιτοχονδριακού DNA (mtDNA deletions) που έχουν εξεταστεί προκειμένου να διαπιστωθεί αν σχετίζονται με την εμφάνιση απώλειας ακοής λόγω γήρανσης. Έρευνες σε τρωκτικά έδειξαν ότι οι απαλειφές mtDNA4834 και mtDNA4977 έχουν σχέση με την απώλεια ακοής. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα ως προς το ρόλο της απαλειφής mtDNA4977, κατέληξαν ο Han και οι συνεργάτες του ύστερα από μελέτη κροταφικών οστών ασθενών που έπασχαν από πρεσβυακοΐα. Τέλος, μελέτη του Pickles έδειξε ότι το μιτοχονδριακό DNA που έχει υποστεί βλάβη, συνδέεται με ένα μεγαλύτερο ρυθμό απόπτωσης (προγραμματισμένος γενετικός θάνατος) συγκεκριμένων κυττάρων στο εσωτερικό αυτί (Γκέλης, 2009).

### **3.4.3 Αρτηριοσκλήρυνση**

Η αρτηριοσκλήρυνση έχει θεωρηθεί ως μια από τις αιτίες που οδηγούν στην εκδήλωση της πρεσβυακοΐας. Αρτηριοσκλήρυνση είναι μια πάθηση κατά την οποία

δημιουργείται μια πλάκα (αθήρωμα) από λιπιδικά στοιχεία στο εσωτερικό τοίχωμα των αγγείων, που οδηγεί με το πέρασμα του χρόνου στη σκλήρυνσή τους.

Η αρτηριοσκλήρυνση μπορεί να προκαλέσει μειωμένη οξυγόνωση του κοχλίου. Αυτό, όπως ήδη αναφέρθηκε, οδηγεί στο σχηματισμό ενεργών μορφών οξυγόνου και χημικών ενώσεων (π.χ. ελεύθερες ρίζες) που λόγω της οξειδωτικής τους δράσης καταστρέφουν άμεσα δομές του εσωτερικού αυτιού και προκαλούν ζημιά στο μιτοχονδριακό DNA, συμβάλλοντας στην εκδήλωση της πρεσβυακοΐας (Roland, 2010). Ωστόσο, αυτή η υπόθεση για το ρόλο της αρτηριοσκλήρυνσης δεν έχει επιβεβαιωθεί από τις μελέτες, οι περισσότερες εκ των οποίων δεν βρίσκουν σχετικές αγγειακές αλλαγές στο εσωτερικό αυτί, που να δικαιολογούν την εμφάνιση των συμπτωμάτων της πρεσβυακοΐας (Sataloff & Sataloff, 2005, 223).

#### **3.4.4 Μεταβολισμός – Διατροφικές Συνθήκες**

Ο διαβήτης είναι μια μεταβολική ασθένεια που χαρακτηρίζεται από αύξηση της συγκέντρωσης του σακχάρου στο αίμα και διαταραχή του μεταβολισμού της γλυκόζης και θεωρείται ότι σχετίζεται με την απώλεια ακοής (Souza et al, 2009, 530). Συγκεκριμένα, ο διαβήτης επιταχύνει τη διαδικασία της αρτηριοσκλήρυνσης, η οποία έχει ήδη αναφερθεί ότι συνιστά βασικό αίτιο της πρεσβυακοΐας. Ταυτόχρονα, ο διαβήτης προκαλεί την υπερτροφία αγγείων στο εσωτερικό του αυτιού, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η αιματόρρευση του κοχλίου, κάτι που προκαλεί καταστροφή των εσωτερικών δομών του αυτιού και οδηγεί στην εμφάνιση απώλειας ακοής (Roland, 2010).

Πέρα από παράγοντες σχετικούς με το μεταβολισμό του οργανισμού, έχουν γίνει και έρευνες, με τις οποίες αναζητήθηκαν διατροφικές αιτίες της πρεσβυακοΐας. Έτσι, σε μελέτη του 2009 των Le & Keithley σε ζώα, φάνηκε ότι δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά, όπως βιταμίνες C και E, επιβραδύνουν την πρόοδο της πρεσβυακοΐας (Roland, 2010). Παράλληλα, ο Durga και οι συνεργάτες του, βρήκαν ότι η συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης B12 και φυλλικού οξέος<sup>16</sup>, επιβράδυνε την εξασθένιση της ακοής, ιδίως στην περιοχή των συχνοτήτων της ομιλίας. Τέλος, ο Martin Villares και οι συνεργάτες του, σε έρευνα του 2005 έκαναν λόγο για θετική σχέση μεταξύ των υψηλών επιπέδων χοληστερόλης και της απώλειας ακοής (Γκέλης, 2009).

---

<sup>16</sup> Ουσία που ανήκει στην οικογένεια βιταμινών B και παίζει σημαντικό ρόλο στις μεταβολικές λειτουργίες του οργανισμού



### **3.4.5 Η Επίδραση του Θορύβου**

Μελέτες έδειξαν ότι άτομα που ζουν σε απομονωμένα και ήσυχια μέρη, εμφανίζουν μικρότερη κάμψη της ακουστικής τους ικανότητας σε σύγκριση με εκείνα που μεγαλώνουν στο θορυβώδες περιβάλλον των σύγχρονων πόλεων. Χαρακτηριστική είναι μελέτη του 1960, στην οποία εξετάστηκε η ακουστική ικανότητα 500 μελών της φυλής Mabaan στο Σουδάν, τα οποία μέχρι εκείνη τη στιγμή είχαν ζήσει σε ένα περιβάλλον από το οποίο απουσίαζαν οι δυνατοί και οι μη φυσικοί ήχοι. Τα ηλικιωμένα μέλη της φυλής, μολονότι εμφάνιζαν απώλεια ακοής λόγω γήρανσης, είχαν αισθητά ηπιότερα συμπτώματα σε σχέση με άτομα ίδιας ηλικίας που ζούσαν στις αναπτυγμένες βιομηχανικές κοινωνίες (*Dalebout, 2009, 84` Sataloff & Sataloff, 2005, 223*).

Πέρα από την επίδραση των δυνατών θορύβων στην ανθρώπινη ακοή, τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι ακόμα και η συνεχής έκθεση σε χαμηλής στάθμης έντασης ήχους δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ταχύτερη εκδήλωση πρεσβυακοΐας (*Dalebout, 2009, 84*).

Ωστόσο, τα παραπάνω αποτελούν απλώς ενδείξεις για την επίδραση του θορύβου στην ακοή και δεν συνιστούν επιστημονική απόδειξη. Όπως επισημαίνουν οι Gates & Mills (2005, 1111) υπάρχει ένα σύνολο πρόσθετων παραμέτρων που πρέπει να εξεταστούν, όχι απομονωμένα, αλλά συνδυαστικά, ώστε να φανεί ο τρόπος που αλληλεπιδρούν και συμβάλλουν στην εκδήλωση πρεσβυακοΐας.

Η αδυναμία εντοπισμού της αιτίας που προκαλεί την πρεσβυακοΐα, έχει οδηγήσει αρκετούς ερευνητές να κάνουν λόγο όχι για αιτίες, αλλά για παράγοντες κινδύνου (risk factors). Τέτοιοι παράγοντες κινδύνου, πέρα από αυτούς που έχουν ήδη καταγραφεί παραπάνω, είναι οι ακόλουθοι : κάπνισμα, άγχος – τοξικό στρες, λήψη ωτοτοξικών φαρμάκων, κακή φυσική κατάσταση (*Sousa et al, 2009, 531` Turkington & Sussman, 2004, 173*). Με άλλα λόγια, υπάρχει πλέον μια γενική παραδοχή ότι η πρεσβυακοΐα είναι μια πολυπαραγοντική διαδικασία, καθιστώντας εξαιρετικά δύσκολη τη διαδικασία προσδιορισμού των ακριβών αιτιών της.

## **3.5 Διάγνωση**

Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή συχνότητα εμφάνισης της πρεσβυακοΐας στα άτομα ηλικίας άνω των 60 ετών και τις αρνητικές επιπτώσεις που αυτή επιφέρει στην καθημερινή ευμάρεια και την ψυχική τους υγεία, οι ωτορινολαρυγγολόγοι προτείνουν τα άτομα της ηλικίας αυτής να εξετάζουν την ακουστική τους ικανότητα σε ετήσια

βάση. Δυστυχώς, στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό συμβαίνει μονάχα ύστερα από παρότρυνση του στενού κύκλου (οικογένεια – φίλοι) του ασθενούς, οι οποίοι είναι οι πρώτοι που διαπιστώνουν την ύπαρξη σχετικού προβλήματος (*Gates & Mills, 2005, 1116*).

### 3.5.1 Ιστορικό

Σε πρώτο στάδιο, η διάγνωση ξεκινά με τη λήψη του *ιστορικού του ασθενούς*, όπου ο εξεταστής διατυπώνει μια σειρά ερωτήσεων που αφορούν το ωτολογικό ιστορικό του ασθενούς και της οικογένειάς του, τη γενική κατάσταση της υγείας του και τις κοινωνικές του δραστηριότητες. Στο στάδιο αυτό ο εξεταστής συλλέγει πληροφορίες για το πότε ξεκίνησαν να εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα, για το τι ακριβώς συμπτώματα πρόκειται (πόνος, διαρροές υγρών, ζαλάδες, εμβοές) και για το ποιες αιτίες πιθανόν να δικαιολογούν την εμφάνιση των συμπτωμάτων αυτών (έκθεση σε θόρυβο, προηγούμενη χειρουργική επέμβαση στο αυτί, χρήση ωτοτοξικών φαρμάκων). Μέσα από τη συγκέντρωση και επεξεργασία των απαντήσεων, προκύπτει μια πρώτη εικόνα για τη φύση και το μέγεθος του προβλήματος (*Sargent, 2000*).

Συχνά, για τη λήψη του ιστορικού οι ωτορινολαρυγγολόγοι καταφεύγουν σε έτοιμους καταλόγους ερωτημάτων, όπως είναι ο Hearing Handicap Inventory for the elderly – Screening Questionnaire (HHIE-S), που χρησιμοποιείται διεθνώς (*Busis, 2006, 83-84*). Αντίστοιχα ερωτηματολόγια υπάρχουν και στον ελληνικό χώρο<sup>17</sup>. Παρακάτω παρουσιάζονται τα ερωτήματα της σύντομης εκδοχής του HHIE-S (*Gates et al, 2003, 59*).

1. Έχετε δυσκολία στο να ακούσετε κάποιον όταν μιλάει ψιθυριστά ;
2. Δυσκολεύεστε όταν ακούτε τηλεόραση ή ραδιόφωνο ;
3. Νιώθετε αναστάτωση όταν μιλάτε με μέλη της οικογένειάς σας εξαιτίας κάποιου προβλήματος ακοής ;
4. Αντιμετωπίζετε δυσκολία όταν βρίσκεστε σε εστιατόριο με φίλους ή συγγενείς, εξαιτίας κάποιου προβλήματος στην ακοή σας ;
5. Έχετε καβγάδες με μέλη της οικογένειάς σας λόγω κάποιου προβλήματος ακοής που αντιμετωπίζετε ;
6. Αισθάνεστε ως άτομο με ειδικές ανάγκες εξαιτίας κάποιου προβλήματος ακοής;

---

<sup>17</sup> Μία τέτοια περίπτωση είναι το Τεστ Ακοής του δρ. Γκέλη, που βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://www.gelis.gr/testakois.htm>

7. Αντιμετωπίζετε δυσκολία όταν επισκέπτεστε φίλους, συγγενικά πρόσωπα ή γείτονες λόγω κάποιου προβλήματος ακοής ;
8. Αισθάνεστε ντροπή και αμηχανία όταν γνωρίζετε νέα πρόσωπα, εξαιτίας κάποιου προβλήματος ακοής ;
9. Αισθάνεστε ότι η οποιαδήποτε δυσκολία αντιμετωπίζετε με την ακοή σας, περιορίζει ή δυσχεραίνει την προσωπική και κοινωνική σας ζωή ;
10. Παρευρίσκεστε σε κοινωνικές εκδηλώσεις λιγότερο συχνά από ότι στο παρελθόν εξαιτίας κάποιου προβλήματος ακοής ;

### **3.5.2 Ιατρικές Δοκιμασίες**

Σε περίπτωση που έχουν δημιουργηθεί βάσιμες υποψίες ότι ο εξεταζόμενος εμφανίζει συμπτώματα απώλειας ακοής, ακολουθεί το επόμενο στάδιο της διάγνωσης. Σε αυτό το στάδιο ο εξεταζόμενος υποβάλλεται σε ένα **σύνολο ιατρικών δοκιμασιών και ελέγχων**, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η εμφάνιση των συμπτωμάτων (που μόλις παρατηρήθηκε) δε μπορεί να αποδοθεί σε βλάβη κάποιου άλλου οργάνου και οφείλεται αποκλειστικά σε δυσλειτουργία του εσωτερικού αυτιού.

Ο εξεταστής συνήθως ξεκινάει ελέγχοντας την κατάσταση της ρινικής κοιλότητας και του φάρυγγα και στη συνέχεια εστιάζει την προσοχή του στο αυτί. Αρχικά, εξετάζει τις περιοχές γύρω από το αυτί και στη συνέχεια το ακουστικό κανάλι και την τυμπανική μεμβράνη. Η τυμπανική μεμβράνη εξετάζεται με τη χρήση μικροσκοπίου για εντοπισμό οπών, ενώ ελέγχεται και η κινητικότητα της με τη χρήση αερο-ωτοσκοπίου (pneumatic otoscope). Άλλες δοκιμασίες στοχεύουν στον έλεγχο της λειτουργίας των βασικών νεύρων που συνδέονται με τη μεταφορά της πληροφορίας στα κέντρα επεξεργασίας ήχου που υπάρχουν στον εγκέφαλο.

Σε πιο εκτενείς εξετάσεις, για να αποκλειστεί η πιθανότητα μιας συστημικής αρρώστιας η οποία συνδράμει στην εμφάνιση νευροαισθητηριακού τύπου απώλειας ακοής, οι ωτορινολαρυγγολόγοι ζητούν από τους εξεταζόμενους να υποβληθούν σε ένα σύνολο αιματολογικών εξετάσεων. Οι παραπάνω δοκιμασίες αποσκοπούν στο να επιβεβαιώσουν ότι η παρατηρούμενη απώλεια ακοής είναι νευροαισθητηριακού τύπου και όχι κάτι διαφορετικό (Buses, 2006, 78-79).

### **3.5.3 Απλές Δοκιμασίες Ελέγχου Ακουστικής Ικανότητας**

Η διάγνωση ολοκληρώνεται με τη διεξαγωγή απλών εξετάσεων με τις οποίες ελέγχεται η ακουστική ικανότητα των ασθενών. Σε αυτό το στάδιο, συνηθίζεται η χρήση του διαπασών (tuning fork), ή μιας απλής εκδοχής ακοογράμματος.

Ο πιο απλός τρόπος για να εκτιμηθεί η ακουστική ικανότητα είναι η χρήση διαπασών συχνότητας 256 ή 512 Hz. Υπάρχουν ειδικά τεστ με χρήση διαπασών, όπως το τεστ Rinne. Σε αυτό το τεστ, αρχικά το διαπασών ακουμπάει στο κόκαλο πίσω από το αυτί (μαστοειδής απόφυση) για τον έλεγχο της οστέινης αγωγιμότητας, ενώ στη συνέχεια το διαπασών τοποθετείται 2,5 εκατοστά μακριά από το πτερύγιο, για τον έλεγχο της αέρινης αγωγιμότητας. Συγκρίνοντας τις μετρήσεις διαπιστώνεται αν υπάρχει απώλεια ακοής και τι είδος (αγωγιμότητας ή νευροαισθητηριακή).

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα τεστ με τη χρήση διαπασών θεωρούνται πολύ αξιόπιστα, γιατί το διαπασών δεν είναι καλιμπραρισμένο και επομένως το πλάτος της δόνησής του και άρα η στάθμη έντασης δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια (*Sargent, 2000*).

Ως εκ τούτου, χρήσιμη είναι η διεξαγωγή ακοογράμματος. Η εκδοχή ακοογράμματος (standard screening audiometer test) που χρησιμοποιείται στη διάγνωση, υποβάλλει τους εξεταζόμενους σε μια δοκιμασία όπου καλούνται να απαντήσουν σχετικά με το αν αντιλαμβάνονται τους ήχους που αναπαράγονται μέσω ακουστικών. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται είναι τρεις (1,2 και 3 kHz), όσες είναι και οι στάθμες έντασης (25, 40, 60 dB). Αποτυχία των εξεταζόμενων στην στάθμη των 40 dB υποδεικνύει την ύπαρξη προβλήματος και την ανάγκη παραπομπής τους σε εξειδικευμένες δοκιμασίες ελέγχου της ακουστικής τους ικανότητας (*Gates & Mills, 2005, 1116*), που έχουν ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο για την απώλεια ακοής και τον τρόπο αξιολόγησής της.

### **3.6 Θεραπεία – Τρόποι Αντιμετώπισης**

Η πρεσβυακοΐα, ανεξάρτητα από τον τύπο με τον οποίο εκδηλώνεται, επηρεάζει την επικοινωνία και γενικότερα την ποιότητα ζωής των ατόμων που πάσχουν από αυτή. Επί του παρόντος, δεν υπάρχει θεραπεία που να επιφέρει αποκατάσταση της παρατηρούμενης απώλειας της ακουστικής ικανότητας. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί τρόποι βοήθειας των βαρήκοων ατόμων, οι οποίοι ποικίλουν και διαφοροποιούνται μεταξύ άλλων και ανάλογα με τον τύπο πρεσβυακοΐας που επιχειρείται να αντιμετωπισθεί κάθε φορά (*Dalebout, 2009, 84-86*).

#### **3.6.1 Πρόληψη**

Η αναπόφευκτη λόγω γήρανσης φθορά του μηχανισμού της ακοής μπορεί να επιβραδυνθεί και να περιοριστεί, όταν το άτομο υιοθετεί ορισμένες πρακτικές. Ως βασικότερη θεωρείται η αποφυγή θορυβωδών περιβαλλόντων (χώροι εργασίας,

κατοικίας και χώροι διασκέδασης), στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό. Σε αντίθετη περίπτωση, είναι χρήσιμο να λαμβάνονται ορισμένα μέτρα προστασίας, όπως είναι για παράδειγμα η χρήση ωτοασπίδων.

Με δεδομένο το εύρημα μελετών για συσχέτιση των καρδιαγγειακών παθήσεων (καρδιακή προσβολή, μυοκαρδιακό έμφραγμα, υπέρταση, διαβήτης και άλλα) με την εμφάνιση απώλειας ακοής, είναι ωφέλιμο για κάθε άτομο να φροντίζει να διατηρείται σε καλή φυσική κατάσταση. Αντίστοιχα, μία προληπτική ενέργεια θα μπορούσε να είναι η βελτίωση των διατροφικών συνηθειών, με αποφυγή λιπαρών τροφών, αφού οι τελευταίες θεωρείται ότι συντελούν στην υποβάθμιση της ακουστικής ικανότητας. Στην ίδια κατηγορία, της πρόληψης, θα μπορούσε να ενταχθεί και η διακοπή του καπνίσματος. Τέτοιου είδους ενέργειες, έχουν ως στόχο την αποφυγή πρόσθετης επιβάρυνσης του αυτιού, ωστόσο, σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι θεραπεύουν την απώλεια ακοής (Gates & Mills, 2005, 1118).

### **3.6.2 Ιατρική Αποκατάσταση (Rehabilitation)**

Σημαντική θεωρείται η βελτίωση του περιβάλλοντος επικοινωνίας του βαρήκοου ατόμου. Τα άτομα που το πλαισιώνουν χρειάζεται να είναι ευαίσθητοποιημένα και να υιοθετούν σωστές πρακτικές όταν επικοινωνούν κάνοντας διάλογο μαζί του: ομιλητής και ακροατής να βρίσκονται πρόσωπο με πρόσωπο, η ομιλία να εκφέρεται καθαρά και όχι βιαστικά, να μην υπάρχουν εξωτερικοί ήχοι (π.χ. τηλεόραση, ραδιόφωνο) που θα μπορούσαν να αποσπάσουν την προσοχή. Αλλά και το ίδιο το βαρήκοο άτομο οφείλει να παίρνει στα σοβαρά την επικοινωνία με τους γύρω του και να επιμένει στο να κατανοεί το μήνυμα που του απευθύνεται.

Ως μέρος της αποκατάστασης της παρατηρούμενης απώλειας ακοής, είναι και η παρακολούθηση μαθημάτων εξάσκησης της ακοής (auditory training) από το άτομο που εμφανίζει τέτοιου είδους συμπτώματα (Gates & Mills, 2005, 1118).

### **3.6.3 Χρήση Ακουστικών Βαρηκοΐας**

Μία λύση, η οποία δεν θεραπεύει την πρεσβυακοΐα, αλλά μπορεί να συμβάλλει στη μερική αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της, είναι η χρήση ακουστικών βαρηκοΐας. Στόχος τους είναι η όσο τον δυνατόν πληρέστερη αποκατάσταση της επικοινωνίας των βαρήκοων ατόμων με το περιβάλλον τους. Τα ακουστικά βαρηκοΐας θεωρούνται απαραίτητα για άτομα που παρουσιάζουν στο ακοόγραμμα απώλεια ακοής της τάξης των 40dB. Ωστόσο, ακόμα και σε περιπτώσεις μικρότερης απώλειας, η χρήση των ακουστικών βαρηκοΐας θα μπορούσε να αποβεί ιδιαίτερα

ευεργετική. Σημαντική παράμετρος για να συμβεί κάτι τέτοιο είναι η κατάλληλη προετοιμασία και εκπαίδευση του βαρήκοου ατόμου πάνω στην αποδοχή και σωστή χρήση των ακουστικών βαρηκοΐας (Γκέλης, 2009). Παρόλα αυτά, τα ακουστικά βοηθήματα δεν ωφελούν όλες τις περιπτώσεις ασθενών (Turkington & Sussman, 2004, 173)

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία ειδών ακουστικών βαρηκοΐας. Κάνοντας μια έρευνα στην αγορά διαπιστώνει κανείς την ύπαρξη διαφορετικών κατηγοριών ακουστικών (ενδοκαναλικά, ενδωτιαία, οπισθωτιαία, ανοιχτής εφαρμογής, οστεόφωνα), ενώ ακόμα μεγαλύτερη είναι η διαφοροποίησή τους ως προς το επίπεδο τεχνολογίας που αξιοποιούν. Έτσι, υπάρχουν ακουστικά βαρηκοΐας με αναλογικά κυκλώματα και άλλα με ψηφιακά, ακουστικά βαρηκοΐας που ενσωματώνουν διαφορετικού τύπου μικρόφωνα. Ταυτόχρονα, υπάρχει ποικιλία ως προς το εύρος των επιλογών παραμετροποίησης που δίνει κάθε ακουστικό βαρηκοΐας στον κάτοχό του. Τέλος, μια εμφανής διαφορά των ακουστικών βαρηκοΐας έγκειται στο μέγεθός τους, διαφορά η οποία συνήθως έχει άμεση σχέση με το κόστος αγοράς, με τα μικρότερα σε μέγεθος ακουστικά να κοστίζουν συνήθως περισσότερο σε σχέση με τα πιο ογκώδη (Dalebout, 2009, 110-115 ` Gates & Mills, 2005, 1118).

#### **3.6.4 Χειλεοανάγνωση**

Μία άλλη σημαντική παράμετρος για την καταπολέμηση των αρνητικών επιπτώσεων της πρεσβυακοΐας είναι η εκπαίδευση των βαρήκοων ατόμων στη χειλεοανάγνωση, ιδίως στις περιπτώσεις που η χρήση ακουστικών βοηθημάτων δεν επαρκεί. Η προσεκτική παρατήρηση των χειλιών του ομιλητή παρέχει ενδείξεις για το περιεχόμενο της εκφοράς του και ουσιαστικά καλύπτει -ως ένα βαθμό- το κενό που δημιουργεί η μειωμένη ακουστική ικανότητα του ακροατή (Γκέλης, 2009).

#### **3.6.5 Συσκευές Ενίσχυσης της Ακρόασης (Assistive Learning Devices)**

Υπάρχει διαθέσιμη μια ευρεία γκάμα συσκευών ενίσχυσης της ακρόασης, οι οποίες διευκολύνουν την καθημερινότητα του ατόμου που εμφανίζει απώλεια ακοής. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται συσκευές όπως απλοί ενισχυτές του τηλεφωνικού σήματος, συσκευές της τηλεόρασης που ενισχύουν τον ήχο σε κατάλληλα ακουστικά που φοράει το βαρήκοο άτομο, συναγερμοί που εκπέμπουν λάμπες κ.ά. (Gates & Mills, 2005, 1118).

### **3.6.6 Κοχλιακά Εμφυτεύματα**

Στις περιπτώσεις πρεσβυακοΐας, όπου τα συμπτώματα είναι έντονα και όπου τα ακουστικά βαρηκοΐας δε βοηθούν στην αποκατάσταση της ακοής, η τοποθέτηση κοχλιακού εμφυτεύματος αποτελεί την πλέον ενδεδειγμένη μορφή θεραπείας. Το σύστημα κοχλιακής εμφύτευσης αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι το εξωτερικό και αποτελείται από μικρόφωνο, επεξεργαστή ομιλίας και πηνίο πομπού. Το άλλο τμήμα, το εσωτερικό, περιέχει πηνίο δέκτη, μικροεπεξεργαστή ομιλίας και ενεργό καλώδιο εντός του κοχλίου και γείωση (Δανιηλίδης, 2007, 27).

Τα κοχλιακά εμφυτεύματα τοποθετούνται σε ειδικά ωτορινολαρυγγολογικά νοσοκομειακά κέντρα από εξειδικευμένο προσωπικό. Η σχετική χειρουργική επέμβαση έχει χαμηλό βαθμό επικινδυνότητας, ωστόσο χρειάζεται προεργασία προκειμένου να γίνει σωστή διαδικασία επιλογής των υποψήφιων ασθενών. Σε περιπτώσεις που η τοποθέτηση γίνει έγκαιρα τα αποτελέσματα είναι θεαματικά και επέρχεται σχεδόν πλήρης αποκατάσταση της αντίληψης του λόγου (Gates & Mills, 2005, 1119).

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Σκοπός της έρευνας – Ερευνητικά Ερωτήματα

Το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η απώλεια ακοής που προκύπτει λόγω της φυσιολογικής γήρανσης του ακουστικού συστήματος (πρεσβυακοΐα). Σκοπό της έρευνας αποτελεί η μελέτη ενός δείγματος ατόμων διαφορετικής ηλικίας, ως προς την ικανότητά τους να αντιλαμβάνονται καθαρούς τόνους διαφορετικών συχνοτήτων, που καλύπτουν όλο το εύρος συχνοτήτων του ακουστικού φάσματος. Συγκεκριμένα, το ενδιαφέρον εστιάζεται στον προσδιορισμό της ελάχιστης στάθμης έντασης που χρειάζεται να έχει ένας τόνος, προκειμένου να μπορεί να γίνεται αντιληπτός, με έμφαση στους τόνους υψηλών συχνοτήτων. Μέσα από την επεξεργασία και σύγκριση των πειραματικών δεδομένων επιχειρείται να διαπιστωθεί το κατά πόσον η ηλικία συνιστά παράγοντα που επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο το άτομο αντιλαμβάνεται τη συχνότητα του ήχου.

Πέρα από την επίδραση του παράγοντα «ηλικία», που αποτελεί και τη βασική παράμετρο που εξετάζεται στην εργασία αυτή, γίνεται έλεγχος και για ορισμένες άλλες μεταβλητές (π.χ. φύλο, εξεταζόμενο αυτί) που πιθανόν επηρεάζουν την ακουστική ικανότητα των υποκειμένων. Έτσι, τα ερευνητικά ερωτήματα, στα οποία καλείται να απαντήσει η παρούσα έρευνα, είναι τα ακόλουθα :

- Διαφοροποιείται ο μέσος όρος στάθμης έντασης που χρειάζεται να έχει ένας τόνος για να γίνει αντιληπτός, ανάλογα με τη συχνότητα του τόνου αυτού ;
- Διαφοροποιείται το ακουστικό εύρος συχνοτήτων που αντιλαμβάνονται άτομα διαφορετικής ηλικίας ;
- Διαφοροποιείται ο μέσος όρος στάθμης έντασης που χρειάζεται να έχει ένας τόνος δεδομένης συχνότητας, ανάλογα με την ηλικία των υποκειμένων ;
- Υπάρχει επίδραση του παράγοντα «φύλο» στην ικανότητα αντίληψης τόνων δεδομένων συχνοτήτων ;
- Διαφοροποιείται η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων στην αντίληψη τόνων ανάλογα με το αυτί που εξετάζεται κάθε φορά ;



## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Το ζήτημα της απώλειας ακοής λόγω γήρανσης έχει απασχολήσει ερευνητές στο εξωτερικό, σε αντίθεση με τον ελληνικό χώρο όπου δε βρέθηκε κάποια σχετική έρευνα. Ακόμα και στην αναφορά “Global Burden of Hearing Loss in the Year 2000” του Global Burden of Disease, όπου ουσιαστικά γίνεται σύγκριση της συχνότητας εμφάνισης απώλειας ακοής ανά ηλικιακή ομάδα σε διάφορες χώρες, δεν υπάρχουν καθόλου στοιχεία για την Ελλάδα (Mathers, 2000). Ως εκ τούτου, στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει συνοπτική παρουσίαση επιλεγμένων ερευνών που προέρχονται από το διεθνή χώρο.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί ότι, όπως αναφέρει και ο συγγραφέας της συγκεκριμένης αναφοράς (Mathers, 2000), η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των ερευνών που μελετούν την απώλεια ακοής λόγω ηλικίας είναι εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση, αφού υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ερευνών αυτών. Οι διαφορές αυτές ξεκινάνε ακόμα και στο επίπεδο ορισμών, οπότε και διαφορετικοί ερευνητές χρησιμοποιούν διαφορετικό ορισμό για το τι είναι απώλεια ακοής. Επίσης, στο μεθοδολογικό κομμάτι, υπάρχουν διαφορές ως προς την ηλικία των υποκειμένων και τις ηλικιακές ομάδες που εξετάζονται, ενώ ακόμα σοβαρότερες διαφοροποιήσεις εντοπίζονται στο σχεδιασμό της έρευνας και στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κάθε φορά.

- Διαχρονική έρευνα (longitudinal study) που διεξήχθη από το National Institute on Aging της Βαλτιμόρης (Pearson *et al*, 1995), μελέτησε τις αλλαγές στην ακουστική ευαισθησία 1097 υποκειμένων που είχαν φυσιολογική ακοή και ελεγχόμενη (περιορισμένη) έκθεση σε θόρυβο, για μία περίοδο 30 ετών. Στο διάστημα αυτό, οι ερευνητές εξέτασαν το κατώφλι ακουστότητας για 9 βασικές συχνότητες (περιοχή συχνοτήτων μεταξύ 0,5 – 8 kHz), χρησιμοποιώντας ακοόμετρο Grason-Stadler και ακουστικά TDH 49-P. Διαπίστωσαν ότι η ακουστική ευαισθησία των υποκειμένων φθίνει σταδιακά και προοδευτικά όσο αυξάνεται η ηλικία τους. Παράλληλα, παρατήρησαν ότι οι γυναίκες υπερέχουν ως προς την ακουστική ευαισθησία σε σχέση με τους άνδρες για τις συχνότητες άνω των 1000 Hz, ενώ υπολείπονται αυτών στις χαμηλότερες συχνότητες που εξετάστηκαν. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η πρώτη σημαντική κάμψη της ακουστικής ευαισθησίας σημειώνεται νωρίτερα (γύρω στην ηλικία των

30 ετών) και με πιο γρήγορο ρυθμό, για τους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες (*Gordon-Salant, 2005, 9-10*).

- Συγχρονική έρευνα (cross-sectional study) ασχολήθηκε με τον προσδιορισμό της ανώτατης συχνότητας που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο αυτί, σε σχέση με την ηλικία. Δείγμα αποτέλεσαν άτομα από την Ιαπωνία (6105 μετρήσεις). Για την παραγωγή των κατάλληλων τόνων στην επιθυμητή ένταση χρησιμοποιήθηκε γεννήτρια συχνοτήτων και ενισχυτής. Η έρευνα έδειξε ότι η ανώτατη συχνότητα που μπορούν να αντιληφθούν τα άτομα επηρεάζεται από την ηλικία, με αποτέλεσμα όσο μεγαλύτερη γίνεται η ηλικία των υποκειμένων τόσο χαμηλότερη να είναι η ανώτατη συχνότητα που μπορούν να αντιληφθούν. Από την έρευνα φάνηκε ότι η φθορά της ακουστικής ικανότητας έχει αρχίσει ελαφριά να κάνει την εμφάνισή της ήδη για τα άτομα ηλικίας 25-39 ετών. Ωστόσο, εντονότερη γίνεται για τα άτομα άνω των 40 ετών, οδηγώντας τους ερευνητές στο να κάνουν λόγο για εμφάνιση συμπτωμάτων πρεσβυακοΐας ήδη από την ηλικία αυτή (*Takeda, 1992*).
- Έρευνα των *Monteiro de Castro Silva & Feitosa (2006)* είχε στόχο να αναδείξει τη χρησιμότητά της ακοομετρίας υψηλών συχνοτήτων (high frequency audiometry) για τον έγκαιρο εντοπισμό αλλαγών στην ευαισθησία του ακουστικού μηχανισμού, που απορρέουν από διαδικασίες όπως η γήρανση. Δείγμα της έρευνας αυτής αποτέλεσαν 64 άτομα, ασθενείς της κλινικής Clinical Otorhinolaryngology Audiology Unit στη Βραζιλία, οι οποίοι βάσει της συμβατικής ακοομετρίας (εξέταση τόνων συχνότητας 250 έως 8000 Hz) ήταν ακουστικώς φυσιολογικοί. Χωρίστηκαν σε 2 ερευνητικές ομάδες με βάση την ηλικία (25-35 ετών και 45-55 ετών). Για την παραγωγή των τόνων συχνοτήτων 0,25 – 16 kHz χρησιμοποιήθηκε ακοόμετρο AC-40. Η έρευνα έδειξε ότι παρόλο που όλα τα υποκείμενα παρουσίασαν φυσιολογικά αποτελέσματα για τις συχνότητες μεταξύ 250 Hz και 8 kHz, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη στάθμη έντασης (κατώφλι) των υποκειμένων στις συχνότητες αυτές, με τις τιμές στάθμης έντασης των ατόμων της ομάδας 45-55 ετών να είναι υψηλότερες σε σχέση με εκείνες των υποκειμένων της ομάδας 25-35 ετών. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι οι διαφορές αυτές αμβλυνθήκαν ακόμα περισσότερο

για την περιοχή των υψηλών συχνοτήτων (8-16 kHz). Τέλος, στις συχνότητες μεταξύ 3 έως 10 kHz, οι γυναίκες σημείωσαν συστηματικά χαμηλότερες τιμές στάθμης έντασης (κατώφλι) σε σχέση με τους άνδρες, στοιχείο που φαίνεται να δείχνει ότι η επίδραση της ηλικίας στην ακουστική ικανότητα των ατόμων ξεκινάει νωρίτερα στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες.

- Υπάρχει ένα σώμα ερευνών, που πέρα από την επίδραση της ηλικίας πάνω στην ακουστική ευαισθησία των ατόμων, μελετά και την επίδραση της έκθεσής τους σε θόρυβο. Σε σχετική έρευνα με δείγμα 239 υποκείμενα, χωρισμένα σε τρεις ηλικιακές ομάδες (< 25 ετών, 25-34 ετών και 35-44 ετών) και σε δυο κατηγορίες βάσει της έκθεσης σε θόρυβο (εκτεθειμένοι σε βιομηχανικό θόρυβο, μη εκτεθειμένοι), χρησιμοποιήθηκε ακουομετρία υψηλών συχνοτήτων (ακούμετρο Grason-Stadler GSI 16 και ακουστικά THD-50P). Διαπιστώθηκε ότι τόσο το κατώφλι ακουστότητας για τις εξεταζόμενες συχνότητες, όσο και η ανώτατη συχνότητα που μπορούν να αντιληφθούν τα υποκείμενα, φθίνουν σε σχέση με την ηλικία. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε ότι το κατώφλι ακουστότητας για τα άτομα με έκθεση σε βιομηχανικό θόρυβο ήταν ανώτερο για όλες τις συχνότητες που εξετάστηκαν και ιδιαίτερα στη συχνότητα των 14 kHz (*Ahmed et al, 2001*). Αντίστοιχη έρευνα (*Somma et al, 2008*), με 282 υποκείμενα - εργάτες σε τσιμεντοβιομηχανίες της Ιταλίας, χωρισμένα σε 2 κατηγορίες ανάλογα με τη στάθμη θορύβου (υψηλή έκθεση →  $Leq > 85 \text{dB(A)}$  ή χαμηλή έκθεση →  $Leq < 80 \text{dB(A)}$ ) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η απώλεια ακοής στις υψηλές συχνότητες επηρεάζεται από την ηλικία και ότι η εμφάνιση απώλειας ακοής επιταχύνεται όταν υπάρχει έκθεση των υποκειμένων σε θορύβους υψηλής στάθμης έντασης, ιδίως στις νεότερες ηλικίες (21-40 ετών). Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες που δεν εντόπισαν επίδραση της έκθεσης του υποκειμένου σε θόρυβο ως προς το μέγεθος της παρατηρούμενης απώλειας ακοής, τουλάχιστον για την περιοχή των υψηλών συχνοτήτων (*Schwarze, 2005*).
- Ο προσδιορισμός του κατωφλίου ακουστότητας ενός δείγματος παιδιών και η σύγκρισή του με εκείνο ενηλίκων, αποτέλεσε σκοπό της έρευνας των Lenihan και των συνεργατών του. Δείγμα αποτέλεσαν 886 παιδιά

από τη Γλασκόβη, ηλικίας 5, 9 και 14 ετών. Οι μετρήσεις έγιναν σε κατάλληλα διαμορφωμένο ερευνητικό τροχόσπιτο, με χρήση ακοόμετρου Peters Basic Diagnostic και ακουστικά TDH 39MX/41AR. Διαπιστώθηκε ότι το κατώφλι ακουστότητας για τα αγόρια βελτιωνόταν (χαμηλότερη τιμή στάθμης) όσο μεγαλύτερη ήταν η ηλικία τους, ενώ στα κορίτσια κάτι αντίστοιχο σημειώθηκε μόνο μεταξύ των ηλικιών 9 και 14. Επίσης, η σύγκριση των κατωφλίων ακουστότητας με εκείνα των ενηλίκων έδειξε ότι το κατώφλι ακουστότητας των παιδιών ηλικίας 5 ετών είναι υψηλότερο σε σχέση με εκείνο των ενηλίκων, σε αντίθεση με τα παιδιά ηλικίας 14 ετών που σημειώνουν συστηματικά χαμηλότερα κατώφλια ακουστότητας σε σχέση με τους ενήλικες. Τέλος, στην έρευνα αυτή, ελέγχθηκε η ύπαρξη διαφορών μεταξύ δεξιού και αριστερού αυτιού των υποκειμένων, χωρίς να βρεθεί κάποια σημαντική διαφορά (Lenihan et al, 1971).

- Τέλος, υπάρχει ένα σύνολο ερευνών που μελετούν την απώλεια ακοής και εξετάζουν την επίδραση πρόσθετων παραγόντων. Τέτοιοι παράγοντες είναι το κάπνισμα (de Oliveira & de Lima, 2009), η κατανάλωση αλκοόλ (Upile, 2007), κοινωνικοοικονομικοί – δημογραφικοί παράγοντες, όπως το εισόδημα, το επίπεδο σπουδών (Schwarze, 2005) και η φυλετική προέλευση των υποκειμένων, καθώς και παράγοντες που αφορούν το ιατρικό ιστορικό των ασθενών (Helzner, 2005). Στις έρευνες αυτές δε γίνεται εκτενέστερη αναφορά, αφού το αντικείμενο μελέτης τους δε συμπίπτει με εκείνο της παρούσας έρευνας.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : Μεθοδολογία

### 6.1 Το δείγμα της έρευνας

Σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό, το δείγμα της έρευνας έπρεπε να αποτελείται από τέσσερις πειραματικές ομάδες με άτομα διαφορετικής ηλικίας («10 ετών», «25 ετών», «45 ετών» και «65 ετών και άνω»). Βασικό κριτήριο για την επιλογή ενός υποκειμένου και την ένταξή του σε μία από τις παραπάνω ηλικιακές ομάδες, ήταν η ηλικία του να μην αποκλίνει περισσότερο από 3 έτη, σε σχέση με τον επιθυμητό μέσο όρων ηλικίας της ομάδας αυτής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε είναι περιστασιακό, κάτι που σημαίνει ότι δεν προέκυψε μέσα από τεχνικές τυχαίας δειγματοληψίας (Βάμβουκας 2002).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή των υποκειμένων της έρευνας ανάλογα με την πειραματική ομάδα στην οποία ανήκουν, ενώ δίνεται πληροφορία ως προς το φύλο τους :

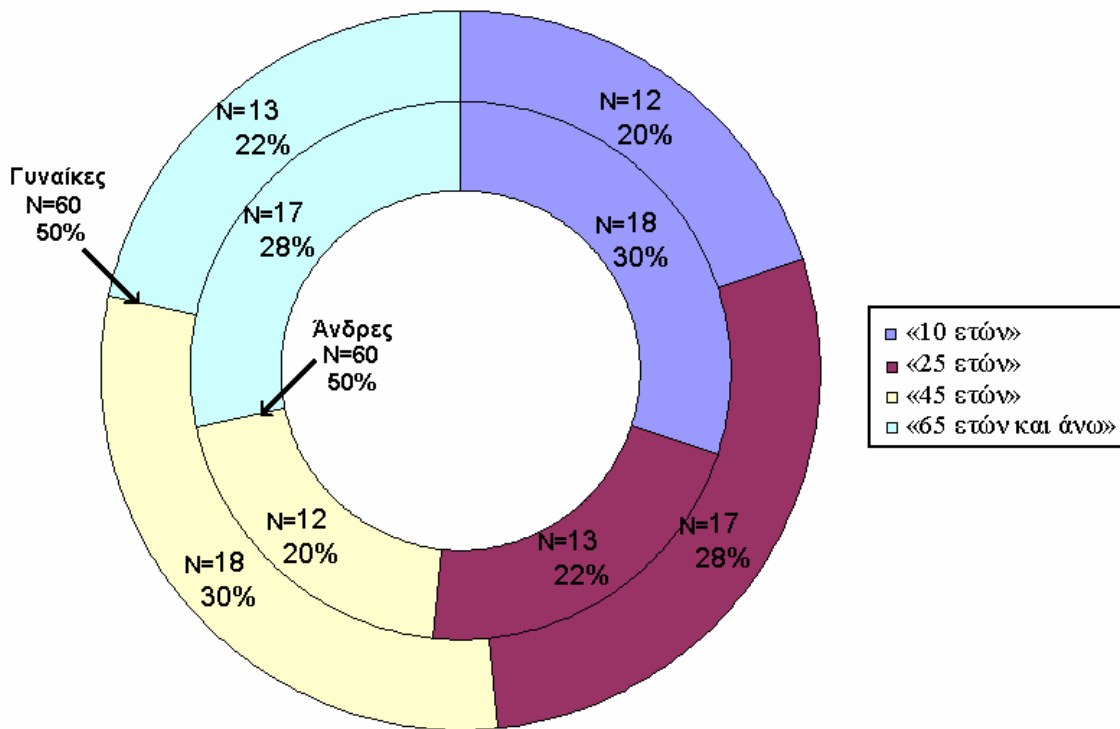
	<i>Άνδρες</i>		<i>Γυναίκες</i>		<i>Σύνολο</i>	
	N	% <sup>18</sup>	N	%	N	%
<i>«10 ετών»</i>	18	15	12	10	30	25
<i>«25 ετών»</i>	13	10,8	17	14,2	30	25
<i>«45 ετών»</i>	12	10	18	15	30	25
<i>«65 ετών και άνω»</i>	17	14,2	13	10,8	30	25
<b>Σύνολο</b>	60	50	60	50	120	100

**Πίνακας 3 : Η κατανομή των υποκειμένων της έρευνας ως προς την ηλικιακή ομάδα και το φύλο τους**

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το δείγμα της έρευνας απαρτίζεται από 120 υποκείμενα. Λήφθηκε ειδική μέριμνα ώστε όλες οι πειραματικές ομάδες να έχουν ίσο αριθμό υποκειμένων. Έτσι, κάθε ηλικιακή ομάδα εκπροσωπείται από 30 ακριβώς υποκείμενα. Ταυτόχρονα, επιτεύχθηκε μια σχετική ισορροπία της κατανομής των υποκειμένων ως προς το φύλο. Αν και μέσα στις ηλικιακές ομάδες, τα υποκείμενα δεν είναι ακριβώς μοιρασμένα ως προς το φύλο, στο σύνολο του δείγματος υπάρχει απόλυτη ισορροπία (50% εκπροσώπηση του κάθε φύλου).

<sup>18</sup> Η σχετική συχνότητα υπολογίζεται ως προς το σύνολο του δείγματος (120 άτομα). Αντίθετα, στο δακτύλιο που ακολουθεί η σχετική συχνότητα υπολογίζεται ως προς το σύνολο των υποκειμένων του ίδιου φύλου (60 άτομα).

Τα παραπάνω γίνονται περισσότερο κατανοητά με τη βοήθεια του γραφήματος που ακολουθεί :



**Γράφημα 1 :** Δακτύλιος που παρουσιάζει την κατανομή των υποκειμένων στις ηλικιακές ομάδες σε σχέση με το φύλο τους

Στο παραπάνω γράφημα, ο εξωτερικός δακτύλιος αφορά τις γυναίκες του δείγματος, ενώ ο εσωτερικός τους άνδρες. Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του γραφήματος, από το σύνολο των γυναικών του δείγματος, το 20% βρίσκεται στην ηλικιακή ομάδα των «10 ετών», το 28% σε εκείνη των «25 ετών», το 30% στην ομάδα των «45 ετών» και το 22% στην ομάδα των «65 ετών και άνω». Για την εκπροσώπηση των ανδρών στις ηλικιακές ομάδες, τα ποσοστά είναι 30%, 22%, 20% και 28%, αντίστοιχα. Προσθέτοντας τις συχνότητες του εξωτερικού και του εσωτερικού δακτυλίου για κάθε ηλικιακή ομάδα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει απόλυτη ισορροπία (N=30 για κάθε ηλικιακή ομάδα).

## 6.2 Όργανα - Εξοπλισμός

Σύμφωνα με το σχεδιασμό της έρευνας, έπρεπε να γίνει μέτρηση της σχετικής μετατόπισης του κατωφλίου ακουστότητας για ένα σύνολο συχνοτήτων αντιπροσωπευτικών του ακουστικού φάσματος. Παρακάτω γίνεται αναφορά στον

εξοπλισμό που αξιοποιήθηκε στα διάφορα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας, καθώς και στο βασικό όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή των δεδομένων.

#### - Ακούγραμμα

Ως όργανο για τη μέτρηση της σχετικής μετατόπισης του κατωφλίου ακουστότητας χρησιμοποιήθηκε το ακούγραμμα.. Το ακούγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα διαφέρει ως προς τα συμβατικά ακουογράμματα που χρησιμοποιούν οι ωτορινολαρυγγολόγοι καθώς εξετάζει ένα μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων (καλύπτει εύρος συχνοτήτων από 32 Hz έως 20 kHz σε αντίθεση με το εύρος από 250 Hz έως 8 kHz του συμβατικού). Επίσης, το συγκεκριμένο ακούγραμμα αποδόθηκε σε ψηφιακή μορφή, μέσω της δημιουργίας σχετικού λογισμικού. Το λογισμικό αυτό παρουσιάζεται αναλυτικότερα στη συνέχεια του τρέχοντος κεφαλαίου.

#### - Ακουστικά

Τόσο στη διαδικασία δημιουργίας των τόνων, όσο και κατά την περίοδο διεξαγωγής της έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ακουστικά και συγκεκριμένα το μοντέλο K271 της AKG. Πρόκειται για ακουστικά κλειστού τύπου (circumaural), με απόκριση συχνοτήτων από 16 Hz έως 28 kHz, που επαρκεί για την αναπαραγωγή των τόνων που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα (εύρος 32 Hz έως 20 kHz).

#### - Κάρτα ήχου

Το λογισμικό εγκαταστάθηκε σε έναν από τους υπολογιστές (επεξεργαστής Intel Pentium Dual Core 2.7 GHz) του εργαστηρίου πληροφορικής του Δημοτικού Σχολείου του Άδελε. Χρησιμοποιήθηκε εξωτερική κάρτα ήχου και συγκεκριμένα η E-MU 0202 USB 2.0 με ανάλυση έως 24bit/96 kHz. Με δεδομένο το ότι έπρεπε να εξεταστούν συχνότητες που βρίσκονται στα άκρα του ακουστικού φάσματος (έγιναν μετρήσεις σε υψηλές συχνότητες έως και 20 kHz), επιλέχθηκε η συγκεκριμένη συχνότητα δειγματοληψίας (96 kHz) ώστε να εξασφαλιστεί η αποφυγή εμφάνισης φαινομένων αναδίπλωσης (aliasing).

- Εξοπλισμός για τη δημιουργία των τόνων του ακοογράμματος

Οι ήχοι διαφορετικής συχνότητας και έντασης που χρησιμοποιήθηκαν στο ακοόγραμμα και ενσωματώθηκαν στο λογισμικό, δημιουργήθηκαν ως εξής. Γεννήτρια παραγωγής συχνοτήτων αποτέλεσε το λογισμικό Cool Edit Pro 2. Μέσα από το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκαν οι τόνοι επιθυμητής συχνότητας και έντασης. Ωστόσο, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η ένταση των τόνων που παρήχθησαν είναι η επιθυμητή, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία ελέγχου.

Έγινε αναπαραγωγή όλων των τόνων μέσω των ακουστικών που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα. Τα ακουστικά ήταν τοποθετημένα σε μία dummy head, ενώ στο εσωτερικό της (στην περιοχή του ακουστικού καναλιού) ήταν τοποθετημένο το μικρόφωνο του ηχόμετρου, προκειμένου να μετρηθεί η στάθμη έντασης που φτάνει στο αυτί. Με τον τρόπο αυτό, μέσω της ένδειξης του ηχόμετρου, έγινε έλεγχος της στάθμης έντασης κάθε αναπαραγόμενου τόνου. Σε περίπτωση που η στάθμη έντασης δεν ήταν η επιθυμητή γινόταν επαναδημιουργία και εκ νέου έλεγχος του τόνου μέσω του λογισμικού Cool Edit Pro.

### **6.3 Το λογισμικό με το ακοόγραμμα**

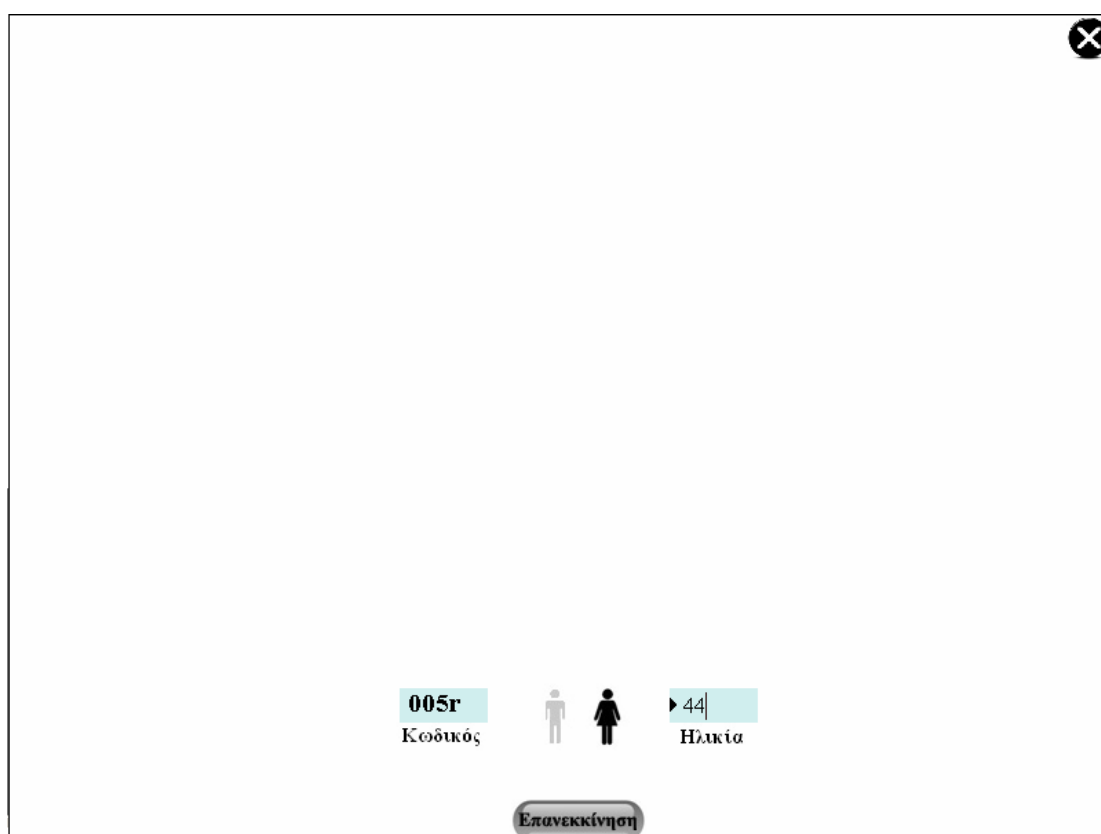
Για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας δημιουργήθηκε ένα λογισμικό, με το οποίο και έγινε η μέτρηση της ακουστικής ικανότητας των υποκειμένων. Η κατασκευή του λογισμικού έγινε με τη χρήση της εφαρμογής Macromedia Authorware 7.0. Η παραπάνω εφαρμογή συνδέθηκε με βάση δεδομένων (Microsoft Access - SQL) προκειμένου να γίνεται αυτόματα η αποθήκευση των δεδομένων.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση του λογισμικού, δίνονται επεξηγήσεις ως προς τα χαρακτηριστικά που ενσωματώνει και παρέχονται συνοπτικές οδηγίες χρήσης.



Με την έναρξη της εφαρμογής, εμφανίζεται η εισαγωγική οθόνη που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Στα πεδία της οθόνης αυτής ο χρήστης εισάγει τις εξής βασικές πληροφορίες, οι οποίες καταχωρούνται στη βάση δεδομένων, δημιουργώντας μια νέα εγγραφή :

- κωδικός (τα 3 πρώτα ψηφία του πεδίου, π.χ. 005) και εξεταζόμενο αυτί (το τελευταίο ψηφίο του πεδίου, π.χ. 1 → δεξί αυτί)
- φύλο (κλικ στο κατάλληλο εικονίδιο)
- ηλικία (πληκτρολόγηση της τιμής στο σχετικό πεδίο, π.χ. 44)



The screenshot shows a registration form with the following elements:

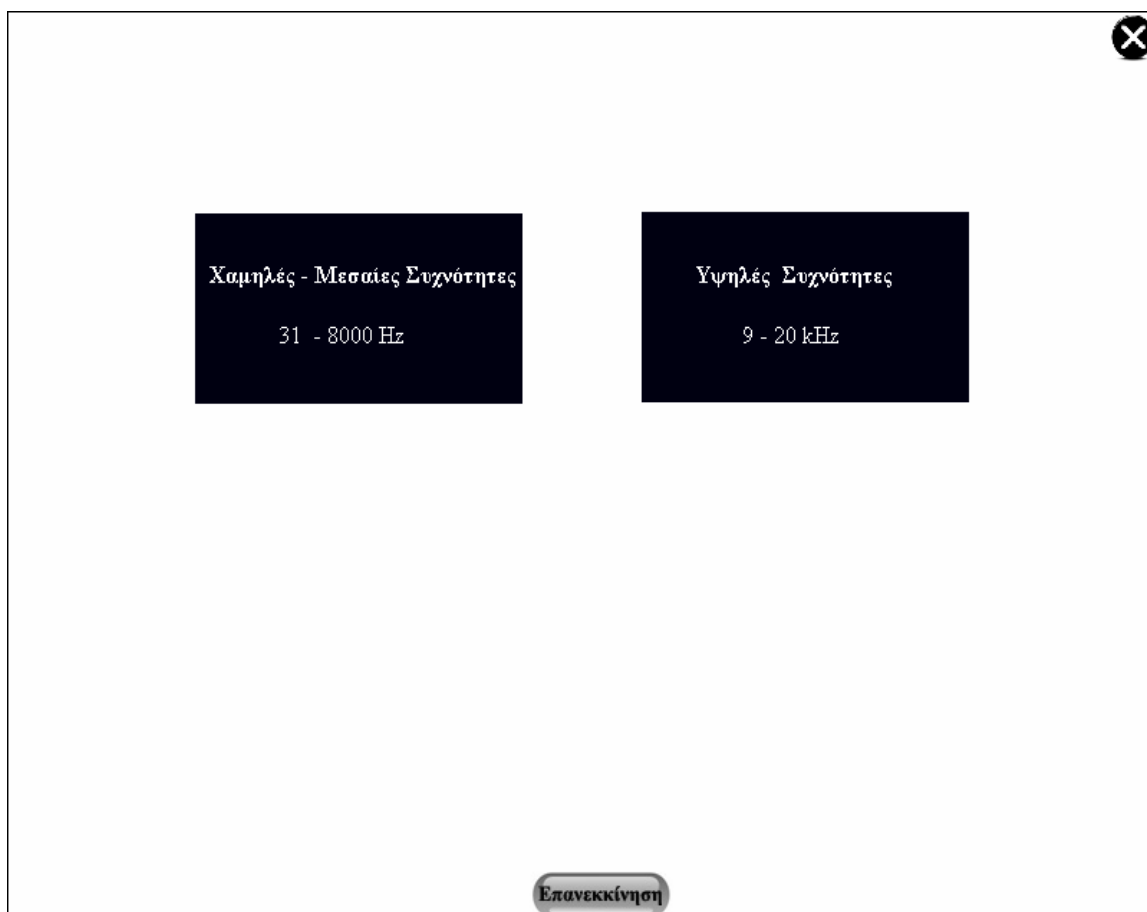
- A close button (X) in the top right corner.
- A text input field containing "005r" with the label "Κωδικός" below it.
- Two gender icons: a male icon and a female icon.
- A text input field containing "44" with the label "Ηλικία" below it.
- A button labeled "Επανεκκίνηση" (Reset) at the bottom center.

**Εικόνα 16 :** Η εισαγωγική οθόνη του λογισμικού

Ταυτόχρονα, υπάρχει το κουμπί «Επανεκκίνηση», το οποίο ουσιαστικά λειτουργεί ως Reset, καθαρίζοντας τα πεδία από το περιεχόμενο που έχουν και ξεκινώντας την εφαρμογή από την αρχή. Τέλος, υπάρχει στο δεξί πάνω μέρος της οθόνης, ένα κουμπί X για έξοδο από την εφαρμογή. Τα παραπάνω κουμπιά διατηρούνται και στις επόμενες οθόνες του λογισμικού, έχοντας σταθερά την ίδια λειτουργία.

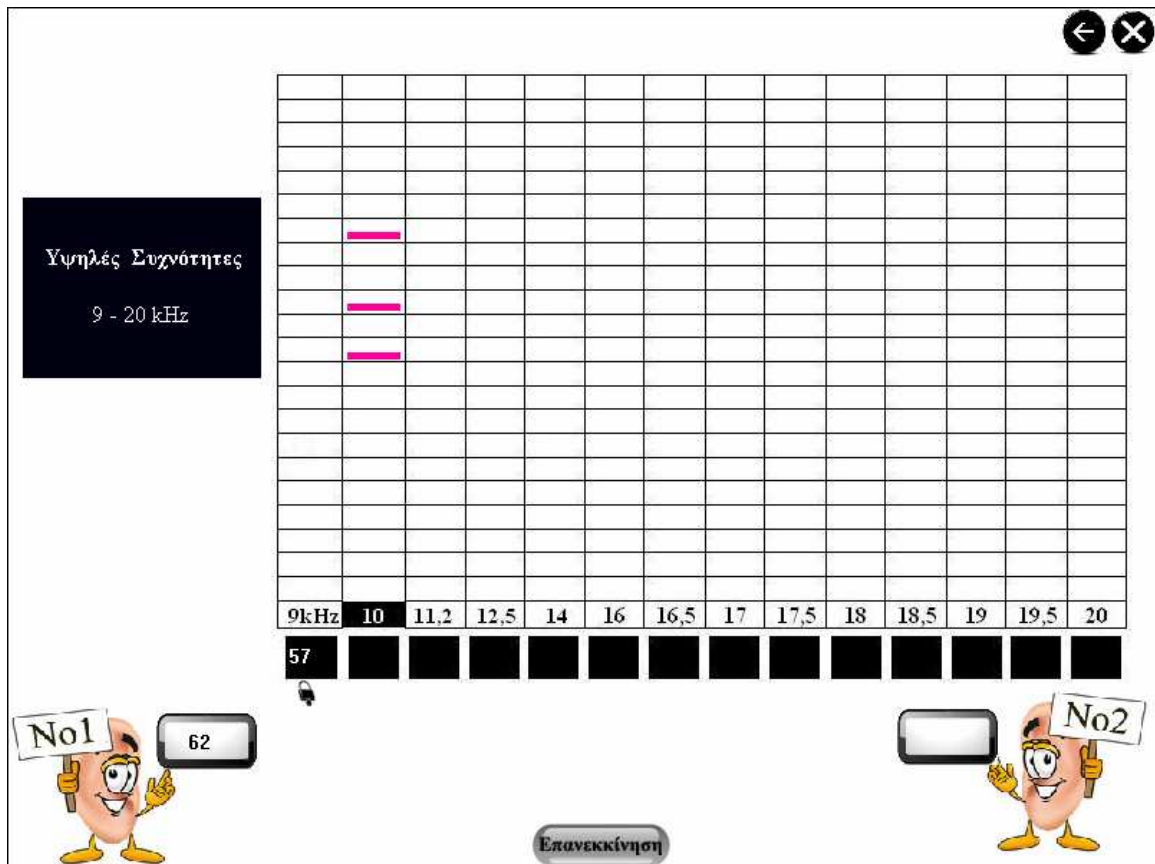
Πατώντας Enter εμφανίζεται η επόμενη οθόνη, στην οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την περιοχή συχνοτήτων που επιθυμεί να εξετάσει. Αυτό γίνεται κάνοντας κλικ με το ποντίκι, πάνω σε μία από τις δύο διαθέσιμες επιλογές :

- χαμηλές – μεσαίες συχνότητες (31-8000 Hz)
- υψηλές συχνότητες (9-20 kHz).



Εικόνα 17 : Οθόνη για την επιλογή της εξεταζόμενης συχνοτικής περιοχής

Στη συνέχεια, εμφανίζεται το κύριο μέρος του λογισμικού. Πρόκειται για ένα ακοόγραμμα, το οποίο περιλαμβάνει τόνους που καλύπτουν όλο το εύρος συχνοτήτων του ακουστικού φάσματος. Το παράδειγμα που ακολουθεί, αφορά την περιοχή των υψηλών συχνοτήτων (9-20 kHz).



Εικόνα 18 : Η κεντρική οθόνη του λογισμικού (οθόνη διεξαγωγής ακουογράμματος)

Στην παραπάνω οθόνη, κεντρική θέση κατέχει ένας πίνακας, στη βάση του οποίου αναγράφονται οι προς εξέταση συχνότητες :

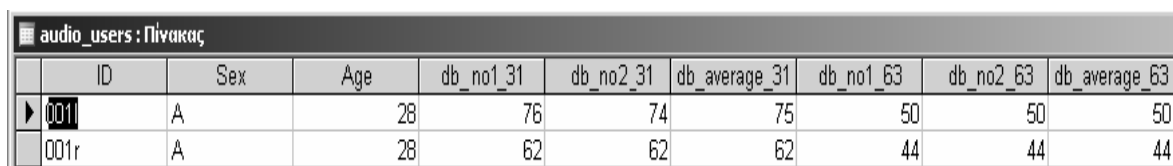
(9 - 10 - 11,2 - 12,5 - 14 - 16 - 16,5 - 17 - 17,5 - 18 - 18,5 - 19 - 19,5 - 20 kHz), οι οποίες είναι ίδιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στις αντίστοιχες έρευνες μέτρησης της ακουστικής ικανότητας για τόνους υψηλών συχνοτήτων (*Monteiro de Castro Silva & Feitosa, 2006 · Ahmed et al, 2001 · Takeda et al, 1992*). Για την επιλογή μιας συχνότητας, αρκεί ένα κλικ πάνω στο κελί όπου αναγράφεται η συχνότητα αυτή. Άμεσα, το συγκεκριμένο κελί γραμμοσκιάζεται (π.χ. στο παράδειγμα της οθόνης, η συχνότητα που έχει επιλεγεί είναι εκείνη των 10 kHz) και ενεργοποιείται η στήλη της συγκεκριμένης συχνότητας (την ίδια ώρα που όλες οι υπόλοιπες στήλες είναι ανενεργές).

Έτσι, πάνω από το γραμμοσκιασμένο κελί που αναφέρει τη συχνότητα, βρίσκονται 22 λευκά κελιά, τα οποία αφορούν τη στάθμη έντασης. Καθένα από τα κελιά αναπαράγει σε διαφορετική στάθμη έντασης τον τόνο της συχνότητας που έχει επιλεγεί. Ξεκινώντας από τη βάση, κάθε κελί ανώτερης γραμμής ανεβάζει τη στάθμη έντασης του τόνου κατά 2 dB σε σχέση με το κελί της προηγούμενης γραμμής. Τα κελιά καλύπτουν ένα εύρος στάθμης έντασης που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 42 και 84 dB. Όλοι οι τόνοι έχουν διάρκεια 2 sec. Μετά την αναπαραγωγή ενός τόνου, το

σχετικό κελί μαρκάρεται (βλ. κόκκινο ορθογώνιο στην παραπάνω οθόνη), κάτι που δεν εμποδίζει ωστόσο την εκ νέου επιλογή του κελιού στη συνέχεια.

Όταν ο χρήστης ακολουθήσει τη διαδικασία και προσδιορίσει τη στάθμη έντασης για την οποία το υποκείμενο αρχίζει μόλις να ακούει τον τόνο, κάνει κλικ στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης (στο εικονίδιο με την ταμπέλα No1) προκειμένου να καταγραφεί η συγκεκριμένη τιμή στάθμης έντασης (π.χ. 62 dB στο παράδειγμα της παραπάνω οθόνης). Όπως αναφέρεται στο σχετικό κεφάλαιο, η διαδικασία επαναλαμβάνεται και δεύτερη φορά, με την τιμή στάθμης έντασης να καταγράφεται κάνοντας κλικ αυτή τη φορά στο αντίστοιχο εικονίδιο που βρίσκεται στο κάτω δεξί άκρο της οθόνης (ταμπέλα No2). Όταν και στα δύο εικονίδια υπάρχει τιμή στάθμης έντασης, το λογισμικό αντιλαμβάνεται ότι έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία για τη συγκεκριμένη συχνότητα και υπολογίζει το μέσο όρο των παραπάνω δύο τιμών. Αυτός συνιστά την ακουστική ικανότητα του ατόμου για τη συγκεκριμένη συχνότητα και αναγράφεται στο μαύρο κουτί που βρίσκεται κάτω από τη στήλη του πίνακα που αφορά τη συγκεκριμένη συχνότητα (π.χ. 57 dB για τα 9 kHz στο παράδειγμα της οθόνης). Ταυτόχρονα, εμφανίζεται ένα μικρό λουκέτο, το οποίο δίνει τη δυνατότητα επανεξέτασης της ακουστικής ικανότητας του υποκειμένου για τη συγκεκριμένη συχνότητα, διαγράφοντας όμως τις προηγούμενες τιμές στάθμης έντασης που είχαν αποθηκευτεί.

Με την επιλογή του πλήκτρου ← (επιστροφή στην προηγούμενη οθόνη) στο πάνω δεξί μέρος της οθόνης ή του πλήκτρου X (έξοδος από την εφαρμογή), γίνεται αποθήκευση των δεδομένων (τιμές στάθμης έντασης ανά συχνότητα) στη βάση δεδομένων. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, στη βάση δεδομένων έχει δημιουργηθεί μία εγγραφή για το εξεταζόμενο υποκείμενο, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί :



ID	Sex	Age	db_no1_31	db_no2_31	db_average_31	db_no1_63	db_no2_63	db_average_63
001	A	28	76	74	75	50	50	50
001r	A	28	62	62	62	44	44	44

**Εικόνα 19** : Τμήμα της εγγραφής που δημιουργήθηκε στη βάση δεδομένων για το εξεταζόμενο υποκείμενο

## 6.4 Περιγραφή Διαδικασίας Διεξαγωγής της Έρευνας

Η διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας προέκυψε ύστερα από τη μελέτη σχετικών διεθνών προτύπων και αναφορών (βλ. ενδεικτικά *American Speech - Language- Hearing Association, 2005* · *British Society of Audiology, 2004* · *Aras, 2003* · *Franks, 2001*). Έγινε προσπάθεια ώστε η διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ομοιόμορφη για όλα τα υποκείμενα της έρευνας. Σε πρώτο στάδιο, πριν την είσοδο του υποκειμένου στο χώρο εξέτασης, δόθηκαν διευκρινίσεις ως προς το σκοπό της έρευνας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνεργασία τους. Για τα υποκείμενα ηλικίας «10 ετών» οι διευκρινίσεις δόθηκαν σε γραπτή μορφή και ζητήθηκε σχετική έγκριση από τους κηδεμόνες τους, ενώ για τα υπόλοιπα υποκείμενα η σχετική ενημέρωση έγινε προφορικά.

Με την είσοδο κάθε ατόμου στο χώρο διεξαγωγής της δοκιμασίας γίνονταν ορισμένες προκαταρκτικές ερωτήσεις, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν συντρέχουν συγκεκριμένοι λόγοι που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα, όπως :

1. Μήπως είστε κρυωμένος σήμερα ; Την προηγούμενη βδομάδα ;
2. Βρεθήκατε σε χώρο με πολύ δυνατό θόρυβο τις τελευταίες 24 ώρες ;
3. Ακούσατε μουσική με ακουστικά σε υψηλή ένταση τις τελευταίες 24 ώρες ;
4. Αισθάνεστε ενοχλητικούς θορύβους και βουητό στα αυτιά σας σήμερα ;
5. Είχατε πόνο στα αυτιά σας την τελευταία εβδομάδα ;
6. Είχατε ποτέ στο παρελθόν κάποιο πρόβλημα με τα αυτιά σας ;

Σε περίπτωση που οι απαντήσεις του υποκειμένου ήταν αρνητικές, η διαδικασία προχωρούσε στο επόμενο στάδιο, αυτό της εξοικείωσης του υποκειμένου με το χώρο διεξαγωγής της δοκιμασίας. Ο εξεταστής οδηγούσε το υποκείμενο στη θέση του μπροστά από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου ήταν εγκατεστημένο το λογισμικό με το ακοόγραμμα. Η θέση ήταν άνετη και σε σημείο όπου δεν υπήρχαν πολλά οπτικά ερεθίσματα που θα μπορούσαν να αποσπάσουν την προσοχή του υποκειμένου. Ταυτόχρονα, οι θέσεις του εξεταστή και του υποκειμένου ήταν τέτοιες, ώστε ο εξεταστής μπορούσε με άνεση να παρατηρεί τις αντιδράσεις του υποκειμένου, σε αντίθεση με εκείνο που δεν είχε οπτική επαφή με το χέρι του εξεταστή την ώρα που χειριζόταν (μέσω του ποντικιού) το λογισμικό<sup>19</sup>.

Στη συνέχεια το υποκείμενο ενημερωνόταν για τον τρόπο διεξαγωγής της δοκιμασίας. Αρχικά, από τα ηχεία του υπολογιστή αναπαράγονταν ορισμένες

---

<sup>19</sup> Αυτό ήταν σημαντικό ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα κάποια υποκείμενα να μαντεύουν την ύπαρξη ήχου βλέποντας την κίνηση του δάχτυλου του εξεταστή πάνω στο ποντίκι.

συχνότητες (από 1 έως 4 kHz σε εύκολα αντιλήψιμες στάθμες έντασης), προκειμένου το υποκείμενο να καταλάβει τι είδους ήχοι ήταν αυτοί που έπρεπε να αναγνωρίσει (διαδικασία εξοικείωσης). Ακολουθούσε η παροχή συγκεκριμένων οδηγιών σχετικά με την αντίδραση στην οποία έπρεπε να προβεί το υποκείμενο προκειμένου να δείξει ότι αντιλαμβάνεται την ύπαρξη ήχου. Προτιμήθηκε η ανατροφοδότηση αυτή να γίνεται με το στιγμιαίο σήκωμα του δείκτη του δεξιού χεριού, τη στιγμή της αναπαραγωγής του τόνου. Τονίστηκε στο υποκείμενο ότι έπρεπε να απαντήσει σε όλα τα ηχητικά ερεθίσματα που αντιλαμβάνονταν, ανεξάρτητα από το πόσο ισχνός ήταν ο τόνος που αναπαραγόταν κάθε φορά. Τέλος, πριν την έναρξη της δοκιμασίας, δινόταν μια τελευταία ευκαιρία στο υποκείμενο να υποβάλει ερωτήσεις και σχετικές απορίες.

Η διεξαγωγή της δοκιμασίας γινόταν ατομικά, ενώ κάθε αυτί εξεταζόταν μεμονωμένα. Πρώτη ενέργεια ήταν η εισαγωγή των βασικών πληροφοριών (κωδικός, ηλικία, εξεταζόμενο αυτί και φύλο) στο λογισμικό. Όσον αφορά την κυρίως δοκιμασία, υπήρχε μια σταθερή διαδοχή των τόνων που ελέγχονταν κάθε φορά. Η διαδικασία ξεκινούσε πάντοτε με τον τόνο συχνότητας 1000 Hz και προχωρούσε με τόνους διαδοχικά αυξανόμενης συχνότητας (2, 3, 4, 6 έως και 20 kHz). Έπειτα, επανεξεταζόταν ο τόνος συχνότητας 1000 Hz και η διαδικασία συνεχιζόταν για τους τόνους χαμηλότερης συχνότητας, οι οποίοι επίσης παρουσιάζονταν διαδοχικά σε φθίνουσα σειρά (500, 250, 125, 63 και 32 Hz).

Όσον αφορά τον εντοπισμό του ακριβούς σημείου (κατωφλίου) στο οποίο το υποκείμενο δηλώνει ότι αντιλαμβάνεται για πρώτη φορά τον εξεταζόμενο τόνο, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Για τον τόνο κάθε συχνότητας, ο πρώτος ήχος που αναπαραγόταν είχε στάθμη έντασης αρκετά ανώτερη από το κατώφλι ακουστότητας (όπως έχει προσδιοριστεί από αντίστοιχες έρευνες). Στην περίπτωση που το υποκείμενο ήταν σε θέση να αντιληφθεί τον ήχο, ακολουθούσε αναπαραγωγή του ίδιου τόνου με μείωση της στάθμης έντασης κατά 10 dB. Αν το υποκείμενο ήταν εκ νέου σε θέση να αντιληφθεί τον ήχο, γινόταν νέα μείωση της στάθμης έντασης κατά 10 dB, μέχρι το σημείο όπου το υποκείμενο δεν μπορούσε να ακούσει πλέον τον τόνο. Όταν συνέβαινε αυτό, η στάθμη έντασης αυξανόταν διαδοχικά κατά 4 dB<sup>20</sup> μέχρι το σημείο όπου το υποκείμενο αποκρινόταν θετικά. Αυτός ο τρόπος εξασφάλιζε την προσέγγιση του κατωφλίου. Από το σημείο αυτό και μετά, για τον εντοπισμό της ακριβούς τιμής στάθμης έντασης όπου το υποκείμενο αρχίζει να αντιλαμβάνεται τον εξεταζόμενο τόνο, γίνονταν διαδοχικές αυξήσεις και ελαττώσεις της στάθμης έντασης

---

<sup>20</sup> Σύμφωνα με τις σχετικές υποδείξεις της British Society Audiology η αύξηση της στάθμης προτείνεται να είναι 5 dB. Ωστόσο, με δεδομένο ότι στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τόνοι ίδιας συχνότητας με διαφορά στάθμης έντασης ανά 2 dB, κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό, με αποτέλεσμα η αύξηση στάθμης έντασης να γίνεται κατά 4 dB.

κατά 2 dB, τόσες φορές όσες χρειάζονταν μέχρι να βεβαιωθεί ο εξεταστής για την ακρίβεια της απάντησης του υποκειμένου. Η παραπάνω διαδικασία γινόταν 2 φορές για κάθε εξεταζόμενο τόνο. Η τελική τιμή στάθμης έντασης για τον εξεταζόμενο τόνο ήταν ο μέσος όρος που προέκυπτε από την παραπάνω διαδικασία.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας τα υποκείμενα ενημερώνονταν για τα αποτελέσματά τους, μέσα από την παρατήρηση των σχετικών εγγραφών της βάσης δεδομένων, στην οποία καταγράφονταν όλα τα δεδομένα της δοκιμασίας. Η παραπάνω διαδικασία που παρουσιάστηκε, είχε χρονική διάρκεια γύρω στα 20 λεπτά για κάθε εξεταζόμενο υποκείμενο.

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> : Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων της Έρευνας

Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας. Αυτή γίνεται μέσα από την ταξινόμηση των δεδομένων, με χρήση πινάκων και γραφημάτων. Ταυτόχρονα, πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση μεμονωμένων μεταβλητών (π.χ. φύλο, εξεταζόμενο αυτί, ηλικία) στην ικανότητα των ατόμων να αντιλαμβάνονται τόνους διαφορετικής συχνότητας.

### 7.1 Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων ανά ηλικιακή ομάδα

Στο πρώτο μέρος της παρουσίασης των αποτελεσμάτων παρατίθενται πίνακες και γραφήματα, από τα οποία φαίνεται η επίδοση (ακουστική ικανότητα) των υποκειμένων της έρευνας στη δοκιμασία του ακοογράμματος που υποβλήθηκαν.

Στους πίνακες αναφέρεται η συχνότητα του εξεταζόμενου τόνου (1<sup>η</sup> στήλη), το πλήθος των υποκειμένων που εξετάστηκαν (2<sup>η</sup> στήλη), η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή στάθμης έντασης που χρειάστηκαν τα υποκείμενα για να αντιληφθούν τον εξεταζόμενο τόνο (3<sup>η</sup> – 4<sup>η</sup> στήλη, αντίστοιχα), ο μέσος όρος στάθμης έντασης (5<sup>η</sup> στήλη) καθώς και η σχετική τυπική απόκλιση (6<sup>η</sup> στήλη)<sup>21</sup>. Στα γραφήματα δίνονται πληροφορίες μονάχα για το μέσο όρο στάθμης έντασης όσον αφορά τις συχνότητες μεταξύ 500 Hz και 20 kHz.

#### 7.1.1 Ηλικιακή Ομάδα «10 ετών»

Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, τα υποκείμενα της ηλικιακής ομάδας «10 ετών» κατά μέσο όρο χρειάζονται στάθμη έντασης 71,47 dB για να αντιληφθούν τα 32 Hz και 55,5 dB για τα 63 Hz, με το εύρος τιμών και στις δύο περιπτώσεις να αγγίζει τα 20 dB (σύγκριση ελάχιστης – μέγιστης τιμής). Στη συνέχεια, για τη συχνοτική περιοχή από 125 Hz ως 14 kHz, τα υποκείμενα αντιλαμβάνονται τους τόνους ουσιαστικά στη χαμηλότερη στάθμη έντασης που υπάρχει στο ακοόγραμμα (στα 42 ή 44 dB, ανάλογα με την εκάστοτε συχνότητα που εξετάζεται).

---

<sup>21</sup> Τα δεδομένα που παρατίθενται αφορούν μονάχα το δεξί αυτί, για λόγους που εξηγούνται στη συνέχεια του κεφαλαίου (βλ. έλεγχος της επίδρασης του «εξεταζόμενου αυτιού» στην ικανότητα αντίληψης των τόνων)

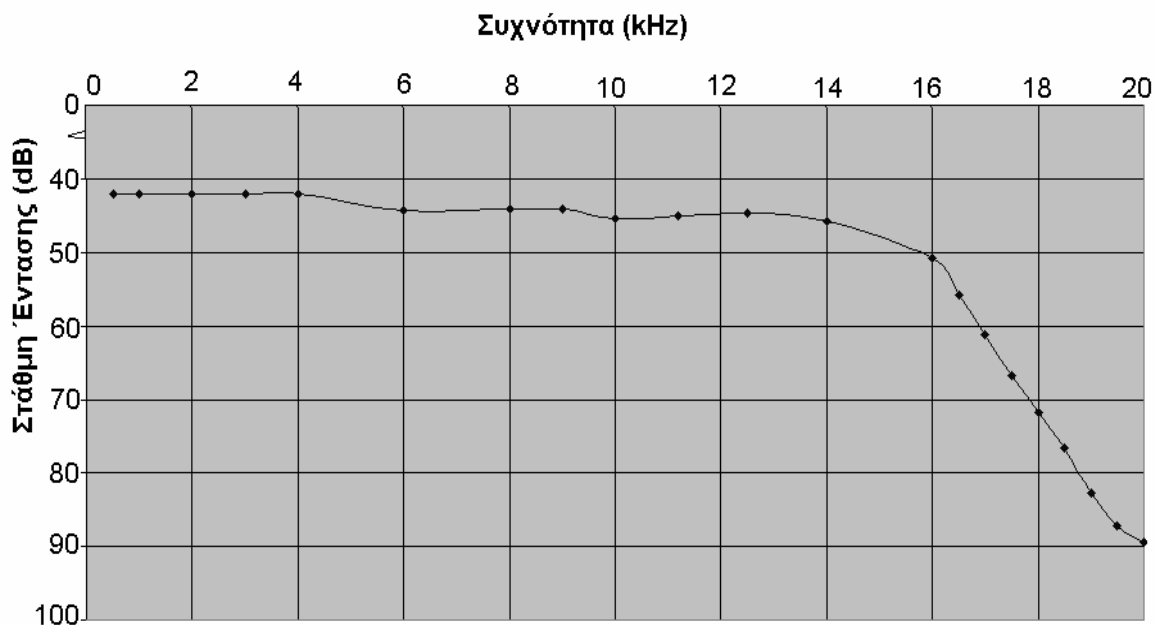


Συχνότητα (Hz)	N	Ελάχιστο (dB)	Μέγιστο (dB)	Μέσος Όρος (dB)	Τυπική Απόκλιση
32	30	60	80	71,47	5,544
63	30	47	67	55,50	5,309
125	30	44	52	45,07	2,067
250	30	42	42	42,00	,000
500	30	42	42	42,00	,000
1000	30	42	44	42,07	,365
2000	30	42	42	42,00	,000
3000	30	42	42	42,00	,000
4000	30	42	42	42,00	,000
6000	30	44	50	44,20	1,095
8000	30	44	44	44,00	,000
9000	30	44	47	44,10	,548
10000	30	44	64	45,30	4,512
11200	30	44	60	45,03	3,409
12500	30	44	53	44,57	2,161
14000	30	44	64	45,80	4,302
16000	30	44	77	50,77	10,398
16500	30	44	90	55,77	13,177
17000	30	44	90	61,20	14,216
17500	30	44	90	66,73	13,806
18000	30	44	90	71,77	13,122
18500	30	49	90	76,63	13,000
19000	30	59	90	82,77	9,183
19500	30	72	90	87,23	5,263
20000	30	80	90	89,33	2,537

**Πίνακας 4 : Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας «10 ετών» για τους τόνους διαφορετικής συχνότητας που εξετάστηκαν**

Οι έντονες διαφοροποιήσεις ξεκινούν από τον τόνο των 16 kHz, όπου στα δεδομένα εμφανίζονται τιμές στάθμης έντασης από 44 έως 77 dB, με το μέσο όρο να ανεβαίνει στα 50,77 dB. Από τη συχνότητα αυτή και πάνω, υπάρχει ανοδική πορεία του μέσου όρου της στάθμης που χρειάζεται να έχει ο τόνος ώστε να γίνεται αντιληπτός, ενώ εμφανίζονται και υποκείμενα που δεν είναι σε θέση να τον αντιληφθούν, ακόμα και στη μέγιστη στάθμη έντασης. Το φαινόμενο αυτό γίνεται ιδιαίτερα έντονο για τους τόνους των 19,5 και 20 kHz οπότε και ο μέσος όρος στάθμης (87,23 dB και 89,33 dB, αντίστοιχα) είναι ιδιαίτερα υψηλός<sup>22</sup>. Τα παραπάνω αποτυπώνονται παραστατικά στο γράφημα που ακολουθεί.

<sup>22</sup> Για να μπορέσει να γίνει στατιστική ανάλυση των δεδομένων ήταν απαραίτητο για όλους τους τόνους να υπάρχει μια τιμή στάθμης έντασης. Ωστόσο, για τόνους υψηλών συχνοτήτων, υπήρχαν



Γράφημα 2 : Μέση τιμή στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνότητας από 500 Hz έως 20 kHz για τα υποκείμενα ηλικίας 10 ετών

### 7.1.2 Ηλικιακή Ομάδα «25 ετών»

Λαμβάνοντας υπόψη και συγκρίνοντας τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα καθώς και του γραφήματος για την **ηλικιακή ομάδα των «25 ετών»** με τα αντίστοιχα για την ομάδα των «10 ετών», προκύπτει ότι μέχρι και τη συχνότητα των 14 kHz τα δεδομένα είναι παρόμοια. Τα υποκείμενα της ομάδας των «25 ετών» αρχίζουν να αντιμετωπίζουν δυσκολία στην αντίληψη των τόνων, από τη συχνότητα των 16 kHz και πάνω, κάτι που προκύπτει από τις ολοένα και μεγαλύτερες μέσες τιμές στάθμης έντασης. Η διαφορά σε σχέση με την προηγούμενη ηλικιακή ομάδα, είναι ότι η αύξηση των μέσων όρων στάθμης έντασης γίνεται με ταχύτερο ρυθμό. Έτσι, για τη συχνότητα των 17,5 kHz, ο μέσος όρος είναι 76,80 dB, σε αντίθεση με τα 66,73 dB που χρειάζονταν τα υποκείμενα της προηγούμενης ηλικιακής ομάδας.

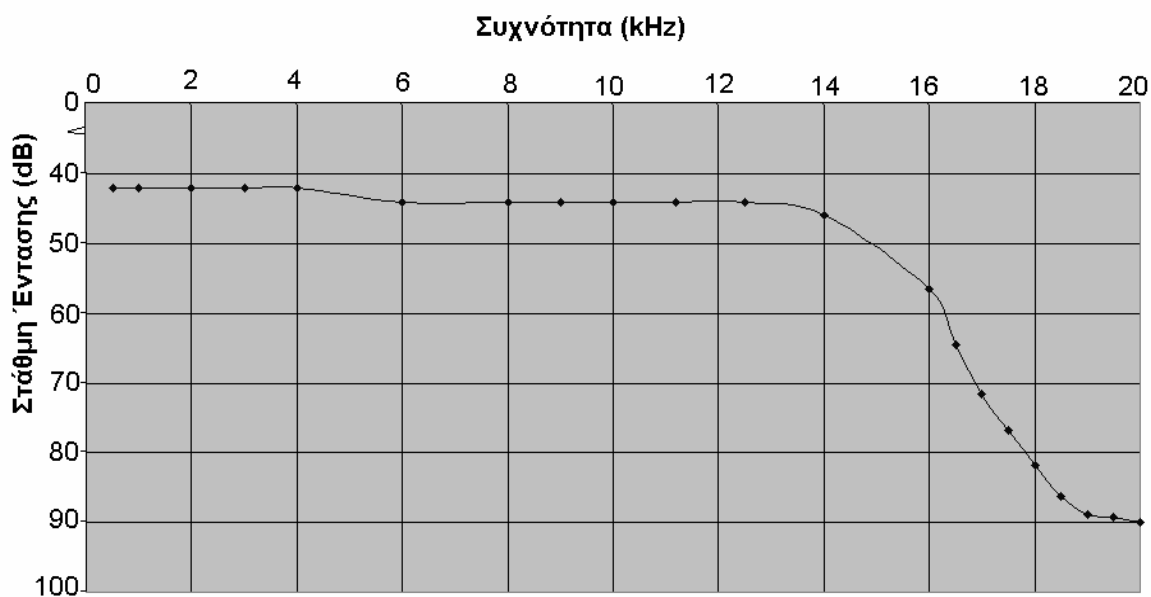
---

αρκετά άτομα που δεν μπορούσαν να τους ανιληφθούν και επομένως δε θα μπορούσε να καταχωρηθεί κάποια τιμή στάθμης έντασης για αυτά. Ακολουθώντας το παράδειγμα αντίστοιχων ερευνών (*British Society of Audiology, 2004 · Monteiro de Castro Silva & Feitosa, 2006 · Somma et al, 2008 · Ahmed et al, 2001*) στις περιπτώσεις αυτές, ως στάθμη έντασης χρησιμοποιήθηκε η τιμή 90 dB, η οποία είναι περίπου 5 dB μεγαλύτερη από την ανώτατη στάθμη έντασης (84 dB) που χρησιμοποιήθηκε στο ακοόγραμμα που δημιουργήθηκε. Για το λόγο αυτό προέκυψαν μέσοι όροι στάθμης έντασης υψηλότεροι από τη ανώτατη τιμή στάθμης που χρησιμοποιήθηκε στο ακοόγραμμα.

Συχνότητα (Hz)	N	Ελάχιστο (dB)	Μέγιστο (dB)	Μέσος Όρος (dB)	Τυπική Απόκλιση
32	30	60	78	71,03	4,279
63	30	44	62	55,57	4,313
125	30	44	46	44,37	,718
250	30	42	42	42,00	,000
500	30	42	42	42,00	,000
1000	30	42	42	42,00	,000
2000	30	42	42	42,00	,000
3000	30	42	42	42,00	,000
4000	30	42	44	42,07	,365
6000	30	44	44	44,00	,000
8000	30	44	44	44,00	,000
9000	30	44	44	44,00	,000
10000	30	44	48	44,13	,730
11200	30	44	44	44,00	,000
12500	30	44	44	44,00	,000
14000	30	44	71	45,83	5,266
16000	30	44	83	56,50	10,285
16500	30	44	86	64,53	12,185
17000	30	44	90	71,57	12,902
17500	30	44	90	76,80	12,571
18000	30	49	90	81,80	11,361
18500	30	61	90	86,30	8,022
19000	30	73	90	88,80	3,836
19500	30	79	90	89,30	2,667
20000	30	90	90	90,00	,000

**Πίνακας 5 : Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας «25 ετών» για τους τόνους διαφορετικής συχνότητας που εξετάστηκαν**

Εντύπωση, επίσης, προκαλεί το τεράστιο εύρος τιμών, αφού σε αυτή την ηλικιακή ομάδα υπήρξαν από άτομα που άκουσαν τον τόνο μόλις στα 44 dB μέχρι και άτομα που δεν αντιλήφθηκαν καθόλου ήχο. Οι ιδιαίτερα υψηλές μέσες τιμές στάθμης (ανώτερες των 84 dB) εμφανίζονται από τα 18 kHz, νωρίτερα δηλαδή κατά 1,5 kHz σε σύγκριση με την ομάδα των «10 ετών», όπως φαίνεται και στο γράφημα που ακολουθεί.



**Γράφημα 3 : Μέση τιμή στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνότητας από 500 Hz έως 20 kHz για τα υποκείμενα ηλικίας 25 ετών**

### **7.1.3 Ηλικιακή Ομάδα «45 ετών»**

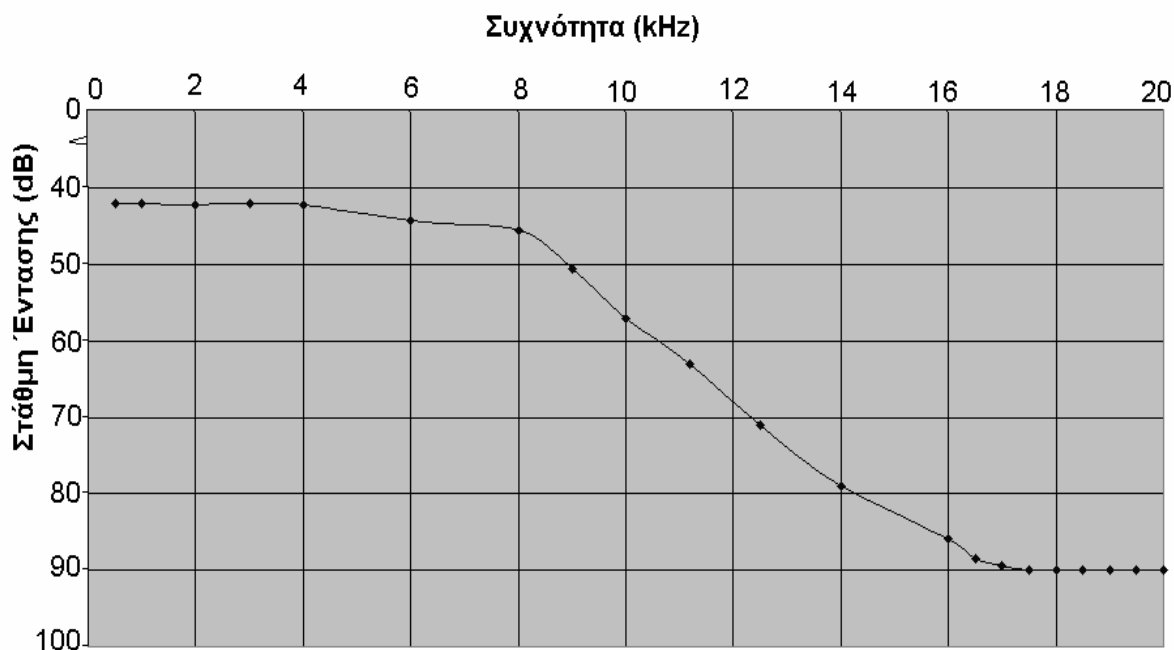
Όσον αφορά την ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας «45 ετών», τα δεδομένα φαίνονται στο γράφημα και τον πίνακα που ακολουθούν.

Όπως προκύπτει από αυτά, τα υποκείμενα της ηλικιακής ομάδας των «45 ετών», για τις μπάσες συχνότητες, εμφανίζουν ελαφρώς χειρότερες επιδόσεις (άνοδος της τάξης των 2 dB) σε σχέση με τα υποκείμενα των προηγούμενων δύο ηλικιακών ομάδων. Έτσι, για τα 32 Hz ο μέσος όρος στάθμης έντασης είναι 72,93 dB, ενώ για τα 63 Hz είναι 57,43 dB. Στη συνέχεια, αυτή η διαφορά πάει να υπάρχει για τις συχνότητες μεταξύ 125Hz και 6 kHz, αφού οι μέσες τιμές στάθμης έντασης είναι σχεδόν ίδιες με εκείνες για τις προηγούμενες ομάδες και κυμαίνονται μεταξύ των 42 και 45 dB.

Συχνότητα (Hz)	N	Ελάχιστο (dB)	Μέγιστο (dB)	Μέσος Όρος (dB)	Τυπική Απόκλιση
32	30	66	78	72,93	2,545
63	30	48	74	57,43	5,728
125	30	44	52	45,70	2,351
250	30	42	42	42,00	,000
500	30	42	42	42,00	,000
1000	30	42	42	42,00	,000
2000	30	42	48	42,20	1,095
3000	30	42	42	42,00	,000
4000	30	42	48	42,20	1,095
6000	30	42	50	44,27	1,230
8000	30	44	58	45,50	2,898
9000	30	44	76	50,63	8,079
10000	30	44	84	57,03	11,400
11200	30	44	90	63,10	12,461
12500	30	44	90	71,07	14,657
14000	30	49	90	79,00	12,034
16000	30	68	90	85,80	6,419
16500	30	73	90	88,50	4,289
17000	30	80	90	89,40	2,298
17500	30	86	90	89,87	,730
18000	30	90	90	90,00	,000
18500	30	90	90	90,00	,000
19000	30	90	90	90,00	,000
19500	30	90	90	90,00	,000
20000	30	90	90	90,00	,000

**Πίνακας 6 : Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας «45 ετών» για τους τόνους διαφορετικής συχνότητας που εξετάστηκαν**

Το διαφορετικό στοιχείο που προκύπτει για την ομάδα των «45 ετών» είναι η εμφάνιση υψηλών τιμών στάθμης έντασης για τόνους όχι ιδιαίτερα υψηλής συχνότητας (8-10 kHz). Έτσι, υπήρξαν άτομα που αντλήθηκαν τον τόνο των 9 kHz στα 76 dB και εκείνον των 10 kHz στα 84 dB, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στις προηγούμενες ομάδες. Ακολούθως, για τους τόνους από 11,2 kHz και πάνω, κάνουν την εμφάνισή τους τα πρώτα άτομα που δεν είναι σε θέση να τους αντιληφθούν, κάτι που οδηγεί σε υψηλούς μέσους όρους στάθμης έντασης. Σε αντίθεση με την ομάδα των «10 ετών» και εκείνη των «25 ετών» όπου οι ιδιαίτερα υψηλές μέσες τιμές στάθμης έντασης (άνω των 84 dB) σημειώθηκαν από τα 19,5 kHz και τα 18 kHz αντίστοιχα, στην ομάδα των «45 ετών» οι τιμές αυτές παρατηρούνται ήδη από τη συχνότητα των 16 kHz (μέσος όρος στάθμης έντασης 85,80 dB).



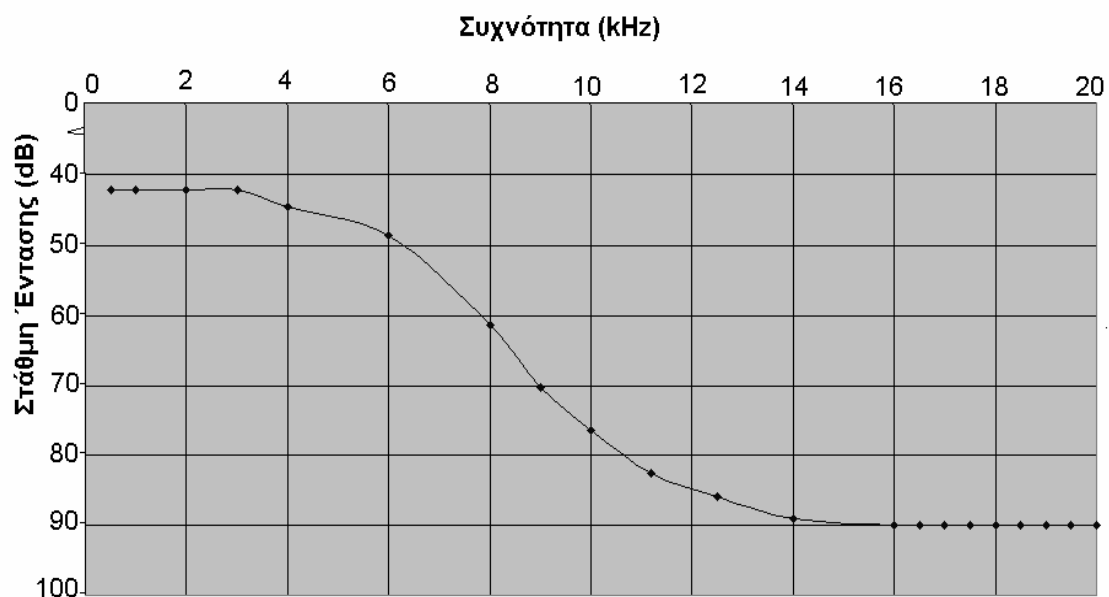
Γράφημα 4 : Μέση τιμή στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνότητας από 500 Hz έως 20 kHz για τα υποκείμενα ηλικίας 45 ετών

#### 7.1.4 Ηλικιακή Ομάδα «65 ετών και άνω»

Από τον ακόλουθο πίνακα και το σχετικό γράφημα που αφορά τα υποκείμενα της ηλικιακής ομάδας «65 ετών και άνω», είναι εμφανές ότι σημειώνουν τους υψηλότερους μέσους όρους στάθμης έντασης. Αυτό φαίνεται ήδη από τους τόνους χαμηλών συχνοτήτων (32, 63, 125 και 250 Hz), όπου οι μέσοι όροι είναι ανεβασμένοι κατά 4-7 dB σε σχέση με εκείνους των προηγούμενων ομάδων. Μόνο για την περιοχή των 500 Hz – 4 kHz τα αποτελέσματα είναι παρόμοια και οι μέσοι όροι στάθμης έντασης δεν υπερβαίνουν τα 45 dB. Στα 8 kHz σημειώνεται η πρώτη μεγάλη αύξηση, με τον μέσο όρο στάθμης έντασης να φτάνει τα 61,37 dB και με ορισμένα υποκείμενα να αδυνατούν να αντιληφθούν ύπαρξη ήχου. Από τη συχνότητα αυτή και πάνω, υπάρχει ανοδική τάση του μέσου όρου στάθμης έντασης, με τις ιδιαίτερα υψηλές τιμές στάθμης έντασης (άνω των 84 dB) να εμφανίζονται μόλις στα 12,5 kHz.

Συχνότητα (Hz)	N	Ελάχιστο (dB)	Μέγιστο (dB)	Μέσος Όρος (dB)	Τυπική Απόκλιση
32	30	72	80	76,67	1,709
63	30	50	70	63,97	3,783
125	30	44	63	51,37	4,445
250	30	42	49	45,07	1,760
500	30	42	42	42,00	,000
1000	30	42	42	42,00	,000
2000	30	42	42	42,00	,000
3000	30	42	42	42,00	,000
4000	30	42	53	44,47	3,093
6000	30	44	64	48,53	5,412
8000	30	44	90	61,37	14,129
9000	30	44	90	70,30	16,509
10000	30	44	90	76,37	15,832
11200	30	50	90	82,57	12,204
12500	30	68	90	85,83	7,992
14000	30	74	90	88,97	3,935
16000	30	90	90	90,00	,000
16500	30	90	90	90,00	,000
17000	30	90	90	90,00	,000
17500	30	90	90	90,00	,000
18000	30	90	90	90,00	,000
18500	30	90	90	90,00	,000
19000	30	90	90	90,00	,000
19500	30	90	90	90,00	,000
20000	30	90	90	90,00	,000

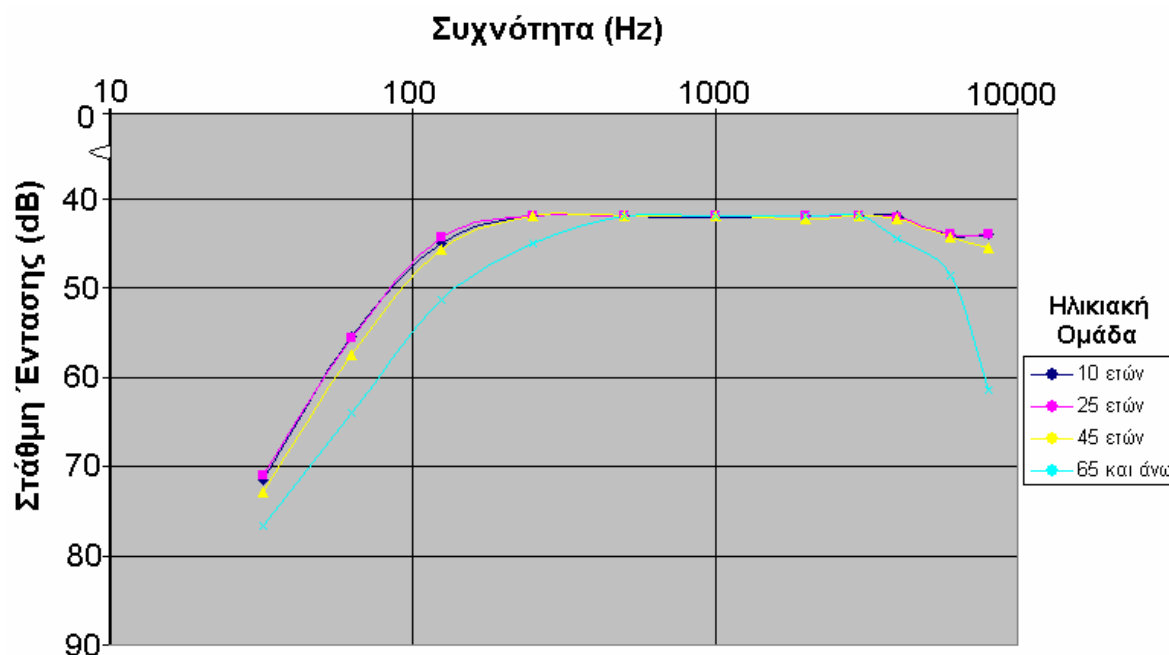
Πίνακας 7 : Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας «65 ετών και άνω» για τους τόνους διαφορετικής συχνότητας που εξετάστηκαν



Γράφημα 5 : Μέση τιμή στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνότητας από 500 Hz έως 20 kHz για τα υποκείμενα ηλικίας 65 ετών και άνω

### 7.1.5 Σύγκριση της ακουστικής ικανότητας των ηλικιακών ομάδων

Η σύγκριση της ακουστικής ικανότητας των ηλικιακών ομάδων μπορεί να γίνει και μέσα από τη μελέτη των γραφημάτων που ακολουθούν, τα οποία προέκυψαν από τα δεδομένα των παραπάνω πινάκων. Στο πρώτο γράφημα απεικονίζονται οι μέσες τιμές στάθμης έντασης για τους τόνους συχνοτήτων από 32 Hz έως 8 kHz.

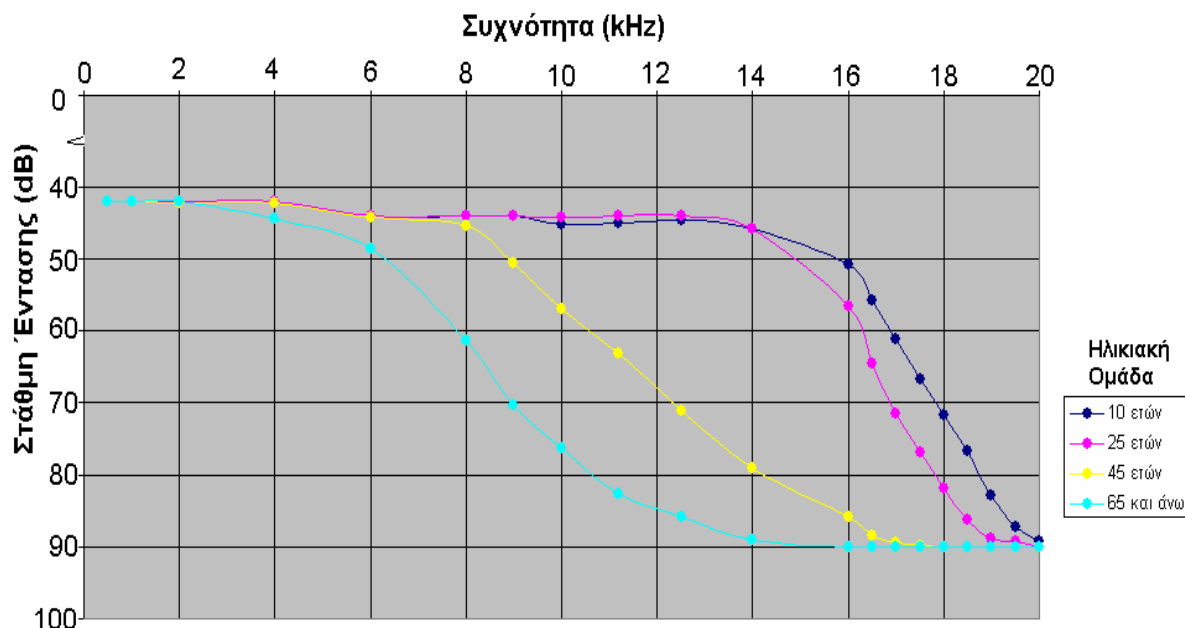


Γράφημα 6: Μέσες τιμές στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνοτήτων από 32Hz έως 8 kHz ανά ηλικιακή ομάδα

Από το γράφημα φαίνεται ότι οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των ηλικιακών ομάδων «10 ετών», «25 ετών» και «45 ετών» είναι μάλλον αμελητέες, αφού οι γραμμές που αναπαριστούν τους μέσους όρους των ομάδων αυτών σχεδόν συμπίπτουν. Αντίθετα, η ηλικιακή ομάδα των «65 ετών και άνω» εμφανίζει ελαφρώς χειρότερες επιδόσεις τόσο για τις πολύ χαμηλές συχνοτήτες (32 έως 250 Hz) του γραφήματος, όσο και για τις πιο υψηλές (4 έως 8 kHz).

Τέλος, στο δεύτερο γράφημα απεικονίζονται οι μέσες τιμές στάθμης έντασης που χρειάστηκαν τα υποκείμενα για την αντίληψη τόνων υψηλότερων συχνοτήτων (από 500 Hz έως 20 kHz), σε σχέση με πριν. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο, με δεδομένο ότι στην παρούσα εργασία εστιάζεται το ενδιαφέρον κυρίως σε υψηλής συχνοτήτας τόνους.





**Γράφημα 7 :** Μέσες τιμές στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνότητας από 500 Hz έως 20 kHz ανά ηλικιακή ομάδα

Από το γράφημα είναι εμφανής η πτωτική τάση της επίδοσης των υποκειμένων όσο η συχνότητα των εξεταζόμενων τόνων γίνεται υψηλότερη. Ωστόσο, η αρχή αυτής της πτωτικής πορείας ξεκινάει σε διαφορετικό σημείο για κάθε ηλικιακή ομάδα. Συγκεκριμένα, πρώτα αρχίζει η πτωτική πορεία της ηλικιακής ομάδας των «65 ετών και άνω» (από τα 4 kHz και πάνω), ακολουθεί η ομάδα των «45 ετών» (από τα 8 kHz και άνω), ενώ πιο αργά ξεκινάει η πτώση για τις ηλικιακές ομάδες των «10 ετών» και «25 ετών». Το κατά πόσον η παρατήρηση αυτή είναι σημαντική, θα εξεταστεί σε επόμενο σημείο της παρουσίασης των αποτελεσμάτων, οπότε και θα γίνει εφαρμογή των κατάλληλων στατιστικών κριτηρίων<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Για την επιλογή των κατάλληλων στατιστικών κριτηρίων χρησιμοποιήθηκε το ακόλουθο σύγγραμμα: Ρούσος, Π. & Τσαούσης, Γ. (2002). *Στατιστική Εφαρμοσμένη στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Αθήνα : Ελληνικά Γράμματα

## 7.2 Έλεγχος της επίδρασης του «εξεταζόμενου αυτιού» στην ικανότητα αντίληψης των τόνων

Οι πληροφορίες σχετικά με το μέσο όρο στάθμης έντασης που χρειάστηκε να έχουν οι τόνοι, προκειμένου τα υποκείμενα να μπορούν να τους αντιληφθούν, σε σχέση με το εξεταζόμενο αυτί, δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Ο πίνακας προέκυψε από τις τιμές που συγκεντρώθηκαν για το σύνολο του δείγματος (120 υποκείμενα)<sup>24</sup>.

Συχνότητα (Hz)	Αυτί	Μέσος Όρος (dB)	Τυπική Απόκλιση
32	Αριστερό	72,80	4,509
	Δεξί	73,03	4,382
63	Αριστερό	57,72	5,703
	Δεξί	58,12	5,916
125	Αριστερό	46,40	3,704
	Δεξί	46,63	3,887
250	Αριστερό	42,69	1,505
	Δεξί	42,77	1,592
500	Αριστερό	42,00	2,562
	Δεξί	42,00	3,134
1000	Αριστερό	42,02	,183
	Δεξί	42,02	,183
2000	Αριστερό	42,03	,257
	Δεξί	42,05	,548
3000	Αριστερό	42,05	,314
	Δεξί	42,00	,000
4000	Αριστερό	42,49	1,624
	Δεξί	42,68	1,932
6000	Αριστερό	45,24	3,548
	Δεξί	45,25	3,381
8000	Αριστερό	48,96	10,807
	Δεξί	48,72	10,240

<sup>24</sup> Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει σημαντική διαφορά των μέσων όρων σε σχέση με το εξεταζόμενο αυτί, για κάθε ηλικιακή ομάδα χωριστά (και όχι μόνο για το σύνολο του δείγματος όπως συνέβη παραπάνω). Ο έλεγχος δεν έδειξε κάποιο στατιστικά σημαντικό στοιχείο. Για λόγους οικονομίας χώρου δεν παρατίθενται οι σχετικοί πίνακες.

9000	Αριστερό	52,03	14,165
	Δεξί	52,26	14,110
10000	Αριστερό	54,77	15,518
	Δεξί	55,71	16,339
11200	Αριστερό	58,03	17,797
	Δεξί	58,68	18,083
12500	Αριστερό	61,04	19,622
	Δεξί	61,37	19,771
14000	Αριστερό	64,40	21,117
	Δεξί	64,90	20,739
16000	Αριστερό	69,52	19,483
	Δεξί	70,77	19,093
16500	Αριστερό	73,96	17,813
	Δεξί	74,70	17,505
17000	Αριστερό	77,15	16,040
	Δεξί	78,04	15,548
17500	Αριστερό	80,39	14,312
	Δεξί	80,85	13,456
18000	Αριστερό	83,55	11,372
	Δεξί	83,39	11,408
18500	Αριστερό	85,91	9,268
	Δεξί	85,73	9,328
19000	Αριστερό	87,79	7,108
	Δεξί	87,89	5,763
19500	Αριστερό	88,78	5,557
	Δεξί	89,13	3,127
20000	Αριστερό	89,43	3,966
	Δεξί	89,83	1,286

**Πίνακας 8 : Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της έρευνας για τους τόνους διαφορετικής συχνότητας που εξετάστηκαν, ανά εξεταζόμενο αυτί**

Από τον πίνακα είναι εμφανές ότι για όλες τις συχνότητες η στάθμη έντασης που χρειάστηκαν τα υποκείμενα προκειμένου να δηλώσουν ότι ακούνε τον τόνο είναι σχεδόν ίδια, τόσο για το δεξί όσο και για το αριστερό αυτί. Η μεγαλύτερη διαφορά σημειώνεται για τη συχνότητα των 16 kHz, οπότε και ο μέσος όρος για το αριστερό αυτί είναι 69,52 dB, ενώ ο αντίστοιχος για το δεξί είναι 70,77 dB. Για όλες τις υπόλοιπες συχνότητες η αντίστοιχη διαφορά δεν υπερβαίνει το 1 dB, στοιχείο που υποδηλώνει ότι η διαφορά αυτή μάλλον μπορεί να χαρακτηριστεί ως αμελητέα.

Το τελευταίο διαπιστώθηκε ύστερα από την εφαρμογή του κατάλληλου στατιστικού κριτηρίου (T-test για ανεξάρτητα δείγματα - independent samples T-test). Με αυτό το κριτήριο συγκρίνονται οι τιμές (μέσοι όροι) που σημειώθηκαν για το δεξί αυτί με εκείνες για το αριστερό αυτί και ελέγχεται το κατά πόσο οι παρατηρούμενες διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές (οφείλονται στην επίδραση της μεταβλητής “εξεταζόμενο αυτί”) ή όχι (αποδίδονται στον παράγοντα τύχη). Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου δίνονται στον πίνακα 1 που παρατίθεται στο παράρτημα της εργασίας. Στον πίνακα αυτό, εξετάζοντας τη στήλη Sig.2 tailed (Στατιστική Σημαντικότητα), διαπιστώνεται ότι όλες οι τιμές είναι ανώτερες του ορίου 0.05<sup>25</sup> ( $p. > .05$ ), στοιχείο που αποδεικνύει ότι οι παρατηρούμενες διαφορές στους μέσους όρους των ομάδων (δεξί αυτί – αριστερό αυτί) δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Με δεδομένο ότι οι διαφορές στις μετρήσεις ανάμεσα στα δύο αυτιά δεν είναι στατιστικά σημαντικές, αποφασίστηκε οι υπόλοιποι στατιστικοί έλεγχοι που ακολουθούν να αφορούν μονάχα το ένα αυτί και συγκεκριμένα το δεξί. Η σύμβαση αυτή γίνεται προκειμένου να εξοικονομηθεί χώρος, αφού ο μη αποκλεισμός του ενός αυτιού (του αριστερού) από τη στατιστική ανάλυση θα σήμαινε διπλάσιο όγκο δεδομένων, χωρίς να προκύπτει κάτι διαφορετικό από αυτό που έδειξε ήδη η ανάλυση για το άλλο αυτί (το δεξί).

### **7.3 Έλεγχος της επίδρασης του «φύλου» στην ικανότητα αντίληψης των τόνων**

Παρακάτω εξετάζεται το κατά πόσον το φύλο των ατόμων επιδρά στην ικανότητά τους να αντιλαμβάνονται τους τόνους. Οι πληροφορίες σχετικά με το μέσο όρο στάθμης έντασης που χρειάστηκε να έχουν οι τόνοι, προκειμένου τα υποκείμενα να μπορούν να τους αντιληφθούν, σε σχέση με το φύλο, δίνονται στον πίνακα και το γράφημα που ακολουθούν.<sup>26</sup>

---

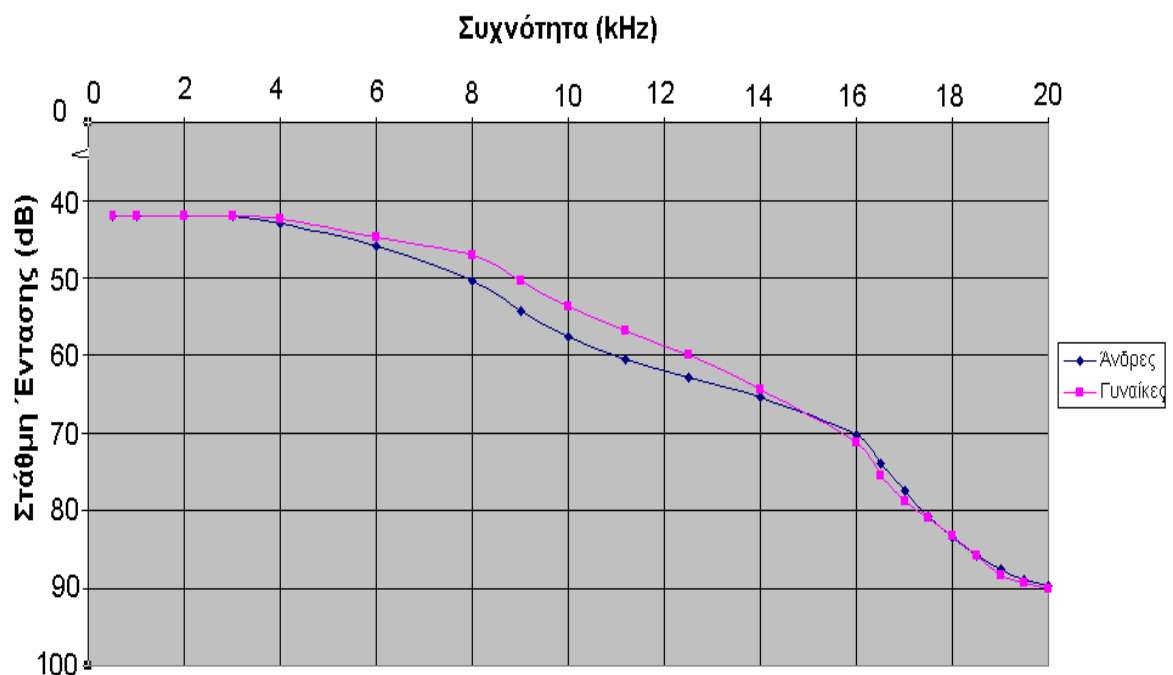
<sup>25</sup> Η τιμή 0,05 είναι το όριο που διαχωρίζει το κατά πόσο οι παρατηρούμενες διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Αν η τιμή είναι χαμηλότερη από 0,05, τότε οι διαφορές αποδίδονται στην επίδραση της εξεταζόμενης μεταβλητής (π.χ. εξεταζόμενο αυτί). Αντίθετα, αν η τιμή είναι υψηλότερη από 0,05 οι διαφορές αποδίδονται στην επίδραση της τύχης (και όχι της μεταβλητής) και δε θεωρούνται στατιστικά σημαντικές.

<sup>26</sup> Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει σημαντική διαφορά των μέσων όρων σε σχέση με το φύλο, για κάθε ηλικιακή ομάδα χωριστά (και όχι για το σύνολο του δείγματος όπως συνέβη παραπάνω). Ο έλεγχος αυτός δεν έδειξε κάποιο στατιστικά σημαντικό στοιχείο.

Συχνότητα (Hz)	Φύλο	Μέσος Όρος (dB)	Τυπική Απόκλιση
32	Αρσενικό	72,92	4,644
	Θηλυκό	73,13	4,139
63	Αρσενικό	58,18	6,080
	Θηλυκό	58,05	5,797
125	Αρσενικό	47,23	4,806
	Θηλυκό	46,02	2,574
250	Αρσενικό	42,97	1,804
	Θηλυκό	42,57	1,332
500	Αρσενικό	42,00	,000
	Θηλυκό	42,00	,000
1000	Αρσενικό	42,03	,258
	Θηλυκό	42,00	,000
2000	Αρσενικό	42,00	,000
	Θηλυκό	42,10	,775
3000	Αρσενικό	42,00	,000
	Θηλυκό	42,00	,000
4000	Αρσενικό	42,95	2,404
	Θηλυκό	42,42	1,266
6000	Αρσενικό	45,82	4,127
	Θηλυκό	44,68	2,318
8000	Αρσενικό	50,33	11,944
	Θηλυκό	47,10	7,970
9000	Αρσενικό	54,20	16,308
	Θηλυκό	50,32	11,311
10000	Αρσενικό	57,63	17,851
	Θηλυκό	53,78	14,570
11200	Αρσενικό	60,47	18,732
	Θηλυκό	56,88	17,382
12500	Αρσενικό	62,90	20,415
	Θηλυκό	59,83	19,153
14000	Αρσενικό	65,32	21,310
	Θηλυκό	64,48	20,322
16000	Αρσενικό	70,23	19,812
	Θηλυκό	71,30	18,498
16500	Αρσενικό	73,95	18,398
	Θηλυκό	75,45	16,686
17000	Αρσενικό	77,38	16,220

	Θηλυκό	78,70	14,955
17500	Αρσενικό	80,67	13,225
	Θηλυκό	81,03	13,793
18000	Αρσενικό	83,43	10,794
	Θηλυκό	83,35	12,081
18500	Αρσενικό	85,72	9,446
	Θηλυκό	85,75	9,288
19000	Αρσενικό	87,48	6,272
	Θηλυκό	88,30	5,225
19500	Αρσενικό	89,00	3,464
	Θηλυκό	89,27	2,773
20000	Αρσενικό	89,67	1,810
	Θηλυκό	90,00	,000

**Πίνακας 9 :** Η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων της έρευνας για τους τόνους διαφορετικής συχνότητας που εξετάστηκαν, σε σχέση με το φύλο



**Γράφημα 8 :** Μέσες τιμές στάθμης έντασης για την αντίληψη τόνων συχνότητας από 500 Hz έως 20 kHz ανά φύλο

Από τον πίνακα και το γράφημα είναι εμφανές ότι για τις περισσότερες συχνότητες η στάθμη έντασης που χρειάστηκαν τα υποκείμενα προκειμένου να δηλώσουν ότι ακούνε τον τόνο είναι παρόμοια, τόσο για τους άνδρες όσο και για τις γυναίκες. Από τον πίνακα προκύπτει σχετική υπεροχή των γυναικών μόνο για την περιοχή συχνοτήτων μεταξύ 8 και 14 kHz. Ωστόσο, η εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου T-test για ανεξάρτητα δείγματα (independent samples T-test), το οποίο

συγκρίνει τους μέσους όρους που σημείωσαν άνδρες και γυναίκες για κάθε εξεταζόμενη συχνότητα, δεν έδειξε να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για καμία από τις συχνότητες αυτές. Το παραπάνω φαίνεται στον πίνακα 2 του παραρτήματος, όπου η στήλη που δείχνει το βαθμό στατιστικής σημαντικότητας (sig.2 tailed) έχει τιμές ανώτερες της κρίσιμης τιμής 0,05.

Το ίδιο προέκυψε όταν έγινε σύγκριση των μέσων όρων που σημείωσαν οι άνδρες και οι γυναίκες για κάθε ηλικιακή ομάδα χωριστά. Μολονότι δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, αξίζει να σημειωθεί ότι στις ηλικιακές ομάδες «45 ετών» και «65 ετών και άνω», οι γυναίκες εμφανίζουν αρκετά χαμηλότερους μέσους όρους (καλύτερη ακουστική ικανότητα) σε σχέση με τους άνδρες για τις συχνότητες από 8 έως 14 kHz. Μάλιστα, σε αρκετές περιπτώσεις, οι διαφορές οριακά δεν κρίθηκαν ως στατιστικά σημαντικές.

Τα παραπάνω ευρήματα οδήγησαν στη λήψη της απόφασης να μην εξετάζεται η επίδραση της μεταβλητής «φύλο» στους υπόλοιπους στατιστικούς ελέγχους της εργασίας.

## **7.4 Έλεγχος της Επίδρασης της «Ηλικίας» στην Ικανότητα Αντίληψης των Τόνων**

### **7.4.1 Προσδιορισμός του Τόνου Ανώτατης Συχνότητας που Γίνεται Αντιληπτός ανά Ηλικιακή Ομάδα**

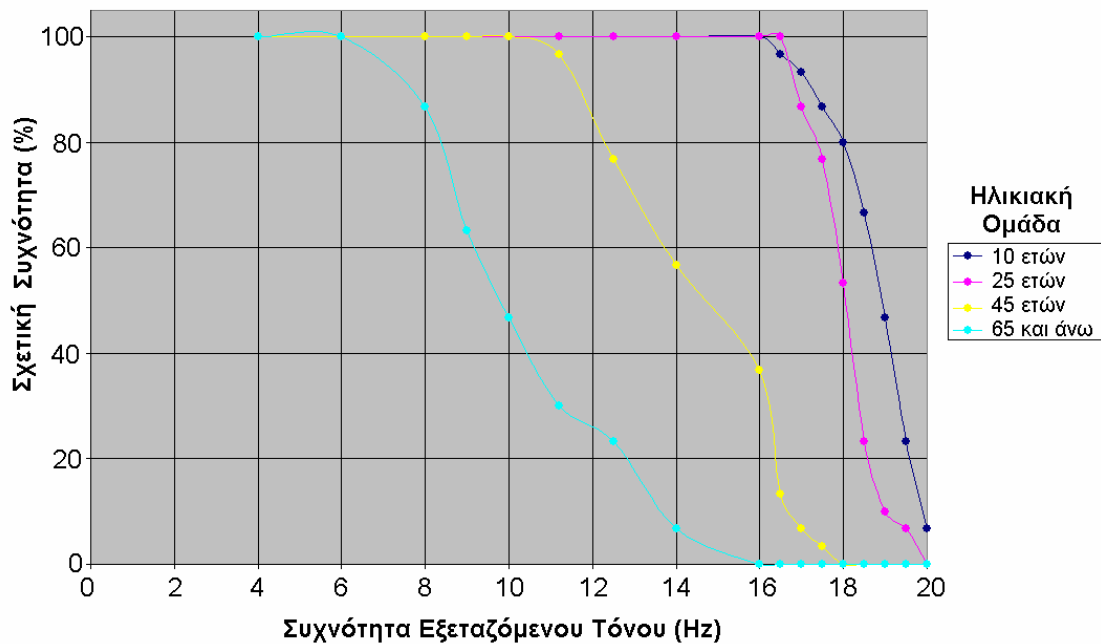
Σε αντίθεση με τους προηγούμενους ελέγχους, εδώ το ενδιαφέρον εστιάζεται αποκλειστικά στο κατά πόσο τα εξεταζόμενα άτομα είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται τόνους συγκεκριμένων συχνοτήτων. Γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστεί ο τόνος ανώτατης συχνότητας που μπορεί να γίνει αντιληπτός από τα άτομα κάθε ηλικιακής ομάδας. Επομένως, δεν εξετάζεται η στάθμη έντασης που χρειάζεται να έχει ένας τόνος για να γίνει αντιληπτός. Η μόνη πληροφορία που χρησιμοποιείται εδώ είναι το αν το κάθε άτομο άκουσε ή όχι τον εξεταζόμενο τόνο.

Αυτό γίνεται κατανοητό από τον πίνακα διπλής εισόδου που ακολουθεί. Οι στήλες του πίνακα αφορούν τη συχνότητα του εξεταζόμενου τόνου, ενώ οι γραμμές του πίνακα αντιστοιχούν στις τέσσερις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες υποκειμένων που εξετάστηκαν. Οι τιμές που δίνονται στα κελιά του πίνακα είναι απόλυτες (N) και σχετικές συχνότητες (%), οι οποίες δείχνουν πόσα από τα εξεταζόμενα άτομα αντιλήφθηκαν τον εξεταζόμενο τόνο. Τον πίνακα ακολουθεί μια γραφική παράσταση όπου δίνονται οι αντίστοιχες πληροφορίες.

Συχνότητα (Hz)		4	6	8	9	10	11,2	12,5	14	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20
Ηλικιακή ομάδα	10	N	30	30	30	30	30	30	30	30	29	28	26	24	20	14	7	2
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96,7	93,3	86,7	80	66,7	46,7	23,3	6,7
25	N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	23	16	7	3	2	0
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86,7	76,7	53,3	23,3	10	6,7	0
45	N	30	30	30	30	30	29	23	17	11	4	2	1	0	0	0	0	0
	%	100	100	100	100	100	96,7	76,7	56,7	36,7	13,3	6,7	3,3	0	0	0	0	0
65	N	30	30	26	19	14	9	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	100	100	86,7	63,3	46,7	30	23,3	6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Πίνακας 10 : Κατανομή συχνότητας (απόλυτη – σχετική) των υποκειμένων της έρευνας ανά ηλικιακή ομάδα, ως προς την ικανότητα αντίληψης τόνων διαφορετικής συχνότητας**





**Γράφημα 9 :** Κατανομή των υποκειμένων ως προς την ικανότητα αντίληψης τόνων διαφορετικής συχνότητας, ανά ηλικιακή ομάδα

Από τον παραπάνω πίνακα και το σχετικό γράφημα μπορούν να γίνουν ορισμένες σημαντικές παρατηρήσεις.

- Από τον πίνακα φαίνεται ποια είναι η συχνότητα στην οποία αρχίζουν τα υποκείμενα κάθε ηλικιακής ομάδας να μην αντιλαμβάνονται ήχο. Οι πρώτες «απώλειες» για την ομάδα των «10 ετών» σημειώνονται στα 16,5 kHz, για την ομάδα των «25 ετών» στα 17 kHz, ενώ η ομάδα των «45 ετών» αρχίζει στα 11,2 kHz να συναντά δυσκολίες. Τα χειρότερα αποτελέσματα εμφανίζει η ομάδα των «65 ετών και άνω», οπότε και από τα 8 kHz υπάρχουν υποκείμενα (4) που δεν ακούνε το συγκεκριμένο τόνο. Θα πρέπει να τονιστεί, ότι τις παραπάνω συχνότητες αδυνατούν να αντιληφθούν ελάχιστα άτομα κάθε ηλικιακής ομάδας, εκείνα με τη χαμηλότερη ακουστική ικανότητα.
- Κάθε ηλικιακή ομάδα φαίνεται να παρουσιάζει ένα ανώτατο όριο ως προς τη υψηλότερη συχνότητα που αντιλαμβάνεται. Αυτό το όριο για την ηλικιακή ομάδα των «10 ετών» είναι η συχνότητα των 20kHz, για την ομάδα των «25 ετών» είναι η συχνότητα των 19,5 kHz, για την ομάδα των «45 ετών» είναι τα 17,5 kHz, ενώ για την ομάδα των «65 ετών και άνω» είναι η συχνότητα των 14 kHz. Αυτό δε σημαίνει ότι όλα τα άτομα της ομάδας είναι σε θέση να ακούσουν τη συγκεκριμένη συχνότητα. Πρόκειται για την υψηλότερη συχνότητα (ακραία τιμή) που αντιλαμβάνονται ένα ή το πολύ δύο άτομα της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας.

- Μία ακόμα ενδιαφέρουσα πληροφορία που μπορεί να εξαχθεί από τον παραπάνω πίνακα, είναι η συχνότητα την οποία περίπου το 50% των υποκειμένων κάθε ηλικιακής ομάδας αδυνατεί να ακούσει. Αυτό συμβαίνει στη συχνότητα των 19kHz για την ομάδα των «10 ετών», στα 18 kHz για την ομάδα των «25 ετών», στα 14 kHz για την ομάδα των «45 ετών» και στα 10 kHz για την ομάδα των «65 ετών και άνω».

Συνοπτικά, οι παραπάνω παρατηρήσεις περιλαμβάνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ηλικιακή Ομάδα	Συχνότητα στην οποία εμφανίζονται οι πρώτες απώλειες (kHz)	Συχνότητα όπου περίπου το 50% των υποκειμένων αδυνατεί να αντιληφθεί (kHz)	Ανώτατη Συχνότητα που γίνεται αντιληπτή (kHz)
10 ετών	16,5	19	20
25 ετών	17	18	19,5
45 ετών	11,2	14	17,5
65 ετών και άνω	8	10	14

**Πίνακας 11 : Προσδιορισμός ορισμένων κρίσιμων συχνοτήτων ανά ηλικιακή ομάδα**

Επόμενο βήμα είναι η εφαρμογή ενός στατιστικού κριτηρίου προκειμένου να διαπιστωθεί το κατά πόσον οι παραπάνω παρατηρήσεις έχουν βάση και είναι στατιστικά σημαντικές. Οι δύο μεταβλητές, με βάση τις οποίες έγιναν οι παραπάνω παρατηρήσεις (ηλικιακή ομάδα , αντίληψη τόνου) είναι κατηγορικές και έχουν 4 κατηγορίες η πρώτη (10, 25, 45, 65 ετών και άνω) και 2 κατηγορίες η δεύτερη (ναι, όχι). Σε αυτές τις περιπτώσεις, χρησιμοποιείται το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  (chi-square) προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι συχνότητες των διαφόρων κατηγοριών προέκυψαν με τυχαίο τρόπο ή αν οφείλονται στη συστηματική επίδραση των παραπάνω μεταβλητών. Με την εφαρμογή του κριτηρίου αυτού θα ξεκαθαρίσει αν τα άτομα κάθε ηλικιακής ομάδας έχουν ίσες πιθανότητες να ακούνε τον τόνο μιας συγκεκριμένης συχνότητας ή αν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις ηλικιακές ομάδες και υπάρχουν κάποιες που συστηματικά ακούνε καλύτερα τους τόνους που εξετάζονται από τις υπόλοιπες ομάδες.

Αρχικά, εφαρμόστηκε το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  για τις συχνότητες από 8 kHz και πάνω, αφού στις χαμηλότερες συχνότητες όλα τα υποκείμενα του δείγματος κατάφεραν να ακούσουν τους τόνους, άρα δεν υπήρχε μεταβλητότητα στα δεδομένα. Από την εφαρμογή του κριτηρίου προκύπτουν δύο πίνακες για κάθε εξεταζόμενη συχνότητα. Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά οι σχετικοί πίνακες για τη συχνότητα των 16 kHz<sup>27</sup>. Στον πρώτο πίνακα αναγράφονται οι συχνότητες που σημειώθηκαν στο

<sup>27</sup> Στο κείμενο της εργασίας παρουσιάζονται ενδεικτικά τα στοιχεία για τη συχνότητα των 16 kHz, καθώς είναι μια από τις συχνότητες που εμφανίζει μεγάλη μεταβλητότητα. Επιπρόσθετα, η παράθεση όλων των

δείγμα καθώς και οι αναμενόμενες συχνότητες που θα έπρεπε να σημειωθούν αν επιδρούσε μόνο ο παράγοντας τύχη. Τέλος, στο δεύτερο πίνακα δίνεται η τιμή του στατιστικού κριτηρίου και ο βαθμός στατιστικής σημαντικότητας της τιμής αυτής.

Crosstab (Ηλικιακή ομάδα \* Συχνότητα 16 kHz)

			<i>Αντίληψη τόνου συχνότητας 16 kHz</i>		Σύνολο
			Ναι	Όχι	
<b>Ηλικιακές ομάδες</b>	10	Παρατηρούμενη Συχνότητα	30	0	30
		Αναμενόμενη Συχνότητα	17,8	12,3	30,0
	25	Παρατηρούμενη Συχνότητα	30	0	30
		Αναμενόμενη Συχνότητα	17,8	12,3	30,0
	45	Παρατηρούμενη Συχνότητα	11	19	30
		Αναμενόμενη Συχνότητα	17,8	12,3	30,0
	65	Παρατηρούμενη Συχνότητα	0	30	30
		Αναμενόμενη Συχνότητα	17,8	12,3	30,0
Σύνολο		Παρατηρούμενη Συχνότητα	71	49	120
		Αναμενόμενη Συχνότητα	71,0	49,0	120,0

**Πίνακας 12 :** Πίνακας διασταύρωσης (cross tabulation) με τις αναμενόμενες και παρατηρούμενες συχνότητες των υποκειμένων ανά ηλικιακή ομάδα ως προς την ικανότητα αντίληψης τόνου συχνότητας 16 kHz

### Chi-Square Tests

	Τιμή	Βαθμοί Ελευθερίας	Στατιστική Σημαντικότητα (sig.)
Pearson Chi-Square	91,164	3	,000
Likelihood Ratio	122,870	3	,000
N of Valid Cases	120		

**Πίνακας 13 :** Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου  $\chi^2$  (chi-square tests)

Από τον πρώτο πίνακα, διαπιστώνουμε ότι για τις ομάδες των «10 ετών» και «25 ετών», η εμφανιζόμενη συχνότητα σε σχέση με την αναμενόμενη είναι αρκετά υψηλότερη. Αντίθετα, για τα άτομα που ανήκουν στις ομάδες των «45 ετών» και «65 ετών και άνω», η εμφανιζόμενη συχνότητα είναι κατώτερη της αναμενόμενης. Αυτό υποδηλώνει ότι υπάρχει επίδραση της μεταβλητής «ηλικιακή ομάδα» στο κατά πόσο είναι σε θέση να αντιληφθούν τον τόνο της συγκεκριμένης συχνότητας, κάτι που μαρτυράει και η τιμή της στήλης «Στατιστική Σημαντικότητα» του δεύτερου πίνακα ( $p=.000<0,05$ ). Συγκεκριμένα, τα νεαρότερα σε ηλικία άτομα, φαίνεται να υπερέχουν σε σχέση με τα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Η παραπάνω διαπίστωση ισχύει και για

---

πίνακων για όλες τις συχνότητες που εξετάστηκαν θα έκαναν το κείμενο της εργασίας δυσανάγνωστο και κουραστικό.

όλες τις συχνότητες που εξετάστηκαν, δηλαδή για τις συχνότητες από τα 8 kHz ως και τα 20 kHz.

Σε επόμενο βήμα, ελέγχθηκαν ως προς τα παραπάνω (με την εφαρμογή του ίδιου στατιστικού κριτηρίου) οι ηλικιακές ομάδες ανά δύο, προκειμένου να διαπιστωθεί ποια ομάδα αντιλαμβάνεται καλύτερα τους εξεταζόμενους τόνους. Από τους ελέγχους αυτούς προέκυψαν τα ακόλουθα<sup>28</sup> :

- Τα άτομα ηλικίας «25 ετών» αδυνατούν να αντιληφθούν τους τόνους συχνότητας 18, 18,5 και 19 kHz πολύ περισσότερο σε σχέση με τα άτομα ηλικίας «10 ετών»
- Τα άτομα ηλικίας «45 ετών» αδυνατούν να αντιληφθούν τους τόνους της περιοχής συχνοτήτων από 12,5 μέχρι 18,5 kHz πολύ περισσότερο σε σχέση με τα άτομα ηλικίας «25 ετών»
- Τα άτομα ηλικίας «65 ετών και άνω» αδυνατούν να αντιληφθούν τους τόνους της περιοχής συχνοτήτων από 8 μέχρι 16,5 kHz πολύ περισσότερο σε σχέση με τα άτομα ηλικίας 45 ετών.

Με βάση τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι όσο αυξάνεται η ηλικία των υποκειμένων, οι διαφορές γίνονται σημαντικότερες και αφορούν μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων. Υπενθυμίζεται ότι οι παραπάνω διαφορές αφορούν στο κατά πόσο τα υποκείμενα είναι σε θέση να αντιληφθούν ή όχι έναν τόνο συγκεκριμένης συχνότητας και δεν έχουν καμία σχέση με την ευκολία με την οποία τα υποκείμενα αντιλαμβάνονται τους τόνους αυτούς.

#### ***7.4.2 Προσδιορισμός της Στάθμης Έντασης που Απαιτείται για την Αντίληψη Τόνων Διαφορετικής Συχνότητας ανά Ηλικιακή Ομάδα***

Ο τελευταίος έλεγχος που γίνεται στο μέρος της παρουσίασης των αποτελεσμάτων είναι το κατά πόσον υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ηλικιακών ομάδων ως προς την ακουστική ικανότητα. Σε αντίθεση με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε προηγουμένως, στον έλεγχο αυτό αξιοποιούνται οι τιμές στάθμης έντασης (σε dB) που χρειάστηκαν τα υποκείμενα προκειμένου να αντιληφθούν τον εξεταζόμενο τόνο. Ήδη από τα γραφήματα 1 και 2, που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι οι ηλικιακές ομάδες διαφοροποιούνται ως προς την επίδοσή τους. Προκειμένου να διαπιστωθεί αν όντως ισχύει κάτι τέτοιο χρησιμοποιήθηκε στατιστικό κριτήριο. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης για ανεξάρτητα δείγματα (ANOVA) μέσω της οποίας

---

<sup>28</sup> Γίνεται αναφορά μόνο σε στατιστικά σημαντικές διαφορές που διαπιστώθηκαν από την εφαρμογή του κριτηρίου

γίνεται διαδοχική σύγκριση των μέσων όρων επίδοσης της μίας ηλικιακής ομάδας με τους μέσους όρους επίδοσης όλων των υπολοίπων.

Η ανάλυση διακύμανσης<sup>29</sup> έδειξε ότι με εξαίρεση τις συχνότητες από 500Hz έως 3 kHz και τη συχνότητα των 20 kHz, οι παρατηρούμενες διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές και επομένως υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την ακουστική ικανότητα των υποκειμένων των τεσσάρων διαφορετικών ηλικιακών ομάδων. Ωστόσο, αυτό το στατιστικό κριτήριο δεν μπορεί να ελέγξει ανάμεσα σε ποιες ηλικιακές ομάδες εντοπίζονται αυτές οι στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αυτός ο έλεγχος γίνεται με τη εφαρμογή του κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni<sup>30</sup>.

Ως προς τους τόνους χαμηλών συχνοτήτων (από 32 έως 250 Hz) διαπιστώνεται ότι η ηλικιακή ομάδα των «65 ετών και άνω» εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες, έχοντας τους υψηλότερους μέσους όρους στάθμης έντασης και επομένως τη χαμηλότερη ακουστική ικανότητα. Αντίθετα, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπόλοιπων τριών ομάδων. Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και για την περιοχή συχνοτήτων από 4 έως 8 kHz.

Για τους τόνους συχνοτήτων μεταξύ 9 και 14 kHz η κατάσταση διαφοροποιείται ελαφρώς. Η ηλικιακή ομάδα των «65 ετών και άνω» συνεχίζει να διαφέρει στατιστικά σημαντικά σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες, έχοντας τους υψηλότερους μέσους όρους. Ωστόσο, στατιστικά σημαντικά υψηλότερους μέσους όρους εμφανίζει και η ηλικιακή ομάδα των «45 ετών» σε σχέση με τις ηλικιακές ομάδες των «10 ετών» και των «25 ετών». Συνοπτικά, για τις συγκεκριμένες συχνότητες, η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων των ηλικιακών ομάδων των «10 ετών» και «25 ετών» είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με εκείνη των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας των «45 ετών», η οποία είναι με τη σειρά της στατιστικά σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με εκείνη των υποκειμένων της ηλικιακής ομάδας των «65 ετών και άνω».

Όσον αφορά την αντίληψη τόνων συχνότητας άνω των 16 kHz, η παραπάνω κατάσταση παραμένει αμετάβλητη, με τη διαφορά ότι πλέον υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων «10 ετών» και «25 ετών», με τα υποκείμενα της πρώτης ομάδας να υπερέχουν ως προς την ακουστική τους ικανότητα.

Τέλος, σημειώνεται ότι από τη συχνότητα των 16 kHz και πάνω, αρχίζουν σταδιακά να εξαφανίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα υποκείμενα των ομάδων «45 ετών» και «65 ετών και άνω» καθώς στο σύνολό τους δεν είναι σε θέση να αντιληφθούν τους συγκεκριμένους τόνους και επομένως δεν υπάρχει διαφορά στους μέσους όρους τους.

---

<sup>29</sup> Ο σχετικός πίνακας με τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του κριτηρίου παρατίθεται στο παράρτημα της εργασίας (πίνακας 3)

<sup>30</sup> Ο σχετικός πίνακας δίνεται στο παράρτημα της εργασίας (πίνακας 4)

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> : Συμπεράσματα - Ερμηνεία

Αν και αναφέρεται στο κεφάλαιο με τους περιορισμούς της έρευνας, σημειώνεται ότι η παράθεση των πορισμάτων της έρευνας που λαμβάνει χώρα στο τρέχον κεφάλαιο δεν αποβλέπει στη γενίκευσή τους στο σύνολο του πληθυσμού από τον οποίο προέκυψε το δείγμα. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν αποκλειστικά τα υποκείμενα του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε και αποτελούν απλώς ενδείξεις που χρήζουν περαιτέρω μελέτης. Στη συνέχεια αναφέρονται τα συμπεράσματα αυτά, τα οποία ουσιαστικά απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στο σχετικό κεφάλαιο :

- Το πρώτο που διαπιστώθηκε ήταν το ότι τα υποκείμενα της έρευνας, ανεξάρτητα από ηλικία, φαίνεται ότι χρειάζονται διαφορετικές στάθμες έντασης για την αντίληψη των τόνων, ανάλογα με τη συχνότητα των τόνων αυτών, κάτι που ήταν αναμενόμενο βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας (*Ahmed, 2001` Gordon-Salant, 2005*) και τις καμπύλες των Fletcher και Manson . Έτσι, για τις πολύ χαμηλές συχνότητες (έως 125 Hz), αλλά και για τις υψηλές συχνότητες (άνω των 8 kHz), οι μέσοι όροι στάθμης έντασης που σημειώθηκαν ήταν υψηλότεροι σε σχέση με εκείνους για τις υπόλοιπες, μεσαίες συχνότητες (περιοχή μεταξύ 250 Hz και 8 kHz που εξετάζονται με το συμβατικό ακοόγραμμα).
- Μολονότι, όλα τα υποκείμενα της έρευνας ήταν σε θέση να αντιληφθούν τους τόνους χαμηλής συχνότητας που χρησιμοποιήθηκαν στο ακοόγραμμα, δε συνέβη το ίδιο για τους τόνους υψηλών συχνοτήτων. Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι το άνω άκρο του ακουστικού φάσματος μεταβάλλεται ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα στην οποία εντάσσονται τα υποκείμενα. Έτσι, η ηλικιακή ομάδα των «65 ετών και άνω» αντιλαμβάνεται περιορισμένο εύρος συχνοτήτων (το άνω άκρο κυμαίνεται από 8 kHz για τη χειρότερη έως 14 kHz στην καλύτερη περίπτωση) σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα των «45 ετών» (το άνω άκρο κυμαίνεται από 11,2 έως 17,5 kHz), η οποία με τη σειρά της υπολείπεται σημαντικά των ηλικιακών ομάδων «10 ετών» και «25 ετών». Οι τελευταίες δύο ομάδες εμφανίζουν το μεγαλύτερο εύρος (άνω άκρο από 16,5 kHz και πάνω) και η μεταξύ τους διαφορά εντοπίζεται μονάχα στις πολύ υψηλές συχνότητες (άνω των 18 kHz) με την ηλικιακή ομάδα των «10 ετών» να υπερέχει της άλλης, έχοντας υποκείμενα που κατάφεραν να αντιληφθούν τον τόνο συχνότητας 20 kHz.

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να συγκριθούν με την έρευνα των Takeda et al (1992) όπου μελετήθηκε το ανώτατο συχνοτικό όριο της ακοής ατόμων διαφορετικών ηλικιών. Σε αυτή διαπιστώθηκε ότι άτομα ηλικίας 10-14 ετών αντιλαμβάνονται από 15,4 στη χειρότερη έως 19,6 kHz στην καλύτερη περίπτωση, εκείνα ηλικίας 25-29 ετών από 13,6 έως 17,6 kHz, άτομα ηλικίας 45-49 ετών από 10 έως 14,5 kHz και τέλος τα άτομα ηλικίας 60-64 ετών από 4,7 έως 11,8 kHz. Μολονότι οι μετρήσεις δε συμπίπτουν απόλυτα, μπορεί να θεωρηθεί ότι η έρευνα των Takeda και των συνεργατών της καταλήγει σε παρόμοιες διαπιστώσεις με την παρούσα έρευνα, επιβεβαιώνοντας το εύρημα ότι το άνω άκρο του ακουστικού φάσματος μεταβάλλεται ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα στην οποία εντάσσονται τα υποκείμενα.

- Πέρα από τις διαφορές στο εύρος συχνοτήτων που αντιλαμβάνονται τα υποκείμενα σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα που ανήκουν, διαφορές εντοπίστηκαν και στη στάθμη έντασης που χρειάζονται προκειμένου να αντιληφθούν τους εξεταζόμενους τόνους. Με εξαίρεση την περιοχή συχνοτήτων μεταξύ των 500 Hz και 3 kHz όπου όλα τα υποκείμενα άκουσαν τους τόνους στη χαμηλότερη στάθμη έντασης, για τις υπόλοιπες συχνότητες η κατάσταση ήταν διαφορετική. Έτσι, για όλες αυτές τις συχνότητες η ηλικιακή ομάδα των «65 ετών και άνω» παρουσιάζει στατιστικά σημαντικά υψηλότερους μέσους όρους στάθμης έντασης (δηλαδή δυσκολία αντίληψης του ήχου) σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τα υποκείμενα της ηλικιακής ομάδα «45 ετών» για τους τόνους συχνότητας μεταξύ 9 και 14 kHz. Αντίθετα, οι διαφορές μεταξύ των ηλικιακών ομάδων «10 ετών» και «25 ετών» είναι μικρότερες και σημειώνονται για τόνους συχνότητας 16 kHz και άνω.

Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται από όλες τις έρευνες που αναφέρθηκαν κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και ερμηνεύεται ως το συνδυαστικό αποτέλεσμα της γήρανσης (πρεσβυακοΐα) και της έκθεσης των υποκειμένων σε θόρυβο κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

- Από τα παραπάνω, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ηλικία των «45 ετών» είναι μια κρίσιμη ηλικία, στην οποία κάνουν την εμφάνισή τους τα πρώτα δείγματα απώλειας ακοής. Η πτώση της ακουστικής ικανότητας επεκτείνεται με αποτέλεσμα στην ηλικία των «65 ετών» να υπάρχουν

υποκείμενα με σοβαρή απώλεια ακοής. Αν και τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως απόδειξη εκδήλωσης πρεσβυακοΐας, προκαλεί ενδιαφέρον και προβληματισμό το γεγονός ότι τα πρώτα συμπτώματα απώλειας ακοής εκδηλώνονται ήδη στην ηλικία των 45 ετών. Το συμπέρασμα αυτό έχει διατυπωθεί και στην έρευνα των *Takeda et al (1992)* όπου διαπιστώθηκε η ύπαρξη ατόμων ηλικίας 40 ετών που ήδη εμφάνιζαν συμπτώματα πρεσβυακοΐας. Τα αποτελέσματα της έρευνας, ουσιαστικά, ενισχύουν τη θέση αρκετών ερευνητών (*Monteiro de Castro Silva & Feitosa, 2006*), που υποστηρίζουν ότι η ακοομετρία υψηλών συχνοτήτων μπορεί να αξιοποιηθεί ως διαγνωστικό μέσο για τον έγκαιρο εντοπισμό αλλαγών στην ευαισθησία του ακουστικού μηχανισμού.

- Ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας αυτής ήταν το κατά πόσον το φύλο των εξεταζόμενων ατόμων επιδρά στην ακουστική τους ικανότητα. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι διαφορές στους μέσους όρους στάθμης έντασης που σημειώθηκαν μεταξύ ανδρών και γυναικών για το σύνολο των εξεταζόμενων τόνων δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Επομένως, φαίνεται ότι δεν υπάρχει επίδραση του παράγοντα «φύλο». Ωστόσο, ύστερα από μελέτη της επίδρασης του παραπάνω παράγοντα για κάθε ηλικιακή ομάδα χωριστά διαπιστώθηκε ότι για τις ηλικιακές ομάδες των «45 ετών» και των «65 ετών και άνω» και για τόνους συχνότητας από 8 έως 14 kHz, οι γυναίκες υπερέχουν σταθερά των ανδρών, σημειώνοντας χαμηλότερους μέσους όρους στάθμης έντασης. Το στοιχείο αυτό, μολονότι οριακά δεν κρίνεται σημαντικό βάσει της στατιστικής ανάλυσης, είναι ενδιαφέρον και ήδη έχει απασχολήσει αντίστοιχες έρευνες.

Σε κάποιες από αυτές έχει διαπιστωθεί οριακή υπεροχή των γυναικών για συγκεκριμένες συχνότητες, χωρίς ωστόσο να έχουν διατυπωθεί ικανοποιητικές ερμηνείες που να μπορούν να εξηγήσουν αυτό το εύρημα. Χαρακτηριστική είναι η έρευνα των *Monteiro de Castro Silva & Feitosa, (2006)* όπου διαπιστώθηκε ότι για τις συχνότητες μεταξύ 3 και 10 kHz, οι γυναίκες σημείωσαν συστηματικά χαμηλότερες τιμές στάθμης έντασης σε σχέση με τους άνδρες. Αντίστοιχα, σε έρευνα των *Schwarze et al (2005)* αναφέρεται ότι ο μέσος όρος απώλειας ακοής (σε dB) για τις γυναίκες είναι μεταξύ 9,6 dB στα 3 kHz και 13,5 dB στα 8 kHz μικρότερος σε σχέση με τον αντίστοιχο μέσο όρο για τους άνδρες του δείγματος, διαφορά η οποία εξαλείφθηκε στη συχνότητα των 11,2 kHz οπότε και η απώλεια ακοής για τις γυναίκες αρχίζει να υπερβαίνει (οριακά) την αντίστοιχη για



τους άνδρες. Υπάρχουν πάντως και έρευνες όπου δεν προκύπτει ουσιαστικά καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φύλων. Μια τέτοια έρευνα είναι εκείνη των *Takeda et al* (1992) όπου η μόνη διαφορά υπέρ των γυναικών σημειώθηκε στην ηλικιακή ομάδα των 60 ετών και άνω, κάτι που συμπίπτει ως ένα βαθμό με τα αποτελέσματα της τρέχουσας έρευνας, όπου διαπιστώθηκε ελαφριά υπεροχή (όχι όμως στατιστικά σημαντική) των γυναικών των ηλικιακών ομάδων «45 ετών» και «65 ετών και άνω».

- Όπως ήταν αναμενόμενο, η ακουστική ικανότητα των υποκειμένων του δείγματος δε βρέθηκε να επηρεάζεται από το εξεταζόμενο αυτί (δεξί ή αριστερό). Μελετώντας τα δεδομένα είναι εύκολο να εντοπιστούν μεμονωμένα άτομα που εμφανίζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των αυτιών (είτε ως προς τη στάθμη έντασης που χρειάζονται για να ακούσουν τον τόνο, είτε ως προς το εύρος συχνοτήτων που αντιλαμβάνονται). Ωστόσο, οι διαφορές αυτές δεν σημειώνονται συστηματικά υπέρ ενός αυτιού, αλλά αντίθετα μοιάζουν να εκδηλώνονται με τυχαίο τρόπο. Έτσι, ουσιαστικά αλληλοεξουδετερώνονται, με αποτέλεσμα στο σύνολο του δείγματος οι διαφορές των μέσων όρων στάθμης έντασης μεταξύ των αυτιών να είναι μηδαμινές και επομένως στατιστικά μη σημαντικές.

## Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup> : Περιορισμοί της έρευνας – Προτάσεις

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε η παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων της έρευνας και διατυπώθηκαν ορισμένα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν μέσα από τις διαδικασίες αυτές. Ωστόσο, ήδη σε διάφορα σημεία του κειμένου έχουν εκφραστεί κάποιοι προβληματισμοί σχετικά με ορισμένες μεθοδολογικές επιλογές που έγιναν, οι οποίες μπορεί και να διαμόρφωσαν ως ένα βαθμό τα αποτελέσματα της έρευνας. Πρόκειται για τους περιορισμούς της έρευνας, στους οποίους και υπόκεινται τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που διατυπώθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η επισήμανση των σημαντικότερων περιορισμών της έρευνας, οι οποίοι μπορεί κάλλιστα να αποτελέσουν αφετηρία προβληματισμού και να δημιουργήσουν ερωτήματα για μελλοντικές έρευνες.

Σε αρχικό στάδιο γίνεται αναφορά σε περιορισμούς που έχουν σχέση με τον τρόπο σύστασης του δείγματος της έρευνας :

- Στην παρούσα έρευνα η επιλογή του δείγματος δεν έγινε με τυχαίο τρόπο, αλλά χρησιμοποιήθηκε περιστασιακό δείγμα. Το στοιχείο αυτό φανερώνει ότι το δείγμα σε καμία περίπτωση δεν είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται. Επομένως, τα συμπεράσματα που διατυπώθηκαν δεν μπορούν να γενικευτούν για το σύνολο του πληθυσμού αυτού.
- Άλλο ένα στοιχείο που συνιστά βασικό περιορισμό της έρευνας είναι το μικρό μέγεθος του δείγματος, που συγκροτείται από τέσσερις πειραματικές ομάδες των 30 ατόμων η καθεμία. Ο μικρός αριθμός των υποκειμένων καθιστά πιθανή την αλλοίωση των αποτελεσμάτων λόγω του παράγοντα τύχη και εξαιτίας κάποιων ιδιαιτεροτήτων που πιθανόν να εμφανίζουν τα υποκείμενα της έρευνας (π.χ. το γεγονός ότι τα περισσότερα υποκείμενα προέρχονται από ένα και μόνο σχολείο).
- Ο αριθμός των 30 ατόμων ανά ομάδα έρευνας θεωρείται ότι είναι οριακός για τη χρήση των συγκεκριμένων στατιστικών κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν, ιδίως στις περιπτώσεις (όπως εδώ) όπου οι διαφορές των μέσων όρων επίδοσης μεταξύ των ομάδων είναι σχετικά μεγάλες. (Ανδρεαδάκης & Βάμβουκας, 2005, 78) Για το λόγο αυτό διατηρούνται ορισμένες επιφυλάξεις ως προς τη γενικευσιμότητα των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή των παραπάνω στατιστικών κριτηρίων.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά σε περιορισμούς που έχουν σχέση με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα :

- Βασικός περιορισμός της έρευνας ήταν η αδυναμία χρήσης ανηχοϊκού θαλάμου, τόσο κατά το στάδιο δημιουργίας των ήχων του ακοογράμματος, όσο και κατά το στάδιο διεξαγωγής της έρευνας. Η επιλογή των χώρων έγινε με προσοχή, ωστόσο σε όλες τις περιπτώσεις υπήρχε θόρυβος βάθους. Έτσι, δεν κατέστη δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ήχοι με στάθμη έντασης χαμηλότερη των 42 dB. Επομένως, για αρκετές συχνότητες δεν ήταν εφικτός ο προσδιορισμός του κατωφλίου ακουστότητας.
- Επιπρόσθετα, τόσο για λόγους ασφάλειας των υποκειμένων της έρευνας (προστασία του αυτιού από δυνατούς ήχους), όσο και για τεχνικούς λόγους, δε χρησιμοποιήθηκαν τόνοι με στάθμη έντασης άνω των 86 dB. Το στοιχείο αυτό, σε συνδυασμό με τον προηγούμενο περιορισμό, οδήγησε σε χρήση ενός περιορισμένου εύρους στάθμης έντασης για κάθε εξεταζόμενη συχνότητα, που κυμάνθηκε μεταξύ των 42 και 86 dB. Ο περιορισμός αυτός είναι περισσότερο εμφανής στα γραφήματα της έρευνας (ακοογράμματα) όπου η μορφή της καμπύλης παρουσιάζει κάποιες αλλοιώσεις, ιδίως στις περιοχές των πολύ υψηλών συχνοτήτων που εξετάστηκαν (16 kHz και άνω) αλλά και σε εκείνη των μεσαίων συχνοτήτων (500 Hz έως 4 kHz).
- Ένας πρόσθετος περιορισμός αφορά το στάδιο δημιουργίας των ήχων, οπότε και δεν κατέστη δυνατή η χρήση μίας κανονικής dummy head για σωστό καλιμπράρισμα. Αντί αυτής, χρησιμοποιήθηκε δείγμα κεφαλής, που ωστόσο δεν πληρούσε τις σχετικές προδιαγραφές.
- Προβληματισμός υπήρξε γύρω από το κατά πόσο τα παιδιά ηλικίας 10 ετών θα ήταν σε θέση να συνεργαστούν και να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Η πλειοψηφία των υποκειμένων δεν έδειξαν να αντιμετωπίζουν πρόβλημα, ωστόσο διατηρούνται ορισμένες επιφυλάξεις ως προς την εγκυρότητα των απαντήσεων που έδωσαν.
- Η απώλεια ακοής λόγω γήρανσης αποτελεί ένα επιστημονικό πεδίο που δεν έχει ερευνηθεί ιδιαίτερα στον ελληνικό χώρο. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκαν αποκλειστικά δεδομένα από έρευνες που διεξήχθησαν στο εξωτερικό. Η πρακτική αυτή εμπεριέχει τον κίνδυνο να υιοθετηθούν μεθοδολογικές επιλογές που είναι αποτελεσματικές για τους πληθυσμούς των ξένων χωρών, αλλά που πιθανόν να μην ανταποκρίνονται

στην ιδιοσυγκρασία των ατόμων που αποτέλεσαν το δείγμα της παρούσας έρευνας.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται οι μελλοντικές έρευνες να αφορούν ένα ευρύτερο φάσμα πληθυσμού, με αντιπροσώπευση περισσότερων ηλικιακών ομάδων. Ταυτόχρονα, χρήσιμος θα ήταν ο έλεγχος της επίδρασης περισσότερων μεταβλητών, πέραν του φύλου και της ηλικίας, όπως είναι ο τρόπος ζωής, οι διατροφικές συνήθειες, το ιατρικό ιστορικό και άλλα στοιχεία. Αυτονόητο είναι ότι τα παραπάνω θα έχουν νόημα μονάχα όταν θα έχει εξασφαλιστεί η ύπαρξη των κατάλληλων εγκαταστάσεων (π.χ. ανηχοϊκός θάλαμος) και του κατάλληλου εξοπλισμού. Τα συμπεράσματα τέτοιων ερευνών θα μπορούσαν να συγκριθούν με εκείνα αντίστοιχων ερευνών του εξωτερικού και να αποτελέσουν βάση για την περαιτέρω ανάπτυξη του ερευνητικού πεδίου της απώλειας ακοής.

Τέλος, με δεδομένο το ότι οι πρώτες απώλειες σημειώνονται σε σχετικά μικρή ηλικία (ήδη στα 45 έτη) και για όχι εξαιρετικά υψηλές συχνότητες, θα ήταν χρήσιμο τα άτομα να εξετάζουν την ακουστική τους ικανότητα και για συχνότητες πέραν από αυτές που χρησιμοποιούνται στο συμβατικό ακούγραμμα (250 Hz έως 8 kHz). Ο έγκαιρος εντοπισμός απωλειών ακόμα και για τόνους που βρίσκονται έξω από τις παραπάνω συχνότητες (και που αφορούν ουσιαστικά την ανθρώπινη ομιλία), θα μπορούσε να αξιοποιηθεί προληπτικά, ώστε το άτομο να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες, προκειμένου να προφυλαχθεί και να σταματήσει ή έστω να καθυστερήσει την επέκταση της απώλειας ακοής στην περιοχή των βασικών συχνοτήτων.

## Βιβλιογραφία

### - Ελληνόγλωσση

- Ανδρεαδάκης, Ν. & Βάμβουκας, Μ. (2005). *Οδηγός για την Εκπόνηση και τη Σύνταξη Γραπτής Ερευνητικής Εργασίας*. Αθήνα : Ατραπός
- Βάμβουκας, Μ. (2002). *Εισαγωγή στην Ψυχοπαιδαγωγική Έρευνα και Μεθοδολογία*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Γκέλης, Δ. (2009). *Πρεσβυακοΐα ή Ωτογήρανση* [μονογραφία]. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.gelis.gr/ΠΡΕΣΒΥΑΚΟΙΑ.html>
- Δανηλίδης, Ι. (2007). Δέκα Χρόνια Εμπειρίας στα Κοχλιακά Εμφυτεύματα. *Ωτορινολαρυγγολογία – Χειρουργική Κεφαλής & Τραχήλου*, 29, 27-31
- Eargle, J. (1999) (μετ. Συμεωνίδου Ε.), *Μουσική Ακουστική Τεχνολογία..* Αθήνα : Ίων
- Ιωάννου, Ι. (1997). *Ακουστική για Ηχολήπτες*. Αθήνα : Ίων
- Κουλούρης, Κ. & Πετρίδης, Α. (1994). *Ηχοτεχνία*. τόμ.1. Αθήνα: Ίων
- Κυριαφίνης, Γ. (2005). *Η αξιολόγηση του αποτελέσματος της κοχλιακής εμφύτευσης σε κωφά άτομα από τη μελέτη των προεγχειρητικών και μετεγχειρητικών παραμέτρων* [διδακτορική διατριβή], Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιατρική Σχολή. Θεσσαλονίκη
- Μονάδα Ειδικής Αγωγής/Κωφών Π.Τ.Δ.Ε. Παν/μίου Πατρών (2006) *Διάγνωση – Αποκατάσταση Βαρηκοΐας. Συμβουλευτική Γονέων και Έγκαιρη Παρέμβαση* [εκπαιδευτικό πακέτο επιμόρφωσης]. Πανεπιστήμιο Πάτρας. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.specialeducation.gr/files/module2.pdf>
- Παπαδάκης, Ν. (2008). *Ψυχοακουστική* [πανεπιστημιακές σημειώσεις]. Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Εαρινό Εξάμηνο 2007-2008. Ρέθυμνο
- Πίτρης, Κ. (2009). *Νευροφυσιολογία και Αισθήσεις : Ακουστικό και αιθουσαίο σύστημα* [πανεπιστημιακή διάλεξη]. Πανεπιστήμιο Κύπρου, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Χειμερινό Εξάμηνο 2008-2009. Λευκωσία
- Ρούσος, Π. & Τσαούσης, Γ. (2002). *Στατιστική Εφαρμοσμένη στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Αθήνα : Ελληνικά Γράμματα

- Σκαρλάτος, Δ. (2005). *Εφαρμοσμένη Ακουστική* (2<sup>η</sup> έκδ.). Πάτρα: Φιλομάθεια
- Υπουργείο Υγείας NNO (2007). *Απόλεια Ακοής και το Μωρό σας : το επόμενο βήμα*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο [www.health.nsw.gov.au](http://www.health.nsw.gov.au)
- Χαντζή, Φ. & Καφετζής, Δ. (2003). Μέση ωτίτιδα με υγρό. Επιδημιολογία, παράγοντες κινδύνου, παθογένεια, δυσμενείς επιπτώσεις, διάγνωση, αντιμετώπιση. *Ιατρική*, 83 (4), 327-337
- Ψηφίδης, Δ. κ.ά. (2007). Ωτοακουστικές εκπομπές προϊόντων ακουστικής παραμόρφωσης (DPOAE) Ιδιότητες και κλινικές εφαρμογές. *Ωτορινολαρυγγολογία – Χειρουργική Κεφαλής & Τραχήλου*, 28, 16-29

### - Ξενόγλωσση

- Ahmed, H. et al (2001). High-Frequency (10-18 kHz) Hearing Thresholds: Reliability, and Effects of Age and Occupational Noise Exposure. *Occupational Medicine*, 51 (4), 245-258
- American Speech-Language-Hearing Association (2005). *Guidelines for Manual Pure-Tone Threshold Audiometry*. Available on [www.asha.org/policy](http://www.asha.org/policy)
- Aras, V. (2003). *Audiometry Techniques, Circuits, and Systems*. [M.Tech. Credit Seminar Report], Electronic Systems Group, EE Dept, IIT Bombay
- Better Health Channel (2010). *Hearing Tests Explained*. Retrieved on 15-05-2010 from [http://www.betterhealth.vic.gov.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/Hearing\\_tests\\_explained?open](http://www.betterhealth.vic.gov.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/Hearing_tests_explained?open)
- British Society of Audiology (BSA) (2004). *Pure Tone Air and Bone Conduction Threshold Audiometry with and without Masking and Determination of Uncomfortable Loudness Levels*. [recommended procedure] Retrieved on 03-08-2010 from <http://www.thebsa.org.uk/docs/RecPro/PTA.pdf>
- Bupa Health Information Team (2009). *Hearing Loss*. Retrieved on 23-06-2010 from [http://hcd2.bupa.co.uk/fact\\_sheets/html/hearing\\_loss.html#3](http://hcd2.bupa.co.uk/fact_sheets/html/hearing_loss.html#3)
- Busis, S. (2006). Presbycusis. In Calhoun K. & Eibling D. (eds) *Geriatric Otolaryngology*. (pp.77-90). New York: Taylor & Francis
- Dalebout, S. (2009). *The Praeger Guide to Hearing and Hearing Loss*. USA: Greenwood Publishing Group

- Feilding, C. (2006). *Auditory Theory: Acoustics and Psychoacoustics* [university textbook] Santa Fe University of Art and Design. College of Santa Fe. New Mexico. Available on [http://www.santafevisions.com/csf/html/acoustics\\_and\\_psychoacoustics/00\\_table\\_of\\_contents.htm](http://www.santafevisions.com/csf/html/acoustics_and_psychoacoustics/00_table_of_contents.htm)
- Franks, J. (2001). Hearing Measurement. In Goetzler, B., Hansen, C. & Sehrndt, G. (eds) *Occupational Exposure to Noise : Evaluation, Prevention and Control*. (pp. 183-233). World Health Organization : Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health
- Gacek, R. & Schuknecht, H. (1969). Pathology of Presbycusis. *International Journal of Audiology*, 8 (2&3), 199-209
- Gates G. et al (2003). Screening for handicapping hearing loss in the elderly. *The Journal of Family Practice*, 52 (1), 56-62
- Gates G. & Mills, J. (2005). Presbycusis. *Lancet*, 366, 1111-1120
- Gordon-Salant, S. (2005). Hearing Loss and Aging: New Research Findings and Clinical Implications, *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42 (4), 9-24
- Helzner, E. et al (2005). Race and Sex Differences in Age-Related Hearing Loss: The Health, Aging and Body Composition Study, *Journal of American Geriatrics Society*, 53, 2119-2127
- Isaacson, J. & Vora, N. (2003). Differential Diagnosis and Treatment of Hearing Loss. *America Family Physician*, 68 (6), 1125-1132
- Ison, J. et al (2010). Closing the Gap Between Neurobiology and Human Presbycusis: Behavioral and Evoked Potential Studies of Age-Related Hearing Loss in Animals Models and in Humans. In Gordon-Salant S. et al (eds) *The Aging Auditory System*. (pp.75-110). New York: Springer
- Lenihan, J. et al (1971). The Threshold of Hearing in School Children. *The Journal of Laryngology & Otology*, 85, 375-385
- Martini, A. & Trevisi, P. (2004). Classification and Epidemiology. In Willems P. (ed.) *Genetic Hearing Loss* (pp.49-64). New York: Marcel Dekker
- Mathers, C. et al (2000). *Global Burden of Hearing Loss in the Year 2000*. Global Burden of Disease, Retrieved on 2-8-2010 from [http://www.who.int/healthinfo/statistics/bod\\_hearingloss.pdf](http://www.who.int/healthinfo/statistics/bod_hearingloss.pdf)

- Monteiro de Castro Silva, I. & Feitosa, M.A. (2006). High-frequency audiometry in young and older adults when conventional audiometry is normal, in *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 72 (5), 665-672
- Pearson, J. et al (1995). Gender Differences in a Longitudinal Study of Age-Associated Hearing Loss, *Journal of Acoustical Society of America*, 97 (2), 1196-1205
- Roeser, R., Valente, M. & Hosford, D. (2007). *Audiology. Diagnosis* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Thieme Medical Publishers Inc.
- Roland, P. (2010). *Inner Ear, Presbycusis*. Retrieved on 28-05-2010 from <http://emedicine.medscape.com/article/855989-overview>
- Sargent, E. (2000). Dermatologic and Sensory Organ Disorders: Hearing Loss. In Beers M. & Jones T. (eds). *The Merck Manual of Geriatrics* (3rd ed.). Available on <http://www.merck.com/mkgr/mmg/home.jsp>
- Sataloff, R. & Sataloff, J. (2005). *Hearing Loss* (4<sup>th</sup> ed.). New York : Taylor & Francis
- Schmiedt, R. (2010). The Physiology of Cochlear Presbycusis in Animals Models and in Humans. In Gordon-Salant S. et al (eds) *The Aging Auditory System*. (pp.9-38). New York: Springer
- Schwarze, S. et al (2005). High Frequency Audiometry and Noise-Induced Hearing Loss – a Contribution to Prevention by Early Diagnosis of a Vulnerable Hearing? Dortmund/Berlin/Dresden : Publication Series from the Federal Institute for Occupational Safety and Health [research report]
- Somma, G. et al (2008). Extended High-Frequency Audiometry and Noise Induced Hearing Loss in Cement Workers. *American Journal of Industrial Medicine*. 51, 452-462
- Sousa, C.S. et al (2009). Risk Factors for Presbycusis in a Socio-Economic Middle-Class Sample. *Braz J. Otorhinolaryngol.*, 75 (4), 530-6
- Takeda, S. et al (1992). Age Variation in the Upper Limit of Hearing, *European Journal of Applied Physiology*, 65, 403-408
- Turkington, C. & Sussman, A. (2004). *The Encyclopedia of Deafness and Hearing Disorders* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Facts On File, Inc



## **Παράρτημα**

**1. Πίνακας αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του κριτηρίου T-test για ανεξάρτητα δείγματα, για τον έλεγχο της επίδρασης της μεταβλητής «εξεταζόμενο αντί»**

		Levene's Test		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
db_32 <sup>1</sup>	E.V.A.*	,128	,721	-,392	238	,695	-,225	,574	-1,356	,906
	E.V.n.A.			-,392	237,806	,695	-,225	,574	-1,356	,906
db_63	E.V.A.	,282	,596	-,533	238	,594	-,400	,750	-1,878	1,078
	E.V.n.A.			-,533	237,682	,594	-,400	,750	-1,878	1,078
db_125	E.V.A.	,373	,542	-,459	238	,647	-,225	,490	-1,191	,741
	E.V.n.A.			-,459	237,449	,647	-,225	,490	-1,191	,741
db_250	E.V.A.	,601	,439	-,375	238	,708	-,075	,200	-,469	,319
	E.V.n.A.			-,375	237,261	,708	-,075	,200	-,469	,319
db_1000	E.V.A.	,000	1,000	,000	238	1,000	,000	,024	-,046	,046
	E.V.n.A.			,000	238,000	1,000	,000	,024	-,046	,046
db_2000	E.V.A.	,385	,535	-,302	238	,763	-,017	,055	-,125	,092
	E.V.n.A.			-,302	169,016	,763	-,017	,055	-,126	,092
db_3000	E.V.A.	12,856	,000	1,747	238	,082	,050	,029	-,006	,106
	E.V.n.A.			1,747	119,000	,083	,050	,029	-,007	,107
db_4000	E.V.A.	2,278	,133	-,832	238	,406	-,192	,230	-,646	,262
	E.V.n.A.			-,832	231,201	,406	-,192	,230	-,646	,262
db_6000	E.V.A.	,014	,907	-,019	238	,985	-,008	,447	-,890	,873
	E.V.n.A.			-,019	237,451	,985	-,008	,447	-,890	,873
db_8000	E.V.A.	,013	,910	,178	238	,859	,242	1,359	-2,436	2,919
	E.V.n.A.			,178	237,312	,859	,242	1,359	-2,436	2,919
db_9000	E.V.A.	,036	,849	-,123	238	,902	-,225	1,825	-3,821	3,371
	E.V.n.A.			-,123	237,996	,902	-,225	1,825	-3,821	3,371
db_10000	E.V.A.	,423	,516	-,458	238	,648	-,942	2,057	-4,994	3,111

	E.V.n.A.			-,458	237,370	,648	-,942	2,057	-4,994	3,111
db_11200	E.V.A.	,141	,708	-,277	238	,782	-,642	2,316	-5,204	3,921
	E.V.n.A.			-,277	237,939	,782	-,642	2,316	-5,204	3,921
db_12500	E.V.A.	,040	,842	-,128	238	,898	-,325	2,543	-5,334	4,684
	E.V.n.A.			-,128	237,986	,898	-,325	2,543	-5,334	4,684
db_14000	E.V.A.	,494	,483	-,185	238	,853	-,500	2,702	-5,823	4,823
	E.V.n.A.			-,185	237,922	,853	-,500	2,702	-5,823	4,823
db_16000	E.V.A.	,617	,433	-,502	238	,616	-1,250	2,490	-6,156	3,656
	E.V.n.A.			-,502	237,903	,616	-1,250	2,490	-6,156	3,656
db_16500	E.V.A.	,058	,810	-,325	238	,745	-,742	2,280	-5,233	3,750
	E.V.n.A.			-,325	237,928	,745	-,742	2,280	-5,233	3,750
db_17000	E.V.A.	,122	,727	-,437	238	,662	-,892	2,039	-4,909	3,126
	E.V.n.A.			-,437	237,770	,662	-,892	2,039	-4,909	3,126
db_17500	E.V.A.	,367	,545	-,256	238	,798	-,458	1,793	-3,991	3,074
	E.V.n.A.			-,256	237,100	,798	-,458	1,793	-3,991	3,075
db_18000	E.V.A.	,002	,966	,108	238	,914	,158	1,470	-2,738	3,055
	E.V.n.A.			,108	237,998	,914	,158	1,470	-2,738	3,055
db_18500	E.V.A.	,155	,694	,146	238	,884	,175	1,200	-2,190	2,540
	E.V.n.A.			,146	237,990	,884	,175	1,200	-2,190	2,540
db_19000	E.V.A.	,094	,760	-,120	238	,905	-,100	,835	-1,746	1,546
	E.V.n.A.			-,120	228,241	,905	-,100	,835	-1,746	1,546
db_19500	E.V.A.	1,708	,192	-,616	238	,539	-,358	,582	-1,505	,788
	E.V.n.A.			-,616	187,505	,539	-,358	,582	-1,507	,790
db_20000	E.V.A.	4,519	,035	-1,051	238	,294	-,400	,381	-1,150	,350
	E.V.n.A.			-1,051	143,738	,295	-,400	,381	-1,152	,352

<sup>1</sup> Η μεταβλητή “db\_32” αναφέρεται στη χαμηλότερη στάθμη έντασης (σε dB) που χρειάστηκε να έχει ο εξεταζόμενος τόνος (συχνότητας 32 Hz) προκειμένου το υποκείμενο να είναι σε θέση να τον αντιληφθεί.

<sup>2</sup> E.V.A. = Equal Variances Assumed (ομοιογένεια διακύμανσης), E.V.n.A. = Equal Variances not Assumed (Ανομοιογένεια διακύμανσης)

**2. Πίνακας αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του κριτηρίου T-test για ανεξάρτητα δείγματα, για τον έλεγχο της επίδρασης της μεταβλητής «φύλο»**

		Levene's Test		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
db_32	E.V.A.	,543	,462	-,270	118	,788	-,217	,803	-1,807	1,374
	E.V.n.A.			-,270	116,471	,788	-,217	,803	-1,807	1,374
db_63	E.V.A.	,102	,750	,123	118	,902	,133	1,085	-2,014	2,281
	E.V.n.A.			,123	117,733	,902	,133	1,085	-2,014	2,281
db_125	E.V.A.	17,161	,000	1,729	118	,086	1,217	,704	-,177	2,610
	E.V.n.A.			1,729	90,281	,087	1,217	,704	-,182	2,615
db_250	E.V.A.	6,880	,010	1,382	118	,170	,400	,289	-,173	,973
	E.V.n.A.			1,382	108,616	,170	,400	,289	-,174	,974
db_1000	E.V.A.	4,139	,044	1,000	118	,319	,033	,033	-,033	,099
	E.V.n.A.			1,000	59,000	,321	,033	,033	-,033	,100
db_2000	E.V.A.	4,139	,044	-1,000	118	,319	-,100	,100	-,298	,098
	E.V.n.A.			-1,000	59,000	,321	-,100	,100	-,300	,100
db_3000	E.V.A.	8,486	,004	1,521	118	,131	,533	,351	-,161	1,228
	E.V.n.A.			1,521	89,403	,132	,533	,351	-,163	1,230
db_4000	E.V.A.	9,514	,003	1,855	118	,066	1,133	,611	-,077	2,343
	E.V.n.A.			1,855	92,851	,067	1,133	,611	-,080	2,347
db_6000	E.V.A.	8,395	,004	1,744	118	,084	3,233	1,854	-,438	6,904
	E.V.n.A.			1,744	102,844	,084	3,233	1,854	-,443	6,910
db_8000	E.V.A.	9,580	,002	1,516	118	,132	3,883	2,562	-1,191	8,957
	E.V.n.A.			1,516	105,099	,133	3,883	2,562	-1,197	8,964
db_9000	E.V.A.	4,754	,031	1,294	118	,198	3,850	2,975	-2,041	9,741
	E.V.n.A.			1,294	113,446	,198	3,850	2,975	-2,043	9,743

db_10000	E.V.A.	1,396	,240	1,086	118	,280	3,583	3,299	-2,950	10,116
	E.V.n.A.			1,086	117,346	,280	3,583	3,299	-2,950	10,117
db_11200	E.V.A.	1,694	,196	,849	118	,398	3,067	3,614	-4,090	10,223
	E.V.n.A.			,849	117,522	,398	3,067	3,614	-4,090	10,223
db_12500	E.V.A.	1,441	,232	,219	118	,827	,833	3,802	-6,695	8,361
	E.V.n.A.			,219	117,735	,827	,833	3,802	-6,695	8,362
db_14000	E.V.A.	1,496	,224	-,305	118	,761	-1,067	3,499	-7,996	5,863
	E.V.n.A.			-,305	117,449	,761	-1,067	3,499	-7,997	5,863
db_16000	E.V.A.	1,407	,238	-,468	118	,641	-1,500	3,207	-7,850	4,850
	E.V.n.A.			-,468	116,892	,641	-1,500	3,207	-7,850	4,850
db_16500	E.V.A.	1,425	,235	-,462	118	,645	-1,317	2,848	-6,957	4,323
	E.V.n.A.			-,462	117,230	,645	-1,317	2,848	-6,957	4,324
db_17000	E.V.A.	,077	,782	-,149	118	,882	-,367	2,467	-5,252	4,518
	E.V.n.A.			-,149	117,792	,882	-,367	2,467	-5,252	4,519
db_17500	E.V.A.	,204	,653	,040	118	,968	,083	2,092	-4,059	4,225
	E.V.n.A.			,040	116,534	,968	,083	2,092	-4,059	4,226
db_18000	E.V.A.	,026	,872	-,019	118	,984	-,033	1,710	-3,420	3,353
	E.V.n.A.			-,019	117,966	,984	-,033	1,710	-3,420	3,353
db_18500	E.V.A.	2,151	,145	-,775	118	,440	-,817	1,054	-2,904	1,270
	E.V.n.A.			-,775	114,269	,440	-,817	1,054	-2,904	1,271
db_19000	E.V.A.	,901	,344	-,465	118	,642	-,267	,573	-1,401	,868
	E.V.n.A.			-,465	112,606	,642	-,267	,573	-1,402	,868
db_19500	E.V.A.	8,730	,004	-1,426	118	,156	-,333	,234	-,796	,129
	E.V.n.A.			-1,426	59,000	,159	-,333	,234	-,801	,134
db_20000	E.V.A.	4,519	,035	-1,051	238	,294	-,400	,381	-1,150	,350
	E.V.n.A.			-1,051	143,738	,295	-,400	,381	-1,152	,352

### 3. Πίνακας αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του κριτηρίου One-Way ANOVA, για τον έλεγχο της επίδρασης της μεταβλητής «ηλικιακής ομάδας»

One-Way ANOVA - Ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης για ανεξάρτητα δείγματα

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
db_32	Between Groups <sup>a</sup>	589,958	3	196,653	13,459	,000
	Within Groups	1694,967	116	14,612		
	Total	2284,925	119			
db_63	Between Groups	1441,167	3	480,389	20,463	,000
	Within Groups	2723,200	116	23,476		
	Total	4164,367	119			
db_125	Between Groups	926,025	3	308,675	41,058	,000
	Within Groups	872,100	116	7,518		
	Total	1798,125	119			
db_250	Between Groups	211,600	3	70,533	91,045	,000
	Within Groups	89,867	116	,775		
	Total	301,467	119			
db_500	Between Groups	,000	3	,000	.	.
	Within Groups	,000	116	,000		
	Total	,000	119			
db_1000	Between Groups	,100	3	,033	1,000	,396
	Within Groups	3,867	116	,033		
	Total	3,967	119			
db_2000	Between Groups	,900	3	,300	1,000	,396
	Within Groups	34,800	116	,300		
	Total	35,700	119			
db_3000	Between Groups	,000	3	,000	.	.
	Within Groups	,000	116	,000		
	Total	,000	119			
db_4000	Between Groups	127,833	3	42,611	15,635	,000
	Within Groups	316,133	116	2,725		
	Total	443,967	119			
db_6000	Between Groups	432,367	3	144,122	18,013	,000
	Within Groups	928,133	116	8,001		
	Total	1360,500	119			
db_8000	Between Groups	6445,900	3	2148,633	41,317	,000
	Within Groups	6032,467	116	52,004		
	Total	12478,367	119			
db_9000	Between Groups	13887,025	3	4629,008	54,759	,000
	Within Groups	9805,967	116	84,534		
	Total	23692,992	119			
db_10000	Between Groups	20125,092	3	6708,364	66,832	,000
	Within Groups	11643,700	116	100,377		
	Total	31768,792	119			
db_11200	Between Groups	29755,292	3	9918,431	125,618	,000
	Within Groups	9159,033	116	78,957		
	Total	38914,325	119			

db_12500	Between Groups	38296,467	3	12765,489	180,203	,000
	Within Groups	8217,400	116	70,840		
	Total	46513,867	119			
db_14000	Between Groups	45190,867	3	15063,622	291,719	,000
	Within Groups	5989,933	116	51,637		
	Total	51180,800	119			
db_16000	Between Groups	35983,800	3	11994,600	188,083	,000
	Within Groups	7397,667	116	63,773		
	Total	43381,467	119			
db_16500	Between Groups	26590,867	3	8863,622	104,127	,000
	Within Groups	9874,333	116	85,124		
	Total	36465,200	119			
db_17000	Between Groups	17927,425	3	5975,808	63,940	,000
	Within Groups	10841,367	116	93,460		
	Total	28768,792	119			
db_17500	Between Groups	11421,167	3	3807,056	43,612	,000
	Within Groups	10126,133	116	87,294		
	Total	21547,300	119			
db_18000	Between Groups	6750,425	3	2250,142	29,878	,000
	Within Groups	8736,167	116	75,312		
	Total	15486,592	119			
db_18500	Between Groups	3586,200	3	1195,400	20,491	,000
	Within Groups	6767,267	116	58,339		
	Total	10353,467	119			
db_19000	Between Groups	1079,425	3	359,808	14,532	,000
	Within Groups	2872,167	116	24,760		
	Total	3951,592	119			
db_19500	Between Groups	154,200	3	51,400	5,905	,001
	Within Groups	1009,667	116	8,704		
	Total	1163,867	119			
db_20000	Between Groups	10,000	3	3,333	2,071	,108
	Within Groups	186,667	116	1,609		
	Total	196,667	119			

<sup>3</sup> Between groups variance = διακύμανση μεταξύ των συνθηκών  
Within groups variance = διακύμανση εντός των ομάδων

**4. Πίνακας αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, για τον έλεγχο της επίδρασης της μεταβλητής «εξεταζόμενο αυτί»**

Εξαρτημένη Μεταβλητή (db για την αντίληψη του τόνου της συγκεκριμένης συχνότητας)	Ηλικιακή Ομάδα (I)	Ηλικιακή Ομάδα (J)	Διαφορά Μέσων Όρων Mean Difference (I-J)	Τυπικό Σφάλμα Std. Error	Στατιστική Σημαντικότητα (Sig.)
db_32	10 ετών	25 ετών	,433	,987	1,000
		45 ετών	-1,467	,987	,840
		65 και άνω	-5,200(*)	,987	,000
	25 ετών	45 ετών	-1,900	,987	,340
		65 και άνω	-5,633(*)	,987	,000
		45 ετών	65 και άνω	-3,733(*)	,987
db_63	10 ετών	25 ετών	-,067	1,251	1,000
		45 ετών	-1,933	1,251	,750
		65 και άνω	-8,467(*)	1,251	,000
	25 ετών	45 ετών	-1,867	1,251	,830
		65 και άνω	-8,400(*)	1,251	,000
		45 ετών	65 και άνω	-6,533(*)	1,251
db_125	10 ετών	25 ετών	,700	,708	1,000
		45 ετών	-,633	,708	1,000
		65 και άνω	-6,300(*)	,708	,000
	25 ετών	45 ετών	-1,333	,708	,373
		65 και άνω	-7,000(*)	,708	,000
		45 ετών	65 και άνω	-5,667(*)	,708
db_250	10 ετών	25 ετών	,000	,227	1,000
		45 ετών	,000	,227	1,000
		65 και άνω	-3,067(*)	,227	,000
	25 ετών	45 ετών	,000	,227	1,000
		65 και άνω	-3,067(*)	,227	,000
		45 ετών	65 και άνω	-3,067(*)	,227
db_1000	10 ετών	25 ετών	,067	,047	,960
		45 ετών	,067	,047	,960
		65 και άνω	,067	,047	,960
	25 ετών	45 ετών	,000	,047	1,000
		65 και άνω	,000	,047	1,000
		45 ετών	65 και άνω	,000	,047
db_2000	10 ετών	25 ετών	,000	,141	1,000
		45 ετών	-,200	,141	,960
		65 και άνω	,000	,141	1,000
	25 ετών	45 ετών	-,200	,141	,960
		65 και άνω	,000	,141	1,000
		45 ετών	65 και άνω	,200	,141
db_4000	10 ετών	25 ετών	-,067	,426	1,000
		45 ετών	-,200	,426	1,000
		65 και άνω	-2,467(*)	,426	,000
	25 ετών	45 ετών	-,133	,426	1,000
		65 και άνω	-2,400(*)	,426	,000
		45 ετών	65 και άνω	-2,267(*)	,426
db_6000	10 ετών	25 ετών	,200	,730	1,000
		45 ετών	-,067	,730	1,000



		65 και άνω	-4,333(*)	,730	,000
	25 ετών	45 ετών	-,267	,730	1,000
		65 και άνω	-4,533(*)	,730	,000
	45 ετών	65 και άνω	-4,267(*)	,730	,000
db_8000	10 ετών	25 ετών	,000	1,862	1,000
		45 ετών	-1,500	1,862	1,000
		65 και άνω	-17,367(*)	1,862	,000
	25 ετών	45 ετών	-1,500	1,862	1,000
		65 και άνω	-17,367(*)	1,862	,000
	45 ετών	65 και άνω	-15,867(*)	1,862	,000
db_9000	10 ετών	25 ετών	,100	2,374	1,000
		45 ετών	-6,533(*)	2,374	,041
		65 και άνω	-26,200(*)	2,374	,000
	25 ετών	45 ετών	-6,633(*)	2,374	,037
		65 και άνω	-26,300(*)	2,374	,000
	45 ετών	65 και άνω	-19,667(*)	2,374	,000
db_10000	10 ετών	25 ετών	1,167	2,587	1,000
		45 ετών	-11,733(*)	2,587	,000
		65 και άνω	-31,067(*)	2,587	,000
	25 ετών	45 ετών	-12,900(*)	2,587	,000
		65 και άνω	-32,233(*)	2,587	,000
	45 ετών	65 και άνω	-19,333(*)	2,587	,000
db_11200	10 ετών	25 ετών	1,033	2,294	1,000
		45 ετών	-18,067(*)	2,294	,000
		65 και άνω	-37,533(*)	2,294	,000
	25 ετών	45 ετών	-19,100(*)	2,294	,000
		65 και άνω	-38,567(*)	2,294	,000
	45 ετών	65 και άνω	-19,467(*)	2,294	,000
db_12500	10 ετών	25 ετών	,567	2,173	1,000
		45 ετών	-26,500(*)	2,173	,000
		65 και άνω	-41,267(*)	2,173	,000
	25 ετών	45 ετών	-27,067(*)	2,173	,000
		65 και άνω	-41,833(*)	2,173	,000
	45 ετών	65 και άνω	-14,767(*)	2,173	,000
db_14000	10 ετών	25 ετών	-,033	1,855	1,000
		45 ετών	-33,200(*)	1,855	,000
		65 και άνω	-43,167(*)	1,855	,000
	25 ετών	45 ετών	-33,167(*)	1,855	,000
		65 και άνω	-43,133(*)	1,855	,000
	45 ετών	65 και άνω	-9,967(*)	1,855	,000
db_16000	10 ετών	25 ετών	-5,733(*)	2,062	,038
		45 ετών	-35,033(*)	2,062	,000
		65 και άνω	-39,233(*)	2,062	,000
	25 ετών	45 ετών	-29,300(*)	2,062	,000
		65 και άνω	-33,500(*)	2,062	,000
	45 ετών	65 και άνω	-4,200	2,062	,264
db_16500	10 ετών	25 ετών	-8,767(*)	2,382	,002
		45 ετών	-32,733(*)	2,382	,000
		65 και άνω	-34,233(*)	2,382	,000
	25 ετών	45 ετών	-23,967(*)	2,382	,000
		65 και άνω	-25,467(*)	2,382	,000

	45 ετών	65 και άνω	-1,500	2,382	1,000
db_17000	10 ετών	25 ετών	-10,367(*)	2,496	,000
		45 ετών	-28,200(*)	2,496	,000
		65 και άνω	-28,800(*)	2,496	,000
	25 ετών	45 ετών	-17,833(*)	2,496	,000
		65 και άνω	-18,433(*)	2,496	,000
	45 ετών	65 και άνω	-,600	2,496	1,000
db_17500	10 ετών	25 ετών	-10,067(*)	2,412	,000
		45 ετών	-23,133(*)	2,412	,000
		65 και άνω	-23,267(*)	2,412	,000
	25 ετών	45 ετών	-13,067(*)	2,412	,000
		65 και άνω	-13,200(*)	2,412	,000
	45 ετών	65 και άνω	-,133	2,412	1,000
db_18000	10 ετών	25 ετών	-10,033(*)	2,241	,000
		45 ετών	-18,233(*)	2,241	,000
		65 και άνω	-18,233(*)	2,241	,000
	25 ετών	45 ετών	-8,200(*)	2,241	,002
		65 και άνω	-8,200(*)	2,241	,002
	45 ετών	65 και άνω	,000	2,241	1,000
db_18500	10 ετών	25 ετών	-9,667(*)	1,972	,000
		45 ετών	-13,367(*)	1,972	,000
		65 και άνω	-13,367(*)	1,972	,000
	25 ετών	45 ετών	-3,700	1,972	,379
		65 και άνω	-3,700	1,972	,379
	45 ετών	65 και άνω	,000	1,972	1,000
db_19000	10 ετών	25 ετών	-6,033(*)	1,285	,000
		45 ετών	-7,233(*)	1,285	,000
		65 και άνω	-7,233(*)	1,285	,000
	25 ετών	45 ετών	-1,200	1,285	1,000
		65 και άνω	-1,200	1,285	1,000
	45 ετών	65 και άνω	,000	1,285	1,000
db_19500	10 ετών	25 ετών	-2,067(*)	,762	,046
		45 ετών	-2,767(*)	,762	,003
		65 και άνω	-2,767(*)	,762	,003
	25 ετών	45 ετών	-,700	,762	1,000
		65 και άνω	-,700	,762	1,000
	45 ετών	65 και άνω	,000	,762	1,000
db_20000	10 ετών	25 ετών	-,667	,328	,265
		45 ετών	-,667	,328	,265
		65 και άνω	-,667	,328	,265
	25 ετών	45 ετών	,000	,328	1,000
		65 και άνω	,000	,328	1,000
	45 ετών	65 και άνω	,000	,328	1,000

\* Η διαφορά μέσων όρων είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο  $p < .05$