



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## Ανασκόπηση Ακουστικής Εκπαίδευσης και Σχεδιασμός Εφαρμογής για την Υποστήριξη της

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ Δ. ΤΖΑΛΑΒΡΑ**

**Επιβλέπων :** Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Συνεπιβλέπουσα :** Ουρανία Πετροπούλου  
ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2020





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## Ανασκόπηση Ακουστικής Εκπαίδευσης και Σχεδιασμός Εφαρμογής για την Υποστήριξη της

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ Δ. ΤΖΑΛΑΒΡΑ**

**Επιβλέπων :** Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Συνεπιβλέπουσα :** Ουρανία Πετροπούλου  
ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 25<sup>η</sup> Ιουνίου 2020

(Υπογραφή)

.....

Δημήτριος-Διονύσιος  
Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....

Γεώργιος Ματσόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....

Παναγιώτης Τσανάκας  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2020

(Υπογραφή)

.....

**Αλέξανδρος Δ. Τζαλαβράς**

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

© 2020 – All rights reserved.

Copyright © Αλέξανδρος Δ. Τζαλαβράς, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αξιολογήθηκε η απόδοση της ακουστικής εκπαίδευσης όσον αφορά τη βελτίωση της ακουστικής ικανότητας ανθρώπων με διαταραχές στο ακουστικό σύστημα. Ως ακουστική εκπαίδευση ορίζεται ένα σύνολο ασκήσεων που στοχεύουν στη βελτίωση των ακουστικών δεξιοτήτων και της γενικότερης επικοινωνίας των ανθρώπων.

Η αξιολόγηση αυτή έλαβε χώρα χωρίζοντας τους ασθενείς σε ομάδες ανάλογα με την πάθηση τους. Αρχικά αναλύονται οι μελέτες που συναντήθηκαν στη βιβλιογραφία ως προς διάφορες παραμέτρους τους. Οι παράμετροι αυτοί είναι: το προφίλ των ασθενών, η διάρκεια της εκπαίδευσης, το βάθος χρόνου της εκπαίδευσης, η φύση της εκπαίδευσης που χρησιμοποιήθηκε, τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της βελτίωσης των ασθενών και η βελτίωση αυτή καθ' αυτή. Στη συνέχεια παρατίθενται συμπεράσματα όσον αφορά την επιτυχία της ακουστικής εκπαίδευσης στη βελτίωση των ακουστικών δεξιοτήτων των ασθενών. Τα συμπεράσματα παρατίθενται κατηγοριοποιημένα ανάλογα με την πάθηση των ασθενών.

Τέλος, αναπτύχθηκε μία εφαρμογή ακουστικής εκπαίδευσης για κινητά τηλέφωνα σε πλατφόρμα Android. Στην εφαρμογή αυτή ενσωματώθηκαν στα Ελληνικά, οι δημοφιλέστερες ασκήσεις ακουστικής εκπαίδευσης που φάνηκε πως έχουν τη μέγιστη απόδοση στη βιβλιογραφία. Για τις ανάγκες της δημιουργήθηκε και ηχογραφήθηκε πληθώρα ερεθισμάτων σύμφωνα με τις μεθοδολογίες που συναντήθηκαν στη βιβλιογραφία, προσαρμοσμένες στην ελληνική γλώσσα. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε σε Android Studio και προορίζεται για χρήση σε Android OS 9.0.

**Λέξεις κλειδιά:** Ακουστική εκπαίδευση, εφαρμογή, ανάπτυξη εφαρμογής, ακουστικές διαταραχές, Android



## **Abstract**

In this diploma thesis, the efficiency of auditory training ameliorating the auditory ability of patients suffering from auditory disorders, was evaluated. Auditory training refers to a set of exercises designed to augment the auditory ability and general communication of individuals.

This evaluation was divided into sections according to the auditory disorder that patients suffered from. Firstly, all bibliography is analyzed based on specific parameters. These parameters include: patient's profile, total training duration, length of training, type of training, tests used to evaluate the efficiency of training and lastly the efficiency itself. Next, conclusions as to whether auditory training succeeds in enhancing patients' auditory ability are presented. These conclusions are presented categorized according to the disorder that patients are suffering from.

Lastly, an Android mobile application was developed, featuring the most frequent auditory training exercises, in Greek, that showed remarkable results according to the bibliography studied. A plethora of stimuli was created and recorded to implement in the application. It was created in Android Studio and intended for use on Android OS 9.0.

**Keywords:** Auditory training, application, application development, auditory disorders, Android





## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα μίας πολύχρονης προσπάθειας. Μετά το πέρας αυτής, νιώθω υποχρεωμένος να ευχαριστήσω όλους εκείνους που στάθηκαν στο πλευρό μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ' όλα την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου, Ελισάβετ και Δημήτρη, χωρίς τη στήριξη των οποίων δε θα κατάφερνα να εκπληρώσω τους στόχους μου. Ήταν αυτοί που μου έδωσαν την αναγκαία ηθική και οικονομική ενίσχυση και το κουράγιο να συνεχίσω και να αποκτήσω τελικά το πτυχίο μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το Δρ. Παναγιώτη Κατρακάζα για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω εκ βαθέων τη Δρ. Ουρανία Πετροπούλου και τον καθηγητή Δημήτριο Κουτσούρη για την πίστη που έδειξαν στο πρόσωπο μου, την καθοδήγηση που μου παρείχαν και τις πολύτιμες συμβουλές τους. Χωρίς τη βοήθεια τους, η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη.



## Πίνακας περιεχομένων

<b>Περιεχόμενα</b> .....	<b>11</b>
<b>Πίνακας Εικόνων</b> .....	<b>12</b>
<b>Κεφάλαιο 1</b> .....	<b>13</b>
1.1 Εισαγωγή .....	13
1.2 Ορολογία .....	15
<b>Κεφάλαιο 2</b> .....	<b>19</b>
2.1 Αξιολόγηση Ακουστικής Εκπαίδευσης .....	19
2.2 Συμπεράσματα Αξιολόγησης .....	84
<b>Κεφάλαιο 3</b> .....	<b>91</b>
3.1 Ανάπτυξη Εφαρμογής.....	91
3.2 Μεθοδολογία Εφαρμογής.....	92
3.3 Διάταξη Εφαρμογής .....	93
3.4 Ασκήσεις Εφαρμογής.....	99
<b>Κεφάλαιο 4</b> .....	<b>115</b>
4.1 Συμπεράσματα.....	115
4.2 Περιορισμοί.....	116
4.3 Μελλοντικές Προτάσεις .....	117
<b>Παράρτημα 1</b> .....	<b>118</b>
<b>Παράρτημα 2</b> .....	<b>129</b>
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>134</b>

## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Διάγραμμα Ροής της Αναζήτησης .....	20
Εικόνα 2: Τμήμα του κώδικα όπου αναγράφεται η έκδοση του λειτουργικού Android.....	91
Εικόνα 3: Χάρτης Εφαρμογής .....	93
Εικόνα 4: Αρχική Οθόνη .....	94
Εικόνα 5: Πληροφορίες.....	95
Εικόνα 6: Ασκήσεις.....	96
Εικόνα 7: Εκλογή Εκφωνητή .....	97
Εικόνα 8: Εκκίνηση Άσκησης.....	98
Εικόνα 9: Στιγμιότυπο 1ης Άσκησης .....	102
Εικόνα 10: Βαθμολογία .....	105
Εικόνα 11: Στιγμιότυπο 2ης Άσκησης .....	106
Εικόνα 12: Στιγμιότυπο 3ης Άσκησης .....	108
Εικόνα 13: Στιγμιότυπο 3ης Άσκησης .....	109
Εικόνα 14: Στιγμιότυπο 5ης Άσκησης .....	113
Εικόνα 15: Στιγμιότυπο 5ης Άσκησης .....	114

# Κεφάλαιο 1

## 1.1 Εισαγωγή

Η συνεχόμενη τεχνολογική πρόοδος, έχει καταστήσει τα ακουστικά βαρηκοΐας και τα κοχλιακά εμφυτεύματα αποτελεσματικά στην ίαση προβλημάτων που σχετίζονται με την απώλεια της ακοής. Παρόλα αυτά, οι συσκευές αυτές δε μπορούν να αντιμετωπίσουν άλλα ακουστικά προβλήματα όπως αυτά που συνδέονται με τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής, τη χρονική επεξεργασία ήχου και διαταραχές όπως τη διαταραχή ακουστικής επεξεργασίας (Auditory Processing Disorder, APD).

Ως ακουστική εκπαίδευση ορίζουμε ένα σύνολο ασκήσεων που στοχεύουν στη βελτίωση της λειτουργίας του ακουστικού συστήματος. Στη βιβλιογραφία μελετάται μεγάλο φάσμα αυτών των ασκήσεων από μουσική εκπαίδευση, εκπαίδευση βασισμένη σε αναγνώριση νοήματος παρουσία θορύβου ή χωρίς, διάκριση μεμονωμένων φωνημάτων και συχνοτήτων μέχρι και διάκριση φωνημάτων στα πλαίσια λέξεων και προτάσεων παρουσία ή μη θορύβου.

Η ακουστική εκπαίδευση έχει προταθεί για χρήση σε παιδιά που πάσχουν από APD. Ασθενείς με APD αντιμετωπίζουν δυσκολία στην κατανόηση ομιλίας παρουσία θορύβου, καθώς και στη διατήρηση της ακουστικής προσοχής για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα. Και οι δύο αυτές παράμετροι μπορούν να εκπαιδευτούν στα πλαίσια μίας ακουστικής εκπαίδευσης [1]. Η αναγνώριση ομιλίας ειδικά σε θορυβώδες περιβάλλον αποτελεί πρόκληση για τους γηραιότερους ανθρώπους ειδικά αν πρόκειται για χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας. Μέσω της ακουστικής εκπαίδευσης μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση της επικοινωνίας, αύξηση της αποτελεσματικότητας των ακουστικών βαρηκοΐας και μία γενικότερη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους [2].

Επειδή ακριβώς η ακουστική εκπαίδευση έχει ως στόχο τη βελτίωση της λειτουργίας του ακουστικού συστήματος, έχει προταθεί η εφαρμογή της σε χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας και κοχλιακών εμφυτευμάτων αλλά και σε άτομα που πάσχουν από ακουστικές διαταραχές [3], [4]. Αυτό καθίσταται δυνατό επειδή ο ενήλικος εγκέφαλος ακόμα και σε γηραιότερους ανθρώπους, διατηρεί το χαρακτηριστικό της πλαστικότητας, δηλαδή την ικανότητα να μεταβάλει τον εαυτό του ανάλογα με την εμπειρία.

Η ακουστική εκπαίδευση εξαιτίας αυτής της πλαστικότητας, μπορεί να οδηγήσει σε λειτουργική και δομική αναδιοργάνωση της ακουστικής νευρικής οδού. Οι αλλαγές αυτές αφορούν την αντικατάσταση μη λειτουργικών νευρώνων, τη δημιουργία νέων συνάψεων ανάμεσα στους νευρώνες, αύξηση του μεγέθους των συνάψεων ώστε να μεγιστοποιηθεί η μεταφορά σήματος καθώς και αύξηση της απελευθέρωσης νευροδιαβιβαστών [5].

Ένα σημαντικό πεδίο έρευνας της γνωσιακής νευροεπιστήμης, είναι η προσπάθεια κατανόησης της νευροπλαστικότητας και πώς αυτή συνδέεται με την εμπειρία, την ηλικία και παθολογικές καταστάσεις.

Τα προγράμματα ακουστικής εκπαίδευσης σκοπεύουν στο να εκμεταλλευτούν αυτή την πλαστικότητα του εγκεφάλου, ώστε να ενισχύσουν τη λειτουργία του μέσω της εκπαίδευσης.

Η επιτυχής κατανόηση της ομιλίας βασίζεται σε bottom-up(αισθητηριακές) και top-down(γνωσιακές) διαδικασίες [6], [7]. Η αναλυτική ή bottom-up εκπαίδευση, δίνει έμφαση στην αναγνώριση μεμονωμένων στοιχείων του ερεθίσματος ενώ η συνθετική (top-down) εκπαίδευση περιλαμβάνει τη βελτίωση γνωσιακών ικανοτήτων. Η αναλυτική προσέγγιση στοχεύει στα δομικά στοιχεία του λόγου και μπορεί να περιλαμβάνει διάκριση ή ταυτοποίηση φωνημάτων και λέξεων. Η συνθετική προσέγγιση απεναντίας, χρησιμοποιεί προτάσεις και παραγράφους για να εκπαιδεύσει τον ακροατή στην εξαγωγή νοήματος χωρίς να εστιάζει σε κάθε μεμονωμένο δομικό στοιχείο του λόγου. Ιδανικά, ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης πρέπει να περιλαμβάνει ένα συνδυασμό των δύο τύπων, προσαρμοσμένο βέβαια στις ανάγκες και ελλείψεις του εκάστοτε ατόμου. Παραδείγματα ασκήσεων ακουστικής εκπαίδευσης αποτελούν : η αναγνώριση μίας λέξης στόχου με παρουσία ή μη θορύβου, η αναγνώριση μεμονωμένων φωνημάτων, η αναγνώριση συχνοτήτων και η μουσική εκπαίδευση.

Ένα από τα ανοιχτά ερωτήματα σχετικά με την ακουστική εκπαίδευση, αφορά το κατά πόσο μία ικανότητα που εκπαιδεύεται σε μία συγκεκριμένη άσκηση βοηθά μια άλλη ικανότητα που είναι προς εκπαίδευση. Δηλαδή το κατά πόσο μεταφέρεται η εκπαίδευση σε διαφορετικού τύπου ικανότητες. Για παράδειγμα είναι βέβαιο πως η εκπαίδευση ενός υποκειμένου στην αναγνώριση συχνοτήτων θα οδηγήσει στη βελτίωση αυτής του της ικανότητας, ωστόσο είναι αβέβαιο το κατά πόσον αυτή η βελτίωση θα οδηγήσει και σε βελτίωση σε άλλες δεξιότητες όπως για παράδειγμα η αναγνώριση φωνημάτων.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής, αναζητήθηκε και μελετήθηκε βιβλιογραφία σχετική με την ακουστική εκπαίδευση με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της, στη βελτίωση της ακουστικής ικανότητας χρηστών με ακουστικά προβλήματα, χρήστες κοχλιακών εμφυτευμάτων

και ακουστικών βαρηκοΐας. Τα υποκείμενα τα οποία δέχθηκαν την ακουστική εκπαίδευση στη βιβλιογραφία που μελετήθηκε ποικίλλουν από παιδιά μέχρι γηραιότερους ασθενείς.

Επιπρόσθετα με βάση τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν σε πληθώρα δημοσιεύσεων και αξιολογήθηκαν ως οι πλέον αποτελεσματικές, αναπτύχθηκε εφαρμογή ακουστικής εκπαίδευσης για κινητά τηλέφωνα στην πλατφόρμα Android για Έλληνες χρήστες.

## **1.2 Ορολογία**

Ακουστική Εκπαίδευση (ΑΕ)

Η εκπαίδευση με ακουστικές ασκήσεις που είναι σχεδιασμένες ώστε να βελτιώνουν τη λειτουργία του ακουστικού συστήματος. [1]

Temporal processing, Χρονική Επεξεργασία

Αναφέρεται στην ικανότητα του ακουστικού συστήματος να κωδικοποιεί τα δυναμικά χαρακτηριστικά ενός ήχου, που σχετίζονται με τη διάρκεια του, μέσα σε ένα χρονικό διάστημα (M). Υπάρχουν 4 υποκατηγορίες του temporal processing : temporal resolution, temporal ordering, temporal integration και temporal masking.

Temporal ordering, Χρονική Διάταξη

Αναφέρεται στην ικανότητα της ακριβούς κατανόησης πολλαπλών ηχητικών σημάτων στην ακριβή σειρά παρουσίασης τους.

Temporal resolution, Χρονική Ανάλυση

Η ικανότητα του ηχητικού συστήματος να αντιδρά σε γρήγορες αλλαγές στο πλάτος

(envelope) του ηχητικού ερεθίσματος. Περιλαμβάνει την ικανότητα της αναγνώρισης διαφορών στα στοιχεία ενός ηχητικού σήματος που σχετίζονται με τη διάρκεια του καθώς και των χρονικών διαστημάτων που μεσολαβούν ανάμεσα στα ερεθίσματα.

Closing skill

Ικανότητα κατανόησης ηχητικού μηνύματος, τμήμα του οποίου λείπει λόγω θορύβου, δηλαδή κάλυψη κενού.

Neural plasticity , Πλαστικότητα Νευρώνων

Η ικανότητα του κεντρικού νευρικού συστήματος να μεταβάλλεται και να ενισχύει τη λειτουργία του, κατόπιν πρόσληψης ερεθίσματος.

Φωνολογική Επίγνωση, Phonological Awareness

Η ικανότητα απομόνωσης και χειρισμού κομματιών του λόγου σε επίπεδο φωνημάτων.

Contralateral Masking, Ετερόπλευρη Επικάλυψη

Στο ένα αυτί παρουσιάζεται ηχητικό ερέθισμα, ενώ στο άλλο θόρυβος προκειμένου να επικαλύψει το συγκεκριμένο ερέθισμα.

Informational Masking

Μια κατηγορία επικάλυψης, στην οποία την παρεμβολή προκαλούν οι πληροφορίες του



θορύβου χωρίς απαραίτητα η ένταση του, να ξεπερνάει την ένταση του ερεθίσματος. Χαρακτηριστική έκφανση είναι οι ταυτόχρονοι ομιλητές.

Categorical Perception, Κατηγορηματική Αντίληψη

Το φαινόμενο κατά το οποίο, σήματα που μεταβάλλονται σε μια συνεχόμενη φυσική κλίμακα, γίνονται αντιληπτά σα να ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο αριθμό διακριτών κατηγοριών. Η αντίληψη δηλαδή για το σήμα μεταπηδά ξαφνικά από μία κατηγορία σε μία άλλη αντί να μεταβάλλεται σταδιακά όπως μεταβάλλεται το σήμα κατά μήκος της φυσικής κλίμακας.

Voice Onset Time, VOT

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την εκφορά ενός κλειστού συμφώνου, μέχρι το ξεκίνημα της δόνησης των φωνητικών χορδών. Παγκόσμια σύνορα του VOT είναι από -30 έως +30ms.

Κλειστά Σύμφωνα

Τα σύμφωνα τα οποία, όταν αρθρώνονται, τα όργανα που συμμετέχουν στην άρθρωσή τους, δημιουργούν απόλυτο κλείσιμο σε κάποιο σημείο της στοματικής κοιλότητας. Το κλείσιμο αυτό διακόπτει προσωρινά την εκπνοή του αέρα. Τη στιγμή αυτή αρθρώνεται το σύμφωνο. Στα κλειστά σύμφωνα ανήκουν τα άηχα p,t,k και τα ηχηρά b,d,g

Auditory Closure	Η ικανότητα κατανόησης ηχητικού μηνύματος όταν τμήμα της ακουστικής πληροφορίας λείπει.
P3a	Μία από τις δύο κυματομορφές P300. εμφανίζεται ανάμεσα στα 200 και 400ms όταν το υποκείμενο εκτεθεί σε μη συχνό τόνο, άσχετο με τη συγκεκριμένη εργασία ή στόχο.
P3b	Μία από τις δύο κυματομορφές P300. εμφανίζεται όταν το υποκείμενο εκτίθεται σε τόνο, ήχο που σχετίζεται με τη συγκεκριμένη εργασία ή στόχο. Αντανακλά ελεγχόμενη στοχοπροσήλωση σε σχετικούς με την εργασία στόχους σε συνθήκες ενεργητικής ακρόασης.
Transfer Appropriate Processing (TAP) theory	Μία θεωρία σύμφωνα με την οποία, η μάθηση εξαρτάται από τη συμβατότητα των ερεθισμάτων κατά την εκπαίδευση και αξιολόγηση.
Auditory Figure – Ground (AFG)	Ο μηχανισμός ακουστικής επεξεργασίας με τον οποίο εξάγουμε ηχητικά ερεθίσματα που μας ενδιαφέρουν από τον περιβάλλοντα θόρυβο.

## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Αξιολόγηση Ακουστικής Εκπαίδευσης

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η αποδοτικότητα της ακουστικής εκπαίδευσης, βασισμένη στη βιβλιογραφία που συλλέχθηκε από τρεις βάσεις δεδομένων. Η ανάλυση αυτή λαμβάνει χώρα εξετάζοντας την επίδραση της ΑΕ σε ασθενείς, ανάλογα με την πάθηση τους.

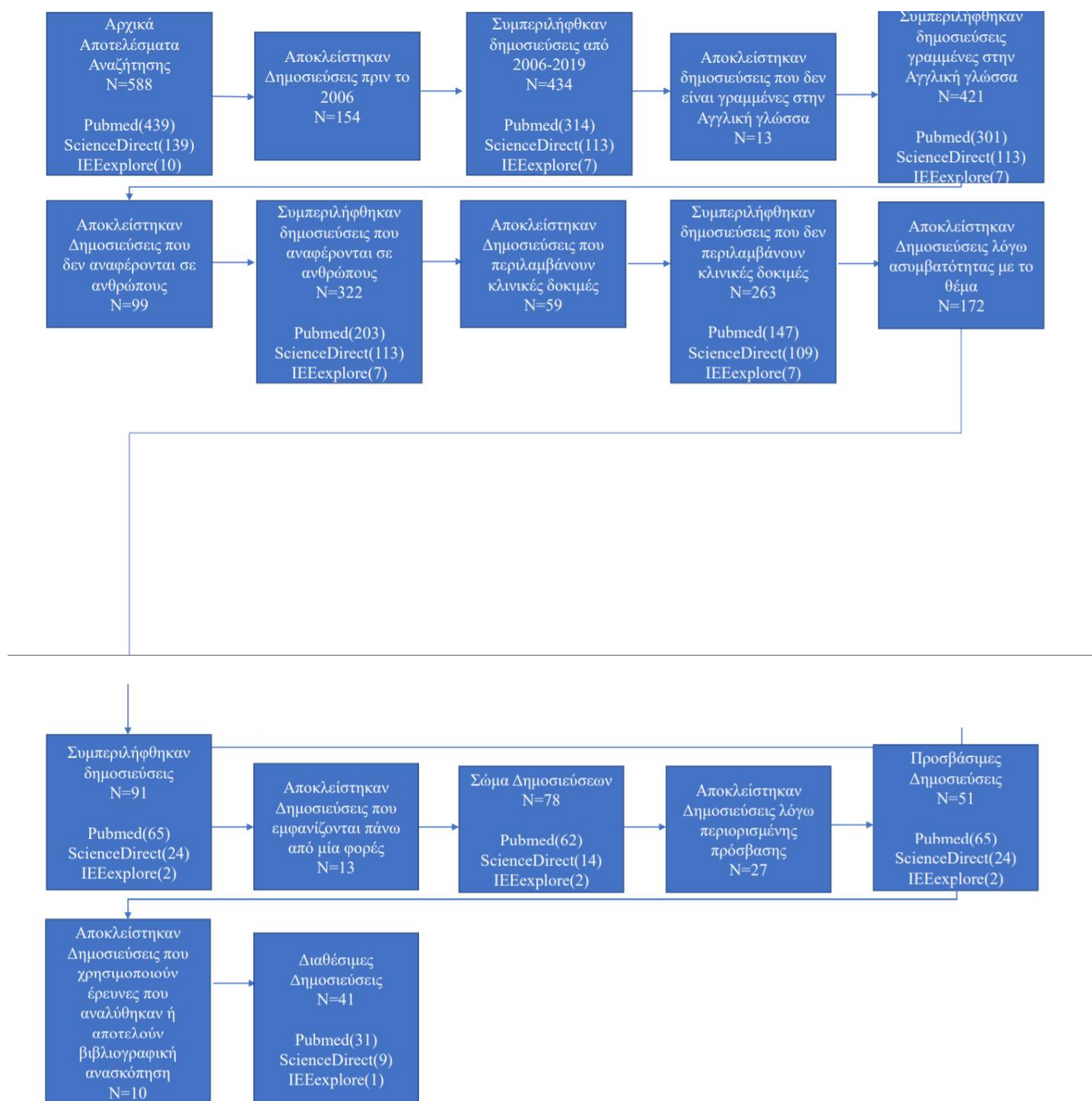
Οι τρεις βάσεις δεδομένων στις οποίες έγινε αναζήτηση είναι οι Pubmed<sup>1</sup>, ScienceDirect<sup>2</sup> και η IEEEExplore<sup>3</sup> και η λέξη κλειδί που χρησιμοποιήθηκε είναι “auditory training”. Παρακάτω παρουσιάζεται διάγραμμα ροής, επεξηγώντας το κάθε βήμα φιλτραρίσματος του συνόλου των αποτελεσμάτων. Η ανάλυση γίνεται σε δύο επίπεδα. Αρχικά παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της κάθε δημοσίευσης ταξινομημένα ανάλογα με την πάθηση των ασθενών και στη συνέχεια παρουσιάζονται συμπεράσματα που προέκυψαν για την αποτελεσματικότητα της ΑΕ ανά ασθένεια.

---

<sup>1</sup> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

<sup>2</sup> <https://www.sciencedirect.com/>

<sup>3</sup> <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>



Εικόνα 1: Διάγραμμα Ροής της Αναζήτησης

## Νευροαισθητήρια Απώλεια Ακοής (Sensorineural hearing loss, SNHL) :

Η [2] εξετάζει την επίδραση δύο διαφορετικών προγραμμάτων ΑΕ και γι' αυτό θα χωριστεί σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος εξετάζονται 14 ασθενείς ηλικίας 61-85 ενώ η ομάδα ελέγχου αποτελείται από 15 ηλικίας 60-88. Η απώλεια ακοής είναι ήπια προς μέτρια και γι' αυτό το λόγο δεν είναι εξοπλισμένοι με ακουστικά βαρηκοΐας. Δεν καθίσταται γνωστή η ένταση και η διάρκεια της ΑΕ. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, ήταν η εκπαίδευση βασισμένη σε λέξεις από το Indiana University (IU) και είναι βασισμένο σε υπολογιστή. Σε αυτή την ΑΕ εκπαιδεύεται η ικανότητα αναγνώρισης λέξεων και προτάσεων. Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση αποτελεσμάτων πριν και μετά την ΑΕ ήταν λέξεις και φράσεις στις οποίες είχαν εκπαιδευτεί οι ασθενείς καθώς και VAST και CID προτάσεις στις οποίες δεν είχαν εκπαιδευτεί. Άλλα τεστ περιλαμβάνουν μέτρηση ίριδας καθώς και νευροαπεικόνιση. Τελικά παρατηρήθηκε αύξηση στην αναγνώριση λέξεων στις οποίες είχαν εκπαιδευτεί οι ασθενείς κατά 18 rationalized arcsine(ra) μονάδες ενώ παρατηρήθηκε γενίκευση του αποτελέσματος με την ικανότητα των ασθενών να αναγνωρίσουν προτάσεις στις οποίες δεν είχαν εκπαιδευτεί και καινούργιους ομιλητές στο ίδιο επίπεδο θορύβου. Δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική βελτίωση για την ομάδα ελέγχου.

Στο δεύτερο μέρος εξετάζονται 24 ασθενείς ηλικίας 54-86 ενώ η ομάδα ελέγχου αποτελείται από 12 ηλικίας 59-82. Η απώλεια ακοής είναι μέτρια προς σοβαρή και γι' αυτό το λόγο οι συγκεκριμένοι ασθενείς κάνουν χρήση ακουστικών βαρηκοΐας. Η εκπαίδευση έγινε μέσα σε 30 ώρες από τη SPATS AE (Speech Perception Assessment and Training System). Σε αυτή την ΑΕ, εκτιμάται το όφελος της εκπαίδευσης με συλλαβές στην αναγνώριση προτάσεων καθώς και η βελτίωση γενικών γνωστικών ικανοτήτων. Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση αποτελεσμάτων πριν και μετά την ΑΕ ήταν τα WIN , QuickSin , CST – A, CST – AV, καθώς και μέτρηση ίριδας και αυτοαξιολόγηση. Τελικά παρατηρήθηκε αύξηση στην αναγνώριση συλλαβών στις οποίες είχαν εκπαιδευτεί τόσο σε ήσυχο όσο και σε θορυβώδες περιβάλλον κατά 8 και 12.6 ra μονάδες αντίστοιχα. Οι περισσότεροι εκπαιδευόμενοι έδειξαν σημαντική βελτίωση ενώ λιγότερη βελτίωση παρατηρήθηκε στο θόρυβο. Καμία σημαντική βελτίωση δεν παρατηρήθηκε για την ομάδα ελέγχου. Όσον αφορά τη γενίκευση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε βελτίωση σε προτάσεις στις οποίες δεν είχαν εκπαιδευτεί.

Συμπερασματικά και για τα δύο μέρη της συγκεκριμένης έρευνας, υπήρχε σημαντική βελτίωση στην αναγνώριση ήχων, λέξεων, προτάσεων και φράσεων στις οποίες οι ασθενείς είχαν εκπαιδευτεί, ενώ υπήρχε περιορισμένη γενίκευση αυτών των αποτελεσμάτων αν και η γενίκευση αυτή εξαρτάται από τον τύπο ομιλίας, τον τύπο του θορύβου καθώς και την επίδοση πριν την ΑΕ.

Στην έρευνα [8] εξετάστηκαν 47 ασθενείς που πάσχουν από SNHL, εξοπλισμένοι με ακουστικά βαρηκοΐας. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, 24 στην ομάδα μακράς εκπαίδευσης (spaced training group, STG), μέσης ηλικίας 64.6 έτη και 23 στην ομάδα βραχείας εκπαίδευσης (massed training group, MTG), μέσης ηλικίας 69.6 έτη.

Όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν 20 συνεδρίες της μίας ώρας. Η ομάδα MTG ολοκλήρωνε δύο συνεδρίες τη μέρα, για πέντε μέρες τη βδομάδα, για δύο εβδομάδες ενώ η ομάδα STG ολοκλήρωνε μια συνεδρία τη φορά, δύο φορές την εβδομάδα για 10 εβδομάδες. Κάθε συνεδρία περιλάμβανε πέντε εκπαιδευτικές δραστηριότητες από την cLEAR (customized Listening Exercises for Aural Rehabilitation) ΑΕ. Τέσσερις από τις πέντε εκπαιδευτικές δραστηριότητες περιλάμβαναν την αναγνώριση ενός ηχητικού ερεθίσματος – στόχου, παρουσία θορύβου που προκαλούνταν από έξι ομιλητές. Ο θόρυβος είχε πάντα ένταση 62dB. Η ένταση της ομιλίας – στόχου προσαρμοζόταν μετά από κάθε δοκιμή ανάλογα με την επίδοση του ακροατή χρησιμοποιώντας μια δύο – κάτω, ένα – πάνω διαδικασία, ώστε να διατηρήσει την επίδοση στο 71% στην πρώτη απόκριση για κάθε δοκιμή. Η πρώτη δραστηριότητα απαιτούσε από τους ασθενείς να ταυτοποιήσουν μια λέξη που άκουγαν και να επιλέξουν την κατάλληλη εικόνα, ανάμεσα από τέσσερις διαθέσιμες επιλογές, που ταίριαζε καλύτερα με τη λέξη. Στη δεύτερη δραστηριότητα, παρουσιάζονταν ηχητικά ζεύγη λέξεων και οι ασθενείς έπρεπε να διαχωρίσουν και να επιλέξουν μια εικόνα που να ταιριάζει, ξανά από τέσσερις διαθέσιμες επιλογές. Στην τρίτη δραστηριότητα, οι συμμετέχοντες άκουγαν μια πρόταση από την οποία έλειπε η τελευταία λέξη και στη συνέχεια έπρεπε να επιλέξουν την κατάλληλη, μέσα από τέσσερις επιλογές που εμφανίζονταν οπτικά, που να ταιριάζει νοηματικά. Στην τέταρτη δραστηριότητα, οι ασθενείς άκουγαν μια πρόταση και στη συνέχεια έπρεπε να επιλέξουν ανάμεσα σε τρεις προτάσεις που παρουσιάζονταν οπτικά, εκείνη που καλύτερα συνδυαζόταν με την αρχική. Η τελευταία δραστηριότητα απαιτούσε από τους ασθενείς, αρχικά να ακούσουν μια παράγραφο αποτελούμενη από πέντε προτάσεις και στη συνέχεια να μεταβάλλουν τη σειρά των πέντε προτάσεων που τους παρουσιάζονταν σε μπερδεμένη σειρά, οπτικά, μέχρι να είναι στην ίδια διάταξη που αρχικά παρουσιάστηκαν στην παράγραφο. επιτρεπόταν στους ασθενείς να ακούνε κάθε πρόταση και να αναδιατάσσουν την απάντησή τους όσες φορές επιθυμούσαν.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές. Πριν την εκπαίδευση (T0), αμέσως μετά την εκπαίδευση (T1) και τρεις μήνες μετά την T1. Η αξιολόγηση έγινε χρησιμοποιώντας τεστ παρόμοιας φύσης με την εκπαίδευση που δέχτηκαν τα υποκείμενα (transfer appropriate processing, TAP) καθώς και με ένα αντικειμενικό τεστ, το BAS (build a

sentence). Το TAP πακέτο αξιολόγησης περιλάμβανε τέσσερα τεστ : ταυτοποίηση λέξης, διαχωρισμός με τέσσερις επιλογές, κάλυψη κενού και περιεχόμενο πρότασης. Για την αξιολόγηση, η ένταση της ομιλίας – στόχου τέθηκε στα 60dB και παρέμεινε σταθερή, ενώ ο θόρυβος των έξι ομιλητών τέθηκε στα 62dB. Το BAS τεστ χρησιμοποιήθηκε για να ερευνηθεί, το κατά πόσον τα οφέλη της εκπαίδευσης διατηρήθηκαν σε διαφορετικού τύπου εργασίες και διαφορετικό ομιλητή. Το τεστ αυτό περιλαμβάνει 36 ουσιαστικά τοποθετημένα τυχαία σε μια από τέσσερις δυνατές προτάσεις. ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να επαναλάβουν δυνατά την πρόταση που άκουσαν ενώ οι βαθμοί που αποκτούσαν ήταν ανάλογοι με τον αριθμό των λέξεων που ταυτοποίησαν.

Η ΑΕ οδήγησε σε βελτίωση της επίδοσης και στα τέσσερα TAP τεστ. Τα περισσότερα από αυτά τα οφέλη διατηρήθηκαν και τρεις μήνες μετά το πέρας της ΑΕ. Τα οφέλη που αποκτήθηκαν από την ΑΕ ήταν αντίστοιχα και για τις δύο ομάδες που τη δέχτηκαν, τόσο στη χρονική στιγμή T1, όσο και στην T2. Άρα η εκπαίδευση οδήγησε σε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα τόσο στα TAP τεστ όσο και στο BAS, ανεξάρτητα από το αν η εκπαίδευση ήταν μακράς η βραχείας διάρκειας.

Φυσικά, είναι πιθανό μια μακράς διάρκειας εκπαίδευση, στην οποία η κάθε συνεδρία απέχει ακόμα περισσότερο χρόνο από την επόμενη να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα. Το ίδιο ισχύει και για την εκπαίδευση βραχείας διάρκειας, για παράδειγμα ένας ασθενής που εκπαιδεύεται για οχτώ ώρες ίσως βιώσει κόπωση και άνοια και δε λάβει τα απαραίτητα οφέλη της εκπαίδευσης. Η έλλειψη αποκλειστικού οφέλους από τη μακράς διάρκειας εκπαίδευση, κάτι που έχει παρατηρηθεί στη βιβλιογραφία για άλλου τύπου μάθηση, μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως, αυτού του τύπου η εκπαίδευση δεν έχει διαφορετικά αποτελέσματα στη βελτίωση της αναγνώρισης ομιλίας και ίσως και σε άλλες μορφές της αντιληπτικής εκμάθησης (perceptual learning).

Μια εκδοχή για την έλλειψη διαφορών στα αποτελέσματα από τις δύο μορφές εκπαίδευσης, είναι πως οι ασθενείς ωφελήθηκαν για διαφορετικούς λόγους από την καθεμία και τελικά έφτασαν σε κοινό σημείο επίδοσης. Όσον αφορά εργασίες που απαιτούν πολλή εξάσκηση, η εκπαίδευση βραχείας διάρκειας ίσως είναι αποτελεσματικότερη διότι υπάρχει η ανάγκη για συνεχόμενη έκθεση στα ερεθίσματα και ανατροφοδότηση. Άλλη εκδοχή για την έλλειψη διαφορών είναι η ηλικία των συμμετεχόντων, που ήταν όλοι γηραιότεροι ενήλικες, κάτι που καταδεικνύει την ανάγκη για διεξαγωγή αντίστοιχης έρευνας με νεότερους ασθενείς.

Συμπερασματικά, η ΑΕ οδήγησε σε σημαντική βελτίωση στην αναγνώριση ομιλίας, υπογραμμίζοντας τη σημασία ΑΕ που να στοχεύει στο νόημα (meaning oriented). Υπάρχουν δύο

λόγοι που ενισχύουν την πεποίθηση πως η ΑΕ οδήγησε σε βελτίωση της κατανόησης ομιλίας και γενίκευση του αποτελέσματος. πρώτον, αν η βελτίωση στα TAP τεστ οφείλονταν απλά στην εκμάθηση και στην εξάσκηση με τις εργασίες, τότε θα υπήρχε αποκλειστικό όφελος από τη μακράς διάρκειας εκπαίδευσης, διότι η βιβλιογραφία έχει δείξει πως αυτό συμβαίνει σε γνωστικές εργασίες. δεύτερον, η ΑΕ οδήγησε σε σημαντική βελτίωση στο BAS τεστ, το οποίο δε συμπεριλαμβάνονταν στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Στην έρευνα [9] εξετάζονται εννέα ασθενείς ηλικίας από 60 έως 84 έτη, που πάσχουν από SNHL, άπειροι χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας (G2). Συμμετέχουν επίσης οχτώ υποκείμενα ηλικίας από 66 έως 81 έτη ως ομάδα ελέγχου (G1).

Τα υποκείμενα της G2 εκπαιδεύτηκαν από μουσική ακουστική εκπαίδευση (MAT), σε εβδομαδιαίες συνεδρίες διάρκειας 75 λεπτών για επτά εβδομάδες. Η MAT αποτελούνταν από επτά DVD, στα όποια εκπαιδεύονται η χρονική ανάλυση και η χρονική διάταξη, η επιλεκτική προσοχή, η κατανόηση ορχηστρικών ήχων σε θόρυβο, η αναγνώριση συχνότητας και διάρκειας ήχου, κατευθυνόμενη ακρόαση, ρυθμός και η ικανότητα εξαγωγής νοήματος από ελλιπείς ακουστικές πληροφορίες. Εκτός από αυτά, η εκπαίδευση στόχευε και στη βελτίωση της μνήμης προσοχής και της work memory. Επίσης, τα υποκείμενα ενθαρρύνονταν, μετά το πέρας κάθε συνεδρίας, να αναφέρουν διαφορές και δυσκολίες που παρατήρησαν στην εκπαίδευση.

Η αξιολόγηση έλαβε χώρα πριν και μετά την MAT, μέσω του SSW τεστ. Το τεστ αυτό, αποτελούνταν από διχωτική παρουσίαση 30 αντικειμένων, που το καθένα περιείχε δύο ζευγάρια δυσύλλαβων παροξύτων λέξεων. κατά τη διάρκεια του τεστ, μια λέξη παρουσιάζονταν στο ένα αυτί χωρίς ανταγωνισμό, στη συνέχεια δύο λέξεις ταυτόχρονα και τέλος μια λέξη στο άλλο αυτί χωρίς ανταγωνισμό, στα 30dB. Σκοπός των υποκειμένων ήταν η αναγνώριση και η επανάληψη των λέξεων. Με βάση την παρουσίαση των λέξεων, τα ερεθίσματα χωρίστηκαν σε κατηγορίες : όχι ανταγωνισμός στο δεξί αυτί (NCR), ανταγωνισμός στο δεξί αυτί (CR), όχι ανταγωνισμός στο αριστερό αυτί (NCL), ανταγωνισμός στο αριστερό αυτί (CL). Παράλειψη, αντικατάσταση η διαστρέβλωση μιας λέξης θεωρούνταν λάθος. Η προσθήκη ή η αφαίρεση φωνήματος, καθώς και η καθυστέρηση απόκρισης δε θεωρούνταν ως λάθη.

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση μόνο στη G2, ωστόσο και η G1 παρουσίασε βελτίωση αλλά όχι σημαντική. Η σημαντική βελτίωση της G2, παρατηρήθηκε μόνο στα ερεθίσματα που αφορούσαν CR και NCL και όχι για τα NCR και CL. Αυτή η παρατήρηση, είναι σύμφωνη με τη βιβλιογραφία όπου η ακουστική πληροφορία που προσλαμβάνεται από το δεξί αυτί και επεξεργάζεται από το αριστερό ημισφαίριο, αναλύεται και οργανώνεται καλύτερα σε σχέση με



την πληροφορία που προσλαμβάνεται από το αριστερό αυτί, πρέπει να περάσει από το δεξί ημισφαίριο πριν μεταδοθεί στο αριστερό ημισφαίριο όπου και αναλυθεί.

Συμπερασματικά τα υποκείμενα της ομάδας που δέχτηκε ΑΕ, παρουσίασαν καλύτερες επιδόσεις σε όλες τις εκφάνσεις του τεστ σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, κάτι που καταδεικνύει τη σημασία της ΑΕ και τη συνεισφορά της στη βελτίωση της επικοινωνίας των γηραιότερων ανθρώπων που φορούν ακουστικά βαρηκοΐας.

Στους περιορισμούς της έρευνας, αναφέρεται ο μικρός αριθμός δείγματος.

Στην έρευνα [10] εξετάζονται 27 παιδιά κάτω των έξι ετών, που πάσχουν από SNHL, εξοπλισμένα με ακουστικά βαρηκοΐας.

Τα παιδιά αυτά εξετάζονται όσον αφορά τις γλωσσικές τους ικανότητες, τις ικανότητες παραγωγής λόγου και το λεξιλόγιο τους. Με βάση αυτή την αξιολόγηση, χωρίζονται σε ομάδες των τεσσάρων έως 6 παιδιών και συμμετέχουν εβδομαδιαία σε πρόγραμμα ακουστικής αποκατάστασης και εκπαίδευσης για τουλάχιστον 18 μήνες. Στην εβδομαδιαία συνεδρία, αφιερώνονται 45 λεπτά σε ΑΕ, 50 λεπτά σε ομαδική συζήτηση και 15 λεπτά σε ατομική εκπαίδευση ενώ η υπόλοιπη ομάδα απασχολείται από κάποιο βοηθό με παιχνίδια και κατασκευές.

Η αξιολόγηση των ασθενών στις ικανότητες που αναφέρθηκαν και πριν την ΑΕ, επαναλαμβάνεται κάθε έξι μήνες. Στην αρχική αξιολόγηση, η ακοή των 20 παιδιών ήταν πολύ μειωμένη και δεν άκουγαν κανένα ήχο. Μετά από έξι μήνες εκπαίδευσης, τα 20 αυτά παιδιά ήταν σε θέση να διακρίνουν με συνέπεια ήχους, δύο παιδιά μπορούσαν να διακρίνουν αλλά όχι με συνέπεια και πέντε παιδιά ήταν σε θέση να αναγνωρίζουν ήχους. Στους 18 μήνες, 14 παιδιά ήταν σε θέση να αναγνωρίζουν ομιλία και έξι παιδιά ήταν σε θέση να την κατανοούν. Στην αρχική αξιολόγηση, 21 παιδιά δε μπορούσαν να παράγουν καθόλου ομιλία. μετά από έξι μήνες τα 21 αυτά παιδιά είχαν τη δυνατότητα να μιμούνται ήχους ομιλίας. δύο παιδιά δε βελτιώθηκαν ενώ τέσσερα έφτασαν σε πρωταρχικό επίπεδο παραγωγής λόγου. μετά από 18 μήνες, 16 παιδιά ήταν σε θέση να παράγουν αυθόρμητα λόγο, ενώ τα υπόλοιπα 11 παιδιά ήταν σε πρωταρχικό στάδιο. παρατηρήθηκε επίσης μετά από 18 μήνες, σταδιακή αύξηση του χρησιμοποιούμενου λεξιλογίου σε 100 λέξεις.

Συμπερασματικά, στην παρούσα έρευνα φάνηκε, πως ανεξάρτητα με το πόσο προβληματική ακοή έχουν κάποια παιδιά, οι επιδόσεις τους στην κατανόηση και παραγωγή λόγου μπορούν να βελτιωθούν όταν εξοπλιστούν με κατάλληλα ακουστικά βαρηκοΐας και κατόπιν έντονης, τακτικής ακουστικής αποκατάστασης, σημαντική συνιστώσα της οποίας είναι η ΑΕ.

Στους περιορισμούς της έρευνας, θα αναφέρουμε πως η ακουστική αποκατάσταση λάμβανε χώρα μόνο μια φορά την εβδομάδα.

Στην έρευνα [11] εξετάστηκαν επτά υποκείμενα ηλικίας από 16 έως 60 έτη που έπασχαν από SNHL, εξοπλισμένοι με ακουστικά βαρηκοΐας με εμπειρία στη συσκευή τους για τουλάχιστον τρεις μήνες. Άλλα επτά υποκείμενα συμμετείχαν σε ομάδα ελέγχου.

Η επίσημη ΑΕ που έλαβαν τα υποκείμενα ήταν βασισμένη στη “Dichotic Interaural Intensity Difference (DIID) και αποτελούνταν από συνεδρίες των 60 λεπτών δύο φορές την εβδομάδα για τέσσερις εβδομάδες. Όλες οι συνεδρίες έλαβαν χώρα με τα ακουστικά βαρηκοΐας των υποκειμένων, ενώ το SNR των ερεθισμάτων μεταβάλλονταν από θετικές (ευκολότερες) σε αρνητικές (δυσκολότερες) τιμές στις δραστηριότητες με θόρυβο. Σε δραστηριότητες που αφορούσαν ακρόαση από το ένα αυτί, όπως η εκπαίδευση χρονικής επεξεργασίας, η ένταση του ερεθίσματος παρέμενε σταθερή. Οι δραστηριότητες της ΑΕ περιλάμβαναν, κατανόηση προτάσεων, ψηφίων, επανάληψη λέξεων και ακουστικών ερεθισμάτων. Το αριστερό και το δεξί αυτί εκπαιδεύτηκαν χωριστά ώστε να ληφθεί υπόψιν τυχούσα ασυμμετρία ακοής. Η ένταση του ερεθίσματος ήταν σταθερή στην εκπαίδευση του κάθε αυτιού ενώ ο ετερόπλευρος θόρυβος αυξάνονταν και ο ασθενής καλούνταν να προσέχει στο ερέθισμα που παρουσιάζονταν στο αυτί υπό εκπαίδευση αγνοώντας το θόρυβο. Απαιτούνταν από τους ασθενείς ποσοστό της τάξης του 70% σωστών απαντήσεων για να προαχθούν στην επόμενη δραστηριότητα. Μετά το πέρας κάθε συνεδρίας, τα υποκείμενα συζητούσαν την επίδοσή τους με τον εξεταστή εστιάζοντας στις σωστές απαντήσεις τους.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα πριν και μετά την ΑΕ. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτροφυσιολογικά τεστ, το “Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit” (APHAB) που είναι ένα ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης και συμπεριφορικά τεστ. Σε αυτά περιλαμβάνονταν τα NVSM, VSMT, ένα τεστ στο οποίο οι ασθενείς καλούνταν να επαναλάβουν συλλαβές σε διαφορές ακολουθίες, εντοπισμός ήχου, αναγνώριση λέξεων όπου ο ασθενής καλούνταν να επαναλάβει λέξεις που άκουγε από δύο λίστες 25 λέξεων. Περιλαμβάνονταν επίσης αναγνώριση λέξεων σε θόρυβο όπου 25 μονοσύλλαβες λέξεις παρουσιάζονταν σε κάθε αυτί παρουσία ομόπλευρου θορύβου χρησιμοποιώντας θόρυβο με SNR στα +5dB, ενώ ο ασθενής καλούνταν να επαναλάβει τις λέξεις που άκουγε. τέλος χρησιμοποιήθηκε το “Synthetic Sentence Identification” (SSI) τεστ σε συνθήκες διχωτικής ακρόασης και ακρόασης από το ένα αυτί καθώς και το “Dichotic Digits” τεστ (DDT). όσον αφορά το ηλεκτροφυσιολογικό τεστ, μετρήθηκαν τα

πλάτη και οι καθυστερήσεις των κυματομορφών N1, P1, N2, P2 και P3. Για την ανίχνευση αυτών, οι ασθενείς εκτέθηκαν σε συχνό και σπάνιο ακουστικό ερέθισμα σε συχνότητες 1000Hz και 2000Hz αντίστοιχα με πιθανότητα εμφάνισης ερεθίσματος στα 80% για το συχνό και 20% για το σπάνιο. Η ένταση μεταβάλλονταν από 70 έως 85dB. Οι καθυστερήσεις των N1 P2 N2 ανιχνεύονταν με βάση τα σπάνια ερεθίσματα. Αφαιρώντας τις ανιχνεύσεις από τα σπάνια από τις ανιχνεύσεις από τα συχνά λαμβάνονταν η κυματομορφή P3.

Όσον αφορά την ομάδα ελέγχου, δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά στην επίδοση στις δύο αξιολογήσεις εκτός από το SSI – ICM τεστ στα SNR -10db και -15dB όπου υπήρχε βελτίωση στη δεύτερη αξιολόγηση. όσον αφορά την ομάδα εκπαίδευσης υπήρχαν σημαντικές βελτιώσεις της τάξης του 70% σε όλα τα τεστ κατόπιν ΑΕ. Η επίδοση τους στη δεύτερη αξιολόγηση ήταν σε επίπεδα ενηλίκων με φυσιολογική ακοή. όσον αφορά το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, για την ομάδα ελέγχου παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση στην καθυστέρηση του P2 και μια σημαντική μείωση στην καθυστέρηση του N2 σε σχέση με την πρώτη αξιολόγηση. Για την ομάδα εκπαίδευσης, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην καθυστέρηση της P3 κυματομορφής. Η μείωση της καθυστέρησης στα προκλητά δυναμικά έχει περιγραφεί σαν μια νευροφυσιολογική συσχέτιση για νευρωνική πλαστικότητα. όσον αφορά το ερωτηματολόγιο, δεν υπήρχε καμία διαφορά ανάμεσα στις δύο αξιολογήσεις για την ομάδα ελέγχου ενώ παρατηρήθηκε τάση για σημαντική βελτίωση στην ομάδα εκπαίδευσης ειδικά για τις κατηγορίες του θορύβου και της αντήχησης και λιγότερη έκφραση παραπόνων για δυσκολίες στην καθημερινή ζωή.

Συμπερασματικά, φάνηκε πως γενίκευση της βελτίωσης από την ΑΕ είναι πιθανή, καθώς υπήρξε βελτίωση σε δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν μόνο σε τεστ στην αξιολόγηση και όχι στην εκπαίδευση, όπως ο εντοπισμός ήχου, η ομιλία σε θόρυβο και τα NVSM, VSMT. στόχος κάθε ΑΕ πρέπει να είναι η βελτίωση της επικοινωνίας σε περιβάλλον με θόρυβο καθώς τέτοιες καταστάσεις αποτελούν τον κανόνα στην καθημερινή ζωή.

Στην έρευνα [12] που είναι double blind, εξετάζονται 13 άτομα, ηλικίας 60 έως 74 ετών, που πάσχουν από μέτρια έως έντονη SNHL και στα δύο αυτιά. Οι ασθενείς έγιναν χρήστες ακουστικού βαρηκοΐας τους τελευταίους τρεις μήνες. Χωρίστηκαν σε ομάδα εκπαίδευσης (TG), στην οποία συμμετείχαν έξι ασθενείς και σε ομάδα ελέγχου (CG) στην οποία συμμετείχαν 7 ασθενείς.

Οι ασθενείς της TG υποβλήθηκαν σε επίσημη ΑΕ για επτά εβδομαδιαίες συνεδρίες διάρκειας 50 λεπτών η καθεμία. Τα γλωσσικά και μη γλωσσικά ερεθίσματα, παρουσιάζονταν σε

συγκεκριμένη ένταση ενώ ο θόρυβος, όπου υπήρχε, μεταβάλλονταν δημιουργώντας έτσι μεταβλητό SNR. Στις πρώτες έξι συνεδρίες, οι ασθενείς παρουσιάζονταν με ερεθίσματα παρουσία θορύβου μόνο στο ένα αυτί μεταβάλλοντας το SNR από θετικές προς αρνητικές τιμές. Στην τελευταία συνεδρία τα ερεθίσματα παρουσιάστηκαν και στα δύο αυτιά. Οι ασκήσεις στις οποίες συμμετείχαν περιλάμβαναν την αναγνώριση φράσεων, ψηφίων και μη γλωσσικών ερεθισμάτων σε θόρυβο.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές, πριν την ΑΕ (T0), αμέσως μετά το πέρας της ΑΕ (T1) και τέσσερις εβδομάδες μετά το πέρας της ΑΕ (T2). Για τις αξιολογήσεις χρησιμοποιήθηκε το τεστ της “Αναγνώρισης Προτάσεων σε Θόρυβο” (SPRN), το “Speech Recognition Index” τεστ (SRI), “Speech Test with White Noise” (STWN) και το Hearing Handicap Inventory for the Elderly (HHIE).

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές σε κανένα τεστ για τα δύο αυτιά. Υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα αποτελέσματα της TG στις τρεις αξιολογήσεις. παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση κατόπιν ΑΕ στα SRPI και SWWN με τις επιδόσεις να φτάνουν στα 87% και 82.33% αντίστοιχα, επιδόσεις που είναι εντός των φυσιολογικών ορίων. Παρατηρήθηκε επίσης σημαντική βελτίωση για το SRI, οι επιδόσεις εκεί όμως δεν έφτασαν τα φυσιολογικά επίπεδα. Όσον αφορά την υποκειμενική ανάλυση, με βάση το HHIE ερωτηματολόγιο, παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση στην υποκειμενική θεώρηση της αναπηρίας (από 55.67% σε 21.33%) στη δεύτερη αξιολόγηση ενώ στην τρίτη η θεώρηση έφτασε κάτω από 16%. Δηλαδή, οι ασθενείς δε θεωρούσαν πως βιώνουν κάποια δυσκολία εξαιτίας της απώλειας ακοής τους. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές από τη δεύτερη στην τρίτη αξιολόγηση, εκτός από μια μικρή βελτίωση στην τελευταία. όσον αφορά τη CG, οι επιδόσεις στα SRPI, SWWN παρέμειναν σταθερές και στις τρεις αξιολογήσεις ενώ η ικανότητα αναγνώρισης ομιλίας σε θόρυβο μειώθηκε κατά την τρίτη αξιολόγηση. Δεν παρατηρήθηκε επίσης σημαντική αλλαγή στα αποτελέσματα της αυτοαξιολόγησης για τη CG. Συνολικά, φάνηκε πως η TG είχε καλύτερες επιδόσεις στην αναγνώριση ομιλίας σε θόρυβο και ησυχία από τη CG στη δεύτερη και τρίτη αξιολόγηση.

Συμπερασματικά, η επίσημη ΑΕ συνέβαλε στη βελτίωση της ικανότητας αναγνώρισης ομιλίας τόσο σε ήσυχο όσο και σε θορυβώδες περιβάλλον αλλά και στην εξάλειψη υποκειμενικής θεώρησης της αναπηρίας. παρατηρήθηκε επίσης, με βάση τις επιδόσεις της CG, πως η απλή εφαρμογή ακουστικών βαρηκοΐας δεν προσφέρει ιδανική προσαρμογή του ακουστικού συστήματος και βελτίωση ικανότητας κατανόησης ομιλίας. Καταλήγοντας, η εξόπλιση με ακουστικά βαρηκοΐας, πρέπει να συνοδεύεται από κάποια ΑΕ, είτε επίσημη είτε ανεπίσημη ώστε

να διδάξει στον ασθενή πως να αντιμετωπίζει τους νέους ενισχυμένους ήχους και ακόμα σημαντικότερο, τη νέα διαδικασία επεξεργασίας ήχων.

### **Προγλωσσική Κώφωση(<4 έτη) :**

Στην έρευνα [13] εξετάζονται 30 ασθενείς ηλικίας 14.5 – 33 με κοχλιακό εμφύτευμα. Όλοι οι ασθενείς έχουν στο ιστορικό τους χρόνια και συνεχόμενη χρήση ακουστικών βαρηκοΐας πριν την εμφύτευση. Οι 30 ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 15 ατόμων. Και στις δύο ομάδες το 40% των ασθενών πάσχει από σοβαρή έως πολύ έντονη κώφωση ενώ το 60% από πολύ έντονη κώφωση, τη στιγμή της εμφύτευσης. Και οι δύο ομάδες έλαβαν τη συνηθισμένη θεραπεία για ασθενείς που κάνουν κοχλιακή εμφύτευση. Η μια ομάδα όμως έλαβε επιπλέον ΑΕ, μίας ώρας την εβδομάδα για έξι μήνες αμέσως μετά την εμφύτευση. Η εκπαίδευση έγινε με μία μορφή του Arabic Rehabilitation Therapy program, το οποίο χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό σύνθετης (top down, δηλαδή εστιάζει στην κατανόηση ενός μηνύματος μέσω επικοινωνιακών τεχνικών, όπως η βελτιωμένη ακρόαση, παρακολούθηση και χρήση του συγγενούς νοήματος) και αναλυτικής(bottom up, εστιάζει στην αναγνώριση συγκεκριμένων ήχων και λέξεων) προσέγγισης ενώ διατηρεί την ουσία των τεσσάρων επιπέδων της αποκατάστασης(ανίχνευση, διαχωρισμός, ταυτοποίηση και κατανόηση των ήχων της ομιλίας). Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση αποτελεσμάτων πριν την εμφύτευση καθώς και 3,6,12 και 18 μήνες μετά από αυτή είναι το MAC τεστ καθώς και το Speech Intelligibility Rating scale (SIR) για το πόσο κατανοητή είναι η ομιλία των ασθενών. Σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε και στις δύο ομάδες ανάμεσα στην αξιολόγηση πριν και μετά την εμφύτευση. Όσον αφορά το διαχωρισμό δυσύλλαβων λέξεων υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο ομάδες υπέρ της ομάδας της ΑΕ μετά την τρίμηνη αξιολόγηση. Όσον αφορά την αναγνώριση δυσύλλαβων λέξεων, ταυτοποίηση προτάσεων και αναγνώριση προτάσεων υψηλού νοήματος, υπήρξε σημαντική διαφορά υπέρ της ομάδας της ΑΕ μόνο στην αξιολόγηση κατά το 18 μήνα. Για την αξιολόγηση της ομιλίας των ασθενών, τρεις κριτές συμμετείχαν, οι οποίοι εκτέθηκαν σε ομιλία των ασθενών για οικεία προς αυτούς θέματα. Οι κριτές κάνοντας χρήση του SIR βαθμολόγησαν τους ασθενείς. Η διαφορά της μέσης βαθμολογίας των κριτών ανάμεσα στις δύο ομάδες ήταν σημαντική υπέρ της ομάδας της ΑΕ.

Συμπερασματικά, η θετική επίδραση έντονης ΑΕ ήταν εμφανής σε τρεις παραμέτρους, 1) αναγνώριση δυσύλλαβων λέξεων, 2) ταυτοποίηση προτάσεων και 3) αναγνώριση προτάσεων υψηλού νοήματος. Αναφέρεται επίσης ότι οι ενήλικες διατηρούν νευροπλαστικότητα

(neuroplasticity), όπου η δραστηριότητα του εγκεφάλου αλλάζει ως συνέπεια ακουστικής εκπαίδευσης. Φαίνεται πως υπάρχει μια υποβόσκουσα γλωσσική σύνδεση ανάμεσα στην κατανόηση και την παραγωγή λόγου. Μέσω της ακουστικής εκπαίδευσης, τα υποκείμενα μαθαίνουν να χρησιμοποιούν ακουστικές πληροφορίες για τη βελτίωση της εκφοράς λόγου. Μέσω αυτής της βελτίωσης, βελτιώνεται και η κατανόηση λόγου. Για να συμβεί αυτό φαίνεται πως χρειάζεται παρατεταμένη ΑΕ με έμφαση στην αναλυτική προσέγγιση. Τελικά η έρευνα καταλήγει ότι εντατική ΑΕ μπορεί να βελτιώσει ακουστικές ικανότητες και κατανόηση ομιλίας σε ασθενείς τέτοιου τύπου.

Στην έρευνα [14] εξετάζονται 10 παιδιά, εκ γενετής κωφά, τρία εξοπλισμένα με ακουστικά βαρηκοϊας και επτά χρήστες κοχλιακού εμφυτεύματος. Τα υποκείμενα ήταν τουλάχιστον πέντε ετών και τουλάχιστον χρήστες της αντίστοιχης συσκευής τους για δύο μήνες.

Τα υποκείμενα εκπαιδεύτηκαν στο σπίτι με αυτοσχέδια ΑΕ, βασισμένη σε υπολογιστή για 30 λεπτά τη μέρα, πέντε μέρες την εβδομάδα για 10 συνεχόμενες εβδομάδες. Το υλικό εκπαίδευσης αποτελούνταν από περισσότερες από 1200 μονοσύλλαβες λέξεις, όπου καθεμία εκφέρονταν από δύο αρσενικούς και δύο θηλυκούς ομιλητές. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε, ανέλυσε για κάθε υποκείμενο τα αποτελέσματα από τα τεστ πριν την ΑΕ και δημιούργησε ένα στοχευμένο πρόγραμμα ΑΕ. Για τα υποκείμενα με τη χαμηλότερη απόδοση, η εκπαίδευση ξεκίνησε με μια διαδικασία διαχωρισμού με τρεις επιλογές (3AFC) στην οποία, τρεις ήχοι παρουσιάζονταν διαδοχικά. Οι δύο εκ των τριών ήταν όμοιοι και ο τρίτος διαφορετικός. Τα υποκείμενα καλούνταν να επιλέξουν ποιος ήταν διαφορετικός. αρχικά, υπήρξαν μεγάλες διαφορές (όσον αφορά χαρακτηριστικά ακουστικής ομιλίας) ανάμεσα στα φωνήματα τους. όσο η επίδοση αυξάνονταν (περισσότερες από 80% σωστές απαντήσεις για δεδομένο επίπεδο δυσκολίας), η διαφορά ανάμεσα στα φωνήματα μικραίνει. Για τα φωνήεντα, τα χαρακτηριστικά ακουστικής ομιλίας περιλάμβαναν την πρώτη και δεύτερη formant frequencies (F1, F2) και τη διάρκεια. Για τα σύμφωνα, περιλάμβαναν φωνή, τρόπο και άρθρωση. Τα υποκείμενα εκπαιδεύτηκαν στο να ταυτοποιούν τα τελικά φωνήεντα. Σε αυτή την εκπαίδευση, διέφεραν μόνο τα τελικά φωνήεντα ανάμεσα στις διαθέσιμες επιλογές ενώ τα αρχικά σύμφωνα και ο τόνος παρέμεναν τα ίδια. Τα υποκείμενα καλούνταν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο απαντήσεις που διέφεραν πολύ στα χαρακτηριστικά ομιλίας, όσο η επίδοση βελτιωνόταν, η διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις μειωνόταν, ή αυξανόταν ο αριθμός των διαθέσιμων επιλογών σε κάθε απάντηση (μέχρι έξι).

Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των ασθενών πριν την εκπαίδευση ήταν αναγνώριση φωνηέντων, συμφώνων και τόνων. Ένας αρσενικός και ένας θηλυκός ομιλητής παρήγαγαν τέσσερις τόνους ο καθένας (τόνος 1 : επίπεδος, τόνος 2 : ανοδικός, τόνος 3 : καθοδικός – ανοδικός, τόνος 4 : καθοδικός) για έξι μανδαρινικές κινέζικες λέξεις, δημιουργώντας τελικά 48 διαφορετικά ερεθίσματα. Η αναγνώριση των φωνηέντων, έλαβε χώρα χρησιμοποιώντας έξι πιθανές επιλογές. Η αναγνώριση του τόνου έγινε χρησιμοποιώντας τα ερεθίσματα από τα φωνήεντα και παρουσιάζοντας τέσσερις διαθέσιμες επιλογές. Για τα σύμφωνα, ένας αρσενικός και ένας θηλυκός ομιλητής, παρήγαγαν από ένα τόνο για 19 μανδαρινικές κινέζικες λέξεις, δημιουργώντας 38 διαφορετικά ερεθίσματα. Η αναγνώριση των συμφώνων, έγινε χρησιμοποιώντας 19 πιθανές επιλογές. Προκειμένου να καθοριστεί η επίδοση πριν την εκπαίδευση στα τρία τεστ, όλα τα υποκείμενα έλαβαν τα τεστ τουλάχιστον τέσσερις φορές σε διάστημα δύο εβδομάδων. Στο τέλος κάθε εβδομάδας εκπαίδευσης, η ικανότητα αναγνώρισης ομιλίας επανελέγχονταν με τα ίδια τεστ που χρησιμοποιήθηκαν και πριν την εκπαίδευση. Υπολογίστηκε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων στην ένατη και δέκατη εβδομάδα (τελευταίες εβδομάδες εκπαίδευσης) και θεωρήθηκε ως το αποτέλεσμα για μετά την εκπαίδευση. Συμπληρωματικά τεστ, ίδια με αυτά πριν την εκπαίδευση έλαβαν χώρα και μια, δύο, τέσσερις και οχτώ εβδομάδες κατόπιν του πέρατος της εκπαίδευσης.

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην αναγνώριση φωνηέντων από 63.1% σε 84.8% στο τέλος της ΑΕ σε σχέση με την αρχή. αντίστοιχα η αναγνώριση συμφώνων βελτιώθηκε σημαντικά από 39.7% σε 58.2% στο ίδιο διάστημα. παρατηρήθηκε επίσης, σημαντική βελτίωση στην αναγνώριση τόνων από 56% σε 71.1%. Το ποσοστό της βελτίωσης είχε αρκετές διακυμάνσεις ανάμεσα στα υποκείμενα. τέλος παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση και στα τρία τεστ σε όλες τις διεξαγωγές τους μετά το πέρας της ΑΕ σε σχέση με πριν την ΑΕ.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα ευρήματα, καταδεικνύεται ότι καθημερινή μέτριας έντασης ΑΕ, είναι ικανή να βοηθήσει σημαντικά την ικανότητα αναγνώρισης ομιλίας παιδιών με προβληματική ακοής και η βελτίωση αυτή, να διατηρηθεί και για δύο μήνες μετά το πέρας της. Δεν παρατηρήθηκε σύνδεση ανάμεσα στο πόσο της βελτίωσης που έλαβαν τα υποκείμενα από την ΑΕ και στην εμπειρία χρήσης της συσκευής τους. Το ποσοστό βελτίωσης ήταν συγκρίσιμο ανάμεσα στους επτά χρήστες κοχλιακού εμφυτεύματος και τους τρεις χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας, παρότι η αρχική επίδοση των χρηστών βαρηκοΐας στο τεστ αναγνώρισης συμφώνων, ήταν αρκετά χειρότερη από αυτή των υποκειμένων με κοχλιακό εμφύτευμα. παρατηρήθηκε επίσης, μέσω της συγκεκριμένης ΑΕ βελτίωση όχι μόνο στην αναγνώριση φωνημάτων αλλά και

στην αναγνώριση του τόνου της ομιλίας. τέλος, όπως συνέβη και σε αυτή την έρευνα, το εκάστοτε πρόγραμμα ΑΕ, πρέπει να προσαρμόζεται στην επίδοση των ασθενών στα τεστ πριν από αυτή. Για παράδειγμα, εκπαίδευση βασισμένη στην αναγνώριση διαφορών ανάμεσα σε φωνήματα μπορεί να ωφελήσει υποκείμενα με χαμηλή επίδοση στην κατανόηση ομιλίας σε ήσυχο περιβάλλον, που είναι ίσως ανίκανα να κατανοήσουν ομιλία σε θόρυβο.

## **Δυσλεξία :**

Στην έρευνα [15] εξετάζονται 10 ασθενείς μέσης ηλικίας 9.8 έτη και μία ομάδα ελέγχου 10 ατόμων μέσης ηλικίας 8.8 έτη. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι τεστ1 – εκπαίδευση – τεστ2 για τις 2 ομάδες. Τα τεστ1, τεστ2 ήταν ίδια μεταξύ τους και για τις δύο ομάδες. Η εκπαίδευση όμως ήταν διαφορετική. Η ΑΕ που έλαβαν τα δυσλεκτικά παιδιά διήρκεσε έξι εβδομάδες με φωνολογικές ασκήσεις(αναγνώριση ρυθμού, μέτρημα συλλαβών λέξης, επανάληψη λέξης και αναγνώριση πρώτης συλλαβής) καθώς και οπτικοακουστική εκπαίδευση (Play – On) δύο φορές την εβδομάδα για 20 λεπτά. Συνολικά η εκπαίδευση τους διήρκεσε 11 ώρες. Η εκπαίδευση που έλαβε η ομάδα ελέγχου δεν είχε καμία σχέση με ακουστική εκπαίδευση αλλά με ασκήσεις ζωγραφικής, οι οποίες έλαβαν χώρα δύο φορές την εβδομάδα για 40 λεπτά για οχτώ εβδομάδες. Συνολικά η εκπαίδευση τους διήρκεσε 10.6 ώρες.

Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των αποτελεσμάτων αφορούν συμπεριφορικά τεστ ανάγνωσης, διαχωρισμό τόνου καθώς και μέτρηση προκλητών δυναμικών (event related potentials, ERP). Τα συμπεριφορικά τεστ ανάγνωσης περιλάμβαναν το τεστ Allouette, την ανάγνωση ψευδολέξεων, την ικανότητα αναγνώρισης φωνημάτων και νοήματος, φωνολογική αντίληψη, στρατηγικές ανάγνωσης καθώς και ορθογραφία. Ο διαχωρισμός τόνου πραγματοποιήθηκε μεταβάλλοντας τον τόνο στην προφορά της τελευταίας λέξης σε μια πρόταση με τρεις τρόπους (έντονη μεταβολή τόνου, ασθενής μεταβολή και καθόλου) και ζητώντας από τα υποκείμενα να ταυτοποιήσουν το είδος της μεταβολής. Η ομάδα ελέγχου δεν έλαβε μέρος στα συμπεριφορικά τεστ.

Τα δυσλεκτικά παιδιά έκαναν περισσότερα λάθη από την ομάδα ελέγχου και είχαν υψηλότερους χρόνους αντίδρασης. Και στις δύο ομάδες τα παιδιά έκαναν περισσότερα λάθη στην αναγνώριση της ασθενούς μεταβολής τόνου. Όσον αφορά τους δυσλεκτικούς, παρότι έκαναν περισσότερα λάθη από την ομάδα ελέγχου στην αναγνώριση της έντονης μεταβολής πριν την ΑΕ, η διαφορά αυτή δεν ήταν πλέον σημαντική μετά την ΑΕ όπου έφτασαν σχεδόν στο ίδιο επίπεδο



όσον αφορά σωστές απαντήσεις, χρόνους απόκρισης και ERP. Όσον αφορά τη μέτρηση των ERP, στην ομάδα ελέγχου φάνηκε πως οι έντονες μεταβολές τόνου δημιούργησαν σημαντικά μεγαλύτερα θετικά δυναμικά σε σχέση με τις ασθενείς μεταβολές ή και τις καθόλου. Κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στα δυσλεκτικά παιδιά. Στα ERP η επίδραση της ομάδας δεν ήταν σημαντική αλλά ήταν σημαντική η επίδραση της δυσαρμονίας (μεταβολής) στον τόνο. Μετά την ΑΕ τα σημαντικά μεγαλύτερα θετικά δυναμικά στις έντονες δυσαρμονίες, παρατηρήθηκαν και στους δυσλεκτικούς.

Στα συμπεριφορικά τεστ οι περισσότερες μετρήσεις έδειξαν βελτίωση. Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε σημαντική βελτίωση στη φωνολογική αντίληψη(διαγραφή συμφώνων, ακουστικά ακρωνύμια και διάκριση ρυθμού) και στην ορθογραφία μετά την ΑΕ. Η βελτίωση στην ανάγνωση ήταν σημαντική για ασυνήθιστες λέξεις και οριακά σημαντική για ψευδολέξεις.

Πραγματοποιήθηκε επίσης συσχέτιση ανάμεσα στα συμπεριφορικά τεστ και τα ηλεκτροφυσιολογικά ώστε να δειχθεί τυχούσα σύνδεση. Δεν υπάρχει καμία σημαντική συσχέτιση πριν την ΑΕ, υπάρχει όμως μετά και συγκεκριμένα για τη διαγραφή συμφώνων και για τη διάκριση ρυθμού.

Συμπερασματικά, όπως υποτέθηκε, οι δυσλεκτικοί έχουν μεγαλύτερη δυσκολία στην αναγνώριση τόνων, όταν οι τόνοι αυτοί και οι μεταβολές τους εμφανίζονται στη φυσική ομιλία. Επίσης φάνηκε πως υπάρχει συνδιακύμανση ανάμεσα στην προσωδία της ομιλίας και στην ανάπτυξη ικανοτήτων ανάγνωσης. Δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και τους δυσλεκτικούς στα δυναμικά στα 0-200ms. Αυτό σημαίνει πως τα αισθητήρια και αντιληπτικά στάδια της επεξεργασίας της πληροφορίας δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα στα δυσλεκτικά παιδιά. Τέλος, η ΑΕ ήταν αποτελεσματική για τα δυσλεκτικά παιδιά όσον αφορά την ικανότητα ανάγνωσης και την εγκεφαλική απόκριση στις μεταβολές τόνων.

## **Διαταραχή Ακουστικής Επεξεργασίας (Auditory Processing Disorder, APD) :**

Η έρευνα [16] εξετάζει 29 ασθενείς που πάσχουν από APD ηλικίας 8 έως 16. Οι 16 είναι άντρες και οι 13 γυναίκες. Η διάγνωση καθώς και η αξιολόγηση των ασθενών έγινε με συμπεριφορικά και ηλεκτροφυσιολογικά τεστ. Τα συμπεριφορικά τεστ αποτελούνταν από δύο τεστ διχωτικής ακοής, τα DNV και SSW και δύο, ακοής από το ένα μόνο αυτί, τα SSI – ICM και SWN. Τα ηλεκτροφυσιολογικά τεστ αποσκοπούσαν στην καταγραφή του συστατικού P300

καθώς και δυναμικών που προκαλούνται στο εγκεφαλικό στέλεχος από ηχητικό ερέθισμα (brainstem auditory evoked potential, BAEP).

Η αυτοσχέδια ΑΕ που χρησιμοποιήθηκε, έλαβε χώρα σε οχτώ εβδομαδιαίες συνεδρίες των 50 λεπτών, τις οποίες τα παιδιά ολοκλήρωσαν στο σπίτι τους. Για κάθε συνεδρία, είχαν δοθεί εργασίες τις οποίες τα παιδιά έπρεπε να εκτελέσουν. Οι εργασίες γίνονταν γνωστές μία εβδομάδα πριν την κάθε συνεδρία. Η δυσκολία κάθε εργασίας θεσπίστηκε ώστε να τηρηθεί μία αναλογία 70 – 30 ανάμεσα στις σωστές και λάθος απαντήσεις.

Μετά το πέρας του προγράμματος ΑΕ, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση με συμπεριφορικά τεστ και ένα μήνα μετά, εξετάστηκαν ξανά τα κύματα P300. Η καθυστέρηση του ενός μήνα, έγινε για να διασφαλιστεί πως οι νευροφυσιολογικές μεταβολές από την ΑΕ, διατηρήθηκαν. Στην πρώτη ηλεκτροφυσιολογική εξέταση πριν την ΑΕ, εννιά από τους 29 ασθενείς δε διέθεταν ανιχνεύσιμο P300 κύμα. Κατά τη δεύτερη αξιολόγηση ο αριθμός αυτός μειώθηκε στον ένα, στο δεξί αυτί. Υπήρξε σημαντική μείωση στη μέση καθυστέρηση του P300 μετά την ΑΕ. Δεν υπήρξε καμία σημαντική διαφορά στο μέσο πλάτος της κυματομορφής πριν και μετά την ΑΕ, ωστόσο μετά την ΑΕ παρατηρήθηκε μεγαλύτερο μέσο πλάτος. Είναι πιθανό να παρατηρούνταν σημαντική διαφορά, εάν τα υποκείμενα συμμετείχαν σε αυξημένο αριθμό συνεδριών. Υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις σε όλα τα συμπεριφορικά τεστ, ανάμεσα στην αξιολόγηση πριν και μετά την ΑΕ. Το 72.4 % των ασθενών είχαν φυσιολογικά αποτελέσματα στα τεστ της ακουστικής επεξεργασίας. Οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν στο πλάτος και την καθυστέρηση της κυματομορφής P300, μαρτυρούν πως τα ηχητικά ερεθίσματα που δέχτηκαν τα υποκείμενα της έρευνας, προκάλεσαν μεταβολές στο κεντρικό ηχητικό νευρικό σύστημα.

Συμπερασματικά, το πρόγραμμα ΑΕ που χρησιμοποιήθηκε ήταν αποτελεσματικό στο να αποκαταστήσει τις αλλαγμένες ακουστικές ικανότητες παιδιών με APD. Το P300 αποδείχθηκε χρήσιμο στο να ελέγχει τις αλλαγές που προκαλούνται στο κεντρικό ηχητικό νευρικό σύστημα και συγκεκριμένα η μέτρηση της καθυστέρησης του. Η μέτρηση αυτή είναι πιο ευαίσθητη σε νευροφυσιολογικές αλλαγές που προκαλούνται από ΑΕ. Τα αποτελέσματα αυτά, δηλαδή η βελτίωση που προσέφερε η ΑΕ στις διάφορες ακουστικές ικανότητες, συνδέεται άμεσα με την νευροπλαστικότητα (neuroplasticity).

Στην έρευνα [5] εξετάζονται 17 παιδιά ηλικίας 10 έως 14 ετών, που πάσχουν είτε μόνο από ελλειμματική ικανότητα κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο (auditory figure ground, AFG) (10 παιδιά), μια υποκατηγορία του APD, είτε και από άλλες υποκατηγορίες του APD. Όλα τα παιδιά είχαν επίσης χαμηλή επίδοση σε διχωτική ακρόαση.

Η βασική αρχή της ΑΕ που χρησιμοποιήθηκε, ήταν η παρουσίαση ζωντανής ομιλίας σε περιβάλλον θορύβου και η αναγνώριση της, χρησιμοποιώντας πληροφορίες που είχαν εισαχθεί μέσα στην ομιλία. Η ζωντανή ομιλία που επιλέχθηκε ήταν σύντομες ιστορίες βασισμένες σε γνωστά παραμύθια. Κάθε ιστορία παρουσιάστηκε σε  $-10\text{dB}$  SNR, ωστόσο οι ερωτήσεις κατανόησης για την κάθε ιστορία παρουσιάστηκαν σε ήσυχο περιβάλλον. Οι ιστορίες που επιλέχθηκαν πληρούσαν τα κάτωθι κριτήρια : πρώτον, τα παιδιά μπορούσαν να ακούσουν την κάθε ιστορία άλλη μια φορά χωρίς να νιώσουν ανομία. δεύτερον σε SNR  $-10\text{dB}$ , όλα τα παιδιά με φυσιολογική ακοή αποκρίνονταν σωστά  $80 - 100 \%$  των φορών στις ερωτήσεις, κατόπιν δύο συνεχόμενων ακροάσεων της εκάστοτε ιστορίας. Τέλος το λεξιλόγιο των ιστοριών επιλέχθηκε με βάση τις γλωσσικές ικανότητες και ικανότητες κατανόησης παιδιών στο συγκεκριμένο ηλικιακό εύρος. τελικά αναπτύχθηκαν 35 ιστορίες, όπου για κάθε μια τέθηκαν πέντε ερωτήσεις με σύντομες, συγκεκριμένες απαντήσεις. Τα παιδιά εκπαιδεύτηκαν για δύο συνεδρίες κάθε εβδομάδα, με τουλάχιστον δύο μέρες κενό ανάμεσα τους, για οχτώ συνεχόμενες εβδομάδες. κάθε συνεδρία διαρκούσε από 20 έως 30 λεπτά. Η σύντομη ιστορία παρουσιαζόταν ζωντανά δύο φορές, παρουσία ομόπλευρης ανταγωνιστικής ομιλίας. αρχικά, το επίπεδο της έντασης του ερεθίσματος και του θορύβου τέθηκε στα  $40\text{dB}$ . κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, το επίπεδο της έντασης του ερεθίσματος παρέμενε σταθερό ενώ του θορύβου μεταβαλλόταν για να επιτευχθεί το ζητούμενο SNR. Τέσσερα τυχαία ψηφία παρουσιάζονταν στην έναρξη κάθε συνεδρίας ώστε να τεθεί το αρχικό SNR. όταν τα παιδιά κατόρθωναν να αναγνωρίσουν ένα ή δύο ψηφία της ακολουθίας με αναλογία  $25 - 50 \%$ , το συγκεκριμένο SNR, τίθεντο σαν σημείο εκκίνησης. κατά τη διάρκεια της ΑΕ το ερέθισμα επαναλαμβανόταν όσες φορές επιθυμούσε το υποκείμενο. Η φύση της ΑΕ που χρησιμοποιήθηκε, είχε ταυτόχρονα στοιχειά επίσημης και ανεπίσημης μορφής εκπαίδευσης. Στην επίσημη δομή της συμβάλουν η χρήση ειδικού εξοπλισμού καθώς και η παρουσίαση ερεθισμάτων και θορύβου σε τυποποιημένα επίπεδα πίεσης ήχου. Στην ανεπίσημη δομή της συμβάλουν η αλληλεπίδραση ομιλητών και παιδιών και η ελεύθερη επιλογή ιστοριών ανάλογα με την επίδοση και τις προτιμήσεις.

Η αξιολόγηση των παιδιών έλαβε χώρα πριν και μια εβδομάδα μετά το πέρας της ΑΕ. Τα ψυχοφυσικά τεστ που χρησιμοποιήθηκαν ήταν : speech in noise (SPIN), competing sentence test (CST), duration pattern test (DPT), auditory memory test καθώς και auditory vigilance markers (AV) για να αξιολογήσουν την ακουστική επίγνωση. τέλος χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτροφυσιολογικά τεστ για τη μέτρηση ERP. Οι κυματομορφές που ήθελαν να ανιχνεύσουν ήταν οι P1 – N1. Προκειμένου να ανιχνευτούν, τα παιδιά εκτίθεντο σε ηχητικό ερέθισμα (συλλαβή 'ga'), παρουσία ομόπλευρου ανταγωνιστικού θορύβου στα  $0\text{dB}$  SNR. όταν

ανιχνεύονταν στα 0dB SNR, τότε το SNR μειωνόταν σε βήματα των 5dB μέχρι το σημείο που οι κυματομορφές ήταν μη ανιχνεύσιμες για να καθοριστεί το κατώφλι του SNR. Οι χρόνοι καθώς και τα πλάτη των P1, N1 μετρήθηκαν με βάση τις κυματομορφές στα 0 dB SNR.

Μετά από 16 συνεχόμενες συνεδρίες, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της επίδοσης των παιδιών σε όλα τα ψυχοφυσικά τεστ σε σχέση με πριν την ΑΕ. παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές στο πλάτος των P1, N1 κυματομορφών σε σχέση με πριν την ΑΕ, καθώς και στο κατώφλι του SNR. Δεν παρατηρήθηκαν ωστόσο σημαντικές διαφορές στους χρόνους των P1, N1 κυματομορφών. Το σημαντικότερο ηλεκτροφυσιολογικό εύρημα ήταν η μείωση του SNR κατωφλίου από -5.3 σε -11.3dB καθώς αυτό καταδεικνύει άμεση βελτίωση στη AFG ικανότητα. Πάρα τις βελτιώσεις, τα αποτελέσματα δεν έφτασαν τα φυσιολογικά επίπεδα εκτός από τα AV markers και τη μέτρηση του πλάτους των P1 – N1. κατόπιν της ΑΕ, οι κορυφές των κυματομορφών έγιναν περισσότερο ευδιάκριτες, η N1 στενότερη ενώ η P1 μπορούσε να ανιχνευτεί σε -10db SNR. Πάρα το γεγονός πως αυτή η εκπαίδευση στόχευε στην ανάπτυξη της AFG ικανότητας, τα παιδιά τελικά βελτιώθηκαν και σε άλλες κατηγορίες του APD. Φαίνεται δηλαδή πως, η ακρόαση σε θορυβώδες περιβάλλον είναι μια εργασία αρκετά περιπλοκή που ενδυναμώνει την επεξεργασία ακουστικής πληροφορίας σε όλα τα επίπεδα. Επίσης παρατηρήθηκε βελτίωση σε γνωστικές λειτουργίες, όπως φάνηκε στα auditory memory tests καθώς και στα AV markers. Η ΑΕ βελτίωσε επίσης την ακουστική τους προσοχή και τη μνήμη τους, λειτουργίες απαραίτητες στη μάθηση.

Συμπερασματικά, τα θετικά αποτελέσματα στα ψυχοφυσικά καθώς και στα ηλεκτροφυσιολογικά τεστ, καταδεικνύουν την εξαρτώμενη από την εμπειρία και εξάσκηση νευροπλαστικότητα του ακουστικού συστήματος του εγκεφάλου.

Στην έρευνα [17] εξετάζονται 30 παιδιά ηλικίας 7 έως 16.5 ετών που πάσχουν από APD. Τα 22 εξ αυτών έλαβαν αραβική ΑΕ βασισμένη σε υπολογιστή (computer based auditory training), ενώ οι υπόλοιποι οχτώ έλαβαν ένα συνδυασμό επίσημης και ανεπίσημης ΑΕ. Η μέση διάρκεια της εκπαίδευσης ήταν 5.45 μήνες με εύρος από δύο μήνες που ήταν το ελάχιστο έως 18. Ο λόγος της διακύμανσης στη διάρκεια οφείλονταν σε διαφορετική ένταση της APD στα διαφορά υποκείμενα. Το πρόγραμμα ΑΕ που αναπτύχθηκε περιλάμβανε bottom – up προσέγγιση, δηλαδή εκπαίδευση χρονικής επεξεργασίας, επιλεκτικής ακουστικής προσοχής, διχωτική ακρόαση, δια ημισφαιρική μετάδοση πληροφοριών καθώς και auditory closure. περιλάμβανε επίσης top – down προσέγγιση, δηλαδή εκπαίδευση ακουστικής επαγρύπνησης, ακουστικής μνήμης, κατανόησης γλώσσας καθώς και φωνολογικής επίγνωσης. Αποτελούνταν από τρεις φάσεις, στην πρώτη

παρουσιάστηκαν μη γλωσσικά ερεθίσματα, στη δεύτερη απλά γλωσσικά και στην τρίτη σύνθετα γλωσσικά ερεθίσματα.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές. Πριν την ΑΕ (T0), αμέσως μετά την ΑΕ (T1) και 7 – 42 μήνες μετά την ΑΕ (T2). Τα τεστ και οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν ένα APD ερωτηματολόγιο, τη σχολική τους επίδοση, καθώς και τα ακόλουθα ψυχοφυσικά τεστ: το DDT, το PPST, το GINT, το DPT, το DRT, και τεστ μνήμης για περιεχόμενο, ακολουθία και αναγνώριση.

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στα αποτελέσματα στο APD ερωτηματολόγιο από 53 % σε 65% ανάμεσα στις T0, T1 αξιολογήσεις. Η σχολική επίδοση κυμάνθηκε σε αποδεκτά επίπεδα αμέσως μετά την ΑΕ, ενώ παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις σε όλα τα ψυχοφυσικά τεστ ανάμεσα στις χρονικές στιγμές T0 και T1. Τα αποτελέσματα στα τεστ μνήμης, DRT και DPT ταίριαζαν με τις μέσες επιδόσεις παιδιών χωρίς APD αυτής της ηλικίας. Όσον αφορά τη χρονική στιγμή T2, τα παιδιά διατήρησαν τα θετικά αποτελέσματα από την T1 στο APD ερωτηματολόγιο ενώ οι επιδόσεις στα ψυχοφυσικά τεστ φάνηκε πως αυξήθηκαν ανεπαίσθητα, η έφτασαν σε ασυμπτωτικά επίπεδα γεγονός που καταδεικνύει την αποδοτικότητα της ΑΕ ακόμα και μακροπρόθεσμα. Τα τεστ στα όποια φάνηκε σημαντική διαφορά κατά την T2 ήταν το ερωτηματολόγιο, το PPST, DDT για το δεξί αυτί, καθώς και μνήμης όσον αφορά το περιεχόμενο και την ακολουθία. Δεν παρατηρήθηκε καμία σύνδεση ανάμεσα στην ηλικία ή την ηλικία εκκίνησης της ΑΕ με τα αντικειμενικά ούτε με τα υποκειμενικά αποτελέσματα. Αυτό δείχνει την αποτελεσματικότητα της ΑΕ και όχι βελτίωση λόγω εκμάθησης και συνήθειας των χρησιμοποιούμενων τεστ. Κατά τη διάρκεια της έρευνας παρατηρήθηκε πλεονέκτημα στην ακοή από το δεξί αυτί, πλεονέκτημα το οποίο έγινε λιγότερο έντονο κατά τη χρονική στιγμή T2, αντανακλώντας την ωρίμανση του μεσολόβιου.

Συμπερασματικά, υπήρχε στατιστικά σημαντική βελτίωση μετά την ΑΕ, βελτίωση που διατηρήθηκε ή και αυξήθηκε στο μακροπρόθεσμο τεστ. Η περαιτέρω βελτίωση εκεί ίσως οφείλεται στην ωρίμανση του ηχητικού διαδρόμου στον εγκέφαλο καθώς και στη νευροπλαστικότητα. Τέλος το GINT και το PPST είναι από τα λίγα τεστ που είναι αρκετά ευαίσθητα ώστε να αξιολογήσουν αλλαγές στο κεντρικό ηχητικό νευρικό σύστημα.

Στους περιορισμούς θα αναφέρουμε τη μεγάλη διακύμανση στο εύρος εκπαίδευσης των υποκειμένων.

Στην έρευνα [18] εξετάζονται τέσσερα παιδιά που πάσχουν από APD. Τα παιδιά αυτά εκπαιδεύτηκαν με τη βοήθεια του Fast for Word (FFW), για 50 λεπτά τη μέρα, πέντε μέρες την εβδομάδα για οχτώ εβδομάδες. Το κριτήριο για την ολοκλήρωση της ΑΕ ήταν είτε η ολοκλήρωση του 80% των ασκήσεων, είτε η συμπλήρωση οχτώ εβδομάδων ΑΕ. Πέντε από τις εφτά ασκήσεις του FFW χρησιμοποιούνταν καθημερινά, οι οποίες ήταν : circus sequence, block commander, language comprehension builder, old macdonald's flying farm, αναγνώριση φωνημάτων, phonic match, phonic words. Στο παιχνίδι circus sequence, παρουσιάζονταν δύο τόνοι, ο ένας υψηλής συχνότητας και ο άλλος χαμηλής. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να ταυτοποιήσουν την ακολουθία των δύο τόνων ανάμεσα σε κάποιες επιλογές : υψηλή – υψηλή, χαμηλή – χαμηλή, υψηλή – χαμηλή, χαμηλή – υψηλή. Η άσκηση αυτή στόχευε στην ανάπτυξη της ακρίβειας ακοής και working memory. Η ακρίβεια ακοής βελτιώνονταν με την εναλλαγή ανάμεσα σε συχνότητες τόνων, διάρκεια τόνων και διαφορετικά διαστήματα ανάμεσα στα ερεθίσματα. Η working memory βελτιώνονταν με τη σύγκριση της ακολουθίας των δύο τόνων. Στην άσκηση block commander, δίνονταν λεκτικές οδηγίες στους συμμετέχοντες, όπως για παράδειγμα 'ακούμπησε το μπλε κύκλο' και εκείνοι έπρεπε να τις ακολουθήσουν. Η άσκηση αυτή βελτίωνε τη working memory, τις δομές της γλώσσας και την ακρίβεια ακοής. Στην άσκηση language comprehension builder, το παιδί άκουγε μια πρόταση και έπρεπε να επιλέξει μια εικόνα που ταίριαζε νοηματικά με την πρόταση που άκουσε. Εδώ βελτιώνονταν η δομή της γλώσσας και η ακρίβεια ακοής. Στην άσκηση old macdonald's flying farm, ο συμμετέχων άκουγε συνεχόμενα μια συλλαβή, πχ ba και στη συνέχεια άκουγε μια συλλαβή στόχο που διέφερε από την προηγούμενη στο αρχικό σύμφωνο. Ο συμμετέχων έπρεπε να κρατάει πατημένο το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού όσο ακούγονταν η αρχική συλλαβή και μόλις παρουσιάζονταν η αλλαγμένη συλλαβή στόχος, να αφήνει το πλήκτρο. Η άσκηση αυτή βελτίωνε την φωνολογική επίγνωση, την ακρίβεια ακοής και τη working memory. Στην άσκηση αναγνώριση φωνημάτων, παρουσιάζονταν συλλαβές στόχοι και συλλαβές θόρυβος που διέφεραν στο αρχικό φώνημα. αρχικά παρουσιάζονταν η συλλαβή στόχος και στη συνέχεια παρουσιάζονταν δύο συλλαβές θόρυβοι. Ο συμμετέχων καλούνταν να επιλέξει μια από τις δύο συλλαβές θορύβους που έμοιαζε περισσότερο με τη συλλαβή στόχο. Η άσκηση αυτή βελτίωνε την αναγνώριση φωνημάτων, την ακρίβεια ακοής και τη working memory. Στην άσκηση phonic match, το παιδί καλούνταν να ακούσει και να ταιριάζει ζευγάρια ήχων. Εδώ βελτιώνονταν, η working memory, η ακρίβεια ακοής, η ευχέρεια λόγου και η αναγνώριση λέξεων. Στην άσκηση phonic words, παρουσιάζονταν μια λέξη στόχος ηχητικά και στη συνέχεια δύο εικόνες που αντιστοιχούσαν σε ηχητικά ερεθίσματα, τα όποια διέφεραν μόνο στο αρχικό ή τελικό

σύμφωνο. Ο ασθενής καλούνταν να επιλέξει την εικόνα που ταίριαζε στη λέξη στόχο. Σε αυτή την άσκηση, εκπαιδεύονταν η φωνολογική επίγνωση, η ακρίβεια ακοής και η αναγνώριση λέξεων.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα πριν την ΑΕ για όλους τους συμμετέχοντες και μετά την ΑΕ για δύο μόνο ασθενείς. Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ηλεκτροφυσιολογικό BioMARK, το οποίο εκτιμά αποκρίσεις του εγκεφαλικού στελέχους σε ηχητικά ερεθίσματα, το τεστ για μη λεκτική ευφυΐα (TONI), στο οποίο τα υποκείμενα παρουσιάζονται με μια ακολουθία διαφορών αφηρημένων σχεδίων, καλούνται να βρουν σχέσεις ανάμεσα τους και να επιλέξουν ανάμεσα σε κάποια άλλα, ποιο συνεχίζει την ακολουθία. Άλλο τεστ ήταν η τέταρτη έκδοση της κλινικής αξιολόγησης των βασικών της γλώσσας (Clinical Evaluation of Language Fundamentals – fourth edition, CELF – 4). Για την αξιολόγηση της επεξεργασίας ηχητικού ερεθίσματος, χρησιμοποιήθηκαν τα SCAN – C, pitch pattern test (PPT), phonemic synthesis test (PST), και TAPS – 3. Στο SCAN – C, παρουσιάζονται βαθυπερατά φιλτραρισμένες λέξεις στα 1000Hz με 32dB/οκτάβα rolloff. παρουσιάζονται επίσης μονοσύλλαβες λέξεις παρουσία θορύβου από πολλούς ομιλητές σε SNR +8dB, για την εξάσκηση του AFG. Το PPT είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να αξιολογεί την ικανότητα του ακροατή να αντιληφθεί ένα μοτίβο από τριάδες τόνων που διαφέρουν στη συχνότητα και στη συνέχεια να αναφέρει την ακολουθία τόνων που άκουσε πχ υψηλό – χαμηλό – υψηλό. Στο PST, τα παιδιά καλούνταν να αναγνωρίσουν τους μεμονωμένους ήχους που τους παρουσιάζονταν και στη συνέχεια να τους συνθέσουν και να προφέρουν τη μονοσύλλαβη λέξη που προέκυπτε. Το TAPS – 3 είναι μια ατομική αξιολόγηση της προσοχής, των βασικών φωνολογικών ικανοτήτων, της μνήμης και της συνεκτικότητας, ικανότητες απαραίτητες για την ανάπτυξη, χρήση και κατανόηση της γλώσσας. Για το ηλεκτροφυσιολογικό τεστ, χρησιμοποιήθηκε ως βάση μια ακουστική απόκριση του εγκεφαλικού στελέχους (ABR), που προέκυψε από ερέθισμα 80db. Για την αξιολόγηση BioMARK, συνιστάται η παρουσίαση ερεθίσματος στο δεξί αυτί, διότι έχει καταδειχθεί πλεονέκτημα δεξιού αυτιού (right ear advantage, REA) ακόμα και στην κωδικοποίηση ήχου στο εγκεφαλικό στέλεχος. Οι BioMARK αποκρίσεις λήφθηκαν, εκθέτοντας τα υποκείμενα σε *da* ερέθισμα στα 80dB SPL.

Παρατηρήθηκαν βελτιώσεις αλλά όχι στατιστικά σημαντικές σε όλα τα τεστ, σε σχέση με πριν την εκπαίδευση για το ένα υποκείμενο που αξιολογήθηκε και μετά την ΑΕ. όσον αφορά την καταγραφή των ABR, η καθυστέρηση και τα πλάτη των κυματομορφών I, III, και V έφτασαν φυσιολογικές τιμές αλλά δεν υπήρχε σημαντική διαφορά σε σχέση με πριν την εκπαίδευση. Οι καταγραφές του BioMARK, έδειξαν μια εμφανή μεταβολή στο πλάτος, στην καταγραφή μετά την ΑΕ σε σχέση με πριν. Όσον αφορά το δεύτερο ασθενή που αξιολογήθηκε, παρατηρήθηκε

βελτίωση μόνο στα SCAN – C , PPT, PST και TAPS – 3. Όπως και στην περίπτωση του πρώτου, τα ABR έφτασαν φυσιολογικές τιμές αλλά χωρίς σημαντική μεταβολή. Οι καταγραφές του BioMARK ωστόσο, έδειξαν αισθητή μείωση στην καθυστέρηση σε σχέση με πριν την ΑΕ στις κυματομορφές V , A και C.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας είναι σύμφωνα με προηγούμενες και καταδεικνύουν τα οφέλη της πλαστικότητας κατόπιν ΑΕ. Παρατηρήθηκε αυξημένη καθυστέρηση στο σύμπλεγμα V – A, στα παιδιά της συγκεκριμένης έρευνας σε σχέση με τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά, όπως ακριβώς συμβαίνει και με παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες και διαταραχή αυτισμού. Οι καθυστερήσεις των κυμάτων D, F για τα παιδιά με APD ήταν πιο κοντά στις καθυστερήσεις τυπικά αναπτυσσόμενων παιδιών σε αυτές τις κυματομορφές. Παρατηρήθηκαν επίσης, στα παιδιά αυτά αλλαγές στις φλοιώδεις αποκρίσεις σε θόρυβο και ησυχία.

Περιορισμοί της έρευνας αυτής είναι : το μικρό δείγμα ασθενών, η έλλειψη ομάδας ελέγχου για σύγκριση, η αδυναμία εύρεσης ευθείας συσχέτισης ανάμεσα στις αλλαγές στα συμπεριφορικά τεστ και στις ηλεκτροφυσιολογικές μετρήσεις.

Στην έρευνα [19] εξετάζονται 10 παιδιά που πάσχουν από APD. Τα 10 αυτά παιδιά χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μια που έλαβε επίσημη ΑΕ (FT), μέσης ηλικίας 8.3 έτη και μια που έλαβε ανεπίσημη ΑΕ (IT), μέσης ηλικίας 8.1 έτη. πέντε παιδιά χωρίς APD τοποθετήθηκαν σε ομάδα ελέγχου.

Η επίσημη ΑΕ όπως και η ανεπίσημη διήρκησαν οχτώ συνεδρίες. Στην ανεπίσημη, εκπαιδεύτηκε η χρονική διάταξη μέσα από ασκήσεις στις οποίες ο συμμετέχων καλούνταν να ξεχωρίσει και να ονομάσει δύο ήχους και να διατάξει ερεθίσματα. Εκπαιδεύτηκε επίσης, η ικανότητα συμπλήρωσης κενού μέσα από την παρουσίαση θεματικών γλωσσικών προτάσεων, καθώς και η ικανότητα συμπλήρωσης μη γλωσσικού κενού. Επίσης, εκπαιδεύτηκε η ικανότητα κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο καθώς και η κατανόηση μη γλωσσικών ερεθισμάτων σε θόρυβο. Τέλος η γλωσσική μνήμη μέσα από άσκηση όπου ο ασθενής έπρεπε να επαναλάβει την ακολουθία που άκουσε στην ίδια σειρά. Δε δίνονται πληροφορίες για την επίσημη ΑΕ.

Η αξιολόγηση και των τριών ομάδων έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές. Μια φορά πριν την ΑΕ (T0), μια δεύτερη έξι με οχτώ εβδομάδες μετά την πρώτη (T1) και μια τρίτη αμέσως μετά την ολοκλήρωση της ΑΕ (T2). Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για τις αξιολογήσεις ήταν τα “Figure Identification”, (FI) με ομόπλευρο θόρυβο, “dichotic digit test”, (DDT), “Pitch Pattern



Sequence test”, (PPST) και “Duration Pattern Sequence test”, (DPST). Επειδή στη συγκεκριμένη έρευνα το ενδιαφέρον στράφηκε στην ικανότητα ηχητικής χρονικής επεξεργασίας, παρουσιάζονται μόνο αποτελέσματα που αφορούν τα PPST, DPST.

Παρατηρήθηκε βελτίωση της IT στην T2 σε σχέση με τις δύο προηγούμενες στο PPST, ωστόσο όχι σημαντική. Δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά στη μέση επίδοση ανάμεσα στις IT και FT για όλες τις χρονικές στιγμές όσον αφορά το PPST. Οι επιδόσεις έτειναν προς βελτίωση κατόπιν ΑΕ, ωστόσο παρέμειναν χαμηλότερες από αυτές της ομάδας ελέγχου. όσον αφορά το DPST, δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά ανάμεσα στις επιδόσεις των IT και FT σε καμία από τις τρεις χρονικές στιγμές, οι επιδόσεις τους όμως έτειναν προς αύξηση κατόπιν ΑΕ, παρέμειναν ωστόσο χαμηλότερες από αυτές της ομάδας ελέγχου.

Συμπερασματικά, τόσο η επίσημη όσο και η ανεπίσημη ΑΕ ήταν ωφέλιμες για τα παιδιά με APD στη βελτίωση της χρονικής τους επεξεργασίας. Υπήρξε μεγάλη ποικιλομορφία στα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στις τρεις αξιολογήσεις για τις δύο ομάδες, ενώ φάνηκαν περισσότερο οφέλη ωστόσο όχι σημαντικά για την ομάδα της ανεπίσημης εκπαίδευσης.

Στους περιορισμούς αναφέρεται το μικρό δείγμα ασθενών.

Στην έρευνα [20] εξετάστηκαν 30 ασθενείς που πάσχουν από APD, ηλικίας οχτώ έως 14 ετών, ενώ 22 παιδιά ίδιου ηλικιακού εύρους, χωρίς APD, τοποθετήθηκαν σε ομάδα ελέγχου. Τα παιδιά με APD που αποτέλεσαν την ομάδα εκπαίδευσης εκτέθηκαν τόσο σε επίσημη όσο και σε ανεπίσημη μορφή ΑΕ. Η εκπαίδευση αυτή, αποτελούνταν από συνεδρίες των 50 λεπτών μια φορά την εβδομάδα για οχτώ εβδομάδες. Δέχονταν επίσης ανεπίσημη ΑΕ για 15 λεπτά κάθε μέρα στο σπίτι τους από τους γονείς τους. Η αυτοσχέδια ΑΕ που δέχτηκαν αποτελούνταν από εκπαίδευση σε συχνότητες, όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να ξεχωρίσουν δύο διαφορετικούς τόνους (υψηλό, χαμηλό). Σε αυτή την άσκηση, ο θεραπευτής προσπαθούσε να διατηρήσει την επίδοση των υποκειμένων σε ένα εύρος της τάξης 30 – 80% σωστών απαντήσεων. Τα ερεθίσματα παρουσιάζονταν σε τέτοιο επίπεδο ώστε τα υποκείμενα να νιώθουν άνετα στην ακρόαση τους. Η ΑΕ αποτελούνταν επίσης από εκπαίδευση που αφορούσε την ένταση του ερεθίσματος. Η εκπαίδευση αυτή ήταν όμοια με την εκπαίδευση συχνότητας, μόνο που εδώ μεταβάλλονταν η ένταση αντί για τη συχνότητα. χρησιμοποιήθηκε επίσης, χρονική εκπαίδευση ίδιας φύσης με τις δύο προηγούμενες αλλά εδώ εξετάζονταν η διάρκεια του ερεθίσματος. χρησιμοποιήθηκε επίσης η αναγνώριση κενών για την εκπαίδευση της χρονικής επεξεργασίας. παρουσιάζονταν στο υποκείμενο τμήματα λευκού θορύβου που περιείχαν σιωπηλά κενά. Ο συμμετέχων έπρεπε να πατήσει ένα πλήκτρο όταν άκουγε ένα τέτοιο κενό. τέλος χρησιμοποιήθηκε η DIID ΑΕ, στην

όποια η ένταση του ερεθίσματος στο δυνατό αυτί μειώνονταν, ενώ η ένταση στο αδύναμο αυτί διατηρούνταν συνήθως γύρω στα 50dB, μέχρι η επίδοση του αδύναμου αυτιού να φτάσει φυσιολογικά επίπεδα. Η θεραπεία ξεκινούσε όταν η επίδοση του ασθενούς αυτιού έφτανε κοντά σε φυσιολογικά επίπεδα. Χρησιμοποιώντας διχωτική ακρόαση, η επίδοση του ασθενούς αυτιού, παρέμενε σε υψηλά επίπεδα ενώ η ένταση στο καλό αυτί σταδιακά αυξάνονταν, αυξάνοντας έτσι και την επίδοση του καλού αυτιού. τέλος χρησιμοποιήθηκε εκπαίδευση στην όποια τα υποκείμενα παρουσιάζονταν με ηχητικά ερεθίσματα, παρουσία θορύβου, είτε λευκού είτε πολλών ομιλητών, από διαφορετικές θέσεις. Τα ερεθίσματα ήταν λέξεις που παρουσιάζονταν στα 50dB ενώ ο θόρυβος παρουσιάζονταν σε διαφορά επίπεδα. Στην ανεπίσημη ΑΕ που έλαβε χώρα στο σπίτι των ασθενών, συμπεριλαμβάνονταν η ακρόαση μιας ιστορίας και η αναγνώριση λέξεων – κλειδιά μέσα σε αυτή, η ακρόαση μιας ιστορίας, η σχεδίαση σκίτσων σε κάθε παράγραφο και κατόπιν τεσσάρων η πέντε παραγράφων, η ανάκληση της ιστορίας βασισμένη στα σκίτσα. Συμπεριλαμβάνονταν επίσης, η επιλογή ενός θέματος, η παρουσίαση από τους γονείς μιας λέξης στο θέμα αυτό και η πρόσθεση από το υποκείμενο μιας σχετικής με το θέμα λέξης. τέλος, η ακρόαση τραγουδιών και η επανάληψη από το υποκείμενο των στίχων. Το υποκείμενο επίσης καλούνταν να φέρει εις πέρας οδηγίες που αποτελούνταν από μια εντολή και αυξάνονταν σταδιακά ώστε να περιέχουν τέσσερις εντολές.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα πριν την ΑΕ και ένα μήνα μετά το πέρας της. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα APD τεστ, τα : “pediatric speech intelligibility” (PSI), ομιλία σε θόρυβο, “Staggered Spondaic word” τεστ (SSW), “dichotic digits test” (DDT) και “dichotic nonverbal” τεστ (DNV). Σε όλα τα τεστ, τα ερεθίσματα παρουσιάζονταν στα 50dB. χρησιμοποιήθηκε επίσης ηλεκτροφυσιολογικό τεστ για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της middle latency response (MLR). Για την ανίχνευση της κυματομορφής, τα υποκείμενα εκτέθηκαν σε κλικ ερέθισμα των 100μs στα 70dB σε ρυθμό 9.8 κλικ/s.

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην επίδοση των ασθενών σε όλα τα τεστ, σε σχέση με την επίδοση πριν την ΑΕ. Όσον αφορά το MLR, δεν υπήρχε καμία σημαντική διαφορά για την ομάδα ελέγχου στις δύο αξιολογήσεις, σε σχέση με την καθυστέρηση και το πλάτους του. Όσον αφορά την ομάδα εκπαίδευσης, δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην καθυστέρηση του MLR, ανάμεσα στις δύο αξιολογήσεις αλλά παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο πλάτος του. Δεν υπήρχε διαφορά στην καθυστέρηση του MLR, ούτε πριν ούτε μετά την ΑΕ ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και την ομάδα εκπαίδευσης. Όσον αφορά το πλάτος, υπήρχε διαφορά πριν την ΑΕ

ανάμεσα στις δύο ομάδες, διαφορά που εξαφανίστηκε κατόπιν ΑΕ. Άρα συνολικά, η ΑΕ οδήγησε σε βελτίωση του MLR.

Συμπερασματικά, η ΑΕ βοήθησε στη βελτίωση των ασθενών σε συμπεριφορικά και ηλεκτροφυσιολογικά τεστ.

## **Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ) :**

Στην έρευνα [21] εξετάστηκαν επτά παιδιά μέσης ηλικίας 14 ετών, που έπασχαν από ΔΕΠΥ και επτά ενήλικες μέσης ηλικίας 31.3 χωρίς ΔΕΠΥ.

Η αυτοσχέδια ΑΕ που έλαβε χώρα περιλάμβανε την αναγνώριση ενός ερεθίσματος στα 500Hz με ετερόπλευρη επικάλυψη. Θόρυβος συχνότητας 250 – 1000Hz στα 80dB, παρουσιάζοταν σε κάθε δοκιμή σε ένα τυχαία επιλεγμένο αυτί. Το αυτί που θα δεχόταν το θόρυβο άλλαζε σε κάθε δοκιμή. Ένας τόνος συχνότητας 500Hz παρουσιάζοταν στο αυτί που δε δεχόταν θόρυβο στις μισές δοκιμές. Οι δοκιμές με ερέθισμα και χωρίς ήταν τυχαία διαμοιρασμένες στην ΑΕ. Την πρώτη μέρα της εκπαίδευσης έλαβε χώρα procedural training με ένα εύκολα ανιχνεύσιμο ερέθισμα στα 60dB. Κάθε κομμάτι αυτής της εκπαίδευσης αποτελούνταν από πέντε δοκιμές με ερέθισμα και πέντε χωρίς ερέθισμα και συνεχίστηκε μέχρι να επιτευχθεί τέλεια επίδοση. Στη συνέχεια έλαβαν χώρα 20 δοκιμές προσαρμογής ετερόπλευρης επικάλυψης, για να καθοριστεί το κατώφλι. Η ένταση του σήματος καθορίστηκε στο 60% της ψυχομετρικής συνάρτησης, σημείο το οποίο καθορίστηκε ως το πιθανότερο με βάση τις προηγούμενες αποκρίσεις. Προκειμένου να μελετηθεί τυχούσα γενίκευση από την ΑΕ, σε άλλες ακουστικές διαταραχές, υπήρχε σύντομο procedural training και 20 δοκιμές προσαρμογής informational masking. Ο στόχος ήταν και εδώ ένας τόνος 500Hz στις μισές δοκιμές, όμως το ερέθισμα παρουσιάστηκε και στα δύο αυτιά και η επικάλυψη ήταν διαφορετική. αποτελούνταν από δέκα τυχαία επιλεγμένους τόνους ανάμεσα στα 1000 έως 2500Hz (με διαφορά πάνω από 5Hz ανάμεσα στους τόνους) και παρουσιάστηκε και αυτή και στα δύο αυτιά. Σε κάθε δοκιμή υπήρχαν τρεις ήχοι, ο πρώτος ήταν το ερέθισμα μόνο του (ώστε να γνωρίζουν οι συμμετέχοντες ποιος ήταν ο στόχος) ακολουθούμενο από δύο παρόμοιες παρουσιάσεις της πολυτονικής επικάλυψης, με ή χωρίς το ερέθισμα των 500Hz. Η πολυτονική επικάλυψη είχε διάρκεια 512ms με 10ms χρόνο αύξησης/μείωσης και χωριζόταν από την επόμενη με 200ms. Οι συχνότητες της επικάλυψης που θα παρουσιάζονταν επιλέχθηκαν τυχαία σε κάθε δοκιμή. Σε κάθε δοκιμή του τεστ και της εκπαίδευσης οι συμμετέχοντες έπρεπε μετά την ακρόαση να αποφασίσουν και να επιλέξουν αν το ερέθισμα ήταν παρόν ή όχι. Αν σε

κάποιο τεστ πριν ή μετά την εκπαίδευση, κάποιος συμμετέχων έφτανε σε 40% ποσοστό λάθους, του ζητούνταν να επαναλάβει το συγκεκριμένο τεστ. Η ΑΕ αποτελούνταν από 900 δοκιμές ετερόπλευρης κάλυψης σε τέσσερις συνεχόμενες μέρες. Ο αριθμός ημερών επιλέχθηκε στις τέσσερις διότι σε αυτές τις μέρες η επίδοση φαίνεται να φτάνει ασυμπτωτικά επίπεδα. Η καθημερινή εκπαίδευση των 900 δοκιμών χωρίστηκε σε τρεις μικρότερες κατηγορίες. Τρεις των 200 δοκιμών και άλλες τρεις των 100 δοκιμών. Στο τέλος κάθε κατηγορίας, τόσο το κατώφλι όσο και το ποσοστό λάθους καταγράφονταν. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να επιδιώξουν να διατηρήσουν και τα δύο σε χαμηλά επίπεδα αλλά υψηλότερη προτεραιότητα ζητήθηκε για χαμηλά ποσοστά λάθους. Οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να κάνουν διάλειμμα ανάμεσα σε κάθε κατηγορία. Οι 900 δοκιμές ολοκληρώθηκαν σε μία έως δύο ώρες ημερησίως. Οι 20 σύντομες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν πριν την ΑΕ για ετερόπλευρη και informational επικάλυψη επαναλήφθηκαν και μετά την ΑΕ.

Συμπερασματικά, σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε στα ποσοστά λάθους στους νέους με ΔΕΠΥ κατά τη διάρκεια της τετραήμερης συστηματικής εκπαίδευσης με ετερόπλευρη επικάλυψη. Άρα παιδιά με ΔΕΠΥ μπορούν να εκπαιδευτούν ώστε να ελαχιστοποιήσουν τα ποσοστά λάθους με χιλιάδες δοκιμές σε αρκετές μέρες. Το κατώφλι των παιδιών παρέμεινε σταθερό στα 20dB κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης. Εκπαιδύοντας τους ασθενείς σε ετερόπλευρη επικάλυψη δεν οδήγησε σε βελτίωση στα ποσοστά λάθους στο informational masking, άρα δεν υπήρχε γενίκευση του αποτελέσματος. Όσον αφορά την ομάδα ελέγχου με τους ενήλικες, το κατώφλι έμεινε σταθερό στα 17dB, ενώ δεν υπήρχε καμία διαφορά σε σχέση με τα παιδιά όσον αφορά το κατώφλι και τα ποσοστά λάθους. Αυτή η συμπεριφορά των ενηλίκων δεν ήταν αναμενόμενη. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα φαίνεται πως τα παιδιά με ΔΕΠΥ μπορούν να μάθουν να μειώνουν τα ποσοστά λάθους, χωρίς να αυξάνεται το κατώφλι στην ετερόπλευρη επικάλυψη. Ο ρυθμός με τον οποίο τα υποκείμενα εκπαιδεύτηκαν ήταν ο ίδιος με εκείνον που εκπαιδεύονται με temporal ordering διάκριση. Τα παιδιά με ΔΕΠΥ ξεκίνησαν με ποσοστά λάθους της τάξης του 20% και το μείωσαν στο μισό μετά από τέσσερις μέρες συστηματικής εκπαίδευσης και 3600 δοκιμών. Η έρευνα συμπεραίνει πως ο μηχανισμός εξαιτίας του οποίου υπάρχει βελτίωση στην ετερόπλευρη επικάλυψη είναι αβέβαιος. Η μορφή στην οποία παρουσιάστηκε η ετερόπλευρη επικάλυψη σε αυτή την έρευνα, δηλαδή η τυχαιότητα με την οποία παρουσιαζόταν η επικάλυψη στο κάθε αυτί, είναι και η πιο απαιτητική διότι το υποκείμενο δε μπορεί να εστιάσει σε κάποιο αυτί. Επίσης δηλώνεται πως, εκπαίδευση όπως αυτή που χρησιμοποιήθηκε μπορεί πιθανόν να βελτιώσει άλλες εκφάνσεις του ΔΕΠΥ ή της κεντρικής APD. Τα αναπάντεχα αποτελέσματα στους ενήλικες υγιείς ασθενείς υποστηρίζουν μια υπόθεση που δηλώνει πως υπάρχει παρορμητικότητα σε όλους τους

ακροατές και κατ' επέκταση όλοι μπορεί να συμπεριφερθούμε σα να πάσχουμε από ΔΕΠΥ κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Αναφέρεται πως υπάρχει περιορισμένη γενίκευση της αντιληπτικής εκμάθησης (perceptual learning) σε διαφορετικές παθήσεις. Για παράδειγμα εκπαιδευοντας παιδιά να αναγνωρίζουν μια συχνότητα δε γενικεύεται σε άλλες.

Περιορισμός της έρευνας αυτής είναι το κατά πόσον η βελτίωση που παρατηρήθηκε έχει διάρκεια διότι εδώ το μόνο τεστ που πραγματοποιήθηκε ήταν αμέσως μετά το πέρας της εκπαίδευσης. Επίσης το κατά πόσο υπάρχει σύνδεση της συγκεκριμένης ΑΕ με πραγματικές καταστάσεις όπως για παράδειγμα στο σχολείο όπου ένα ηχητικό ερέθισμα συνοδεύεται συνήθως από θόρυβο. Τέλος η φύση της ΔΕΠΥ εγείρει ερώτημα ως προς την πλέον αποδοτικότερη μορφή ΑΕ. Δεν είναι γνωστό αν η ΔΕΠΥ πρόκειται για διαταραχή υπερβολικής προσοχής ή τυχαίας έλλειψης προσοχής σε συγκεκριμένα ερεθίσματα. Η ΑΕ που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την έρευνα αποσκοπούσε στην εκπαίδευση της ικανότητας ακρόασης συγκεκριμένων ήχων. Ίσως αποδοτικότερη θα ήταν μια ΑΕ που θα αποσκοπούσε στην εκπαίδευση ικανότητας, να αγνοεί το υποκείμενο συγκεκριμένους ήχους.

## **Specific Language Impairment (SLI) :**

Στην έρευνα [22] εξετάστηκαν 18 γαλλόφωνα παιδιά ηλικίας 6.1 – 10.9 ετών. Κανένα από αυτά δεν εμφάνιζε απώλεια ακοής, αυτισμό, νευρολογική πάθηση, γλωσσικοκινητικές διαταραχές και ΔΕΠΥ. Τα παιδιά χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Εννέα στην ομάδα εκπαίδευσης (training group, TG), με μέση ηλικία τα 8.9 έτη και εννέα στην ομάδα ελέγχου (control group, CG) με μέση ηλικία τα 8.7 έτη. Η γλωσσική ικανότητα, η ικανότητα ανάγνωσης και η επίδοση στην ορθογραφία ήταν τουλάχιστον 1.5 τυπική απόκλιση κάτω από τα φυσιολογικά επίπεδα ως συνέπεια της SLI. Το πείραμα έλαβε χώρα σε μια περίοδο τεσσάρων έως οχτώ εβδομάδων.

Η categorical perception (CP) και η φωνολογική επίγνωση αξιολογήθηκαν για όλα τα παιδιά στις εξής φάσεις : Για την ομάδα εκπαίδευσης, πριν την ΑΕ (T0), στα μέσα της ΑΕ (T1), αμέσως μετά την ΑΕ (T2) και ένα μήνα μετά την ΑΕ (T3). Το λεξιλόγιο αξιολογήθηκε μόνο κατά τις φάσεις T1,T2,T3. Για την ομάδα ελέγχου έλαβαν χώρα ακριβώς οι ίδιες αξιολογήσεις με τη διαφορά πως ανάμεσα στις T0 και T1 μεσολάβησαν δύο εβδομάδες. Η CP αξιολογήθηκε με τεστ ταυτοποίησης και τεστ διάκρισης. Το τεστ ταυτοποίησης περιλάμβανε μια περίοδο προσαρμογής στην οποία τα παιδιά εκτέθηκαν σε 20 ηχητικά ερεθίσματα, 10 σε VOT -75ms και 10 σε VOT

+75ms. Τα παιδιά καλούνταν να συσχετίσουν το κάθε ερέθισμα με την εικόνα ενός από δύο καρτούν (D – om και T – om) για να αξιολογηθεί η ικανότητα ταυτοποίησης των δύο φωνημάτων (d και t). Για κάθε σωστή απάντηση υπήρχε σχετική θετική ανάδραση. Μετά την περίοδο προσαρμογής τα παιδιά εκτέθηκαν σε 60 ερεθίσματα, 10 για κάθε μια από τις παρακάτω VOT τιμές : -75, -45, -15, +15, +45 και +75ms. Δεν υπήρχε θετική ούτε αρνητική ανάδραση. Το τεστ διάκρισης περιλάμβανε μια περίοδο προσαρμογής κατά την οποία τα παιδιά εκτέθηκαν σε 20 ζεύγη ερεθισμάτων. πέντε επαναλήψεις για κάθε ένα από τα ζευγάρια : -75 / -75, -75 / +75, +75 / -75, +75 / +75 ms VOT. Ζητήθηκε από τα παιδιά να συνδέσουν κάθε ζευγάρι ερεθισμάτων με μια εικόνα που περιλάμβανε τα δύο καρτούν, είτε δύο φορές τον Dom, είτε δύο φορές τον Tom είτε και τους δύο μαζί, ανάλογα με το ερέθισμα που άκουσαν. Μετά την περίοδο προσαρμογής τα παιδιά εκτέθηκαν σε 80 ζεύγη ερεθισμάτων σε τυχαία σειρά. πέντε επαναλήψεις για κάθε ένα από τα 8 ίδια ζεύγη : -75 / -75, -45 / -45, -15 / -15, +15 / +15, +45 / +45, +75 / +75 και πέντε επαναλήψεις για κάθε ένα από τα 10 διαφορετικά ζεύγη : -75 / -45, -45 / -75, -45 / -15, -15 / -45, -15 / +15, +15 / -15, +15 / +45, +45 / +15, +45 / +75, και +75 / +45 ms VOT. Δεν υπήρχε ούτε θετική ούτε αρνητική ανάδραση. Η φωνολογική επίγνωση αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας δύο τεστ από τη NEEL battery. Το πρώτο ήταν, η ταυτοποίηση του αρχικού γράμματος σε μια λέξη. Ζητήθηκε από τα παιδιά να ταυτοποιήσουν και να αναπαράγουν το πρώτο φώνημα από 12 λέξεις χωρίς νόημα. Το δεύτερο ήταν, η εξάλειψη του αρχικού γράμματος. Ζητήθηκε από τα παιδιά να επαναλάβουν τη λέξη χωρίς νόημα που θα προέκυπτε αν αφαιρούνταν το αρχικό φώνημα της λέξης. Η επίδοση των παιδιών στο λεξιλόγιο αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας το τεστ “Ομοιότητες” από το WISC – R. Σε αυτό το τεστ, τα παιδιά έπρεπε να εξηγήσουν την ομοιότητα ανάμεσα σε δύο λέξεις για 40 ζευγάρια λέξεων.

Όσον αφορά την εκπαίδευση, η βασική αρχή ήταν η σταδιακή μείωση της ακουστικής απόστασης (μέγεθος της VOT διαφοράς σε ένα ζευγάρι), ανάμεσα σε δύο ερεθίσματα σε συνάρτηση της ατομικής επίδοσης του κάθε παιδιού. Συνολικά έλαβαν χώρα 18 συνεδρίες των 20 λεπτών. Σε κάθε συνεδρία, παρουσιάζονταν δέκα κομμάτια από 20 ερεθίσματα το καθένα. Κάθε κομμάτι αποτελούνταν από πέντε επαναλήψεις τεσσάρων διαφορετικών ζευγαριών ερεθισμάτων. κάθε παιδί ξεκινούσε με 50ms VOT διαφορά ανάμεσα στα δύο ερεθίσματα. Όταν η επίδοση του ήταν τουλάχιστον 14/20 για δύο κομμάτια του τεστ, η ακουστική απόσταση μειωνόταν στα 40ms, στη συνέχεια με χρήση του ίδιου κριτηρίου στα 30ms, μετά στα 20ms και τέλος στα 10ms.

Συμπερασματικά, υπήρξε βελτίωση στις επιδόσεις ταυτοποίησης και διάκρισης σε όλο το φάσμα VOT. Η εκπαίδευση βελτίωσε σημαντικά τη φωνολογική επίγνωση στην ομάδα εκπαίδευσης σε αντίθεση με το λεξιλόγιο που παρέμεινε στα ίδια επίπεδα. Πάρα τη βελτίωση αυτή, η ΑΕ χρειάζεται τροποποιήσεις διότι απέτυχε στο να δημιουργήσει μια ισχυρή κορυφή στην επίδοση των παιδιών κατά μήκος της θέσης του γαλλικού φωνολογικού ορίου (0ms VOT). Η σημαντική βελτίωση της επίδοσης στο τεστ ταυτοποίησης φάνηκε μετά τις πρώτες εννιά συνεδρίες (ανάμεσα σε T0 και T1), κάτι που καταδεικνύει τη βελτίωση της ικανότητας κατηγοριοποίησης για τα δύο ερεθίσματα d και t. Σε εκείνο το σημείο η επίδοση φάνηκε να φτάνει ασυμπτωτικά επίπεδα και γι' αυτό δεν αυξήθηκε κατά τη στιγμή T2. Η εκπαίδευση είχε θετική επίδραση στα πρωτεύοντα acoustic cues (σύζευξη ανάμεσα σε θετικές και αρνητικές τιμές VOT), όμως τα δευτερεύοντα (F0 και F1) παρέμειναν ανεπηρέαστα. Επομένως είτε χρειάζονται περισσότερες συνεδρίες είτε η εκπαίδευση που βασίζεται σε διάκριση δεν είναι κατάλληλη για να βελτιώσει την απόσταση ανάμεσα στις ασύμπτωτες. Η εργασία διάκρισης μπορεί να οδηγήσει σε βραχυπρόθεσμη (κατόπιν εννέα συνεδριών) βελτίωση στη CP και στη μακροπρόθεσμη μνήμη (ένα μήνα μετά την εκπαίδευση). Τα αποτελέσματα αυτά καταδεικνύουν την ελαστικότητα των ακουστικών ικανοτήτων των παιδιών πάρα τα αρχικά ελαττώματα. Στο τεστ διάκρισης, οι θετικές αλλαγές που παρουσίασαν τα παιδιά μετά την ΑΕ ήταν γενικές και όχι ειδικές σε σχέση με το φωνολογικό όριο παρότι η εκπαίδευση βασίστηκε σε αυτό το όριο. Υπήρξε γενίκευση της θετικής επίδοσης κατά μήκος όλου του φωνολογικού συνεχούς και όχι μόνο κατά μήκος της θέσης του γαλλικού φωνολογικού ορίου. Η απουσία βελτίωσης του λεξιλογίου υποστηρίζει το γεγονός ότι η ΑΕ που έλαβε χώρα στόχευε μόνο σε βελτίωση φωνολογικών εργασιών και η βελτίωση που παρουσίασαν τα παιδιά σε αυτές τις εργασίες δεν ήταν προϊόν μόνο του χρόνου που πέρασαν μαζί με τους εξεταστές. Η έρευνα αυτή είναι η μόνη στην οποία παρατηρείται πως, ΑΕ με μια μόνο αντίθεση φωνημάτων (/d και /t) καταφέρνει να βελτιώσει τη φωνολογική επίγνωση. Επίσης είναι σημαντικό να τονιστεί πως η φωνολογική επίγνωση παρέμεινε σταθερή ένα μήνα μετά το τέλος της ΑΕ. αυτό καταδεικνύει πως η μάθηση που έλαβε χώρα κατά την ΑΕ αποθηκεύτηκε στη μακροπρόθεσμη μνήμη και μπορεί να προκαλέσει ισχυρές αλλαγές στο φωνολογικό σύστημα των παιδιών με SLI.

### **Απώλεια Ακοής σε Υψηλές Συχνότητες :**

Στην έρευνα [23] εξετάζονται επτά υποκείμενα ηλικίας από 46 έως 57 έτη, με συμμετρική απώλεια ακοής μετά τα 3000Hz και στα δύο αυτιά, τουλάχιστον 72% αναγνώριση ομιλίας, καμία

ένδειξη νευρολογικής ή γνωστικής βλάβης και με παράπονα ακουστικής φύσης όπως εμβοές, ελλειμματική προσοχή και δυσκολία κατανόησης ομιλίας σε θορυβώδες περιβάλλον.

Οι ασθενείς πήραν μέρος σε οχτώ συνεδρίες ΑΕ των 45 λεπτών που έλαβαν χώρα μια η δύο φορές την εβδομάδα ανάλογα με το πρόγραμμα του εκάστοτε ασθενή. Οι συνεδρίες οργανώθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να αυξάνεται προοδευτικά η δυσκολία των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονταν, ώστε να υπάρχει πρόκληση για το ακουστικό κέντρο των ασθενών σε κάθε συνεδρία. Γι' αυτό το λόγο, η αναλογία σήματος – θορύβου (signal to noise ratio, SNR) , προσαρμοζόταν από θετικές (εύκολες) σε αρνητικές τιμές (δύσκολες). Οι συνεδρίες περιλάμβαναν εκπαίδευση σχετική με ένταση, συχνότητα και διάρκεια ήχων ανοιχτού χώρου, κατανόησης γλωσσικών και μη γλωσσικών ηχητικών ερεθισμάτων σε θορυβώδες περιβάλλον μέσω διχωτικής ακρόασης καθώς και auditory closure.

Η αξιολόγηση των ασθενών χρησιμοποιώντας συμπεριφορικά και ηλεκτροφυσιολογικά τεστ καθώς και το APHAB ερωτηματολόγιο, έλαβε χώρα πριν και αμέσως μετά την ΑΕ. Τα συμπεριφορικά τεστ περιλάμβαναν : verbal sequential memory test (VSMT), non – verbal sequential memory test (NVSMT), sound location test (SLT), duration pattern test (DPT), staggered spondaic word (SSW), synthetic sentence identification (SSI) με ipsilateral competitive messages (ICM) και contralateral competitive messages (CCM), random gap detection test (RGDT) και speech in noise test (SNT). Στα ηλεκτροφυσιολογικά τεστ ανήκει η μέτρηση του ABR καθώς και της κυματομορφής P300.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ABR μετά την ΑΕ. όλοι οι ασθενείς είχαν μη φυσιολογική κυματομορφή P300 (μη φυσιολογική καθυστέρηση η πλήρης απουσία της) πριν την ΑΕ ενώ ένας ασθενής είχε φυσιολογική κυματομορφή P300 στην αξιολόγηση μετά την ΑΕ. Δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα αυτιά για τα ABR και P300. Δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά την καθυστέρηση και το πλάτος της κυματομορφής P300 ανάμεσα στις δύο αξιολογήσεις εκτός από τον έναν ασθενή που ήδη αναφέρθηκε. ωστόσο υπήρξε βελτίωση στη μορφή των κυματομορφών κάτι που καταδεικνύει την ύπαρξη νευρολογικών διαφορών, που μπορούν να ανιχνευθούν αντικειμενικά, μετά την ΑΕ. όσον αφορά τα αποτελέσματα στα συμπεριφορικά τεστ, υπήρξε βελτίωση σε όλα ανάμεσα στις δύο αξιολογήσεις, αλλά στατιστικά σημαντική βελτίωση μόνο στα NVSMT, SSW. SSI – CIM, DPT ενώ στο SSI – CCM η βελτίωση έτεινε σε σημαντικά επίπεδα. Στο RGDT, το μέσο διάστημα (σε ms) των συχνοτήτων που είναι απαραίτητο για να μπορέσει ο ασθενής να αντιληφθεί δύο ήχους ήταν σημαντικά χαμηλότερο στην αξιολόγηση μετά



την ΑΕ σε σχέση με την αξιολόγηση πριν την ΑΕ. Σχετικά με το ερωτηματολόγιο APHAB, υπήρξε μείωση των παραπόνων σε όλες τις κατηγορίες του, ωστόσο μόνο η μείωση στην κατηγορία που αφορά background θόρυβο έφτασε σε σημαντικά επίπεδα.

Συμπερασματικά, παρότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την κυματομορφή P300 στους περισσότερους ασθενείς, η εμφάνιση της στον έναν καταδεικνύει ύπαρξη neuronal synchrony. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας υποδηλώνουν πως η ΑΕ ήταν αποδοτική στο να ελαχιστοποιήσει δυσκολίες ακουστικής επεξεργασίας σε υποκείμενα που πάσχουν από απώλεια ακοής σε υψηλές συχνότητες και στο να αυξήσει τη νευροπλαστικότητα. Άρα η ΑΕ είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο στη διαδικασία επανόρθωσης κεντρικών ακουστικών ανωμαλιών καθώς το κεντρικό νευρικό σύστημα μπορεί να μεταβληθεί εξαιτίας της ΑΕ. Ανεξάρτητα από τις μετρήσεις που μαρτύρησαν βελτίωση κατόπιν της ΑΕ, οι ίδιοι οι ασθενείς ανέφεραν βελτίωση στην καθημερινή τους ζωή, ειδικά όσον αφορά την ικανότητα εστίασης τους.

Περιορισμοί της έρευνας αυτής είναι πως δεν ήταν στους στόχους της, να διερευνήσει το κατά πόσον τα οφέλη από πιθανή ΑΕ διατηρούνται μακροπρόθεσμα, άρα θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια που να εξετάζει μακροπρόθεσμη βελτίωση καθώς και που θα χρησιμοποιεί περισσότερο εξειδικευμένα εργαλεία αυτοαξιολόγησης.

Δεν υπάρχει εφαρμογή που να μετράει τις αλλαγές που προκύπτουν κατόπιν έκθεσης σε ΑΕ σε άτομα που πάσχουν από απώλεια ακοής σε υψηλές συχνότητες.

## **Απώλεια Ακοής :**

Στην έρευνα [24] εξετάζονται 22 ασθενείς με απώλεια ακοής. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, 11 στην ομάδα ελέγχου (control group, CG) ηλικίας από 49 έως 85 και 11 στην ομάδα εκπαίδευσης (training group, TG) ηλικίας από 60 έως 85. Όλοι οι ασθενείς ήταν είτε άπειροι χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας ή δεν τα είχαν χρησιμοποιήσει για τουλάχιστον 12 μήνες. Το ακουστικό κατώφλι ήταν μέχρι 40dB για συχνότητες μέχρι 1500Hz και κάτω από 70dB για συχνότητες από 2000Hz έως 8000Hz. Όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν ευδιάκριτη κυματομορφή N1 στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, στα 100ms σε καθαρούς τόνους των 1000Hz. Αυτό αποτελεί βασική προϋπόθεση για να συμπεριληφθεί στην έρευνα ο εκάστοτε ασθενής δεδομένου ότι παρουσιάζει ευδιάκριτα βιοματρικά δυναμικά (event related potentials, ERP).

Οι ασθενείς στην TG έλαβαν την RMQ (Read My Quips) AE, για 30 λεπτά τη μέρα για πέντε μέρες την εβδομάδα για τέσσερις συνεχόμενες εβδομάδες. Σε αυτές τις τέσσερις εβδομάδες ο μέσος χρόνος ενασχόλησης με την AE για τον κάθε ασθενή ήταν 945 λεπτά. Η συγκεκριμένη AE δεν είναι απλά ακουστική αλλά οπτικοακουστική. Στη βιβλιογραφία έχει δειχθεί πως τέτοιου τύπου εκπαίδευση είναι περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με την ακουστική, στην ενίσχυση της ακουστικής αντιληπτικής εκμάθησης (perceptual learning). Σε αυτή την AE, οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να συμπληρώσουν σταυρόλεξα που αποτελούνται από ευφρολογίες. Τα στοιχεία για τη συμπλήρωση ήταν βίντεο, στα όποια ένας εκ τεσσάρων ομιλητών έλεγε την έκφραση για μια συγκεκριμένη στήλη η γραμμή του σταυρόλεξου, παρουσία background θορύβου. Το πρόγραμμα μετάβαλε το SNR ώστε σταδιακή αύξηση στην επίδοση να απαιτεί μεγαλύτερη προσπάθεια καταπίεσης του θορύβου και μεγαλύτερη εξάρτηση από οπτικά ερεθίσματα. Το SNR αυξανόταν (γινόταν ευκολότερο) αν ο συμμετέχων έδινε συνεχόμενες λάθος απαντήσεις η δε μπορούσε να ολοκληρώσει τη δοκιμασία. Υπήρχαν 16 διαφορετικά επίπεδα SNR, ξεκινώντας από σχεδόν ησυχία μέχρι πολύ απαιτητικά επίπεδα θορύβου. Οι ασθενείς στη CG, συμμετείχαν στην ακρόαση ηχητικών βιβλίων για τον ίδιο συνολικά αριθμό ωρών που η TG εκπαιδεύτηκε, στο ίδιο βάθος χρόνου.

Η αξιολόγηση των ασθενών σε επίπεδο κατανόησης ομιλίας και ηλεκτροφυσιολογίας έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές. Στην αρχή (T0), τέσσερις εβδομάδες μετά με καθημερινή τουλάχιστον εξάωρη χρήση ακουστικών βαρηκοΐας (T1) και τέσσερις εβδομάδες αφότου είχε ολοκληρωθεί η εκπαίδευση (T2). Η κατανόηση ομιλίας αξιολογήθηκε με τη χρήση του HINT. Στο HINT εξετάζεται η ικανότητα αναγνώρισης ομιλίας σε θόρυβο και τα επίπεδα που ξεκινάνε η ομιλία και ο θόρυβος είναι στα 55 και 65db αντίστοιχα. Η παρουσίαση της ομιλίας γίνεται μειώνοντας την ένταση της ώστε να αυξηθεί η δυσκολία, εάν ο συμμετέχων αποκρίνεται ορθά, ή αυξάνοντας την ένταση της ώστε να μειωθεί η δυσκολία εάν ο συμμετέχων αποκρίνεται λανθασμένα. Στο τέλος κάθε δοκιμής, το πρόγραμμα υπολογίζει ένα μέσο SNR. 20 προτάσεις παρουσιάζονται και υπολογίζεται ένα SNR – 50 που αντικατοπτρίζει το επίπεδο SNR στο οποίο οι προτάσεις αναγνωρίζονταν ορθά στο 50% των περιπτώσεων. Τα ηλεκτροφυσιολογικά τεστ για τη μέτρηση των ERP ακολούθησαν και στις τρεις χρονικές στιγμές αξιολόγησης, την ακόλουθη διαδικασία : το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα λάμβανε χώρα ενώ οι ασθενείς έπρεπε να πατήσουν ένα κουμπί στην παρουσία ερεθίσματος στο ένα αυτί, παράλληλα αγνοώντας την παρουσία θορύβου στο άλλο αυτί. Η διάρκεια του ερεθίσματος ήταν 100ms, με 10ms χρόνους αύξησης και πτώσης. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων συμπεριλαμβάνουν τους : στατιστική αναγνώρισης σήματος , d πρωτεύον (d') και κριτηρίου (c) καθώς και χρόνου

αντίδρασης (reaction time, RT) από την έναρξη του ερεθίσματος. Το  $d'$  είναι ένα μέτρο διαχωρισμού ενώ το  $c$  αντανakλά την τιμή της απόφασης απόκρισης που υιοθετήθηκε από το συμμετέχων.

Σύμφωνα με την ανάλυση, οι δύο ομάδες δε διέφεραν πριν την ΑΕ αλλά διέφεραν μετά την ΑΕ. Το SNR – 50 βελτιώθηκε (μειώθηκε) για τη TG μετά την ΑΕ αλλά όχι για την CG. όσον αφορά το  $c$ , υπήρξε μείωση για τη TG αλλά όχι για τη CG. Για τη TG, η ΑΕ βοήθησε στη διατήρηση μιας στατιστικά σημαντικής θετικής συσχέτισης ανάμεσα στην κυματομορφή P3b και  $d'$ , κάτι που καταδεικνύει αυξημένη προσήλωση στους στόχους. Τέτοια συσχέτιση δεν υπήρχε για τους ασθενείς στη CG.

Συμπερασματικά, η κατανόηση ομιλίας όπως αξιολογήθηκε με το HINT βελτιώθηκε για ασθενείς που εκπαιδεύτηκαν με την RMQ ΑΕ. Αυτή η βελτίωση δεν ήταν εμφανής στους ίδιους ασθενείς κατά την αξιολόγηση μετά τη χρήση ακουστικών βαρηκοΐας, ούτε στους ασθενείς της CG. επίσης, σύμφωνα με τη μείωση του  $c$ , φάνηκε πως κατόπιν της ΑΕ, οι ασθενείς είχαν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση σχετικά με την κρίση των στόχων. Δε φάνηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις κυματομορφές P3a και P3b ανάμεσα στις ομάδες και τις συνεδρίες. Δεν παρατηρήθηκε μείωση στο πλάτος της κυματομορφής P3a. Η θετική συσχέτιση του  $d'$  και του P3b, που αναφέρθηκε νωρίτερα και η έλλειψη μείωσης του πλάτους του P3a, μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι εκπαιδευόμενοι βασίζονταν περισσότερο σε οπτικά ερεθίσματα για να κατανοήσουν το ηχητικό μήνυμα και όχι στην καταπίεση του θορύβου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, φαίνεται πως για κάποιους ασθενείς η οπτικοακουστική εκπαίδευση δεν ήταν επικερδής καθώς δεν υπήρχε καμία αλλαγή η μείωση στο  $d'$  και P3b μετά από αυτήν. Η καθυστέρηση των ERP δεν ήταν σημαντική, άρα η ταχύτητα γνωσιακής επεξεργασίας δεν επηρεάστηκε από την εκπαίδευση.

Στους περιορισμούς της έρευνας περιλαμβάνονται η έλλειψη δεδομένων σχετικά με το επίπεδο δυσκολίας που έφταναν οι συμμετέχοντες στην RMQ εκπαίδευση καθημερινά, κάτι που θα αντανakλούσε το κίνητρο τους. επίσης, πως ο διαχωρισμός στις ομάδες ελέγχου και εκπαίδευσης ήταν μόνο μερικώς τυχαίος. Καταλήγοντας αναφέρεται ότι χρειάζονται περισσότερα δεδομένα για να κριθεί το κατά πόσον η οπτικοακουστική εκπαίδευση συνεισφέρει στη βελτίωση της επικοινωνίας. Τέλος χρειάζονται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβλητότητα των υποκειμένων στην εκπαίδευση.

Στην έρευνα [25] εξετάζονται 10 παντρεμένα, για τουλάχιστον 14 έτη, ζευγάρια μέσης ηλικίας 73.2 έτη, που ο ένας εκ των δύο πάσχει από απώλεια ακοής, εξοπλισμένος με ακουστικό βαρηκοΐας για τουλάχιστον τρεις μήνες. Στην έρευνα συμμετείχαν επίσης πέντε ζευγάρια, μέσης ηλικίας 73.6 χρόνια, ως ομάδα ελέγχου.

Χρησιμοποιήθηκε ένα υποσύνολο της cLEAR AE βασισμένο σε υπολογιστή, στο οποίο όλα τα ηχητικά ερεθίσματα είχαν ηχογραφηθεί από τους συντρόφους των ασθενών, καθώς εκείνοι αποτελούν τους συχνότερους ομιλητές (ΣΟ) στη ζωή των ασθενών. Σε αυτή την AE, οι συμμετέχοντες εκπαιδεύτηκαν για 12 ώρες (μονώρες συνεδρίες, δύο φορές την εβδομάδα για έξι εβδομάδες). Το υποσύνολο αυτό περιλάμβανε πέντε δραστηριότητες με στόχο το νόημα (meaning oriented). Στην πρώτη δραστηριότητα, οι συμμετέχοντες έπρεπε να αποφασίσουν εάν ένας δεδομένος ήχος - στόχος, ακούστηκε σε αρχική, μεσαία ή τελευταία θέση ανάμεσα σε άλλα ηχητικά ερεθίσματα. Στη δεύτερη, παρουσιάζονταν στους ασθενείς ηχητικά ζεύγη λέξεων, παρουσία θορύβου από έξι ομιλητές και εκείνοι έπρεπε να διαχωρίσουν και να επιλέξουν ένα από τέσσερα πιθανά ζεύγη εικόνων που ταίριαζε καλύτερα με το ηχητικό ερέθισμα. Στην τρίτη, ζητούνταν να συμπληρώσουν μια πρόταση με μια από τέσσερις πιθανές λέξεις, όπου καθεμία, διέφερε από τις υπόλοιπες σε ένα μόνο φώνημα. Στην τέταρτη δραστηριότητα, άκουγαν μια πρόταση και έπρεπε, μέσα από τρεις διαθέσιμες επιλογές να μαντέψουν την κατάλληλη πρόταση για συνέχεια. Όλες οι επιλογές θα μπορούσαν να ταιριάζουν, ανάλογα με το ποσοστό της αρχικής πρότασης που είχε γίνει κατανοητό, ωστόσο μόνο μια ήταν σωστή. τέλος, στην πέμπτη δραστηριότητα, έπρεπε να απαντήσουν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής αφότου άκουγαν μια παράγραφο. Ο background θόρυβος παρέμενε σταθερός στα 62dB, ενώ η ένταση του ηχητικού ερεθίσματος μεταβαλλόταν σύμφωνα με τη διαδικασία δύο – κάτω, ένα – πάνω ώστε η επίδοση των ασθενών να παραμένει στο 79%.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα πριν και μετά την AE και αποτελούνταν από δύο τεστ ομιλίας σε θόρυβο, τα BAS και 4AFC καθώς και το COSI (Client Oriented Scale of Improvement) ερωτηματολόγιο. Δύο εκδοχές του BAS χρησιμοποιήθηκαν, μια όπου το ερέθισμα ήταν ηχογραφημένο από τους συντρόφους των ασθενών, όπως και στην AE και μια ηχογραφημένο από επαγγελματία ηθοποιό. Το 4AFC τεστ είχε αντίστοιχη δομή με τη δεύτερη δραστηριότητα της AE, που περιγράφηκε παραπάνω με τη διαφορά πως τα ηχητικά ερεθίσματα παρουσιάζονταν σε σταθερό SNR στα +3dB. Το ερωτηματολόγιο COSI εκτιμά υποκειμενικές αλλαγές στην ακουστική επίδοση. Πριν την εκπαίδευση, οι συμμετέχοντες κατέγραψαν τρεις συνθήκες της καθημερινής τους ζωής, στις οποίες επιθυμούσαν να βελτιώσουν την ακουστική

τους επίδοση και μετά την εκπαίδευση βαθμολόγησαν το κατά πόσον υπήρξε βελτίωση σε αυτές τις συνθήκες.

Δεν παρατηρήθηκε καμία βελτίωση για τους ασθενείς στην ομάδα ελέγχου ενώ, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση για την ομάδα εκπαίδευσης στο 4AFC τεστ σε σχέση με πριν την ΑΕ, βελτίωση αντίστοιχη με αυτή που θα έδειχναν ασθενείς που εκπαιδεύτηκαν και αξιολογήθηκαν με τον ίδιο άγνωστο ομιλητή. όσον αφορά το BAS τεστ, τα αποτελέσματα τείνουν προς βελτίωση αλλά όχι σημαντική ούτε για την εκδοχή με τη σύζυγο, ούτε για την εκδοχή με τον ξένο ηθοποιό. εφτά από τους 10 ασθενείς ανέφεραν βελτίωση στις τρεις καθημερινές καταστάσεις που αντιμετώπιζαν πρόβλημα.

Συμπερασματικά, στην παρούσα έρευνα καταδεικνύεται πως η ΑΕ της όποιας το ηχητικό ερέθισμα προέρχεται από το ΣΟ, είναι ευεργετική για γηραιότερους ασθενείς με απώλεια ακοής. Η εκπαίδευση οδήγησε σε καλύτερο διαχωρισμό λέξης και οδήγησε τους συμμετέχοντες στο να θεωρήσουν πως η επικοινωνία τους βελτιώθηκε. Τα αποτελέσματα ενισχύουν την TAP θεώρηση καθώς η εκπαίδευση που προσφέρθηκε στους συμμετέχοντες ήταν παρεμφερής με το 4AFC τεστ, στο οποίο και υπήρχε σημαντική βελτίωση, αλλά διαφορετική με το BAS τεστ στο οποίο δεν παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση. Οπότε σε μελλοντικό σχεδιασμό ΑΕ θα ήταν ευεργετικό για τους εκπαιδευόμενους, τα ερεθίσματα να μιμούνται τον τύπο επικοινωνίας και ομιλίας της καθημερινής ζωής, που είναι πιθανό να συναντήσει ο εκάστοτε εκπαιδευόμενος (σχετικά με την εργασία του, καθημερινές συνηθισμένες εκφράσεις). είναι επίσης πιθανό, η εκπαίδευση με τη φωνή του ΣΟ , να τους βοήθησε να εστιάζουν περισσότερο στα φωνητικά και φωνολογικά χαρακτηριστικά αυτής της φωνής. Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, γίνεται σαφές πως η ΑΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιμετωπίσει συγκεκριμένες δυσκολίες των ασθενών στην καθημερινότητα τους που σχετίζονται με δυσκολία κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο από το ΣΟ τους. τέλος, μπορούν να ηχογραφηθούν ερεθίσματα από τους ΣΟ ώστε να αξιολογηθεί η ακουστική επίδοση ανθρώπων στην καθημερινότητα τους. Ο θόρυβος στις συγκεκριμένες αξιολογήσεις θα μπορούσε να προέρχεται από θόρυβο που υπάρχει στην οικία τους ή στο εργασιακό τους περιβάλλον.

Στους περιορισμούς αυτής της έρευνας, αναφέρεται ένας σκεπτικισμός που αφορά τη βελτίωση των ασθενών στο COSI ερωτηματολόγιο. Αυτός ο σκεπτικισμός εγείρεται κυρίως από την υποκειμενική φύση της αξιολόγησης κατά την οποία οι ασθενείς, δεδομένου ότι εκπαιδεύονται να νιώθουν ότι υπάρχει βελτίωση χωρίς στην πραγματικότητα να ισχύει κάτι τέτοιο. άλλη πιθανή αιτία της βελτίωσης τους που δε σχετίζεται με την ΑΕ, είναι η πιθανή

βελτίωση της ομιλίας των συντρόφων στα πλαίσια της εκπαίδευσης, δηλαδή η υιοθέτηση μιας περισσότερο καθαρής ομιλίας την όποια οι ασθενείς αντιλαμβάνονται καλύτερα.

Στην έρευνα [26] εξετάζονται 16 ενήλικες που πάσχουν από απώλεια ακοής, ηλικίας 26 έως 86 έτη, με κοχλιακό εμφύτευμα, με εμπειρία από ένα έως 20 έτη. Τα υποκείμενα έχουν κοχλιακό εμφύτευμα είτε στο ένα μόνο αυτί, είτε και στα δύο, είτε μαζί με ακουστικό βαρηκοΐας. Συμμετείχαν επίσης 12 ενήλικες με φυσιολογική ακοή, ηλικίας από 21 έως 42 έτη ως ομάδα ελέγχου (CG).

Χρησιμοποιήθηκαν δύο βασισμένες σε υπολογιστή ΑΕ, η MCTPI και η MCTPD (melodic contour training program interval και melodic contour training program duration αντίστοιχα). Οι ασθενείς χωρίστηκαν στις δύο ΑΕ ομοίμορφα και εκτέθηκαν σε 15- 30 λεπτά εκπαίδευσης, τέσσερις φορές την εβδομάδα για έξι εβδομάδες. Σε κάθε συνεδρία καλούνταν να ταυτοποιήσουν συνολικά 25 μελωδικές διαδρομές. Το επίπεδο δυσκολίας της ΑΕ προσαρμοζόταν ανάλογα με την επίδοση των υποκειμένων με μια one – up, one – down διαδικασία, κατά ένα επίπεδο. Ο σκοπός ήταν τα υποκείμενα να ταυτοποιήσουν μια τυχαία μελωδική διαδρομή, στο συγκεκριμένο επίπεδο δυσκολίας, επιλέγοντας ανάμεσα από τέσσερις πιθανές επιλογές (4AFC). Οι μελωδικές διαδρομές ήταν ακολουθίες από πέντε συνεχόμενες νότες και συνολικά υπήρχαν εννέα διαφορετικές. Η διαφορά των δύο ΑΕ έγκειτο στο γεγονός πως, στην MCTPI, η διάρκεια της κάθε νότας ήταν σταθερή στα 250ms και το διάστημα μεταξύ δύο συνεχόμενων νοτών άλλαζε από ένα έως 7 ημιτόνια θέτοντας έτσι το επίπεδο δυσκολίας. Αντίθετα στην MCTPD, το διάστημα ανάμεσα στις νότες ήταν καθορισμένο στα πέντε ημιτόνια, ενώ η διάρκεια της κάθε νότας άλλαζε ανάμεσα σε εφτά διαφορετικά επίπεδα, θέτοντας έτσι το επίπεδο δυσκολίας (450, 350, 250, 200, 150, 100, 50ms). Η διαδρομή – στόχος επιλέγονταν από τις εννέα διαθέσιμες και παρουσιαζόταν στα υποκείμενα όσες φορές το επιθυμούσαν. Στη συνέχεια καλούνταν να επιλέξουν από τις τέσσερις επιλογές. Οι επιλογές αυτές άνηκαν στις εννέα μελωδικές διαδρομές της ΑΕ. Για την MCTPI, υπολογίστηκε το εύρος του διαστήματος σε ημιτόνια, για το οποίο, το 50% των διαδρομών ταυτοποιήθηκε σωστά. αντίστοιχα για την MCTPD, υπολογίστηκε ένα κατώφλι διάρκειας. Στο τέλος κάθε εβδομάδας, υπολογιζόταν ο μέσος όρος από τα κατώφλια κάθε συνεδρίας.

Για την αξιολόγηση των ασθενών χρησιμοποιήθηκαν τα profiling elements of prosody in speech – communication (PEPS – C) τεστ , το australian sentences test in noise (AuSTIN) καθώς και το consonant discrimination test (CDT). Στο PEPS – C, παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες

16 λέξεις με διαφορετικό τρόπο έκφρασης και οι ασθενείς καλούνταν να αποφασίσουν αν η λέξη παρουσιαζόταν καταφατικά ή σαν ερώτηση. Οι λέξεις παρουσιάζονταν στα 65dB. Το AuSTIN είναι ένα προσαρμοστικό τεστ, στο οποίο 16 προτάσεις παρουσιάζονται σε θόρυβο από τέσσερις ομιλητές. Το CDT χρησιμοποιεί σετ από 12 συχνά χρησιμοποιούμενα σύμφωνα.

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στο MCTPI, μετά την ΑΕ σε σχέση με πριν όπως και στο MCTPD. παρατηρήθηκε επίσης, σημαντική βελτίωση σε σχέση με τους CG, στο AuSTIN. όσον αφορά το CDT, η επίδοση των υποκειμένων, κατόπιν ΑΕ, ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με τους CG. παρατηρήθηκε επίσης βελτίωση της ικανότητας κατανόησης των κλειστών συμφώνων, τόσο στα υποκείμενα που έλαβαν MCTPI όσο και σε εκείνους που έλαβαν MCTPD. Στο PEPS – C, η επίδοση της ομάδας εκπαίδευσης ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με τους CG.

Συμπερασματικά, αυτού του είδους η ΑΕ, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά, μερικές αλλά όχι όλες εκφάνσεις της κατανόησης ομιλίας. Σημαντικά βελτιώθηκε η επίδοση στην κατανόηση συμφώνων σε ήσυχο περιβάλλον καθώς και η ταυτοποίηση ερωτήσεων ή δηλώσεων με βάση το πως εκφέρονταν η λέξη (PEPS – C). Είναι περιορισμένη ωστόσο η γενίκευση αυτής της βελτίωσης σε περισσότερο ρεαλιστικές καταστάσεις, όπως η αναγνώριση ερωτήσεων ή δηλώσεων σε ολόκληρες προτάσεις αντί για μεμονωμένες λέξεις. Δεν υπήρξε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο και στην κατανόηση συμφώνων σε θόρυβο. Επειδή, τα υποκείμενα βελτιώθηκαν στην αναγνώριση κλειστών συμφώνων, ικανότητα που συνδέεται με μετάβαση φωνημάτων (second formant transitions, F2), συμπεραίνουμε πως τα υποκείμενα βελτιώθηκαν στην αναγνώριση του F2. Λόγω της βελτίωσης στο PEPS – C, ικανότητα που συνδέεται με το F0, φαίνεται πως τα υποκείμενα βελτιώθηκαν στην αναγνώριση του F0.

Στους περιορισμούς, θα αναφέρουμε το μικρό μέγεθος του δείγματος. Η αποτελεσματική αναγνώριση ομιλίας σε θόρυβο, βασίζεται σε auditory stream segregation. καθώς η εκπαίδευση βασίστηκε σε single – stream μελωδίες, εξηγείται η έλλειψη βελτίωσης στην κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο. Μια ΑΕ που να μεταβάλλει τον τόνο αλλά και την ταχύτητα επεξεργασίας ίσως είχε καλύτερα αποτελέσματα.

Στην έρευνα [27] εξετάζονται δύο ασθενείς με απώλεια ακοής και με κοχλιακό εμφύτευμα. Τα υποκείμενα εκπαιδεύτηκαν χρησιμοποιώντας μουσική ακουστική εκπαίδευση. Η εκπαίδευση αυτή περιλάμβανε το να παίζουν μελωδίες των πέντε νοτών σε πλήκτρα ηλεκτρικού πιάνου. Οι μελωδίες αυτές βασίζονταν σε προηγούμενες έρευνες για κατανόηση μουσικής, από άτομα με κοχλιακά εμφυτεύματα και χαρακτηρίζονταν από αύξηση, πτώση, αύξηση – πτώση, πτώση –

αύξηση συχνότητας. Οι μελωδίες παράγονταν είτε από το πάτημα πέντε συνεχόμενων λευκών πλήκτρων (ένα η δύο ημιτόνια διάστημα) είτε μαύρων πλήκτρων (δύο η τρία ημιτόνια διάστημα). Τα διαστήματα επιλέχθηκαν κατά αυτό τον τρόπο καθώς πολλοί χρήστες κοχλιακών εμφυτευμάτων αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην αναγνώριση τόνων που διαφέρουν κάτω από δύο ημιτόνια. κατά την εκπαίδευση οι νότες με τη χαμηλότερη συχνότητα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι A3 και A5, στα 220Hz και 880Hz αντίστοιχα. Η εκπαίδευση λάμβανε χώρα για 30 λεπτά τη μέρα, παίζοντας τις μελωδίες, πέντε φορές την εβδομάδα για ένα μήνα.

Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των ασθενών ήταν η αναγνώριση μελωδικής διαδρομής (melodic contour identification, MCI), HINT όπου το ερέθισμα παρουσιάζονταν στα 65dB, ενώ ο θόρυβος προσαρμοζόταν ανάλογα με την επίδοση. Αν το υποκείμενο έβρισκε το 50% η περισσότερο των λέξεων στην πρόταση, το επίπεδο θορύβου αυξάνονταν, σε αντίθετη περίπτωση μειωνόταν. Το κατώφλι αναγνώρισης ομιλίας (SRT), ορίστηκε σαν το απαιτούμενο SNR ώστε να αναγνωριστούν 50% των λέξεων σε μια πρόταση. άλλο τεστ που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο διαχωρισμός διαδρομής προσωδίας. Για να γίνει η αναγνώριση προσωδίας, ο εξεταζόμενος καλούνταν, σε προτάσεις που του παρουσιάζονταν, να αποφασίσει αν πρόκειται για κατάφαση η ερώτηση. Το F0 της τελευταίας συλλαβής μεταβάλλονταν μέχρι τα 360ms διάρκειας της συλλαβής. όταν η μετάβαση του F0 ήταν καθοδική, το ερέθισμα ακούγονταν σαν κατάφαση, όταν η μετάβαση ήταν ανοδική, ακούγονταν σαν ερώτηση. Το εύρος του F0 μεταβάλλονταν από το 50 έως 250% της βασικής συχνότητας της συλλαβής (τιμές κάτω από 100% αντιστοιχούν σε καθοδική πορεία, στο 100% σε καμία πορεία, ενώ πάνω από 100% σε ανοδική πορεία). Η βασική συχνότητα είναι 120Hz για να προσομοιάσει αρσενικό ομιλητή και 200Hz για να προσομοιάσει θηλυκό ομιλητή. Τονίζεται πως οι συχνότητες που χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτές τις διαδρομές δε χρησιμοποιήθηκαν στην εκπαίδευση. Πριν την εκπαίδευση, τα τεστ επαναλαμβάνονταν τρεις η περισσότερες φορές μέχρι να επιτευχθεί ασυμπτωτική επίδοση.

Όσον αφορά τον ένα συμμετέχοντα παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο (HINT). βελτίωση παρατηρήθηκε επίσης μετά την εκπαίδευση στο MCI, ενώ δεν υπήρξε βελτίωση στο διαχωρισμό διαδρομής προσωδίας σε καμία συχνότητα. Για το δεύτερο συμμετέχοντα, παρατηρήθηκε και εδώ βελτίωση στο MCI, μικρή βελτίωση στην αναγνώριση ομιλίας σε θόρυβο αλλά αξιοσημείωτη βελτίωση στην κατανόηση προσωδίας. Κατόπιν εκπαίδευσης, αυτός ο συμμετέχων, χρειαζόταν μικρότερη αλλαγή στο F0 ώστε να ξεχωρίσει την



κατάφαση από την ερώτηση. Ίσως χρειάζεται τα υποκείμενα να παίζουν πιο περίπλοκες μελωδίες, όσο εξοικειώνονται με τις αρχικές.

Συμπερασματικά, η μουσική εκπαίδευση σε συνδυασμό με τα θετικά συναισθήματα που προκαλεί και το έντονο κινητικό της στοιχείο, μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με την κλασική ΑΕ, όσον αφορά νευρικές αλλαγές που βοηθούν στην κατανόηση ομιλίας.

Στην έρευνα [28] εξετάζονται 11 ασθενείς που πάσχουν από απώλεια ακοής, εξοπλισμένοι με κοχλιακό εμφύτευμα και εννέα υποκείμενα με φυσιολογική ακοή ως ομάδα ελέγχου. Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε ως τεστ και ως εκπαίδευση ήταν η ταυτοποίηση μελωδικής διαδρομής (MCI). Στο πρώτο πείραμα, οι ασθενείς και η ομάδα ελέγχου έλαβαν το MCI τεστ χωρίς εκπαίδευση.

Η ταυτοποίηση μελωδικής διαδρομής αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας εννέα μελωδίες των πέντε νοτών. Οι εννέα μελωδίες αντιστοιχούσαν σε απλές διαδρομές τόνου και μεταβαλλόμενες διαδρομές τόνου (επίπεδη, ανοδική, καθοδική, επίπεδη – ανοδική, καθοδική – ανοδική, ανοδική – επίπεδη, καθοδική – επίπεδη, ανοδική – καθοδική, επίπεδη – καθοδική). Οι μελωδικές διαδρομές δημιουργήθηκαν σε σχέση με μια βασική νότα (η χαμηλότερη νότα σε κάθε μελωδία). Χρησιμοποιήθηκαν τρεις βασικές νότες A3 (220Hz), A4 (440Hz), A5 (880Hz). Το διάστημα ανάμεσα σε διαδοχικές νότες, ποίκιλε από ένα έως πέντε ημιτόνια. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 135 μελωδικές διαδρομές (9 μελωδίες\*3 βασικές νότες\*5 ημιτόνια απόσταση). Κάθε νότα δημιουργούνταν σε σύμπλεγμα αρμονικών : θεμελιώδης συχνότητα (F0) + πρώτη αρμονική (2\*F0, -3dB) + δεύτερη αρμονική (3\*F0, -6dB). Χρησιμοποιήθηκαν συμπλέγματα νοτών και όχι καθαροί τόνοι, για να προσομοιαστούν καλύτερα οι νότες, όπως παράγονται με φυσικό τρόπο και τελικά να προσεγγιστεί καλύτερα ο τρόπος, με τον οποίο τα υποκείμενα με κοχλιακό εμφύτευμα αντιλαμβάνονται τη μουσική. Κάθε νότα είχε διάρκεια 250ms. Η έναρξη κάθε νότας επεκτάθηκε κατά 10ms ενώ η λήξη της μετριάστηκε κατά 10ms για να μειωθούν παροδικές φασματικές splatter. Για την αξιολόγηση, επιλέγονταν τυχαία μια μελωδία από τις 135 και παρουσιάζονταν στα υποκείμενα με επανάληψη, εφόσον το επιθυμούσαν, το πολύ τριών φορών. Τα υποκείμενα καλούνταν να επιλέξουν τη μελωδία που άκουσαν από εννέα διαθέσιμες επιλογές. Τα υποκείμενα εξετάστηκαν επίσης σε ταυτοποίηση οικείας μελωδίας (FMI). Για αυτή την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν 12 οικείες μελωδίες, είτε με ρυθμικά στοιχεία είτε χωρίς. τρία συμπλέγματα αρμονικών δημιουργήθηκαν για κάθε νότα ακριβώς όπως περιγράφηκε παραπάνω. Δημιουργήθηκε επίσης ένας δείκτης ώστε να κρίνει την πολυπλοκότητα της κάθε μελωδίας. Ο δείκτης αυτός ορίστηκε, ως ο μέσος όρος του αριθμού των καινούργιων νοτών, του αριθμού των

αλλαγών σε μια νότα, του εύρους των ημιτονίων, καθένα διαιρούμενο με τον συνολικό αριθμό νοτών στην εκάστοτε μελωδία. αντίστοιχα, δημιουργήθηκε και δείκτης για το ρυθμό, ο οποίος ορίστηκε ως ο μέσος όρος του αριθμού των καινούργιων ρυθμών, του αριθμού των αλλαγών στο ρυθμό και του εύρους του ρυθμού, το καθένα από αυτά διαιρούμενο με το συνολικό αριθμό νοτών. Για αυτή την αξιολόγηση, επιλέγονταν τυχαία μια από τις 24 μελωδίες με ρυθμικά στοιχεία και παρουσιάζονταν στο υποκείμενο, το οποίο καλούνταν να την αναγνωρίσει ανάμεσα σε 12 διαθέσιμες επιλογές. Το ίδιο ακριβώς συνέβαινε και για τις 24 μελωδίες χωρίς ρυθμικά στοιχεία. Τα υποκείμενα εξετάστηκαν επίσης σε αναγνώριση φωνημάτων.

Παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υποκείμενα καθώς το αποτέλεσμα στο MCI ήταν από 14.1% έως 90.7%. Η επίδοση των υποκειμένων μειώνονταν καθώς μειώνονταν η απόσταση ανάμεσα σε διαδοχικές νότες. Τα υποκείμενα ήταν ικανά να αναγνωρίζουν την επίπεδη διαδρομή καλύτερα από τις υπόλοιπες. Η επίδοση στο FMI ήταν καλύτερη παρουσία ρυθμικών στοιχείων. παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση στο MCI τεστ και στην αναγνώριση φωνηέντων, ενώ δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση στο FMI τεστ και την αναγνώριση φωνημάτων, η ανάμεσα στις επιδόσεις στο FMI και MCI. Έξι από τα 11 υποκείμενα που συμμετείχαν στην παραπάνω διαδικασία, έλαβαν μέρος σε MCI εκπαίδευση.

Τα ερεθίσματα που χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτή την εκπαίδευση ήταν αντίστοιχα με παραπάνω, με τη διαφορά πως χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές βασικές νότες για τις μελωδίες. Αυτό έγινε για να αποφευχθεί άμεση εκπαίδευση με τα ερεθίσματα του τεστ. Η εκπαίδευση λάμβανε χώρα για μισή ώρα τη μέρα, κάθε μέρα με διάρκεια από μια βδομάδα για μερικά υποκείμενα, έως δύο μήνες για άλλα. Σε κάθε άσκηση της εκπαίδευσης περιλαμβάνονταν 25 μελωδικές διαδρομές. Για κάθε μια που παρουσιάζονταν, τα υποκείμενα καλούνταν να την αναγνωρίσουν επιλέγοντας από δύο έως εννέα διαθέσιμες επιλογές. όταν η επίδοση του υποκειμένου, έφτανε κάποιο επίπεδο (80% σωστές απαντήσεις), το επίπεδο δυσκολίας αυξάνονταν είτε αυξάνοντας τον αριθμό των πιθανών απαντήσεων είτε μειώνοντας τον αριθμό των ημιτονίων ανάμεσα σε διαδοχικές νότες.

Τα υποκείμενα εξετάστηκαν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως περιγράφηκε παραπάνω, αμέσως μετά το πέρας της ΑΕ ενώ εξετάστηκαν ξανά στο MCI τεστ, ένα μήνα μετά το τέλος της ΑΕ για να εξακριβωθεί αν διατηρήθηκαν τα οφέλη αυτής της ΑΕ.

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση κατόπιν της ΑΕ, ενώ μειώθηκε η διαφοροποίηση ανάμεσα στα υποκείμενα. Η βασική νότα που χρησιμοποιήθηκε δεν είχε καμία επίδραση στην

επίδοση στο MCI τεστ. Η εκπαίδευση βελτίωσε την επίδοση σε όλα τα διαστήματα ανάμεσα στις νότες που παρουσιάστηκαν. παρατηρήθηκε επίσης βελτίωση στο FMI τεστ, είτε με ρυθμικά στοιχεία είτε με όχι, ωστόσο όχι σημαντική. σημαντική όμως ήταν η βελτίωση σε αυτό το τεστ παρουσία ρυθμικών στοιχείων. Οι επιδόσεις τους στην αξιολόγηση ένα μήνα μετά, παρέμειναν στα ίδια επίπεδα σε σχέση με την αξιολόγηση αμέσως μετά την ΑΕ σε τρία υποκείμενα. Σε δύο υπήρξε ελάχιστη μείωση, ωστόσο τα αποτελέσματα τους ήταν και πάλι αρκετά υψηλότερα σε σχέση με πριν την ΑΕ.

Συμπερασματικά, βρέθηκε πολύ μεγάλη διαφοροποίηση στα αποτελέσματα στο δείγμα, συχνό φαινόμενο σε μελέτες με υποκείμενα με κοχλιακό εμφύτευμα. Η επίδοση με βάση τις Α4 και Α5 βασικές νότες ήταν ελάχιστα καλύτερη σε σχέση με την Α3. Όταν η διαφορά ανάμεσα σε διαδοχικές νότες ήταν ένα μόνο ημιτόνιο, ακόμα και οι χρήστες με τις καλύτερες επιδόσεις αδυνατούσαν να ταυτοποιήσουν τη μελωδία. Η επίδοση στο FMI τεστ δε συσχετίστηκε ούτε με την επίδοση στο MCI ούτε με την αναγνώριση φωνημάτων.

Στην έρευνα [29] εξετάζονται 93 ασθενείς που πάσχουν από απώλεια ακοής, ηλικίας από 18 έως 89 ετών, οι 78 εξοπλισμένοι με ακουστικά βαρηκοΐας και οι 15 με κοχλιακό εμφύτευμα. όλοι οι ασθενείς είχαν εμπειρία με τη συσκευή τους για πάνω από έξι μήνες.

Οι ασθενείς εκπαιδεύτηκαν χρησιμοποιώντας τη “I Hear What You Mean” ΑΕ βασισμένη σε υπολογιστή, για 12 μαθήματα σε βάθος έξι εβδομάδων (δύο μαθήματα τη βδομάδα). Το κάθε μάθημα διαρκούσε περίπου μια ώρα. Η ΑΕ αποτελούνταν από πέντε ασκήσεις, που καθεμία ασχολούνταν με συγκεκριμένα φωνήματα. Τα ερεθίσματα σε όλες τις ασκήσεις παρουσιάζονταν παρουσία θορύβου τεσσάρων ομιλητών στα 62dB. Η ένταση της ομιλίας κυμαινόταν, έτσι ώστε να διατηρείται και στις πέντε ασκήσεις ένα ποσοστό σωστών απαντήσεων της τάξης του 80%. Οι ασκήσεις ήταν συνδυασμός και αναλυτικής και συνθετικής ΑΕ. Η πρώτη άσκηση εστίαζε στην ταυτοποίηση ήχων. Στη δεύτερη, παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες δύο λέξεις που είτε ήταν όμοιες, είτε διέφεραν κατά ένα μόνο φώνημα. Οι συμμετέχοντες, έπρεπε να επιλέξουν μια από τέσσερις εικόνες που τους παρουσιάζονταν, εκείνη που αντιπροσώπευε καλύτερα τα ερεθίσματα που μόλις άκουσαν. Στην τρίτη άσκηση, οι ασθενείς έπρεπε να συμπληρώσουν προτάσεις. άκουγαν το πρώτο μέρος μιας πρότασης σε ησυχία και στη συνέχεια έπρεπε να επιλέξουν την τελική λέξη που συμπλήρωνε την πρόταση, μέσα από τέσσερις επιλογές, που διέφεραν κατά ένα φώνημα και παρουσιάζονταν σε θόρυβο τεσσάρων ομιλητών. Στην τέταρτη άσκηση, οι ασθενείς άκουγαν μια πρόταση και στη συνέχεια έπρεπε να επιλέξουν μια άλλη πρόταση από τρεις διαθέσιμες επιλογές, η οποία ήταν καταλληλότερη νοηματικά για να διαδεχθεί την αρχική. Στην

τελευταία άσκηση, οι συμμετέχοντες άκουγαν ένα κείμενο διάρκειας 45 δευτερολέπτων και στη συνέχεια καλούνταν να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής σχετικά με αυτό. αμέσως μετά άκουγαν και ταυτόχρονα διάβαζαν το ίδιο κείμενο και καλούνταν να απαντήσουν σε ακόμα δύο ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Σε όλες τις ασκήσεις υπήρχε ανατροφοδότηση.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα σε τέσσερις συνεδρίες, δύο πριν την ΑΕ και δύο μετά από αυτήν. Τα τεστ στα όποια συμμετείχαν οι ασθενείς περιλάμβαναν τεστ αναγνώρισης συμφώνων, φωνηέντων και προτάσεων καθώς και τεστ κατανόησης ομιλίας. επίσης, ένα τρίτο των ασθενών συμμετείχε και σε τεστ ανάγνωσης χειλιών. Στο τέλος της ΑΕ, όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο. Στη συγκεκριμένη έρευνα τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν αφορούσαν μόνο το ερωτηματολόγιο. Στο ερωτηματολόγιο, οι ασθενείς απαντούσαν σε τέσσερις ερωτήσεις χρησιμοποιώντας την κλίμακα “Likert” 7 βαθμών και στη συνέχεια καλούνταν να εξηγήσουν συνοπτικά τις απαντήσεις τους γράφοντας κείμενο. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν : 1 - το κατά πόσον η ΑΕ βελτίωσε την ικανότητα κατανόησης ομιλίας, 2 - το κατά πόσον η ΑΕ βελτίωσε την αυτοπεποίθηση τους στο να συνομιλούν με μη οικείους ομιλητές, 3 - το κατά πόσον η ΑΕ βελτίωσε την αυτοπεποίθηση τους στο να συνομιλούν με οικείους ομιλητές και τέλος 4 - το κατά πόσον οι συμμετέχοντες απόλαυσαν την ΑΕ. Η απόλαυση των ασθενών αξιολογήθηκε, διότι όταν η παράμετρος αυτή βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, σε υψηλά επίπεδα βρίσκεται και η συνέπεια των ασθενών ως προς την ολοκλήρωση του προγράμματος. Οι συμμετέχοντες καλούνταν επίσης, να σχολιάσουν εάν ένιωθαν πως η ΑΕ βελτίωσε την ικανότητα τους να κατανοούν λέξεις, να κατανοούν μεμονωμένες προτάσεις, να κατανοούν πολλαπλές προτάσεις και τέλος να κατανοούν το νόημα μιας μεγάλης ακολουθίας προτάσεων.

Γενικά, οι ασθενείς έδωσαν μέτρια βαθμολογία στην ικανότητα τους να κατανοούν ομιλία (μέση βαθμολογία 4.1 στα 7 για έναν και πολλαπλούς ομιλητές) και γενικά φάνηκε πως απόλαυσαν τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα (μέση βαθμολογία 5.9 στα 7). Η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε στις απαντήσεις στις ερωτήσεις αφορούσε την τρίτη. Η εξάσκηση με πολλούς ομιλητές δεν οδήγησε σε μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση σε σχέση με την εξάσκηση με έναν ομιλητή. Το 88% των ασθενών δήλωσε πως παρατήρησε βελτίωση σε τουλάχιστον μια έκφραση κατανόησης ομιλίας από αυτές που υπήρχαν στο ερωτηματολόγιο, ενώ το 12% δεν επέλεξε καμία. Το 66% των ασθενών, πίστευε πως κατανοούσε καλύτερα μεμονωμένες λέξεις ως συνέπεια της ΑΕ. Το 34% των συμμετεχόντων, πίστευε πως η ικανότητα να κατανοούν προτάσεις είχε βελτιωθεί, το 22% πως η ικανότητα να κατανοούν πολλαπλές

προτάσεις είχε βελτιωθεί ενώ το 34%, πως η ικανότητα να κατανοούν το γενικό νόημα πολλών προτάσεων είχε βελτιωθεί. Συνολικά, οι συμμετέχοντες θεώρησαν τις ασκήσεις επωφελείς με μέση βαθμολογία 5 στα 7 στην κλίμακα “Likert”. υπήρχε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη φαινόμενη βελτίωση που δήλωσαν οι ασθενείς και στην αυτοπεποίθηση τους στις διαφορές καταστάσεις. άρα οι συμμετέχοντες που δήλωσαν τη μεγαλύτερη βελτίωση στην κατανόηση ομιλίας, δήλωσαν επίσης και μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση όσον αφορά τις ερωτήσεις 1, 3, 4 και θεώρησαν πως επωφελήθηκαν γενικότερα όσον αφορά την κατανόηση ομιλίας. Δεν παρατηρήθηκε ωστόσο, καμία σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη φαινόμενη βελτίωση των ασθενών και στην απόλαυση του προγράμματος. Η μόνη παράμετρος που συσχετίστηκε σε σημαντικό βαθμό με την απόλαυση, ήταν η ηλικία των ασθενών, με τους γηραιότερους ασθενείς να απολαμβάνουν περισσότερο την ΑΕ. Η ηλικία συνέβαλε κατά 20% στη διακύμανση της απόλαυσης.

Συμπερασματικά, οι ασθενείς δήλωσαν πως απόλαυσαν και επωφελήθηκαν από την ΑΕ, κάτι που οδήγησε σε μεγάλα ποσοστά συμμετοχής μέχρι τέλους της ΑΕ (πάνω από 90%). Οι ΑΕ πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε οι συμμετέχοντες να νιώθουν ότι επωφελούνται από αυτή. Η αίσθηση αυτή ίσως ενισχύθηκε στην παρούσα έρευνα διότι όλες οι ασκήσεις διεξήχθησαν με 80% ρυθμό σωστών απαντήσεων, άρα οι επιδόσεις τους παρέμεναν διαρκώς σε υψηλά επίπεδα. άλλος παράγοντας για αυτή την αίσθηση, ίσως ήταν η φύση των ασκήσεων, που στόχευαν περισσότερο στην κατανόηση νοήματος. άλλος παράγοντας, που αφορούσε το 19% των συμμετεχόντων, ήταν η επαφή τους με το προσωπικό και με την κλινική. ένας τρόπος επίλυσης και ενσωμάτωσης σε πιθανή ΑΕ, είναι να συμπεριληφθούν συνεδρίες “skype” ώστε να πραγματώνεται αυτή η επικοινωνία από την ευκολία του σπιτιού των συμμετεχόντων.

Στους περιορισμούς αναφέρεται πως δε χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου και πως όλοι οι συμμετέχοντες ήταν εθελοντές και άρα άτομα που είχαν εξαρχής ενδιαφέρον για την έρευνα και όχι ο μέσος ασθενής. Τέλος, άλλος παράγοντας που ίσως συνεισέφερε στην ευνοϊκή κριτική των ασθενών απέναντι στην ΑΕ ίσως είναι πως αποζημιωθήκαν για το χρόνο τους καθώς και η γνώση πως οι απαντήσεις τους θα αξιολογηθούν. Όταν οι συμμετέχοντες γνωρίζουν πως οι απαντήσεις τους θα αξιολογηθούν, τείνουν να αποκρίνονται με τρόπους που θεωρούν πως θα ικανοποιήσουν το διοργανωτή της έρευνας.

Στην έρευνα [30] εξετάζονται 17 παιδιά, ηλικίας από έξι έως 12 έτη, που πάσχουν από απώλεια ακοής. 10 από αυτά είναι χρήστες κοχλιακού εμφυτεύματος, ενώ επτά ακουστικού βαρηκοΐας. ανάλογα με τη συσκευή τους, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες.

Τα παιδιά συμμετείχαν σε πρόγραμμα ΑΕ βασισμένο σε υπολογιστή, το SARDA (“Auxiliary Software for the Rehabilitation of Hearing Disorders”), πρόγραμμα βασισμένο στο FastForWord. Πέντε από τις έξι ασκήσεις της SARDA χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα. Η πρώτη (“Jumping with Dinho the Dolphin”) ανέπτυξε τις ικανότητες του ακουστικού διαχωρισμού, ακουστικής αναγνώρισης και μνήμης. Χρησιμοποιήθηκαν μη γλωσσικά ερεθίσματα. Η δεύτερη (“Singing with Tuca the Toucan”) εκπαίδευε τις ικανότητες του ακουστικού διαχωρισμού και αναγνώρισης. Χρησιμοποιήθηκαν εναλλαγές από σύμφωνα και φωνήεντα μήκους τριών φωνημάτων ως ερέθισμα. Η τρίτη (“Playing with Ze the Alligator”) είχε ως στόχο την ανάπτυξη του ακουστικού διαχωρισμού και της προσοχής. Χρησιμοποιήθηκαν εναλλαγές από σύμφωνα και φωνήεντα μήκους τριών φωνημάτων ως ερέθισμα. Η τέταρτη (“Running with Leo the Lion”) ανέπτυξε την ικανότητα προσοχής. Χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις και λέξεις ως ερεθίσματα. Η πέμπτη (“Animal Memory”) ανέπτυξε την ακουστική μνήμη. Χρησιμοποιήθηκαν εναλλαγές από σύμφωνα και φωνήεντα μήκους δύο φωνημάτων ως ερέθισμα. Σε όλες τις ασκήσεις, υπήρχε διακύμανση στη διάρκεια του ερεθίσματος και στις διαφορές στην άρθρωση των φωνημάτων. Υπήρχε προοδευτική δυσκολία σε κάθε άσκηση. Υπήρχαν τρία στάδια και το κάθε στάδιο αποτελούνταν από τέσσερις φάσεις και η κάθε φάση από τρία επίπεδα δυσκολίας. Οι συνεδρίες της ΑΕ λάμβαναν χώρα δύο φορές την εβδομάδα, για 30 λεπτά τη φορά, μέχρις ότου ολοκληρωθούν όλες οι ασκήσεις. Ο συνολικός χρόνος που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση στα παιδιά με κοχλιακό εμφύτευμα ήταν 12.2 (τυπική απόκλιση 3.82) μέρες, ενώ για αυτά με ακουστικό βαρηκοΐας 10.14 (τυπική απόκλιση 2.73) μέρες. Λόγω δυσκολίας που παρουσιάστηκε στην ολοκλήρωση της πέμπτης άσκησης, η άσκηση αυτή (“Animal Memory”) αφαιρέθηκε από την ΑΕ.

Η αξιολόγηση έλαβε χώρα πριν και μετά την ΑΕ με τη χρήση του HINT (“Hearing in Noise Test”), τόσο σε ήσυχο όσο και σε θορυβώδες περιβάλλον. Οι προτάσεις του τεστ εκφέρονταν αρχικά στα 65dB. όταν υπήρχε θόρυβος, αυτός παρουσιάζονταν αρχικά στα 65dB, ενώ το ερέθισμα αρχικά στα 70dB. Το αποτέλεσμα του τεστ σε ησυχία ήταν το κατώφλι αναγνώρισης προτάσεων (“Sentence Recognition Thresholds”, SRT) στο οποίο ο ασθενής παρουσίαζε 50% αναγνώριση προτάσεων. Το αποτέλεσμα του τεστ παρουσία θορύβου, ήταν το SNR στο οποίο ο ασθενής παρουσίαζε 50% αναγνώριση προτάσεων.

Παρατηρήθηκε διαφορά σε κάθε ομάδα ανάμεσα στις δύο αξιολογήσεις ωστόσο δεν παρατηρήθηκε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες. φάνηκε πως τα παιδιά με εμφύτευμα ήταν νεότερα από της άλλης ομάδας και χρειάστηκαν περισσότερες μέρες για να ολοκληρώσουν την εκπαίδευση. Η διαφορά αυτή, δεν ήταν ωστόσο σημαντική. Η τρίτη και η τέταρτη φάση του τελευταίου σταδίου εκπαίδευσης ήταν εκείνες που δυσκόλεψαν περισσότερο τους ασθενείς, καθώς η διάρκεια του ερεθίσματος και η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικά ήταν 100ms και 25ms αντίστοιχα. Η αφαίρεση της δύσκολης άσκησης οδήγησε στη διαπίστωση πως η κάθε ΑΕ πρέπει να προσαρμόζεται και να μεταβάλλεται σύμφωνα με τις ανάγκες των ασθενών.

Συμπερασματικά η ανεπίσημη ΑΕ SARDA, οδήγησε σε βελτίωση στο HINT για τις δύο ομάδες. Η βελτίωση αυτή ίσως οφείλονταν στη φύση της ΑΕ που αποτελούνταν από ασκήσεις που ανέπτυσαν τις ακουστικές ικανότητες, βασισμένες στη μεταβολή της διάρκειας, συχνότητας και διαστήματος ανάμεσα στην εμφάνιση, μη γλωσσικών ερεθισμάτων, καθώς και στην ακουστική επέκταση λέξεων με η χωρίς νόημα, που στα δυσκολότερα επίπεδα προσομοιάζαν το φυσικό λόγο. Η χρήση λοιπόν της ΑΕ πρέπει να είναι βοηθητική με επιπρόσθετες διαδικασίες ακουστικής αποκατάστασης και όχι αυτόνομη καθώς όπως φάνηκε είναι απαραίτητη η παρέμβαση ειδικού.

Στην έρευνα [31] εξετάζονται 16 γηραιότεροι ασθενείς που πάσχουν από απώλεια ακοής. Οι ασθενείς αυτοί χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με την ΑΕ που έλαβαν. Έλαβαν αυτοσχέδια ΑΕ που αποτελούνταν από έκθεση σε συχνές λέξεις, φράσεις, οι οποίες ηχογραφήθηκαν από τέσσερις ομιλητές. Όσον αφορά τις συχνές λέξεις, συμπεριλήφθηκαν οι 600 πιο συχνές της αγγλικής γλώσσας με τα κύρια ονόματα να έχουν αποκλειστεί. Χρησιμοποιήθηκαν 94 συχνές φράσεις, 36 αποτελούμενες από τέσσερις λέξεις και 58 από πέντε λέξεις. Χρησιμοποιήθηκε το ICRA Noise, ως θόρυβος για όλη την εκπαίδευση και τα τεστ. Τα ερεθίσματα παρουσιάστηκαν σε 68dB SPL. Τα SNR που χρησιμοποιήθηκαν ήταν -2dB για τις συχνές λέξεις, -8dB για τις συχνές φράσεις και -8dB για τις VAST προτάσεις, κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης με τις συχνές λέξεις, 50 λέξεις παρουσιάζονταν στην οθόνη με ακουστική ανατροφοδότηση για κάθε δοκιμή. Συνολικά υπήρχαν 2400 λέξεις – ερεθίσματα (600 συχνές λέξεις, καθεμία από τέσσερις ομιλητές). Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με το πως έγινε η παρουσίαση αυτών των 2400 ερεθισμάτων. Στη μια ομάδα, παρουσιάστηκαν όλα τα 2400 ερεθίσματα πριν γίνει κάποια επαναληπτική παρουσίαση κάποιου από αυτά. Στη δεύτερη ομάδα, τα ερεθίσματα χωρίστηκαν σε ομάδες των 600 (δηλαδή 150 διαφορετικές λέξεις) οι οποίες παρουσιάζονταν αρκετές φορές μέχρι να παρουσιαστεί η επόμενη ομάδα των 600. Η πρώτη ομάδα, συμμετείχε σε τρεις κύκλους

των οχτώ συνεδριών διάρκειας 75 – 90 λεπτών σε βάθος χρόνου από οχτώ έως 12 εβδομάδες. Η δεύτερη ομάδα, συμμετείχε σε τέσσερις κύκλους των έξι συνεδριών και αυτοί σε βάθος χρόνου από οχτώ έως 12 εβδομάδες.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα πριν και αμέσως μετά την ΑΕ. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα τεστ : CID “Καθημερινές Προτάσεις”, αναγνώριση 200 συχνών λέξεων χωρίς πολλαπλή επιλογή (50 από κάθε ομιλητή), 200 προτάσεις από το “Veterans Administration Sentence Test”, (VAST, 50 από κάθε ομιλητή) και 376 συχνές φράσεις (94 από κάθε ομιλητή). Οι VAST προτάσεις διαμορφώθηκαν ώστε η καθεμία να περιέχει τρεις λέξεις – κλειδιά από τις συχνές λέξεις της αγγλικής. Οι λέξεις κλειδιά τοποθετούνταν με τέτοιο τρόπο ώστε, μια να είναι στην αρχή, μια στη μέση και μια στο τέλος της κάθε πρότασης. τελικά επιλέχθηκαν 25 προτάσεις για ενσωμάτωση. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι A, B, C και D λίστες από το CID “Καθημερινές Προτάσεις”. υπάρχουν περίπου δύο σύντομες (δύο έως τέσσερις λέξεις), δύο εκτενείς (10 – 12 λέξεις) και έξι μεσαίου μήκους (πέντε έως εννέα λέξεις) προτάσεις σε κάθε λίστα. Οι προτάσεις ποικίλουν έτσι ώστε, οι έξι να είναι κατηγορηματικές, οι δύο προστακτικές και οι δύο ερωτηματικές (καθοδικός τονισμός και ανοδικός τονισμός). Η διαφορά ανάμεσα στην αξιολόγηση πριν και μετά την ΑΕ είναι πως στην πρώτη χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι λίστες A, B του CID ενώ στη δεύτερη και οι τέσσερις λίστες.

Από τους 16 ασθενείς, οι 10 συμμετείχαν στην πρώτη ομάδα ενώ οι έξι στη δεύτερη ομάδα. Επειδή δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ΑΕ, τα αποτελέσματα τελικά ενοποιήθηκαν και για τις δύο ομάδες. παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην αναγνώριση συχνών λέξεων, κάτι στο οποίο εκπαιδεύτηκαν και μικρότερη αλλά σημαντική βελτίωση στα υπόλοιπα τεστ κατόπιν ΑΕ. Στην αναγνώριση συχνών λέξεων, 14 από τους 16 ασθενείς έδειξαν σημαντική βελτίωση. Ο ένας από τους δύο που δεν έδειξε βελτίωση δεν είχε συμμετάσχει σε ολόκληρη την ΑΕ. Για τις CID προτάσεις, 10 από τους 16 ασθενείς έδειξαν σημαντική βελτίωση στις δύο πρώτες λίστες και 11 στις τελευταίες λίστες. 12 από τους 16 ασθενείς έδειξαν σημαντική βελτίωση για τις VAST προτάσεις και τις συχνές φράσεις. παρατηρήθηκε λοιπόν βελτίωση σε εργασίες στις οποίες εκπαιδεύτηκαν αλλά και γενίκευση σε εργασίες στις οποίες δεν εκπαιδεύτηκαν. τέσσερις ασθενείς απέτυχαν στο να εκδηλώσουν σημαντική βελτίωση σε τρία από τα τέσσερα τεστ. Με βάση ανάλυση παλινδρόμησης που έλαβε χώρα στα δεδομένα με τη βελτίωση στις CID προτάσεις ως την εξαρτημένη μεταβλητή , φάνηκε πως όσο μεγαλύτερος ο ασθενής και όσο καλύτερη η επίδοση πριν την ΑΕ, τόσο μικρότερα τα οφέλη από την ΑΕ.



Συμπερασματικά, η ΑΕ ήταν αποτελεσματική και οδήγησε σε γενικευμένη βελτίωση στο 75% των ασθενών, στην αναγνώριση φράσεων χωρίς πολλαπλή επιλογή, μέσα από την εκπαίδευση αναγνώρισης λέξεων με πολλαπλή επιλογή. αυτό συνέβη διότι υπήρχε μεγάλη επικάλυψη ανάμεσα στις λέξεις εκπαίδευσης και στο λεξιλόγιο των φράσεων που χρησιμοποιήθηκαν στο τεστ. επίσης, η εκπαίδευση με αναγνώριση φράσεων με πολλαπλή επιλογή ενίσχυσε τη γενίκευση σε προτάσεις.

Η βελτίωση που παρατηρήθηκε εδώ για την αναγνώριση λέξεων χωρίς πολλαπλή επιλογή (από 50% πριν σε 70% μετά την ΑΕ) ήταν μικρότερη σε σχέση με προηγούμενης έρευνας στην οποία όμως είχαν χρησιμοποιηθεί λιγότερες συχνές λέξεις ως ερεθίσματα. Δεδομένου ότι ο χρόνος εκπαίδευσης και για τις δύο έρευνες ήταν ο ίδιος, η απουσία της ίδιας βελτίωσης ίσως οφείλεται στο γεγονός πως στην παρούσα έρευνα μειώθηκε ο χρόνος εκπαίδευσης ανά λέξη.

Στην έρευνα [6] εξετάστηκαν 65 υποκείμενα, ηλικίας από 28 έως 92 έτη, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα που αποτέλεσε την ομάδα εκπαίδευσης, συμμετείχαν 38. Στη δεύτερη ομάδα, που αποτέλεσε για ένα μήνα, όσο διάστημα εκπαιδεύονταν η πρώτη ομάδα, την ομάδα ελέγχου και στη συνέχεια έλαβε και αυτή ΑΕ, συμμετείχαν 27 υποκείμενα. 56 υποκείμενα ήταν έμπειροι χρήστες ακουστικού βαρηκοΐας (πάνω από έξι μήνες). Περίπου το 85% των συμμετεχόντων, ήταν εξοπλισμένοι με ακουστικό βαρηκοΐας. εννέα υποκείμενα δεν ήταν εξοπλισμένοι, ωστόσο ανέφεραν δυσκολία στην κατανόηση ομιλίας σε δύσκολα ακουστικά περιβάλλοντα. Οι πέντε από αυτούς είχαν φυσιολογικά επίπεδα ακοής.

Περίπου 2000 προτάσεις χρησιμοποιήθηκαν ως ερέθισμα για την ΑΕ. Οι εργασίες από τις οποίες αποτελούνταν η LACE ΑΕ ήταν : ομιλία σε θόρυβο πολλών ομιλητών (“speech in babble”, SB), συμπίεση χρόνου (TC), ανταγωνιστικές προτάσεις (CS), λέξη – στόχος (TW) και λέξη που λείπει (MW). Για τις SB, TC και CS εργασίες, το υποκείμενο επελεγε ένα θέμα και εκπαιδεύονταν χρησιμοποιώντας προτάσεις σχετικές με το θέμα επιλογής του. Στις TW, MW χρησιμοποιούνταν συγκεκριμένες προτάσεις. Σε κάθε συνεδρία που διαρκούσε 30 λεπτά ολοκληρώνονταν δύο με τρεις εργασίες.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα πριν και μετά το πέρας της ΑΕ. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν τρεις λίστες του QuickSIN σε 45 και 70dB και το HINT στα 65dB. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα “Hearing Handicap for the Elderly or Adults” (HHIE/A) ανάλογα με την ηλικία του υποκείμενου. τέλος χρησιμοποιήθηκε το CSOA το οποίο αποτελούνταν από δύο υποκατηγορίες, μια για στρατηγικές επικοινωνίας και μια για συμπεριφορά επικοινωνίας.

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες που εκπαιδεύτηκαν. Περίπου το 80% των υποκειμένων έδειξε βελτίωση σε όλες τις δραστηριότητες της ΑΕ καθώς και στα αντικειμενικά και υποκειμενικά τεστ, σε κάποιο βαθμό. Γενικά παρατηρήθηκε πως τα μεγαλύτερα οφέλη τα είχαν οι συμμετέχοντες με τις χαμηλότερες επιδόσεις στην αξιολόγηση πριν την ΑΕ. Εξαιρέση σε αυτή τη διαπίστωση, αποτελεί ένα υποκείμενο ο οποίος παρότι είχε την ελάχιστη επίδοση στο QuickSin στα 45dB, έδειξε λιγότερη βελτίωση σε σχέση με αλλά υποκείμενα με καλύτερη επίδοση πριν την ΑΕ.

Στους περιορισμούς θα αναφέρουμε πως στα αποτελέσματα και στις επιδόσεις των υποκειμένων, υπάρχει μεγάλη διακύμανση.

### **Εγκεφαλική Κάκωση (TBI) :**

Στην έρευνα [32] εξετάζονται έξι ασθενείς που πάσχουν από TBI, ηλικίας από 20 έως 37 έτη. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν ηχητικά ελεγχόμενη ακουστική εκπαίδευση (acoustically controled auditory training, ACAT) ένα χρόνο πριν τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας.

Οι ασθενείς αξιολογήθηκαν αμέσως μετά την ACAT και ένα χρόνο μετά, χρησιμοποιώντας ηλεκτροφυσιολογικά και συμπεριφορικά τεστ. Ο σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η σύγκριση των δύο αξιολογήσεων, ώστε να εκτιμηθεί το κατά πόσον τα οφέλη μιας ΑΕ διατηρούνται μακροπρόθεσμα. Στο ηλεκτροφυσιολογικό τεστ, προκειμένου να ανιχνευθεί η κυματομορφή P300, τα υποκείμενα εκτέθηκαν σε δύο ηχητικά ερεθίσματα, ένα συχνό και ένα σπάνιο. Ο συχνός τόνος στα 1000Hz, ενώ ο σπάνιος στα 2000Hz με ένταση και για τους δύο στα 80dB. 300 τόνοι παρουσιάστηκαν, από τους οποίους οι 240 ήταν συχνοί και οι 60 σπάνιοι. δύο κυματομορφές καταγράφηκαν για το κάθε ερέθισμα, μια για το συχνό και μια για το σπάνιο. Στο τέλος, οι δύο αυτές κυματομορφές αφαιρέθηκαν ώστε να προκύψει η τελική μορφή της P300. Προκειμένου να ανιχνευτούν τα BAEP, οι ασθενείς εκτέθηκαν σε κλικ ερεθίσματα, ξεχωριστά σε κάθε αυτί, στα 80dB. Τα συμπεριφορικά τεστ στα όποια συμμετείχαν, είναι τα εξής : ένα απλουστευμένο τεστ ακουστικής επεξεργασίας (AP τεστ), στο οποίο εξετάζονταν ο χωρικός εντοπισμός ηχητικού ερεθίσματος καθώς και η μνήμη όσον αφορά διαδοχικούς ήχους, το DPT, το SSW, τα SSI – ICM και SSI – CCM, το RGDT, το τεστ ομιλίας σε λευκό θόρυβο, το PSRR (percentage speech recognition rate with recordings) καθώς και τα VSMT και NVSMT.

Στα ηλεκτροφυσιολογικά τεστ, παρατηρήθηκε αύξηση στο χρόνο εμφάνισης των κυματομορφών, καθώς και στο χρόνο ανάμεσα στις κορυφές σε σχέση με την αξιολόγηση αμέσως

μετά την ACAT. ωστόσο ο χρόνος αυτός παρότι αυξήθηκε, δεν αυξήθηκε σημαντικά, πράγμα που καταδεικνύει τη διατήρηση των θετικών αποτελεσμάτων από την ΑΕ, ακόμα και ένα χρόνο μετά το πέρας της. παρατηρήθηκε επίσης, μείωση στο χρόνο εμφάνισης του P300 και στα δύο αυτιά, με την αλλαγή στο δεξί να είναι στατιστικά σημαντική, ενώ στο αριστερό να τείνει προς τα εκεί. Επιπροσθέτως, παρατηρήθηκε αύξηση στο πλάτος της P300 κυματομορφής και για τα δύο αυτιά, με στατιστικά σημαντική αύξηση για το δεξί. Η επίδοση στο AP τεστ ήταν στα ίδια επίπεδα ανάμεσα στις δύο αξιολογήσεις, ενώ παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο SSW τεστ για το αριστερό αυτί, με τα χειρότερα αποτελέσματα να εμφανίζονται στην αξιολόγηση μετά από ένα έτος. Όσον αφορά το FR – DCVT, υπήρξε σημαντική αύξηση των εσφαλμένων απαντήσεων στην αξιολόγηση μετά από ένα έτος. Στο RGDT τεστ, το μέσο διάστημα των υπό δοκιμασία συχνοτήτων, ήταν συντομότερο σε αυτή την αξιολόγηση αλλά η διαφορά δεν ήταν σημαντική.

Συμπερασματικά, στα αποτελέσματα φαίνεται μια θετική νευροφυσιολογική αλλαγή λόγω της ΑΕ, αποτέλεσμα της νευρωνικής πλαστικότητας. Η αλλαγή αυτή όχι μόνο διατηρήθηκε ένα έτος μετά, αλλά βελτιώθηκε εξαιτίας των ερεθισμάτων που προσφέρθηκαν στους ασθενείς στο περιβάλλον τους. είναι σημαντικό να τονιστεί, πως τα υποκείμενα δεν έλαβαν περαιτέρω ΑΕ στο διάστημα μεταξύ των δύο αξιολογήσεων.

Στους περιορισμούς της έρευνας, θα συμπεριλάβουμε το μικρό αριθμό δείγματος, γεγονός που οδήγησε στην επιλογή επιπέδου στατιστικής σημασίας  $p = 0.01$ .

Στην έρευνα [33] εξετάζεται ένας ασθενής ηλικίας 49 ετών που πάσχει από TBI. Ο ασθενής συμμετέχει σε αυτοσχέδια ΑΕ για οχτώ συνεδρίες των 40 λεπτών. κάθε άσκηση σε κάθε συνεδρία σε αυτή την ΑΕ είχε διαμορφωθεί ώστε ο συμμετέχων να διατηρεί μια αναλογία 70 – 30% ανάμεσα σε σωστές και λάθος απαντήσεις αντίστοιχα.

Η αξιολόγηση του ασθενή έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές, πριν την ΑΕ (T0), αμέσως μετά την ΑΕ (T1) και τέσσερις μήνες μετά την ΑΕ (T2). Τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν ήταν, ηλεκτροφυσιολογικό τεστ για τη μέτρηση της συνιστώσας P300 του Long Latency Auditory Evoked Potential (LAEP), τα PSI και SSW τεστ για αξιολόγηση κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο, το “Frequency Pattern Sequence” (FPS) για χρονική διάταξη και τεστ γλωσσικής μνήμης. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης γλωσσικά - γνωσιακά τεστ (“Boston Test”, MAC Battery”, “TROG protocol”, “Token Test”, τεστ λειτουργικής μνήμης).

Τη χρονική στιγμή T1 παρατηρήθηκε βελτίωση στην κυματομορφή P300 σε σχέση με την T0, δηλαδή αύξηση του πλάτους της και για τα δύο αυτιά και μείωση της καθυστέρησης της για

το δεξί αυτί. παρατηρήθηκε επίσης βελτίωση σε όλα τα τεστ στα όποια υποβλήθηκε ο ασθενής. όσον αφορά την αξιολόγηση κατά τη χρονική στιγμή T2, ο ασθενής διατήρησε τα οφέλη της ΑΕ εκτός από μια μικρή πτώση στην επίδοση στο FPS και στο τεστ μνήμης. Μικρή πτώση παρατηρήθηκε επίσης σε όλα τα γνωσιακά τεστ ενώ η μορφολογία της κυματομορφής P300 χειροτέρεψε με μείωση του πλάτους και αύξηση της καθυστέρησης και για τα δύο αυτιά.

Συμπερασματικά η ΑΕ ήταν αποδοτική στο να βελτιώσει την επίδοση του ασθενή στα ακουστικά αλλά και στα γνωσιακά τεστ αμέσως μετά το πέρας της, ωστόσο η επίδοση αυτή διατηρήθηκε τέσσερις μήνες μετά μόνο στα ακουστικά τεστ, ενώ χειροτέρεψε για τα γνωσιακά και για το ηλεκτροφυσιολογικό τεστ.

Στους περιορισμούς της έρευνας αναφέρεται ο σκεπτικισμός σχετικά με τη διάρκεια της ΑΕ και η υπόθεση πως περιπτώσεις ασθενών που πάσχουν από TBI, ίσως χρειάζονται μεγαλύτερη διάρκεια ΑΕ.

## **Συνδυασμός Ασθενειών :**

### **SNHL – APD :**

Η μια έρευνα [34] εξετάζει 19 ασθενείς, οι 12 ηλικίας 19-22 και οι 7 ηλικίας 60-74, όλοι εξοπλισμένοι με ακουστικό βαρηκοΐας και όλοι έμπειροι χρήστες του(πάνω από έξι μήνες). Η εκπαίδευση έγινε μέσα σε οχτώ εβδομάδες, δύο φορές την εβδομάδα από μία ώρα, από αυτοσχέδιο πρόγραμμα ΑΕ. Η βασική αρχή του είναι η μετάβαση από απλούς σε δυσκολότερους στόχους με ταυτόχρονη ανατροφοδότηση του χρήστη ανάλογα με τις επιδόσεις του. Η συγκεκριμένη αυτοσχέδια ΑΕ περιλάμβανε 1) ανάπτυξη της ικανότητας του ασθενή να κατανοεί, χρονικά και όσον αφορά τη συχνότητα(spectral), μη γλωσσικά ακουστικά ερεθίσματα, 2) ανάπτυξη της ακουστικής αναγνώρισης και κατανόησης ομιλίας και τέλος 3) ανάπτυξη της ακουστικής ικανότητας του ασθενή να διακρίνει και να κατανοεί ομιλία μέσα σε θόρυβο (speech in noise). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε συγκρίνοντας ποσοστά σωστών απαντήσεων και χρόνους απόκρισης σε τεστ ομιλίας και ήχων προερχόμενα από το ίδιο το πρόγραμμα, ανάμεσα στην αρχή και το πέρας της ΑΕ. Υπήρχε σημαντική βελτίωση της κατανόησης ομιλίας και ήχων τόσο στους νέους όσο και στους γηραιότερους ασθενείς. Η μέση μείωση του χρόνου απόκρισης ήταν 0.9s (0.4 to 16 s). Η μέγιστη θετική επίδραση παρατηρήθηκε στους νέους όμως η σημαντική αύξηση της κατανόησης ομιλίας τόσο σε ήσυχο όσο και σε θορυβώδες περιβάλλον, παρατηρήθηκε στους γηραιότερους. Η αυτοσχέδια ΑΕ θεωρήθηκε επιτυχής και θεωρείται πως

κάθε ΑΕ πρέπει να περιλαμβάνει 1) αναγνώριση ηχητικών σημάτων με μεταβολές στη διάρκεια, συχνότητα και ένταση τους και 2) αναγνώριση ομιλίας τόσο σε ήσυχο όσο και σε θορυβώδες περιβάλλον. Τέλος, οι εργασίες (tasks) θα πρέπει να είναι κλιμακούμενης δυσκολίας.

Στην έρευνα [35] εξετάζονται 42 ενήλικες ηλικίας από 60 έως 90 έτη που πάσχουν από συμμετρική SNHL και στα δύο αυτιά σε συνδυασμό με APD. Οι ασθενείς αυτοί δεν ήταν χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας πριν από αυτή την έρευνα. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ομάδα εκπαίδευσης (TG) και την ομάδα ελέγχου (CG). Οι ασθενείς και στις δύο ομάδες εξοπλίστηκαν με ακουστικά βαρηκοΐας.

Η εκπαίδευση που έλαβε η TG αποτελούνταν από έξι εβδομαδιαίες συνεδρίες διάρκειας 40 λεπτών συν 10 έως 20 λεπτά καθοδήγηση για τη χρήση των ακουστικών και επεξήγηση στρατηγικών επικοινωνίας. Οι πρώτες τρεις συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν χωρίς τα ακουστικά ενώ οι επόμενες τρεις με τα ακουστικά. Εκπαιδεύτηκε η ικανότητα κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο, η ικανότητα κατανόησης ηχητικού μηνύματος με τμήμα του να απουσιάζει, η ικανότητα χρονικής επεξεργασίας, η ικανότητα διαχωρισμού ακρόασης από τα δύο αυτιά και η διχωτική κατανόηση ομιλίας. Ο αριθμός των λαθών, της ακρίβειας και της συνολικής επίδοσης καταγράφονταν για κάθε δραστηριότητα.

Η αξιολόγηση των ασθενών έλαβε χώρα σε τρεις χρονικές στιγμές, χωρίς ακουστικά βαρηκοΐας (T0), τέσσερις βδομάδες μετά την εξόπλιση με ακουστικά βαρηκοΐας (T1) και οχτώ εβδομάδες μετά την εξόπλιση με ακουστικά βαρηκοΐας (T2). Οι ασθενείς έλαβαν το APHAB ερωτηματολόγιο, το οποίο αποτελούνταν από 24 αντικείμενα χωρισμένα σε κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές ήταν ευκολία επικοινωνίας (EC), αντήχηση (RV), θόρυβος περιβάλλοντος (EN) και sound aversion (SA). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα “Dichotic Digits Test” (DDT) καθώς και τεστ ομιλίας σε λευκό θόρυβο από το ένα αυτί (SN). Στη χρονική στιγμή T1, οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν μόνο στο APHAB.

Δεν υπήρχε καμία σημαντική διαφορά στις επιδόσεις των δύο ομάδων στα DDT, SN στην πρώτη αξιολόγηση. Στη δεύτερη αξιολόγηση (T2) ωστόσο, κατόπιν ΑΕ παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές για τις δύο ομάδες με μέση ακρίβεια 86.3% για την EG και 70.7% για τη CG στο DDT. Στο SN η επίδοση της EG στη δεύτερη αξιολόγηση ήταν στο 79.9% ενώ της SG στο 68.9%. όσον αφορά το APHAB, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές για την κάθε ομάδα στη δεύτερη (T1) και τρίτη αξιολόγηση (T2) σε σχέση με την πρώτη στις EC, VR και EN υποκατηγορίες. Η βελτίωση σε αυτές τις κατηγορίες καταδεικνύει βελτίωση στην επικοινωνία σε θορυβώδη περιβάλλοντα με αντηχήσεις.

Συμπερασματικά η ΑΕ σε συνδυασμό με την εξόπλιση με ακουστικά βαρηκοΐας βελτίωσε την ικανότητα του διαχωρισμού ακουστικών στοιχείων σε θόρυβο ή με ελλιπείς πληροφορίες και την ικανότητα γλωσσικής ταυτοποίησης και αναγνώρισης ομιλίας σε θόρυβο.

### **Ασσυμετρία Ακοής (Ear Advantage) – APD :**

Στην έρευνα [36] εξετάζονται 12 παιδιά ηλικίας οχτώ έως εννιά ετών, που διαγνώστηκαν με APD και ασυμμετρία ακοής, συγκεκριμένα πλεονέκτημα στο δεξί αυτί (right ear advantage, REA). Τα παιδιά αυτά δεν είχαν ιστορικό ΔΕΠΥ, επιληπτικών κρίσεων, συμπεριφορικών και αναπτυξιακών διαταραχών. Τα υποκείμενα χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες των έξι. Η πρώτη ομάδα έλαβε DIID ΑΕ, ενώ η δεύτερη έλαβε DOT ΑΕ.

Αρχικά υπολογίστηκε ένα κατώφλι επίδοσης, μειώνοντας την ένταση του ερεθίσματος στο φυσιολογικό δεξί αυτί. Για να είναι αποτελεσματική η DIID ΑΕ, πρέπει η απόδοση στο ασθενές αυτί να είναι σε φυσιολογικά ή κοντά σε φυσιολογικά επίπεδα στο κατώφλι επίδοσης και η ένταση του ερεθίσματος που παρουσιάζεται στο φυσιολογικό αυτί να είναι πάνω από το κατώφλι ακοής. Όσον αφορά αυτή την ΑΕ, ξεκίνησε με τη διωτική διαφορά έντασης (interaural intensity difference , IID) να είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι κατά 5db, ενώ η ένταση στο ασθενές αυτί διατηρήθηκε στα 50db. Εργασίες που συμπεριλήφθηκαν σε αυτή την ΑΕ ήταν : διχωτική ακρόαση συλλαβών με σύμφωνο – φωνήεν (consonant – vowel syllable, CV), διχωτική ακρόαση και διχωτική ιστορία σε μουσικό θόρυβο. Κατά τη διάρκεια μίας συνεδρίας, οι ασθενείς έπρεπε να προσέχουν και στα δύο αυτιά (ελεύθερη ακρόαση) ή μόνο στο ένα αυτί (κατευθυνόμενη ακρόαση). Η ΑΕ έλαβε χώρα τέσσερις φορές την εβδομάδα με κάθε συνεδρία να διαρκεί 30 λεπτά. Σκοπός της ΑΕ ήταν να μειωθεί η IID και τελικά να φτάσει το ασθενές αυτί τα φυσιολογικά επίπεδα ακοής για την ηλικία του κάθε ασθενή. Αν η απόδοση στο ασθενές αυτί ήταν πάνω από 80% τότε η ΑΕ συνεχιζόταν σε αυτή τη IID για την υπόλοιπη εβδομάδα. Αν ήταν μικρότερη τότε η IID αυξανόταν με βήματα του ενός db μέχρι η απόδοση να φτάσει το 80% ή η IID να φτάσει στο αρχικό επίπεδο. Όταν η ασυμμετρία ακοής ήταν κάτω από 10%, η επίδοση θεωρούνταν φυσιολογική. Όταν η ασυμμετρία ήταν κάτω από 10% η ΑΕ σταματούσε και δύο εβδομάδες μετά το πέρας της, λάμβανε χώρα το DDT τεστ. Το συγκεκριμένο τεστ λάμβανε χώρα και μετά από κάθε συνεδρία. Όσον αφορά τη DOT ΑΕ, ακολουθήθηκε η φόρμα του SSW τεστ. Δύο γράμματα και CVs παρουσιάστηκαν στο δεξί αυτί και δύο γράμματα και CVs παρουσιάστηκαν στο αριστερό αυτί. Η καθυστέρηση παρουσίασης ερεθίσματος στο ασθενές αυτί, το βοηθάει να επεξεργαστεί το συγκεκριμένο ερέθισμα καλύτερα. Η εκπαίδευση ξεκίνησε με καθυστέρηση

500ms ανάμεσα στα δύο αυτιά. Όταν ο ασθενής ήταν σε θέση να έχει ποσοστό σωστών απαντήσεων σε μία εργασία, μεγαλύτερο του 80%, η καθυστέρηση μειωνόταν με βήματα των 100ms. Στο τέλος κάθε συνεδρίας λάμβανε χώρα το DDT τεστ. Όταν υπήρχε κάτω από 10% ασυμμετρία, η ΑΕ τελείωνε και δύο εβδομάδες μετά οι ασθενείς αξιολογούνταν και πάλι στο DDT τεστ ώστε να εξακριβωθεί κατά πόσο τα αποτελέσματα ήταν μόνιμα.

Στα αποτελέσματα φάνηκε πως και οι δύο ΑΕ ήταν αποτελεσματικές και οδήγησαν σε φυσιολογικά επίπεδα διχωτικής ακρόασης σύμφωνα με το DDT τεστ και σε μείωση της ασυμμετρίας ακοής, αλλά χρειάστηκε περισσότερος χρόνος με τη DOT ΑΕ για να φτάσουν οι ασθενείς στο ίδιο επίπεδο. Τα αποτελέσματα ωστόσο δεν ήταν στατιστικά σημαντικά και για να γενικευθούν χρειάζεται μελέτη σε μεγαλύτερο δείγμα ασθενών.

Η έρευνα [37] εξετάζει 19 ασθενείς ηλικίας 12-15 που πάσχουν από APD, καθώς και ασυμμετρία ακοής (ear advantage) όπως φάνηκε στο DSSW τεστ. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με τις αλλαγές που παρατηρήθηκαν όσον αφορά την επιλεκτική προσοχή και τη χρονική επεξεργασία. Ο διαχωρισμός αυτός συνέβη ώστε να μελετηθεί η επίδραση της ΑΕ στις διαφορετικές εκφάνσεις της APD. Η πρώτη ομάδα περιλάμβανε έξι άτομα που παρουσίασαν αλλαγές και στις δύο κατηγορίες και ονομάστηκε SATPG, η δεύτερη περιλάμβανε έξι άτομα που παρουσίασαν αλλαγή μόνο στην επιλεκτική προσοχή και ονομάστηκε SAG, ενώ η τρίτη περιλάμβανε επτά άτομα που παρουσίασαν αλλαγή μόνο στη χρονική επεξεργασία και ονομάστηκε TPG. Οι αλλαγές σε αυτούς τους μηχανισμούς φυσιολογίας, ώστε να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός στις τρεις ομάδες, καθώς και οι αξιολογήσεις μετρήθηκαν με τη χρήση τεσσάρων τεστ. Τα τεστ αυτά είναι : Speech in White Noise (SWN) , Dichotic Staggered Spondaic Word (DSSW), Random Gap Detection Test (RGDT) και Duration Pattern Test (DPT). Η αξιολόγηση των ασθενών με τα παραπάνω τεστ έλαβε χώρα σε 3 χρονικές στιγμές, πριν την ΑΕ (T0), στη μέση της ΑΕ, μετά από 4 συνεδρίες (T1) και στο τέλος της ΑΕ (T2), μετά από οχτώ συνεδρίες.

Το πρόγραμμα ΑΕ που χρησιμοποιήθηκε είναι το Dichotic Interaural Intensity Difference (DIID), το οποίο έχει προταθεί από το Musiek. Σε αυτή την ΑΕ, τα ερεθίσματα παρουσιάζονταν σε λιγότερο έντονο θόρυβο στο υγιές αυτί και σε προκαθορισμένο εντονότερο θόρυβο στο ασθενές αυτί. Εκπαιδύοντας το προβληματικό αυτί, οδηγούμαστε σε καλή επίδοση και των 2 αυτιών στα διχωτικά τεστ. Η ΑΕ έλαβε χώρα σε οχτώ συνεδρίες των 50 λεπτών μία ή δύο φορές την εβδομάδα. Η δυσκολία της ΑΕ για κάθε άσκηση και για κάθε συνεδρία καθορίστηκε έτσι ώστε να διατηρείται μια αναλογία 70%-30% ανάμεσα στις σωστές και λάθος απαντήσεις.

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του κάθε τεστ, σε κάθε χρονική στιγμή (T0,T1,T2), για κάθε ομάδα και για κάθε αυτί. Όσον αφορά τα αποτελέσματα, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε όλες τις συγκρίσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, στο SWN τεστ, εκτός από τη σύγκριση ανάμεσα στις στιγμές T1, T2 στην TPG ομάδα για το αριστερό αυτί. Η σύγκριση αυτή έτεινε προς στατιστικά σημαντική. Στο SWN καθώς και στο DSSW τεστ, όλα τα άτομα των SATPG και SAG ομάδων έφτασαν σε φυσιολογικά επίπεδα επίδοσης κατά τη στιγμή T2. Όσον αφορά τα RGDT, DPT όλοι οι ασθενείς έδειξαν σημαντική βελτίωση, ενώ οι μισοί ασθενείς από τις SATPG και TPG ομάδες, έφτασαν σε φυσιολογικά επίπεδα επίδοσης τη στιγμή T2.

Συμπερασματικά, η επίδοση των ασθενών αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο αριθμός συνεδριών. Αξίζει να σημειωθεί πως σε αυτή τη μελέτη, δεν εκπαιδεύτηκε μέσω της DIID AE, το closing skill των ασθενών, το οποίο και εξετάζεται μέσω του SWN τεστ. Άρα AE που περιλαμβάνει διχωτική ακρόαση είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση του closing skill, παρότι αυτό δεν εκπαιδεύτηκε. Επίσης δεν εκπαιδεύτηκε το temporal ordering και temporal resolution. Αυτά εξετάζονται μέσω των RGDT και DPT τεστ. Παρότι υπήρξε βελτίωση σε κάποιους ασθενείς, δεν κατάφεραν όλοι να φτάσουν φυσιολογικά επίπεδα επίδοσης και γι' αυτό δε μπορούμε να γενικεύσουμε πως AE με διχωτικά ερεθίσματα μόνο, είναι ικανή να επιδράσει στο temporal processing. Η AE βελτίωσε την ικανότητα αναγνώρισης ομιλίας σε θόρυβο, ενώ φάνηκε πως εκπαίδευση με συλλαβές ήταν αρκετά πιο απαιτητική σε σχέση με τα ερεθίσματα με αριθμούς, φράσεις καθώς και λέξεις που φωνητικά μοιάζουν με αυτό που περιγράφουν (όπως τικ – τακ, ο ήχος του ρολογιού).

## **Φυσιολογικό Επίπεδο Ακοής :**

Στην έρευνα [38] διεξάγονται δύο πειράματα στα οποία εξετάζεται η επίδραση διαδραστικής ακουστικής εκπαίδευσης (IT), σε σχέση με AE βασισμένη σε υπολογιστή και καθόλου AE (CG), σε άτομα με φυσιολογική ακοή, στα οποία προσομοιώθηκαν οι ακουστικές συνθήκες ατόμων με κοχλιακό εμφύτευμα. Στο πρώτο πείραμα συμμετείχαν 33 υποκείμενα ηλικίας 18 έως 30, οι οποίοι χωρίστηκαν ομοιόμορφα στις τρεις ομάδες. Για την προσομοίωση, όλα τα υποκείμενα εφοδιάστηκαν με μια φορητή συσκευή κωδικοποιητή φωνής πραγματικού χρόνου (PRTV), η οποία πραγματοποιούσε την κωδικοποίηση σε λιγότερο από 10ms. Η προσομοίωση έγινε χρησιμοποιώντας ένα ζωνοπερατό φίλτρο συχνοτήτων από 252 έως 7000 Hz. Τα ηχητικά δείγματα χωρίστηκαν κατόπιν σε οχτώ περιοχές χωρίς επικάλυψη. Το πλάτος σε καθεμία από



αυτές τις περιοχές χρησιμοποιήθηκε για να παραχθεί ταιριαστός θόρυβος της ίδιας συχνότητας, θόρυβοι οι οποίοι αθροιζόμενοι δημιουργήσαν την προσομοίωση κοχλιακού εμφυτεύματος.

Κατά τη διάρκεια της IT, η οποία διήρκεσε 60 λεπτά, τα υποκείμενα εκτέθηκαν σε ηχητικά ερεθίσματα μέσω του προσομοιωτή σε φυσικό περιβάλλον, ενεργητικής ακρόασης και συνομιλίας. Επομένως δέχτηκαν, πληθώρα ερεθισμάτων σε μεγάλο εύρος συνθηκών (συζήτηση σε ήσυχο περιβάλλον, συζήτηση σε θόρυβο, λευκός θόρυβος). Τα υποκείμενα στην ΑΕ μέσω υπολογιστή, εκπαιδεύτηκαν για 60 λεπτά ακούγοντας προτάσεις στα Αγγλικά, τις οποίες καλούνταν στη συνέχεια να αντιγράψουν, ενώ άμεσα παρουσιάζονταν το σωστό αποτέλεσμα και επανάληψη του ηχητικού ερεθίσματος. Η διαδικασία έλαβε χώρα σε ήσυχο περιβάλλον και χρησιμοποιήθηκαν 135 προτάσεις με νόημα στα αγγλικά.

Οι τρεις ομάδες, συμμετείχαν στα ίδια τεστ πριν την εκπαίδευση και στα ίδια μετά την εκπαίδευση σε συνθήκες προσομοίωσης ακουστικών συνθηκών κοχλιακού εμφυτεύματος. Το τεστ που πραγματοποίησαν πριν την εκπαίδευση ήταν αναγνώριση προτάσεων σε ησυχία, στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν 20 προτάσεις από τις λίστες ένα έως τέσσερα, της Harvard/IEEE βάσης δεδομένων. Οι 10 χρησιμοποιήθηκαν για το τεστ πριν την εκπαίδευση και οι υπόλοιπες 10 για μετά. Η επίδοση αξιολογούνταν με βάση το πόσες λέξεις κλειδιά κατάφεραν να ταυτοποιήσουν οι εξεταζόμενοι στις προτάσεις. Κάθε πρόταση περιείχε πέντε λέξεις κλειδιά. μετά την εκπαίδευση, πραγματοποίησαν έξι διαφορετικά τεστ : αναγνώριση προτάσεων σε ησυχία, όπως και πριν την εκπαίδευση, αναγνώριση προτάσεων σε θόρυβο πολλών ομιλητών, μέσω του HINT, αναγνώριση 40 λέξεων σε ησυχία από το Lexical Neighborhood Test (LNT), αναγνώριση 40 μονοσύλλαβων λέξεων σε ησυχία με οπτικοακουστικό ερέθισμα, όπου παρουσιάζονταν το πρόσωπο και οι ώμοι του ομιλητή, αναγνώριση διαδρομής προσωδίας σε ησυχία και τέλος, αναγνώριση 55 θορύβων περιβάλλοντος σε ησυχία. Στο τεστ αναγνώρισης προσωδίας, οι εξεταζόμενοι παρουσιάζονταν με 25 λέξεις, που προφέρονταν είτε ως δήλωση (F0 μειώνεται), είτε ως ερώτηση (αρχική μείωση και κατόπιν αύξηση του F0).

Παρατηρήθηκε, σημαντική βελτίωση στην επίδοση στο τεστ αναγνώρισης προτάσεων σε ησυχία, στην ομάδα IT και ΑΕ, ενώ καμία βελτίωση στη CG, στα τεστ μετά την εκπαίδευση σε σχέση με πριν την εκπαίδευση.

Δεδομένου πως τα υποκείμενα στην IT, δε δέχτηκαν εκπαίδευση όσον αφορά την αναγνώριση προτάσεων αλλά βελτιώθηκαν σε αυτή, η εκπαίδευση χαρακτηρίζεται από αποτελέσματα μακρινής μετάδοσης (far transfer). Σε όλα τα υπόλοιπα τεστ όμως, η επίδοση των

υποκειμένων, ήταν ίδια είτε δέχτηκαν διαδραστική εκπαίδευση, είτε δέχτηκαν εκπαίδευση σε υπολογιστή είτε καθόλου εκπαίδευση.

Πιθανοί λόγοι που κάτι τέτοιο συνέβη είναι : οι μέθοδοι εκπαίδευσης να μην οδηγούν σε βελτίωση σε καμία άλλη ικανότητα εκτός από αναγνώριση προτάσεων σε ησυχία, οι μέθοδοι αξιολόγησης να μην είναι ικανές να αναγνωρίσουν πιθανή βελτίωση η τέλος η εκπαίδευση να χαρακτηρίζονταν από πολύ σύντομη διάρκεια.

Προκειμένου να διαπιστωθεί ποιος από τους τρεις λόγους ισχύει, διεξήχθη δεύτερο πείραμα, στο οποίο συμμετείχαν 21 ενήλικες από 18 έως 35, με φυσιολογική ακοή, κανένας από τους οποίους δε συμμετείχε στο πρώτο πείραμα. Η διαδικασία και εδώ ήταν ακριβώς η ίδια με το πρώτο πείραμα, με τους συμμετέχοντες να χωρίζονται σε τρεις ομάδες και να ακολουθούν την ίδια εκπαίδευση η να ανήκουν στην ομάδα ελέγχου.

Η διαφορά εδώ είναι τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση μετά την εκπαίδευση. αυτά είναι : αναγνώριση προτάσεων σε ησυχία (τεστ 1), όπως και στο πρώτο πείραμα, HINT αλλά με SNR στα 10dB και 15dB από 8dB στο πρώτο πείραμα (τεστ 2), αναγνώριση προτάσεων μεγάλης ποικιλίας (κάθε πρόταση εκφωνούνταν από διαφορετικό ομιλητή), αναγνώριση μεμονωμένων λέξεων οι οποίες εκφωνούνταν ζωντανά και όχι σε υπολογιστή, καθώς και αναγνώριση λέξεων ζωντανά μέσα σε προτάσεις. Για τη ζωντανή εκφώνηση χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις με μήκος τεσσάρων έως έξι λέξεων, ενώ ο εξεταζόμενος είχε τη δυνατότητα να βλέπει τον ομιλητή, λαμβάνοντας έτσι οπτικοακουστική πληροφορία. Τα τεστ με ζωντανή εκφώνηση χρησιμοποιήθηκαν διότι, μοιάζουν περισσότερο με τις συνθήκες στις οποίες εκπαιδεύτηκαν οι συμμετέχοντες στην ομάδα IT. Τα τεστ 1, 2 χρησιμοποιήθηκαν για αξιολόγηση πριν και μετά την εκπαίδευση.

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα των τεστ μετά την εκπαίδευση ανάμεσα στις διαφορετικές ομάδες. Αυτό το γεγονός υπογραμμίζει τη δυσκολία μεταφοράς βελτίωσης από μια δραστηριότητα που εκπαιδεύτηκε σε μια που δεν εκπαιδεύτηκε.

Η έλλειψη βελτίωσης στο δεύτερο πείραμα, δεδομένου της ποικιλίας και των διαφορετικών τεστ που χρησιμοποιήθηκαν , μειώνει την πιθανότητα η γενικότερη έλλειψη αποτελεσμάτων να οφείλεται σε ακατάλληλα τεστ.

Παρότι στην παρούσα έρευνα, δεν παρατηρήθηκαν καθόλου βελτιώσεις στην IT σε σχέση με τις άλλες δύο ομάδες, είναι πιθανό να υπάρχουν και να χρειάζονται διαφορετική μεθοδολογία εκπαίδευσης η ακόμα πιθανότερο μεγαλύτερη διάρκεια. Πιθανή επίσης αιτία, για την έλλειψη

αποτελεσμάτων ίσως ήταν η μεγάλη πολυπλοκότητα και ποικιλομορφία της εκπαίδευσης της IT ομάδας.

Στην έρευνα [39] εξετάζονται 60 υποκείμενα με φυσιολογική ακοή, τα όποια χωρίζονται σε τρεις ομάδες, με 20 στην καθεμία (οπτικοακουστική εκπαίδευση, OAE, ακουστική εκπαίδευση, AE και καθόλου εκπαίδευση, CG), για να διαπιστωθεί αν η οπτικοακουστική εκπαίδευση είναι περισσότερο επωφελής σε σχέση με την ακουστική.

Για την OAE και AE, τα υποκείμενα παρουσιάστηκαν με gated σουηδικά σύμφωνα και φωνήεντα στον ίδιο θόρυβο όσον αφορά τη συχνότητα με το HINT. Παρουσιάστηκαν στα 0dB SNR στα 75dB. Η διαφορά ανάμεσα στην OAE και AE, ήταν πως στην πρώτη υπήρχε πέρα από το ακουστικό και το οπτικό ερέθισμα, δηλαδή παρουσιάζονταν μαζί με κάθε ήχο και ολόκληρο το πρόσωπο, οι ώμοι και ο λαιμός του ομιλητή. Παρουσιάστηκαν 18 σουηδικά σύμφωνα σε σειρά φωνήεν – σύμφωνο – φωνήεν. Το μέγεθος του gate ήταν 16.67ms. Η διάρκεια των gating συμφώνων ήταν 10 με 15 λεπτά. παρουσιάστηκαν επίσης 23 σουηδικές μονοσύλλαβες λέξεις σε σειρά σύμφωνο – φωνήεν – σύμφωνο. Το μέγεθος του gate τέθηκε στα 33.3ms. Η διάρκεια των gating λέξεων ήταν 20 με 25 λεπτά. Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου παρακολούθησαν μια ταινία διάρκειας 28 λεπτών. Η παρουσίαση των gates συνεχίζονταν ώσπου να ταυτοποιούνταν σωστά ο στόχος σε έξι διαδοχικές παρουσιάσεις. Αν όχι, η παρουσίαση συνεχίζονταν μέχρι να φανερωθεί ολόκληρος ο στόχος.

Για την αξιολόγηση των υποκειμένων, χρησιμοποιήθηκε το HINT. Αποτελούνταν από καθημερινές προτάσεις μήκους τριών έως επτά λέξεων. Υπήρχαν 2 λίστες των 10 προτάσεων για εξάσκηση και 10 λίστες των 20 προτάσεων για αξιολόγηση. Η πρώτη πρόταση σε κάθε λίστα παρουσιάζονταν στα 67dB (0 SNR). Για κάθε πρόταση, ζητούνταν από τα υποκείμενα να ακούσουν και να επαναλάβουν όσες περισσότερες λέξεις μπορούσαν. Υιοθετήθηκε μια αυτόματη, προσαρμοστική διαδικασία καθορισμού του SNR. Αν σε μια πρόταση όλες οι λέξεις αναγνωρίζονταν σωστά, τότε το SNR μειώνονταν κατά 2dB. Αν έστω μια λέξη δεν αναγνωρίζονταν το SNR αυξάνονταν κατά 2dB. Χρειάζονταν 10 λεπτά για να ολοκληρωθεί το HINT. Τα αποτελέσματα στο HINT προσαρμόζονταν ώστε να υπολογιστεί ένα ατομικό SNR για το οποίο προέκυπτε ρυθμός σωστών απαντήσεων 50%. μετά το πέρας της εκπαίδευσης, οι συμμετέχοντες και στις τρεις ομάδες, αξιολόγησαν την προσπάθεια που χρειάστηκε να καταβάλουν σε κλίμακα 0 έως 100 (0 καμία προσπάθεια, ενώ 100 μέγιστη προσπάθεια).

Παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση στο HINT στα υποκείμενα της OAE σε σχέση με πριν την εκπαίδευση, βελτίωση που δεν παρατηρήθηκε για την ομάδα της AE. Δεν παρατηρήθηκε καμία

διαφορά στα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου για την αξιολόγηση της προσπάθειας τους, γεγονός που καταδεικνύει πως η ΟΑΕ δεν απαιτεί μεγαλύτερο κόπο σε σχέση με την ΑΕ.

Συμπερασματικά, έκθεση σε οπτικοακουστικά ερεθίσματα, μπορεί να οδηγήσει σε αναδιοργάνωση και ενεργοποίηση δικτύων στον εγκέφαλο, επιτρέποντας έτσι πιο γρήγορη και ισχυρότερη επεξεργασία και κατανόηση ερεθισμάτων ομιλίας. Η βελτίωση που παρατηρήθηκε κατόπιν σύντομης ΟΑΕ ίσως ευθύνεται στη gating παρουσίαση των ερεθισμάτων. Η παρουσίαση αυτή βοήθησε στο συγχρονισμό και στην κατανόηση των φωνητικών χαρακτηριστικών της ομιλίας από τα υποκείμενα.

Περιορισμοί της έρευνας είναι πως δεν αξιολογήθηκαν το κατώφλι ακοής, η ανάγνωση χειλιών και η auditory working memory. Χρειάζεται να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες για να εξερευνήσουν την αποδοτικότητα της ΟΑΕ μακροπρόθεσμα και το κατά πόσον επηρεάζεται αυτή η αποδοτικότητα από χαρακτηριστικά των υποκειμένων (νεότεροι η γηραιότεροι ασθενείς, φυσιολογική ακοή η προβληματική ακοή).

Στην έρευνα [27] εκπαιδεύονται και εξετάζονται ακόμα 20 νέοι ενήλικες με φυσιολογική ακοή. Για το λόγο αυτό η έρευνα αναφέρεται ξανά σε αυτή την ενότητα. Η ΑΕ που έλαβαν, καθώς και τα τεστ που χρησιμοποιήθηκαν πριν και μετά την ΑΕ ήταν ίδια με αυτά των γηραιότερων ενηλίκων, όπως έχουν περιγραφεί παραπάνω, με τη μόνη διαφορά πως στους νέους, το SNR ήταν κατά 2-3 dB χειρότερο σε σχέση με των γηραιότερων. Οι νέοι ενήλικες χωρίστηκαν και αυτοί σε δύο ομάδες εκπαίδευσης όπως περιγράφηκαν παραπάνω, με εννέα να επιλέγονται στην πρώτη ομάδα εκπαίδευσης και 11 στη δεύτερη. Και εδώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε σχέση με το πρόγραμμα ΑΕ που ακολουθήθηκε. Όπως και πριν, η μέγιστη βελτίωση παρατηρήθηκε για τις συχνές λέξεις, δηλαδή για τα τεστ που καλύτερα προσομοίαζαν την εκπαίδευση τους. Μικρότερη αλλά σημαντική ήταν η βελτίωση στα υπόλοιπα τεστ.

Στην έρευνα [40] εξετάζονται 41 παιδιά ηλικίας οχτώ έως 10 έτη, φυσιολογικής ακοής, τα οποία χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με την εκπαίδευση που έλαβαν. Οι ομάδες ήταν : εκείνη που έλαβε εκπαίδευση αναγνώρισης συχνότητας σε ήσυχο περιβάλλον, (FD), εκείνη που έλαβε εκπαίδευση αναγνώρισης συχνότητας με διαμορφωμένο θόρυβο (FDN), εκείνη που έλαβε εκπαίδευση αναγνώρισης μεμονωμένων λέξεων σε διαμορφωμένο θόρυβο (WN) και μια ομάδα ελέγχου. Τα παιδιά χωρίστηκαν ως εξής : 10 σε κάθε μια από τις FD, FDN και ομάδα ελέγχου και 11 στην WN.

Κάθε ομάδα συμμετείχε σε 12 συνεδρίες ΑΕ διάρκειας 30 λεπτών, μοιρασμένες σε τέσσερις εβδομάδες. Η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε σχολικά μαθήματα όπως θα γινόταν κανονικά. Χρησιμοποιήθηκαν 11 βασικές συχνότητες για τις εργασίες των FD και FDN καθώς και 11 λίστες λέξεων για τις εργασίες της WN, ώστε να δημιουργηθούν συνολικά 11 κατηγορίες ερεθισμάτων για την εκπαίδευση. Για τη WN επιλέχθηκαν μεμονωμένες λέξεις που διέφεραν κατά ένα φώνημα, βασισμένες στο “Minimal Pairs Test”. τελικά επιλέχθηκαν 25 μονοσύλλαβα ζευγάρια λέξεων για κάθε αντίθεση φωνημάτων (‘f’ vs ‘v’, ‘k’ vs ‘g’, ‘b’ vs ‘p’ κτλ). χρησιμοποιήθηκε θόρυβος για τις FDN και WN ΑΕ, θόρυβος ο οποίος είχε διαμορφωθεί χρησιμοποιώντας βάθος διαμόρφωσης 100% και συχνότητα διαμόρφωσης 8 Hz. κάθε συνεδρία εκπαίδευσης, αποτελούνταν από τρία στάδια που η δυσκολία προσαρμόζονταν ανάλογα με την επίδοση. Στα πρώτα δύο στάδια, υιοθετήθηκε μια ένα – κάτω, ένα – πάνω διαδικασία ενώ για το τρίτο στάδιο μια τρία – κάτω, ένα – πάνω. τόσο στην FDN όσο και στη WN, το ερέθισμα ξεκινούσε στα 80dB ενώ ο θόρυβος παρέμενε σταθερός στα 60dB. Σε κάθε διαδικασία πραγματοποιούνταν 25 δοκιμές.

Η αξιολόγηση των παιδιών έλαβε χώρα πριν και μετά την ΑΕ. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν οι διαδικασίες της εκπαίδευσης (FD, FDN, WN) για κάθε μια από τις οποίες επιλέχθηκε, μια κατηγορία ερεθισμάτων από την εκπαίδευση (1000Hz για τα FD, FDN και η έκτη λίστα λέξεων για τη WN). απαιτούνταν από το κάθε παιδί η σωστή επίδοση σε τέσσερις από τις πέντε δοκιμές ώστε να προχωρήσει. χρησιμοποιήθηκε επίσης, το IHR “Speech – in – Noise Test”, από το οποίο επιλέχθηκαν δύο λίστες, η καθεμία των 15 προτάσεων με κάθε πρόταση να περιέχει κατά μέσο όρο πέντε λέξεις από τις οποίες οι τρεις ήταν λέξεις κλειδιά. Το τεστ αυτό διεξήχθη δύο φορές, μια σε διαμορφωμένο θόρυβο (SMN) και μια σε μη διαμορφωμένο θόρυβο (SUN) χρησιμοποιώντας διαφορετικές προτάσεις. Και εδώ η αρχική ένταση των προτάσεων ήταν στα 80dB, ενώ ο θόρυβος παρέμεινε στα 60dB. Η δυσκολία προσαρμόζονταν και εδώ όπως περιγράφηκε στα στάδια παραπάνω, με τη διαφορά πως σε κάθε διαδικασία πραγματοποιούνταν 30 δοκιμές και τα κατώφλια υπολογίζονταν από τις δύο τελευταίες εναλλαγές στο τρίτο στάδιο. μετά από την ακρόαση κάθε πρότασης, ζητούνταν από το κάθε παιδί να επαναλάβει τις λέξεις – κλειδιά που άκουσε. Ζητούνταν και οι τρεις λέξεις ώστε η απάντηση να θεωρηθεί σωστή. Δεν υπήρχε ανατροφοδότηση. τέλος χρησιμοποιήθηκε το “Matrix Reasoning Test” (MRT), το οποίο αποτελούνταν από 35 αντικείμενα προοδευτικής δυσκολίας. παρουσιάζονταν ένας τμηματοποιημένος πίνακας, ένα τμήμα του οποίου έλειπε, ενώ το παιδί καλούνταν να επιλέξει από πέντε διαθέσιμες επιλογές, το τμήμα εκείνο που συμπλήρωνε το σχέδιο.

Τα αποτελέσματα στην αξιολόγηση πριν την ΑΕ ήταν ταυτόσημα για όλες τις ομάδες. όσον αφορά την εκπαίδευση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση σε όλες τις συχνότητες στην FD, στατιστικά σημαντική βελτίωση στις χαμηλότερες συχνότητες στην FDN και καμία βελτίωση στη WN. Στην FD αξιολόγηση, βελτιώθηκαν σημαντικά οι FD και FDN ομάδες σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, αλλά όχι η WN. Στην FDN και WN αξιολόγηση, υπήρχε στατιστικά σημαντική βελτίωση για όλες τις ομάδες αλλά καμία σημαντική διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα των ομάδων. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα φάνηκε πως αν η εκπαίδευση και η αξιολόγηση είχαν κοινά ερεθίσματα, τότε η γενίκευση και η βελτίωση ήταν πιθανότερη. Για περαιτέρω ανάλυση, τα αποτελέσματα των ομάδων FD, FDN συγχωνεύτηκαν ώστε να δημιουργηθεί μια ομάδα εκπαίδευσης σε συχνότητες (TT). παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της TT σε σχέση με την ομάδα ελέγχου αλλά όχι και της WN σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Τα αποτελέσματα όλων των ομάδων συγχωνεύτηκαν ώστε να δημιουργηθεί μια γενική ομάδα εκπαίδευσης και η επίδοση της ήταν σημαντικά καλύτερη από την ομάδα ελέγχου. Για τη WN αξιολόγηση, ενώθηκαν οι ομάδες FDN και WN για να δημιουργηθεί μια ομάδα εκπαίδευσης σε θόρυβο (NT), η οποία δεν έδειξε σημαντική διαφορά στη βελτίωση σε σχέση με τις άλλες ομάδες.

Συμπερασματικά, η επίδοση της ομάδας ελέγχου παρέμεινε στα ίδια επίπεδα στις δύο αξιολογήσεις, ενώ για τις υπόλοιπες ομάδες υπήρξε βελτίωση και γενίκευση σε δραστηριότητες που μοιράζονταν κοινά ερεθίσματα, δηλαδή όλες εκτός από τη WN ομάδα στη FD αξιολόγηση. όσον αφορά το SMN, η βελτίωση της FDN και WN ήταν σημαντικά μεγαλύτερες σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε για την FD που η βελτίωση της οριακά δεν ήταν σημαντική. όσον αφορά το SUN τεστ, η βελτίωση των FD και FDN ομάδων ήταν σημαντικά μικρότερη από της ομάδας ελέγχου, ενώ της WN δε διέφερε από την ομάδα ελέγχου. άρα, παρότι η γενική βελτίωση στο SMN τεστ ήταν συνεπής με τις επιδόσεις στην εκπαίδευση, η ΑΕ βασισμένη σε διαχωρισμό συχνοτήτων φάνηκε να μειώνει τις επιδόσεις στο SUN τεστ.

Στους περιορισμούς της έρευνας, στους οποίους αποδίδεται και η έλλειψη σημαντικής βελτίωσης, σε σχέση με την ομάδα ελέγχου στα FDN και WN τεστ, θα συμπεριλάβουμε το μικρό αριθμό δείγματος παιδιών. Θα συμπεριλάβουμε επίσης, τη βελτίωση της ομάδας ελέγχου στο SUN τεστ, γεγονός που καταδεικνύει εκπαίδευση από το ίδιο το τεστ.

Τελικά, φάνηκε πως η ΑΕ μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση προτάσεων σε διαμορφωμένο θόρυβο με πιο πετυχημένη τη WN ΑΕ καθώς αυτή γενικεύτηκε και στα δύο τεστ. επίσης η βελτίωση των επιδόσεων φάνηκε να συμβαίνει πιο έντονα όταν τα ερεθίσματα της εκπαίδευσης ήταν κοινά με τα ερεθίσματα της αξιολόγησης.

Στην έρευνα [41] εξετάζονται 13 νέοι αγγλόφωνοι ενήλικες ηλικίας από 21 έως 30 έτη, με φυσιολογική ακοή. Οι συμμετέχοντες εκπαιδεύτηκαν με τη χρήση δύο ερεθισμάτων (“mba” και “ba”), τα όποια είχαν ίδια συχνότητα αλλά διαφορετικό VOT (“Voice Onset Time”). Το “mba” είχε -20ms VOT, ενώ το “ba” είχε -10ms VOT. χωρίς εκπαίδευση, ακροατές με μητρική γλώσσα τα αγγλικά, θα χαρακτήριζαν και τους δύο ήχους ως “ba”. σκοπός της εκπαίδευσης ήταν να διδαχτούν οι συμμετέχοντες αυτή τη διαφορά. χρησιμοποιήθηκε επίσης ένα φωνήεν χωρίς VOT, ως συνθήκη ελέγχου. όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε οχτώ συνεδρίες, μια συνεδρία για αξιολόγηση πριν την ΑΕ, έξι συνεδρίες ΑΕ και μια συνεδρία για αξιολόγηση μετά. Σε κάθε συνεδρία ΑΕ, παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες τέσσερις κατηγορίες από 50 δοκιμές, η καθεμία με -10ms η -20ms VOT ερέθισμα. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο διαθέσιμες επιλογές (“mba”, “ba”) και όταν τις ταυτοποιούσαν σωστά, ένα πράσινο φως παρουσιάζονταν σαν ένδειξη θετικής ανατροφοδότησης. Επιτρέπονταν στους συμμετέχοντες να ελέγχουν την ατομική τους επίδοση μετά το πέρας της κάθε κατηγορίας δοκιμών.

Η αξιολόγηση των συμμετεχόντων έγινε με χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) για την ανίχνευση και αξιολόγηση των P2 και N1 κυματομορφών. κατά τη διάρκεια του EEG, οι συμμετέχοντες δεν επιτελούσαν κάποια λειτουργία, απλά τους παρουσιάζονταν ηχητικά ερεθίσματα (“mba”, “ba”, “a”). κάθε ερέθισμα παρουσιάζονταν 500 φορές στο δεξί αυτί σε 74dB SPL. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε επίσης παρόμοια διαδικασία με την εκπαίδευση. Στις δύο αξιολογήσεις, παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες ερεθίσματα της μορφής “mba” και “ba” και εκείνοι καλούνταν να τα ταυτοποιήσουν. Η απόκριση θεωρούνταν σωστή αν ταυτοποιούσαν το ερέθισμα με -20ms VOT ως “mba” και εκείνο με -10ms VOT ως “ba”. Δεν υπήρχε ανατροφοδότηση μετά από κάθε απάντηση, αλλά ανακοινώνονταν η επίδοση τους μετά από την ολοκλήρωση 50 δοκιμών. Τα ερεθίσματα παρουσιάζονταν σε 74dB SPL. Η επίδοση τους αναφέρονταν ως δείκτες  $d - prime$ , οι οποίοι εξάχθηκαν από σωστές, λάθος αποκρίσεις.

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην ικανότητα των συμμετεχόντων να αναγνωρίζουν τα δύο ερεθίσματα. υπήρχε ωστόσο, μεγάλη διακύμανση στις επιδόσεις τους. Η επίδοση τριών ασθενών δε μεταβλήθηκε κατόπιν της ΑΕ. όσον αφορά το EEG, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του πλάτους της P2 κυματομορφής σε όλους τους τύπους ερεθισμάτων. Η αύξηση αυτή παρατηρήθηκε και για τα δύο ημισφαίρια στο ερέθισμα ελέγχου “a”, αλλά ήταν εντονότερη για το αριστερό ημισφαίριο εξαιτίας των ερεθισμάτων της εκπαίδευσης. Η βελτίωση της P2 κυματομορφής δεν παρατηρήθηκε σε όλους τους συμμετέχοντες. παρατηρήθηκε επίσης,

συσχέτιση ανάμεσα στο πλάτος της N1 κυματομορφής πριν την ΑΕ και της βελτίωσης κατόπιν ΑΕ. Όσο μεγαλύτερο το πλάτος, τόσο μεγαλύτερη και η βελτίωση.

Στην έρευνα [42] εξετάζονται 19 ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας (ATC) και 19 υποκείμενα με φυσιολογική ακοή σαν ομάδα ελέγχου, όλοι ηλικίας από 23 έως 54 έτη. Οι ελεγκτές αυτοί εξετάζονται διότι η εργασία τους αποτελεί τόπο, όπου λαμβάνει χώρα φυσική ΑΕ. Αυτό συμβαίνει διότι αυτοί οι άνθρωποι εκτίθενται σε ομιλία σε θόρυβο, ομιλία αρκετά δύσκολη στην κατανόηση για κάποιον που είναι εκτός χώρου. Ο σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να εξετάσει το κατά πόσον ο η μακράς διάρκειας ΑΕ λόγω εργασίας έχει εφοδιάσει τους ATC με ικανότητα καλύτερης κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο.

Η αξιολόγηση έγινε με τη χρήση του ισπανικού δισύλλαβου τεστ ομιλίας στο οποίο περιλαμβάνονταν τρεις λίστες των 25 δισύλλαβων λέξεων. Οι λέξεις παρουσιάζονταν σε σταθερή ένταση των 65dB παρουσία λευκού θορύβου με τρία επίπεδα SNR στα +5dB, 0dB και -5dB ξεκινώντας από το πιο εύκολο επίπεδο (χαμηλότερης έντασης θόρυβος).

Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην επίδοση στο τεστ ανάμεσα στους ATC και τα υποκείμενα με φυσιολογική ακοή, καταδεικνύοντας έτσι τη βελτιωμένη ικανότητα τους να αντιλαμβάνονται ομιλία σε θόρυβο εξαιτίας της εκπαίδευσης που έχουν υποστεί από το επάγγελμά τους. Το αποτέλεσμα αυτό είναι συμβατό με το υπάρχον θεωρητικό υπόβαθρο της νευρωνικής πλαστικότητας σύμφωνα με την όποια το στέλεχος του εγκεφάλου είναι κομμάτι ενός δικτύου φλοιώδους και υπό φλοιώδους δομής, δίκτυο το οποίο μπορεί να υπόκειται και να μεταβάλλεται από εκπαίδευση. παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση των ATC από την ομάδα ελέγχου σε όλες τις περιπτώσεις με μεγαλύτερη διαφορά στις περιπτώσεις εκείνες όπου ο θόρυβος ήταν εντονότερος από το ερέθισμα. Δε βρέθηκε κάποια συσχέτιση ανάμεσα στα χρόνια εμπειρίας και στην επίδοση των ATC, κάτι που καταδεικνύει πως τα οφέλη της ΑΕ παρουσιάζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα ενώ στη συνέχεια η επίδοση φτάνει σε ασυμπτωτικά επίπεδα.

Στην έρευνα [43] εξετάστηκαν 12 υποκείμενα ηλικίας 18 έως 34 ετών, με φυσιολογική ακοή, ομιλούντες αμερικάνικων αγγλικών. τέσσερα υποκείμενα ακόμα συμμετείχαν ως ομάδα ελέγχου (CG). χρησιμοποιήθηκε ένας κωδικοποιητής (vocoder) ημιτονοειδούς κυματομορφής οχτώ καναλιών για να προσομοιάσει τις ακουστικές συνθήκες ατόμων με κοχλιακό εμφύτευμα. Η ομιλία εισόδου στον κωδικοποιητή, περνούσε από ζωνοπερατό φίλτρο οχτώ συχνοτήτων (τέταρτης τάξης Butterworth φίλτρο). Το temporal envelope, εξάγονταν από κάθε συχνότητα με διόρθωση μισού κύματος και βαθυπερατό φιλτράρισμα (τέταρτης τάξης Butterworth φίλτρο με ακραία συχνότητα στα 160Hz). Το temporal envelope από κάθε κανάλι, χρησιμοποιούνταν για να



modulate ένα αντίστοιχο ημιτονοειδές carrier. Οι συχνότητες του ημιτονοειδούς carrier μεταβάλλονταν σύμφωνα με τις πειραματικές συνθήκες όπως εξηγείται παρακάτω. Τα modulated ημιτονοειδή κύματα προθέτονταν και η έξοδος προσαρμόζονταν ώστε να έχει την ίδια RMS ενεργεια όσο και η ομιλία εισόδου (65dB). Δύο αναντιστοιχίες ανάμεσα στις συχνότητες του ημιτονοειδούς carrier και στις συχνότητες του ζωνοπερατού φίλτρου, εξετάστηκαν. Μια μέτρια μετατόπιση συχνοτήτων από εύρος συχνοτήτων εισόδου 75 – 5411Hz σε εύρος συχνοτήτων εξόδου 150 – 10823Hz (μετατόπιση συχνότητας προς τα πάνω κατά μια οκτάβα). Εξετάστηκε ακόμα μια έντονη μετατόπιση συχνοτήτων από εύρος συχνοτήτων εισόδου 200 – 7000Hz σε εύρος συχνοτήτων εξόδου 999 – 10290Hz.

Τα ερεθίσματα τόσο για την εκπαίδευση όσο και τις αξιολογήσεις αποτελούνταν από 12 φωνήεντα που παρουσιάζονταν σε  $h - \text{φωνήεν} - d$  δομή. Οι λέξεις ηχογραφήθηκαν από δέκα ομιλητές δημιουργώντας έτσι συνολικά 120 λέξεις (12 λέξεις για κάθε φωνήεν \* 10 ομιλητές). Για όλες τις καταστάσεις, για να πραγματοποιηθεί η αναγνώριση φωνηέντων, κατόπιν παρουσίασης του, ο συμμετέχων έπρεπε να επιλέξει ανάμεσα σε 12 πιθανές επιλογές. Οι επιλογές αυτές παρουσιάζονταν με δύο τρόπους, είτε αναγράφοντας ολόκληρη τη λέξη στην κάθε επιλογή (λεξική), είτε αναγράφοντας ένα γράμμα (μη λεξική). Τα 12 υποκείμενα χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες εκπαίδευσης. Στην πρώτη, εκπαιδεύτηκαν σε μέτρια μετατόπιση συχνότητας για μη λεξική αναγραφή των επιλογών, στη δεύτερη, εκπαιδεύτηκαν σε έντονη μετατόπιση συχνότητας για μη λεξική αναγραφή ενώ στην τρίτη εκπαιδεύτηκαν σε έντονη μετατόπιση συχνότητας για λεξική αναγραφή. Η ομάδα ελέγχου, απλά αξιολογούνταν σε ερεθίσματα με λεξική αναγραφή χωρίς ανατροφοδότηση ή έκθεση στα ερεθίσματα όπως οι ομάδες εκπαίδευσης. Δεν πραγματοποιήθηκε εκπαίδευση για μέτρια μετατόπιση συχνότητας για λεξική καταγραφή. Η εκπαίδευση και η αξιολόγηση έλαβαν μέρα σε πέντε συνεχόμενες μέρες. Τα υποκείμενα ολοκλήρωναν δύο έως τέσσερις ασκήσεις κάθε μέρα. Η εκπαίδευση αποτελούνταν από πεντάλεπτη έκθεση στα φωνήεντα – ερεθίσματα. Κατόπιν αυτής, ξεκινούσε η αναγνώριση τους. Στο τέλος κάθε συνεδρίας, αξιολογούνταν σε όλες τις ομάδες, η αναγνώριση των φωνηέντων με λεξική αναγραφή σε συνθήκες μετατοπισμένης συχνότητας, μη μετατοπισμένης συχνότητας και καθόλου επεξεργασίας της λέξης αφού όμως είχε περάσει από το ζωνοπερατό φίλτρο οχτώ συχνοτήτων.

Έλαβε χώρα μια αξιολόγηση πριν την ΑΕ, στην οποία μετρήθηκε η αναγνώριση φωνηέντων σε μη επεξεργασμένες λέξεις καθώς και λέξεις μέσα από το ζωνοπερατό φίλτρο οχτώ συχνοτήτων χωρίς όμως μετατοπισμένη συχνότητα. Πριν την ΑΕ, αξιολογήθηκε επίσης, η αναγνώριση

φωνηέντων με λεξική αναγραφή για μέτρια μετατοπισμένη συχνότητα και για έντονα μετατοπισμένη συχνότητα.

Παρατηρήθηκε πως τα περισσότερα υποκείμενα βελτίωσαν την ικανότητα αναγνώρισης φωνημάτων με μετατοπισμένη συχνότητα κατόπιν ΑΕ. Για τα φωνήεντα με μέτρια μετατόπιση, η επίδοση αυξήθηκε σημαντικά μετά από πέντε μέρες ΑΕ με μη λεξική αναγραφή αλλά και για την CG. παρατηρήθηκε σημαντικά καλύτερη επίδοση (περίπου 13%) της ομάδας που εκπαιδεύτηκε με μη λεξική αναγραφή σε σχέση με την CG. Η βελτίωση αυτή γενικεύτηκε και σε αναγνώριση φωνηέντων με λεξική αναγραφή. όσον αφορά τα έντονα μετατοπισμένα φωνήεντα, η επίδοση ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με τα μέτρια, ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία βελτίωση για την CG και καμία γενίκευση για την ομάδα με τη μη λεξική αναγραφή. παρατηρήθηκε επίσης σημαντικά καλύτερη επίδοση για την ομάδα που εκπαιδεύτηκε με μη λεξική αναγραφή σε σχέση με εκείνη που εκπαιδεύτηκε με λεξική αναγραφή στην αναγνώριση φωνηέντων με έντονα μετατοπισμένη συχνότητα.

Στους περιορισμούς της έρευνας και στην αδυναμία των υποκειμένων να πετύχουν καλές επιδόσεις στην αναγνώριση φωνηέντων με έντονα μετατοπισμένες συχνότητες, αναφέρεται η σύντομη διάρκεια της ΑΕ. Σύμφωνα με τα δεδομένα, ωστόσο δεν παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση μετά την τρίτη μέρα εκπαίδευσης άρα είναι απίθανο εκτενέστερη ΑΕ να ήταν επωφελής. τέλος η λεξική ανατροφοδότηση θεωρείται σημαντική σε μια ΑΕ.

Στην έρευνα [7] εξετάστηκαν 18 υποκείμενα με φυσιολογική ακοή, ηλικίας από 21 έως 39 έτη, ομιλούντες αμερικανικών αγγλικών. Τα υποκείμενα αξιολογήθηκαν και εκπαιδεύτηκαν ενώ άκουγαν σε ακουστική προσομοίωση κοχλιακού εμφυτεύματος οχτώ καναλιών που πραγματοποιήθηκε με τη “Continuously Interleaved Sampling” (CIS) τεχνική. χρησιμοποιήθηκε ένας κωδικοποιητής (vocoder) ημιτονοειδούς κυματομορφής.

Τα ερεθίσματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση, αποτελούνταν από 1000 μονοσύλλαβες λέξεις, που εκφέρονταν από τέσσερις ομιλητές. Οι ομιλητές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκφορά των ερεθισμάτων εκπαίδευσης ήταν διαφορετικοί από εκείνους που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση. Τα ερεθίσματα για την εκπαίδευση αλλά και για τις αξιολογήσεις παρουσιάζονταν στα 65dB. Τα υποκείμενα συμμετείχαν σε πέντε συνεδρίες ΑΕ διάρκειας 60 λεπτών η καθεμία. Τα 18 υποκείμενα χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με τη συχνότητα εκπαίδευσης. Η πρώτη ομάδα σε συχνότητα μια συνεδρία τη βδομάδα (1), η δεύτερη σε συχνότητα τρεις συνεδρίες τη βδομάδα (3), ενώ η τρίτη σε συχνότητα πέντε τη βδομάδα (5). Δε χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου καθώς από προηγούμενη έρευνα είχε δειχτεί

πως τα υποκείμενα που δε δέχονται εκπαίδευση, δε βελτιώνονται σημαντικά σε αναγνώριση φωνηέντων. Τα υποκείμενα έλαβαν “Computer – Assisted Speech Training”, (CAST) ΑΕ και συμπληρωματικά εκπαιδεύτηκαν με τη χρήση μονοσύλλαβων σύμφωνο – φωνήεν – σύμφωνο, λέξεων. Τα ερεθίσματα της εκπαίδευσης είχαν υποστεί την ίδια επεξεργασία με αυτά της αξιολόγησης και η συχνότητα τους είχε μετατοπιστεί. Ένα ερέθισμα παρουσιάζονταν στο υποκείμενο, (τα ερεθίσματα διέφεραν μόνο στο μεσαίο φωνήεν) και ανάλογα με το επίπεδο δυσκολίας, υπήρχαν δύο, τέσσερις ή έξι πιθανές επιλογές. Εάν το υποκείμενο αποκρίνονταν ορθά, παρουσιάζονταν οπτική ανατροφοδότηση και στη συνέχεια ένα νέο ερέθισμα. Το ίδιο συνέβαινε και σε περίπτωση λανθασμένης απάντησης. Η σωστή απάντηση και η ενδεχόμενη λάθος απάντηση του υποκειμένου παρουσιάζονταν διαδοχικά ώστε να μπορέσει να πραγματοποιήσει σύγκριση.

Για την αξιολόγηση των υποκειμένων, χρησιμοποιήθηκαν 12 φωνήεντα που παρουσιάστηκαν σε λέξεις της μορφής *h/ - φωνήεν - d/*. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης 20 σύμφωνα που παρουσιάστηκαν σε λέξεις της μορφής *a/ - σύμφωνο - a/*. Η κάθε λέξη για την αναγνώριση φωνηέντων και η κάθε λέξη για την αναγνώριση συμφώνων, παρουσιάστηκε από 10 διαφορετικούς ομιλητές. τέλος χρησιμοποιήθηκαν 72 λίστες με 10 προτάσεις η καθεμία από τη βάση δεδομένων ΙΕΕΕ. Οι προτάσεις αυτές παρουσιάστηκαν, η καθεμία από δύο ομιλητές. Η αξιολόγηση της αναγνώρισης συμφώνων και φωνηέντων έλαβε χώρα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της ΑΕ. Η αξιολόγηση της αναγνώρισης προτάσεων έλαβε χώρα πριν και μετά την ΑΕ. Η αναγνώριση προτάσεων έγινε χωρίς να υπάρχουν διαθέσιμες πολλαπλές επιλογές, ενώ το υποκείμενο καλούνταν να επαναλάβει όσες περισσότερες λέξεις της πρότασης που άκουσε μπορούσε. κατά τη διάρκεια των αξιολογήσεων δεν υπήρχε ανατροφοδότηση. Πριν την ΑΕ, υπολογίστηκαν ασυμπτωτικές επιδόσεις στην αναγνώριση μη μετατοπισμένων και μετατοπισμένων ως προς τη συχνότητα φωνηέντων, συμφώνων και προτάσεων. Η αναγνώριση φωνημάτων με μετατοπισμένη συχνότητα αξιολογούνταν και πριν και μετά από κάθε συνεδρία ΑΕ.

Παρατηρήθηκε πως με μεσαίας διάρκειας ΑΕ (300 λεπτά), βελτιώνεται η ικανότητα αναγνώρισης ομιλίας μετατοπισμένης ως προς τη συχνότητα. Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην επίδοση των υποκειμένων σε σχέση με τη συχνότητα εκπαίδευσης τους εφόσον η συνολική διάρκεια της ΑΕ ήταν ίδια (πέντε συνεδρίες). Δεν παρατηρήθηκε βελτίωση στην αξιολόγηση μετά την ΑΕ χωρίς μετατόπιση συχνότητας. Η επίδοση στην πρώτη αξιολόγηση ωστόσο ήταν ήδη αρκετά υψηλή αφήνοντας μικρά περιθώρια βελτίωσης. παρατηρήθηκε επίσης και για τις τρεις

ομάδες, γενίκευση από τη βελτίωση στην αναγνώριση φωνηέντων που εκπαιδεύτηκε σε βελτίωση στην αναγνώριση συμφώνων και προτάσεων, δεξιότητες που δεν εκπαιδεύτηκαν.

Στους περιορισμούς της έρευνας αναφέρεται η μεγάλη διακύμανση στις επιδόσεις των υποκειμένων και στις τρεις ομάδες εκπαίδευσης (3 – 34%). παρατηρήθηκε επίσης μεγάλη διακύμανση όσον αφορά το χρόνο βελτίωσης.

## **2.2 Συμπεράσματα Αξιολόγησης**

### **SNHL :**

Υπάρχει διακύμανση του επιπέδου SNHL από την όποια υποφέρουν οι ασθενείς. Σε όλες τις έρευνες, εκτός από δύο [10], [11] εξετάζονται γηραιότεροι ασθενείς. Στην [10] εξετάζονται άτομα κάτω των έξι ετών, ενώ στην [11] από 16 έως 60. Υπάρχει μεγάλη διακύμανση στη διάρκεια εκπαίδευσης (350 λεπτά – 3240 λεπτά), ενώ για μια έρευνα [2], αυτή δεν καθίσταται γνωστή. Χρησιμοποιούνται διαφορές μορφές ΑΕ με κυρίαρχες την αναγνώριση συχνοτήτων, προτάσεων, ήχων και λέξεων τόσο σε θόρυβο όσο και σε ήσυχο περιβάλλον. Σε όλες τις έρευνες εκτός από την [8] χρησιμοποιούνται ομάδες ελέγχου. Σε όλες τις έρευνες παρατηρείται σημαντική βελτίωση στην επίδοση των ασθενών στις δραστηριότητες που εκπαιδεύτηκαν και γενίκευση αυτής της βελτίωσης σε δραστηριότητες που δεν εκπαιδεύτηκαν όπως συνέβη στην [11] όπου οι ασθενείς κατόπιν DIID ΑΕ παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στα NVSM, VSMT αξιολογήσεις στις οποίες δεν είχαν εκπαιδευτεί. Στη μόνη έρευνα που δεν παρατηρήθηκαν τέτοιες γενικεύσεις είναι η [2]. Οι περιορισμοί που προκύπτουν αφορούν τις [9], [12] για μικρό αριθμό δείγματος και τη [10] για αραιή εκπαίδευση, μόνο μια φορά την εβδομάδα. Η μόνη έρευνα στην όποια πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση μακροπρόθεσμα για τη διερεύνηση διατήρησης της βελτίωσης από την ΑΕ ήταν η [8] στην όποια οι ασθενείς αξιολογήθηκαν και τρεις μήνες μετά το πέρας της ΑΕ. Τα οφέλη τους διατηρήθηκαν. Η μόνη double blind μελέτη ήταν η [12]. Αξίζει να αναφερθεί ξεχωριστά η έρευνα [10] με τους νεότερους ασθενείς και τη μεγαλύτερης διάρκειας ΑΕ (βάθος 18 μηνών, 3240 λεπτά). Ακόμα και παιδιά με σοβαρή απώλεια ακοής, ήταν σε θέση κατόπιν έντονης και μακροπρόθεσμης ακουστικής αποκατάστασης, σημαντική συνιστώσα της όποιας ήταν η ΑΕ, να βελτιώσουν την κατανόηση και παραγωγή λόγου.

Τελικά, κοινός παρονομαστής σε όλες τις μελέτες είναι η βελτίωση σε δραστηριότητες σχετικές με την εκπαίδευση. Σε όλες πλην μίας γενικεύεται η βελτίωση σε διαφορετικές

δραστηριότητες άρα μπορούμε να συμπεράνουμε πως ΑΕ της μορφής που συζητήθηκε με διάρκεια πάνω από 350 λεπτά μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση στις ακουστικές ικανότητες ασθενών με SNHL.

## **APD :**

Υπάρχει και εδώ μεγάλη διακύμανση στο εύρος της διαταραχής των ασθενών, κυρίως λόγω της φύσης της APD. Σε όλες τις έρευνες εξετάζονται ανήλικοι ασθενείς. υπάρχει και εδώ μεγάλη διακύμανση στη διάρκεια εκπαίδευσης (320 λεπτά – 2000 λεπτά), ενώ σε στην [17] η διάρκεια ορίζεται ως μακροπρόθεσμη (5.45 – 18 μήνες) χωρίς ωστόσο πληροφορίες για την ακριβή της έκταση. Στις περισσότερες έρευνες για την APD δε χρησιμοποιείται ομάδα ελέγχου εκτός από τις [19], [20]. Χρησιμοποιούνται διαφορές μορφές ΑΕ με κυρίαρχες την εξάσκηση κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο, τη χρονική διάταξη, διχρωτική ακρόαση, την αναγνώριση συχνοτήτων, ήχων, μη γλωσσικών ερεθισμάτων φωνημάτων τόσο σε ήσυχο όσο και θορυβώδες περιβάλλον. Στις περισσότερες έρευνες, εκτός από τις [17], [19] χρησιμοποιούνται και ηλεκτροφυσιολογικά τεστ ως αντικειμενική αξιολόγηση. Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση σε όλες τις έρευνες σε όλα τα τεστ και βελτίωση των κυματομορφών στο ηλεκτροφυσιολογικό τεστ εκτός από τις [18], [19], όπου υπήρξε βελτίωση αλλά όχι σημαντική. Στην [20] μάλιστα, στην όποια χρησιμοποιήθηκε και η DIID ΑΕ τα οφέλη διατηρήθηκαν και για ένα μήνα μετά. αντίστοιχη διατήρηση παρατηρήθηκε και στην [16]. Προκύπτουν περιορισμοί για όλες τις έρευνες εκτός από τη [20] που είναι και μια από τις δύο με μακροπρόθεσμη αξιολόγηση και μια από τις δύο με ομάδα ελέγχου. Οι περιορισμοί σχετίζονται με το μικρό μέγεθος του δείγματος για τις [5], [18], [19] την αραιή εκπαίδευση, μόνο μια φορά την εβδομάδα για την [16] και τη μεγάλη διακύμανση στα αποτελέσματα των [17], [19].

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των ερευνών είναι η βελτίωση σε αντικειμενικά τεστ κατόπιν ΑΕ με δύο έρευνες τις [18], [19] να μην πετυχαίνουν σημαντική βελτίωση. Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε πως ΑΕ της μορφής που συζητήθηκε με διάρκεια μεγαλύτερη των 320 λεπτών μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση των ακουστικών ικανοτήτων παιδιών με APD.

## **Απώλεια Ακοής :**

Παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στο εύρος της έντασης της πάθησης των ασθενών. Μεγάλη διακύμανση παρατηρείται επίσης, στην ηλικία των εξεταζόμενων. Οι περισσότερες έρευνες [26], [29], [6] έχουν ένα ευρύ φάσμα ηλικιών, από νεαρούς ενήλικες μέχρι ηλικιωμένους. Σε μια έρευνα [30] εξετάζονται μόνο ανήλικοι ενώ σε δύο, [24], [25] γηραιότεροι ασθενείς. Σε δύο περιπτώσεις [27], [28] οι ηλικίες των υποκειμένων δε γίνονται γνώστες. Παρατηρείται μεγάλη διακύμανση όσον αφορά και τη διάρκεια εκπαίδευσης με μια έρευνα [30] να περιγράφει εκπαίδευση διάρκειας 300 λεπτών και άλλη [31] 1600 έως 2160 λεπτών. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ομάδα ελέγχου [24], [25], [26], [28], [6], ενώ σε άλλες όχι [27], [29], [30] και [31]. Χρησιμοποιούνται και εδώ διαφορές μορφές ΑΕ με κυρίαρχες την κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο, χρονική διάταξη, αναγνώριση λέξεων, προτάσεων, ήχων σε θόρυβο. Στην [24] χρησιμοποιείται η “Read My Quips” (RMQ), που είναι οπτικοακουστική ΑΕ. Στις [26], [28] χρησιμοποιείται ως εκπαίδευση η ταυτοποίηση μελωδικής διαδρομής, ενώ στην [23] μουσική εκπαίδευση. Σε δύο έρευνες [24], [30] η ΑΕ που χρησιμοποιείται προσαρμόζεται στις επιδόσεις του ασθενή. Παρατηρείται συνολική βελτίωση από τις ΑΕ, ενώ σε τέσσερις περιπτώσεις [24], [25] [30], [31], η βελτίωση αυτή γενικεύεται και σε μη εκπαιδευμένες ασκήσεις (HINT, μη εκπαιδευμένες φράσεις, λέξεις). Στην [24] μάλιστα έχουμε και διατήρηση της βελτίωσης ένα μήνα μετά το πέρας της ΑΕ. Στις περισσότερες περιπτώσεις η βελτίωση δεν είναι σημαντική εκτός από την [25], την [26] που χρησιμοποιείται ταυτοποίηση μελωδικής διαδρομής και γενικεύεται σε σημαντική κατανόηση συμφώνων, την [28] που βελτιώνεται η ικανότητα ταυτοποίησης μελωδικής διαδρομής στην όποια εκπαιδεύονται και την [29] που οι ασθενείς βελτιώνονται σημαντικά στην αυτοαξιολόγηση τους. Προκύπτουν περιορισμοί για όλες τις έρευνες εκτός από την [24], περιορισμοί που αφορούν το μέγεθος του δείγματος [26], [27], [28], [30], [31], τη μεγάλη διακύμανση [28], [6] και τη φύση της αυτοαξιολόγησης [25], [29]. Ότι δηλαδή οι ασθενείς δεν κρίνουν σωστά την βελτίωση τους.

Συνολικά παρατηρείται βελτίωση στους ασθενείς, ωστόσο η βελτίωση αυτή παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση τόσο στα αποτελέσματα όσο και στα τεστ στα όποια παρατηρείται. Αναφέρουμε πως προσαρμοστική ΑΕ έχει τα καλύτερα αποτελέσματα και γενίκευση όσον αφορά την κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο (HINT), ενώ για την ταυτοποίηση μελωδικής διαδρομής η βελτίωση που παρατηρείται πέρα από εργασίες ίδιας φύσης είναι περιορισμένη. Σε αρκετές περιπτώσεις δε χρησιμοποιείται ομάδα ελέγχου ενώ εμφανίζονται αρκετοί περιορισμοί. Άρα για τη μόνη περίπτωση που θα καταλήξουμε πως η ΑΕ ήταν πραγματικά αποτελεσματική είναι η οπτικοακουστική RMQ [24] και η cLEAR [25].

## **Προγλωσσική Κώφωση (<4 έτη) :**

Τα υποκείμενα που εξετάζονται είναι είτε παιδιά [14] είτε νέοι ενήλικες [13]. Η διάρκεια της εκπαίδευσης δεν εμφανίζει μεγάλη διακύμανση (1440 – 1500 λεπτά). Στη μια έρευνα [13] χρησιμοποιείται ομάδα ελέγχου ενώ στην άλλη [14] όχι. Ο μόνος περιορισμός που προκύπτει αφορά το μικρό δείγμα στην [14]. Παρατηρήθηκε βελτίωση στην [13], στην αναγνώριση λέξεων, προτάσεων και νοήματος. Στην [13] χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός σύνθετης και αναλυτικής ΑΕ. Στην [14] ως ΑΕ χρησιμοποιήθηκε η αναγνώριση λέξεων, ενώ παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην αναγνώριση φωνημάτων, αναγνώριση ομιλίας και διατήρηση αυτών δύο μήνες μετά το πέρας της ΑΕ.

Και στις δύο έρευνες παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση ομιλίας και λέξεων στα υποκείμενα κατόπιν ΑΕ. Τονίζουμε πως και στις δύο αυτές έρευνες η ΑΕ είχε πολύ μεγαλύτερη διάρκεια από άλλες περιπτώσεις που έχουν συζητηθεί. Στην [14] που αφορά παιδιά, παρότι δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου και δε μπορούν να αποκλειστούν φαινόμενα ωρίμανσης, αναφέρεται πως μετά την ΑΕ όλα τα παιδιά παρουσίασαν το ίδιο ποσοστό βελτίωσης πάρα τις αρχικές διαφοροποιημένες επιδόσεις τους.

## **Δυσλεξία :**

Στην περίπτωση αυτή, εξετάζεται μόνο μια έρευνα [15]. Η μέση ηλικία των ασθενών ήταν 9.8 έτη, ενώ συμμετείχε ομάδα ελέγχου. Η εκπαίδευση που δέχτηκαν διήρκεσε 660 λεπτά και ήταν οπτικοακουστική (Play On). Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση των ασθενών στη φωνολογική αντίληψη, στο ηλεκτροφυσιολογικό τεστ και συσχέτιση των δύο αποτελεσμάτων. Στους περιορισμούς αναφέρουμε μόνο το μικρό αριθμό δείγματος.

## **Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ) :**

Στην περίπτωση αυτή, εξετάζεται μόνο μια έρευνα [21]. Εξετάζονται παιδιά με μέση ηλικία τα 14 έτη και ομάδα ελέγχου ενήλικες με μέση ηλικία τα 33 έτη. Η διάρκεια της ΑΕ δεν καθίσταται γνωστή (μια έως δύο ώρες ημερησίως για άγνωστο αριθμό ημερών) ενώ η φύση της ήταν ετερόπλευρη επικάλυψη. παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στις εργασίες της

εκπαίδευσης αλλά όχι γενίκευση αυτής σε κατανόηση πχ ομιλίας σε θόρυβο. Στους περιορισμούς της έρευνας θα αναφέρουμε το μικρό αριθμό δείγματος και την έλλειψη μακροπρόθεσμης αξιολόγησης.

### **Specific Language Impairment (SLI) :**

Στη μοναδική έρευνα που βρέθηκε [22], εξετάζονται γαλλόφωνα παιδιά ηλικίας 6-11 ετών. χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου. Η διάρκεια της ΑΕ ήταν 360 λεπτά, ενώ η φύση της ήταν η κατανόηση λέξεων με μικρές διαφοροποιήσεις σε συγκεκριμένα φωνήματα και VOT. Η ΑΕ ήταν προσαρμοστική. παρατηρήθηκε βελτίωση στις εργασίες της εκπαίδευσης αλλά και γενίκευση σε διαφορετικά VOT. Στους περιορισμούς της έρευνας θα αναφέρουμε το μικρό αριθμό δείγματος.

### **Απώλεια Ακοής σε Υψηλές Συχνότητες :**

Μια έρευνα [23] βρέθηκε στη βιβλιογραφία μας για τη συγκεκριμένη ασθένεια. Τα υποκείμενα που εξετάζονται είναι ηλικίας από 46 έως 57 έτη. Η διάρκεια εκπαίδευσης δεν καθίσταται γνωστή. Η ΑΕ ήταν προσαρμοστική και περιλάμβανε αναγνώριση ήχων, γλωσσικών και μη ερεθισμάτων και συχνότητας σε θόρυβο. παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση σε κάποια συμπεριφορικά τεστ που αφορούσαν ακουστική επεξεργασία αλλά δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη μορφή της κυματομορφής P300. Στους περιορισμούς της, θα αναφέρουμε το μικρό αριθμό δείγματος.

### **Εγκεφαλική Κάκωση (TBI) :**

Στη μια έρευνα [32] εξετάζονται ασθενείς ηλικίας από 20 έως 37 έτη, ενώ στη δεύτερη [33] μόνο ένας ασθενής ηλικίας 49 ετών. Η διάρκεια της ΑΕ καθίσταται γνωστή μόνο για την [33] και ήταν 320 λεπτά. Σε καμία από τις δύο, δε χρησιμοποιείται ομάδα ελέγχου. Και οι δύο έρευνες περιείχαν μακροπρόθεσμη αξιολόγηση μετά το πέρας της ΑΕ. Σε καμία από τις δύο έρευνες δεν καθίσταται γνωστή η φύση της ΑΕ. παρατηρήθηκε μια σημαντική βελτίωση για το δεξί αντί στα ηλεκτροφυσιολογικά τεστ της [32] και σημαντική βελτίωση στα συμπεριφορικά και ηλεκτροφυσιολογικά τεστ της [33]. Οι βελτιώσεις αυτές διατηρήθηκαν και στις δύο περιπτώσεις



και στη μακροπρόθεσμη αξιολόγηση. Στους περιορισμούς θα αναφέρουμε τη φύση της συγκεκριμένης ασθένειας που ίσως απαιτεί μεγαλύτερης διάρκειας ΑΕ καθώς και το μικρό αριθμό δείγματος και στις δύο έρευνες (έξι υποκείμενα και ένα αντίστοιχα).

## **SNHL – APD :**

Παρότι έχουμε αναλύσει χωριστά περιπτώσεις ασθενών που πάσχουν από SNHL ή APD, κρίναμε σκόπιμο να αναλύσουμε χωριστά περιπτώσεις που οι ασθενείς εμφανίζουν ταυτόχρονα και τις δύο παθήσεις. Στη βιβλιογραφία μας βρέθηκαν δύο τέτοιες έρευνες. Στην πρώτη [34] εξετάζονται δύο ομάδες υποκειμένων, μια νεαρών ενηλίκων και μια γηραιότερων, ενώ στη [35] εξετάζονται ενήλικες από 60 – 90 έτη. χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου μόνο στη [35]. Η διάρκεια εκπαίδευσης είχε εύρος από 240 λεπτά για την [35] μέχρι 960 λεπτά για τη [34]. Στις ΑΕ που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνονταν χρονική διάταξη, αναγνώριση συχνότητας, μη γλωσσικών ερεθισμάτων και κατανόηση ομιλίας τόσο σε ήσυχο όσο και σε θορυβώδες περιβάλλον. Η ΑΕ της [34] ήταν προσαρμοστική. παρατηρήθηκε βελτίωση στην ικανότητα των ασθενών να κατανοούν ομιλία σε θόρυβο και στις δύο έρευνες ενώ στη [35] παρατηρήθηκε σημαντική καλύτερη επίδοση για την ομάδα εκπαίδευσης. Στους περιορισμούς θα αναφέρουμε το οριακά μικρό δείγμα της [34] των 19 ασθενών.

## **Ασσυμετρία Ακοής (Ear Advantage) – APD**

Και στις δύο έρευνες [36], [37] εξετάζονται παιδιά. Δε χρησιμοποιήθηκαν ομάδες ελέγχου. Η διάρκεια της ΑΕ δεν καθίσταται γνωστή. Στην [36] συγκρίνονται δύο προγράμματα ΑΕ, τα DIID και DOT ενώ στην [37] δέχονται τη DIID ΑΕ. Η DIID ΑΕ βασίζεται σε διχωτική ακρόαση. παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στα επίπεδα διχωτικής ακρόασης τόσο στην [36] με τη DOT να χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να προκαλέσει τα ίδια αποτελέσματα με τη DIID όσο και στη [37] όπου παρατηρήθηκε και γενίκευση της βελτίωσης από τη DIID σε βελτίωση στη χρονική διάταξη και ανάλυση. Επίσης βελτιώθηκε η ικανότητα κατανόησης ομιλίας σε θόρυβο. Στους περιορισμούς θα αναφέρουμε το μικρό αριθμό δείγματος και για τις δύο έρευνες.

## Φυσιολογικό Επίπεδο Ακοής :

Στη βιβλιογραφία μας βρέθηκαν διαφορές μελέτες που διεξάγονται σε δείγμα ατόμων με φυσιολογικό επίπεδο ακοής στα πλαίσια διερεύνησης αποτελεσματικότητας της ΑΕ. Σε τρεις έρευνες [7], [38], [43], προσομοιώνονται τέτοια άτομα με χρήστες κοχλιακών εμφυτευμάτων. Η προσομοίωση αυτή λαμβάνει χώρα με χρήση κωδικοποιητή και επεξεργασία σήματος ώστε να μοιάζει με το σήμα που θα δεχόταν ο χρήστης κοχλιακού εμφυτεύματος. Τα υποκείμενα κατόπιν ΑΕ που περιλάμβανε αναγνώριση λέξεων με μετατοπισμένη συχνότητα [7], [43] αναγνώριση προτάσεων και έκθεση σε συνθήκες καθημερινής ζωής [38] παρουσίασαν βελτίωση σε σχεδόν όλες τις εργασίες εκπαίδευσης με περιορισμένη γενίκευση σε εργασίες εκτός εκπαίδευσης (μη μετατοπισμένη συχνότητα). Σε μια έρευνα [39], γίνεται σύγκριση οπτικοακουστικής ΑΕ με ακουστική ΑΕ όσον αφορά την κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο (HINT). Για την ΑΕ χρησιμοποιούνται σουηδικά φωνήματα. παρατηρήθηκε βελτίωση στο HINT στα άτομα που δέχτηκαν οπτικοακουστική εκπαίδευση και όχι ακουστική. Ο κόπος που κατέβαλαν τα υποκείμενα ήταν ίδιος και για τις δύο μορφές ΑΕ, καθιστώντας έτσι την οπτικοακουστική ως πιο αποδοτική. Σε επόμενη μελέτη [40], εξετάζονται παιδιά που εκπαιδεύτηκαν με χρήση αναγνώρισης λέξεων και συχνοτήτων σε ήσυχο και θορυβώδες περιβάλλον. χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου. παρατηρήθηκε βελτίωση για όλες τις μορφές ΑΕ με πιο πετυχημένη την αναγνώριση λέξεων σε θόρυβο. Εξετάστηκαν στην [41] νέοι ενήλικες σε εκπαίδευση VOT όπου και παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην επίτευξη των στόχων της εκπαίδευσης (αναγνώριση φωνημάτων). τέλος μελετήθηκε στην [42] μια ομάδα πληθυσμού που λόγω εργασίας υφίσταται καθημερινά μορφή ΑΕ. Η ομάδα αυτή ήταν ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας οι οποίοι συγκρίθηκαν με ομάδα ελέγχου σε κατανόηση ομιλίας σε θόρυβο. παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση των ελεγκτών σε όλες τις περιπτώσεις όπου ο θόρυβος ήταν εντονότερος από το ερέθισμα.

Συνολικά, παρατηρούμε πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν δείγματα υποκειμένων με φυσιολογική ακοή για την αξιολόγηση διαφορών μορφών ΑΕ [39], [40], μπορούμε να προσομοιώσουμε χρήστες κοχλιακού εμφυτεύματος ώστε να αξιολογήσουμε την αποδοτικότητα μιας ΑΕ [7], [38], [43], ενώ φαίνεται πως μακροπρόθεσμη ΑΕ λόγω συνθηκών (πχ εργασίας) [42] μπορεί να μεταβάλει την ακουστική οδό και να προκαλέσει αλλαγές και βελτιώσεις στην ακουστική ικανότητα.

Στους περιορισμούς γενικά αναφέρουμε τη μεγάλη διακύμανση στις επιδόσεις και στο χρόνο εμφάνισης της βελτίωσης και το μικρό αριθμό δείγματος [7], [41], [42], [43].

## Κεφάλαιο 3

### 3.1 Ανάπτυξη Εφαρμογής

Μετά από την ανάλυση της βιβλιογραφίας αποφασίστηκε η ανάπτυξη εφαρμογής σε Android πλατφόρμα ενσωματώνοντας τις δημοφιλέστερες και περισσότερο αποδοτικές ασκήσεις ακουστικής εκπαίδευσης όπως αυτές εμφανίστηκαν στο σώμα δημοσιεύσεων. Ο λόγος που επιλέχθηκε η ανάπτυξη εφαρμογής σε mobile πλατφόρμα είναι διότι δεν έχει υλοποιηθεί κάτι αντίστοιχο ενώ εκλέχθηκε η Android λόγω της δωρεάν φύσης της αφού δεν απαιτεί ετήσια συνδρομή από τους προγραμματιστές της αλλά και λόγω της μεγαλύτερης δημοτικότητας της σε σχέση με την iOS πλατφόρμα. 70.68% για Android έναντι 28.79% για iOS τον Απρίλη του 2020 (<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>).

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε στο περιβάλλον Android Studio 3.6.3 για το λειτουργικό Android OS 9.0 Pie (API 28) ενώ η παλαιότερη έκδοση λειτουργικού που υποστηρίζεται από την εφαρμογή είναι το Android OS 5.0 Lollipop (API 21). Με αυτή την εκλογή, η εφαρμογή έχει συμβατότητα με περίπου το 100% των συσκευών σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Android Studio.

```
1  apply plugin: 'com.android.application'
2
3  android {
4      compileSdkVersion 28
5      defaultConfig {
6          applicationId "android.example.com.auditorytraining"
7          minSdkVersion 21
8          targetSdkVersion 28
9          versionCode 1
10         versionName "1.0"
11         testInstrumentationRunner "androidx.test.runner.AndroidJUnitRunner"
12     }
13 }
```

*Εικόνα 2: Τμήμα του κώδικα όπου αναγράφεται η έκδοση του λειτουργικού Android.*

Η συνολική διάρκεια της εκπαίδευσης στην εφαρμογή θα είναι 100 λεπτά, χωρισμένα σε 6 ασκήσεις. Κρίθηκε απαραίτητο να συμπεριληφθούν ασκήσεις τόσο top down (σύνθετης) όσο και

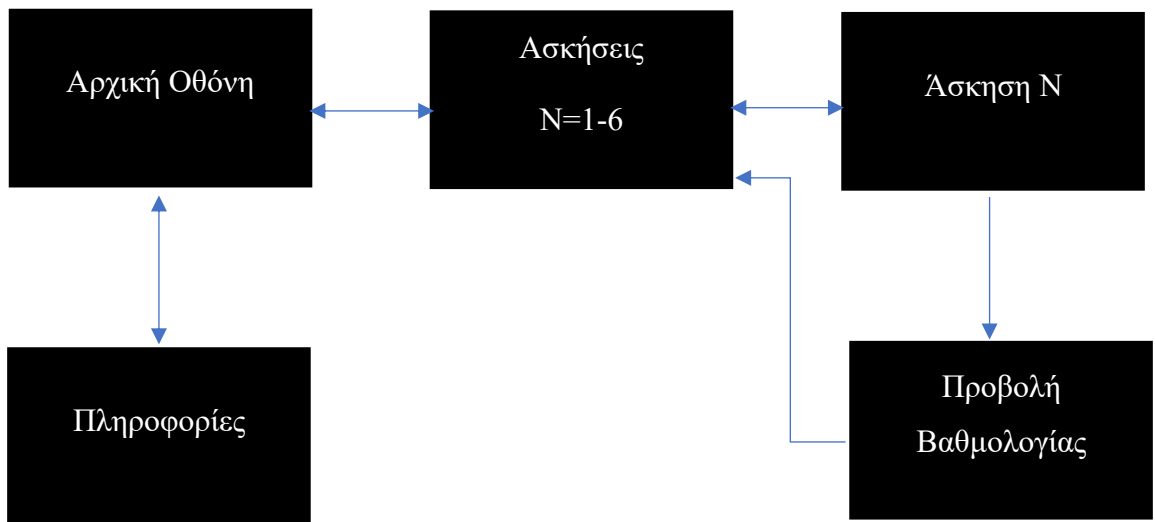
ασκήσεις bottom-up (αναλυτικής) εκπαίδευσης, καθώς στη βιβλιογραφία φάνηκε πως ο συνδυασμός των δύο τύπων είναι η αποτελεσματικότερη μορφή εκπαίδευσης. Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι διάφορες ασκήσεις που ενσωματώθηκαν. Η εκλογή τους έγινε με βάση τη συχνότητα που εμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία επιλέγοντας τους τύπους ασκήσεων που εμφανίστηκαν τις περισσότερες φορές.

1. Διαχωρισμός – Αναγνώριση Συχνότητας (bottom – up).
2. Αναγνώριση - διάκριση φωνημάτων (bottom – up).
3. Αναγνώριση λέξεων που διαφέρουν κατά ένα φώνημα (ελάχιστα ζεύγη) (bottom-up)
4. Αναγνώριση λέξεων που διαφέρουν κατά ένα φώνημα παρουσία θορύβου πολλών ομιλητών (bottom-up).
5. Κάλυψη κενού σε πρόταση με πολλαπλή επιλογή (top – down).
6. Κάλυψη κενού σε πρόταση με πολλαπλή επιλογή παρουσία θορύβου πολλών ομιλητών (top down).

Οι ηχογραφήσεις όλων των λέξεων και προτάσεων της εφαρμογής έλαβαν χώρα σε επιπλωμένο χώρο διαστάσεων 3m x 4m χρησιμοποιώντας την ενσωματωμένη εφαρμογή ηχογράφησης της συσκευής iPad 11.

### **3.2 Μεθοδολογία Εφαρμογής**

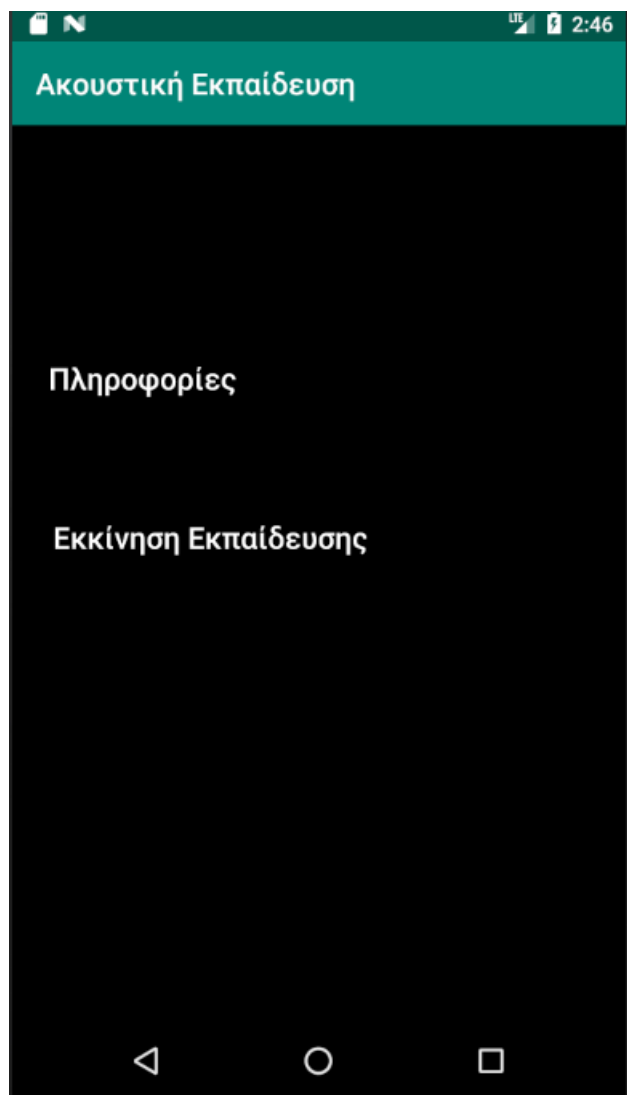
Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά σε διάγραμμα ροής η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να σχεδιαστεί η εφαρμογή. Κάθε κουτί του διαγράμματος αντιστοιχεί σε μία οθόνη της εφαρμογής.



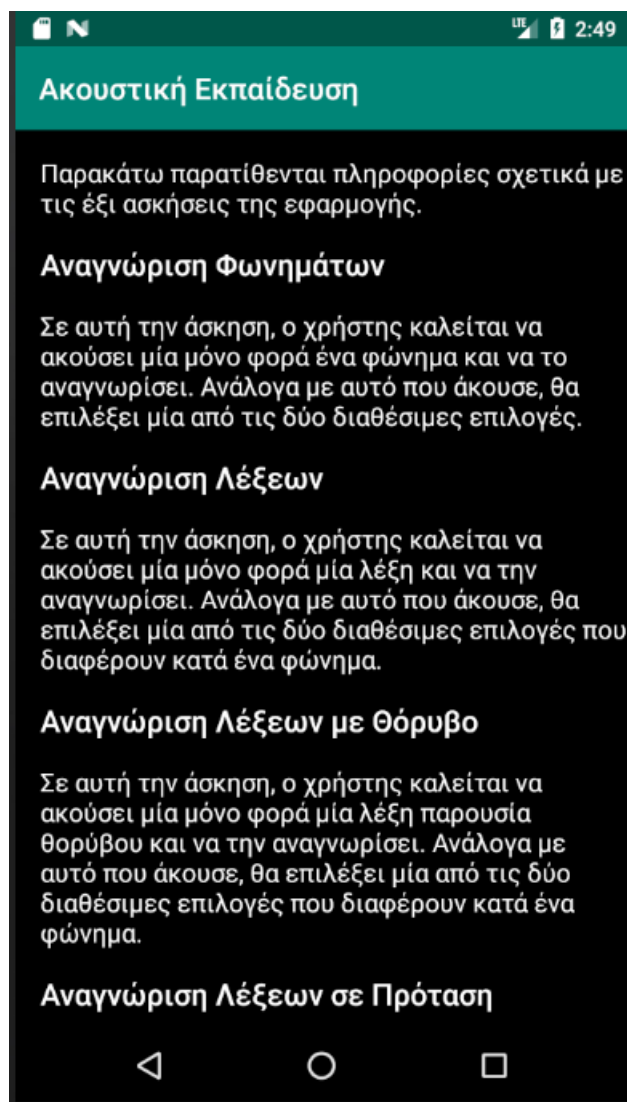
Εικόνα 3: Χάρτης Εφαρμογής

### 3.3 Διάταξη Εφαρμογής

Η εφαρμογή ονομάζεται **Ακουστική Εκπαίδευση** ενώ παρακάτω παρουσιάζεται εικόνα της αρχικής οθόνης. Στην οθόνη αυτή φαίνονται 2 πλήκτρα το πρώτο εξ αυτών όταν πατηθεί οδηγεί σε διαφορετική οθόνη στην οποία δίνονται πληροφορίες για τις διάφορες ασκήσεις που περιλαμβάνει η εφαρμογή.



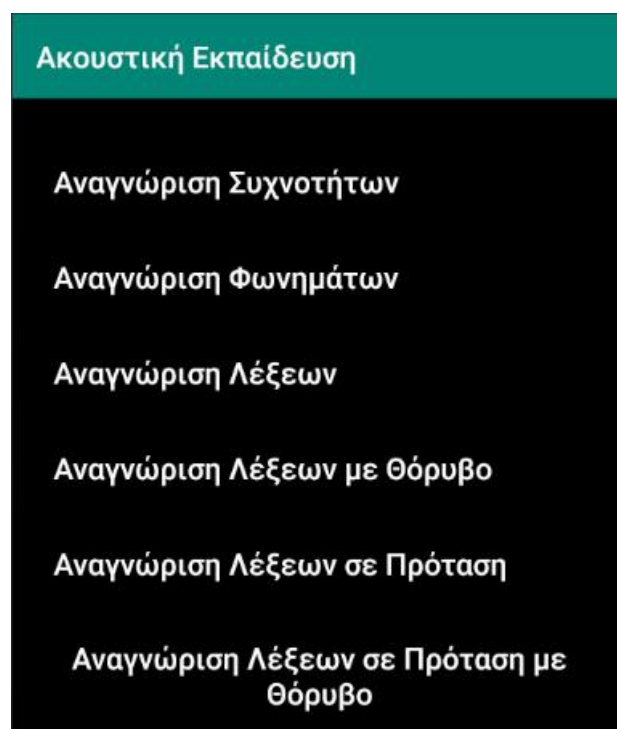
*Εικόνα 4: Αρχική Οθόνη*



Εικόνα 5: Πληροφορίες

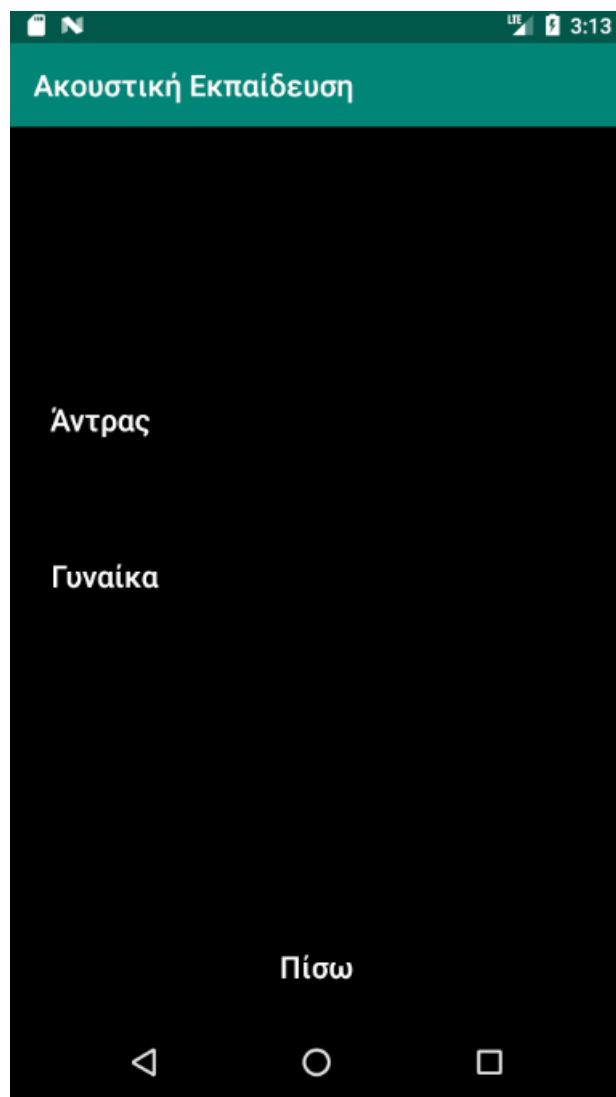
Το δεύτερο πλήκτρο της αρχικής (**Εκκίνηση Εκπαίδευσης**) οδηγεί στην οθόνη που έχει συμπεριληφθεί ακριβώς από κάτω, στην οποία αναγράφονται όλες οι ασκήσεις που περιλαμβάνονται. Το όνομα κάθε άσκησης αποτελεί πλήκτρο το οποίο όταν πατηθεί μας μεταφέρει σε διαφορετική οθόνη προκειμένου να επιλέξουμε άνδρα ή γυναίκα εκφωνητή. Στην οθόνη αυτή υπάρχει και η επιλογή **Πίσω** που επιτρέπει την επιστροφή στην οθόνη επιλογής άσκησης. Η μόνη άσκηση που δεν υποστηρίζει διαφορετικούς εκφωνητές είναι η πρώτη, **Αναγνώριση Συχνοτήτων**. Όταν επιλεγεί ο εκφωνητής, ο χρήστης μεταφέρεται σε μία οθόνη προετοιμασίας προκειμένου να ξεκινήσει την εκπαίδευση. Στην οθόνη αυτή υπάρχει ένα πλήκτρο όπου αναγράφεται η λέξη **Εκκίνηση** και μόλις ο χρήστης το πατήσει, ακούει το πρώτο ηχητικό ερέθισμα και καλείται να επιλέξει τη σωστή απάντηση.

Σε όλες τις ασκήσεις, ο χρήστης καλείται να επιλέξει τη σωστή απάντηση ανάμεσα σε δύο πιθανές απαντήσεις ενώ μετά την ολοκλήρωση κάθε άσκησης αναγράφεται το συνολικό του σκορ. Αποφεύγεται να παρουσιαστεί στο χρήστη θετική ή αρνητική ανάδραση κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς στη βιβλιογραφία φάνηκε πως κάτι τέτοιο έχει αρνητικές επιπτώσεις στην πορεία της εκπαίδευσης. Η συνολική του βαθμολογία μετά το πέρας της άσκησης αποτελεί μία μορφή ανάδρασης ωστόσο αποφεύγεται η ερμηνεία αυτής ως θετικής ή αρνητικής. Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες για όσα συζητήθηκαν παραπάνω.

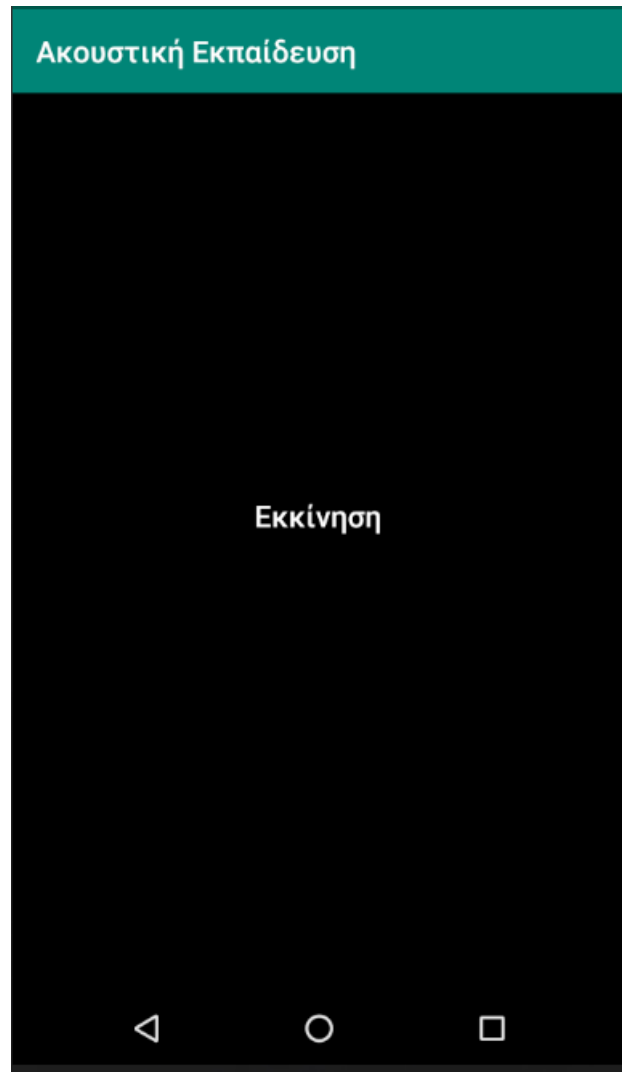


Εικόνα 6: Ασκήσεις





*Εικόνα 7: Εκλογή Εκφωνητή*



*Εικόνα 8: Εκκίνηση Άσκησης*

### 3.4 Ασκήσεις Εφαρμογής

#### 1) Αναγνώριση Συχνοτήτων

Όσον αφορά την 1) επιλέχθηκαν ζεύγη ημιτονοειδών τόνων διαφορετικών συχνοτήτων (570, 700, 840, 1000, 1170, 1370, 1600, 1850, 2150, 2500 Hz) ως ερέθισμα. Οι τιμές των συχνοτήτων επιλέχθηκαν ώστε να αντιπροσωπεύουν την κεντρική τιμή για διαφορετικές κρίσιμες μπάντες σύμφωνα με τη Bark κλίμακα.

Τα ζεύγη έχουν διάρκεια 6s με τον κάθε τόνο να διαρκεί 2.9s. Ο κάθε τόνος εκκινεί 100 ms μετά την έναρξη του ερεθίσματος. Κάθε ζεύγος αποτελείται από τόνους δύο διαφορετικών συχνοτήτων της κλίμακας Bark και ο χρήστης καλείται να αναγνωρίσει τη διαδοχή ψηλότερου και χαμηλότερου τόνου, πατώντας το κατάλληλο κουμπί. Όπως γίνεται αντιληπτό, κάποια ερεθίσματα είναι δυσκολότερα στην αναγνώριση σε σχέση με άλλα, καθώς οι δύο προς αναγνώριση συχνότητες απέχουν λιγότερο αριθμό Hz. Κάθε ένα από τα ζεύγη παρουσιάζεται τέσσερις φορές, μία χωρίς θόρυβο με πλάτος 1, μία με θόρυβο με το ίδιο πλάτος, μία χωρίς θόρυβο με πλάτος 0.3162 και μία με το ίδιο πλάτος και θόρυβο. Ο θόρυβος που χρησιμοποιείται είναι ημιτονοειδής με συχνότητα 3000Hz και πλάτος 1. Τα πλάτη αυτά επιλέχθηκαν ώστε το SNR(signal to noise ratio, σηματοθορυβικός λόγος) να είναι 0dB για την περίπτωση των ερεθισμάτων με πλάτος 1 και -10dB για την περίπτωση των ερεθισμάτων με πλάτος 0.3162.

Υπάρχουν 45 διαφορετικά ζεύγη που μπορούμε να κατασκευάσουμε με τις 10 διαφορετικές συχνότητες της κλίμακας Bark και από αυτά συμπεριλήφθηκαν τα 40 αφαιρώντας τα ζεύγη 2500-2150, 2500-1850, 2500-1600, 2150-1850, 2150-1600. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν συνολικά 160 διαφορετικά ζευγάρια με συνολική διάρκεια της συγκεκριμένης άσκησης να είναι στα 16 λεπτά. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας σε Matlab 2017b που χρησιμοποιήθηκε ώστε να παραχθούν και να αποθηκευτούν όλα τα ερεθίσματα. Αμέσως μετά παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από τη συγκεκριμένη άσκηση.

```

fs = 44100;
dt = 1/fs;
T = 3;          % Signal duration
t1 = 0:dt:T-dt;% Total duration
amp = [1, 0.3162]; %ypologisthkan wste SNR = 0 kai -10dB
ampn = 1;
f = [570, 700, 840, 1000, 1170, 1370, 1600, 1850, 2150, 2500]; %Bark scale
f_n = 3000;
xn = ampn*sin(2*pi*f_n*t1); % noise
a=1;
for i = length(f):(-1):2
    x1 = a*sin(2*pi*f(i)*t1);
    x1(1,132301:264600)=0;
    x1(1,1:4410)=0; % emfanish tou erethismatos 100ms meta to thorivo
    for j=1:(i-1)
        x2(1,132301:264600) = a*sin(2*pi*f(j)*t1);
        x2(1,1:132300)=0;
        x2(1,132301:136710)=0; % emfanish tou erethismatos 100ms meta to
thorivo
        x_high_low{i,j} = x1+x2;
        x_high_low_n{i,j} = x1+x2+xn;
        %filename1 = sprintf('Frequency = %d.wav', f(i));
        %audiowrite(filename,x,44100);
    end
end
for i = length(f):(-1):2
    x1(1,132301:264600) = a*sin(2*pi*f(i)*t1);
    x1(1,1:132300)=0;
    x1(1,132301:136710)=0; % emfanish tou erethismatos 100ms meta to tho-
rivo
    for j=1:(i-1)
        x2 = a*sin(2*pi*f(j)*t1);
        x2(1,132301:264600)=0;
        x2(1,1:4410)=0; % emfanish tou erethismatos 100ms meta to thorivo
        x_low_high{i,j} = x1+x2;
        x_low_high_n{i,j} = x1+x2+xn;
    end
end
end

```

```
for i=2:10
    for j=1:(i-1)
        filename1 = sprintf('alfrequency_%d_%d.wav', f(i),f(j));
        audiowrite(filename1,x_high_low{i,j},44100);
        filename2 = sprintf('alnfrequency_%d_%d.wav', f(i),f(j));
        audiowrite(filename2,x_high_low_n{i,j},44100);
        filename3 = sprintf('alfrequency_%d_%d.wav', f(j),f(i));
        audiowrite(filename3,x_low_high{i,j},44100);
        filename4 = sprintf('alnfrequency_%d_%d.wav', f(j),f(i));
        audiowrite(filename4,x_low_high_n{i,j},44100);
    end
end
```



Εικόνα 9: Στιγμιότυπο 1ης Άσκησης

## 2) Αναγνώριση Φωνημάτων

Όσον αφορά την 2) προκειμένου να λάβει χώρα η διάκριση μεμονωμένων φωνημάτων επιλέχθηκαν σύμφωνα με βάση τον τρόπο και τόπο άρθρωσης τους. Δηλαδή επιλέχθηκαν αντιθέσεις με σύμφωνα που έχουν κοινό τόπο και τρόπο άρθρωσης. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν τέτοια σύμφωνα, επιλέχθηκαν αντιθέσεις συμφώνων με κοινό τόπο άρθρωσης. Παρακάτω παρουσιάζεται μια κατηγοριοποίηση των συμφώνων σε πίνακα σύμφωνα με το [44]. Οι αντιθέσεις στα φωνήεντα επιλέχθηκαν για τα φωνήεντα εκείνα που διαφέρουν κατά 1 ή 2

χαρακτηριστικά τους (οπίσθιο, υψηλό, χαμηλό, στρογγυλό). Τα χαρακτηριστικά αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα σύμφωνα με το [44].

ΤΟΠΟΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ						
ΤΡΟΠΟΣ	Διχειλικά	Χειλοδοντικά	Οδοντικά	Φατνιακά	Ουρανικά	Υπερωικά
κλειστά	p, (b)		t, (d)			k, (g)
τριβόμενα		f, v	θ, δ	s, z		x, γ
προστριβόμενα				(ts, dz)		
έρρινα	m			n		
πλευρικά				l		
πολυπαλλόμενα				r		
ημίφωνα					(j)	

	i	e	a	o	u
[οπίσθιο]	-	-	+	+	+
[υψηλό]	+	-	-	-	+
[χαμηλό]	-	-	+	-	-
[στρογγυλό]	-	-	-	+	+

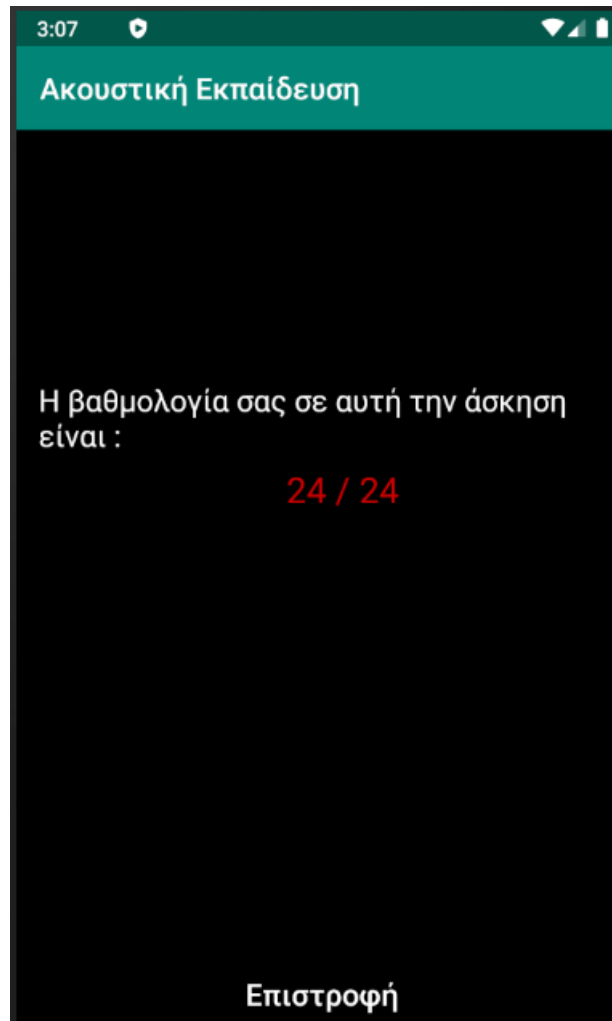
Οι αντιθέσεις που τελικά επιλέχθηκαν φαίνονται παρακάτω :

- 1) π - μ
- 2) μ - μπ (ή π - μπ)
- 3) φ - β
- 4) τ - ντ
- 5) τ - δ
- 6) δ - ντ
- 7) δ - θ
- 8) δ - ζ
- 9) κ - γκ
- 10) χ - γ
- 11) λ - ρ
- 12) ν - ρ
- 13) ι - ε
- 14) ο - ου
- 15) ι - ου
- 16) ε - α
- 17) ε - ο
- 18) α - ο
- 19) μ - ν
- 20) ν - λ

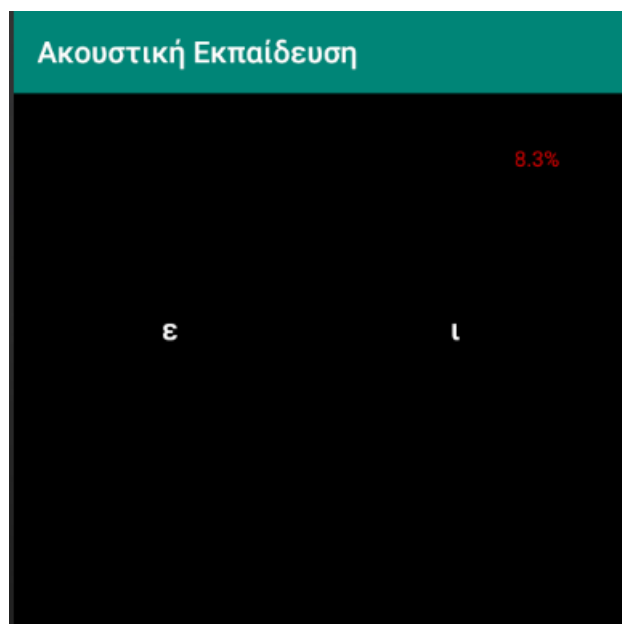
Από τα 40 διαφορετικά φωνήματα που παρουσιάζονται, εκλέχθηκαν τα 24 τα οποία ο χρήστης καλείται να αναγνωρίσει και να επιλέξει ανάμεσα σε δύο επιλογές που αντιστοιχούν σε μία από τις παραπάνω αντιθέσεις. Ο χρήστης σε αυτή την άσκηση μπορεί να επιλέξει γυναίκα ή άντρα εκφωνητή.



Η συνολική διάρκεια της άσκησης υπολογίστηκε στα δύο λεπτά. Όπως και στην προηγούμενη άσκηση έτσι και εδώ κάθε φώνημα που εμφανίζεται στην οθόνη αποτελεί πλήκτρο που όταν πατηθεί, οδηγεί στην παρουσίαση του επόμενου ερεθίσματος. Στο τέλος της άσκησης παρουσιάζεται συνολική βαθμολογία. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο στιγμιότυπα.



Εικόνα 10: Βαθμολογία



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο 2ης Άσκησης

### 3) Αναγνώριση Λέξεων

Για κάθε μία από τις αντιθέσεις φωνημάτων που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη άσκηση, δημιουργήθηκαν ελάχιστα ζεύγη, δηλαδή λέξεις που διαφέρουν μόνο κατά ένα φώνημα. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικές από αυτές ενώ η πλήρης λίστα δίνεται στο Παράρτημα 1.

#### Π - Μ :

- 1) πάνα - μάνα
- 2) πείτε - μήτε
- 3) παγκάκι - μαγκάκι
- 4) πίνε - μείνε
- 5) Πύλος - Μήλος
- 6) πάσα - μάσα

- 7) ποιητικός - μυητικός
- 8) πατώνω - ματώνω
- 9) πάχη - μάχη
- 10) παστός - μαστός

Από τις 614 λέξεις που παρουσιάζονται ενσωματώθηκαν οι 601 για τον άνδρα εκφωνητή και οι 590 για τη γυναίκα εκφωνητή και παρουσιάζονται καλώντας το χρήστη να επιλέξει τι άκουσε μέσα από δύο επιλογές που αποτελούν ελάχιστο ζεύγος. Με αυτό τον τρόπο, ο χρήστης εκπαιδεύεται στο να αντιλαμβάνεται τη διάκριση μεμονωμένων φωνημάτων στα πλαίσια μίας λέξης. Ο λόγος που αποκλείστηκαν ορισμένες λέξεις ήταν η κακή ποιότητα της ηχογράφησης. Η διάρκεια της συγκεκριμένης άσκησης υπολογίστηκε στα 27 λεπτά. Όπως και στην προηγούμενη έτσι και εδώ κάθε μία από τις δύο επιλογές που παρουσιάζονται αποτελεί πλήκτρο που μόλις πατηθεί, οδηγεί στην παρουσίαση του επόμενου ερεθίσματος.

Μετά το πέρας της άσκησης παρουσιάζεται βαθμολόγηση, ώστε ο χρήστης να αξιολογεί τη συνολική του επίδοση, ωστόσο αποφεύχθηκε και εδώ η παρουσίαση θετικής και αρνητικής ανάδρασης μετά το πέρας κάθε ερώτησης. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά στιγμιότυπα.

## Ακουστική Εκπαίδευση

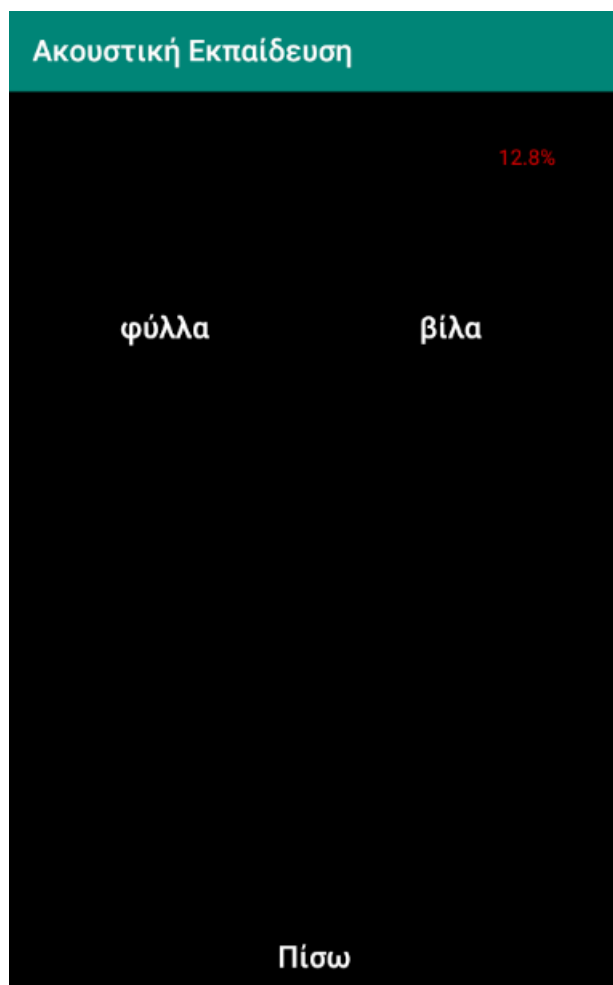
1.3%

Πύλος

Μήλος

Πίσω

Εικόνα 12: Στιγμιότυπο 3ης Άσκησης



Εικόνα 13: Στιγμιότυπο 3ης Άσκησης

#### 4) Αναγνώριση Λέξεων με Θόρυβο

Στα πλαίσια αυτής της άσκησης παρουσιάστηκαν τα ερεθίσματα της προηγούμενης παρουσία θορύβου πολλών ομιλητών. Για τη δημιουργία του θορύβου χρησιμοποιήθηκαν πέντε ηχογραφημένες λέξεις, τρεις από τον άνδρα εκφωνητή και δύο από τη γυναίκα. Οι λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι: “πάνα”, “μάνα”, “πέιτε” για τον άνδρα και “πάνα” και “μαγκάκι” για τη γυναίκα.

Προκειμένου να παραχθεί ο θόρυβος, τα ερεθίσματα κόπηκαν ώστε να έχουν το ίδιο ακριβώς μέγεθος και αφαιρέθηκε ένα τμήμα της αρχής, ώστε να υπάρχει συνεχόμενα ομιλία χωρίς παύσεις. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν διαδοχικά δημιουργώντας ένα ερέθισμα. Στο ερέθισμα αυτό προστέθηκαν διαδοχικά τέσσερα ερεθίσματα διάρκειας ίσης με των αρχικών. Καθένα από τα τέσσερα

αυτά ερεθίσματα αποτελούνταν από το συνδυασμό τριών από τα πέντε αρχικά ερεθίσματα. Τα ερεθίσματα αυτά, με την πρόσθεση τους κάλυψαν τα τέσσερα πέμπτα του ενωμένου ερεθίσματος.

Καθένα από τα αρχικά ερεθίσματα ,κατόπιν μετατροπών, ενώθηκε διαδοχικά με τον εαυτό του για να αυξηθεί η διάρκεια. Στη συνέχεια προστέθηκαν όλα στο ενωμένο ερέθισμα μαζί με τα αντίστροφα τους, δηλαδή την ηχογράφηση ανάποδα, ώστε να παραχθεί ο τελικός θόρυβος. Ο θόρυβος αυτός ενώθηκε με τον εαυτό του ώστε να αυξηθεί η διάρκεια του. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε θόρυβος ομιλίας χωρίς ωστόσο να διακρίνονται οι λέξεις που εκφωνούνται. Τέλος, ο θόρυβος πολλαπλασιάστηκε με 0.3162 ώστε να επιτευχθεί SNR +10dB για τη συγχώνευση με τα ερεθίσματα του άντρα εκφωνητή και με 0.175 ώστε να επιτευχθεί SNR +15dB για τη συγχώνευση με τα ερεθίσματα της γυναίκας εκφωνητή. Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας Matlab που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του θορύβου.

```

cd(wdir)
wdir = 'D:\Documents\Auditory_Training\Recordings\Male\ΑΕΕΕΙΣ\noise';
dinfo = dir( fullfile(wdir, '*.m4a') );
names = {dinfo.name};
a=audioread(names{1});
b=audioread(names{2});
c=audioread(names{3});
d=audioread(names{4});
e=audioread(names{5});
a(50000:length(a))=[];
b(50000:length(b))=[];
c(50000:length(c))=[];
d(50000:length(d))=[];
e(50000:length(e))=[];
a(1:5000)=[];
b(1:5000)=[];
c(1:5000)=[];
d(1:5000)=[];
e(1:5000)=[];
f=vertcat(a,b,c,d,e);
f((length(a)-1)/2:length(a)+(length(b)-1)/2-1)=f((length(a)-
1)/2:length(a)+(length(b)-1)/2-1)+b+c+d;
f(length(a)+(length(b)-1)/2-1:length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-
1)=f(length(a)+(length(b)-1)/2-1:length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-
1)+c+d+e;
f(length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-1:length(a)+(length(b)-1)/2-
1+length(c)-1+length(d)-1)=f(length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-
1:length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-1+length(d)-1)+d+e+a;
f(length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-1+length(d)-1:length(a)+(length(b)-
1)/2-1+length(c)-1+length(d)-1+length(e)-1)=f(length(a)+(length(b)-1)/2-
1+length(c)-1+length(d)-1:length(a)+(length(b)-1)/2-1+length(c)-1+length(d)-
1+length(e)-1)+e+a+b;
a(length(a)+1:2*length(a))=a;
b(length(b)+1:2*length(b))=b;
c(length(c)+1:2*length(c))=c;
d(length(d)+1:2*length(d))=d;
e(length(e)+1:2*length(e))=e;
a(224996:length(a))=[];
b(224996:length(b))=[];
c(224996:length(c))=[];
d(224996:length(d))=[];
e(224996:length(e))=[];
n=(a+b+c+d+e+f+flip(a)+flip(b)+flip(c)+flip(d)+flip(e));
n(length(n)+1:2*length(n))=n;
audiowrite('noise.m4a',n,44100);

```

## 5) Αναγνώριση Λέξεων σε Πρόταση

Για την άσκηση αυτή δημιουργήθηκαν προτάσεις με βάση τις λέξεις της άσκησης τρία. Στόχος ήταν κάθε πρόταση να περιέχει κατά μέσο όρο 8 λέξεις ώστε να έχει μέση διάρκεια τα 8 δευτερόλεπτα. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες από αυτές ενώ οι υπόλοιπες δίνονται στο παράρτημα 2.

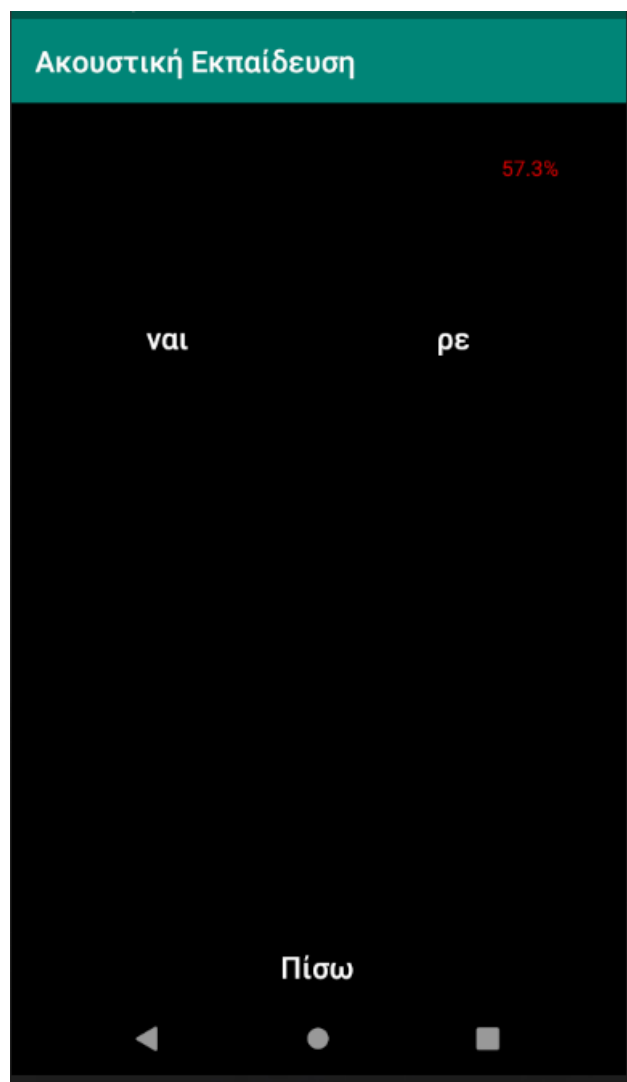
### Π - Μ :

- 1) Μείνε εδώ μαζί μου γιατί φοβάμαι μόνος. (μείνε – πίνε) 7
- 2) Έδωσε φοβερή πάσα στον κεντρικό επιθετικό. (πάσα – μάσα) 6
- 3) Δεν πάω βαθύτερα γιατί δεν πατώνω (πατώνω – ματώνω) 6
- 4) Η μάχη του Μαραθώνα έλαβε χώρα το 490 π.Χ. (πάχη – μάχη) 9

Οι προτάσεις αυτές παρουσιάζονται τόσο από άνδρα όσο και από γυναίκα εκφωνητή. Ο χρήστης ακούει μία πρόταση και καλείται να επιλέξει ανάμεσα από δύο λέξεις που αποτελούν ελάχιστο ζεύγος, ποια από τις δύο άκουσε στα πλαίσια της πρότασης. Η άσκηση αυτή αποτελεί σύνθετη προσέγγιση ΑΕ καθώς ακόμα και αν ο χρήστης δεν καταφέρει να διακρίνει το φώνημα στη λέξη στόχο μπορεί να καταλάβει για ποια λέξη πρόκειται εφόσον έχει βοήθεια από το νόημα της πρότασης.

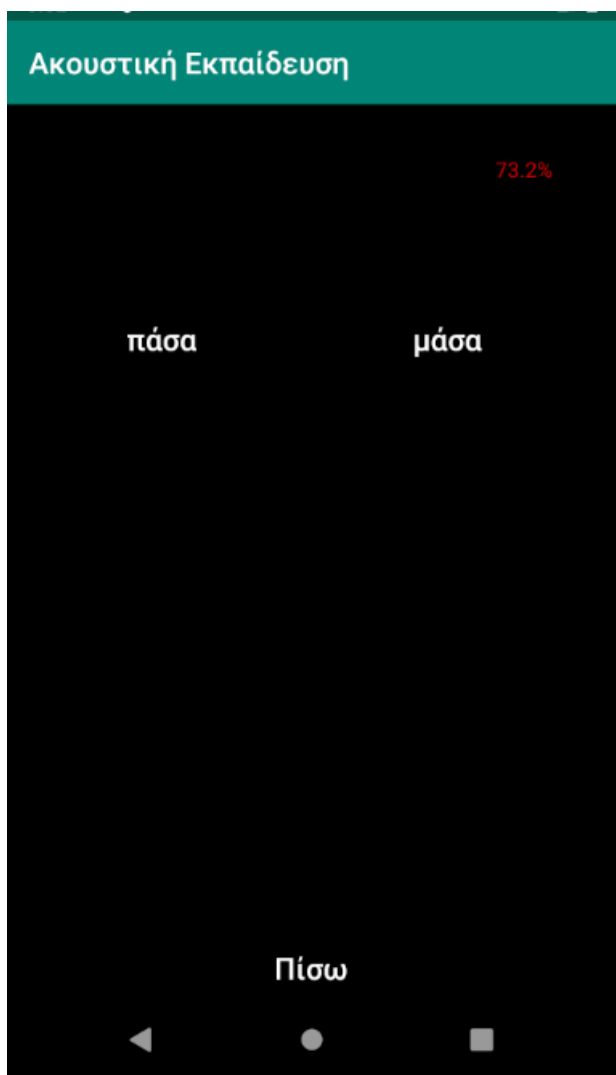
Τέλος στην άσκηση αυτή εκπαιδεύεται και η λειτουργική μνήμη καθώς ο χρήστης πρέπει να θυμάται και να κατανοεί το νόημα της πρότασης που άκουσε. Η λειτουργική μνήμη συνεισφέρει στη διαδικασία της ακοής. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο στιγμιότυπα της συγκεκριμένης άσκησης.





*Εικόνα 14: Στιγμιότυπο 5ης Άσκησης*

Η πρόταση που ακούγεται σε αυτό το στιγμιότυπο είναι: “Ναι, θα το ήθελα πολύ αυτό”. Οπότε η σωστή απάντηση είναι το “ναι”.



*Εικόνα 15: Στιγμιότυπο 5ης Άσκησης*

Η πρόταση που ακούγεται σε αυτό το στιγμιότυπο είναι : “Έδωσε φοβερή πάσα στον κεντρικό επιθετικό”. Οπότε η σωστή απάντηση είναι η “πάσα”.

## **6) Αναγνώριση Λέξεων σε Πρόταση με Θόρυβο**

Σε αυτή την άσκηση παρουσιάστηκαν οι προτάσεις της άσκησης 5 παρουσία θορύβου, όμοιου με αυτού της άσκησης 4.

## **Κεφάλαιο 4**

### **4.1 Συμπεράσματα**

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε μία αξιολόγηση της απόδοσης των μορφών της ακουστικής εκπαίδευσης που υπάρχουν μέχρι σήμερα, όσον αφορά στη βελτίωση των ακουστικών δεξιοτήτων.

Σε όλες τις μελέτες που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, παρατηρήθηκε βελτίωση στις ασκήσεις της εκάστοτε εκπαίδευσης, κάτι που συμβαδίζει με τη θεωρία της νευρωνικής πλαστικότητας. Ωστόσο στην πλειοψηφία της βιβλιογραφίας, όπως γίνεται αντιληπτό και στο κεφάλαιο 2, δεν παρατηρήθηκε γενίκευση της βελτίωσης αυτής σε διαφορετικού τύπου ασκήσεις. Η γενίκευση αυτή αποτελεί άλλωστε και ένα από τα ανοιχτά ερωτήματα σχετικά με την ΑΕ και δεν κατέστη δυνατό να προκύψει ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με την ύπαρξη της.

Σε πληθώρα μελετών χρησιμοποιήθηκε ΑΕ βασισμένη σε υπολογιστή, ωστόσο σε καμία δεν υπήρχε ΑΕ βασισμένη σε εφαρμογή κινητού τηλεφώνου. Για να καλυφθεί αυτό το κενό και εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης χρήσης των κινητών τηλεφώνων [45], αναπτύχθηκε μια εφαρμογή για λειτουργικό σύστημα Android ώστε να ενσωματωθούν οι ασκήσεις που συναντήθηκαν κατά κόρον στη βιβλιογραφία. Την εφαρμογή την αναπτύξαμε σε Android Studio, προορισμένη για Android OS 9.0.

Οι ασκήσεις που τελικά ενσωματώθηκαν αφορούν αναγνώριση συχνοτήτων, αναγνώριση φωνημάτων, αναγνώριση λέξεων σε ήσυχο περιβάλλον και παρουσία θορύβου και τέλος αναγνώριση προτάσεων σε ήσυχο περιβάλλον και παρουσία θορύβου. Λεπτομέρειες για τον τρόπο ανάπτυξης τους παρουσιάζονται στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ο λόγος που επιλέχθηκαν αυτές οι ασκήσεις αφορά τη συχνότητα εμφάνισης τους στη βιβλιογραφία. Επίσης αποτελούν συνδυασμό αναλυτικής και συνθετικής εκπαίδευσης κάτι που όπως φάνηκε στη βιβλιογραφία είναι η πλέον αποτελεσματική ΑΕ. Τα ερεθίσματα για τις διάφορες ασκήσεις κατασκευάστηκαν ή ηχογραφήθηκαν για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής. Σε όλες τις ασκήσεις εκτός από την πρώτη δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη για εκλογή άντρα ή γυναίκας εκφωνητή με σκοπό τη δημιουργία περισσότερων ερεθισμάτων και την εξάσκηση σε

μεγαλύτερη ποικιλία ομιλητών. Η συνολική διάρκεια των ασκήσεων της εφαρμογής προσεγγίζει τα 100 λεπτά.

## **4.2 Περιορισμοί**

Στους περιορισμούς όσον αφορά στην αξιολόγηση της ΑΕ, περιλαμβάνεται η απουσία γενίκευσης της βελτίωσης σε διαφορετικές δραστηριότητες που δεν εκπαιδεύτηκαν στην εκάστοτε ΑΕ. Επίσης, η απουσία σε αρκετές περιπτώσεις αντικειμενικών τεστ για την παρατήρηση ή όχι κάποιας βελτίωσης. Τέλος σημαντικός περιορισμός ήταν σε αρκετές περιπτώσεις το μικρό δείγμα ανθρώπων που έλαβαν μέρος στη μελέτη.

Όσον αφορά στην εφαρμογή, ως περιορισμό θα αναφερθεί η φύση του θορύβου που χρησιμοποιήθηκε. Μέσω του Matlab και της χρήσης ορισμένων ηχογραφήσεων, κατασκευάστηκε θόρυβος ακατανόητης ομιλίας ώστε να προσομοιαστεί ο θόρυβος πολλών ομιλητών σε κάποιο θορυβώδες περιβάλλον πχ εστιατόριο. Το αποτέλεσμα αποτελεί ακατανόητη ομιλία πολλών ομιλητών, ωστόσο δεν προσομοιάζει πλήρως τις συνθήκες ενός τέτοιου θορυβώδους περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, επιλέχθηκε η ενσωμάτωση έξι διαφορετικού τύπου ασκήσεων σε μία εφαρμογή χωρίς να καθίσταται σαφές αν αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό από τη δημιουργία έξι διαφορετικών εφαρμογών που να περιλαμβάνουν ενός τύπου άσκηση. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής επιλέχθηκε η πρώτη προσέγγιση διότι η εφαρμογή παρέχει την ευελιξία στο χρήστη να ολοκληρώσει τις ασκήσεις με όποια σειρά επιθυμεί χωρίς να προ απαιτείται η ολοκλήρωση μίας για να προχωρήσει στην επόμενη.

Τέλος, η ηχογράφηση των ερεθισμάτων δεν έλαβε χώρα σε ανηχοϊκό θάλαμο καθώς δεν κατέστη δυνατό στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.

### **4.3 Μελλοντικές Προτάσεις**

Μια πρόταση για μελλοντική εξέταση της απόδοσης θα ήταν η αξιολόγηση της ΑΕ σε συγκεκριμένη ομάδα ασθενών πετυχαίνοντας έτσι μεγαλύτερο ποσοστό ομοιογένειας. Μία διαφορετική προσέγγιση θα ήταν η αξιολόγηση μίας συγκεκριμένης άσκησης ΑΕ αν και αυτό παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες καθώς πολλές μελέτες αναφέρουν ελάχιστες λεπτομέρειες σχετικά με την ΑΕ που χρησιμοποίησαν.

Μελλοντικός στόχος για την αξιοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής και την ενίσχυση της βιβλιογραφίας όσον αφορά την απόδοση της ακουστικής εκπαίδευσης είναι ο σχεδιασμός πειράματος ώστε υποκείμενα να εκτεθούν στην ακουστική εκπαίδευση που αναπτύχθηκε. Επειδή η συγκεκριμένη εφαρμογή δε στοχεύει σε παιδιά καθώς ο σχεδιασμός της δεν είναι φιλικός προς αυτά και οι ασκήσεις δεν παρουσιάζονται στη μορφή παιχνιδιού, όπως συμβαίνει στη [18], είναι επιθυμητό τα υποκείμενα να είναι ενήλικες. Όσον αφορά την πάθηση, είναι προτιμότερο να υπάρχει ομοιογένεια και η πάθηση που η ΑΕ έδειξε τη μεγαλύτερη βελτίωση είναι η APD. Η έκθεση των υποκειμένων στην εν λόγω εκπαίδευση συνίσταται να είναι καθημερινή. Μία τέτοια μελέτη αποτελούσε στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ωστόσο δεν κατέστη δυνατό λόγω της πανδημίας του COVID-19. Αυτό ωστόσο δεν αποτελεί αποθαρρυντικό παράγοντα για μελλοντική έρευνα που παραμένει στους άμεσους στόχους, τηρώντας τα κατάλληλα πρωτόκολλα ασφαλείας.

Επειδή στην παρούσα φάση η εφαρμογή μας χαρακτηρίζεται από μικρή διάρκεια συγκριτικά με τη μέση διάρκεια που βρίσκεται στα 800 λεπτά θα μπορούσε να επεκταθεί είτε με περισσότερες ηχογραφήσεις είτε ενσωματώνοντας και διαφορετικού τύπου ασκήσεις πχ μουσική ΑΕ που συναντήθηκε αρκετά στη βιβλιογραφία [9], [26], [27], [28]. Ωστόσο υπήρξαν μελέτες με αντίστοιχα μικρή διάρκεια [30],[38],[39] που έδειξαν βελτίωση των ακουστικών δεξιοτήτων στα υποκείμενα που τη χρησιμοποίησαν.

Συνοψίζοντας, στη συγκεκριμένη εφαρμογή έχουν ενσωματωθεί οι δημοφιλέστερες ασκήσεις ΑΕ που συναντήθηκαν στη βιβλιογραφία. Επειδή ωστόσο δε βρέθηκαν μελέτες που να αξιολογούν την απόδοση της ΑΕ βασισμένης σε κινητό, συνιστάται να διεξαχθεί κλινική μελέτη για την εφαρμογή της συγκεκριμένης ΑΕ.

## Παράρτημα 1

### Π - Μ :

- 1) πάνα - μάνα
- 2) πείτε - μήτε
- 3) παγκάκι - μαγκάκι
- 4) πίνε - μείνε
- 5) Πύλος - Μήλος
- 6) πάσα - μάσα
- 7) ποιητικός - μυητικός
- 8) πατώνω - ματώνω
- 9) πάχη - μάχη
- 10) παστός - μαστός
- 11) τρύπα - τρίμμα
- 12) τρέπω - τρέμω
- 13) τρόπος - τρόμος
- 14) τύπος - Τίμος
- 15) τόπος - τόμος
- 16) τυπώνει - τιμόνι
- 17) πόλος - μόλος
- 18) πέρα - μέρα
- 19) πήρα, πείρα - μοίρα
- 20) πέσει - μέση

### ΜΠ - Μ :

- 1) μπίτε - μήτε
- 2) μπάσα - μάσα
- 3) μπύρα - μοίρα
- 4) μπαίνω - μένω
- 5) μαγιατικός - μαγιατικός
- 6) μπάζα - μάζα
- 7) μπαλιά - μαλλιά

- 8) μπαλόني - μαλώνει
- 9) μπορώ - μωρό
- 10) μπαράκι - Μαράκι
- 11) μπαρκάρω - μαρκάρω
- 12) μπαλώνω - μαλώνω
- 13) κράμπα - κράμα
- 14) μπάτσο - μάτσο

### **Φ – Β :**

- 1) φύρα - βίρα
- 2) φύκι - Βίκη
- 3) φάρος - βάρος
- 4) φορά - βορρά
- 5) φάρα - βάρα
- 6) φράζω - βράζω
- 7) φύλλα - βίλα
- 8) απόφαση - απόβαση
- 9) αφάνα - Αβάνα
- 10) αφρός - αβρός

### **T – NT :**

- 1) τείνω - ντύνω
- 2) τροπή - ντροπή
- 3) τρέπομαι - ντρέπομαι
- 4) τάμα – ντάμα
- 5) μάτι – μάντη
- 6) φώτα – φόντα
- 7) πάτα – πάντα
- 8) έτοιμος – έντιμος
- 9) κοτά – κοντά
- 10) ετοιμότητα – εντιμότητα
- 11) εταιρικό – εντερικό

### Τ – Δ :

- 1) τείνω – δίνω
- 2) Τίμος – δήμος
- 3) τώρα – δώρα
- 4) τρόμος – δρόμος
- 5) τίμιος – δήμιος
- 6) τανυστής – δανειστής
- 7) τασάκι – δασάκι
- 8) τρέπω – δρέπω
- 9) τάση – δάση
- 10) τομή – δομή
- 11) αποτιμώ – αποδημώ
- 12) τοίχος – δίχως
- 13) τέως – δέος
- 14) τέρμα – δέρμα
- 15) τέρας – δέρας
- 16) τένις – δένεις

### Δ – ΝΤ :

- 1) δίνω – ντύνω
- 2) δώρο – ντόρο

### Δ – Θ :

- 1) δήμιος – Θύμιος
- 2) δέμα – θέμα
- 3) δεσμός – θεσμός
- 4) δετή – θετή
- 5) δόλος – θόλος
- 6) δίκη – θήκη
- 7) δειλοί – θηλή



- 8) δύτης – θύτης
- 9) δέσιμο – θέσιμο
- 10) δέση – θέση
- 11) δάσος - Θάσος

### **Δ – Ζ :**

- 1) δομή – ζωμοί
- 2) δέση – ζέση
- 3) Δήλος – ζήλος
- 4) διττό – ζητώ
- 5) δόρυ – ζόρι
- 6) δωρίζω – ζορίζω
- 7) δω – ζω
- 8) δοτικός – ζωτικός

### **Κ – ΓΚ :**

- 1) καλά – γκαλά
- 2) γιόκα – γιόγκα
- 3) φράκο – φράγκο
- 4) κρεμό – γκρεμό
- 5) μάκα – μάγκα
- 6) έκκριση – έγκριση
- 7) έκκληση – έγκλιση
- 8) εκλύω – εγκλείω
- 9) εκλυτική – εγκλιτική
- 10) εκκρίνω – εγκρίνω
- 11) άκυρα – άγκυρα
- 12) παγάκι – παγκάκι
- 13) πάκος – πάγκος

## **X – Γ :**

- 1) χάμω – γάμο
- 2) χύνω – γίνω
- 3) χοίρος – γύρος
- 4) χώνεις – γονείς ;;;
- 5) χώμα – γόμμα
- 6) χέρι – γέροι
- 7) χώνω – γόνο
- 8) χηρεύω – γυρεύω
- 9) έχω – εγώ ;;;
- 10) χήρα – γύρα

## **Λ – Ρ :**

- 1) λάμα – ράμμα
- 2) λήμμα – ρήμα
- 3) λέω – ρέω
- 4) σαλόني – σαρώνει
- 5) λίγος – ρίγος
- 6) λάσο – ράσο
- 7) λάμπα – ράμπα
- 8) λάχει – ράχη
- 9) λάκκος – ράκος
- 10) λήψη - ρίψη
- 11) λυτό – ρητό
- 12) λύση – ρήση
- 13) λήξη – ρήξη
- 14) λημματικός – ρηματικός
- 15) λύτρα – ρήτρα
- 16) λίγα – ρίγα
- 17) βλάχος - βράχος
- 18) λύνει – ρίνη (λειαντικό εργαλείο)
- 19) λήξιμο – ρίξιμο

20) λουκέτα - ρουκέτα

21) Λίζα - ρίζα

### **N – P :**

1) νάμα – ράμμα

2) νήμα – ρήμα

3) νήσοι – ρήση

4) νύξη – ρήξη

5) νηματικός – ρηματικός

6) νότα – ρότα

7) νωπή – ροπή

8) νεύμα – ρεύμα

9) ναύτης – ράφτης

10) ναι – ρε

### **M – N :**

1) μίξη – νύξη

2) πάγωμα - πάγωνα

3) μισή – νησί

4) μαζί – ναζί

5) μονός – νονός

6) μύλος – Νείλος

7) τρέμω – τρένο

8) Τίμος – Τήνος

9) τόμος – τόνος

10) Μάνος – νάνος

11) μαία – νέα

12) μίσος – νήσος

13) μοιάζει – νοιάζει

14) μουσ – νους

15) μείγμα – νύγμα (τσίμπημα)

16) θέλαμε - θέλανε

- 17) ύμνος - οίνος
- 18) έγχυμα – έχουνα
- 19) είμαι – είναι
- 20) με - ναι

### **N – Λ :**

- 1) μόνος – μόλος
- 2) νύξη – λήξη
- 3) νήσοι – λύση
- 4) τρένα – τρέλα
- 5) Τήνος – Τήλος
- 6) νέο – λέω
- 7) νοιάζεται – λιάζεται
- 8) νάμα – λάμα
- 9) νήμα – λήμμα
- 10) νηματικός – λημματικός
- 11) ναός – λαός
- 12) νέτα – Λέτα
- 13) Νία – λεία
- 14) νηστεία – ληστεία
- 15) νιώσε – λιώσε
- 16) νύστα – λίστα
- 17) Νίκος – λύκος
- 18) νίκη – λύκοι
- 19) κανό – καλώ
- 20) κανείς – καλείς
- 21) Ιούνιος - Ιούλιος

### **I – E :**

- 1) ίριδα – έριδα
- 2) ίππος – έπος
- 3) μη – με

- 4) μοίρα – μέρα
- 5) ρήμα – ρέμα
- 6) λήξη – λήξε
- 7) ρήξη – ρίξε
- 8) ναύτης – ναύτες
- 9) αριστοκράτης – αριστοκράτες
- 10) μιλώ – μελό
- 11) μείνω – μένω
- 12) μήτρα – μέτρα
- 13) μία – μαία
- 14) κοινός – κενός
- 15) πείνα – πένα
- 16) βίρα – βέρα
- 17) κλίση – κλείσε
- 18) πήξη – πήξε
- 19) τήξη – τήξε
- 20) βλέπει - βλέπε

### **O – ΟΥ :**

- 1) ζωμοί – ζουμί
- 2) όλο – όλου
- 3) νομός – νομούς
- 4) ενικός – ενικούς
- 5) αρχικός – αρχικούς
- 6) όμοιος – όμοιους
- 7) πόλος – πόλους
- 8) ωμός – ωμούς
- 9) ζεστός – ζεστούς
- 10) θεμιτός – θεμιτούς
- 11) ζωντανός – ζωντανούς
- 12) μουσουλμάνος – μουσουλμάνους
- 13) χριστιανός – χριστιανούς
- 14) βασανιστικός – βασανιστικούς

- 15) φθονερός – φθονερούς
- 16) απαιτητικός – απαιτητικούς
- 17) ενοχλητικός – ενοχλητικούς
- 18) πειστικός – πειστικούς
- 19) βόλος – βόλους
- 20) άσχημος - άσχημους

### **I – ΟΥ :**

- 1) κοινό – κουνώ
- 2) οίνος – ούνος
- 3) μη – μου
- 4) μήτρα – μούτρα
- 5) μοίρα – μούρα
- 6) ζύμη – ζουμί ;;;
- 7) όλoi – όλου
- 8) νομοί – νομού
- 9) μήτρα – μούτρα
- 10) πείρα – πούρα
- 11) πειστικοί – πειστικού
- 12) ετοιμοπόλεμοι – ετοιμοπόλεμου
- 13) άφωνοι – άφωνου
- 14) όμορφοι – όμορφου
- 15) βαπτισμένος – βαπτισμένου
- 16) συνήθης – συνήθους
- 17) ζάμπλουτοι - ζάμπλουτου
- 18) έξυπνοι – έξυπνου
- 19) συζυγική – συζυγικού
- 20) συνδυαστική - συνδυαστικού

### **E – Α :**

- 1) με – μα
- 2) ρέμα – ράμμα

- 3) επιστρέφω – αποστρέφω
- 4) επιστρατεύω – αποστρατεύω
- 5) σημασίες – σημασίας
- 6) έλλογο – άλογο
- 7) ένεση – άνεση
- 8) βλάκες – βλάκας
- 9) κότες – κότας
- 10) όμοιες – όμοιας
- 11) έλα – άλλα
- 12) βάζε – βάζα
- 13) βέρα – βάρα
- 14) μελώνω – μαλώνω
- 15) πένες – πένας
- 16) βέρεις – βέραις
- 17) μέρες – μέρας
- 18) μήνες – μήνας
- 19) πείνες – πείνας
- 20) χήνες - χήνας

### **E – O :**

- 1) αρχικές – αρχικός
- 2) όμοιες – όμοιος
- 3) πρώτες – πρώτος
- 4) κοίτες – κήτος
- 5) Αίμος – όμως
- 6) έλα – όλα
- 7) άνεση – άνωση
- 8) άλεση – άλωση
- 9) άνεμος – άνομος
- 10) δεύτερες – δεύτερος
- 11) ανεπανάληπτες – ανεπανάληπτος
- 12) άγνωστες – άγνωστος
- 13) μορφωμένες – μορφωμένος

- 14) ελεύθερες – ελεύθερος
- 15) παράνομες – παράνομος
- 16) βάζε – βάζω
- 17) πίνε – πίνω
- 18) μείνε – μείνω
- 19) γίνε – γίνω
- 20) φύγε - φύγω

### **A – O :**

- 1) άμμος – όμως
- 2) άλλα – όλα
- 3) ψηλά – ψηλό
- 4) ωμά – ωμό
- 5) νωπά – νωπό
- 6) νωθρά – νωθρό
- 7) λεπτά – λεπτό
- 8) κοντά – κοντό
- 9) δάνεια – δάνειο
- 10) άτομα – άτομο
- 11) δεκτά – δεκτό
- 12) ζώα – ζώο
- 13) θεία – θείο
- 14) κομψά – κομψό
- 15) όμορφα – όμορφο
- 16) έξυπνα – έξυπνο
- 17) καλά – καλό
- 18) πείνα – πίνω
- 19) σύκα – σύκο
- 20) γοητευτικά – γοητευτικό



## Παράρτημα 2

### Π - Μ :

- 1) Μείνε εδώ μαζί μου γιατί φοβάμαι μόνος. (μείνε – πίνε) 7
- 2) Έδωσε φοβερή πάσα στον κεντρικό επιθετικό. (πάσα – μάσα) 6
- 3) Δεν πάω βαθύτερα γιατί δεν πατώνω (πατώνω – ματώνω) 6
- 4) Η μάχη του Μαραθώνα έλαβε χώρα το 490 π.Χ. (πάχη – μάχη) 9

### ΜΠ - Π:

- 1) Τα μπάσα του ηγείου του είναι πολύ δυνατά. (μπάσα – μάσα) 8
- 2) Κανείς δε γνωρίζει τι του επιφυλάσσει η μοίρα. (μπύρα – μοίρα) 8
- 3) Συνήθως μπαίνω στο μαγαζί από την πίσω πόρτα. (μπαίνω – μένω) 8
- 4) Τα σώματα με μεγάλη μάζα, έχουν μεγάλη αδράνεια. (μπάζα – μάζα) 8
- 5) Δε θέλω να μαλώνω συνέχεια μαζί σου. (μπαλώνω – μαλώνω) 7

### Φ - Β :

- 1) Ο Φάρος της Αλεξάνδρειας είναι ένα από τα επτά θαύματα του αρχαίου κόσμου. (φάρος – βάρος) 13
- 2) Η πυξίδα δείχνει πάντα την κατεύθυνση του βορρά. (φορά – βορρά) 8
- 3) Θέλω να μαζέψω τα φύλλα από την αυλή. (φύλλα – βίλα) 8
- 4) Είναι η σημαντικότερη απόφαση της ζωής σου. (απόφαση – απόβαση) 7
- 5) Η πρωτεύουσα της Κούβας είναι η Αβάνα. (αφάνα – Αβάνα) 7

### Τ - ΝΤ :

- 1) Τείνω προς τη δεύτερη επιλογή. (τείνω – ντύνω) 5
- 2) Κοκκίνισε το πρόσωπο του από τη ντροπή που ένιωσε. (τροπή – ντροπή) 9
- 3) Προσπάθησε να βρει ντάμα ώστε να τον συνοδέψει στο χορό. (τάμα – ντάμα) 10
- 4) Το άγρυπνο μάτι του σκοπού επόπτευε το χώρο. (μάτι – μάντη) 8

5) Είναι έντιμος άνθρωπος και για αυτό τον εμπιστεύομαι. (έτοιμος – έντιμος) 8

### **T - Δ :**

- 1) Δίνω μεγάλο αγώνα για αυτή την προαγωγή. (τείνω – δίνω) 7
- 2) Είναι αναγκαίο να δράσουμε τώρα. (τώρα – δώρα) 5
- 3) Ο δρόμος για την επιτυχία είναι μακρύς και δύσκολος. (τρόμος – δρόμος) 9
- 4) Είναι τίμιος και εργατικός άνθρωπος. (τίμιος – δήμιος) 5
- 5) Κάθε καλοκαίρι ξεσπούν πυρκαγιές στα δάση της χώρας. (τάση – δάση) 8

### **Δ - Θ :**

- 1) Η είδηση έγινε πρώτο θέμα σε όλες τις εφημερίδες. (δέμα – θέμα) 9
- 2) Περίμενε με ανυπομονησία δέμα από το εξωτερικό. (δέμα – θέμα) 7
- 3) Η δίκη εξελισσόταν σε τεταμένο κλίμα. (δίκη – θήκη) 6
- 4) Ο θύτης συνελήφθη με την έγκαιρη παρέμβαση της αστυνομίας. (δύτης – θύτης) 9
- 5) Το δάσος του Αμαζονίου καιγόταν επί μέρες. (δάσος – Θάσος) 7
- 6) Γρήγορα οι εβδομαδιαίες συναντήσεις τους έγιναν θεσμός. (δεσμός – θεσμός) 7

### **Δ - Ζ :**

- 1) Η δομή της ύλης απασχολούσε τους ανθρώπους από την αρχαιότητα. (δομή – ζωμοί) 10
- 2) Είναι μεγάλο ζόρι το να εργάζεσαι παράλληλα με τις σπουδές. (δόρυ – ζόρι) 10
- 3) Είναι πολύ δοτικός και γαλαντόμος (δοτικός – ζωτικός) 5
- 4) Ζητώ την προσοχή σας παρακαλώ. (διττό – ζητώ) 5

### **K - ΓΚ :**

- 1) Απαιτείται η έγκριση του διευθυντή για τη μεταφορά χρημάτων. (έκκριση – έγκριση) 9
- 2) Έκκληση απευθύνει η αστυνομία σε όποιον γνωρίζει κάτι για το συμβάν. (έκκληση – έγκλιση) 11
- 3) Δεν εγκρίνω τη συμπεριφορά σου. (εκκρίνω – εγκρίνω) 5
- 4) Ακυρώθηκαν τα σχέδια του πρωθυπουργού για επίσκεψη στην Άγκυρα. (άκυρα – άγκυρα) 9

5) Θέλω μόνο ένα παγάκι στο χυμό μου. (παγάκι – παγκάκι) 7

### **Λ - Ρ :**

- 1) Το “λέω” είναι ρήμα σε πρώτο ενικό πρόσωπο. (λήμμα – ρήμα) 8
- 2) Έκανε λήψη του αρχείου σε λιγότερο από ένα λεπτό. (λήψη – ρίψη) 9
- 3) Οι απαγωγείς ζήτησαν λύτρα προκειμένου να τον αφήσουν ελεύθερο. (λύτρα – ρήτρα) 9
- 4) Ήρθε σε ρήξη με το αφεντικό του για το ίδιο θέμα. (λήξη – ρήξη) 11
- 5) Όσο και να με παρακαλές δε σου λέω. (λέω – ρέω) 8

### **Ν - Ρ :**

- 1) Ευτυχώς χρειάστηκε μόνο ένα ράμμα μετά τον τραυματισμό. (νάμα – ράμμα) 8
- 2) Το νήμα της υπόθεσης ξετυλίγεται με πολλές αποκαλύψεις. (νήμα – ρήμα) 8
- 3) Θα σου συστήσω τον καλύτερο ράφτη για το γάμο. (ναύτης – ράφτης) 9
- 4) Ναι, θα το ήθελα πολύ αυτό. (ναι – ρε) 6
- 5) Η πρώτη νότα σε μία οκτάβα είναι η ντο. (νότα – ρότα) 9

### **Μ - Ν :**

- 1) Κάνε μία νύξη στον πατέρα σου για το θέμα. (μίξη – νύξη) 9
- 2) Η οδήγηση στο νησί είναι αρκετά επικίνδυνη. (μισή – νησί) 7
- 3) Ο αριθμός επτά είναι μονός. (μονός – νονός) 5
- 4) Τρέμω στην ιδέα ενός δυστυχήματος. (τρέμω – τρένο) 5

### **Ν - Λ :**

- 1) Με το σφύριγμα του διαιτητή, ο αγώνας έφτασε στη λήξη του. (νύξη – λήξη) 11
- 2) Ο ναός της Αγίας Σοφίας είναι πολύ επιβλητικός. (ναός – λαός) 8
- 3) Το νέο της φίλο μας σύστησε χθες η Χαρά. (νέο – λέω) 9

## **I - E :**

- 1) Αύριο μία νέα μέρα ξημερώνει. (μοίρα – μέρα) 5
- 2) Οι ναύτες υπάκουσαν τις εντολές του καπετάνιου. (ναύτης – ναύτες) 7
- 3) Ίριδα αποκαλείται αλλιώς το ουράνιο τόξο. (ίριδα – έριδα) 6

## **O - OY :**

- 1) Έγινε μουσουλμάνος από προσωπική επιλογή στα είκοσι του. (μουσουλμάνος – μουσουλμάνους) 8
- 2) Ήταν άσχημος ο τρόπος που του μίλησες. (άσχημος – άσχημους) 7
- 3) Δώσε πίσω στο Γιάννη τους βόλους του. (βόλος – βόλους) 7
- 4) Είναι πολύ πειστικός όταν θέλει κάτι. (πειστικός – πειστικούς) 6
- 5) Χρησιμοποιεί θεμιτούς και αθέμιτους τρόπους για να πετύχει τους στόχους του. (θεμιτός – θεμιτούς) 11

## **I - OY :**

- 1) Βάσει νόμου απαγορεύεται να οδηγείς υπό την επήρεια αλκοόλ. (νόμοι – νόμου) 9
- 2) Οι έξυπνοι άνθρωποι μαθαίνουν από τα λάθη των άλλων. (έξυπνοι – έξυπνου) 9
- 3) Όλοι μαζί μπορούμε να τα καταφέρουμε. (όλοι – όλου) 6
- 4) Έμειναν όλοι άφωνοι με την αποκάλυψη που τους έκανε. (άφωνοι – άφωνου) 9
- 5) Κατηγορείται ότι εγκατέλειψε τη συζυγική του στέγη. (συζυγική – συζυγικού) 7

## **E - A :**

- 1) Στις διακοπές οι μέρες φεύγουν νερό. (μέρες – μέρας) 6
- 2) Όταν μαλώνω τα παιδιά, δε θα επεμβαίνεις. (μελώνω – μαλώνω) 7
- 3) Ο προβληματισμός σου είναι προς το παρόν δευτερευούσης σημασίας. (σημασίας–σημασίες) 9
- 4) Ο μήνας με μόνο 28 μέρες είναι ο Φλεβάρης. (μέρες – μέρας) 10

## **E - O :**

- 1) Όταν μεγαλώσω θέλω να γίνω αστροναύτης. (γίνε – γίνω) 6

- 2) Κατηγορείται για συμμετοχή σε διάφορες παράνομες δραστηριότητες. (παράνομες – παράνομος) 7
- 3) Θα μείνω για δύο ώρες περίπου. (μείνε – μείνω) 6
- 4) Ο άγνωστος άντρας τον πλησίασε και του έσφιξε το χέρι. (άγνωστος – άγνωστες) 10

### **A - O :**

- 1) Η ψιλή άμμος είναι μία φημισμένη παραλία της Σερίφου. (άμμος – όμως) 9
- 2) Είναι πολύ εγωιστής, τα θέλει όλα δικά του. (άλλα – όλα) 8
- 3) Ο Όλυμπος είναι το πιο ψηλό βουνό στην Ελλάδα. (ψηλά – ψηλό) 9
- 4) Προσπαθεί να εξοφλήσει το στεγαστικό του δάνειο. (δάνεια – δάνειο) 7
- 5) Ντύθηκε πολύ κομψά και ήταν σχεδόν αγνώριστος. (κομψά – κομψό) 7

**Μέσος όρος λέξεων ανά πρόταση = 8.07**

## Βιβλιογραφία

- [1] J. H. Y. Loo, D. E. Bamiou, N. Campbell, and L. M. Luxon, “Computer-based auditory training (CBAT): Benefits for children with language- and reading-related learning difficulties,” *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 52, no. 8, pp. 708–717, 2010.
- [2] J. R. Dubno, “Benefits of Auditory Training for Aided Listening by Older Adults,” vol. 6, no. 8, pp. 335–338, 2013.
- [3] A. Boothroyd, “Adult Aural Rehabilitation: What Is It and Does It Work,” *Trends In Amplification.*, vol. 11, no. 2, p. 63-71, 2007.
- [4] Moore, R. David, Amitay, Sygal, “Auditory Training: Rules and applications,” *Seminars in Hearing.*, vol. 28, no. 2, p. 99-109, 2007
- [5] M. R. Hassaan and O. A. Ibraheem, “Auditory training program for Arabic-speaking children with auditory figure-ground deficits,” *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 83, pp. 160–167, 2016.
- [6] R. Sweetow, “The Need for and Development of an Adaptive Listening and Communication Enhancement (LACE TM ) Program,” *Journal of the American Academy of Audiology*, vol. 17, no. April 2005, pp. 538–558, 2006.
- [7] G. Nogaki, Q. J. Fu, and J. J. Galvin, “Effect of training rate on recognition of spectrally shifted speech,” *Ear Hear.*, vol. 28, no. 2, pp. 132–140, 2007.
- [8] N. Tye-Murray, B. Spehar, J. Barcroft, and M. Sommers, “Auditory Training for Adults Who Have Hearing Loss: A Comparison of Spaced Versus Massed Practice Schedules,” *J. Speech Lang. Hear. Res.*, vol. 60, no. 8, p. 2337, 2017.
- [9] A. Hundertmarck Lessa, T. Regina Hennig, M. Julio Costa, and A. Garcia Rossi, “Results of auditory rehabilitation in elderly users of hearing aids evaluated by a dichotic test,” *CoDAS*, vol. 2525, no. 222, pp. 169–75169, 2013.
- [10] K. Lertsukprasert, N. Kasemkosin, W. Cheewareungroj, and L. Kasemsuwan, “Listening and speaking ability of Thai deaf children in preschool aural rehabilitation program,” *J. Med. Assoc. Thail.*, vol. 93, no. 4, pp. 474–480, 2010.
- [11] D. Gil and M. C. M. Iorio, “Formal auditory training in adult hearing aid users,” *Clinics*, vol. 65, no. 2, pp. 165–174, 2010.
- [12] E. C. De Miranda, D. Gil, and M. C. M. Iório, “Formal auditory training in elderly hearing aid users,” *Braz. J. Otorhinolaryngol.*, vol. 74, no. 6, pp. 919–925, 2008.

- [13] S. M. Hassan, M. Hegazi, and R. Al-Kassaby, "The effect of intensive auditory training on auditory skills and on speech intelligibility of prelingual cochlear implanted adolescents and adults," *Egypt. J. Ear, Nose, Throat Allied Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 201–206, 2013.
- [14] Q.-J. F. Jiunn-Liang Wu, Hui-Mei Yang, Yi-Hui Lin, "Effects of computer - assisted speech training on Mandarin - speaking hearing - impaired children," vol. 12, no. 1, pp. 1–23, 2014.
- [15] A. Santos, B. Joly-Pottuz, S. Moreno, M. Habib, and M. Besson, "Behavioural and event-related potentials evidence for pitch discrimination deficits in dyslexic children: Improvement after intensive phonic intervention," *Neuropsychologia*, vol. 45, no. 5, pp. 1080–1090, 2007.
- [16] R. Alonso and E. Schochat, "The efficacy of formal auditory training in children with (central) auditory processing disorder: behavioral and electrophysiological evaluation," *Braz. J. Otorhinolaryngol.*, vol. 75, no. 5, pp. 726–732, 2009.
- [17] S. Tawfik, D. Mohamed Hassan, and R. Mesallamy, "Evaluation of long term outcome of auditory training programs in children with auditory processing disorders," *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 79, no. 12, pp. 2404–2410, 2015.
- [18] S. Krishnamurti, J. Forrester, C. Rutledge, and G. W. Holmes, "A case study of the changes in the speech-evoked auditory brainstem response associated with auditory training in children with auditory processing disorders," *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 77, no. 4, pp. 594–604, 2013.
- [19] N. Vilela *et al.*, "Temporal processing in children with phonological disorders submitted to auditory training: a pilot study," *J Soc Bras Fonoaudiol. Brazil. J Soc Bras Fonoaudiol*, vol. 2424, no. 121, pp. 42–842, 2012.
- [20] E. Schochat, F. E. Musiek, R. Alonso, and J. Ogata, "Effect of auditory training on the middle latency response in children with (central) auditory processing disorder," *Brazilian J. Med. Biol. Res.*, vol. 43, no. 8, pp. 777–785, 2010.
- [21] L. Gray, B. S. Miller, and S. W. Evans, "Training children with ADHD to minimize impulsivity in auditory contralateral masking," *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 76, no. 4, pp. 483–487, 2012.
- [22] G. Collet *et al.*, "Effect of phonological training in French children with SLI: Perspectives on voicing identification, discrimination and categorical perception," *Res. Dev. Disabil.*, vol. 33, no. 6, pp. 1805–1818, 2012.
- [23] R. Santos, A. Marangoni, A. Andrade, R. Prestes, and D. Gil, "Effects of auditory training in individuals with high-frequency hearing loss," *Clinics*, vol. 69, no. 12, pp. 835–840, 2014.
- [24] A. Rao *et al.*, "Neural Correlates of Selective Attention With Hearing Aid Use Followed by ReadMyQuips Auditory Training Program.," *Ear Hear.*, vol. 38, no. 1, pp. 28–41, 2017.

- [25] Jennifer P. Lundine and Rebecca J. McCauley, “Auditory Training With Frequent Communication Partners,” *Am. J. Speech-Language Pathol.*, vol. 25, no. November, pp. 1–15, 2016.
- [26] C. Y. Lo, C. M. McMahon, V. Looi, and W. F. Thompson, “Melodic Contour Training and Its Effect on Speech in Noise, Consonant Discrimination, and Prosody Perception for Cochlear Implant Recipients,” *Behav. Neurol.*, vol. 2015, 2015.
- [27] A. D. Patel, “Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis,” *Hear. Res.*, vol. 308, pp. 98–108, 2014.
- [28] J. J. G. Iii, Q. Fu, and G. Nogaki, “Melodic Contour Identification by Cochlear Implant Listeners,” vol. 28, no. 3, pp. 302–319, 2013.
- [29] N. Tye-Murray, M. S. Sommers, E. Mauze, El. Schroy, J. Barcroft, and B. Spehar, “Using Patient Perceptions of Relative Benefit and Enjoyment to Assess Auditory Training,” *J. Am. Acad. Audiol.*, vol. 23, no. 8, pp. 623–634, 2012.
- [30] M. P. da Silva, A. A. Comerlato Junior, S. A. Balen, and M. C. Bevilacqua, “Software use in the (re)habilitation of hearing impaired children,” *J. Soc. Bras. Fonoaudiol.*, vol. 24, no. 1, pp. 34–41, 2012.
- [31] E. a. L. Humes, M. Burk, “Development and Efficacy of a Frequent - Word Auditory Training Protocol for Older Adults with Impaired Hearing,” vol. 30, no. 5, pp. 613–627, 2011.
- [32] C. C. Figueiredo, A. N. de Andrade, A. T. Marangoni-Castan, D. Gil, and I. C. Suriano, “Behavioral and electrophysiological auditory processing measures in traumatic brain injury after acoustically controlled auditory training: a long-term study,” *Einstein (São Paulo)*, vol. 13, no. 4, pp. 535–540, 2015.
- [33] C. F. B. Murphy, R. Fillippini, D. Palma, T. E. Zalcman, J. P. Lima, and E. Schochat, “Auditory training and cognitive functioning in adult with traumatic brain injury,” *Clinics*, vol. 66, no. 4, pp. 713–715, 2011.
- [34] D. I. Kaplun, D. V Gnezdilov, G. A. Efimenko, A. A. Pochechuev, E. A. Ogorodnikova, and M. Y. Boboshko, “Development and Evaluation of the Program for Auditory Training in the Correction of Central Auditory Processing Disorders,” pp. 106–109, 2017.
- [35] R. L. Megale, M. Cecília, M. Iório, and E. Schochat, “Auditory training : assessment of the benefit of hearing aids in elderly individuals,” vol. 22, no. 2, pp. 101–106, 2010.
- [36] M. Delphi and F. Zamiri Abdollahi, “Dichotic training in children with auditory processing disorder,” *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 110, no. May, pp. 114–117, 2018.
- [37] A. P. Cibian and L. D. Pereira, “Figure-background in dichotic task and their relation to skills untrained,” *CoDAS*, vol. 27, no. 5, pp. 419–427, 2015.



- [38] Johanne Paradis, “Auditory Learning Using a Portable Real - Time Vocoder : Preliminary Findings,” *J. Speech, Lang. Hear. Res.*, vol. 24, no. 2, pp. 1–14, 2015.
- [39] B. Lidestam, S. Moradi, R. Pettersson, and T. Ricklefs, “Audiovisual training is better than auditory-only training for auditory-only speech-in-noise identification,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 136, no. 2, pp. EL142-EL147, 2014.
- [40] K. E. Millward, R. L. Hall, M. A. Ferguson, and D. R. Moore, “Training speech-in-noise perception in mainstream school children,” *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, vol. 75, no. 11, pp. 1408–1417, 2011.
- [41] K. L. Tremblay, A. J. Shahin, T. Picton, and B. Ross, “Auditory training alters the physiological detection of stimulus-specific cues in humans.,” *Clin. Neurophysiol.*, vol. 120, no. 1, pp. 128–35, Jan. 2009.
- [42] M. T. P. Zaballos, D. P. Plasencia, M. L. Z. González, A. R. de Miguel, and Á. R. Macías, “Air traffic controllers’ long-term speech-in-noise training effects: A control group study.,” *Noise Health*, vol. 18, no. 85, pp. 376–381, 2016.
- [43] T. Li and Q. J. Fu, “Perceptual adaptation to spectrally shifted vowels: Training with nonlexical labels,” *JARO - J. Assoc. Res. Otolaryngol.*, vol. 8, no. 1, pp. 32–41, 2007.
- [44] I. Κάππα, “Φωνολογία : εισαγωγή στις θεμελιώδεις έννοιες”, p. 47, 83 , 2002
- [45] <https://www.broadbandsearch.net/blog/mobile-desktop-internet-usage-statistics#:~:text=By%202019%20desktop%20users%20were,mobile%20devices%20back%20in%202013.>