

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΩΝ ΗΧΟΥ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑΣ
ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Πτυχιακή Εργασία:

“Η αντίληψη του ήχου από τον ανθρώπινο εγκέφαλο και οι
ψυχολογικές επιρροές βάσει του είδους του:
Binaural Beats και Ηχοθεραπεία”.

Ζαφειρίδης Νικόλαος TX2017058

Επιβλέπων διδάσκων:
Απόστολος Λουφόπουλος

Συνεπιβλέπων διδάσκων:
Εμμανουήλ Ροβίθης

Κέρκυρα, Φεβρουάριος 2024

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
1.2 ΠΕΔΙΟ ΕΡΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	4
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	5
1.4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	6
2.1 ΠΩΣ ΑΚΟΥΕΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ.....	9
2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ.....	10
2.3 Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΙΟΥ.....	11
3 ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΟΝ ΗΧΟ – ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	14
4.1 ΑΚΡΟΑΣΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ.....	15
4.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΗΧΟΥ.....	16
4.3 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΗΧΟΥ – ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ.....	17
5 ΔΙΧΟΤΙΚΗ ΑΚΟΗ.....	20
6 ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ.....	21
7.1 ΗΧΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....	22
7.2 BINAURAL BEATS ΚΑΙ BRAIN HACKING.....	23
8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	29
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	29

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι και τις αρχές του 20ού αιώνα δεν είχε δοθεί μεγάλη προσοχή στην σημασία και τις ιδιότητες του ήχου. Η ερμηνευτική προσέγγισή του γίνονταν σχεδόν αποκλειστικά μέσω της μουσικής και πιο συγκεκριμένα την εποχή του Ιμπρεσιονισμού, όπου πολλοί συνθέτες (όπως για παράδειγμα ο Claude Debussy), θέλοντας να ξεφύγουν από τα συμβατικά όρια που όριζαν οι εποχές, αναζήτησαν την έμπνευση στην φύση και τις άλλες τέχνες και προσπαθούσαν να μεταφράσουν τη ζωγραφική και τα ακούσματα από τα οποία επηρεαζόντουσαν, σε μελωδικά αρμονικά μοτίβα στα έργα τους¹. Δεν είχαν όμως ούτε τις γνώσεις ούτε τα κατάλληλα εργαλεία για να μπορέσουν να εμβαθύνουν περαιτέρω στη σημασία του ήχου και να κατανοήσουν τα ερεθίσματα που προκαλεί. Σήμερα οι μελέτες έχουν επεκταθεί και έχουν δώσει απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα ωστόσο το θέμα της ανάλυσης του ήχου και της ψυχολογικής αντίδρασης του εγκεφάλου παραμένει πολύ σύνθετο καθώς εμπλέκονται βιολογικοί, ψυχολογικοί αλλά και μικρο-νευρολογικοί παράγοντες τους οποίους οι επιστήμονες εξακολουθούν να δυσκολεύονται να μελετήσουν και να βγάλουν ασφαλή συμπεράσματα. Επιπλέον οι άνθρωποι στην καθημερινότητά τους, εκτίθενται σε αμέτρητα ηχητικά ερεθίσματα, σχεδόν ποτέ όμως κανείς δεν αναρωτιέται γιατί ένας συγκεκριμένος ήχος να τον παροτρύνει να αντιδράει με έναν συγκεκριμένο τρόπο, ή τι συμβαίνει στο παρασκήνιο αυτής της μηχανικής αντίδρασης η οποία θεωρείται δεδομένη λόγω της συνήθειας και της εξοικίωσης. Οι απαντήσεις (ή υποθέσεις), βρίσκονται στο περίπλοκο και σύνθετο πλαίσιο της ψυχοακουστικής (Psychoacoustics) και περικρίει το θέμα των Αμφιωτικών Κτύπων (Binaural Beats) και της Ηχοθεραπείας, στοιχεία στα οποία εστιάζει η παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο στόχος της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ακουστικού έργου το οποίο προέκυψε από την θεωρητική έρευνα της ηχοθεραπείας και των αμφιωτικών κτύπων. Ο τομέας με τον οποίο ασχολείται η παρούσα εργασία, επιτρέπει την επέκτασή της στο καλλιτεχνικό επίπεδο όσον αφορά το πεδίο εφαρμογής. Οι ιδιαιτερότητες του ήχου τον καθιστούν ένα θέμα το οποίο εκτός από επιστημονικό υπόβαθρο, διαθέτει και καλλιτεχνικό-δημιουργικό πλαίσιο. Συγκεκριμένα, το θέμα των Αμφιωτικών Κτύπων (Binaural Beats) που δείχνει να κινεί αρκετά το ενδιαφέρον στο διαδίκτυο με τις θεραπευτικές τους ιδιότητες, ήταν η αφορμή για τη σύνθεση ενός ανάλογου ηχητικού έργου. Το έργο βέβαια δεν προοριζόταν μόνο για ψυχαγωγική χρήση αλλά και να αναδείξει με ένα καλλιτεχνικό τρόπο τη συνδυαστική λειτουργία του ήχου με τις απεριόριστες δυνατότητες χρήσης του, επιστημονικές, ιατρικές και καλλιτεχνικές.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ

https://drive.google.com/file/d/1IE2NVQk4ve_rrJf-i-MCRaV4aNBOxPwr/view?usp=drive_link

¹ Reich, M. (2018, March 23). *Debussy and the Poetic Image*. All Classical Radio – ARTS BLOG. <https://www.allclassical.org/debussy-and-the-poetic-image/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Για να γίνει πιο ξεκάθαρο και επεξηγηματικό το έργο, πρέπει να αναφερθούν η διασύνδεση του με την έρευνα αλλά τα κίνητρα τα οποία οδήγησαν στη δημιουργία του. Όροι όπως, “Meditation” (συγκέντρωση και χαλάρωση), “Αμφιωτικοί Κτύποι” (Binaural Beats), “Ήχοθεραπεία”, “Brain Hacking” και Cognitive Enhancement (Νοητική Ενίσχυση), αποτελούν κινητήριο μοχλό της έρευνας καθώς η επεξήγηση τους περιλαμβάνει πολλές υποκατηγορίες της σύστασης και χρήσης του ήχου, και μπορούν προσφέροντας μεγάλου εύρους ενημέρωση σχετικά με την λειτουργικότητα του ακουστικού συστήματος κάθε ατόμου. Για την σωστή κατανόηση λοιπόν πρέπει να δοθούν εξηγήσεις από την αρχή και μάλιστα από τον τρόπο με τον οποίο ακούει ο άνθρωπος. Εφόσον το έργο έχει κάποιες ιδιαιτερότητες πρέπει να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο αυτές γίνονται αντιληπτές. Τα χαρακτηριστικά του ήχου, η ερμηνεία του, η ανταπόκριση σε αυτόν και ο εντοπισμός του αποτελούν μεταβλητές οι οποίες δεν είναι τόσο σταθερές. Όλες αυτές οι διαδικασίες, λαμβάνουν χώρα σε ένα πολύ μικρό και στενό περιβάλλον στο βαθύτερο σημείο του αυτιού, στην αρχή του νευρικού συστήματος, εκεί που ο ήχος μετατρέπεται σε πληροφορία και όλες γίνονται σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Η παραμικρή ασάφεια αναγκάζει τον εγκέφαλο να προβεί σε ακόμα πιο σύνθετες ενέργειες για να την ξεκαθαρίσει και το έργο χαρακτηρίζεται από αυτήν την γενική ασάφεια στην έκφρασή του, όπως επίσης και όλη η έρευνα που διεκπεραιώθηκε για να προσπαθήσει να την αιτιολογήσει. Τα κεφάλαια που εξηγούν τις διαφορές του ήχου με τον θόρυβο αποτελούν σημαντική προσθήκη στο καλλιτεχνικό κομμάτι αλλά και στο ερευνητικό καθώς αναδεικνύεται η δεύτερη όψη του και όχι απλά ως μια ενοχλητική συνθήκη που ο άνθρωπος αναγκάζεται να αποδεχτεί. Έχοντας κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του αυτιού και του νευρικού συστήματος, τον τρόπο αντίληψης και ερμηνείας, τις σημαντικές υποκατηγορίες της ακοής που εξηγούν σε μεγαλύτερο βάθος την εγκεφαλική λειτουργία, την εναλλακτική χρήση του θορύβου και την ψυχολογικό υπόβαθρο της έρευνας, το έργο μπορεί να παρουσιαστεί με τη θεμέλιο βάση του που είναι οι Αμφιωτικοί Κτύποι. Όλη η έρευνα καταλήγει στο κεφάλαιο αυτό και της υποτιθέμενης “αλλοίωσης” της συνηθισμένης λειτουργίας του εγκεφάλου. Στο πρακτικό επίπεδο, το έργο έρχεται να δώσει πρακτικές απαντήσεις σε ερωτήματα σχετικά με τη θεωρητική έρευνα, αλλά και να κινήσει περισσότερο το ενδιαφέρον για το θέμα. Καθώς οι Αμφιωτικοί Κτύποι απαιτούν συγκεκριμένες συνθήκες για να γίνουν αντιληπτοί, το έργο είναι εμπλουτισμένο, πλην των καθαρών αμφιωτικών συχνοτήτων, και με αρμονικά μουσικά στοιχεία χωρίς ωστόσο να διαθέτει ένα ξεκάθαρο μουσικό μελωδικό ύφος. Η λειτουργία του είναι συνδυαστική, κρατώντας την γνησιότητα των αμφιωτικών χτύπων και συνθέτοντας πάνω σε αυτούς, προκειμένου να διεγείρουν σε μεγαλύτερο βαθμό τον εγκέφαλο και να τον “παρασύρουν” σε μια κατάσταση ακόμα μεγαλύτερης εμβύθυνσης (Immersion).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιείχε συγκεκριμένα βήματα με μια πιο ελεύθερη προσέγγιση. Λόγω της δυσκολίας αλλά και των ποικιλόμορφων ερευνητικών δεδομένων του θέματος της εργασίας, ο σχεδιασμός προέβλεπε αρχικά μια μαζική συλλογή πληροφοριών και στοιχείων σχετικά με το ακουστικό σύστημα του ανθρώπου, η οποία θα εξελιχθεί περνώντας από τις ψυχολογικές και νευρολογικές αναλύσεις και θα καταλήξει στα σύνθετα θέματα των Αμφιωτικών Ήχων και της Ηχοθεραπείας. Οπότε το πρώτο βήμα ήταν η χρήση λέξεων κλειδιών για αναζήτηση συγγραμμάτων και επιστημονικών και ιατρικών άρθρων που να τις εμπεριέχουν στους καταλόγους των βιβλιοθηκών του Ιονίου πανεπιστημίου, καθώς και του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Ο βασικός συνδυασμός λέξεων που επέτρεψε την έναρξη ήταν “Perception” και “Sound” (οι αναζητήσεις έγιναν μόνο στα αγγλικά καθώς δεν υπήρχε επαρκές υλικό στην ελληνική γλώσσα). Οι πρώτες πηγές από όπου αντλήθηκε το υλικό ήταν τα βιβλία: “Listening, an Introduction to the Perception of Auditory Events” του Stephen Hendel, “Spatial hearing : The Psychophysics of Human Sound Localization” του Jens Blauert καθώς επίσης και πληροφορία σχετικά με τα χαρακτηριστικά του ήχου από την ιστοσελίδα του Orpheus Audio Academy. Ήδη οι προαναφερθείσαντες πηγές παρείχαν ιδιαίτερα μεγάλο όγκο πληροφοριών, ωστόσο οι παραπομπές τους οδήγησαν αποτελεσματικά σε περαιτέρω αναζήτηση υλικού σχετικό με το θέμα της εργασίας. Η ανάλογη διαδικασία τηρήθηκε και στις επόμενες πηγές. Εφόσον ο κορμός του κειμένου της εργασίας είχε συλλεχθεί, απαιτούσε προσεκτική οργάνωση όπως επίσης και σωστό καταμερισμό των κεφαλαίων. Η πληροφορία όφειλε λοιπόν να διαμοιραστεί σε θεματικά κεφάλαια. Κατόπιν συνεννόησης και με τους διδάσκοντες, τέθηκε η εξής δομή: τα πρώτα δύο κεφάλαια να περιγράφουν τον τρόπο ακρόασης του ανθρώπου και τα γενικά χαρακτηριστικά του ήχου και της μετάδοσης του. Κατόπιν τα επόμενα τρία κεφάλαια να προσεγγίζουν το βιολογικό αλλά και νευρολογικό υπόβαθρο του θέματος, αναλύοντας τη μορφολογία του αυτιού και τον τρόπο ακρόασης αλλά και τη διαδρομή που ακολουθεί το ηχητικό μήνυμα από το αυτί έως τον εγκέφαλο για την τελική ερμηνεία του ήχου. Επιπλέον εξηγήσεις να δίνουν τα επόμενα τέσσερα κεφάλαια, τα οποία να περιέχουν την ψυχολογική μελέτη σχετικά με τη σύγκριση του ήχου με τον θόρυβο, καθώς και ορισμένες ονομαστικές υποκατηγορίες της ψυχοακουστικής που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ψυχολογική λειτουργία του ακουστικού συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μια όσο το δυνατόν πιο ομαλή μετάβαση στα πιο σύνθετα ζητήματα που αποτελούν και τον αρχικό προβληματισμό της εργασίας, τα Binaural Beats και την ηχοθεραπεία. Για τα τελευταία κεφάλαια έγινε εκ νέου αναζήτηση υλικού καθώς οι περισσότερες μελέτες υπάρχουν σε διαδικτυακή μορφή κυρίως σε ιστοσελίδες βιβλιοθηκών κλινικών και ιατρικών σχολών (PubMed Central-National Library of Medicine). Πριν από την αρχή της σύνθεσης του έργου ήταν απαραίτητη η εύρεση όμοιων έργων που να δίνουν τα ανάλογα ερεθίσματα και να αποτελέσουν πηγή έμπνευσης. Το διαδικτυακό κανάλι “Greenred Productions - Relaxing Music” στο You Tube αποτέλεσε τη βασική πηγή έμπνευσης καθώς διαθέτει πληθώρα ακουστικού υλικού σχετικά με το θέμα των Binaural Beats και της ατμοσφαιρικής μουσικής (Ambiance)². Τα έργα του ακολουθούν μια σταθερή φόρμα δημιουργίας. Πάνω σε αμφιωτικούς κτύπους συγκεκριμένων συχνοτήτων ανάλογα με το επιθυμητό μήκη κύματος (όπως θα αναλυθούν παρακάτω), δομείται μια σύνθεση αργά εναλλασσόμενων αρμονικών συχνοτήτων των οποίων η χροιά και η μελωδική τους κίνηση ανταποκρίνεται στην αναγραφόμενη ψυχική κατάσταση, όπως για παράδειγμα μουσική συγκέντρωσης για μελέτη, αυτοσυγκέντρωση, ηρεμία, αποβολή άγχους³. Μια ανάλογη φόρμα ακολούθησε και το παρόν έργο αλλά με διαφορετικά εύρη κυμάτων και συγκεκριμένες επιλογές ηχητικών χαρακτηριστικών.

²Greenred Productions - Relaxing Music. <https://www.youtube.com/channel/UC1bjWVLp2aaJmPeNbi9OOsw>

³Greenred Productions - Relaxing Music. Focus Music: Binaural Beats Study Music with Alpha Waves, Concentration Music https://youtu.be/bZJ7FweA_Q4?list=PLnOC9rlyvdSmDgE14fk2e07l0vv5vZSjg

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το έργο δομήθηκε στο πρόγραμμα “Reaper” της Cockos Incorporated⁴, η δημιουργία των ήχων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δωρεάν ψηφιακών οργάνων (VST), πιο συγκεκριμένα το “Serenity” από την QM (Quiet Music), το οποίο προορίζεται για τη σύνθεση ηχητικών περιβαλλόντων με πρότυπα χαλάρωσης και ανακούφισης⁵. Η διαφορική συχνότητα του έργου βρίσκεται στα 30hz θέτοντάς το έτσι στη ζώνη των κυμάτων Γάμμα (Gamma waves). Τα ακουστικά κανάλια αριστερού και δεξιού (channels) έχουν συχνότητα 93hz και 123hz αντίστοιχα. Το ψηφιακό όργανο (Pad) που χρησιμοποιήθηκε, αποτελεί την δεύτερη επιλογή σε μια σειρά τεσσάρων ανάλογων Pads με διαφορετική χροιά έκαστο (εικ. 1) . Ο λόγος ήταν ότι το δεύτερο Pad είχε την πιο κατάλληλη χροιά για το ακουστικό ύφος του έργου καθώς ο ήχος του ήταν βαθύς και σχεδόν καθόλου “όξινος”, το πλάτος της ταλάντωσης του ηχητικού κύματος δηλαδή δεν προκαλεί απότομες και οξείες γωνίες, κάτι που θα τον καθιστούσε άστοχο για την παρούσα εργασία.



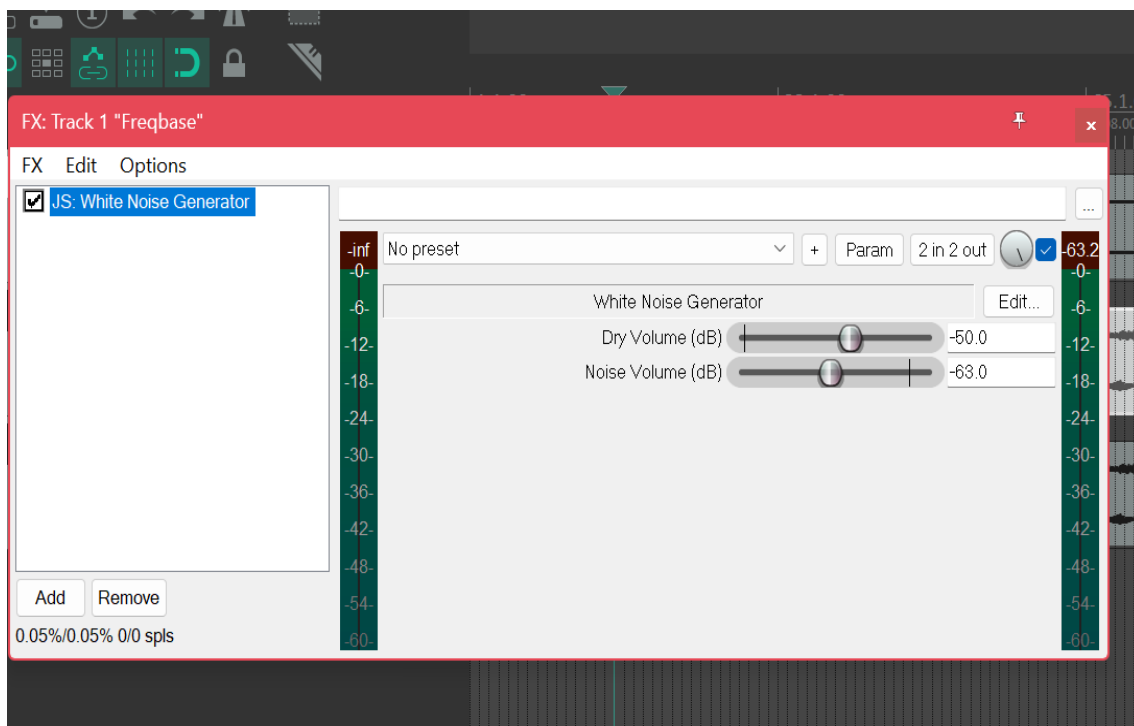
εικ. 1. Η επιφάνεια του ψηφιακού οργάνου SERENITY στο Reaper.

Στο Pad φυσικά έγιναν ορισμένες αλλοιώσεις με τη χρήση των ρυθμίσεων της εφαρμογής. Πιο συγκεκριμένα, η κλίμακα (Rate) του LFO (Low Frequency Oscillator) η οποία ρυθμίζει το Vibrato σε ένα ηχητικό δείγμα, έμεινε σε μεσαία τιμή για να δημιουργήσει την απαραίτητη εκφραστικότητα χωρίς να αλλοιώσει το ύφος αλλά και χωρίς να το αφήσει σε ένα σκέτο μονότονο ισοκράτημα. Αντιθέτως, το βάθος του LFO (Depth) έγινε μηδενικό καθώς η οποιαδήποτε τιμή επιρροής του θα είχε πολλαπλασιάσει την αλλοίωση του ηχητικού πλάτους σε μη επιθυμητό βαθμό. Οι τιμές των παραμέτρων της αντήχησης (Reverb) και της διακοπής (Cut Off), βρίσκονται λίγο πριν τη μέση έτσι ώστε να προσδοθεί η αίσθηση του μεγάλου χώρου και της άνεσης αλλά σε ελεγχόμενο βαθμό. Όσον αφορά τις ιδιότητες του ίδιου του LFO (κεντρικός πίνακας), το Attack (ταχύτητα αύξησης της έντασης από το 0 στην τελική τιμή) , έμεινε μηδενικό διότι απαιτούνταν ο ήχος να ξεκινάει αμέσως με το πάτημα του στο ψηφιακό αρμόνιο, το Decay (η ταχύτητα απόσβεσης), τέθηκε λίγο πριν τη μέση ώστε να υπάρχει ήρεμη κατάληξη του κάθε ήχου, ενώ οι παράμετροι του Sustain (διατήρηση κρατήματος του ήχου) και Release (Απελευθέρωση του πλήκτρου) είναι μέγιστη και υψηλή αντίστοιχα, έτσι ώστε να υπάρχει ομαλή μετάβαση μεταξύ των ήχων

⁴Reaper.fm. (n.d). *Reaper; Audio Production Without Limits*. <https://www.reaper.fm/>

⁵Quiet Music. (n.d). *SERENITY - Relaxing Pad Instruments*. <https://quietmusic.eu/serenity>

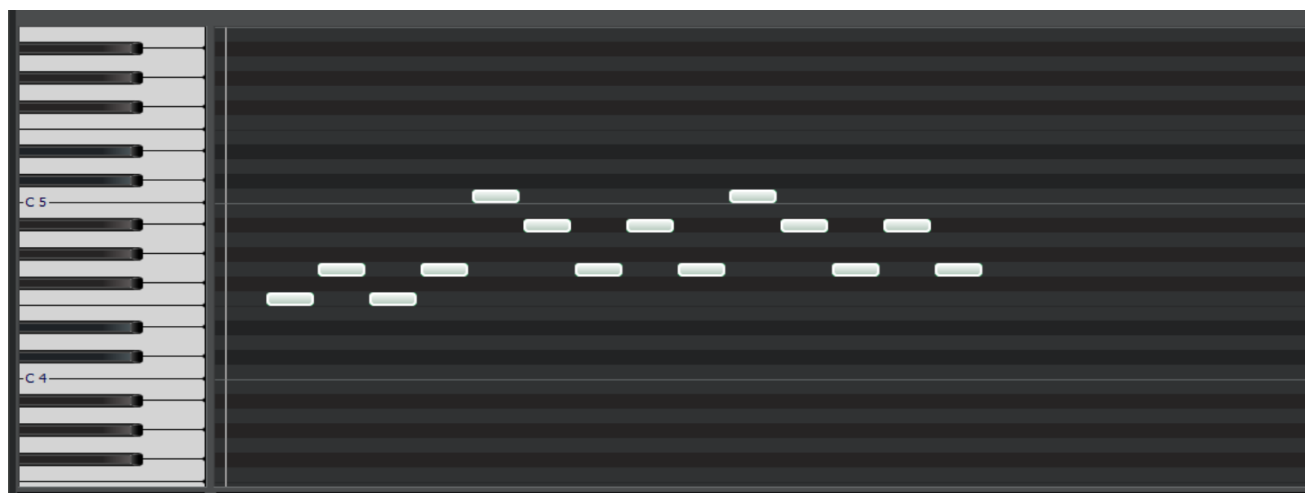
με συνοχή. Επιπλέον γίνεται χρήση ελαφρά διακριτού λευκού θορύβου από εργαλείο του Reaper, το JS: White Noise Generator (εικ. 2). Ο θόρυβος έπρεπε να είναι όσο δυνατόν πιο διακριτικός για να μην είναι ενοχλητικός και αποσπάει την προσοχή από τους αμφιωτικούς κτύπους. Για αυτό ήταν σε μικρή ένταση ενώ η παράμετρος του Dry (λειτουργεί σαν φίλτρο αλλοιώνοντας την ακουστική υφή του ήχου), ήταν κοντά στη μέση για να μην αλλάξει το άκουσμα και ο ήχος να συνεισφέρει στην ηρεμία ως συνοδευτικός των αιφνωτικών κτύπων.



εικ. 2. JS: White Noise Generator στο Reaper

Όσον αφορά την εξέλιξη του έργου στο χρόνο, γίνονται ορισμένες εναλλαγές φθόγγων από τους οποίους προκύπτουν κάθε φορά οι αμφιωτικοί κτύποι. Σχηματίστηκε ένα βασικό μοτίβο για να προσδώσει το στοιχείο της μουσικότητας και να κινήσει το ενδιαφέρον του ακροατή να ακούσει παρακάτω. Η αφετηρία της σύνθεσης βρίσκεται στη νότα Φα (F) στο ψηφιακό αρμόνιο και καταλήγει στη νότα Σολ (G). Ωστόσο οι εναλλαγές πραγματοποιούνται με έναν σταθερό “βηματισμό” με επαναλήψεις των ίδιων νότων τουλάχιστον δύο φορές (είκ. 3). Έτσι επιτυγχάνεται μια αλλαγή που δεν προκαλεί απόσπαση της προσοχής αλλά και ούτε παραμένει μονότονη. Ο σκοπός εξακολουθεί να είναι η συγκέντρωση και η ηρεμία που μπορούν να συνδυαστούν με μια μορφή ενασχόλησης εργασίας. Σε δύο σημεία γίνεται μια πιο μεγάλη αλλαγή που φτάνει στη νότα Ντο (C) του αρμονίου και ανεβάζει το μοτίβο στις εναλλαγές μεταξύ των νότων Σολ και Σι ύφεση (B b) χωρίς να αλλάζουν οι υπόλοιπες ιδιότητές του. Το κάθε κανάλι ηχογραφήθηκε ξεχωριστά και πέρασε έκαστο στην ανάλογη θέση του “πανόραμα” (Pan). Ενισχύθηκαν οι “χαμηλές” των ηχητικών αρχείων και ελαττώθηκαν οι περισσότερες αρμονικές με τη χρήση του ισοσταθμιστή του προγράμματος (Equalizer). Κατόπιν έγινε η τελική μίξη σε αρχείο .wav (Wave) ώστε να μην συμπιεστεί περαιτέρω και χάσει ποιότητα. Το αποτέλεσμα είναι μια σύνθεση η οποία εκφράζεται κοντά σε ένα μουσικό πρότυπο διατηρώντας τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες των Binaural Beats, ενώ το καλλιτεχνικό του υπόβαθρο αποτελεί και ένα πιο ελκυστικό αρχείο προς χρήση από μία απλή ηχητική πηγή που να παράγει σκέτους τους ήχους. Το έργο έχει διάρκεια

3 λεπτά και 50 δευτερόλεπτα και δημιουργήθηκε εξολοκλήρου στο ψηφιακό περιβάλλον του Reaper σε προσωπικό υπολογιστή



εικ. 3. Η σύνθεση στο ψηφιακό αρμόνιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1 ΠΩΣ ΑΚΟΥΕΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

Σχεδόν σε οποιοδήποτε μέρος της γης υπάρχει ήχος. Όταν μια πηγή παράγει ήχο, παράγει ενέργεια η οποία μεταφέρεται μέσω μηχανικών κυμάτων. Όταν μιλάμε για ήχο, ουσιαστικά περιγράφουμε μια δόνηση που διαχέεται με τη βοήθεια ενός μέσου. Για τη μεταφορά της, το μέσο μπορεί να είναι αέρας, υγρό, ή αέριο και πραγματοποιείται λόγω της αλληλεπίδρασης των μορίων που αποτελούν το μέσο. Όλα τα πολυκύτταρα πλάσματα του ζωικού βασιλείου έχουν αναπτύξει όμοιους μηχανισμούς ακοής με βάση τις φυσικές ιδιότητες του περιβάλλοντος που κατοικούν. Έτσι και ο άνθρωπος, ο οποίος είναι “εξοπλισμένος” με δύο αυτιά, αλλά και έναν πιο σύνθετο εγκέφαλο που του επιτρέπει να δίνει πολλαπλά νοήματα στα αμέτρητα ηχητικά κύματα που δέχεται καθημερινά. Η εξέλιξη του ακουστικού συστήματος έχει συζητηθεί για πολλά χρόνια. Οι βιολόγοι έχουν ερευνήσει τα αυτιά των σπονδυλωτών μέχρι τους βρόγχους των ψαριών. Οι βρόγχοι ανιχνεύουν κινήσεις του νερού μέσω κινήσεων των κυττάρων των τριχιδίων στα πλάγια του ψαριού. Παρόλο που οι βρόγχοι έχουν ομοιότητες με το σπονδυλωτό αυτί, σήμερα θεωρείται πως το τελευταίο αποτελεί ανάπτυξη του προθαλαμικού συστήματος ισορροπίας (Vestibular Balance system). Ανεξαρτήτως της πραγματικής του προέλευσης, το ακουστικό φαίνεται να είναι το τελευταίο των αισθήσεων που εξελίχθηκε. Είναι χαρακτηριστικό των σπονδυλωτών όπως αμφιβίων, πτηνών και ανθρώπων που ζουν μεγάλο μέρος της ζωής τους στη στεριά. Θεωρείται πως το εξελιγμένο ακουστικό σύστημα, ήταν χρήσιμο για τον εντοπισμό λείας, θηρευτών και συντρόφων, όπως και κινήσεων και ακουστικών γεγονότων στο περιβάλλον. Ωστόσο οι διαδικασίες ακοής και απόδοσης νοήματος από τον εγκέφαλο, οφείλουν να μελετηθούν ξεχωριστά καθώς έκαστη βασίζεται σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Αρχικά η σχέση μεταξύ φυσικού ερεθίσματος και φαινομενικής αντίληψης δεν είναι απολύτως ξεκάθαρη. Ο φαινομενικός κόσμος των ακουστικών γεγονότων ενός ακροατή δεν περιγράφεται απαραίτητα από τις φυσικές ιδιότητες του ηχητικού κύματος. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη ηχητική πίεση η οποία θα οδηγεί σε μια και μοναδική αντίληψη. Όπως επίσης και δεν υπάρχει αντίληψη που προέρχεται από μία και μοναδική ηχητική πίεση. Εάν ίσχυαν τα αντίθετα, τότε το πρόβλημα της ακουστικής αντίληψης θα είχε λυθεί, όχι από ψυχολόγους, αλλά από φυσικούς που θα μπορούσαν να μετρήσουν με ακρίβεια τα ηχητικά μοτίβα. Η αντίληψη θα ήταν πλήρης απομνημόνευση και η μόνη απαραίτητη ενέργεια θα ήταν να συσχετιστεί ένας ήχος ή ένα ηχητικό μοτίβο με ένα όνομα ή μία εξήγηση. Η πραγματικότητα όμως είναι πιο περίπλοκη. Η περιπλοκότητα βρίσκεται στη διαφορά μεταξύ της ικανότητας ακοής σαν αίσθηση και της πιο ενεργητικής ακρόασης. Η δεύτερη επηρεάζεται άμεσα από παράγοντες όπως ηλικία, εμπειρία αλλά και διαφορετικές προσδοκίες που έχει ο κάθε άνθρωπος. Όποια και αν είναι η κατάσταση, τα ηχητικά κύματα πρέπει να μετρώνται για να μπορεί να γίνει κατανοητή η σχέση μεταξύ του σήματος που υπολογίζεται και του ακουστικού γεγονότος που λαμβάνει ο ακροατής. Οι ακουστικές μελέτες πρέπει να λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο του περιβάλλοντος στο οποίο η ακοή έχει προσαρμοστεί αφού αποτελεί προϊόν χαρακτηριστικό του ίδιου του περιβάλλοντος. Μία τέτοια προσέγγιση έρχεται σε αντίθεση με την κοινή λογική που υπάρχει για την αίσθηση και την αντίληψη. Αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι που προσπαθούσαν να εξηγήσουν την εγκυρότητα της αντίληψης πίστευαν ότι τα αντικείμενα παρουσιάζουν ένα αντίγραφο του εαυτού τους, τα λεγόμενα “είδωλα”, τα οποία όταν αναλυθούν στο μυαλό μας επιτρέπουν να αντιληφθούμε απευθείας το αντικείμενο εξαιτίας των ομοιοτήτων τους με αυτό. Σε αυτή τη περίπτωση η ίδια η αίσθηση είναι η αντίληψη. Σήμερα έχουμε αποδείξει ότι η ακουστική και η οπτική επαφή ενεργοποιούν νευρώνες οι οποίοι ευθύνονται για τη μεταφορά των μηνυμάτων στον εγκέφαλο. Κάθε νευρώνας ανταποκρίνεται σε ένα είδος ενέργειας και η διέγερσή του θεωρείται ότι καταλήγει σε συγκεκριμένες κατηγορίες αισθημάτων ανεξάρτητα από τον τρόπο διέγερσης. Αυτές οι κατηγορίες προκύπτουν από την άμεση επίδραση που προκαλείται στη συνείδηση από έντονες επαφές, όπως κόκκινο χρώμα, αλμυρή γεύση ή υψηλής συχνότητας ήχος. Αυτά τα αισθήματα αποτελούν τη βάση της αντίληψης. Ωστόσο πολλά αντικείμενα μπορούν να προκαλούν το ίδιο αίσθημα και αντιστρόφως, ένα αντικείμενο μπορεί να έχει

πολλαπλές αισθητικές ερμηνείες. Η αντίληψη αποτελεί τη διαδικασία όπου αυτά τα στοιχεία μεταφράζονται σε αντικείμενα και γεγονότα. Αυτή η διαδικασία συλλαμβάνει ένα εξωτερικό γεγονός και δομείται με βάση το βίωμα του ατόμου με αυτό⁶.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Η παραγωγή μουσικών, φωνητικών και γενικά περιβαλλοντικών ήχων προκύπτει από πολλαπλές διαδραστικές διαδικασίες. Το αρχικό και βασικό στάδιο περιλαμβάνει την αρχή μια δόνησης. Ηχητικές δονήσεις έχουμε όταν υπάρχει ενέργεια σε ένα ηχητικό σώμα ή αντικείμενο (πχ μια χορδή) που να είναι ικανό να τη μεταδώσει στα μόρια του αέρα. Βέβαια, πόσο ακουστή θα είναι η δόνηση εξαρτάται και από τις φυσικές ιδιότητες του σώματος. Επιπλέον, το ηχητικό κύμα δεν είναι ποτέ ταυτόσημο με το αρχικό κύμα που παρήγαγε η πηγή, καθώς κατά τη μετάδοσή του στον αέρα αλλοιώνεται από το περιβάλλον και αντικείμενα του περίγυρου, με αποτέλεσμα να του προσδίδονται περαιτέρω ακουστικές ιδιότητες πριν να φτάσει στον ακροατή. Τα πιο απλά είδη δονήσεων ορίζονται ως “αρμονική κίνηση” ή “απλή αρμονική ταλάντωση” (Single Harmonic Motion). Η αρμονική κίνηση δημιουργείται από μία δύναμη επαναφοράς σε ένα αντικείμενο που έχει μετακινηθεί από τη θέση ισορροπίας του, και τείνει να το επαναφέρει στην αρχική του κατάσταση. Αυτή η δύναμη είναι ανάλογη με την απόσταση μετατόπισης από τη θέση ισορροπίας ($F=d/dt$). Το αποτέλεσμα είναι μια αρμονική ταλάντωση του σώματος γύρω από το σημείο ισορροπίας. Τέτοιες ταλαντώσεις αναπαρίστανται με ημιτονοειδή κυματομορφές και βρίσκονται σε πληθώρα αντικειμένων και οργάνων (πχ πιάνο, φωνητικές χορδές). Σε κάθε περίπτωση, ο τύπος παραμένει ίδιος και σύμφωνα με το θεώρημα του Φουριέ, οποιαδήποτε δόνηση ή ταλάντωση που επαναλαμβάνεται απεριορίστα μπορεί να δομηθεί από καθαρά ημιτονοειδή κύματα, καθιστώντας την αρμονική κίνηση βασικό θεμέλιο της ακουστικής⁷.

Τα χαρακτηριστικά του ήχου έχουν ως εξής:

Συχνότητα: Καταμετράει τον αριθμό των ταλαντώσεων σε ένα δευτερόλεπτο. Η μονάδα μέτρησης είναι τα Hertz (απο τον γερμανό φυσικό Heinrich Rudolf Hertz).

Πλάτος: Είναι η μέγιστη απόσταση από τη θέση ισορροπίας που μπορεί να φτάσει ένα σώμα. Το πλάτος μπορεί να μεταφραστεί και ως ένταση του ήχου με μονάδα μέτρησης τα decibel.

Περίοδος: Αποτελεί το το μοτίβο που επαναλαμβάνεται συνεχώς μέσα στον χρόνο.

Μήκος Κύματος: Η απόσταση μεταξύ αντίστοιχων σημείων του κύματος κατά τη διάδοσή του στον αέρα.

Φάση: Καταγράφει τη πρόοδο του κύματος σε έναν κύκλο κίνησης και ερμηνεύεται με τη βοήθεια ενός κύκλου 360 μοιρών όπου 0 είναι η θέση ισορροπίας, μέγιστη μετατόπιση από τη μία κατεύθυνση 90 μοίρες και 180 από την αντίθετη.

⁶Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 3.

⁷Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 8.

Ηχοχρώμα: Λειτουργεί ως καθοδηγητικό χαρακτηριστικό σχετικά με τις διαφορετικές χροιές που μπορούν να ακουστούν από δύο όργανα που παίζουν τους ίδιους φθόγγους. Οι αρμονικές ενός ήχου παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του ηχοχρώματος⁸.

Κατά την αρμονική ταλάντωση ενός σώματος, επιδρούν αλλαγές στην πίεση του αέρα που το περιτριγυρίζει. Ο αέρας αποτελείται από μόρια που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση ασκώντας έτσι πίεση προς όλες τις κατευθύνσεις. Η πίεση ουσιαστικά ορίζεται ως η συνολική δύναμη που ασκείται από τις συγκρούσεις των μορίων του αέρα, και ο αριθμός των συγκρούσεων εξαρτάται από τη ταχύτητα, τη μάζα και τη πυκνότητα των μορίων. Όσο τα μόρια κινούνται ελεύθερα και ανεπηρέαστα, κατευθύνονται προς τυχαίες κατευθύνσεις προκαλώντας έτσι μια γενική στατική πίεση. Αυτή η στατική “φόρμα” είναι που επιτρέπει στον ήχο να διαδοθεί. Όταν παραχθεί ένας ήχος, συμβαίνει μια απότομη αλλαγή πάνω στη στατική φόρμα της πίεσης. Η αρμονική κίνηση μετατοπίζει τα γειτονικά μόρια αναγκάζοντάς τα να έρθουν πιο κοντά μεταξύ τους και να απωθούνται όλο και μακρύτερα, δημιουργώντας έτσι περιοχές υψηλής και χαμηλής πίεσης αντίστοιχα. Επειδή τα μόρια τείνουν να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση, οι κινήσεις τους προκαλούν διαφορές πίεσης που επεκτείνονται στο περιβάλλον. Ανάλογα με το μέσο προκύπτει και κατηγοριοποίηση των μοριακών κινήσεων σε είδη κυμάτων. Από την ταλάντωση μορίων που καταλήγει σε διασπορά διαφορετικών πιέσεων προκύπτει ένα διάμηκες κύμα και είναι το μόνο δυνατό είδος κύματος στον αέρα. Στα διαμήκη κύματα τα μόρια κινούνται στην ίδια ή στην αντίθετη κατεύθυνση του κύματος. Οπότε για ένα κύμα που μεταδίδεται οριζόντια τα μόρια κινούνται σε τέσσερις κατευθύνσεις (μπροστά, πίσω, αριστερά, δεξιά). Σε άλλες περιπτώσεις υπάρχουν τα εγκάρσια κύματα. Στα εγκάρσια κύματα τα μόρια κινούνται κάθετα στη πορεία του κύματος, άρα αν ένα εγκάρσιο κύμα διαδίδεται οριζόντια, τα μόρια του θα κινούνται πάνω και κάτω. Ο ήχος μπορεί να ταξιδέψει ως εγκάρσιο κύμα μόνο στα στερεά σώματα⁹.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.3 Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΙΟΥ

Το αυτί αποτελείται από δερματικά κύτταρα. Οι δέκτες σε κάθε αυτί αριθμούνται σε περίπου 15.000, το οποίο συνεπάγεται περίπου 15.000 ίνες ακουστικού νεύρου. Η διαδρομή μέχρι τον ακουστικό φλοιό έχει πολλούς πυρήνες (Nuclei), μέσα στους οποίους οι ίνες συγκλίνουν και αποκλίνουν. Κατά τη διαδικασία ακοής, ο αριθμός ακουστικών νευρώνων αυξάνεται ώστε να υπάρχουν περίπου 100.000.000 ακουστικά κύτταρα σε κάθε πλευρά του ακουστικού φλοιού. Η ανάλυση του αυτιού αφορά τη μετατροπή των δονήσεων των μορίων αέρα, σε νευρικές “πυροδοτήσεις” ειδικά προσαρμοσμένων κυττάρων (αποκαλούνται τριχωειδή κύτταρα). Η θεμελιώδης λειτουργία είναι η νευρική “κωδικοποίηση” της συχνότητας και της έντασης. Το αυτί μπορεί να περιγραφεί σε 3 μέρη. Το εξωτερικό, το μέσο και το εσωτερικό αυτί. Το εξωτερικό αυτί αποτελείται από το πτερύγιο με τον λοβό και τον ακουστικό πόρο ή ακουστικό κανάλι, το οποίο φτάνει μέχρι το τύμπανο. Το μεσαίο αυτί είναι ένα “βαθούλωμα” γεμάτο αέρα, διευρυμένο από τρία οστά: τα οστάρια, το αμόνι και τους αναβολείς. Το εσωτερικό αυτί καταλήγει στο ακουστικό νεύρο το οποίο στέλνει τις δονήσεις στον εγκέφαλο¹⁰.

Το πτερύγιο στα αρχαία χρόνια θεωρούνταν ένα υπολοιμματικό όργανο ή μία συσκευή συλλογής ήχων. Το δεύτερο ισχύει. Μάλιστα εαν σπρώξουμε τα αυτιά μας προς τα εμπρός πιάνοντάς τα από πίσω, αυξάνεται ελαφρά το λειτουργικό μέγεθος του πτερυγίου, άρα και η αφουγκραζόμενη ένταση σε ποσοστό

⁸Ramm, R. (n.d.). *7 Characteristics of Sound, and Why You Need to Know Them*. Orpheus Audio Academy. <https://www.orpheusaudioacademy.com/7-characteristics-sound/>

⁹Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 25.

¹⁰Everest, F. A. (2001). *The Master Handbook of Acoustics*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill. σ. 34.

που ποικίλει με τη συχνότητα¹¹. Μια όμοια κατάσταση με ένα παραβολικό μικρόφωνο. Το περυγίο χάρη στην περίπλοκη “στροβιλιστική” του μορφή συνεισφέρει στη “παγίδευση” των ηχητικών κυμάτων, διοχετεύοντας τους ήχους από μπροστά και επισκιάζοντας τους ήχους πίσω από τον ακροατή. Επιπλέον, το σχήμα του περυγίου δημιουργεί ένα φίλτρο συχνοτήτων ώστε όσο μια ηχητική πηγή μετακινείται κάθετα του κεφαλιού προς τα πάνω, διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων να τονίζονται ή να μειώνονται. Η ακουστική επίδραση του περυγίου βασίζεται σε ποικίλα φυσικά φαινόμενα όπως αντανάκλαση, σκίαση (Shadowing), περίθλαση (Diffraction), παρεμβολή και αντήχηση. Βάσει αυτών των φαινομένων μπορούμε να συμπεράνουμε πως η αντίσταση πεδίου (Field Impedance ή Wave Impedance) στην επιφάνεια του περυγίου, είναι υψηλότερη από αυτή του αέρα¹². Το ακουστικό κανάλι έχει πιο ασαφές σχήμα, τα τοιχώματα του δεν είναι άκαμπτα και το μήκος του είναι περίπου 2-3 εκατοστά. Μέσα από το κανάλι ο ήχος καταλήγει στο τύμπανο. Λόγω της δομής του, το κανάλι είναι ελαφρώς υγρό¹³.

Το μεσαίο αυτί γεφυρώνει την λαμβανόμενη δόνηση του τυμπάνου από την εξωτερική μεριά του αυτιού, με την εσωτερική. Το μεσαίο αυτί είναι απαραίτητο λόγω της αναντιστοιχίας σε πυκνότητα και συμπίεση μεταξύ αέρα και νερού στο “παράθυρο” (oval window) μετά τη μεμβράνη του τυμπάνου. Αυτή η αναντιστοιχία περιορίζει τον βαθμό στον οποίο η δόνηση του αέρα μπορεί να διεγείρει μία δόνηση του νερού. Τα οστά είναι κολλημένα στο τύμπανο και οι αναβολείς στο παράθυρο του εσωτερικού αυτιού. Τα οστά αυτά σχηματίζουν μια μηχανική σύνδεση μεταξύ του τυμπάνου και του υγρού του κοχλίου¹⁴. Για να λειτουργήσει σωστά το μεσαίο αυτί, η πίεση του αέρα πίσω από το τύμπανο που περιβάλλει τα οστά πρέπει να είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Ο ευσταχιανός σωλήνας ανοίγει ελάχιστα κατά τη κατάποση και το χασμουρητό, επιτρέποντας έτσι την ισοστάθμιση της πίεσης. Αν οι πιέσεις διαφέρουν, η επίδραση του μεσαίου αυτιού μειώνεται σημαντικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι πτήσεις με αεροπλάνο, όπου η αυξομειώση του ύψους δημιουργεί την εντύπωση ότι τα αυτιά “βουλώνουν”, και επανέρχονται όταν ανοίγουμε το στόμα¹⁵. Κανονικά ο ευσταχιανός σωλήνας σχηματίζει έναν αεροστεγή θάλαμο και ο αέρας στο μεσαίο αυτί είναι σφραγισμένος. Σε περίπτωση όμως που προκύψει υψηλή ηχητική πίεση (μεγαλύτερη από 80 με 90 decibel) στο τύμπανο, συμβαίνει μια αντανάκλαστική σύσπαση στους μύς του μεσαίου αυτιού ονομαζόμενη ακουστικό αντανάκλαστικό (Acoustical Reflex), και ευθύνεται για την απώλεια ακοής με το πέρασμα του χρόνου¹⁶. Να σημειωθεί ότι ο ευσταχιανός σωλήνας έχει και μια ακόμα λειτουργία έκτακτης ανάγκης, την αποστράγγιση του υγρού σε περίπτωση μόλυνσης του αυτιού.

Στο εσωτερικό αυτί, ο κοχλίας ευθύνεται για τη μετατροπή των δονήσεων σε “νευρικές πυροδοτήσεις”. Είναι ένα σπειροειδές όργανο, γεμάτο ενδολεμφικό υγρό που περιέχει και κυτταρικά τριχίδια. Η κίνηση των τριχιδίων προκαλεί τις νευρικές παρορμήσεις. Ο σωλήνας του κοχλίου έχει μήκος περίπου 35 χιλιοστά μήκος και σημειώνει σχεδόν 2.5 περιστροφές. Διχοτομείται από δύο μεμβράνες που σχηματίζουν ένα τριγωνικό διαμέρισμα, την βασική (ή τυμπανική) και την αιθουσαία μεμβράνη (ή μεμβράνη Reissner από τον Ernst Reissner). Τα τριχίδια βρίσκονται σε αυτό τον χώρο στερεωμένα στο κάτω μέρος. Οι δονήσεις του αέρα ενισχυμένες από το μεσαίο αυτί, προκαλούν ένα κύμα πίεσης στο υγρό το οποίο αλλοιώνει την βασική μεμβράνη, και μέσω αυτής της επίδρασης τα τριχίδια κυρτώνουν προκαλώντας έτσι το νευρικό ερέθισμα¹⁷. Οι δονήσεις αρχικά ενεργοποιούν τα οστά που είναι κολλημένα στο παράθυρο και με την κίνησή τους δονείται το υγρό. Ένα εσωτερικό κούνημα του παραθύρου προκαλεί μια ροή υγρού γύρω από τις καταλήξεις της τυμπανικής μεμβράνης. Ο ήχος που

¹¹Everest, F. A. (2001). *The Master Handbook of Acoustics*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill. σ. 34.

¹²Blauert, J. (1996). *Spatial hearing: the Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. σ. 63. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6391.001.0001>

¹³Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 462.

¹⁴Everest, F. A. (2001). *The Master Handbook of Acoustics*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill. σ. 34.

¹⁵Handel, S. 1989. *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 467.

¹⁶Blauert, J. (1996). *Spatial hearing: the Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. σ. 54. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6391.001.0001>

¹⁷Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 468.

διεγείρει το παράθυρο έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στάσιμων κυμάτων στη μεμβράνη. Το μέγιστο πλάτος των κυμάτων αυτών αλλάζει βάσει της συχνότητας του ακουστικού συμβάντος¹⁸.

Για περαιτέρω εμβάθυνση στο νευρικό σύστημα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο αιθουσαίο κοχλιακό νεύρο (Vestibulocochlear Nerve). Το συγκεκριμένο όργανο (στις κλινικές μελέτες επονομάζεται και όγδοο κρανιακό νεύρο), είναι ένα αισθητήριο νεύρο που χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: την αιθουσαία ρίζα και την κοχλιακή ρίζα. Και οι δύο συνδέονται με τα κύτταρα του εγκεφαλικού στελέχους. Οι ίνες και από τις δύο ρίζες συγχωνεύονται για να σχηματίσουν τον αιθουσαίο κορμό του νεύρου, ο οποίος καταλήγει στο εσωτερικό αυτί και διασπάται ξανά στο κοχλιακό και αιθουσαίο τμήμα που τροφοδοτούν τους ιστούς του εσωτερικού αυτιού, παρέχοντας ειδικές αισθητηριακές λειτουργίες όπως ακοή αλλά και ισορροπία¹⁹.

¹⁸Everest, F. A. (2001). *The Master Handbook of Acoustics*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill. σ. 39.

¹⁹Vaskovic, J. (2023, November 03). *Vestibulocochlear nerve*, Kenhub. <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-vestibulocochlear-nerve>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΟΝ ΗΧΟ - ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Μέχρι και πριν χίλια οχτακόσια χρόνια, οι φιλόσοφοι είχαν μια βασική γνώση πως ο ήχος εισερχόταν στο αυτί για να συνεχίσει το ταξίδι του στον εγκέφαλο μέσω ενός ακουστικού νεύρου. Το 1543 εισάγονται οι βιολογικοί όροι όπως το “σφυρί” (εννοώντας τη κατασκευαστική δομή των οστών) και το “αμόνι” από τον Βέλγο φυσικό Andreas Vesalius²⁰.

Η ανταπόκριση του αυτιού στα ηχητικά κύματα έχει πολλά και διαφορετικά χαρακτηριστικά. Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται στο πέρασμα από το μεσαίο στο εσωτερικό αυτί. Τα τρία οστά στηρίζονται από δύο ζευγάρια μυών, τον τυμπανικό μυ συνδεδεμένο στο “σφυρί” και τον σταπέδιο μυ συνδεδεμένο στον αναβολέα. Όταν διεγερθεί από υψηλής έντασης ήχους, ο σταπέδιος μυς συσπάται. Η μυική σύσπαση, σκληραίνει την οστική αλυσίδα και ελαττώνει τις δονήσεις χαμηλής συχνότητας (κάτω των 1000 Hz) που φτάνουν στο παράθυρο του εσωτερικού αυτιού. Η δύναμη και ο χρόνος του αντανakλαστικού είναι συνάρτηση της έντασης του ήχου. Συνήθως η διέγερση επιτυγχάνεται σε μέτρια ηχητικά επίπεδα (περίπου 65 decibel), ενώ επηρεάζει σημαντικά την ακοή σε επίπεδα άνω των 90 db. Οι μετρήσεις των ακουστικών αντανakλαστικών χρησιμεύουν στη διάγνωση παθήσεων του αυτιού. Το ακουστικό σύστημα έχει τις πιο περίπλοκες διασυνδέσεις από κάθε άλλο σύστημα αισθήσεων. Η πλειοψηφία (70%) των νευρικών διόδων είναι ετερόπλευρες στην αντίθετη μεριά. Οι υπόλοιπες είναι ομόπλευρες, ανεβαίνοντας από το ένα αυτί στον φλοιό της ίδιας μεριάς. Υπάρχουν νευρικές δίοδοι που περνούν από 4 ή 5 σημεία αναμετάδοσης πριν φτάσουν στον φλοιό. Άλλες δίοδοι παρακάμπτουν τους πυρήνες (Nuclei) και έρχονται σε απευθείας επαφή με υψηλότερου επιπέδου πυρήνες. Αυτή η περιπλοκότητα βέβαια, οφείλεται στον μικρο αριθμό τριχιδίων στον κοχλία. Το ακουστικό σύστημα έχει τον ρόλο να ταυτοποιεί ένα γεγονός όπως επίσης και την τοποθεσία του. Σε κάθε επίπεδο του ακουστικού συστήματος υπάρχει μια “τονο-τοπική” οργάνωση, διαφορετικές συχνότητες παρουσιάζονται χωρικά σε κάθε πυρήνα, κάτι που υποδεικνύει ότι οι απόλυτες συχνότητες είναι συνεπώς κωδικοποιημένες. Επιπλέον σε κάθε πυρήνα υπάρχουν κύτταρα που ανταποκρίνονται σε αλλαγές στη συχνότητα και την ένταση αλλά όχι τόσο στους σταθερούς ήχους. Εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετά κενά για την πλήρη κατανόηση του συστήματος της ανταπόκρισης. Έρευνες μέχρι τώρα περιγράφουν μόνο τη ποικιλία των κυττάρων στους ακουστικούς πυρήνες. Δεν φαίνεται να υπάρχει μεγάλη σχέση μεταξύ των κυττάρων στα διαφορετικά επίπεδα του νευρικού συστήματος αλλά ούτε και μεταξύ κυττάρων στους ίδιους πυρήνες. Πολλά συμπεράσματα έχουν προκύψει από την καταγραφή της δραστηριότητας των νευρικών ινών, η σημαντική νευρική πληροφορία όμως μπορεί να βρίσκεται στα μοτίβα που σχηματίζονται από τις νευρικές πυροδοτήσεις μεταξύ διαφορετικών κυττάρων ή ομάδων τους. Σχετικά με την τοποθεσία, στο μάτι τα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς αναλύουν τη θέση στον χώρο άμεσα. Στο αυτί η τυμπανική μεμβράνη δονείται με βάση τη συχνότητα και την ένταση, όχι την τοποθεσία. Για τέτοιο εντοπισμό, χρειάζεται σύγκριση της διέγερσης στα δύο αυτιά η οποία απαιτεί διακριτούς πυρήνες όπου συγκλίνουν οι ίνες από το κάθε αυτί (διακουστική διαφορά). Αν υπάρχει κάποια παραλληλία μεταξύ των φυσικών διαφορών των ακουστικών σημάτων και των ψυχολογικών διαφορών στην ακρόαση, θα πρέπει να υπάρχουν κύτταρα που να ανταποκρίνονται μόνο σε αυτές τις διαφορές²¹.

Όλη η πληροφορία από το εσωτερικό αυτί προς τον εγκέφαλο περνάει από περίπου τριάντα χιλιάδες (30.000) προσαγωγές νευρικών ινών (afferent nerve fibers). Αυτές οι ίνες διαφέρουν σε δραστηριότητα και έκταση από τη συχνοτική τους ανταπόκριση. Η διανομή των συχνοτήτων που προκύπτουν περιφερειακά στον κοχλία συμβαίνει εντός αυτών των ινών, δηλαδή η χαρακτηριστική συχνότητα μια ίνας καθορίζεται από εκείνο το μέρος της βασικής μεμβράνης το οποίο διεγείρει ένα

²⁰Maoz, S. L. L., & Canalis, R. F. (2021). From Galen to Eustachio: Discovering the Anatomy of the Facial Nerve. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 42(9), 1434–1441. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003227>

²¹Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 480.

τριχίδιο. Έτσι σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι ίνες τείνουν να διατηρούν τη χωρική σχέση μεταξύ τους, έχει ως αποτέλεσμα στη συστηματική διευθέτηση ανταποκρίσεων συχνότητας σύμφωνα με την τοποθεσία στα κέντρα του εγκεφάλου (τονο-τοπική οργάνωση). Καταγεγραμμένες επιδράσεις στο περιφερειακό τμήμα μπορούν να εντοπιστούν και στις νευρικές ίνες. Για παράδειγμα σε ήχους χαμηλής έντασης, μια διέγερση που περιέχει πολλές συχνότητες διεγείρει πολλές ξεχωριστές μικρές ομάδες νευρικών ινών. Σε μεγάλες εντάσεις όμως οι ίνες γίνονται λιγότερο επιλεκτικές, που σημαίνει ότι ένας ηχητικός τόνος ενεργοποιεί πολλές ίνες σε διαφορετικές τοποθεσίες. Η δυναμική έκταση των τριχιδίων (άρα και των ινών), υπολογίζεται περίπου στα σαράντα με εξήντα decibel (40-60 dB). Παρά τις συνθήκες αυτές, ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί εντάσεις έκτασης άνω των 100 dB εξαιτίας δύο παραγόντων: πρώτον το περιφερειακό τμήμα προκαλεί μια δυναμική συμπίεση, και δεύτερον σε υψηλές εντάσεις διαφορετικές ίνες ενεργοποιούνται ανάλογα με την ευαισθησία τους. Σε χαμηλές συχνότητες οι ίνες ανταποκρίνονται σύμφωνα με την στιγμιαία φάση της ταλάντωσης της μεμβράνης. Σε συχνότητες άνω των τριών χιλιάδων πεντακοσίων kilo Hertz (3500kHz), αυτός ο συγχρονισμός φάσης εξαφανίζεται²².

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.1 ΑΚΡΟΑΣΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

Όταν κάποιος ερωτάται τι ακριβώς ακούει, η συνήθης απάντηση περιγράφει τις ηχητικές πηγές που περιτριγυρίζουν τον ακροατή. Η αναγνώριση των πηγών αυτών έχει και οικολογική σημασία καθώς έχει προσαρμοστεί από το ένστικτο της επιβίωσης (εντοπισμός φαγητού, αποφυγή θηρευτών, επικοινωνία). Όταν ακούμε ήχους στο περιβάλλον, αυτοί συγχέονται σε ένα περίπλοκο ηχητικό πεδίο και στα αυτιά δεν καταλήγουν ως ανεξάρτητοι ήχοι. Στο πλαίσιο της αντίληψης, η ταυτοποίηση της ηχητικής πηγής αναφέρεται συχνά ως ηχητικό αντικείμενο, εικόνα ή οντότητα. Το ηχητικό πεδίο κωδικοποιείται στο περιφερειακό νευρικό σύστημα και κατόπιν το επεξεργάζονται τα ανώτερα νευρικά κέντρα. Για την μελέτη τους συνήθως χρησιμοποιείται το μοντέλο κρίσιμης ζώνης (critical band model) από τον Harvey Fletcher το οποίο προβλέπει την ανάλυση των ακουστικών νεύρων (ή καναλιών) ξεχωριστά, όπου κάθε ένα ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων περιγράφοντας έτσι το λεγόμενο “ακουστικό φίλτρο”. Το μοντέλο εξηγεί γιατί ο εντοπισμός ενός σήματος μπορεί να μείνει ανεπηρέαστος από την ύπαρξη ακουστικών μασκών (maskers) διαφορετικής συχνότητας. Το ακουστικό σύστημα εστιάζει στο “κανάλι” το οποίο ανταποκρίνεται στη συχνότητα του σήματος και φιλτράρει τις άλλες συχνότητες. Κατόπιν περαιτέρω έρευνας με τη βοήθεια του μοντέλου, έχει φανεί πως το ακουστικό σύστημα κάνει συγκρίσεις πληροφορίας μεταξύ μεγάλου εύρους συχνοτικών περιοχών που του επιτρέπει την σύνθετη ανάλυση πολλών μεταβλητών για την ηχητική αναγνώριση²³.

Δεν είναι ότι ακούμε μόνο σε ένα επίπεδο, πχ μια μελωδία και όχι νότες ή αρμονικές. Ουσιαστικά ο άνθρωπος μπορεί να ακούει σε όλα τα επίπεδα και πολλές φορές αποφασίζει σε ποια να εστιάσει. Σε έναν ήχο μπορεί να ακούσει διάφορα φυσικά χαρακτηριστικά: ένταση, διάρκεια, τονικό ύψος, βιμπράτο..με κάποια από αυτά να έχουν πιο σημαντικό ρόλο ανάλογα με τη χρήση τους πχ το τονικό ύψος είναι πολύ πιο σημαντικό στη μουσική από την ομιλία (η αλλαγή συχνότητας δεν αλλάζει το νόημα μιας λέξης όταν προφέρεται). Σε δεύτερο επίπεδο μπορεί να αντιληφθεί χαρακτηριστικά που δεν μεταφράζονται με κάποια φυσική μέτρηση όπως η τραχύτητα ή το βάθος. Σε ένα τρίτο επίπεδο ερμηνεύει το ηχητικό σήμα με αντικείμενα, πχ ένα αόρητο ξύσιμο σε “γρατζούνισμα” ενός βιολιού. Σε κάθε επίπεδο ο ήχος εκφράζει νοήματα τα οποία προσδιορίζουν μια φυσική ενέργεια και είναι μια απόπειρα να διασαφηνιστούν λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά του ηχητικού γεγονότος.

²²Zwicker, E., & Fastl, H. (1999). *Psychoacoustics: Facts and models* (2nd edition). Heidelberg: Springer Verlag. σ. 61-62. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-09562-1>

²³Yost, A. William. “Current Directions in Psychological Science, Vol. 1, No. 6. December, 1992. Σελ. 179-180

Δεν υπάρχει μια και ενιαία θεωρία για την αντίληψη, όμως ένα αισθητικό γεγονός τείνει να αναγνωρίζεται από το χρονικό του όριο. Αυτή η εντύπωση δεν προκαλείται από τη δομή του ακουστικού κύματος, η αρχή και το τέλος συχνά ακολουθούνται από διαστήματα ησυχίας. Για αυτό τον λόγο, για να αναλυθεί, είναι σημαντική η διχοτόμηση ενός ακουστικού σήματος σε μικρότερες, πιο κατανοητές μονάδες. Η διάσπαση της ροής της ακουστικής ενέργειας σε ξεχωριστά γεγονότα εξαρτάται από τις ερμηνείες τους στα διάφορα επίπεδα ακοής, αλλά και οι ίδιες οι ερμηνείες βασίζονται στην ταυτοποίηση των μονάδων που αποτελούν το σήμα, το αποτέλεσμα είναι μια συνεχώς επαναλαμβανόμενη διαδικασία με πολλά αλληλοεξαρτώμενα στοιχεία²⁴. Φυσικά η μουσική είναι αρκετά πιο εύκολο να αποκωδικοποιηθεί χάρη στην οργανωτική της μορφή.

Η μουσική γίνεται αντιληπτή με όρους των ίδιων των φθόγγων. Οι φθόγγοι οργανώνονται σε μελωδίες, ρυθμούς, κλίμακες κτλ. Το νόημα και το συναισθηματικό περιεχόμενο της μουσικής έρχεται από την αντίληψη της σχέσης των φθόγγων μεταξύ τους. Αντίθετα, ο λόγος γίνεται αντιληπτός με βάση το νόημα των ήχων, όμως η σχέση των ήχων ομιλίας με την αξία που παρουσιάζουν είναι τελείως αυθαίρετη. Κατά την ακρόαση μουσικής ο θεατής ακούει θέματα, αρμονίες, μελωδίες, ρυθμούς. Αυτά είναι οργανωμένα στοιχεία που προκύπτουν και από τις νότες αλλά και από τον θεατή. Ένα μουσικά εκπαιδευμένο αυτί ακούει όργανα, χρωματικές κλίμακες, παραλλαγές τους θέματος, αλλοιώσεις φθόγγων. Και τα δύο είναι είδη ήχων βρίσκονται σε συνοχή οργανωμένων μοτίβων. Ωστόσο η μουσική είναι ήχος που παράγεται σε μοτίβα που βασίζονται σε περισσότερες ιδιότητες από ότι τα μοτίβα του λόγου κάνοντας πιο σύνθετη τη διαδικασία αντίληψής της. Οι ακτίνες φωτός που αντανακλούνται από ένα αντικείμενο και φτάνουν στο μάτι εξαρτώνται από τον φωτισμό, και τη θέση του ίδιου του παρατηρητή. Η αντίληψη όμως είναι ίδια. Η άνοδος σε έναν λόφο απαιτεί διαφορετική προσέγγιση κινήσεων από την κάθοδο, το βάδισμα όμως είναι ένα. Οι ψυχολόγοι έχουν συμφωνήσει στον όρο “Σταθερές” (Constancies) για αυτά τα φαινόμενα και χρησιμοποιούνται για να απαντηθούν τα πολύ βασικά ερωτήματα της αντίληψης στην καθημερινότητα²⁵.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΗΧΟΥ

Ο θόρυβος μπορεί να δώσει σε ένα όργανο ή μία φωνή μια ιδιαίτερη ποιότητα. Ένας θόρυβος μπορεί να έχει συσχετιστεί με ένα όργανο όπως οι ενδιάμεσες αναπνοές ενός παίκτη φλογέρας ή ενός τραγουδιστή ή ακόμα και η ολίσθηση στη ταστιέρα μιας κιθάρας. Γενικά, οι ιδιότητες συχνότητας, διάρκειας, έντασης και θορύβου αναλύονται σαν ξεχωριστές αξίες που εφαρμόζονται σε συγκεκριμένα στοιχεία. Στη πραγματικότητα όμως είναι απόλυτα σχετικές μεταξύ τους καθώς ο εγκέφαλος του ακροατή έχει να ερμηνεύσει πληροφορίες για τη συχνότητα και την ένταση για ένα συγκεκριμένο μέρος το οποίο το συγκρίνει με το συνολικό φάσμα τιμών έντασης και συχνότητας του ακουστικού γεγονότος. Οι ιδιότητες αυτές επηρεάζουν το ηχητικό σήμα σε όλα του τα επίπεδα, είτε πρόκειται για νότες, φωνήματα, διαστήματα, συλλαβές, φράσεις, λέξεις. Συχνότητα, διάρκεια, ένταση, θόρυβος, εξάγουν πληροφορία στην οποία ο ακροατής δείχνει αρκετή προσοχή. Εάν εστω και έμμεσα είναι δυνατόν να αναλυθούν τόσες παρασκηνακές πληροφορίες ενός ηχητικού γεγονότος, προκύπτει εύλογα το ερώτημα: Τι ακριβώς ακούμε?

Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι και το περιβάλλον ή ο χώρος στον οποίο συμβαίνει ένα ακουστικό γεγονός. Το ακουστικό κύμα μπορεί να αλλοιωθεί περαιτέρω ή και να ελαττωθεί, επηρεασμένο από τις αντανακλάσεις, τον θόρυβο, ή την αντήχηση. Σε έναν κλειστό χώρο, το

²⁴Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 182.

²⁵Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 183.

κύμα δεν συγκρούεται μόνο στις έξι επιφάνειες ενός δωματίου, αλλά και με όποια εμπόδια (αντικείμενα ή άνθρωποι) βρίσκονται εντός. Κάθε είδος και σχήμα επιφάνειας, απορροφάει, αντανακλάει και διαχέει τον ήχο με διαφορετικούς τρόπους. Το αυτί ακούει και το μυαλό καθορίζει αναλόγως αν ο χώρος είναι ανοιχτός ή κλειστός, το μέγεθος του χώρου, τον αριθμό των εμποδίων και την τοποθέτησή τους. Ένα φυσικό γεγονός μπορεί να περιλαμβάνει πάνω από έναν ήχο, όπως ένα οπτικό αντικείμενο μπορεί να έχει παραπάνω από μία περιοχή. Για παράδειγμα ένας ήχος βηματισμού μπορεί να προκαλέσει συγκεκριμένη εντύπωση παρόλο που αποτελείται από ξεχωριστούς ήχους. Ένας τραγουδιστής με συνοδεία ενός οργάνου ακούγονται να έχουν συνάφεια άσχετα αν οι συνθέσεις τους περιέχουν ευδιάκριτα στοιχεία (νότες). Μαζί σχηματίζουν μια αντιληπτική οντότητα (performance) που είναι πιο ξεκάθαρη από άλλους ήχους. Το συμπέρασμα είναι ότι η ψυχική μας ερμηνεία των ακουστικών γεγονότων έχει πολλαπλές μεθόδους λειτουργίας και μάλιστα σε τέτοιο βαθμό που σκέτη η λέξη “ήχος” να μην επαρκεί²⁶.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.3 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΗΧΟΥ – ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Εάν οι ιδιαίτεροι περιβαλλοντικοί ήχοι ήταν συνεχόμενοι ή αργά μεταβαλλόμενοι, το εξωτερικό ακουστικό σύστημα θα μπορούσε κάλλιστα να δομούνταν από ένα κινούμενο αυτί. Η πηγή του ήχου θα μπορούσε να εντοπιστεί “κουρδίζοντας” το αυτί ώστε να πετύχει τη μέγιστη ένταση του ήχου (Localization). Ωστόσο η πληροφορία εντοπισμού είναι προσωρινή και ένας εύστοχος εντοπισμός εξαρτάται από τη φάση, την ένταση και την φασματική σύγκριση των δύο σημάτων που λαμβάνονται από κάθε αυτί. Για να επιτευχθεί πιο αποτελεσματικά ο εντοπισμός, η εξέλιξη του αυτιού οδήγησε σε μεγαλύτερη ευαισθησία στις διαφορές έντασης των υψηλών συχνοτήτων, και επιπλέον ικανότητες για διαχωρισμό ηχητικών μίξεων, ενώ η εξέλιξη της εγκεφαλικής δομής επέτρεψε τη δυνατότητα ανάλυσης των χρονικών και φασματικών διαφορών μεταξύ των αυτιών. Χωρίς αυτές τις βιολογικές προσαρμογές (που επέφεραν οι ανάγκες για επιβίωση), ο λόγος και η μουσική δεν θα μπορούσαν να υπάρξουν. Αρχικά ο όρος του “εντοπισμού εκπροσωπεί τον κανόνα (ή μέθοδο) με τον οποίο η τοποθεσία ενός ακουστικού συμβάντος σχετίζεται με μία ή περισσότερες ιδιότητες του ίδιου του ήχου, ή με ένα άλλο ακουστικό συμβάν με το οποίο να συνδέεται. Όπως για παράδειγμα ο συσχετισμός του ακουστικού γεγονότος με την απόσταση από την πηγή του, η σχέση της κατεύθυνσής του με την διακουστική διαφορά του σήματος, και η σχέση της κατεύθυνσης με το πλάτος κίνησης της κεφαλής. Το “θάμπωμα εντοπισμού” (Localization Blur), λέγεται η ελάχιστη αλλαγή σε συγκεκριμένες ιδιότητες του ηχητικού συμβάντος, ή ενός άλλου συσχετιζόμενου γεγονότος το οποίο μπορεί να επηρεάσει τον εντοπισμό. Παράδειγμα μπορεί να είναι το θάμπωμα της κατεύθυνσης του γεγονότος όταν η ηχητική πηγή μετατοπιστεί πλευρικά ή το θάμπωμα της απόστασης σε περίπτωση φασματικών αλλαγών του σήματος. Χαρακτηριστικά ερωτήματα που εγείρονται είναι:

- 1) που εμφανίζεται ένα ηχητικό γεγονός δεδομένης της θέσης της πηγής?
- 2) Ποια είναι η μικρότερη δυνατή αλλαγή στη θέση της πηγής που θα επιτρέψει την ανίχνευση της μετατόπισης αυτής²⁷?

Ο ήχος φθάνει πρώτα στο αυτί που είναι κοντύτερα στην πηγή. Αυτή η διαφορά του χρόνου άφιξης μας βοηθάει να καθορίσουμε την κατεύθυνση της προέλευσης του ήχου. Παρόλαυτα, η ικανότητά μας να αναγνωρίσουμε τη θέση της πηγής είναι καλύτερη από όσα συνεισφέρει αυτή η χρονική διαφορά.

²⁶Street, S. (2020). *The Sound of a Room - Memory and the Auditory Presence of Place*. New York: Routledge. σ. 5.

²⁷Blauert, J. (1996). *Spatial hearing: the Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. σ. 37. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6391.001.0001>

Ο υπολογισμός της απόστασης και του ύψους της πηγής μπορεί να γίνει και με το ένα αυτί “κουφό” (ωστόσο πιο άστοχα καθώς βασιζόμαστε στην στερεοφωνική ακοή για τον υπολογισμό της θέσης). Το περίεργο σχήμα του πτερυγίου του αυτιού έχει βασικό ρόλο. Οι υψηλές συχνότητες (άνω των 2000 ή 3000 hertz), αντανakλούνται περισσότερες φορές στα δομικά θεμέλια του πτερυγίου με τρόπο που διαφέρει από το αξιμούθιο, τη γωνία προσέγγισης στο ύψος του ορίζοντα. Μόλις τα κύματα φθάσουν στο κανάλι, φέρουν πληροφορία για την κατεύθυνση τους σε μορφή επαναλαμβανόμενων κορυφών και κοιλάδων²⁸.

Πιο συγκεκριμένα, το νόημα της λέξης Localization όπως εφαρμόζεται από τα προηγούμενα ερωτήματα, βρίσκεται στη μαθηματική συνάρτηση του σημείου της πηγής στον φυσικό χώρο και αυτό του ακουστικού χώρου. Οι χώροι αυτοί δεν είναι ταυτόσημοι με την ευρύτερη έννοια. Η θέση της πηγής αλλά και ο τύπος του σήματος που εκπέμπει επηρεάζουν τον εντοπισμό. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες ο εντοπισμός είναι διαφορούμενος, δηλαδή συμβαίνουν ταυτόχρονα διαφορετικά ακουστικά γεγονότα σε διαφορετικές θέσεις ακόμα και όταν υπάρχει μόνο μία πηγή. Αυτό τον κάνει να ποικίλει μέσα σε κάποια όρια μεταξύ των υποκειμένων και να παίρνει μη αναγνωρίσιμες μορφές με τον καιρό. Το θάμπωμα αντανakλά το γεγονός ότι ο ακουστικός χώρος είναι λιγότερο διαφοροποιημένος από τον χώρο στον οποίο υπάρχει η ηχητική πηγή. Σε ένα σημείο μια πηγή παράγει ήχο ο οποίος διαχέεται μέχρι έναν βαθμό στον χώρο και πολλές φορές δεν είναι επιτυχής η αναγνώρισή του. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι η περιοχή της πιο εύστοχης χωρικής ακοής βρίσκεται στην εμπρόσθια κατεύθυνση του ακροατή και εντός αυτής, μια πλευρική μετατόπιση της πηγής οδηγεί πολύ ευκολότερα σε αλλαγή θέσης του ακουστικού γεγονότος. Συνεπώς, το θάμπωμα της θέσης για αλλαγή του αξιμούθιου της πηγής χρησιμοποιείται για την μελέτη της μέγιστης χωρικής ανάλυσης του ακουστικού συστήματος²⁹.

Ο τύπος του σήματος σχετίζεται με την επίδραση της συχνότητας στην όλη διαδικασία. Ο εντοπισμός των καθαρών ημιτονοειδών και άλλων σημάτων στενής ζώνης (Narrow-band), διαφέρει αυτών της ευρείας (Broadband). Ο εθνομουσικολόγος Eric Von Hornbostel είχε δηλώσει πως το κελάηδισμα ενός πουλιού ακούγεται σαν να αλλάζει θέση όμως το ίδιο το πουλί παραμένει ακίνητο. Όταν η συχνότητα του σήματος αλλοιωθεί έστω και λίγο, δημιουργείται η ψευδαίσθηση πολλών ακουστικών γεγονότων από διαφορετικές κατευθύνσεις. Το κάθε ένα ξεχωριστά έχει τονικότητες που σχετίζονται είτε με τη συχνότητα της θεμελίου νότας (τονική), είτε με τις συχνότητες των αρμονικών του σήματος που εκπέμπεται. Ένα άλλο πρόβλημα του εντοπισμού είναι το γεγονός να μην ακούγεται από την αναμενόμενη κατεύθυνση, αλλά να καταφθάνει από μια περιοχή, περισσότερο ή λιγότερο αξονικά συμμετρική σε σχέση με τον άξονα των αυτιών (η θεωρητική γραμμή που ενώνει τα δύο αυτιά)³⁰.

Όταν τα ακουστικά κύματα μεταφράζονται σε γεγονότα από την οργανωμένη ερμηνευτική διαδικασία του εγκεφάλου, η διαδικασία αυτή αποκαλείται “διαχωρισμός ρευμάτων” (Stream Segregation). Ο όρος επεξηγεί πως κάθε ακουστικό γεγονός γίνεται ένα ξεχωριστό ρεύμα αφού από την ανάλυση του κύματος προκύπτουν ταυτόχρονα συνυφασμένα ρεύματα. Τα πρώτα πειράματα που έγιναν για την κατανόηση του όρου είχαν κίνητρο την αναγνώριση της επιλεκτικής εστίασης στην ακρόαση, και στο ερώτημα του υπό ποιες συνθήκες ο άνθρωπος μπορεί να δώσει έμφαση σε ένα συγκεκριμένο σήμα από μια πληθώρα που λαμβάνει ταυτόχρονα. Γενικά ο άνθρωπος μπορεί να πραγματοποιήσει και να εστιασει σε μια συζήτηση σε ένα θορυβώδες περιβάλλον ή με πολλές ακόμα συνομιλίες. Το λεγόμενο “cocktail party effect”. Η διαφορά στην αντιληπτή τοποθεσία είναι από του βασικούς πυλώνες του διαχωρισμού ρεύματος³¹.

²⁸Heller, J. E. (2013). *Why You Hear What You Hear*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. σ. 418.

²⁹Blauert, J. (1996). *Spatial hearing: the Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. σ. 38. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6391.001.0001>

³⁰Blauert, J. (1996). *Spatial hearing: the Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. σ. 43. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6391.001.0001>

³¹Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 189.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί και να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο φαινόμενο της επικάλυψης ή μάσκας (Masking Effect). Το φαινόμενο αυτό έχει σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή και εξηγεί την διαδικασία που οδηγεί σε φαινόμενα όπως το “Cocktail Party Effect”. Μια συζήτηση μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς προστριβές σε μια ήσυχη περιοχή του δρόμου, οπότε χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για την ομιλία. Εάν όμως προκύψει ο οποιοσδήποτε δυνατός ήχος (όπως ένα φορτηγό που περνάει με ταχύτητα), η συνομιλία διακόπτεται αυτομάτως καθώς οι ήχοι των συνομιλητών επικαλύπτονται από τον ήχο του οχήματος. Κάτι παρόμοιο μπορεί να συμβεί και σε μία ορχήστρα εάν δεν υπάρχει καλή ισοστάθμιση των εντάσεων των οργάνων. Για να μετρηθεί το φαινόμενο της μάσκας ποσοτικά, πρέπει να οριστεί ένα κατώφλι. Το κατώφλι ουσιαστικά είναι η ηχητική πίεση ενός δοκιμαστικού ήχου (συνήθως απλού ημιτονοειδούς), που χρειάζεται ώστε να είναι μόλις ακουστός υπο τη παρουσία μιας ηχητικής παρεμβολής. Σχεδόν πάντα το κατώφλι της μάσκας βρίσκεται πάνω από το όριο της ησυχίας εκτός αν οι συχνότητες του δοκιμαστικού ήχου και της μάσκας διαφέρουν πολύ. Το φαινόμενο της επικάλυψης μπορεί να συμβεί ταυτόχρονα ή και ετερόχρονα με τον ήχο. Στη δεύτερη περίπτωση το φαινόμενο αποκαλείται προ-διεγερτική επικάλυψη (Pre-Stimulus Masking ή Premasking) και δεν είναι τόσο ισχυρό, αλλά αν ο δοκιμαστικός ήχος παραχθεί αφότου η μάσκα έχει παρέλθει το φαινόμενο ονομάζεται μετά-διεγερτική επικάλυψη (post-stimulus masking ή postmasking)³².

Τα μέρη των ακουστικών κυμάτων που έχουν σταθερές διαφωνικές διαφορές (όπως φάση, χρόνος, ένταση), βρίσκονται σε ένα σημείο του χώρου και γίνονται αντιληπτά σαν μία ηχητική πηγή. Είναι αρκετά πιο δύσκολο να παρακολουθήσουμε μια συνομιλία αν η πληροφορία της τοποθεσίας στον χώρο απαλοφεί, όπως για παράδειγμα μια ηχογράφηση πολλών φωνών με μονοφωνική έξοδο (mono output). Οι ακουστικοί νευρόνες “υπολογίζουν” την διαφωνική διαφορά σε συγκεκριμένους πυρήνες του νευρικού συστήματος (nucleus), και επικαλύπτουν τις πληροφορίες της τοποθεσίας με άλλες πιο σχετικές με τις φασματικές και χρονικές ιδιότητες του σήματος.

³²Zwicker, E., & Fastl, H. (1999). *Psychoacoustics: Facts and models* (2nd edition). Heidelberg: Springer Verlag. σ. 61-62. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-09562-1>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΔΙΧΟΤΙΚΗ ΑΚΟΗ

Η ακοή είναι μια πιο σύνθετη λειτουργία από την όραση. Οι απολήξεις των αυτιών προς τον εγκέφαλο δεν είναι ολοκληρωτικά ετερόπλευρες, αλλά και σε ένα βαθμό διμερής. Παρόλαυτα τα ετερόπλευρα μονοπάτια προσφέρουν πλούσιο υλικό έρευνας χάρη σε αυτή τη λεγόμενη διχοτική τους αρχιτεκτονική. Η τεχνική της διχοτικής ακοής είναι η ακουστική παραλληλία σε μια παρουσίαση διαιρεμένων οπτικών πεδίων η οποία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της πειραματικής ψυχολογίας από τον Donald Broadbent. Ο Broadbent ανέφερε πως λόγω περιορισμένης χωρητικότητας, το σύστημα επεξεργασίας πληροφορίας του ανθρώπου πρέπει να επιλέξει σε ποιο κανάλι διέγερσης να εστιάσει, να δώσει δηλαδή τη μεγαλύτερη προσοχή³³. Η Doreen Kimura το 1961 μίλησε για εγκεφαλική πλευροποίηση (Cerebral Laterization) και για το πλεονέκτημα του δεξιού αυτιού (Right Ear Advantage), βασισμένη στην ασυμμετρία που είχε πλέον παρατηρηθεί στον εγκέφαλο (την οποία ο Broadbent δεν είχε λάβει υπόψιν στα πειράματά του). Η λογική πίσω από τη διχοτική ακοή είναι όμοια με της όρασης αλλά όχι εντελώς. Η διέγερση στο δεξί αυτί δείχνει να κατευθύνεται στο αριστερό ημισφαίριο, όπως και του αριστερού αυτιού στο δεξί ημισφαίριο. Μια βασική διαφορά είναι ότι στη διχοτική ακοή παρουσιάζονται και στα δύο αυτιά ταυτόχρονα δύο διαφορετικές διεγέρσεις μη δίνοντας έτσι χρόνο στο μυαλό να εστιάσει εύκολα. Η Kimura με τα δικά της πειράματα προσέδωσε την ύπαρξη του REA μοντέλου στις υπεράριθμες ετερόπλευρες ακουστικές οδούς και την εξειδίκευση των περιοχών του αριστερού κροταφικού λοβού στην επεξεργασία του λόγου³⁴³⁵. Παρόλο που η διχοτική ακοή έχει συνεισφέρει στην πειραματική ψυχολογία, οι μελέτες της εξακολουθούν να είναι περιορισμένες λόγω των τεχνικών απαιτήσεων αλλά και των δυσκολιών που φέρει η διμερής φύση των ακουστικών προβολών για την τελική ερμηνεία του ήχου. Έχουν όμως καταφέρει να αποδείξουν την σύνθετη πλευρική δραστηριότητα του εγκεφάλου μεταξύ των ημισφαιρίων, όπου το αριστερό τείνει να σχετίζεται περισσότερο με τους φωνητικούς και ακουστικούς τομείς όπως η γλώσσα και η αντίληψη του ακουστικού ερεθίσματος, ενώ το δεξί με τους μη λεκτικούς ήχους και την πολυδιάστατη ανταπόκριση στη μουσική. Τα ευρήματα εξακολουθούν να παραμένουν σε πειραματικό στάδιο όμως με τη πάροδο του χρόνου, η διχοτική ακοή έχει διευρύνει την έρευνα του ακουστικού συστήματος³⁶.

³³Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
<https://doi.org/10.1037/10037-000>

³⁴Graham, J. B. (2008). *Introduction to Neuropsychology*. New York: Guilford Press, σ. 207.

³⁵Hugdahl, K. (2011). Fifty years of dichotic listening research – Still going and going and. ... *Brain and Cognition*, 76(2), σ. 211.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.03.006>

³⁶Graham, J. B. (2008). *Introduction to Neuropsychology*. New York: Guilford Press, σ. 219.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Τα γεγονότα στον πραγματικό κόσμο αλληλοεπικαλύπτονται και “ανταγωνίζονται” το ένα το άλλο. Η ακουστική ενέργεια μπορεί να εξαφανιστεί από έναν δυνατότερο ήχο στο περιβάλλον. Λόγω αυτών των απρόοπτων, το αντιληπτικό σύστημα πρέπει να συμπεράνει εφόσον το γεγονός έχει απαλοιφή ή ο ήχος έχει κρύψει ένα συνεχόμενο γεγονός. Στη δεύτερη περίπτωση ο εγκέφαλος θα προσπαθήσει να “γεμίσει” αυτό το κενό. Αυτή η αυτοματοποιημένη λειτουργία οδηγεί σε προσδοκίες σχετικά με τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον εκείνη τη στιγμή και ο ακροατής αναμένει να ακούσει έναν συγκεκριμένο ήχο. Εάν το ακουστικό σήμα (το οποίο φέρει τη μάσκα), σηματοδοτεί ότι το ηχητικό γεγονός πράγματι συνέβη, ο ακροατής θα ακούσει μέσα από τον θόρυβο και θα αφουγκραστεί έναν ήχο που είναι πιθανό να μην υπάρχει. Το αποτέλεσμα αυτό έχει οριστεί ως ακουστική αποκατάσταση ή ακουστική επαγωγή. Στην αντίστροφη περίπτωση που έχουμε έναν ήχο σταθερής συχνότητας και υπάρξει ένα διάστημα ησυχίας ο ακροατής αντιλαμβάνεται τη διακοπή, εάν όμως στη θέση της ησυχίας προκύψει ένας δυνατότερος θόρυβος (ενώ έχει πράγματι διακοπεί η παραγωγή του αρχικού ήχου), ο ακροατής δηλώνει πως ο αρχικός ήχος ήταν συνεχής. Η ομοιότητα των ήχων που αναπαράγονται μαζί με τον θόρυβο δημιουργούν την εντύπωση πως δεν υπάρχει διακοπή. Σε γεγονότα ακουστικής αποκατάστασης, ο άνθρωπος μπορεί να αναγνωρίσει τον θόρυβο αλλά δεν μπορεί να καταλάβει την θέση του μέσα στο σήμα. Ο θόρυβος ουσιαστικά δημιουργεί τη μία ροή (Stream) και ο τονικός ήχος την άλλη (Διαχωρισμός Ρεύματος)³⁷.

³⁷Handel, S. (1989). *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, σ. 211.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.1 ΗΧΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Πολλές φορές θέλοντας να ξεφύγει από την δύσκολη καθημερινότητα, ο άνθρωπος προσπαθεί να βρίσκει τρόπους χαλάρωσης όσο πιο άμεσα γίνεται. Το άγχος, οι δυσκολίες της καθημερινής ζωής και το στρες μπορεί να οδηγήσουν σε κακή ψυχολογική κατάσταση και μοιραία μια χαμηλή ποιότητα ζωής. Για πολλούς, η χρήση φαρμάκων αποτελεί μονόδρομο, ωστόσο υπάρχουν και όχι τόσο γνωστές μέθοδοι που συχνά παραμελούνται από την πλειοψηφία των ανθρώπων καθώς δεν θεωρούνται αποτελεσματικές. Ένα παράδειγμα είναι η ηχοθεραπεία. Παρόλο που σαν όρος είναι γνωστός (κυρίως με τη χρήση της μουσικής για μουσικοθεραπεία), η μελέτη του δεν έχει δώσει ξεκάθαρα συμπεράσματα για τα αίτια της αποτελεσματικότητάς του. Η ηχοθεραπεία, στην οποία ακουστικές και δονητικές εισροές χρησιμοποιούνται για να επηρεάσουν τη φυσιολογική ή και ψυχολογική κατάσταση ενός ατόμου, περιλαμβάνει δονητική ακουστική ηχοθεραπεία (Vibroacoustic), μουσική και μουσικοθεραπεία. Οι ασκούμενοι της ηχοθεραπείας μπορούν να χρησιμοποιούν κουδουνίσματα, ψαλμωδίες ή ακόμα και κρουστά για να δημιουργήσουν συγκεκριμένες ηχητικές συχνότητες σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα σε μια προσπάθεια να προωθήσουν την υγεία και τη θεραπεία του νου και του σώματος. Η δονητική ακουστική ηχοθεραπεία είναι μια ηχητική τεχνολογία που χρησιμοποιεί ακουστικές δονήσεις για να μειώσει το στρες, να προωθήσει τη χαλάρωση με σκοπό να βελτιώσει την ψυχική υγεία. Οι ηχητικές συχνότητες εντός του εύρους της ανθρώπινης ακοής κατευθύνονται στο σώμα μέσω ενός συστήματος μορφοτροπέων (Transducers) ενσωματωμένων σε μαλακά έπιπλα. Οι υποστηρικτές αυτής της προσέγγισης προτείνουν ότι το πρωταρχικό αποτέλεσμα της δονητικής ακουστικής θεραπείας είναι η έναρξη μιας απόκρισης χαλάρωσης, όπως περιγράφεται από τον καθηγητή του Χάρβαρντ Herbert Benson στην έρευνά του “The Relaxation Response”. Πάντως έχουν δημοσιευθεί λίγες κλινικές δοκιμές σχετικά με τα αποτελέσματα της δονητικής ακουστικής θεραπείας³⁸.

Επίσης η ηχοθεραπεία τείνει να προτείνεται συχνά σε περιπτώσεις παθήσεων του αυτιού όπως οι εμβοές (βουητό στα αυτιά χωρίς κάποιο εξωτερικό ερέθισμα). Παρόλο που δεν υπάρχει οριστική θεραπεία για τη συγκεκριμένη πάθηση η ηχοθεραπεία βοηθάει να ανακουφιστούν τα συμπτώματα και να υπάρξει καλύτερη ρύθμιση του θορύβου ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο αντίκτυπός του στην καθημερινότητα. Να σημειωθεί πως η θεραπεία έχει λειτουργήσει για μερικούς ανθρώπους αλλά όχι για όλους. Κάνοντας χρήση εξωτερικού θορύβου αλλάζει η αντίληψη αλλά και η αντίδραση στις εμβοές. Οι έρευνες δείχνουν ότι η ηχοθεραπεία μπορεί να καταστείλει αποτελεσματικά τις εμβοές σε όσους ανθρώπους έχει επιτυχία. Δύο κοινοί τύποι ηχοθεραπείας είναι η κάλυψη (Masking), και η εξοικείωση (Habituation).

Masking: Αυτή η μέθοδος εκθέτει το άτομο σε θόρυβο περιβάλλοντος, όπως λευκό θόρυβο, ήχους της φύσης ή συγκεκριμένους ήχους περιβάλλοντος, για να καλύψει τον θόρυβο εμβοών ή να αποσπάσει την προσοχή από αυτές. Η ακρόαση ηχητικών μηχανών ή μουσικής μέσω ακουστικών ή άλλων συσκευών μπορεί να προσφέρει προσωρινά διαλείμματα από την αντίληψη των εμβοών. Είδη οικιακής χρήσης όπως ηλεκτρικοί ανεμιστήρες, ραδιόφωνα και τηλεοράσεις μπορούν επίσης να συνεισφέρουν χάρη στη σταθερή τους συχνότητα. Βέβαια για ανθρώπους με ακουστικά προβλήματα συνίσταται η χρήση ακουστικών βαρηκοΐας καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη εμβοών αυξάνοντας την ένταση στους εξωτερικούς θορύβους. Αυτό λειτουργεί με μεγαλύτερη επιτυχία όταν η απώλεια ακοής και οι εμβοές εμφανίζονται εντός του ίδιου εύρους συχνοτήτων.

Habituation: Επίσης γνωστή ως θεραπεία επανεκπαίδευσης εμβοών, η διαδικασία εκπαιδεύει τον εγκέφαλό να συνηθίσει περισσότερο στις εμβοές. Η συγκεκριμένη μέθοδος προβλέπει τη χρήση θορύβου

³⁸Deutsch, E. J., & Anderson, Z. E. (2008). *Complementary Therapies for Physical Therapy - A Clinical Decision-Making Approach*. Philadelphia: Saunders.

παρόμοιο με τον ήχο των εμβοών για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Εν τέλει ο εγκέφαλος μαθαίνει να αγνοεί τον τόνο, μαζί με τον ήχο των εμβοών. Η θεραπεία πρέπει να γίνεται με καθοδήγηση από ειδικό και το χρονικό πλαίσιο ποικίλλει ανά άτομο, συνήθως από 12 έως 24 μήνες³⁹.

Αξίζει να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με την κλασσική ηχοθεραπεία, έχει διεξαχθεί αρκετή έρευνα για να διερευνηθούν οι πιθανές επιδράσεις της μουσικοθεραπείας. Ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι η ακρόαση ορισμένων τύπων μουσικής μπορεί να μειώσει την αρτηριακή πίεση και τον καρδιακό ρυθμό, να μειώσει τον πόνο και το άγχος και να βελτιώσει τον ύπνο. Αν και υπήρξαν μερικές μελέτες στις οποίες η μουσικοθεραπεία δεν βοήθησε στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, βελτιώνοντας τη μνήμη ή μειώνοντας την κατάθλιψη, η βιβλιογραφία υποστηρίζει γενικά τη μουσική ως χρήσιμη θεραπευτική παρέμβαση για διαφορετικούς δημογραφικούς πληθυσμούς. Οι ερευνητές συμφωνούν ότι η προώθηση της έρευνας για τη μουσική και τη μουσικοθεραπεία απαιτεί μελέτες με περισσότερα θέματα, συνεπή μέτρα έκβασης και πιο αυστηρά σχέδια⁴⁰.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2 BINAURAL BEATS ΚΑΙ BRAIN HACKING

Ένα είδος ήχου που έχει κερδίσει μεγάλη προσοχή τα τελευταία χρόνια είναι οι αμφιωτικοί παλμοί (Binaural Beats). Προκειται για μια τεχνική χρήση ήχων με συγκεκριμένη μέθοδο και σύσταση με σκοπό τη διέγερση του εγκεφάλου. Οι τεχνικές μη επεμβατικής εγκεφαλικής διέγερσης όπως λέγονται (Non Invasive Brain Stimulation), είναι σήμερα πολύ δημοφιλείς, τόσο ως εργαλεία για τη μελέτη των λειτουργιών του εγκεφάλου όσο και ως στρατηγικές για την υποστήριξη της λειτουργίας του. Περιλαμβάνουν μεγάλες και κοστοφόρες συσκευές που χρησιμοποιούνται μόνο σε επιστημονικά ή θεραπευτικά εργαστήρια, για παράδειγμα τον εξοπλισμό διακρανιακής μαγνητικής διέγερσης (Transcranial Magnetic Stimulation), καθώς και μικρότερες και σχετικά φθηνές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σπίτι. Ένα παράδειγμα των τελευταίων είναι οι συσκευές διακρανιακής διέγερσης συνεχούς ρεύματος (Transcranial Direct-Current Stimulation). Οι επιχειρήσεις που ασχολούνται αποκλειστικά με όλα τα είδη νευροδιαμορφωτών οικιακής χρήσης έχουν σημειώσει μεγάλη επιτυχία, σημάδι της οποίας είναι ο αυξανόμενος αριθμός διαδικτυακών πηγών που προτείνουν συσκευές για τη βελτίωση της λειτουργίας του εγκεφάλου από το σπίτι. Το κίνημα των Neuro-Hackers ή των εγκεφαλικών χάκερ αναπτύσσεται επίσης ραγδαία. Δείχνει πώς να δημιουργηθούν εργαλεία για τη διέγερση του εγκεφάλου και πώς να χρησιμοποιηθούν τέτοιες μορφές εγκεφαλικής διέγερσης do-it-yourself (DIY). Ένα απίστευτα διαδεδομένο εργαλείο Brain Hacking είναι η ακουστική εγκεφαλική διέγερση, ιδίως η αμφιωτική διέγερση του εγκεφάλου. Σε αυτή την περίπτωση, ένας απλός υπολογιστής και ένα βασικό πρόγραμμα επεξεργασίας ήχου επαρκούν για την κατασκευή ενός διαμορφωτή. Επιπλέον, ένα αρχείο ήχου για εγκεφαλική διέγερση μπορεί να τοποθετηθεί στο διαδίκτυο (πχ σε πλατφόρμες πολυμέσων ήχου/βίντεο). Για την επίτευξη, αρκεί ένα ακουστικό συνδεδεμένο σε smartphone ή υπολογιστή. Επομένως σε πολλούς δημοφιλείς διαδικτυακούς ιστότοπους κοινής χρήσης βίντεο, υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός ηχογραφήσεων Binaural Beats που χαρακτηρίζονται ως "ιδιοφυής συχνότητα εγκεφάλου" ή "επίτευξη σούπερ εστίασης".

Υπάρχουν πολλές οδηγίες σχετικά με τον τρόπο χρήσης τους στο σπίτι για την υποστήριξη της διαδικασίας μάθησης (π.χ. κατά την προετοιμασία για μια εξέταση), την επίλυση προβλημάτων ή την

³⁹ Solan, M. (2021, December 08). *Tinnitus: Ringing or humming in your ears? Sound therapy is one option*. Harvard Health Publishing - Harvard Medical School. <https://www.health.harvard.edu/blog/tinnitus-ringing-or-humming-in-your-ears-sound-therapy-is-one-option-202112082654>

⁴⁰ Deutsch, E. J., & Anderson, Z. E. (2008). *Complementary Therapies for Physical Therapy - A Clinical Decision-Making Approach*. Philadelphia: Saunders.

εκτέλεση άλλων γνωστικών εργασιών. Αναφέρεται ότι αυτές οι δραστηριότητες θα πρέπει να διεξάγονται καθημερινά ακούγοντας με ακρίβεια επιλεγμένα Binaural Beats, γι 'αυτό και οι ηχογραφήσεις που διατίθενται στο διαδίκτυο είναι πολύ μεγάλες (από αρκετές δεκάδες λεπτά έως και δώδεκα ώρες). Τέτοιες συνθήκες είναι εντελώς διαφορετικές από εκείνες που είναι γνωστές από την επιστημονική έρευνα για τους αμφιωτικούς παλμούς όταν η έκθεση σε αμφιωτικούς παλμούς είναι πολύ σύντομη (από μερικά δευτερόλεπτα έως αρκετά λεπτά), και τυχαία (συνήθως συνδέεται με μία επίσκεψη στο εργαστήριο). Επομένως, τίθεται το ερώτημα εάν η διέγερση του εγκεφάλου που χρησιμοποιείται στο σπίτι είναι ασφαλής, καθώς και εάν είναι καθόλου αποτελεσματική. Για να ακούσει binaural beats, ένα άτομο θα χρειαστεί ένα ζευγάρι στερεοφωνικά ακουστικά και ένα οποιοδήποτε σύστημα αναπαραγωγής ήχου. Το φαινόμενο των αμφιωτικών παλμών συμβαίνει όταν οι τόνοι με ελαφρώς διαφορετικές συχνότητες παρουσιάζονται ξεχωριστά στο δεξί και το αριστερό αυτί. Το φαινόμενο κλειδώματος φάσης (Phase Locking) είναι κυρίως υπεύθυνο για τον μηχανισμό των αμφιωτικών παλμών. Το φαινόμενο αυτό περιλαμβάνει τους νευρώνες που παράγουν δυναμικές δράσης σε σαφώς καθορισμένες φάσεις ενός περιοδικού ακουστικού σήματος. Διαδίδοντας στις νευρικές ίνες του ακουστικού νεύρου, οι δυναμικές δράσης κωδικοποιούν τις πληροφορίες της χρονικής λεπτής δομής του ακουστικού σήματος. Η αποκωδικοποίηση των πληροφοριών που εμπεριέχονται υποστηρίζει σημαντικά τη διαδικασία αντίληψης του βήματος. Επομένως, μπορεί να υποθεί ότι λόγω της διασταύρωσης των νευρικών οδών του αριστερού και του δεξιού αυτιού, αλληλεπιδρούν οι δυναμικές δράσης στις οποίες εμπεριέχονται οι πληροφορίες των τόνων και κατά συνέπεια δημιουργείται η εντύπωση των αμφιωτικών παλμών⁴¹.

Πιο αναλυτικά, όταν δύο τόνοι ελαφρώς διαφορετικών συχνοτήτων παίζονται ταυτόχρονα σε ξεχωριστά αυτιά (κατεξοχήν μέσω ακουστικών), ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται τη δημιουργία ενός νέου, τρίτου τόνου, του οποίου η συχνότητα είναι ισοδύναμη με τη διαφορά μεταξύ των δύο τόνων που παίζονται. Αυτή η ακουστική ψευδαίσθηση είναι που ονομάζεται αμφιωτικός παλμός. Για παράδειγμα, εάν ένα άτομο ακούει έναν τόνο συχνότητας 405 Hz στο ένα αυτί και έναν τόνο 415 Hz στο άλλο, θα ακούει έναν αμφιωτικό ρυθμό με συχνότητα 10 Hz. Υπάρχουν ορισμένες συνθήκες προκειμένου να παραχθεί ένας αμφιωτικός ρυθμός, οι δύο τόνοι που ακούγονται στα αυτιά πρέπει και οι δύο να έχουν συχνότητες κάτω από 1.500 Hz με διαφορά όχι μεγαλύτερη από 40 Hz μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα του αμφιωτικού ρυθμού θα εξαρτηθούν από τη συχνότητά του και την αντίστοιχη κατηγορία εγκεφαλικού κύματος. Η βασική κατηγοριοποίηση των κυμάτων(σε ζώνες) έχει ως εξής⁴²:

Beta Waves (13-16 Hz): Συμβαίνουν όταν είμαστε ξύπνιοι και σε εγρήγορση.

Alpha Waves (8-12 Hz): Συμβαίνουν όταν είμαστε χαλαροί με τα μάτια κλειστά, όπως στο διαλογισμό.

Theta Waves (4-7 Hz): Εμφανίζονται συχνά στα ελαφρύτερα στάδια του ύπνου ή στη μετάβαση από το ξύπνημα στον ύπνο.

Delta Waves (0.5-4 Hz): Προκύπτουν σε μια κατάσταση βαθύ ύπνου.

⁴¹Klichowski, M., Wicher, A., Kruszwicka, A., & Golebiewski, R. (2023, July 08). *Reverse effect of home-use binaural beats brain stimulation*. Nature. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-38313-4>

⁴²Sussex Publishers. (n.d.). *Binaural beats*. Psychology Today. <https://www.psychologytoday.com/us/basics/binaural-beats>

Gamma Waves (30-50 Hz): Αυτό το μοτίβο αρκετά διαφορετικού φάσματος αντιπροσωπεύει τις συχνότητες που προάγουν τη διατήρηση της διέγερσης ενώ το άτομο είναι ξύπνιο⁴³.

Υποτίθεται ότι τα αποτελέσματα νευρικής αλληλεπίδρασης που παράγονται με αυτόν τον τρόπο μπορούν να επηρεάσουν ή και να τροποποιήσουν τις παραμέτρους των εγκεφαλικών κυμάτων με τέτοιο τρόπο ώστε μια συχνότητα παλμών (η αναντιστοιχία μεταξύ των τόνων), να συγχρονίζει τις ταλαντώσεις του φλοιού και κατά συνέπεια να μπορεί να δράσει υποστηρικτικά σε σχέση με μια δεδομένη δραστηριότητα. Για να γίνει αυτό, επιλέγεται μια συχνότητα παλμού έτσι ώστε να είναι κοντά (ή ίση) με τις συχνότητες των εγκεφαλικών κυμάτων. Έτσι, για την υποστήριξη γνωστικών διαδικασιών που σχετίζονται με τα κύματα βήτα για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται αμφιωτικοί παλμοί με συχνότητα παλμού στην περιοχή από 13 έως 30 Hz (π.χ. 240 Hz στο δεξί αυτί και 255 Hz στο αριστερό αυτί στην περίπτωση της διέγερσης του εγκεφάλου 15 Hz Binaural Beats). Για τη ρύθμιση της εγκεφαλικής δραστηριότητας κοντά στο διαλογισμό, από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιείται το εύρος θήτα (από 4 έως 8 Hz, π.χ. 240 Hz στο δεξί αυτί και 245 Hz στο αριστερό αυτί στην περίπτωση διέγερσης εγκεφάλου 5 Hz Binaural Beats).

Το φαινόμενο των αμφιωτικών κτύπων μπορεί να θεωρηθεί από την άποψη της υποκειμενικής αξιολόγησης της ακουστικής αίσθησης (διακυμάνσεις έντασης και κίνηση της ακουστικής εικόνας στο κεφάλι του συμμετέχοντα). Επίσης, μπορεί να αναλυθεί αντικειμενικά με καταγραφές εγκεφαλογραφήματος EEG, πχ μέτρηση του περιβλήματος πλάτους των δυναμικών EEG των οποίων ο ρυθμός διαμόρφωσης είναι ίσος με τους αμφιωτικούς παλμούς. Τέτοια στοιχεία γραφημάτων για την παραγωγή περιοδικών αλλαγών στα ηλεκτροφυσιολογικά δυναμικά με συχνότητα που αντιστοιχεί σε αμφιωτικούς παλμούς μπορεί να είναι ένα σημείο εκκίνησης για την υπόθεση σχετικά με τον μηχανισμό σχηματισμού της αντίστροφης επίδρασης της διέγερσης του εγκεφάλου των αμφιωτικών παλμών⁴⁴.

Στις πιθανές επιδράσεις των αμφιωτικών παλμών παρατηρείται και το φαινόμενο της παράσυρσης (Entrainment). Ορισμένα στοιχεία δείχνουν ότι ο τόνος που γίνεται αντιληπτός μπορεί να μεταβάλει τα εγκεφαλικά κύματα μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται παράσυρση, στην οποία τα εγκεφαλικά κύματα ευθυγραμμίζονται με έναν εξωτερικό ρυθμό ή συχνότητα. Δεδομένου ότι διαφορετικά μοτίβα εγκεφαλικών κυμάτων συνδέονται με ορισμένες καταστάσεις του νου, από χαλαρούς έως ανήσυχους έως παραγωγικούς, οι αμφιωτικοί παλμοί έχουν θεωρηθεί ότι επηρεάζουν τη διάθεση, την εστίαση και τον ύπνο μεταβάλλοντας τα εγκεφαλικά κύματα. Ως αποτέλεσμα, το φαινόμενο έχει κερδίσει φήμη τα τελευταία χρόνια ως πιθανή θεραπεία για το άγχος, την αϋπνία και την απόσπαση προσοχής. Οι αμφιωτικοί παλμοί, όταν συντονίζονται σε επαρκή συχνότητα, θεωρείται ότι ενθαρρύνουν τον εγκέφαλο να μεταβεί σταδιακά από μια πιο επιφυλακτική κατάσταση υψηλότερης συχνότητας σε μια πιο αργή, πιο χαλαρή. Μερικές μικρές μελέτες έχουν υποστηρίξει αυτή τη θεωρία, ενώ άλλες έχουν βρει στοιχεία ότι οι αλλαγές στα πρότυπα εγκεφαλικών κυμάτων μπορεί επίσης να προκαλέσουν ορμονικές αλλαγές συμπεριλαμβανομένων των αυξημένων επιπέδων μελατονίνης και μειωμένων επιπέδων κορτιζόλης. Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν Binaural Beats μπορεί να αναφέρουν ότι αισθάνονται πιο ήρεμοι, βλέπουν βελτιώσεις στη διάθεσή τους, βιώνουν αυξημένη εστίαση, χαμηλότερο άγχος και κοιμούνται καλύτερα. Ίσως η πιο γνωστή χρήση των αμφιωτικών παλμών είναι ως θεραπεία για την αϋπνία, μια διαταραχή ύπνου που επηρεάζει μεγάλο αριθμό ανθρώπων, η οποία μπορεί να μειώσει δραστηρικά την ποιότητα ζωής και μπορεί να έχει αλυσιδωτές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα, τη διάθεση και τις προσωπικές σχέσεις. Κατά τη διάρκεια του ύπνου, ο εγκέφαλος παράγει διαφορετικούς τύπους εγκεφαλικών κυμάτων, ανάλογα με το στάδιο του ύπνου και το τρέχον επίπεδο ψυχικής διέγερσης. Τα χαμηλής συχνότητας εγκεφαλικά κύματα θήτα και δέλτα συνδέονται με τη χαλάρωση και

⁴³Klichowski, M., Wicher, A., Kruszwicka, A., & Golebiewski, R. (2023, July 08). *Reverse effect of home-use binaural beats brain stimulation*. Nature. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-38313-4>

⁴⁴Klichowski, M., Wicher, A., Kruszwicka, A., & Golebiewski, R. (2023, July 08). *Reverse effect of home-use binaural beats brain stimulation*. Nature. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-38313-4>

τον βαθύ ύπνο. Οι αμφιωτικοί παλμοί θα μπορούσαν να βοηθήσουν στον ύπνο δημιουργώντας μετατοπίσεις προς τα εγκεφαλικά κύματα τύπου θήτα και δέλτα. Από τις κοινές εφαρμογές των αμφιωτικών παλμών είναι η μείωση του άγχους. Αρκετές μελέτες διαπίστωσαν ότι η τακτική ακρόαση αμφιωτικών παλμών στο εύρος συχνοτήτων δέλτα και θήτα μπορεί να είναι χαλαρωτική και μπορεί να βοηθήσει στην ανακούφιση των συμπτωμάτων άγχους. Μερικοί ερευνητές διερευνούν ακόμη και τη χρήση αμφιωτικών παλμών σε ιδρύματα περίθαλψης για να δουν αν μπορούν να βοηθήσουν άτομα που αντιμετωπίζουν αυτοκτονικές τάσεις⁴⁵

Καθώς οι αρχές στην ψυχιατρική θεραπεία δεν έχουν ακόμα κάποια γενικό σχεδιασμό για αμφιωτικούς παλμούς, οι άνθρωποι πρέπει να ακολουθούν προσεκτικά τις οδηγίες. Εκείνοι που δεν βλέπουν καμία μείωση του άγχους μπορεί να επωφεληθούν από τη δοκιμή ενός διαφορετικού τύπου ήχου ή συχνότητας. Το σίγουρο όμως είναι ότι πρέπει να αποφεύγεται η χρήση θεραπείας Binaural Beats κατά την ανάληψη εργασιών που απαιτούν εγρήγορση και πλήρη προσοχή, όπως η οδήγηση. Πρώιμη έρευνα από το 2001 έδειξε ότι η θεραπεία με αμφιωτικό ρυθμό μπορεί να αποφέρει κάποιο όφελος για άτομα με ήπιο άγχος. Ωστόσο, οι ερευνητές δήλωσαν ότι δικαιολογεί περαιτέρω μελέτη μόνο ως συμπληρωματικό μέτρο για την υποστήριξη συμβατικών θεραπειών για το άγχος. Παρ' όλα αυτά, άλλοι ερευνητές συνέχισαν να διερευνούν αυτή τη θεραπεία. Μια μελέτη του 2005 στην οποία συμμετείχαν περισσότεροι από 100 συμμετέχοντες που επρόκειτο να λάβουν γενική αναισθησία για μια ημερήσια χειρουργική επέμβαση, ανέφερε μείωση του προεγχειρητικού άγχους μετά την έκθεση σε ένα αμφιωτικό ρυθμό κύματος δέλτα. Οι συμμετέχοντες σε αυτή τη μελέτη άκουσαν αμφιωτικούς παλμούς διάρκειας 30 λεπτών πριν από τη χειρουργική επέμβαση. Ωστόσο, οι ερευνητές σημείωσαν ότι οι άνθρωποι που αντιμετωπίζουν υψηλά επίπεδα προεγχειρητικού άγχους θα μπορούσαν να ακούσουν αμφιωτικούς παλμούς για έως και μία ώρα πριν από την αναισθησία για να μειώσουν τα επίπεδα άγχους. Ερευνητές από το Εθνικό Κολέγιο Φυσικής Ιατρικής στο Όρεγκον διεξήγαγαν μια μελέτη σχετικά με τη θεραπεία το 2007. Αξιολόγησαν οκτώ συμμετέχοντες στη μελέτη που άκουγαν αμφιωτικούς παλμούς τύπου δέλτα κάθε μέρα για 60 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση του άγχους, του ινσουλινοειδούς αυξητικού παράγοντα και της ντοπαμίνης. Οι συμμετέχοντες ανέφεραν επίσης αύξηση της ποιότητας ζωής. Η ομάδα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αν και το μικρό μέγεθος του δείγματος σημαίνει ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα, οι αμφιωτικοί παλμοί μπορεί να βελτιώσουν το αυτοαναφερόμενο άγχος. Μια ανασκόπηση του 2019, διαπίστωσε σημαντική σχέση μεταξύ της πιο παρατεταμένης έκθεσης σε ηχητικά αρχεία Binaural Beats και του μειωμένου άγχους. Διαπίστωσε επίσης ότι οι θεραπευτές δεν χρειαζόταν να καλύψουν τους χτύπους με λευκό θόρυβο για να έχει αποτέλεσμα η θεραπεία. Μερικοί ερευνητές έχουν προτείνει ακόμη ότι 10 λεπτά έκθεσης σε συχνότητα 6 Hz θα μπορούσαν να προκαλέσουν μια κατάσταση του εγκεφάλου παρόμοια με εκείνη κατά τη διάρκεια του διαλογισμού⁴⁶.

Ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι η συχνή, παρατεταμένη και μεγάλου όγκου χρήση αμφιωτικών παλμών μπορεί να είναι επιζήμια για την ακοή και την ψυχική υγεία. Επιπλέον, η συστηματική χρήση αμφιωτικών παλμών για τη βελτίωση των γνωστικών διαδικασιών (ή της χαλάρωσης, για παράδειγμα με τη χρήση των λεγόμενων αμφιωτικών κτύπων μαριχουάνας) ενέχει τον κίνδυνο τα ερεθίσματα να γίνουν μια μορφή ψηφιακών ναρκωτικών ή όπως συμβαίνει ήδη με το TDCS, ντόπινγκ εγκεφάλου. Επιπλέον, έχει επίσης προταθεί ότι η βελτίωση πολύπλοκων γνωστικών διαδικασιών όπως η μνήμη, η μάθηση ή η επίλυση προβλημάτων που βιώνεται κατά την ακρόαση αμφιωτικών παλμών μπορεί να μην είναι αποτέλεσμα νευρο-τροποποίησης, αλλά θετικών προσδοκιών. Είναι πολύ πιθανό επειδή οι επιδράσεις του “εικονικού φαρμάκου” παρατηρούνται αρκετά συχνά σε δοκιμές νευροδιέγερσης. Αναφέρεται τόσο σε κλινικές μελέτες με μεγάλο εξοπλισμό τύπου TMS και με κατάλληλους ασθενείς για την περίπτωση

⁴⁵Sussex Publishers. (n.d.). *Binaural beats*. Psychology Today. <https://www.psychologytoday.com/us/basics/binaural-beats>

⁴⁶Gonzalez, A. (2019, September 30). *What are binaural beats, and how do they work?*. Medical News Today. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320019#how-do-binaural-beats-work>

(πχ που πάσχουν από ημικρανίες), όσο και σε εργαστηριακά πειράματα με μικρές συσκευές TDCS και υγιείς εθελοντές που σχετίζονται πχ με τη βελτίωση της γνωστικής απόδοσης ή της μνήμης εργασίας (επιδράσεις παρόμοιες με αυτές του εικονικού φαρμάκου έχουν επίσης βρεθεί σε κλινικές δοκιμές TDCS όπου συμμετείχαν άτομα με υπερβολικό βάρος και παχυσαρκία). Δεν υπάρχει καμία έρευνα, ωστόσο, σχετικά με το φαινόμενο Placebo όταν πρόκειται για NIBS οικιακής χρήσης που στοχεύουν στη διευκόλυνση των καθημερινών γνωστικών δραστηριοτήτων, για παράδειγμα κάποιος ακούγοντας Binaural Beats στα ακουστικά του ενώ μαθαίνει.

Φαίνεται να υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ των αμφιωτικών παλμών, των κυμάτων και των εγκεφαλικών κυμάτων κατ' αναλογία με το φαινόμενο του “ξυλοδαρμού”(Beating). Μελέτες έχουν δείξει τον σχηματισμό αμφιωτικών παλμών δύο συχνοτήτων, 5 Hz και 15 Hz, σε συμμετέχοντες πειραμάτων. Δεδομένου ότι συμμετείχαν σε δοκιμές που απαιτούσαν ενεργή συγκέντρωση και συμμετοχή της μνήμης εργασίας, μπορεί να υποτεθεί ότι ο εγκέφαλός τους κυριαρχούνταν από κύματα τύπου Βήτα για τα οποία υπάρχει σχετικά μεγάλο εύρος μεταβλητότητας συχνότητας (από 13 έως 30 Hz). Έτσι, τόσο στα 5 Hz όσο και στα 15 Hz Binaural Beats, μπορεί να υπήρξε ένα φαινόμενο «χτυπήματος» αυτών των κυμάτων με εγκεφαλικά κύματα. Ως αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης, μπορεί να υπήρξε μια «δημιουργία» εγκεφαλικών κυμάτων σε χαμηλές συχνότητες 3-8 Hz, που αντιστοιχούν στα κύματα θήτα. Ο εγκέφαλος παράγει κύματα θήτα κατά τη διάρκεια της συνειδητής κατάστασης χαλάρωσης. Μια τέτοια «αναγκαστική» κατάσταση ανάπαυσης θα προκαλούσε σίγουρα υπνηλία, θα επηρέαζε τη συγκέντρωση και θα επηρέαζε την απόδοση σε εργασίες που απαιτούν επαγωγικό συλλογισμό και προσοχή. Αυτός ο μηχανισμός θα μπορούσε να εξηγήσει τις δυσμενείς επιπτώσεις των αμφιωτικών παλμών στη γνωστική λειτουργία που βρέθηκαν σε αυτό το έργο. Ταυτόχρονα, το «φαινόμενο ξυλοδαρμού» διευκρινίζει εν μέρει γιατί πολλές μελέτες δεν βρήκαν αναμενόμενες αλλαγές στις καταγραφές εγκεφαλικών κυμάτων όταν ο εγκέφαλος διεγέρθηκε μέσω αμφιωτικών παλμών. Φυσικά, μπορεί επίσης να μην υπάρχει συγκεκριμένος μηχανισμός σε τέτοιες καταστάσεις. Οι δοκιμασίες ρευστής νοημοσύνης σε ορισμένα μέρη απαιτούν συλλογιστική προσέγγιση υπό όρους, η οποία μπορεί να υποστηριχθεί με διέγερση της ζώνης Γάμμα και όχι της ζώνης Βήτα. Έτσι, αν και οι αμφιωτικοί παλμοί 15 Hz μπορούν να διαμορφώσουν την ταλαντευόμενη εγκεφαλική δραστηριότητα τύπου Beta, μπορούν επίσης να αποτρέψουν προσωρινές μεταβάσεις σε συχνότητες Γάμμα, επιδεινώνοντας τα αποτελέσματα των δοκιμών και προκαλώντας αντίστροφη επίδραση της διέγερσης. Περαιτέρω έρευνα θα πρέπει επομένως να παρακολουθεί την εγκεφαλική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της διέγερσης του εγκεφάλου κατά την οικιακή χρήση, για παράδειγμα μέσω ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Αυτό φυσικά θα μείωνε την οικολογική εγκυρότητα της μελέτης, οπότε ένα πείραμα EEG θα μπορούσε απλά να διεξαχθεί σε εργαστήριο. Θα μπορούσε να υποβάλει τους συμμετέχοντες σε μια μακρά (πχ μισή ώρα) αμφιωτικών παλμών εγκεφαλικής διέγερσης, ενώ ταυτόχρονα να παρακολουθεί την εγκεφαλική δραστηριότητα όλη την ώρα, ή να την καταγράφει κάθε δύο λεπτά. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πρόταση ότι απαιτούνται λίγα λεπτά έκθεσης προκειμένου να παρατηρηθεί η επίδραση των αμφιωτικών παλμών στο αρχείο EEG. Η μέτρηση θα μπορούσε ίσως να πραγματοποιηθεί πριν και μετά τη διέγερση του εγκεφάλου από αμφιωτικούς παλμούς⁴⁷.

⁴⁷Klichowski, M., Wicher, A., Kruszwicka, A., & Golebiewski, R. (2023, July 08). *Reverse effect of home-use binaural beats brain stimulation*. Nature. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-38313-4>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο εγκέφαλος εξακολουθεί να είναι μια αινιγματική κατασκευή. Η χρήση του ήχου έχει πολλές μορφές και μπορεί κάλλιστα να εφαρμοστεί εκτός από ψυχολογική απόλαυση και για πειραματισμούς και έρευνα. Όλα όσα αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία προέκυψαν από εύρεση και ανάγνωση διασυνδέσεων και ιατρικών και φιλοσοφικών μελετών σχετικά με την αντίληψη και την ερμηνεία του ήχου. Ο τομέας της ψυχοακουστικής είναι απέραντος και συνδέεται με πολλά πεδία σε πολλαπλούς επιστημονικούς κλάδους ενώ υπάρχουν ακόμα περισσότερες λειτουργικές ιδιότητες που δεν ήταν δυνατόν να αναφερθούν στη παρούσα εργασία. Η πιο ξεκάθαρη διαπίστωση είναι πως ο ήχος δεν είναι μια μονόπλευρη λειτουργία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για καλλιτεχνικό και επιστημονικό σκοπό. Οι Αμφιωτικοί Κτύποι και η Ηχοθεραπεία αποδεικνύουν ότι αυτή η πολυπλοκότητα έχει να προσφέρει εκτός από ψυχαγωγία και προβληματισμούς, απαραίτητους για την κινητοποίηση και επέκταση της έρευνας, αλλά και να συνεισφέρει στην βαθύτερη κατανόηση των εγκεφαλικών λειτουργιών (και κατά συνέπεια και προβλημάτων), από την οποιαδήποτε ιδιαίτερη περίπτωση έως την απλή καθημερινότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blauert, J. 1996. *Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/6391.001.0001>
- Broadbent, D. E. 1958. *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
<https://doi.org/10.1037/10037-000>
- Deutsch, E. J., & Anderson, Z. E. 2008. *Complementary Therapies for Physical Therapy - A Clinical Decision-Making Approach*. Philadelphia: Saunders.
- Everest, F. A. 2001. *The Master Handbook of Acoustics*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill.
- Gonzalez, A. 2019. “What are binaural beats, and how do they work?”. *Medical News Today*, September 30th. Ανακτήθηκε από <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320019> (τελευταία πρόσβαση 15/02/2024).
- Greenred Productions – Relaxing Music.
<https://www.youtube.com/channel/UC1bjWVLp2aaJmPcNbi9OOsw>
(τελευταία πρόσβαση 04/04/2024).
- Graham, J. B. 2008. *Introduction to Neuropsychology*. New York: Guilford Press.
- Handel, S. 1989. *Listening - An Introduction to the Perception of Auditory Events*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Heller, J. E. 2013. *Why You Hear What You Hear*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

- Hugdahl, K. (2011). Fifty years of dichotic listening research – Still going and going and. . . *Brain and Cognition*, 76(2), 211–213. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.03.006>
- Klichowski, M., Wicher, A., Kruszwicka, A., & Golebiewski, R. 2023. “Reverse effect of Home-Use Binaural Beats Brain Stimulation”. *Scientific Reports*, 13 (1): 11079. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38313-4>
- Maoz, S. L. L., & Canalis, R. F. (2021). From Galen to Eustachio: Discovering the Anatomy of the Facial Nerve. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 42(9), 1434–1441. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003227>
- Quiet Music. (n.d). *SERENITY - Relaxing Pad Instruments*. <https://quietmusic.eu/serenity> (τελευταία πρόσβαση 18/02/2024).
- Ramm, R. χ.χ. “7 Characteristics of Sound, and Why You Need to Know Them”. *Orpheus Audio Academy*. Ανακτήθηκε από <https://www.orpheusaudioacademy.com/7-characteristics-sound/> (τελευταία πρόσβαση 18/02/2024).
- Reaper.fm. (n.d). *Reaper, Audio Production Without Limits*. <https://www.reaper.fm/> (τελευταία πρόσβαση 18/02/2024).
- Reich, M. 2018. “Debussy and the Poetic Image”. *All Classical Radio – ARTS BLOG*, March 23rd. Ανακτήθηκε από <https://www.allclassical.org/debussy-and-the-poetic-image/> (τελευταία πρόσβαση 15/02/2024).
- Solan, M. 2021. “Tinnitus: Ringing or humming in your ears? Sound therapy is one option”, *Harvard Health Publishing - Harvard Medical School*, December 8th. Ανακτήθηκε από <https://www.health.harvard.edu/blog/tinnitus-ringing-or-humming-in-your-ears-sound-therapy-is-one-option-202112082654> (τελευταία πρόσβαση 19/02/2024).
- Sussex Publishers. (n.d.). *Binaural beats*. Psychology Today. Ανακτήθηκε από <https://www.psychologytoday.com/us/basics/binaural-beats> (τελευταία πρόσβαση 28/02/2024).
- Street, S. 2020. *The Sound of a Room - Memory and the Auditory Presence of Place*. New York: Routledge.
- Vaskovic, J. 2023. “Vestibulocochlear nerve”, *Kenhub*, November 3rd. Ανακτήθηκε από <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-vestibulocochlear-nerve> (τελευταία πρόσβαση 15/02/2024).
- Yost, A.W. 1992. *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 1, No. 6. Sage Publications Inc. <https://www.jstor.org/stable/20182169>
- Zwicker, E., & Fastl, H. 1999. *Psychoacoustics: Facts and models* (2nd edition). Heidelberg: Springer Verlag. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-09562-1>