



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΩΝ ΤΕΧΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**“Η επίδραση της μουσικής εκπαίδευσης σε οπτικοακουστικές
ψευδαισθήσεις : Το φαινόμενο της «ακουστικά προκλητής
ψευδαίσθησης αναλαμπής» (Sound-induced flash illusion – SIFI)”.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΨΥΧΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

της φοιτήτριας

**ΣΟΦΙΑ ΝΟΥΛΑ
ΑΕΜ: 2025**

Επιβλέπων: Παπαδέλης Γεώργιος

Θεσσαλονίκη Σεπτέμβριος 2023

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| <u>Περίληψη</u> | 1 |
| <u>Abstract</u> | 2 |
| <u>Εισαγωγή</u> | 3 |
| <u>Κεφάλαιο 1:</u> Αντίληψη και αισθήσεις..... | 7 |
| <u>Κεφάλαιο 1.1:</u> Ορισμός και λειτουργία των ανθρώπινων αισθήσεων..... | 7 |
| <u>Κεφάλαιο 1.2:</u> Πολυαισθητηριακή αντίληψη..... | 8 |
| <u>Κεφάλαιο 1.3:</u> Ψευδαισθήσεις..... | 10 |
| <u>Κεφάλαιο 1.4:</u> Ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής..... | 11 |
| <u>Κεφάλαιο 2:</u> Ψευδαισθήσεις “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”..... | 13 |
| <u>Κεφάλαιο 2.1:</u> Τα δύο είδη ψευδαισθήσεων της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής..... | 13 |
| <u>Κεφάλαιο 2.2:</u> “Παράθυρου χρονικής ολοκλήρωσης”..... | 14 |
| <u>Κεφάλαιο 2.3:</u> Παράμετροι που επηρεάζουν τα εφέ “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”..... | 15 |
| <u>Κεφάλαιο 2.4:</u> Έρευνες που υποδεικνύουν διαφορές μεταξύ των ψευδαισθήσεων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”..... | 16 |
| <u>Κεφάλαιο 3:</u> Ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής και εκπαίδευση..... | 19 |
| <u>Κεφάλαιο 3.1:</u> Εκπαίδευση πάνω στους μηχανισμούς της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής..... | 19 |
| <u>Κεφάλαιο 3.2:</u> Μουσική εκπαίδευση..... | 21 |
| <u>Κεφάλαιο 3.3:</u> Μουσικοί και μη μουσικοί..... | 23 |
| <u>Κεφάλαιο 3.4:</u> Ερευνητικά ερωτήματα..... | 24 |
| <u>Κεφάλαιο 4:</u> Μέθοδος..... | 25 |
| <u>Κεφάλαιο 4.1:</u> Πειραματικό σχέδιο..... | 25 |
| <u>Κεφάλαιο 4.2:</u> Συμμετέχοντες..... | 28 |
| <u>Κεφάλαιο 4.3:</u> Μεταβλητές και εξοπλισμός..... | 29 |
| <u>Κεφάλαιο 4.4:</u> Πειραματική διαδικασία..... | 30 |
| <u>Κεφάλαιο 5:</u> Αποτελέσματα..... | 32 |
| <u>Κεφάλαιο 5.1:</u> Περιγραφή διαγραμμάτων..... | 32 |
| <u>Κεφάλαιο 5.2:</u> Παρουσία της ψευδαίσθησης “διαίρεσης” σε μουσικούς και μη..... | 35 |
| <u>Κεφάλαιο 5.3:</u> Παρουσία της ψευδαίσθησης “συγχώνευσης” σε μουσικούς και μη..... | 36 |
| <u>Κεφάλαιο 5.4:</u> Διαφορά στην πληθώρα σωστών και λανθασμένων απαντήσεων μεταξύ των δύο ομάδων..... | 38 |

| | |
|---|----|
| <u>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα</u> | 42 |
| <u>Κεφάλαιο 6.1: Τα γενικότερα οφέλη της μουσικής εκπαίδευσης σε διάφορους τομείς</u> | 42 |
| <u>Κεφάλαιο 6.2: Αλλαγές στην πολυαισθητηριακή αντίληψη από τομείς που θα μπορούσαν να εκπαιδευτούν</u> | 45 |
| <u>Περιορισμοί και πιθανές προεκτάσεις της έρευνας</u> | 47 |
| <u>Ευχαριστίες</u> | 48 |
| <u>Βιβλιογραφία</u> | 49 |

Περίληψη

Η μουσική εκπαίδευση συσχετίζεται με βελτιώσεις στη συμπεριφορά και τη νευροφυσιολογική διαδικασία της ακουστικής επεξεργασίας τόσο για μουσικούς όσο και για μη μουσικούς ήχους, όπως για παράδειγμα η ομιλία. Ωστόσο, εξακολουθεί να μην έχει επαληθευτεί επαρκώς εάν τα οφέλη της μουσικής εκπαίδευσης επεκτείνονται πέρα από τη βελτίωση ακουστικών δεξιοτήτων και επηρεάζουν την πολυαισθητηριακή επεξεργασία και πιο συγκεκριμένα την οπτικοακουστική αντίληψη. Σε αυτήν τη μελέτη, διερευνήσαμε την πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση της ακουστικής και οπτικής πληροφορίας σε μουσικούς και μη μουσικούς χρησιμοποιώντας ένα πείραμα πάνω στο φαινόμενο της «ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής» και ειδικότερα, μέσω δύο παραλλαγών του φαινομένου αυτού. Το πρώτο ονομάζεται ψευδαίσθηση “διαίρεσης” (fission illusion), στο οποίο γίνεται μία παρουσίαση δύο ηχητικών ερεθισμάτων (παρουσίαση δύο ήχων μπιπ σε μια συγκεκριμένη συχνότητα) μαζί με μία μεμονωμένη λάμψη (παρουσίαση ενός λευκού κυκλικού δισκίου πάνω σε μαύρη επιφάνεια), προκαλώντας μια απατηλή αντίληψη δύο αναλαμπών. Το δεύτερο είδος του φαινομένου αυτού ονομάζεται ψευδαίσθηση “συγχώνευσης” (fusion illusion), κατά το οποίο παρουσιάζεται ένα μεμονωμένο ηχητικό ερέθισμα με την ταυτόχρονη προβολή δύο αναλαμπών, προκαλώντας την ψευδαίσθηση στο υποκείμενο πως του προβλήθηκε μια μόνο αναλαμπή.

Για να εξεταστούν οι διαφορές ως προς την ευαισθησία στις συγκεκριμένες ψευδαισθήσεις μεταξύ δύο ομάδων (μουσικών vs. μη μουσικών) χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί χρόνοι ασυγχρονίας μεταξύ των ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων που τους παρουσιάστηκαν, με χρονικές διαφορές από -200 μέχρι +200 ms, με βήμα μεταβολής της ασυγχρονίας 50ms κάθε φορά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι άτομα που έχουν λάβει μουσική εκπαίδευση είναι πιο ακριβή στην επεξεργασία οπτικοακουστικών ερεθισμάτων από άτομα χωρίς μουσική εκπαίδευση. Επίσης φάνηκε να υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία στο φαινόμενο της “συγχώνευσης” και από τις δύο ομάδες συμμετεχόντων σε σχέση με το φαινόμενο της “διαίρεσης”. Αυτά τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι η εμπειρία που συσσωρεύεται λόγω συστηματικής μουσικής εκπαίδευσης επεκτείνεται και πέρα από το σύστημα της ακουστικής αντίληψης και «αναβαθμίζει» την επεξεργασία πληροφοριών και μέσω άλλων αισθητήριων συστημάτων, όπως είναι η όραση και ο συνδυασμός τους. Συνολικά, τα ευρήματα υποδεικνύουν μια πιο ακριβή σύνδεση των ακουστικών και οπτικών πληροφοριών σε άτομα που έχουν λάβει συστηματική μουσική εκπαίδευση. Συμπεραίνουμε ότι η πλαστικότητα που εξαρτάται από την εμπειρία της εντατικής μουσικής εκπαίδευσης επεκτείνεται πέρα από τις απλές δεξιότητες ακρόασης, σε δεξιότητες που περιλαμβάνουν και τον συνδυασμό άλλων αισθήσεων, όπως είναι η όραση.

Λέξεις κλειδιά: Πολυαισθητηριακή αντίληψη, οπτικοακουστικά ερεθίσματα, ψευδαισθήσεις, «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής», εφέ «διαίρεσης», εφέ «συγχώνευσης».

Abstract

Music education is associated with improvements in behavior and the neurophysiological process of auditory processing, both for musical and non-musical sounds, such as speech. However, it has not yet been sufficiently verified whether the benefits of music education extend beyond improvements in auditory skills and affect multisensory processing, specifically, audiovisual perception. In this study, we investigated the multisensory integration of auditory and visual information in musicians and non-musicians using an experiment involving the “Sound induced flash illusion”. More specifically, we examined two variations of this phenomenon. The first is called the “fission illusion”, in which multiple auditory stimuli (presented as two beeps at a specific frequency) are combined with a single visual flash (presented as a white circular disc on a black surface), creating a deceptive perception of multiple flashes. The second type of this phenomenon is known as the “fusion illusion”, where a single auditory stimulus is presented simultaneously with the projection of multiple flashes, leading to the false perception that only one flash was presented.

To examine differences in participants' sensitivity to these specific illusions, various asynchronies between auditory and visual events were presented, with time delays ranging from -200 to +200ms, incrementing by 50ms each time. The results indicate that individuals who have received musical education exhibit greater precision in processing audiovisual stimuli compared to non-musical participants. Furthermore, a heightened sensitivity to the “fusion effect” was observed in both participant groups in comparison to the “fission effect”. These findings reveal that the expertise gained from intensive musical education extends beyond the realm of audition, enhancing information processing in other sensory systems, such as vision, and their integration. Overall, the results suggest a more precise binding of auditory and visual information in individuals with musical training. In conclusion that experience-driven plasticity resulting from intensive musical education extends beyond basic listening skills, in the combination with other basic skills, such as vision.

Keywords: Multisensory perception, audiovisual stimuli, Illusion, Sound-induced flash illusion, fission effect, fusion effect.

Εισαγωγή

Το πως αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο γύρω μας συνήθως προκύπτει από τη διέγερση περισσότερων από μια αισθήσεων (Noesselt et al., 2008). Η αίσθηση (sensation) είναι μια φυσιολογική λειτουργία των έμβιων οργανισμών κατά την οποία οι αισθητήριοι υποδοχείς συλλέγουν πληροφορίες από το εξωτερικό περιβάλλον ή και από τον ίδιο τον οργανισμό και τις μεταφέρουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ώστε να επιτευχθεί η αντίληψη και κατ' επέκταση η ανταπόκριση ενός οργανισμού σε διάφορα ερεθίσματα. Η αίσθηση και η αντίληψη αποτελούν θεμελιώδεις λειτουργίες για κάθε πτυχή της γνώσης, της συμπεριφοράς και της νόησης ενός ανθρώπινου οργανισμού. Οι αισθήσεις στον άνθρωπο βασίζονται στα αισθητήρια όργανα των ματιών, των αυτιών, του δέρματος, της μύτης και του στόματος και έτσι προκύπτουν οι πέντε βασικές αισθήσεις: η όραση, η ακοή, η όσφρηση, η αφή και τέλος η γεύση (Saghazadeh et al., 2019). Η αντιληπτική διαδικασία κατά την οποία πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικές αισθήσεις, συνδυάζονται σε μια ενοποιημένη αντίληψη ονομάζεται πολυαισθητηριακή αντίληψη (Keil, 2020).

Οι δύο αισθήσεις που θα μας απασχολήσουν στην παρούσα μελέτη είναι η όραση και η ακοή καθώς και ο συνδυασμός τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως ο συνδυασμός των δύο αυτών αισθήσεων μπορεί να οδηγήσει σε παραπλάνηση της αντίληψης λόγω της κυριαρχίας μιας από τις δύο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ψευδαισθήσεων (Hirst et al., 2020). Παραδείγματα τέτοιων ψευδαισθήσεων λόγω ασύμφωνων πολυαισθητηριακών πληροφοριών είναι, μεταξύ άλλων, το φαινόμενο του εγγαστρίμυθου (ventriloquist effect - Choe et al., 1975), καθώς και το φαινόμενο "McGurk" (McGurk & MacDonald, 1976). Στα φαινόμενα αυτά οι οπτικές πληροφορίες επηρεάζουν την ακουστική αντίληψη, υποδηλώνοντας ότι η όραση είναι η κυρίαρχη αισθητηριακή οδός στον ανθρώπινο οργανισμό.

Τα προαναφερθέντα παραδείγματα αποδεικνύουν την επίδραση των οπτικών πληροφοριών στην ακουστική αντίληψη. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί και το ακριβώς αντίστροφο φαινόμενο. Πριν από είκοσι τρία χρόνια, οι Shams, Kamitani και Shimojo περιέγραψαν ένα φαινόμενο το οποίο ονόμασαν «εντυπωσιακή οπτική ψευδαίσθηση». Με τη μελέτη τους αυτή έδειξαν πως η οπτική αντίληψη μπορεί να αλληλεπιδράσει με την ακοή και να προκαλέσει αντιληπτικές πλάνες. Συγκεκριμένα, οι συγγραφείς ανέφεραν ότι ο συνδυασμός ενός μόνο οπτικού ερεθίσματος με πολλαπλά ακουστικά ερεθίσματα μπορεί να οδηγήσει στην απατηλή αντίληψη πολλαπλών οπτικών ερεθισμάτων και το αντίστροφο. Αυτό το φαινόμενο ονομάστηκε αργότερα «ηχητικό εφέ ψευδαίσθησης λάμψης» ή «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» (Sound-induced flash illusion - SIFI) (Bhattacharya et al., 2002; Shams et al., 2005a). Τα παραπάνω ευρήματα θέτουν σε αμφισβήτηση την παραδοσιακή άποψη στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο, ότι η όραση κυριαρχεί σε σχέση με άλλες αισθήσεις, γεγονός το οποίο μπορεί να έχει οδηγήσει σε αναλογικά περισσότερη έρευνα για την όραση από άλλες μορφές αντίληψης (Huttmacher, 2019). Σήμερα, η «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» είναι ένα εκτενώς μελετημένο φαινόμενο, το οποίο δεν αφορά μόνο συγκεκριμένα οπτικοακουστικά ερεθίσματα. Μεταξύ άλλων, για παράδειγμα έχει δειχθεί ότι η οπτική ψευδαίσθηση μπορεί να προκληθεί και από απτά ερεθίσματα, δηλαδή ερεθίσματα που προκαλούνται από την αφή (Keil, 2020). Επομένως, το φαινόμενο αυτό αποτελεί σημαντικό κομμάτι στην θεωρία της ανθρώπινης αντίληψης, καθώς και της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας.

Σε πιο πρόσφατες έρευνες, το φαινόμενο της «ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής», έχει χρησιμοποιηθεί για την διερεύνηση διαφορών στους

μηχανισμούς της ανθρώπινης πολυαισθητηριακής αντίληψης ανάμεσα σε διάφορες κλινικές υποομάδες, όπως σε άτομα με αυτισμό (Foss-Feig et al., 2010; Kawakami et al., 2018; Keane et al., 2010; Stevenson et al., 2014; van Der Smagt et al., 2007), σχιζοφρένεια (Balz et al., 2016, Ferri et al., 2018, Odegaard & Shams, 2017, Vanes et al., 2016), ημικρανίες (Brighina et al., 2015, 2014; Di Marco et al., 2015; Maccora et al., 2019), ήπια νευροαναπτυξιακή καθυστέρηση (Chan et al., 2014), σκλήρυνση κατά πλάκας (Yalachkov et al., 2019), σε επιρρεπείς σε πτώση ηλικιωμένους (Setti et al., 2014, 2011; Stapleton et al., 2013), καθώς και σε χρήστες ακουστικών βαρηκοΐας (Gieseler et al., 2018).

Η μέχρι σήμερα σχετική έρευνα έχει αναδείξει δύο είδη του φαινομένου αυτού. Το πρώτο ονομάζεται ψευδαίσθηση “διαίρεσης” (fission illusion) στο οποίο γίνεται μία παρουσίαση πολλαπλών ηχητικών ερεθισμάτων (παρουσίαση ενός ήχου μπιπ σε μια συγκεκριμένη συχνότητα) μαζί με μία μεμονωμένη λάμψη (παρουσίαση ενός λευκού κυκλικού δισκίου πάνω σε μαύρη επιφάνεια), προκαλώντας μια απατηλή αντίληψη πολλών λάμψεων. Το δεύτερο, λιγότερα μελετημένο είδος του φαινομένου αυτού, ονομάζεται ψευδαίσθηση “συγχώνευσης” (fusion illusion), κατά το οποίο παρουσιάζεται ένα μεμονωμένο ηχητικό ερέθισμα με την ταυτόχρονη προβολή πολλαπλών λάμψεων, προκαλώντας την ψευδαίσθηση στο υποκείμενο πως του προβλήθηκε μια μόνο λάμψη. Στοχευμένες μελέτες των δύο αυτών ψευδαισθήσεων, έδειξαν πως αυτές υποστηρίζονται από διαφορετικούς υποκείμενους μηχανισμούς, οι οποίοι επηρεάζουν το χρονικό διάστημα κατά το οποίο εκτελείται στον εγκέφαλο ο συνδυασμός των δύο αυτών ερεθισμάτων, των οπτικών και των ακουστικών. Αυτό το χρονικό διάστημα ενοποίησης των διαφορετικών αισθητηριακών ερεθισμάτων είναι γνωστό ως “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” (temporal binding window, TBW - Stevenson et al., 2012). Στην πρώτη περίπτωση του εφέ “διαίρεσης” ο χρόνος αυτός κυμαίνεται στα 90-150 ms ενώ στο εφέ “συγχώνευσης” περίπου στα 180ms (Mishra et al. 2007, 2008).

Το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” είναι μια έννοια η οποία αντικατοπτρίζει την πιθανότητα δύο ερεθίσματα που προέρχονται από διαφορετικά αισθητήρια συστήματα, είτε συγχρονικά, είτε με μικρή χρονική διαφορά, να ενοποιούνται σε επίπεδο αντίληψης (Stevenson, 2012). Το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” παρουσιάζει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αρχικά, όσο η ασυγχρονία μεταξύ της έναρξης των ερεθισμάτων (stimulus onset asynchrony, SOA) αυξάνεται, τόσο μειώνεται η πιθανότητα πολυαισθητηριακής αλληλεπίδρασής τους, δηλαδή ο συνδυασμός των ερεθισμάτων αυτών μεταξύ τους στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Conrey & Pisoni, 2006; Hirsh & Fraisse, 1964; Keetels & Vroomen, 2005; Miller & D'Esposito, 2005; Powers et al., 2009; Spence, Baddeley, Zampini, James & Shore, 2003; Stevenson et al., 2010; van Atteveldt, et al., 2007; van Wassenhove, et al., 2007; Vatakis & Spence, 2006). Αυτό προκύπτει, από κανονικότητες του φυσικού περιβάλλοντος, σύμφωνα με τις οποίες, διαφορετικά ερεθίσματα που δεν συνδέονται στενά χρονικά μεταξύ τους, είναι λιγότερο πιθανό να προέρχονται από ένα μόνο συμβάν. Κατά δεύτερον, το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” είναι συχνά ασύμμετρο, αυτό συμβαίνει διότι τα οπτικά ερεθίσματα προηγούνται από τα ακουστικά, λόγω του ότι η επεξεργασία τους γίνεται στην δεξιά πλευρά του εγκεφάλου, η οποία είναι και μεγαλύτερη (Conrey & Pisoni, 2006; Dixon & Spitz, 1980; Hillock et al., 2011; Stevenson et al., 2010; van Atteveldt, et al., 2007; van Wassenhove, et al., 2007; Vroomen & Keetels, 2010). Αυτή η ασυμμετρία έχει αποδοθεί στην απόκλιση των χρόνων διάδοσης του οπτικού και του ακουστικού ερεθίσματος (Pöppel, Schill & von Steinbüchel, 1990).

Ανατρέχοντας κανείς στη σχετική βιβλιογραφία για την ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής, διαπιστώνει γρήγορα ότι, η ψευδαίσθηση “συγχώνευσης”, έχει μελετηθεί πολύ λιγότερο από αυτή της “διαίρεσης”. Ένας πιθανός λόγος είναι πως η δεύτερη θεωρείται από πολλούς ερευνητές πιο ενδιαφέρονσα πειραματικά, καθώς δημιουργεί την αντίληψη ενός δεύτερου οπτικού ερεθίσματος, το οποίο δεν υπάρχει στην πραγματικότητα. Ένας άλλος λόγος είναι ότι το φαινόμενο αυτό της “συγχώνευσης”, είναι λιγότερο ερευνημένο πειραματικά και δεν γνωρίζουμε αρκετά για την προέλευσή του (Hirst et al., 2020). Μελέτες που διερευνούν τα δύο αυτά φαινόμενα στο μεγαλύτερο φάσμα τους και έχουν επισημάνει τις βασικές τους διαφορές, πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες (Parker & Robinson, 2018), σε άτομα μικρής ηλικίας, τα οποία βρίσκονται ακόμα στην ανάπτυξη (Innes-Brown et al., 2011, McGovern et al., 2014), σε άτομα με αμβλυωπία (Narinesingh et al., 2017), με εγκεφαλικές βλάβες (Bolognini et al., 2016), καθώς και σε άτομα που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού (Bao et al., 2017). Οι διαφορές που έχουν παρατηρηθεί στα δύο αυτά φαινόμενα μέχρι σήμερα, υποδηλώνουν ότι η «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» μπορεί να προσφέρει πολλούς τρόπους μέτρησης των αποτελεσμάτων της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας.

Θα πρέπει ταυτόχρονα να ληφθεί υπόψη, πως οι δύο αυτές ψευδαισθήσεις δύναται να επηρεαστούν από ορισμένες παραμέτρους με διαφορετικό τρόπο. Παραδείγματος χάριν, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων (από την αναπαράσταση μιας ή περισσοτέρων αναλαμπών, με την ταυτόχρονη ακολουθία ενός ή και περισσοτέρων ήχων μιπι), είναι πιθανό να διαφέρει ανάλογα με την ηλικία, τον αριθμό των ατόμων που πραγματοποίησαν το πείραμα, καθώς και τις συνθήκες παρουσίας του κάθε ερεθίσματος. Ωστόσο και η προσδοκία του κάθε ατόμου για τον αριθμό των αναλαμπών που αναμένουν να δουν, ποικίλλει ανάλογα με τα άτομα και τις πληθυσμιακές ομάδες στις οποίες θα διενεργείται κάθε φορά το πείραμα και έτσι επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο η σχέση μεταξύ των δύο τύπων πλάνης. Συμπερασματικά, τα φαινόμενα “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” είναι πιθανό να αντικατοπτρίζουν τους ίδιους μηχανισμούς, οι οποίοι επηρεάζονται με ποικίλους τρόπους από διάφορες παραμέτρους.

Εάν όμως, όπως προαναφέρθηκε, η ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των διαφορών στην πολυαισθητηριακή αντίληψη ατόμων από κλινικές υποομάδες, ένα βασικό ερώτημα είναι εάν στοχευμένες μορφές εκπαίδευσης μπορούν να βελτιώσουν τους μηχανισμούς που σχετίζονται με τους διαφορετικούς τύπους πολυαισθητηριακής αντίληψης. Πρόσφατα ευρήματα υποδηλώνουν ότι το φαινόμενο αυτό μπορεί να διαμορφωθεί μέσω συγκεκριμένων τύπων εκπαίδευσης (Setti et al., 2014) όπως είναι η σωματική άσκηση (Masaki et al., 2001, O'Brien et al., 2020, 2017), ο έλεγχος ισορροπίας (Merriman et al., 2015), καθώς και η μουσική εκπαίδευση (Bidelman, 2016). Το γεγονός αυτό, συνηγορεί, επίσης, υπέρ της άποψης ότι το φαινόμενο της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της πολυαισθητηριακής αντίληψης.

Μέχρι σήμερα, δύο μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση της εκπαίδευσης (εμπειρίας) στην ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής: η μια πραγματοποιήθηκε σε μουσικούς και η άλλη σε δίγλωσσους. Αναφέρεται ότι οι μουσικοί έχουν μικρότερο “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” (Lee & Norpney, 2014, 2011) και συνεπώς είναι λιγότερο επιρρεπείς στο να αντιλαμβάνονται κάποια ψευδαίσθηση όταν είναι μεγαλύτερες οι ασυγχρονίες μεταξύ της έναρξης δυο ερεθισμάτων (Bidelman, 2016), ενώ οι δίγλωσσοι φαίνεται να έχουν ευρύτερο “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” και επομένως είναι πιο ευαίσθητοι στο φαινόμενο

της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής (Bidelman & Heath, 2018). Οι μουσικοί είναι μια ομάδα ατόμων με εξειδίκευση στον ακουστικό τομέα και ως εκ τούτου εκδηλώνουν πιο σωστές απαντήσεις στον συνδυασμό ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων (Rammsayer et al., 2012).

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην ομάδα των μουσικών και γενικότερα σε άτομα τα οποία έχουν λάβει συστηματική μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η μουσική εκπαίδευση παρέχει μια πλούσια πολυαισθητηριακή εμπειρία που απαιτεί την ενσωμάτωση σημάτων από διαφορετικές αισθητηριακές οδούς με ταυτόχρονες κινητικές αποκρίσεις. Έτσι, ο εγκέφαλος των μουσικών παρέχει ένα ιδανικό μοντέλο για τη μελέτη της πλαστικότητας του κεντρικού νευρικού συστήματος και του τρόπου με τον οποίο αυτό διαμορφώνεται από την εμπειρία του κάθε ανθρώπου (Zatorre et al., 2007). Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι οι μουσικοί αναπτύσσουν ένα ενισχυμένο ακουστικό σύστημα, τόσο σε δομικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο (Schlaug et al., 1995; Schneider et al., 2005; Hannon & Trainor, 2007; Baumann et al., 2008, Imfeld et al., 2009). Η εξάσκηση σε ένα μουσικό όργανο για εκτεταμένες χρονικές περιόδους αναπτύσσει τον ακριβή χρονισμό πολλών ιεραρχικά οργανωμένων διεργασιών του ανθρώπινου γνωστικού συστήματος. Κατά συνέπεια, υψηλή μουσική κατάρτιση μπορεί να επηρεάσει τη αντίληψη της χρονικής διασύνδεσης και ολοκλήρωσης σημάτων που προέρχονται από διαφορετικές αισθήσεις. Ακόμη και αν τα σήματα αυτά δεν είναι απόλυτα συγχρονικά, πρέπει να συνυπάρχουν μέσα σε ένα συγκεκριμένο “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” προκειμένου να ενσωματωθούν σε μια ενοποιημένη αντίληψη (Stein et al., 1993; Spence & Squire, 2003; Noesselt et al., 2007, 2008; Lewis & Noppeney, 2010; Stevenson et al., 2011).

Ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός συμπεριφορικών και νευροφυσιολογικών μελετών αναγνωρίζει ότι η μουσική εμπειρία μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στην πολυαισθητηριακή επεξεργασία πέρα από τα προφανή οφέλη που σχετίζονται με την ακουστική αντίληψη. Σχετικά με αυτό, πρόσφατες μελέτες έχουν αποκαλύψει ότι οι μουσικοί δείχνουν πιο βελτιωμένη πολυαισθητηριακή αντίληψη όσον αφορά τη νευρωνική κωδικοποίηση και επεξεργασία οπτικοακουστικών σημάτων τόσο για την ομιλία όσο και για τα μουσικά ερεθίσματα (Musacchia et al. 2007; Lee & Noppeney 2011; Paraskevopoulos et al. 2012; Lee & Noppeney 2014). Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει την ομιλία για ακουστικό ερέθισμα, άρα παραμένει ασαφές εάν τα καλύτερα αποτελέσματα των ατόμων με μουσική εκπαίδευση στην πολυαισθητηριακή αντίληψη προκύπτουν από τα γενικά οφέλη του τομέα της μουσικής εκπαίδευσης στην οπτικοακουστική επεξεργασία, ή αντ' αυτού από την υπεροχή των μουσικών στην επεξεργασία σχετικών γλωσσικών και μουσικών ερεθισμάτων (Bidelman, 2016).

Η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο να διερευνήσει αν μια σημαντική μορφή πολυτροπικής εμπειρίας, όπως είναι η μουσική εκπαίδευση, μπορεί να οξύνει την οπτικοακουστική επεξεργασία με τον συνδυασμό πολυαισθητηριακών πληροφοριών στην ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής και πιο συγκεκριμένα και στα δύο είδη ψευδαισθήσεων που προαναφέρθηκαν, αυτή της “διαίρεσης” και αυτή της “συγχώνευσης”. Τελικά, η μουσική εμπειρία ενισχύει την οπτικοακουστική επεξεργασία και συρρικνώνει το διάστημα στο οποίο γίνεται ο συνδυασμός ήχου και εικόνας και στις δύο περιπτώσεις φαινομένων; Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των φαινομένων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” μεταξύ μουσικών και μη μουσικών;

1. Αντίληψη και αισθήσεις

1.1 Ορισμός και λειτουργία των ανθρώπινων αισθήσεων

Οι αισθήσεις είναι η φυσιολογική ικανότητα του ανθρώπου και άλλων ζώων να αντιλαμβάνονται και να αναγνωρίζουν την εξωτερική πραγματικότητα. Αποτελούν βασικό μέσο για την αποτύπωση και τον προσανατολισμό ενός ατόμου στον κόσμο γύρω του. Οι πέντε βασικές αισθήσεις είναι αρχικά η όραση, δηλαδή η ικανότητα του ανθρώπου να αναγνωρίζει το φως και τα χρώματα και να αντιλαμβάνεται τις μορφές και τις εικόνες. Μετά έχουμε την ακοή, η οποία είναι η ικανότητα αντίληψης των ήχων και των συχνοτήτων τους. Στην πορεία έχουμε την όσφρηση με την οποία μπορούμε να αναγνωρίζουμε μυρωδιές και αρώματα, την γεύση με την οποία καταλαβαίνουμε την γεύση των τροφίμων και των υγρών που καταναλώνουμε, ενώ τέλος έχουμε την αφή σύμφωνα με την οποία αντιλαμβανόμαστε την υφή, τη θερμοκρασία και την πίεση που ασκείται στο δέρμα μας. Γενικότερα, οι αισθήσεις λειτουργούν συλλογικά, παρέχοντάς μας πληροφορίες για το περιβάλλον και την επικοινωνία μας με τον έξω κόσμο. Αποτελούν ένα από τα βασικά θεμέλια για την εκπλήρωση των λειτουργιών μας, την αντίληψη, την επιβίωση και την απόλαυση της ζωής.

Όσον αφορά την λειτουργία των αισθήσεων, ο άνθρωπος διαθέτει ένα σύστημα αισθητήριων οργάνων, το οποίο του επιτρέπει να αντιλαμβάνεται τις μεταβολές που συμβαίνουν στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον του. Ειδικά κύτταρα - υποδοχείς, ευαίσθητα στις αλλαγές αυτές, είναι τα κύρια μέσα συλλογής πληροφοριών που αφορούν την κατάσταση στο σώμα ενός ατόμου και ή τις μεταβολές στο εξωτερικό περιβάλλον του. Οι πληροφορίες αυτές μεταφέρονται με τη μορφή νευρικών ώσεων κατά μήκος των αισθητικών οδών και φτάνουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Επειδή ο τρόπος δημιουργίας και μεταφοράς της νευρικής ώσης είναι ο ίδιος, ανεξάρτητα από το είδος του ερεθίσματος, οι διαφορετικές αισθήσεις είναι αποτέλεσμα διαφορετικού τρόπου ανάλυσης και ερμηνείας αυτών των νευρικών ώσεων που σχετίζεται με την περιοχή του φλοιού όπου καταλήγουν οι νευρικές ώσεις. Για παράδειγμα, οι νευρικές ώσεις που φτάνουν σε μία περιοχή του κροταφικού λοβού (κέντρο ακοής) ερμηνεύονται, ανεξάρτητα από τον τρόπο δημιουργίας τους, ως ήχος, ενώ άλλες, που φτάνουν σε άλλη περιοχή (κέντρο γεύσης), πάντα ως γεύση. Οι υποδοχείς εκτός από το ότι αποτελούν μέσο για την αντίληψη του εξωτερικού κόσμου είναι σημαντικοί για τη διατήρηση της εγρήγορσης, το σχηματισμό εικόνας του σώματος και τον έλεγχο των κινήσεων.

Η συγκεκριμένη έρευνα επικεντρώνεται σε δύο από αυτές τις ανθρώπινες αισθήσεις και τον συνδυασμό τους ή το πώς μπορεί να επηρεάσει η μία την άλλη. Η πρώτη είναι η όραση η οποία λίγο πιο αναλυτικά μας επιτρέπει να αντιλαμβανόμαστε το φως και να αναγνωρίζουμε τα χρώματα, τις μορφές και τις εικόνες. Είναι η ικανότητα του εγκεφάλου να ερμηνεύει τις πληροφορίες που λαμβάνονται από το μάτι και να δημιουργεί μια ολοκληρωμένη αντίληψη του περιβάλλοντος μας. Η όραση είναι δυνατή λόγω του ματιού, το οποίο είναι το όργανο της όρασης. Το μάτι αποτελείται από διάφορα μέρη και δομές, όπως η κόρη, ο φακός, η ώχρα, και η οπτική θηλή. Όταν το φως εισέρχεται στο μάτι μέσω της κόρης, περνά από το φακό που συγκεντρώνει το φως και το κατευθύνει προς την ώχρα. Η ώχρα μετατρέπει το φως σε ηλεκτρικά σήματα και τα μεταδίδει μέσω της οπτικής θηλής προς τον εγκέφαλο. Στον εγκέφαλο, οι οπτικοί νευρώνες στέλνουν τα ηλεκτρικά σήματα προς διάφορες περιοχές, όπου επεξεργάζονται και συνδυάζονται για να δημιουργηθεί η οπτική αντίληψη. Η όραση είναι μια από τις πιο σημαντικές αισθήσεις, καθώς μας επιτρέπει να αναπτύσσουμε

αντιλήψεις για το περιβάλλον μας, να αναγνωρίζουμε πρόσωπα, αντικείμενα, να προηγούμαστε και να αντιδρούμε κατάλληλα στις καθημερινές καταστάσεις. Επιπλέον, η όραση συμβάλλει στην απόλαυση της τέχνης, του φυσικού περιβάλλοντος και σε πολλές άλλες πτυχές της ανθρώπινης ζωής.

Η δεύτερη από τις δύο βασικές αισθήσεις που αφορούν τη συγκεκριμένη έρευνα είναι η ακοή. Η ακοή, πιο συγκεκριμένα, είναι η ικανότητα του εσωτερικού μας αυτιού να μετατρέπει τις ηχητικές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος σε ηλεκτρικά σήματα που επιτρέπουν στον εγκέφαλο να ερμηνεύει και να τα αναγνωρίζει ως ακουστικά ερεθίσματα. Η ακοή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία, την αναγνώριση και την αντίληψη του περιβάλλοντος. Μέσω της ακοής μπορούμε να αντιλαμβανόμαστε τους ήχους γύρω μας, να ακούμε την ανθρώπινη φωνή και να αναγνωρίζουμε διάφορα ηχητικά σήματα και μουσικές. Η ακοή λειτουργεί μέσω της συνεργασίας διαφόρων δομών του αυτιού, τόσο του εξωτερικού όσο και του εσωτερικού αυτιού, καθώς και του νευρικού συστήματος και του εγκέφαλου. Οι ήχοι εισέρχονται στον ακουστικό πόρο και φτάνουν στο τύμπανο, το τμήμα του εξωτερικού αυτιού όπου γίνονται αντιληπτές οι διακυμάνσεις τους. Στη συνέχεια, αυτές οι διακυμάνσεις μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα από τις αισθητικές κυτταρικές δομές του εσωτερικού αυτιού που ονομάζεται κοχλίας. Τα ηλεκτρικά σήματα μεταδίδονται μέσω του ακουστικού νεύρου προς τον εγκέφαλο, όπου επεξεργάζονται και ερμηνεύονται, δημιουργώντας έτσι την αντίληψη του ήχου και του περιβάλλοντος.

1.2 Πολυαισθητηριακή αντίληψη

Το πως αντιλαμβανόμαστε όμως τον κόσμο γύρω μας συνήθως προκύπτει από την διέγερση περισσότερων από μια αισθήσεων (Neosselt et al., 2008). Στο φυσικό μας περιβάλλον, τα αισθητηριακά συστήματα εκτίθενται σε συνεχή εισροή πληροφορίας (Adam et al., 2014). Η διαδικασία αυτή κατά την οποία πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικές αισθήσεις, συνδυάζονται σε μια ενοποιημένη αντίληψη ονομάζεται πολυαισθητηριακή αντίληψη (Keil, 2020). Τα τελευταία πενήντα χρόνια υπήρξε μεγάλη ανάπτυξη ενδιαφέροντος για το θέμα της πολυαισθητηριακής αντίληψης. Παλαιότερες έρευνες είχαν επικεντρωθεί κυρίως στις αισθήσεις της όρασης, της ακοής και της αφής. Γενικότερα οι πολυαισθητηριακές αλληλεπιδράσεις φαίνεται να αποτελούν τον κανόνα και όχι την εξαίρεση. Οι διασταυρωμένες αλληλεπιδράσεις επηρεάζονται κυρίως από το χρονισμό ενός ερεθίσματος. Η χωρική σύμπτωση μεταξύ των στοιχειωδών ερεθισμάτων διαμορφώνει την πολυαισθητηριακή αντίληψη μόνο υπό συνθήκες αβεβαιότητας τοποθεσίας στόχου ή και όταν ο χώρος είναι κάπως σχετικός με την ενέργεια που θα κάνει κάθε φορά το άτομο. Η μελέτη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αισθήσεων είναι πλέον βασικό στοιχείο της έρευνας στην αντίληψη τόσο στους ανθρώπους, όσο και σε όλο και περισσότερα είδη (Spence & Charles, 2018).

Υπάρχουν πολλές καταστάσεις όπου ερεθίσματα παρουσιάζονται ταυτόχρονα σε διαφορετικές αισθητηριακές οδούς, χωρίς να έχουν σχέση μεταξύ τους ή ακόμα και με αντικρουόμενα μηνύματα. Για παράδειγμα, η ανάγνωση ενός κειμένου από ένα άτομο ενώ ακούει ταυτόχρονα μουσική ή η οδήγηση ενώ κάνει ταυτόχρονα μια συζήτηση με κάποιον απαιτούν από αυτούς, να δίνουν ταυτόχρονα προσοχή σε πληροφορίες που παρουσιάζονται σε διαφορετικές αισθητηριακές οδούς. Όταν αυτές παρέχουν διαφορετικές ή αντικρουόμενες πληροφορίες, τα ερεθίσματα που

παρουσιάζονται στη μία οδό μπορούν να αλλάξουν ή να αποδυναμώσουν την επεξεργασία της δεύτερης. (McGurk & MacDonald, 1976; Shams et al., 2000, 2002; Sloutsky & Napolitano, 2003). Εάν η διαισθητηριακή αυτή παρουσίαση (π.χ. παρουσίαση ακουστικών και οπτικών πληροφοριών ταυτόχρονα) αυξάνει τις απαιτήσεις της ενέργειας που κάνει εκείνη την στιγμή το άτομο, τότε η επεξεργασία και στις δύο οδούς θα επιβραδυνθεί εξίσου. Ωστόσο, εάν το ερέθισμα της μίας αίσθησης κυριαρχεί, τότε αναμένεται να υπάρχει μια ασυμμετρία και να αποδυναμώνεται η όχι και τόσο κυρίαρχη αίσθηση (Robinson et al., 2018).

Τα τελευταία 45 χρόνια, η πλειονότητα των ερευνών που εξετάζουν την κυριαρχία μίας από τις δύο αυτές αισθήσεις, δηλαδή της όρασης και της ακοής, σε ενήλικες πληθυσμούς, έχει καταλήξει στην κυριαρχία της όρασης, δηλαδή του οπτικού ερεθίσματος (Posner et al., 1976; Egeth & Sager, 1977; Colavita & Weisberg, 1979; Sinnott et al., 2007, 2008; Koppen et al., 2008). Για παράδειγμα στο “Colavita effect”, που είναι ένα κλασικό πειραματικό παράδειγμα κατά το οποίο κυριαρχεί η όραση και όχι η ακοή, οι συμμετέχοντες έπρεπε να πατήσουν γρήγορα ένα κουμπί όταν ακούγανε έναν ήχο και ένα διαφορετικό κουμπί όταν βλέπανε μια φωτεινή ακτίνα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού, οι συμμετέχοντες συχνά πατούσαν μόνο το κουμπί της όρασης όταν και τα δύο ερεθίσματα παρουσιάζονταν μαζί, ενώ η σωστή απάντηση ήταν να πατήσουν και τα δύο κουμπιά ή ένα τρίτο κουμπί που αντιστοιχούσε στον συνδυασμό και των δύο αυτών ερεθισμάτων. Μέσω του εφέ αυτού, όπως και άλλων παρόμοιων πειραματικών παραδειγμάτων υποδηλώθηκε ότι η οπτική κυριαρχία επηρεάζει την κωδικοποίηση και την ανταπόκριση σε πολυαισθητηριακές πληροφορίες. Πολλές μελέτες που χρησιμοποιούν παραλλαγές του “Colavita effect” έχουν αποδυναμώσει την θεωρία αυτή, αλλά δεν έχουν αντιστρέψει τελείως το αποτέλεσμα της.

Στην παρούσα μελέτη λοιπόν θεωρήθηκε ενδιαφέρον να μελετηθεί το ακριβώς αντίστροφο, δηλαδή το πόσο επηρεάζει η ακοή την όραση. Κάποια από τα βασικά παραδείγματα πειραμάτων που ασχολήθηκαν με την απόδειξη της θεωρίας αυτής ήταν το φαινόμενο της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής (Sound-induced flash illusion), το οποίο θα απασχολήσει και την συγκεκριμένη έρευνα. Έρευνες ανά τα χρόνια δείχνουν ότι τα βρέφη και τα παιδιά δίνουν μεγαλύτερη προσοχή στις ακουστικές πληροφορίες από ότι στις οπτικές, όπως και ότι αποσπώνται περισσότερο από τις ακουστικές πληροφορίες (Hirst et al., 2018).

Πολλές πρόσφατες μελέτες έχουν προσπαθήσει να μελετήσουν περισσότερο το ζήτημα αυτό εξετάζοντας την κυριαρχία των δύο αυτών αισθήσεων και σε ενήλικες πληθυσμούς, χρησιμοποιώντας παραλλαγές των πειραμάτων που χρησιμοποιούνταν και στις νεότερες ηλικιακές ομάδες (Dunifon et al., 2016; Barnhart et al., 2018). Στις μελέτες αυτές παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες διαδοχικά δύο ακουστικά ερεθίσματα, δύο οπτικά ερεθίσματα, ή δύο οπτικοακουστικά ζεύγη ερεθισμάτων και έπρεπε να αποφασίσουν γρήγορα εάν τα δύο ερεθίσματα ή τα ζεύγη ερεθισμάτων ήταν ίδια ή διαφορετικά. Η συγκέντρωση ακουστικών και οπτικών πληροφοριών συχνά επέβαλε καθυστέρηση στην οπτική επεξεργασία, ενώ δεν είχε αρνητικές επιπτώσεις στην ακουστική επεξεργασία. Αυτά τα αποτελέσματα της ακουστικής κυριαρχίας παρέμειναν ακόμα και όταν ειπώθηκε στους ενήλικες να αγνοήσουν τις ακουστικές πληροφορίες και να ανταποκριθούν μόνο στις οπτικές πληροφορίες (Dunifon et al., 2016). Έτσι, ενώ αυτές οι μελέτες δεν χρησιμοποιούν το παραδοσιακό “Colavita effect”, παρέχουν ενδείξεις που υποδεικνύουν ότι το ακουστικό ερέθισμα διαταράσσει την οπτική επεξεργασία, ενώ το οπτικό ερέθισμα δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ακουστική επεξεργασία.

1.3 Ψευδαισθήσεις

Η ψευδαίσθηση είναι μια αντίληψη ή εμπειρία που δημιουργείται από τον εγκέφαλό μας και δεν αντιστοιχεί στην πραγματικότητα. Αυτό συμβαίνει όταν οι αισθητήρες μας λαμβάνουν εισερχόμενες πληροφορίες και ο εγκέφαλος ερμηνεύει αυτές τις πληροφορίες με τρόπο που δημιουργεί μια παραπλανητική εμπειρία. Οι ψευδαισθήσεις μπορούν να προκληθούν από διάφορες παραμέτρους, όπως οπτικές ή ακουστικές αντιφάσεις, παρασιτική επίδραση από γειτονικές αισθήσεις, καθώς και παραμόρφωση και παραβίαση των συνηθισμένων αισθητηριακών προτύπων. Οι ψευδαισθήσεις αποτελούν ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης στην ψυχολογία και τη νευροεπιστήμη, καθώς βοηθούν στην κατανόηση του πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος και πώς αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο γύρω μας.

Στο βιβλίο του “Seeing through illusions” (2009), ο Richard Gregory ορίζει τις ψευδαισθήσεις ως “αποχρώσεις από την πραγματικότητα” - δηλαδή, οι ψευδαισθήσεις είναι καταστάσεις όπου αυτό που αντιλαμβανόμαστε δεν αντιστοιχεί σε αυτό που υπάρχει εκεί έξω. Το πρόβλημα με αυτόν και παρόμοιους ορισμούς είναι ότι υπάρχουν πολλά διαφορετικά πράγματα που μπορούν να θεωρηθούν ως “πραγματικότητα” (Rogers, 2017a). Για παράδειγμα, η κατανομή των μηκών κύματος του φωτός που φθάνει στα μάτια μας από μια συγκεκριμένη επιφάνεια κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού είναι σίγουρα μια “πραγματικότητα” που μπορεί να μετρηθεί ακριβώς με διάφορα μέσα. Ωστόσο, κανείς δεν θα θεωρούσε ψευδαίσθηση το γεγονός ότι το χρώμα της επιφάνειας που αντιλαμβανόμαστε δεν αντιστοιχεί σε αυτήν τη κατανομή των μηκών κύματος. Ένας εναλλακτικός και πιο αποδεκτός ορισμός της “πραγματικότητας” θα μπορούσε να είναι η χαρακτηριστική ανάκλαση της ίδιας της επιφάνειας που, και πάλι, αυτά τα χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να μετρηθούν ακριβώς με κάποια συγκεκριμένα μέσα (Rogers, 2022).

Η παρούσα μελέτη εστιάζει σε αυτές τις περιπτώσεις όπου ο συνδυασμός πληροφοριών από διαφορετικές αισθήσεις μπορεί να οδηγήσει την αντίληψη σε λανθασμένες κατευθύνσεις, προκαλώντας ψευδαισθήσεις. Στην πορεία θα ακολουθήσουν ορισμένα κλασικά παραδείγματα που περιλαμβάνουν περιπτώσεις όπου παρουσιάζονται στους παρατηρητές αντικρουόμενα ερεθίσματα μεταξύ των αισθήσεων, οδηγώντας τους σε γνωστά φαινόμενα αντίληψης, όπως το φαινόμενο του εγγαστρίμυθου, το “McGurk effect” (McGurk & MacDonald, 1976), καθώς και όπως αναφέραμε προηγουμένως, το φαινόμενο “Colavita”.

Ξεκινάμε με το φαινόμενο του εγγαστρίμυθου ή γνωστό και ως “ventriloquist effect”. Σε απλά λόγια, αυτό το φαινόμενο αναφέρεται στο ενδιαφέρον πείραμα όπου η φωνή που ακούμε φαίνεται να προέρχεται από το κινούμενο στόμα μιας κούκλας, αντί να προέρχεται από τον πραγματικό ομιλητή. Αυτή η ψευδαίσθηση παρέχει ένα σημαντικό παράδειγμα πολυαισθητηριακής επεξεργασίας, δηλαδή του τρόπου που ο εγκέφαλος μας συνδυάζει και ερμηνεύει πληροφορίες από διάφορα αισθητηριακά συστήματα. Σε ένα πειραματικό περιβάλλον, η εν λόγω ψευδαίσθηση μπορεί να προκληθεί με αξιοπιστία μέσω απλών, οπτικοακουστικών ερεθισμάτων. Αυτά τα ερεθίσματα, τα οποία διαφέρουν ως προς τη χωρική τους απόκλιση, μπορούν να οδηγήσουν σε εντυπωσιακά αποτελέσματα. Κατά κανόνα, η αντιληπτή τοποθεσία της πηγής του ήχου επηρεάζεται ώστε να συμφωνεί με την τοποθεσία του οπτικού ερεθίσματος, δημιουργώντας το γνωστό φαινόμενο του εγγαστρίμυθου. Προκαλεί ενδιαφέρον το γεγονός ότι η επιρροή της ψευδαίσθησης, αντικατοπτρίζει τη σχετική αξιοπιστία των οπτικών και ακουστικών εισόδων, καθώς και τις προηγούμενες προσδοκίες μας για το πώς αυτά τα δύο ερεθίσματα συσχετίζονται (Bruns, 2019). Οι μελέτες έχουν αναδείξει ότι η αποκαλούμενη “ολοκλήρωση” της ακουστικής και

οπτικής πληροφορίας είναι ένα πολυπλοκότερο φαινόμενο από ό,τι φανερά θα μπορούσε να φαίνεται. Τέλος, το φαινόμενο του εγγαστρίμυθου αναδεικνύει την αξία της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας και της σύνθεσης της πληροφορίας από διαφορετικές αισθητηριακές πηγές. Αποτελεί μια αναμφισβήτητη απόδειξη του πώς ο εγκέφαλος μας επεξεργάζεται και ερμηνεύει πληροφορίες από διάφορες αισθητηριακές πηγές, δημιουργώντας την αίσθηση μιας ενιαίας και συνεκτικής αντίληψης.

Ένα ακόμη παράδειγμα φαινομένου που παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά είναι, όπως προαναφέρθηκε, το φαινόμενο του “McGurk”. Σε αυτό το φαινόμενο, όταν ένα άτομο ακούει μια φωνή να αναφέρει τον ήχο “Μπα” και ταυτόχρονα βλέπει ένα πρόσωπο να εκφέρει τον ήχο “Γκα”, συχνά αντιλαμβάνεται μια εναλλακτική συλλαβή, όπως “Ντα” ή “Θα”. Αυτή η εμφάνιση μιας διαφορετικής αντίληψης αποτελεί ένα από τα παραδείγματα της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας. Το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι αποτέλεσμα της κυριαρχίας μιας αίσθησης ή του διαφορετικού μεταξύ δύο αισθήσεων. Συγκεκριμένα, η κυριαρχία της όρασης οδηγεί στην αντίδραση του ατόμου στην κίνηση του στόματος που παρατηρεί, ενώ η κυριαρχία της ακοής οδηγεί σε αντίδραση στον ακουστικό ήχο που ακούει. Επιπλέον, η ισορροπία της κυριαρχίας και των δύο αισθήσεων οδηγεί στη σύγχυση αυτών των ερεθισμάτων. Έχει παρατηρηθεί ότι οι αντιδράσεις αυτές μπορεί επίσης να ερμηνευθούν ως ένδειξη της οπτικής κυριαρχίας, όπου η κίνηση του στόματος που παρατηρεί το άτομο επηρεάζει τον ακουστικό ήχο που αντιλαμβάνεται. Αυτό υποδηλώνει τη σύνδεση μεταξύ των αισθήσεων και τον τρόπο με τον οποίο η οπτική πληροφορία μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη της ακουστικής πληροφορίας.

1.4 Ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής

Τα παραπάνω παραδείγματα προβάλλουν τη σπουδαιότητα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις αισθήσεις μας και την πολυπλοκότητα της ανθρώπινης αντίληψης. Ειδικότερα, αποκαλύπτουν την επίδραση των οπτικών πληροφοριών στην ακουστική αντίληψη, ενώ ταυτόχρονα επισημαίνουν το αντίθετο σενάριο.

Πριν από είκοσι τρία χρόνια διεξήχθη μια έρευνα από τους Shams, Kamitani και Shimojo αναδεικνύει το φαινόμενο της “εντυπωσιακής οπτικής ψευδαίσθησης”, όπως πρώτο ονομάστηκε τότε. Αυτή η ανακάλυψη αποδεικνύει ότι η οπτική αντίληψη δεν είναι απομονωμένη, αλλά μπορεί να επηρεαστεί και από άλλες αισθητηριακές πληροφορίες. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι η συνδυασμένη παρουσία ενός οπτικού ερεθίσματος με πολλαπλά ακουστικά ερεθίσματα μπορεί να οδηγήσει σε μια παραπλανητική αντίληψη πολλαπλών οπτικών σημάτων και το αντίστροφο. Αυτό το φαινόμενο, γνωστό και ως «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» (Sound-induced flash illusion – SIFI), καταδεικνύει ότι η ακουστική αντίληψη είναι ευέλικτη και δύναται να παρεμβαίνει σε άλλες αισθήσεις, όπως η ακουστική.

Αυτή η εντυπωσιακή διαπίστωση αντιτίθεται στην παραδοσιακή αντίληψη ότι η όραση έχει κυρίαρχη θέση στην ανθρώπινη αντίληψη, ενδεχομένως προκαλώντας την ανακατεύθυνση της έρευνας προς την προσδοκώμενη κυρίαρχη αίσθηση. Αυτή η αμφισβήτηση υπογραμμίζει τη σπουδαιότητα της ισορροπίας ανάμεσα στις αισθητηριακές εισροές και την ευαισθησία της ανθρώπινης αντίληψης σε διαφορετικές αισθητηριακές μορφές. Στην πραγματικότητα, η ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής αποτελεί κλειδί για την περαιτέρω κατανόηση της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας, εισάγοντας νέες διαστάσεις στον τομέα της επιστήμης της ανθρώπινης αντίληψης.

Πάμε τώρα να αναλύσουμε λίγο περισσότερο την επίδραση του φαινομένου αυτού σε κάποιες κλινικές υποομάδες, ξεκινώντας με άτομα που βρίσκονται στο φάσμα αυτισμού. Σύμφωνα με διάφορες έρευνες τα παιδιά με αυτισμό έχουν εμφανίσει μεγαλύτερη (Foss-Feig et al., 2010) και μικρότερη (Stevenson et al., 2014) ευαισθησία στην ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής σε σύγκριση με άτομα της ίδιας ηλικίας και του ίδιου επιπέδου νοημοσύνης. Η ευαισθησία στο φαινόμενο αυτό σε ενήλικες με αυτισμό, από την άλλη, φαίνεται να είναι παρόμοια με αυτήν των ενηλίκων με φυσιολογική ανάπτυξη στην αντίστοιχη ηλικία (Keane et al., 2010; van Der Smagt et al., 2007), ενώ στον γενικό πληθυσμό, τα χαρακτηριστικά του αυτισμού, ειδικότερα στους τομείς της κοινωνικής δεξιότητας, της επικοινωνίας και της φαντασίας, έχουν συσχετιστεί με ασθενέστερη ευαισθησία στη ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής (Kawakami et al., 2018). Οι Foss-Feig et al. (2010) δεν εντόπισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στην ικανότητα ανίχνευσης του οπτικού ερεθίσματος, δηλαδή των δύο φλας, ενώ η ακρίβεια των συμμετεχόντων στην ανίχνευση του ακουστικού ερεθίσματος, δηλαδή του αριθμού των μπιπ, δεν αξιολογήθηκε. Γενικότερα, μια εξήγηση για τα αντιφατικά αποτελέσματα μεταξύ των μελετών που αφορούν παιδιά με αυτισμό, μπορεί να είναι οι διαφορές στην μεθοδολογία, ειδικότερα στον αριθμό των χρονικών καθυστερήσεων μεταξύ του ακουστικού και οπτικού ερεθίσματος που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι τα άτομα με διάγνωση αυτισμού υποβαθμίζονται αναπτυξιακά στην επεξεργασία αισθητηριακών ερεθισμάτων, με τις πολυαισθητηριακές τους ικανότητες να φθάνουν σε επίπεδα φυσιολογικά για την ηλικία τους περίπου στα είκοσι και πλέον έτη (Crosse et al., 2019). Ωστόσο, η ευαισθησία στο φαινόμενο SIFI σε παιδιά και ενήλικες με αυτισμό δεν έχει συγκριθεί ακόμη μέσα στην ίδια μελέτη.

Η τροποποιημένη πολυαισθητηριακή αντίληψη αποτελεί ένα συχνά αναφερόμενο χαρακτηριστικό και της σχιζοφρένειας (Postmes et al., 2014). Η σχιζοφρένεια είναι μια σοβαρή ψυχική διαταραχή που επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο μια προσωπικότητα αντιλαμβάνεται τον κόσμο, σκέφτεται και συμπεριφέρεται. Οι άνθρωποι που πάσχουν από σχιζοφρένεια μπορεί να βιώνουν παραμορφωμένες πραγματικότητες και να έχουν δυσκολία στην αναγνώριση της πραγματικότητας. Ωστόσο, όπως και με άλλες καταστάσεις που παρουσιάζουν φαινομενικές εκφάνσεις, τα δεδομένα σχετικά με την επιρροή της «ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής» στην ευαισθησία της σχιζοφρένειας παραμένουν αντιφατικά, με αναφορές για μειωμένη (Vanes et al., 2016), παρόμοια (Balz et al., 2016b) και αυξημένη (Ferri et al., 2018) ευαισθησία. Όμοια με τις μελέτες για την Αυτιστική Διαταραχή, αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορες μεθοδολογικές διαφορές σχετικά με τη χρήση των χρόνων καθυστέρησης, σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές, που εξετάζουν τη σχιζοφρένεια.

Τέλος, κλείνουμε αυτή την ανάλυση παραδειγμάτων, από κλινικές υποομάδες στις οποίες εφαρμόστηκε η «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» με μια αναφορά και σε άτομα με ημικρανίες. Η ημικρανία είναι μια μακροχρόνια νευρολογική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενα επεισόδια έντονου πονοκεφάλου. Αυτή η κρίση πονοκεφάλου συνήθως είναι μονόπλευρη, που σημαίνει ότι επηρεάζει μόνο ένα μέρος του κεφαλιού, και προκαλεί έντονο πόνο, που μπορεί να συνοδεύεται από άλλα συμπτώματα όπως ναυτία, εμετός, φωτοφοβία (ευαισθησία στο φως), φωνοφοβία (ευαισθησία στον ήχο), και δυσφορία από τις καθημερινές δραστηριότητες (O'Hare, 2017). Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει τη συσχέτιση μεταξύ της ημικρανίας και της πολυαισθητηριακής αντίληψης χρησιμοποιώντας το φαινόμενο της «ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής». Οι ενήλικες με ημικρανία και αυξημένες κεφαλαλγίες (cluster headaches) (Brighina et al., 2015, 2014) φαίνεται να είναι λιγότερο ευαίσθητοι στο φαινόμενο αυτό, αν και η ευαισθησία στα παιδιά με

ημικρανία δεν διαφέρει επίσης από τους συνομηλικούς τους (Di Marco et al., 2015). Η ασθενέστερη αντίληψη του φαινομένου της «ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής» στην ημικρανία έχει αποδοθεί σε υπέρ ευερεθιστότητα του οπτικού φλοιού (Cosentino et al., 2015), με αποτέλεσμα την αμβλυνόμενη επίδραση των ακουστικών ερεθισμάτων.

2. Ψευδαισθήσεις “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”

2.1 Τα δύο είδη ψευδαισθήσεων της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής

Μέσα στο πέρασμα του χρόνου, έχουν εξεταστεί δύο διαφορετικά υποείδη του συγκεκριμένου φαινομένου, το ένα είναι γνωστό ως ψευδαίσθηση “διαίρεσης” και το άλλο, λιγότερο εξερευνημένο, ως ψευδαίσθηση “συγχώνευσης”. Στο πρώτο είδος, το εφέ “διαίρεσης”, γίνεται μία παρουσίαση πολλαπλών ηχητικών ερεθισμάτων (παρουσίαση δύο ήχων μπιπ σε μια συγκεκριμένη συχνότητα) μαζί με μία μεμονωμένη αναλαμπή (παρουσίαση ενός λευκού κυκλικού δισκίου πάνω σε μαύρη επιφάνεια), προκαλώντας μια απατηλή αντίληψη πολλών αναλαμπών. Αντίθετα, στο εφέ “συγχώνευσης”, προκύπτει μια αντίληψη ψευδαίσθησης όπου ένα μόνο ηχητικό ερέθισμα συνδυάζεται με την προβολή πολλαπλών αναλαμπών, προκαλώντας την ψευδαίσθηση στο υποκείμενο, που παίρνει μέρος στην πειραματική διαδικασία, ότι βρίσκεται μπροστά του μια μόνο φωτεινή αναλαμπή.

Οι έρευνες που ασχολήθηκαν με τα δύο αυτά είδη ψευδαισθήσεων έχουν αποκαλύψει πως υποστηρίζονται από διακριτούς υποκείμενους μηχανισμούς, οι οποίοι επηρεάζουν το χρονικό διάστημα κατά το οποίο στον ανθρώπινο εγκέφαλο συμβαίνει η συνδυαστική επεξεργασία των δύο ερεθισμάτων, του οπτικού και του ακουστικού. Αυτό το χρονικό διάστημα, που είναι γνωστό και ως “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” (temporal binding window, TBW) (Stevenson et al., 2012), αναδεικνύει το χρονικό περιθώριο ενσωμάτωσης των διαφορετικών αισθητηριακών ερεθισμάτων. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της ψευδαίσθησης “διαίρεσης”, το χρονικό παράθυρο κυμαίνεται από περίπου 90 έως 150ms, ενώ στην ψευδαίσθηση “συγχώνευσης” παρατηρείται στα περίπου 180ms (Mishra et al., 2007, 2008).

Αρχικά, το φαινόμενο “διαίρεσης” έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές με σκοπό να κατανοηθεί πώς η αισθητηριακή αντίληψη μπορεί να επηρεαστεί από τον συνδυασμό οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων και ποιοι μηχανισμοί βρίσκονται πίσω από αυτήν την επίδραση. Οι μελέτες για το φαινόμενο αυτό συμπεριλαμβάνουν ερευνητές από διάφορους τομείς, όπως η νευρο επιστήμη, η και η ψυχολογία. Συνολικά, οι μελέτες για το εφέ “διαίρεσης” έχουν συντελέσει στην κατανόηση των μηχανισμών της αισθητηριακής επεξεργασίας, του τρόπου λειτουργίας του εγκεφάλου και της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε διάφορα αισθητηριακά σήματα. Αυτές οι μελέτες έχουν ενισχύσει τη γνώση μας για τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε και ενοποιούμε τις πολλαπλές αισθητηριακές πληροφορίες που λαμβάνουμε από το περιβάλλον μας.

Από την άλλη, οι ερευνητές του φαινομένου “συγχώνευσης” έχουν προσπαθήσει να εξετάσουν πώς η παρουσίαση ενός μεμονωμένου ηχητικού ερεθίσματος μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη πολλαπλών οπτικών ερεθισμάτων. Μέσα από διάφορες έρευνες τους επιδιώκουν να κατανοήσουν το πώς ο εγκέφαλος ενοποιεί αυτά τα διαφορετικά αισθητηριακά σήματα και πώς αυτό επηρεάζει την αίσθησή μας για την παρουσία και τον αριθμό των οπτικών ερεθισμάτων. Οι μελέτες αυτές έχουν αναδείξει ότι το φαινόμενο της “συγχώνευσης” μπορεί να είναι λιγότερο μελετημένο σε σχέση με άλλα φαινόμενα, όπως αυτό της “διαίρεσης”. Συνολικά, οι μελέτες για το φαινόμενο αυτό έχουν βοηθήσει να αναδειχθεί η πολυπλοκότητα της αισθητηριακής αντίληψης και της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε διάφορα αισθητηριακά συστήματα. Ενώ τα ακριβή συμπεράσματα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την ερευνητική μεθοδολογία και τα δείγματα, αυτές οι μελέτες έχουν προσφέρει σημαντικές εισηγήσεις για τον τρόπο λειτουργίας του εγκεφάλου κατά την αντίληψη των αισθητηριακών ερεθισμάτων.

2.2 Παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης

Η έννοια του “Παραθύρου Χρονικής Ολοκλήρωσης” (Temporal Binding Window - TBW) αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της κατανόησης της πολυαισθητηριακής αλληλεπίδρασης στον ανθρώπινο εγκέφαλο, ενσωματώνοντας την έννοια της πιθανότητας δύο ερεθισμάτων να επηρεάσουν τη συμπεριφορά και την αντίληψη ενός ατόμου καθώς συνδυάζονται με ασύγχρονο τρόπο (Stevenson, 2012). Για τη βέλτιστη αντίληψη συγχώνευσης σε άτομα με φυσιολογικές αισθήσεις, τα ακουστικά και οπτικά ερεθίσματα θα πρέπει να συγχρονίζονται ακριβώς εντός ενός σχετικά στενού χρονικού διαστήματος. Οπτικοακουστικές πειραματικές παρεμβάσεις στην χρονική συνέπεια με λεκτικά ηχητικά ερεθίσματα δεν διαταράσσουν την οπτικοακουστική συγχώνευση ή την αντίληψη συνέπειας, αν η ασυγχρονία βρίσκεται εντός ενός συγκεκριμένου αποδεκτού εύρους. Το εύρος αυτό είναι συνήθως μεταξύ 150 έως 450 msec, ανάλογα με το κάθε πειραματικό παράδειγμα και τα ερεθίσματα που χρησιμοποιούνται (Stevenson et al., 2010).

Αν τα οπτικά ή και τα ηχητικά ερεθίσματα διαφέρουν χρονικά, η ανθρώπινη αντίληψη συνήθως ερμηνεύει τα ερεθίσματα αυτά ως ταυτόχρονα εάν η χρονική απόκλιση εμπίπτει στο παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη κι αν τα ακουστικά και οπτικά σήματα δεν είναι πραγματικά συγχρονισμένα, αλλά η απόκλισή τους είναι εντός του αποδεκτού παραθύρου, η ανθρώπινη αντίληψη ερμηνεύει τα ερεθίσματα αυτά ως συγχρονικά. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η διάρκεια κατά την οποία ασύγχρονα οπτικοακουστικά ερεθίσματα γίνονται αντιληπτά ως συγχρονικά είναι συχνά μεγαλύτερη όταν το οπτικό έρεθισμα προηγείται του ακουστικού, σε αντίθεση με την περίπτωση όπου το ακουστικό έρεθισμα προηγείται του οπτικού. Αυτή η παρατήρηση έχει καταγραφεί σε αρκετές μελέτες (Conrey & Pisoni, 2006; Miller & D'Esposito, 2005), αναδεικνύοντας το πολύπλοκο παιχνίδι μεταξύ της χρονικής συμβατότητας των αισθητηριακών σημάτων και των φαινομένων ψευδούς αντίληψης που ενδεχομένως προκαλούν.

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι με την αύξηση της χρονικής απόστασης μεταξύ των εναύσεων των ερεθισμάτων (γνωστής και ως Stimulus Onset Asynchrony - SOA), η πιθανότητα πολυαισθητηριακών αλληλεπιδράσεων μειώνεται. Αυτό συμβαίνει καθώς τα διαφορετικά ερεθίσματα, όταν παρουσιάζονται σε ασύγχρονη σειρά, γίνεται λιγότερο πιθανό να συσχετίζονται μεταξύ τους, ενισχύοντας την

ανεξαρτησία τους (Conrey & Pisoni, 2006; Keetels & Vroomen, 2005; Miller & D'Esposito, 2005; Powers et al., 2009; Spence, Baddeley, Zampini, James & Shore, 2003; Stevenson et al., 2010; van Atteveldt, et al., 2007; van Wassenhove, et al., 2007; Vatakis & Spence, 2006).

Αυτός ο μηχανισμός εκφράζει κανονικότητες του φυσικού περιβάλλοντος, όπου διάφορα αισθητήρια ερεθίσματα που δεν συνδέονται στενά χρονικά είναι λιγότερο πιθανό να προέρχονται από μία μόνο πηγή. Ακόμη, το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” αναδεικνύει μια ενδιαφέρουσα ασυμμετρία, με τον εγκέφαλο να φαίνεται πιο αναπαραστατικός όσον αφορά τη διεξαγωγή προβλέψεων, όταν τα οπτικά ερεθίσματα προηγούνται των ακουστικών (Conrey & Pisoni, 2006; Dixon & Spitz, 1980; Hillock et al., 2011; Stevenson et al., 2010; van Atteveldt, et al., 2007; van Wassenhove, et al., 2007; Vroomen & Keetels, 2010). Αυτή η ασυμμετρία έχει αποδοθεί στην απόκλιση των χρόνων διάδοσης του οπτικού και του ακουστικού ερεθίσματος (Dixon & Spitz, 1980; Meredith et. al., 1987; Roach, Heron, Whitaker & McGraw, 2011; Seitz, Holloway & Watanabe, 2006; Zampini et al., 2005; Zampini, Shore & Spence, 2003, 2005).

2.3 Παράμετροι που επηρεάζουν τα εφέ “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”

Ανατρέχοντας σε προηγούμενες έρευνες, διακρίνεται ένα συνεχώς εμφανές πρότυπο, ότι το φαινόμενο της “συγχώνευσης”, παρότι αναγνωρίζεται ως σημαντικό, έχει δεχθεί αναλύσεις σε εξαιρετικά περιορισμένο βαθμό σε σχέση με το φαινόμενο της “διαίρεσης”. Υπάρχουν ποικίλοι παράγοντες που μπορεί να εξηγήσουν γιατί συμβαίνει αυτό, ενώ πολλοί ερευνητές ενδιαφέρονται κυρίως για την ψευδαίσθηση της “διαίρεσης”, καθώς αυτή δημιουργεί την εντύπωση ενός δεύτερου οπτικού ερεθίσματος που στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Παράλληλα, το εφέ “συγχώνευσης” ενδέχεται να είναι λιγότερο αξιόπιστο, με αποτέλεσμα να παραμείνουν αναπάντητα ερωτήματα για την προέλευση και τη λειτουργία του (Hirst et al., 2020).

Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα τις βασικές διαφορές μεταξύ των δύο φαινομένων, πολλές έρευνες έχουν διερευνήσει τα εφέ “συγχώνευσης” και “διαίρεσης” σε ευρύ φάσμα ατόμων. Αυτές οι μελέτες έχουν περιλαμβάνει ποικίλες ηλικιακές ομάδες, αναλύοντας την επίδραση της ηλικίας στα φαινόμενα αυτά. Ειδικότερα, μελέτες έχουν διεξαχθεί σε νεαρά άτομα που βρίσκονται στην φάση της ανάπτυξης (Innes-Brown et al., 2011, McGovern et al., 2014), άτομα με αμβλυωπία (Narinesingh et al., 2017), καθώς και σε άτομα με εγκεφαλικές βλάβες (Bolognini et al., 2016). Επιπλέον, ειδικές μελέτες έχουν διεξαχθεί και για άτομα που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού, προσφέροντας μια πολυδιάστατη εικόνα της σχέσης μεταξύ των δύο φαινομένων (Bao et al., 2017). Οι παραπάνω διαφορετικές προσεγγίσεις στην μελέτη του φαινομένου “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” έχουν αποκαλύψει ότι το “ηχητικό εφέ ψευδαίσθησης λάμψης” παρέχει διάφορες πτυχές της πολυαισθητηριακής επεξεργασίας. Η επίδραση της ηλικίας, η παρουσία συγκεκριμένων παθολογιών και ατυχιών, καθώς και η ποικιλομορφία του φάσματος του αυτισμού, αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της συνδρομής των αισθήσεων στην αντίληψη και την αλληλεπίδρασή τους στον ανθρώπινο εγκέφαλο.

Η φύση που συνδέει την «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» με τη λειτουργία των γνώσεων και των κλινικών καταστάσεων, καθώς και η γενικότερη κατεύθυνσή του, παραμένουν προς το παρόν άγνωστα. Είναι πιθανό, η υγιής γνωστική

λειτουργία να προάγει μια πιο αποδοτική αντίληψη του φαινομένου αυτού. Από την άλλη, η πολυαισθητηριακή αντίληψη μπορεί να διευκολύνει την υγιή γνωστική λειτουργία, ενισχύοντας την μέσω της μάθησης ή της μνήμης (Shams & Seitz, 2008). Είναι επίσης πιθανό να υπάρχει μια διπλή κατεύθυνση της σχέσης αυτής. Δεδομένου του ότι η ακοή και η όραση είναι γνωστοί προγνωστικοί παράγοντες της γνωστικής λειτουργίας στην μετέπειτα ζωή (Chen et al., 2017a), είναι σημαντικό να κατανοήσουμε την κατευθυντικότητα αυτών των επιδράσεων, καθώς αυτό θα βοηθήσει να προσδιορίσουμε εάν οι παρεμβάσεις πρέπει να στοχεύουν στην πολυαισθητηριακή αντίληψη καθ' αυτή, ή να προάγουν την υγιή γνωστική λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου.

Ένα ακόμη παράγοντας που επηρεάζει τα δύο αυτά φαινόμενα είναι η ένταση του ερεθίσματος, καθώς και η αισθητηριακή ικανότητα, τα οποία αλλάζουν συστηματικά την ευαισθησία στη γενικότερη ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής. Γι' αυτό συνιστάται να προσπαθούν, όπου είναι δυνατόν, τα μελλοντικά ερευνητικά πειράματα να ελέγχουν την ένταση του ερεθίσματος και τον χρόνο βάσει της ατομικής αισθητηριακής ικανότητας. Επιπλέον, επειδή η ευαισθησία στο φαινόμενο αυτό επηρεάζεται από την ικανότητα να αντιλαμβάνεται κανείς δύο συνεχόμενα ερεθίσματα στον οπτικό και τον ακουστικό τομέα (Shams et al., 2005b), οι μελέτες πρέπει να περιλαμβάνουν συνθήκες όπου μπορεί να μετρηθεί η ακρίβεια για την κρίση δύο μονοαισθητηριακών ερεθισμάτων. Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι το ίδιο το φαινόμενο δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τον χώρο, ίσως λόγω της χρονικής φύσης της εργασίας ή επειδή η ψευδαίσθηση δεν περιορίζεται στις πολυαισθητηριακές ιδιότητες των νευρώνων στον σύνθετο οπτικοακουστικό κορμό (Stein & Stanford, 2008). Πάντως, η ανθεκτικότητα της ψευδαίσθησης στη χωρική απόκλιση σημαίνει ότι η ακριβής τοποθέτηση των ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων δεν είναι κρίσιμη για την πρόκληση και των δύο φαινομένων αυτών.

2.4 Έρευνες που υποδεικνύουν διαφορές μεταξύ των ψευδαισθήσεων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”

Έχουν γίνει διάφορες έρευνες κατά καιρούς που δείχνουν κάποιες διαφορές στα αποτελέσματα των δύο φαινομένων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”. Θα ξεκινήσουμε αναλύοντας κάποιες συμπεριφορικές έρευνες που δείχνουν πως επηρεάστηκαν τα άτομα που τις διεξήγαγαν όσον αφορά τα δύο φαινόμενα αυτά. Γενικότερα η «ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής» είναι ένα φαινόμενο πολυαισθητηριακής ολοκλήρωσης, όπως προαναφέραμε, υπό την κυριαρχία του ακουστικού σήματος, κατά το οποίο οι λάμπες που παρουσιάζονται σε συνδυασμό με ένα μη ισότιμο αριθμό ακουστικών ήχων γίνονται ψευδώς αντιληπτές ως ίσοι με τον αριθμό των προσλαμβανόμενων ήχων. Η πρώτη μελέτη στην οποία θα αναφερθούμε είναι των Wang et al. (2019) οι οποίοι πρόσθεσαν στο πείραμά τους ως συνθήκη την προσδοκία του κάθε ατόμου για το αποτέλεσμα, δίνοντας πριν την διεξαγωγή του κάθε πειράματος οδηγίες όσον αφορά το ποσοστό που θα νοιώσει το άτομο την ψευδαίσθηση ή όχι. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ακρίβεια της κρίσης βελτιώθηκε και οι χρόνοι αντίδρασης μειώθηκαν όταν οι οδηγίες υποδείκνυαν το ρεαλιστικό ποσοστό σωστών απαντήσεων των συνθηκών του πειράματος. Τα αποτελέσματα υποδήλωναν ότι οι προσδοκίες των ατόμων για την κάθε συνθήκη, μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά

την ψευδαίσθηση “διαίρεσης” και να επιταχύνουν την κρίση, αλλά δεν έδειξαν ιδιαίτερες διαφορές στην ψευδαίσθηση “συγχώνευσης”, λόγω της αστάθειας της ψευδαίσθησης.

Μια ακόμη συμπεριφορική έρευνα μέσω της οποίας διαπιστώθηκαν κάποιες διαφορές μεταξύ των φαινομένων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”, αφορά την επίδραση της πρώιμης οπτικής αποστέρησης στην αντίληψη της ταυτόχρονης εμφάνισης οπτικοακουστικών ερεθισμάτων σε δύο ομάδες ανθρώπων. Οι ομάδες ασθενών στους οποίους διεξάχθηκε το συγκεκριμένο πείραμα γεννήθηκαν με πυκνούς καταρράκτες στο ένα ή και στα δύο μάτια, που έφραζαν όλο το οπτικό τους πεδίο ή μέρος από αυτό. Οι ομάδες αυτές χωρίζονταν σε άτομα με καταρράκτη στο ένα μόνο μάτι ή και στα δύο μάτια αντίστοιχα. Και οι δύο ομάδες ασθενών έδειξαν μειωμένη ακρίβεια στην κρίση της οπτικοακουστικής ταυτόχρονης εμφάνισης των συνθηκών του πειράματος. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν ποιοτικά διαφορετικά αποτελέσματα για τις δύο ομάδες ασθενών, από την μία η απόδοση των μονόφθαλμων αποστερημένων ασθενών ταίριαξε ηλικιακά με αυτή αυτήν των νεαρών παιδιών, ενώ η απόδοση των δεύτερων δεν ταίριαξε με κανένα στάδιο της τυπικής ανάπτυξης. Γενικότερα όμως όσον αφορά και τις διαφορές ανάμεσα στα δύο είδη της της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής, παρατηρήθηκαν καλύτερα αποτελέσματα στο εφέ της “διαίρεσης” στην περιφερειακή παρά στην κεντρική όραση των ασθενών, ενώ στο εφέ της “συγχώνευσης” ακριβώς το αντίστροφο (Chen et al., 2017b)

Ένα άλλο πεδίο που ερεύνησε τις διαφορές μεταξύ των ψευδαισθήσεων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” ήταν αυτό της ηλικιακής ανάπτυξης ενός ατόμου. Ενώ σε γενικότερα πλαίσια η γήρανση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της αντίληψης και των γνωστικών λειτουργιών, τα αποτελέσματα της κάθε ηλικίας στην πολυαισθητηριακή αντίληψη, είναι λιγότερο σαφή. Πρόσφατες αναφορές υποδεικνύουν ότι οι ηλικιωμένοι είναι ευάλωτοι στην της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής (Shams et al., 2000) σε ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος ασυγχρονιών από ό,τι οι νεότεροι ενήλικες (Setti et al., 2011). Στην προκειμένη έρευνα οι McGovern et al. (2014) διερεύνησαν τα δύο είδη ψευδαισθήσεων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” σε δύο διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Η μία ομάδα απαρτιζόταν από άτομα ηλικίας 18 με 30 χρονών ενώ η δεύτερη από άτομα από 65 και άνω. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια έντονη διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων για τις δύο παραλλαγές της ψευδαίσθησης αυτής. Ειδικότερα, όσον αφορά το εφέ της “διαίρεσης”, οι ηλικιωμένοι ήταν σημαντικά πιο ευάλωτοι στην ψευδαίσθηση αυτή σε μεγαλύτερες ασυγχρονίες σε σχέση με τους νεότερους συμμετέχοντες. Αντιθέτως, η απόδοση των νεότερων και ηλικιωμένων ομάδων ήταν σχεδόν ταυτόσημη στο εφέ της “συγχώνευσης”. Αυτή η εκπληκτική διαφορά κατά την ηλικιακή ανάπτυξη δηλώνει πως αυτές οι ψευδαισθήσεις διαμεσολαβούνται από διακριτούς νευρωνικούς μηχανισμούς (McGovern et al., 2014).

Μία παρόμοια μελέτη διεξαγόμενη σε άτομα διαφορετικών ηλικιακών ομάδων ήταν αυτή των Innes-Brown et al. (2011). Στην συγκεκριμένη έρευνα η πολυαισθητηριακή ολοκλήρωση ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων μελετήθηκε σε παιδιά ηλικίας 8-17 ετών και σε μία ομάδα ενηλίκων άνω των 18, χρησιμοποιώντας τα δύο είδη ψευδαισθήσεων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”. Τα παιδιά ήταν πιο ευαίσθητα όσον αφορά την ψευδαίσθηση “διαίρεσης” από τους ενήλικες, υποδηλώνοντας ότι συνδύαζαν πιο εύκολα το ηχητικό με το οπτικό ερέθισμα από ότι οι ενήλικες. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας δείχνουν ότι η μορφή της πολυαισθητηριακής αντίληψης που σχετίζεται με τις δύο αυτές ψευδαισθήσεις, χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ωριμάσει στα παιδιά με φυσιολογική ανάπτυξη.

Εν κατακλείδι, η ψευδαισθηση “διαίρεσης” είναι σημαντικά ισχυρότερη στην ομάδα των παιδιών σε ηλικίες 8 με 17 ετών (Innes-Brown et al., 2011).

Μια πιο πρόσφατη έρευνα άξια αναφοράς είναι αυτή των Parker & Robinson (2018), η οποία εξέτασε τις συνεισφορές του συνδυασμού των οπτικών και ακουστικών πληροφοριών στην πολυαισθητηριακή αντίληψη στο φάσμα της ζωής ενός ατόμου. Στην έρευνα αυτή, παιδιά, νέοι ενήλικες και ηλικιωμένοι αξιολογήθηκαν σε μια παραλλαγή της ακουστικά προκλητής ψευδαισθησης αναλαμπής τεστάροντας και τα δύο φαινόμενα, “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”. Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα σε όλες τις ηλικίες, φαίνεται ότι το ηχητικό ερέθισμα είχε ισχυρότερη επίδραση στην οπτική επεξεργασία από το αντίστροφο. Ωστόσο, οι σχετικές συνεισφορές του συνδυασμού ακουστικών και οπτικών πληροφοριών αλληλοεπίδρασαν με την ηλικία, με τους νέους ενήλικες να επιδεικνύουν στοιχεία ακουστικής κυριαρχίας, καθώς μόνο η ακουστική πληροφορία επηρέαζε την οπτική επεξεργασία, ενώ οι πολυαισθητηριακές επιδράσεις ενσωμάτωσης ήταν πιο συμμετρικές σε παιδιά και ηλικιωμένους. (Parker & Robinson, 2018).

Σε έρευνα των Bao et al. (2017) μελετήθηκαν οι τις διαφορές των δύο ψευδαισθήσεων σε άτομα που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η πολυαισθητηριακή αντίληψη ήχου και όρασης μπορεί να είναι άτυπη στο φάσμα του αυτισμού. Ωστόσο, πολλές από τις έρευνες που βρήκαν αλλοίωση στην πολυαισθητηριακή αντίληψη σε άτομα με αυτισμό, αφορούσαν κυρίως κοινωνικά και επικοινωνιακά κριτήρια. Ο στόχος της μελέτης αυτής ήταν να διερευνήσει τις ικανότητες ατόμων που βρίσκονται στο φάσμα αυτό στην πολυαισθητηριακή αντίληψη χρησιμοποιώντας ερεθίσματα χαμηλότερου επιπέδου που δεν έχουν κοινωνικό και επικοινωνιακό χαρακτήρα, εξετάζοντας την ευαισθησία στις οπτικές ψευδαισθήσεις που καθοδηγούνται από ακουστικά ερεθίσματα. Έφηβοι και ενήλικες με αυτισμό, αλλά και άτομα με φυσιολογική ανάπτυξη, έδειξαν παρόμοια ευαισθησία στην ψευδαισθηση “διαίρεσης”. Ωστόσο, η ομάδα των ατόμων με αυτισμό ήταν σημαντικά πιο ευαίσθητη στην ψευδαισθηση “συγχώνευσης”. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι τα άτομα με αυτισμό δυσκολεύονται περισσότερο στον συνδυασμό οπτικοακουστικών αισθητηριακών πληροφοριών σε σχέση με τα άτομα που έχουν φυσιολογική ανάπτυξη (Bao et al., 2017).

Τέλος, μία ακόμη έρευνα άξια αναφοράς είναι αυτή των Narinesingh et al. (2017) η οποία διεξάχθηκε σε άτομα με αμβλυωπία. Η αμβλυωπία είναι μια νευροαναπτυξιακή οπτική διαταραχή που προκαλείται από μη τυπική οπτική εμπειρία στην παιδική ηλικία. Πέρα από τις γνωστές οπτικές ελλείψεις, υπάρχουν ενδείξεις για αλλαγές στην οπτικοακουστική αντίληψη στα άτομα με αμβλυωπία. Η συγκεκριμένη έρευνα λοιπόν εξέτασε την οπτικοακουστική αντίληψη στην αμβλυωπία, χρησιμοποιώντας τα δύο είδη ψευδαισθήσεων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια αναμενόμενη μείωση της ισχύος των ψευδαισθήσεων καθώς αυξάνονταν οι ασυγχρονίες των ερεθισμάτων, ενώ η ισχύς της ψευδαισθησης παρέμεινε σταθερή στους συμμετέχοντες με αμβλυωπία, δείχνοντας ένα ευρύτερο “Παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” στα άτομα με αμβλυωπία. Ωστόσο, για το φαινόμενο “συγχώνευσης”, οι συμμετέχοντες με αμβλυωπία έδειξαν μειωμένη ισχύ ψευδαισθησης κατά την θέαση με το αμβλυωπικό μάτι. Βγήκε λοιπόν το συμπέρασμα πως η αμβλυωπία σχετίζεται με τη διεύρυνση του “Παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης”, ειδικότερα στο φαινόμενο “διαίρεσης”. Αυτό υποδηλώνει μια αναπτυξιακή προσαρμογή στην καθυστερημένη οπτική επεξεργασία του αμβλυωπικού ματιού για τη βελτιστοποίηση της οπτικοακουστικής αντίληψης (Narinesingh et al., 2017)

3. Ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής και εκπαίδευση

3.1 Εκπαίδευση πάνω στους μηχανισμούς της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής

Η ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής μπορεί να είναι χρήσιμη στον χώρο της ψυχοφυσιολογίας και της νευροεπιστήμης, καθώς μπορεί να δίνει ενδείξεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι επεξεργάζονται τις αισθητήριες πληροφορίες. Οι μηχανισμοί που κρύβονται πίσω από το φαινόμενο αυτό, μπορεί να είναι δυνητικά διαμορφώσιμοι μέσω εκπαίδευσης. Ερευνητές έχουν εντοπίσει ότι διάφορες ψυχοφυσικές δραστηριότητες, όπως η άσκηση (Masaki et al., 2001, O'Brien et al., 2020, 2017), ο έλεγχος της ισορροπίας (Merriman et al., 2015) και η μουσική εκπαίδευση (Bidelman, 2016), μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τις διάφορες ψευδαισθήσεις. Αυτή η προοπτική ανοίγει τον δρόμο για τη χρήση του φαινομένου αυτού ως εργαλείου για τη βελτίωση της πολυαισθητηριακής αντίληψης. Μπορεί να εφαρμοστεί σε κλινικές ρυθμίσεις για τη μέτρηση των διαφορών στην πολυαισθητηριακή αντίληψη ατόμων από διάφορες υποομάδες και επίσης για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε αυτό το φαινόμενο.

Μία από τις ψυχοφυσικές δραστηριότητες, η οποία μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε διαφορές στην πολυαισθητηριακή μας αντίληψη είναι η φυσική και σωματική άσκηση, όπως προαναφέρθηκε και νωρίτερα. Θα ήθελα λοιπόν σε αυτό το σημείο να κάνω μια γρήγορη αναφορά στην έρευνα των O'Brien et al. (2017) η οποία εστιάζει ακριβώς σε αυτό το κομμάτι. Η άσκηση μπορεί να συσχετίζεται με θετικές επιδράσεις στη γνωστική λειτουργία, λόγω των φυσιολογικών αλλαγών που σχετίζονται με τη μυϊκή δραστηριότητα, την αυξημένη διέγερση και την εκπαίδευση των γνωστικών δεξιοτήτων κατά τη διάρκεια της. Ενώ οι θετικές επιδράσεις της φυσικής δραστηριότητας καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου είναι ευρέως αποδεδειγμένες, δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένο ερευνητικά εάν ένα μόνο είδος άσκησης είναι επαρκές για να επιτευχθούν τα ανάλογα οφέλη σε όλες τις ηλικίες. Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να δοκιμάσει την επίδραση ενός μόνο είδους άσκησης σε δύο γνωστικές διαδικασίες που είναι ουσιώδεις για την καθημερινή ζωή και είναι γνωστό ότι υποβαθμίζονται με τη γήρανση. Αυτές ήταν, η αντίληψη ενός οπτικοακουστικού ερεθίσματος και η μνήμη. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν βελτίωση στην ευαισθησία της οπτικοακουστικής αντίληψης και βελτιώσεις σε έναν από τους δείκτες λειτουργίας της άμεσης μνήμης, λαμβάνοντας υπόψη αρχικές διαφορές συμπεριλαμβανομένων και των γενικών γνώσεων των συμμετεχόντων, καθώς και της υγείας τους. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι μπορούν να επιτευχθούν άμεσα οφέλη για την πολυαισθητηριακή αντίληψη και τη μνήμη μετά από άσκηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα παρόντα αποτελέσματα παρουσιάζουν τις πρώτες ενδείξεις για την ρύθμιση της πολυαισθητηριακής αντίληψης από την άσκηση, παρέχοντας μια πιθανή προοπτική για την αποκατάσταση των ελλειμμάτων της πολυαισθητηριακής αντίληψης που αναδύονται ως σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργική κατάπτωση κατά τη γήρανση.

Η δεύτερη ψυχοφυσική δραστηριότητα που προαναφέρθηκε ήταν ο έλεγχος της ισορροπίας ενός ατόμου. Γενικότερα, η διατήρηση της ισορροπίας βασίζεται σε ένα πολύπλοκο σύνολο αλληλεπιδράσεων μεταξύ πολλών διαφορετικών αισθητηριακών καναλιών. Παρόλο που θεωρείται ότι η βέλτιστη πολυαισθητηριακή επεξεργασία υποβαθμίζεται με τη γήρανση, η αναποτελεσματική ενσωμάτωση της συνδέεται ιδιαίτερα με τις πτώσεις σε ηλικιωμένους. Σύμφωνα με την έρευνα των Merriman et al. (2015) διερευνήθηκε εάν ο βελτιωμένος έλεγχος της ισορροπίας, μετά από μια νέα παρέμβαση εκπαίδευσης ισορροπίας, συσχετίζεται με πιο αποδοτική πολυαισθητηριακή αντίληψη σε ηλικιωμένους, ειδικά αυτούς που έχουν πέσει στο παρελθόν. Συγκεκριμένα, 76 υγιείς και επιρρεπείς σε πτώσεις ηλικιωμένοι συμμετείχαν, είτε σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ισορροπίας που διήρκεσε 5 εβδομάδες είτε σε μια παθητική ομάδα ελέγχου. Η εκπαίδευση της ισορροπίας περιλάμβανε ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας (VR), στο οποίο η θέση ενός στόχου στην οθόνη ελέγχονταν από μετατοπίσεις στη σωματική ισορροπία σε μια πλατφόρμα ισορροπίας. Η ευαισθησία στο φαινόμενο της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής, πριν και μετά την παρέμβαση (ή τη συνθήκη ελέγχου), χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο της πολυαισθητηριακής λειτουργίας. Ενώ η ισορροπία και ο έλεγχος της ισορροπίας βελτιώθηκαν για όλους τους συμμετέχοντες, η βελτιωμένη λειτουργική ισορροπία συσχετίστηκε με την πιο αποδοτική πολυαισθητηριακή επεξεργασία στους ηλικιωμένους που είχαν πέσει στο παρελθόν. Τα ευρήματά της συγκεκριμένης έρευνας είναι μια σημαντική προσθήκη στα αυξανόμενα στοιχεία που υποδεικνύουν σημαντικούς δεσμούς μεταξύ του ελέγχου της ισορροπίας και των πολυαισθητηριακών αλληλεπιδράσεων στον εγκέφαλο των ηλικιωμένων και έχουν επιπτώσεις στην ανάπτυξη παρεμβάσεων που σχεδιάζονται για τη μείωση του κινδύνου πτώσεων.

Η τελευταία δραστηριότητα στην οποία προαναφερθήκαμε ήταν η μουσική εκπαίδευση. Η ψυχοφυσική αυτή δραστηριότητα μπορεί να θεωρηθεί και εμπειρία πάνω σε κάποιο αντικείμενο, όπως αντίστοιχα μπορεί να θεωρηθεί και η εκμάθηση μιας δεύτερης ξένης γλώσσας στο σημείο γνώσης της μητρικής. Μέχρι σήμερα, δύο μελέτες έχουν διερευνήσει τον ρόλο της εμπειρογνωμοσύνης στο φαινόμενο της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής. Η πρώτη από αυτές, πραγματοποιήθηκε πάνω σε μουσικούς, ενώ η δεύτερη εστίασε σε άτομα που είναι δίγλωσσα. Αρχικά, σύμφωνα με την έρευνα του Bidelman (2016), παρατηρήθηκε ότι οι μουσικοί έχουν μικρότερο “Παράθυρο Χρονικής Ολοκλήρωσης” σε σύγκριση με άτομα που δεν είναι μουσικοί (Lee & Norpenev, 2014, 2011). Αυτό σημαίνει ότι οι μουσικοί είναι λιγότερο επιρρεπείς σε μεγάλα διαστήματα ασυγχρονίας μεταξύ δύο ερεθισμάτων (Bidelman, 2016). Αντίθετα, οι δίγλωσσοι φαίνεται να έχουν ευρύτερο “Παράθυρο Χρονικής Ολοκλήρωσης”, πράγμα που σημαίνει ότι είναι πιο ευαίσθητοι στο φαινόμενο που απασχολεί και τη δική μας έρευνα. (Bidelman & Heath, 2018). Οι μουσικοί αποτελούν μια ομάδα ατόμων που έχουν εξειδίκευση στον ακουστικό τομέα, και ως αποτέλεσμα, εκδηλώνουν πιο ακριβείς απαντήσεις σε δοκιμασίες χρονικής αντίληψης, τόσο σε ακουστικά όσο και σε οπτικά ερεθίσματα (Rammsayer et al., 2012). Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η μουσική εμπειρία μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην αντίληψη της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής, εισάγοντας έναν πιθανό παράγοντα που εξηγεί τη διαφορετική ανταπόκριση μεταξύ διαφόρων ομάδων.

3.2 Μουσική εκπαίδευση

Η μουσική εκπαίδευση αναφέρεται στη διαδικασία και την εμπειρία της μάθησης και της εκπαίδευσης στον τομέα της μουσικής. Αυτή η εκπαίδευση μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες πτυχές της μουσικής, όπως το παίξιμο οργάνων, τη φωνητική τεχνική, τη θεωρία της μουσικής, τη σύνθεση, τη μουσική ιστορία, και πολλά άλλα. Η μουσική εκπαίδευση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διάφορα επίπεδα, από την πρώιμη παιδική ηλικία μέχρι την ενήλικη ζωή, και μπορεί να είναι δομημένη με διδασκαλία από εκπαιδευτικούς ή αυτοδίδακτη.

Τα οφέλη της μουσικής εκπαίδευσης είναι πολλά και ποικίλα, και αφορούν τόσο την αισθητηριακή όσο και την πνευματική ανάπτυξη ενός ατόμου. Ορισμένα από τα κύρια οφέλη περιλαμβάνουν την βελτίωση των κινητικών δεξιοτήτων ενός ατόμου που διδάσκεται μουσική, καθώς το παίξιμο μουσικών οργάνων απαιτεί την ανάπτυξη και τη βελτίωση των κινητικών δεξιοτήτων, αφού οι μουσικοί πρέπει να συντονίζουν τις κινήσεις τους με τη μουσική. Επίσης η μουσική εκπαίδευση συντελεί στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας ενθαρρύνοντας τη δημιουργία και τη σύνθεση μουσικής, βοηθώντας στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας και της έκφρασης. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της είναι η κοινωνική αλληλεπίδραση που μπορεί να προσφέρει, καθώς μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα των ατόμων να συνεργάζονται σε ομαδικό περιβάλλον και να αναπτύσσουν κοινωνικές δεξιότητες. Τέλος, η μουσική εκπαίδευση είναι βοηθητική στην έκφραση συναισθημάτων και σκέψεων ενός ατόμου μέσω της ερμηνείας και της σύνθεσης.

Σχετικά με τα οφέλη της μουσικής εκπαίδευσης αξίζει να αναφερθούμε στην πολύτιμη συνεισφορά της στην ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η μουσική εκπαίδευση παρέχει μια εξαιρετικά πολυαισθητηριακή εμπειρία, η οποία απαιτεί τον συνδυασμό εισόδων από διάφορες αισθητηριακές πηγές με την παράλληλη εκδήλωση κινητικών αντιδράσεων. Στην πραγματικότητα, ο εγκέφαλος ενός μουσικού αποτελεί ένα ιδανικό μοντέλο για τη μελέτη της πλαστικότητας που εξαρτάται από την εμπειρία (Zatorre et al., 2007). Προηγούμενες έρευνες έχουν καταδείξει ότι οι άνθρωποι που ασχολούνται επαγγελματικά με τη μουσική αναπτύσσουν ένα ενισχυμένο ακουστικό σύστημα, τόσο σε δομικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο. Η εκπαίδευση σε μουσικά όργανα, η οποία συνήθως περιλαμβάνει ώρες αφιερωμένες στην ακριβή χρονομέτρηση πολλαπλών, ιεραρχικά οργανωμένων ενεργειών, έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος συνδέει τα διάφορα αισθητηριακά σήματα κατά την αντίληψη (Schlaug et al., 1995; Schneider et al., 2005; Hannon & Trainor, 2007; Baumann et al., 2008, Imfeld et al., 2009). Συνοψίζοντας, η μουσική εκπαίδευση αναδεικνύεται ως ένα εξαιρετικό μοντέλο για τη μελέτη της επίδρασης της εμπειρίας στον ανθρώπινο εγκέφαλο, καθώς επιτρέπει την εξέταση της πλαστικότητας στο πλαίσιο πολύπλοκων πολυαισθητηριακών διεργασιών και της αλληλεπίδρασής τους.

Η επόμενη ερευνητική απορία που δημιουργήθηκε με τα χρόνια ήταν το πως η μουσική εμπειρία μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη. Γενικότερα, η μουσική δομή είναι πολύπλοκη, αποτελούμενη από ένα μικρό σύνολο στοιχείων που συνδυάζονται για να δημιουργήσουν ιεραρχικά επίπεδα ύψους και χρονικής δομής σύμφωνα με γραμματικούς κανόνες. Όπως και με τη γλώσσα, διάφορα συστήματα χρησιμοποιούν συγκεκριμένα στοιχεία και κανόνες για τον συνδυασμό τους. Το ενδιαφέρον για τη μουσική προέλευση έχει αυξηθεί δραματικά την τελευταία δεκαετία. Είναι προφανές ότι κάποιες πτυχές της μουσικής ικανότητας, όπως η ικανότητα να διαβάζει κανείς παρτιτούρες, απαιτούν επίσημα μαθήματα μουσικής. Ωστόσο, όπως τα παιδιά έρχονται στην κατανόηση της προφορικής τους γλώσσας, οι περισσότεροι άνθρωποι αποκτούν

βασική μουσική ικανότητα μέσω της καθημερινής έκθεσης στη μουσική κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους. Τέτοιες σιωπηρές μουσικές γνώσεις επιτρέπουν στους ακροατές, ανεξάρτητα από την επίσημη εκπαίδευση στη μουσική, να χτυπήσουν και να χορέψουν με τη μουσική, να ανιχνεύσουν λάθος νότες, να θυμούνται και να αναπαράγουν γνωστά τραγούδια και ρυθμούς, και να αισθάνονται τα συναισθήματα που εκφράζονται μέσα από τη μουσική. Πρόσφατες μελέτες υποδηλώνουν επίσης ότι η σαφής μουσική εκπαίδευση, εκτός από την ενίσχυση της γνώσης στη μουσική, επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη βασικών συμπεριφορών και νευρικών διεργασιών σε μια σειρά τομέων και αισθητηριακών καναλιών (Hannon & Trainor, 2007).

Ένας από τους τομείς που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά είναι ο ακουστικό-κινητικός. Όταν ένας μουσικός ερμηνεύει ένα κομμάτι, απαιτείται υψηλή ακρίβεια σε λειτουργίες ελέγχου της κίνησης. Μία από αυτές είναι η χρονική ακρίβεια των κινήσεων που σχετίζεται με την οργάνωση του μουσικού ρυθμού, ενώ η σειρά και οι χωρικές πτυχές της κίνησης σχετίζονται με το παίξιμο μεμονωμένων νοτών σε ένα μουσικό όργανο. Παρόλο που ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει εξετάσει ξεχωριστά τα νευρωνικά συστήματα που υπόκεινται των λειτουργιών αυτών, ελάχιστα γνωρίζουμε σχετικά με το πώς αυτές λειτουργούν από κοινού για τη δημιουργία μιας πολύπλοκης μουσικής ερμηνείας. Επιπλέον, υπάρχει αρκετή συζήτηση, τόσο σχετικά με τον ορισμό αυτών των παραμέτρων κίνησης, όσο και με τη συγκεκριμένη συμβολή διάφορων περιοχών του εγκεφάλου στον έλεγχο τους (Zatorre et al., 2007).

Είτε πρόκειται για ένα παιδί που τραγουδάει το "Happy birthday", είτε για έναν σολίστα πιανίστα που ερμηνεύει ένα κοντσέρτο του Brahms, οι νευρικοί μηχανισμοί που εμπλέκονται στην παραγωγή και την αντίληψη της μουσικής αποτελούν μια πλούσια πηγή ερωτημάτων για τη γνωστική νευροεπιστήμη. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των ακουστικών και κινητικών συστημάτων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι κάθε ενέργεια κατά τη διάρκεια μιας μουσικής εκτέλεσης παράγει ήχο, που επηρεάζει κάθε επόμενη ενέργεια, οδηγώντας σε εκπληκτική αισθητηριακή και κινητική αλληλεπίδραση. Παρόλο που έχει διεξαχθεί αρκετή έρευνα στις αισθητηριακές και κινητικές αλληλεπιδράσεις σε διαδικασίες όπως η ομιλία, αυτές οι ενέργειες δεν καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις της μουσικής εκτέλεσης. Ακόμη και η απλούστερη μουσική σύνθεση απαιτεί ακριβή έλεγχο του χρόνου σε εκτεταμένη χρονική περίοδο για να ακολουθήσει μια ιεραρχική ρυθμική δομή και επίσης απαιτεί από τον μουσικό να ελέγχει την τονικότητα ώστε να παράγει συγκεκριμένα μουσικά διαστήματα, που δεν είναι σχετικά με την ομιλία. Έτσι, η μουσική θέτει ορισμένες μοναδικές απαιτήσεις στο νευρικό σύστημα, η κατανόηση των οποίων πρέπει, αντίστοιχα, να βοηθήσει στην αποκάλυψη συγκεκριμένων πτυχών της νευρικής λειτουργίας (Zatorre et al., 2007).

3.3 Μουσικοί και μη μουσικοί

Ο αυξανόμενος αριθμός συμπεριφορικών και νευροφυσιολογικών μελετών όχι μόνο επιβεβαιώνει τα πλεονεκτήματα που συνδέονται με τη μουσική εμπειρία στον τομέα της ακοής, αλλά αναδεικνύει επίσης την πολυαισθητηριακή επεξεργασία σε νέες διαστάσεις. Πρόσφατα ερευνητικά ευρήματα έχουν δείξει ότι οι μουσικοί σε σχέση με τους μη μουσικούς, εμφανίζουν εκτενέστερη πολυαισθητηριακή κατανόηση όσον αφορά τη νευρική αποκωδικοποίηση και επεξεργασία των οπτικοακουστικών σημάτων, είτε αυτά αφορούν την ομιλία, είτε τη μουσική (Musacchia et al., 2007; Lee & Norppene, 2011; Paraskevopoulos et al., 2012; Lee & Norppene, 2014). Αυτό σημαίνει ότι η μουσική εκπαίδευση και η εμπειρία δεν επηρεάζουν μόνο την ικανότητά μας να ακούμε καλύτερα, αλλά επίσης βελτιώνουν την ικανότητά μας να αντιλαμβανόμαστε και να επεξεργαζόμαστε πληροφορίες από διάφορες αισθητηριακές πηγές, συμπεριλαμβανομένης της οπτικοακουστικής πληροφορίας.

Οι μουσικοί ρυθμίζουν το μυαλό και το σώμα τους χρησιμοποιώντας κινητικά σήματα για να παράγουν νότες, ακουστικά σήματα για να παρακολουθούν την ενορχήστρωση και οπτικοκινητικά σήματα για να συντονίζονται με τους μουσικούς γύρω τους. Έχει αποδειχθεί ότι οι μουσικοί παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα από τους μη μουσικούς σε μια ποικιλία γνωστικών αντικειμένων από τη γλώσσα ως και τα μαθηματικά. Τα τελευταία είκοσι χρόνια, έχει αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός των επιστημόνων που αναζητούν να κατανοήσουν τι κρύβεται πίσω από τα ευρέως τεκμηριωμένα οφέλη της μουσικής εκπαίδευσης. Μέχρι στιγμής γνωρίζουμε ότι ο εγκέφαλος ενός μουσικού έχει λειτουργικές προσαρμογές για την επεξεργασία της τονικότητας και του ρυθμού, καθώς και δομικές εξειδικεύσεις σε ακουστικές, οπτικές και κινητικές ενέργειες. Ορισμένες μελέτες όπως αυτή των Musacchia et al. (2007) υποδηλώνουν επίσης ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφορετικών αισθητήριων καναλιών είναι ισχυρότερη στους μουσικούς σε σχέση με τους μη μουσικούς, καθώς και ότι η βελτιωμένη απόδοση των μουσικών σε εργασίες ακουστικής και οπτικής φύσεως αναλύεται σε διαφορετικές πολυαισθητηριακές περιοχές του εγκεφάλου. Επειδή οι διαφορές μεταξύ μουσικών και μη μουσικών παρατηρούνται σε τόσες πολλές περιοχές του εγκεφάλου, είναι μία σκέψη πως ο βασικός αισθητηριακός μηχανισμός του μουσικού για την κωδικοποίηση της όρασης και του ήχου μπορεί επίσης να είναι εξειδικευμένος.

Θέλοντας να επισημάνουμε κάποιες ακόμα διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες μουσικών και μη, θα εστιάσουμε λίγο στην έρευνα των Lee και Norppene (2011), η οποία εξέτασε το πώς λειτουργεί ο εγκέφαλος ενός μουσικού, και τον χρησιμοποίησε ως μοντέλο για να διερευνήσει πώς η μακροχρόνια αισθητηριακή και κινητική εμπειρία (για παράδειγμα, η εξάσκηση στο πιάνο) διαμορφώνει τις νευρικές διεργασίες που υπόκεινται στο χρονικό συνδυασμό ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων. Για να το διερευνήσουν αυτό, παρουσίασαν στα υποκείμενα σύγχρονα και ασύγχρονα ερεθίσματα ομιλίας και μουσικής πιάνου ως δύο κατηγορίες ερεθισμάτων που χαρακτηρίζονται και από δομή χρονικής ιεραρχίας, αλλά συνδέονται και με διαφορετικούς μηχανισμούς κίνησης (στόμα έναντι χεριών). Η σύγκριση των επιπτώσεων της μουσικής εμπειρίας στην αντίληψη συγχρονίας της ομιλίας και της μουσικής τους επέτρεψε να διακρίνουν γενικούς και προσαρμοστικούς νευρικούς μηχανισμούς με τους οποίους η εξάσκηση στο πιάνο βελτιώνει το χρονικό συνδυασμό οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων. Οι γενικοί μηχανισμοί της μουσικής εμπειρίας μπορεί να βασίζονται σε πλαστικότητα που οδηγείται από την εμπειρία και επηρεάζει την αισθητηριακή και, ειδικότερα, την ακουστική επεξεργασία.

3.4 Ερευνητικά Ερωτήματα

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη διερεύνηση του ρόλου της μουσικής εκπαίδευσης ως σημαντικής πολυτροπικής εμπειρίας στην ενίσχυση της οπτικοακουστικής επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, εξετάζουμε πώς η μουσική εκπαίδευση επηρεάζει τη διαδικασία συνδυασμού πολυαισθητηριακών πληροφοριών στο πλαίσιο της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής (Sound-Induced Flash Illusion, SIFI). Συγκεκριμένα, ενδιαφερόμαστε να δούμε πώς η μουσική εμπειρία επηρεάζει τις δύο υποκατηγορίες του φαινομένου αυτού, τη “διαίρεση” και τη “συγχώνευση”. Υπό αυτό το πλαίσιο, ερευνούμε εάν η μουσική εκπαίδευση ενισχύει την οπτικοακουστική επεξεργασία στα δύο είδη φαινομένων, ενώ επιπλέον, ενδιαφερόμαστε να διαπιστώσουμε εάν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των φαινομένων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” όσον αφορά τις απαντήσεις των δύο ομάδων, δηλαδή των ατόμων με μουσική εκπαίδευση και των ατόμων χωρίς μουσική εκπαίδευση. Τέλος, θα εξετάσουμε εάν υπάρχει διαφορά μεταξύ αυτών των δύο ομάδων, βασιζόμενοι σε εκτίμηση του πλήθους των σωστών και λανθασμένων απαντήσεων σε δοκιμασίες συνδυασμού αισθητηριακών ερεθισμάτων.

Ενισχύει τελικά, η μουσική εμπειρία την οπτικοακουστική επεξεργασία συρρικνώνοντας το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο γίνεται ο συνδυασμός οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων; Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των φαινομένων “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” όσον αφορά τις απαντήσεις και των δύο ομάδων; Υπάρχει διαφορά στο πλήθος σωστών και λανθασμένων απαντήσεων μεταξύ των μουσικών και των μη μουσικών;

4. Μέθοδος

4.1 Πειραματικό σχέδιο

Η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο να διερευνήσει αν μια σημαντική μορφή πολυτροπικής εμπειρίας, όπως είναι η μουσική εκπαίδευση, μπορεί να οξύνει την οπτικοακουστική επεξεργασία με τον συνδυασμό πολυαισθητηριακών πληροφοριών στην ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής και πιο συγκεκριμένα και στα δύο είδη ψευδαίσθησεων που προαναφέρθηκαν, το εφέ “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”. Σχεδιάστηκε λοιπόν ένα πείραμα, μέσω του οποίου θέλαμε να δείξουμε εάν όντως υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις των ατόμων που έχουν λάβει κάποια μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν καθώς και εκείνων που δεν έχουν, όσον αφορά το πόσο αντιλαμβάνονται την ψευδαίσθηση που δημιουργείται στα φαινόμενα αυτά και πιο συγκεκριμένα σε ποιες τιμές ασυγχρονίας μεταξύ των ερεθισμάτων (οπτικού και ακουστικού) την αντιλαμβάνονται. Παρακάτω ακολουθεί μια επισκόπηση σχετικών ερευνών και των τιμών ασυγχρονίας που χρησιμοποιήθηκαν για τη διερεύνηση του φαινομένου αυτού.

Μία από τις πρώτες μελέτες για τη γενικότερη διερεύνηση της αντίληψης της συγχρονικότητας αναφέρεται από τους Dixon και Spitz και αφορούσε πιο συγκεκριμένα ερεθίσματα ομιλίας. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη αυτή έπρεπε να παρακολουθούν διάφορα βίντεο τα οποία ξεκινούσαν σε συγχρονισμό και σταδιακά αποσυγχρονίζονταν με ρυθμό 51 ms/s (έως η μέγιστη ασυγχρονία τους να φτάσει τα 500 ms), με οποιοδήποτε από τα δύο ερεθίσματα είτε το οπτικό είτε το ακουστικό να προηγείται. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να αντιδράσουν αμέσως μόλις εντοπίσουν ότι τα βίντεο είναι ασύγχρονα. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το ακουστικό ερέθισμα θα έπρεπε να καθυστερεί μεταξύ 131 ms και 258 ms κατά μέσο όρο, ώστε να αρχίζει να γίνεται αντιληπτή η ασυγχρονία μεταξύ των δύο ερεθισμάτων (Dixon & Spitz, 1980).

Στην πορεία θα μεταφερθούμε λίγο πιο συγκεκριμένα στην ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής που θα απασχολήσει και την παρούσα έρευνα, φαινόμενο το οποίο πρώτοι μελέτησαν οι Shams, Kamitani και Shimojo. Μεταξύ άλλων, οι ερευνητές αυτοί επιχείρησαν να εντοπίσουν το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” μέσα στο οποίο δημιουργείται η ψευδαίσθηση αναλαμπής. Για να το επιτύχουν αυτό χρησιμοποίησαν συγκεκριμένους χρόνους παρουσίας των δύο ερεθισμάτων, του οπτικού και του ακουστικού. Οι χρόνοι αυτοί ήταν : +/- 25, +/- 70, +/- 115, +/-160, +/-205 και τέλος +/-250ms. Παρατήρησαν λοιπόν πως ο χρόνος στον οποίο ήταν πιο έντονη η ψευδαίσθηση ήταν τα +/-70 ms ενώ ήταν αρκετά έντονη και στα +/-115 ms (κατά 23-33%). Θεώρησαν λοιπόν πως το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” περίπου στα 100ms παρουσιάζει ενδιαφέρον προς εξερεύνηση καθώς συνάδει με το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” πολυαισθητηριακών νευρώνων στον εγκέφαλο των θηλαστικών (Shams et al., 2002).

Γενικότερα, στα πλαίσια εντοπισμού του χρονικού περιθωρίου κατά το οποίο παρατηρείται η ασυγχρονία μεταξύ των δύο ερεθισμάτων, εικόνας και ήχου, συνέβαλλαν στην πορεία και άλλες έρευνες. Μια από αυτές είναι των Grant et al., οι οποίοι εντόπισαν ότι το οπτικοακουστικό κατώφλι βρίσκεται μεταξύ -45 με +200ms (Grant et al., 2004). Ταυτόχρονα σύμφωνα με έρευνες των Wassenhove et al. που έγιναν πάνω στην ψευδαίσθηση McGurk, οι οποίοι ερεύνησαν το φαινόμενο αυτό με

χρόνους καθυστέρησης από -467 μέχρι +467 βρέθηκε ένα “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” από -100 μέχρι +300ms (Wassenhove et al., 2007). Ενώ μια ακόμη έρευνα άξια αναφοράς ήταν αυτή του Guski, ο οποίος χρησιμοποίησε χρόνους καθυστέρησης από -250 μέχρι +250ms εντοπίζοντας ενδιαφέρον στα πλαίσια των απαντήσεων που βρίσκονταν στα -100 μέχρι +100ms (Guski, 2004).

Αργότερα, πραγματοποιήθηκαν σχετικές έρευνες και πειράματα από τους Vatakis και Spence που αφορούσαν πάλι τον συγχρονισμό εικόνας και ήχου μέσω παραδειγμάτων από διάφορες μελωδίες μουσικών οργάνων, βίντεο κλιπ, καθώς και του ανθρώπινου λόγου. Στις πειραματικές αυτές διαδικασίες οι χρόνοι καθυστέρησης που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν ήταν : +/-400, +/-300, +/-200, +/-100 και 0. Στόχος των συγκεκριμένων ερευνών ήταν η μέτρηση της ελάχιστης αντιληπτής διαφοράς ως προς την οπτική-ακουστική ασυγχρονία (Just Noticeable Differences - JND) ως δείκτη της ακρίβειας με την οποία οι συμμετέχοντες έκριναν την χρονική σειρά των ακουστικών και των οπτικών ερεθισμάτων, καθώς και του σημείου υποκειμενικής συγχρονικότητας (Point of Subjective Simultaneity - PSS (Vatakis & Spence, 2006, 2007, 2008).

Άξια αναφοράς είναι και η μελέτη των Foss-Feig et al., η οποία αποτέλεσε μια βάση όσον αφορά την διαδικασία διεξαγωγής του πειράματος, από την οποία στην πορεία εμπνεύστηκαν επόμενες έρευνες. Η τρέχουσα μελέτη είναι δομημένη έτσι ώστε να ελέγξει τις πιθανές διαφορές στην πολυαισθητηριακή χρονική λειτουργία σε άτομα που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού, μέσω μίας χρονικά εξαρτώμενης πολυαισθητηριακής ψευδαίσθησης. Το πείραμα που διεξάχθηκε ήταν το φαινόμενο ψευδαίσθησης λάμψης και οι χρόνοι που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία ήταν : +/-25, +/-50, +/-100, +/-150, +/-200, +/-300, +/-400 και +/-500 ms. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης έδειξε ότι τα άτομα που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού αντιλήφθηκαν την ψευδαίσθηση σε ένα πιο εκτεταμένο εύρος τιμών σε σχέση με τα άτομα με τυπική ανάπτυξη. Το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” των τιμών αυτών για τα άτομα που βρίσκονται στο φάσμα είναι περίπου 600ms (από -300 μέχρι +300ms), ενώ στα άτομα τυπικής ανάπτυξης ήταν 300ms (από -150 μέχρι +150) (Foss-Feig et al., 2010).

Μια ακόμη έρευνα πάνω στο φαινόμενο της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής πραγματοποίησε και ο Neufeld λίγα χρόνια αργότερα αναζητώντας το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” ατόμων με ενσυναίσθηση και χωρίς. Χρησιμοποίησε το πρότυπο των Foss-Feig et al. όσον αφορά χρόνους καθυστέρησης, οι οποίοι κυμαινόταν από +/-500 μέχρι +/-25ms. Μέσω της έρευνας αυτής έδειξαν πως η ψευδαίσθηση πάνω στο φαινόμενο αυτό ξεκινούσε σε λιγότερα από 200ms με 55% επιτυχία στα +/-25 καθώς και +/-50ms καθυστέρησης. Ταυτόχρονα, παρατήρησαν πως μεγάλες μεταβολές συνέβησαν στα -100 μέχρι +100ms για τα άτομα με ενσυναίσθηση ενώ στα -150 μέχρι +150 στα άτομα χωρίς. Για να ερευνήσουν λοιπόν ακόμα πιο συγκεκριμένα τα “παράθυρα χρονικής ολοκλήρωσης” της κάθε ομάδας εφάρμοσαν χρόνους καθυστέρησης +/-100, +/-50 και +/-25ms για άτομα με ενσυναίσθηση, ενώ στα άτομα χωρίς τους χρόνους +/-150, +/-100, +/-50 και τέλος +/-25ms (Neufeld et al., 2012).

Στη συνέχεια, θα εστιάσουμε σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν πάνω σε μουσικούς και μη, των οποίων τα αποτελέσματα θα απασχολήσουν και την παρούσα μελέτη. Μέσω τριών οπτικοακουστικών παραδειγμάτων οι Hweeling Lee και Uta Norpney επιχείρησαν να εξερευνήσουν κατά πόσο η μουσική εμπειρία επηρεάζει το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” ατόμων που έχουν λάβει κάποια μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν και ατόμων που δεν έχουν λάβει. Οι χρόνοι καθυστέρησης που χρησιμοποίησαν ήταν +/-360, +/-300, +/-240, +/-180, +/-120, +/- 60 και 0ms. Τα

αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” των μουσικών είναι στενότερο από αυτό των μη μουσικών, το οποίο είχε να κάνει με το πόση τριβή είχαν με κάποιο μουσικό όργανο και όχι με την ηλικία κατά την οποία απέκτησαν αυτή την τριβή (Lee & Norpney, 2012).

Μία ακόμη παρόμοια έρευνα για μουσικούς και μη πάνω στη ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής ήταν αυτή του Bidelman, ο οποίος θέλοντας να συγκρίνει τα “παράθυρα χρονικής ολοκλήρωσης” των δύο ομάδων χρησιμοποίησε τους εξής χρόνους: +/-300, +/-200, +/-150, +/-100, +/-50 και +/-25ms. Ο Bidelman παρατήρησε πως οι μουσικοί μπορούσαν να αντιληφθούν την ψευδαίσθηση στους χρόνους +/-100, +/-50 και +/-25ms με το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” τους να βρίσκεται περίπου στα 75ms, ενώ των μη μουσικών να βρίσκεται περίπου στα 200ms. Οι παρατηρήσεις του λοιπόν ήταν αρκετά όμοιες με αυτές των Hweeling Lee και Uta Norpney, ότι δηλαδή οι μουσικοί έχουν αρκετά στενότερο “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” από τους μη μουσικούς (Bidelman, 2016).

Κατ' επέκταση λοιπόν των ερευνών αυτών και με βάση τα αποτελέσματά τους, επιλέχθηκαν και οι χρόνοι καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα πειραματική διαδικασία. Οι χρόνοι αυτοί ήταν: +/-50, +/-100, +/-150, +/-200ms και θεωρήθηκε ότι είναι άξιοι διερεύνησης και για τα δύο φαινόμενα ψευδαισθήσεων της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής, καθώς στους χρόνους αυτούς παρατηρήθηκαν και οι μεγαλύτερες ανταποκρίσεις στην κάθε ψευδαίσθηση και από τις δύο ομάδες, μουσικών και μη μουσικών.

4.2 Συμμετέχοντες

Στο συγκεκριμένο πείραμα συμμετείχαν συνολικά 44 νεαροί ενήλικες σε ηλικίες από 18 μέχρι 28 αιτών. Τα άτομα αυτά ήταν χωρισμένα ισάξια σε δύο ομάδες, μια ομάδα μουσικών και μια μη μουσικών, δηλαδή η κάθε ομάδα απαρτιζόταν από 22 άτομα. Η ομάδα των μουσικών αποτελούνταν από 6 άντρες και 16 γυναίκες, ενώ η ομάδα των μη μουσικών παρόμοια από 13 γυναίκες και 9 άντρες. Όλοι ήταν μονόγλωσσοι ομιλητές της Ελληνικής γλώσσας και δεξιόχειρες. Για την ομάδα των μουσικών επιλέχθηκαν άτομα τα οποία φοιτούν στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης στο Τμήμα Μουσικών Σπουδών και είχαν λάβει τουλάχιστον 7 χρόνια συνεχούς ιδιαίτερης εκπαίδευσης στο βασικό όργανό τους ξεκινώντας από ηλικίες 5 ετών και άνω. Ταυτόχρονα συμμετέχουν και σε διάφορα ομαδικά μαθήματα και δραστηριότητες σχετικά με την μουσική διδασκαλία και εκμάθησή της καθώς διατηρούν ακόμη έμπρακτη ενασχόληση με το όργανό τους. Τα παραπάνω κριτήρια μέσω των οποίων τα άτομα αυτά επιλέχθηκαν για την συμμετοχή τους στην ομάδα των “μουσικών” στην παρούσα έρευνα προέκυψαν από παλαιότερες σχετικές έρευνες που αφορούσαν τις νευροπλαστικές επιδράσεις της μουσικότητας στην αντιληπτική διαδικασία (Wong et al. 2007; Parbery-Clark et al. 2009a; Bidelman et al. 2011a, 2014β, 2016). Όσον αφορά την ομάδα των μη μουσικών, απαρτιζόταν από άτομα που δεν είχαν περισσότερο από δύο χρόνια μουσικής εκπαίδευσης σε κάποιο μουσικό όργανο, και η ενασχόλησή τους με το όργανο αυτό έχει σταματήσει για τουλάχιστον 5 χρόνια (Bidelman 2016). Όλοι οι συμμετέχοντες επίσης είχαν φυσιολογική ακοή (δηλαδή ουδό <25 dB HL σε συχνότητες μεταξύ 500 και 8000 Hz), φυσιολογική όραση και κανένα προηγούμενο ιστορικό νευροψυχιατρικών παθήσεων.

4.3 Πειραματικό σχέδιο

Ο πειραματικός σχεδιασμός που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη βασίζεται στα αντίστοιχα των Foss-Feig et al. (2010) και των Shams et al. 2000, 2002. Όλοι οι συμμετέχοντες κάθισαν μπροστά από έναν υπολογιστή στον οποίο παρουσιάστηκαν τα οπτικά ερεθίσματα, με το κεφάλι τους σε απόσταση περίπου 60cm μακριά από την οθόνη. Τα ηχητικά ερεθίσματα παρουσιάστηκαν μέσω ενσύρματων ακουστικών τύπου AKG K52. Τα οπτικά ερεθίσματα ήταν λευκοί κυκλικοί δίσκοι σε μαύρο φόντο, οι οποίοι εμφανίζονταν κάτω από έναν λευκό σταυρό, ο οποίος υπήρχε στο κέντρο της οθόνης σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Ο κυκλικός δίσκος εμφανιζόταν μία ή δύο φορές ανά δοκιμή με διαστήματα: 50, 100, 150 και 200ms μεταξύ των ερεθισμάτων. Οι ήχοι μπιπ ήταν ημιτονοειδείς τόνοι διάρκειας 7 ms στα 1850Hz. Η παρουσίαση του ερεθίσματος ήταν ελεγχόμενη και οι απαντήσεις των συμμετεχόντων καταγράφονταν όπως και ο χρόνος αντίδρασής τους, δηλαδή η ταχύτητα με την οποία επέλεξαν την απάντησή τους.

Ο χώρος στον οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα διέφερε λίγο μεταξύ των δύο ομάδων. Η ομάδα των μουσικών πραγματοποίησε το πείραμα στο κτίριο του Τμήματος Μουσικών Σπουδών στην αίθουσα του εργαστηρίου όπου το πείραμα στήθηκε στους ήδη υπάρχοντες υπολογιστές του τμήματος. Από την άλλη, η ομάδα των μη μουσικών πραγματοποίησε το πείραμα με παρόμοιες συνθήκες σε χώρο σπιτιού με laptop παρόμοιων επίσης διαστάσεων με τους υπολογιστές του εργαστηρίου της σχολής. Όλοι οι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν τα ίδια ακουστικά όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.

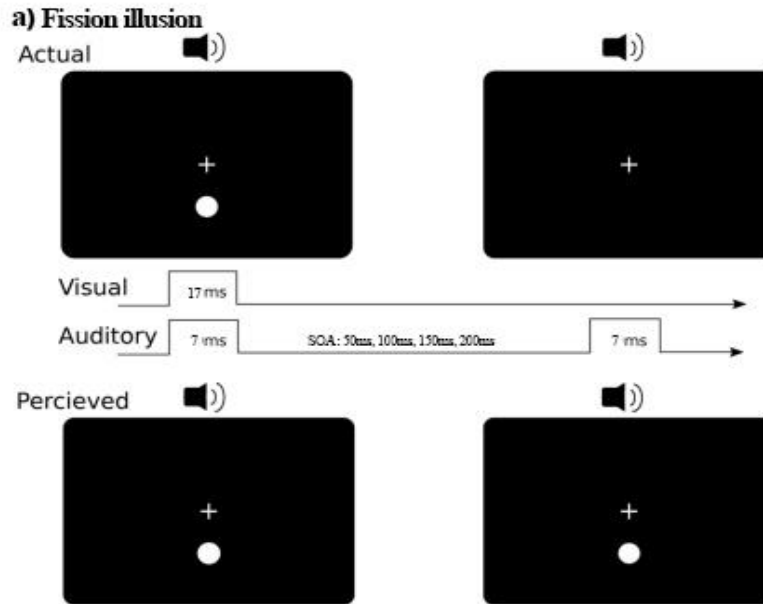
Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, τα οπτικά ερεθίσματα συνοδεύονταν από 0, 1 ή 2 ήχους μπιπ. Υπήρξαν δηλαδή διάφοροι συνδυασμοί των δύο αυτών ερεθισμάτων με κυρίαρχους τις δύο ψευδαισθήσεις με τις οποίες ασχολείται η μελέτη αυτή. Ο πρώτος συνδυασμός ήταν η παρουσίαση ενός μόνο λευκού δισκίου με το ταυτόχρονο άκουσμα δύο ήχων μπιπ (1F2B). Στον συνδυασμό αυτό, μπορεί να δημιουργηθεί στο υποκείμενο η ψευδαίσθηση ότι βλέπει δύο λευκά δισκία αντί για ένα, το οποίο εξαρτάται από την χρονική απόσταση που είχαν κάθε φορά τα δύο μπιπ που ακούστηκαν μεταξύ τους. Ο δεύτερος συνδυασμός των ερεθισμάτων αυτών που μπορεί επίσης να προκαλέσει κάποια ψευδαίσθηση στο υποκείμενο είναι η παρουσίαση ενός μόνο ήχου μπιπ με την ταυτόχρονη προβολή δύο λευκών δισκίων (2F1B). Στην περίπτωση αυτή είναι πιθανό να δημιουργηθεί η ψευδαίσθηση στο υποκείμενο πως του προβλήθηκε μόνο ένας λευκός δίσκος, το οποίο επίσης εξαρτάται από την χρονική απόσταση που θα έχουν τα δύο οπτικά ερεθίσματα μεταξύ τους ενώ ακούγεται ταυτόχρονα ένα μόνο ακουστικό ερέθισμα. Άλλοι συνδυασμοί συνθηκών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η προβολή ενός μόνο λευκού δισκίου με έναν μόνο ήχο μπιπ (1F1B), καθώς αντίστοιχα και η προβολή δύο λευκών δισκίων μαζί με το άκουσμα δύο ήχων μπιπ (2F2B). Οι δύο αυτοί συνδυασμοί δεν είχαν σκοπό να μπερδέψουν τα υποκείμενα ούτε να τους προκαλέσουν κάποιου είδους ψευδαίσθηση. Στην ίδια κατηγορία τέτοιων συνδυασμών ήταν και η παρουσίαση είτε ενός είτε δύο λευκών δισκίων χωρίς το άκουσμα κάποιου ήχου μπιπ (1F0B), (2F0B). Συνδυασμοί σαν τους δυο τελευταίους είχαν και ως σκοπό να ελέγξουν την απόκριση υποκειμένου όταν δεν υπάρχουν παρεμβολές από ακουστικά ερεθίσματα.

Συνολικά δημιουργήθηκαν 48 παραδείγματα συνθηκών τα οποία επαναλαμβάνονταν 10 φορές κατά την διάρκεια του πειράματος. Ανάμεσα από κάθε επανάληψη ο κάθε συμμετέχοντας είχε την δυνατότητα να κάνει ένα μικρό διάλειμμα

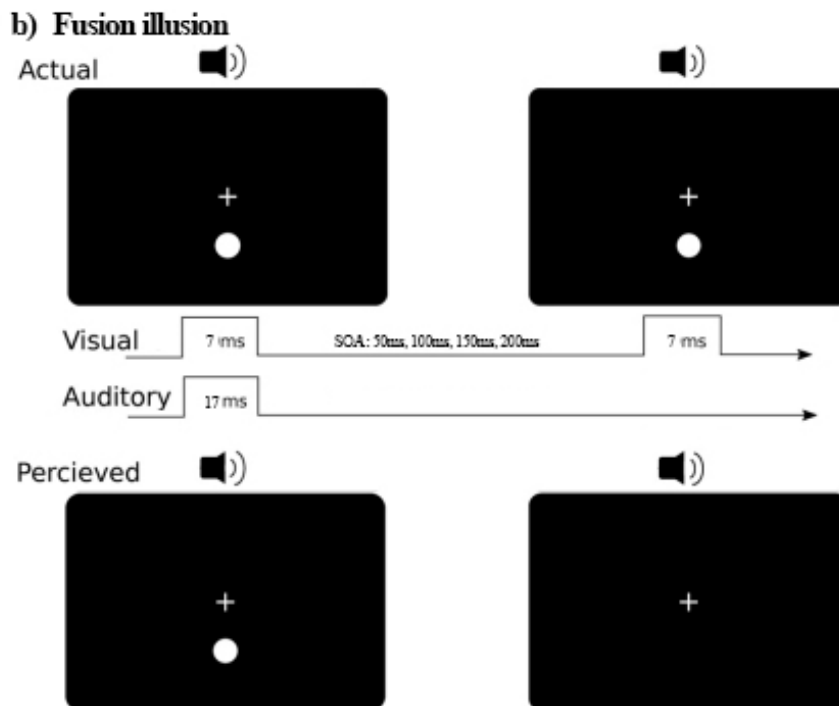
για να ξεκουράσει τα μάτια και το μυαλό του, τόσο ώστε να μπορεί να συνεχίσει με περισσότερη διαύγεια το πείραμα. Το συνολικό λοιπόν πείραμα χωρίζονταν σε 10 συστοιχίες από 48 επαναλήψεις η καθεμία, δηλαδή συνολικά 480 επαναλήψεις. Ο χρόνος διεξαγωγής του πειράματος κυμαίνεται στα 20 με 30 λεπτά εάν ο συμμετέχοντας δεν σταματήσει σε κανένα από τα προτεινόμενα διαλείμματα. Η κάθε συστοιχία, λοιπόν, των 48 επαναλήψεων διαρκεί περίπου 2 με 3 λεπτά. Δεν χρειάστηκε από κανένα συμμετέχοντα να πραγματοποιήσει το πείραμα σε δύο μέρη, καθώς όλοι το ολοκλήρωσαν την ίδια μέρα μέσα στα πλαίσια μιας ώρας το περισσότερο.

4.4 Πειραματική διαδικασία

Πριν από την έναρξη του πειράματος οι συμμετέχοντες είχαν λάβει την οδηγία να επικεντρώνουν το βλέμμα τους σε έναν σταυρό ο οποίος εμφανίζονταν στο κέντρο της οθόνης, και να υποδεικνύουν -χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο- τον αριθμό των αναλαμπών (λευκών κυκλικών δισκίων) που έβλεπαν στην οθόνη, προσπαθώντας να αγνοήσουν τους ήχους μπιπ που ακούγονταν ταυτόχρονα. Πιο συγκεκριμένα, έπρεπε να πατήσουν τον αριθμό “1” όταν θεωρούσαν πως εμφανίστηκε μια μόνο αναλαμπή στην οθόνη τους, ενώ τον αριθμό “2” όταν αντιλαμβάνονταν πως ήταν δύο οι αναλαμπές. Πριν από το βασικό πείραμα, χορηγήθηκε ένα προκαταρκτικό ακουστικό τεστ αποτελούμενο από 8 δοκιμασίες οι οποίες δεν συνδυάστηκαν με οπτικά ερεθίσματα. Οι δοκιμασίες αυτές ήταν 4 μονοί ήχοι μπιπ, καθώς και 4 διπλοί, οι οποίοι απείχαν μεταξύ τους 50, 100, 150 και 200ms, και παρουσιάστηκαν σε τυχαία σειρά, παρόμοια με το κυρίως μέρος του πειράματος. Σκοπός του προκαταρκτικού αυτού τεστ ήταν να εισάγει τους συμμετέχοντας ομαλά στο περιβάλλον του πειράματος, καθώς και για να ρυθμιστεί το επίπεδο της έντασης των ακουστικών σε όσους κρίθηκε ότι ήταν απαραίτητο. Η στάθμη του ήχου των ακουστικών ερεθισμάτων που είχε χρησιμοποιηθεί στη μελέτη των Foss-Feig et al. (2010), η οποία ήταν 90 dB, αποδείχθηκε πολύ δυνατή για τους συμμετέχοντές μας, επομένως, ρυθμίστηκε ξεχωριστά για κάθε υποκείμενο σε ένα άνετο επίπεδο ακρόασης.



Εικόνα 1: a) Στην εικόνα αυτή προβάλλεται η ψευδαίσθηση “διαίρεσης” (fission illusion) όπως παρουσιάστηκε και στο πείραμα. Στις δύο πάνω εικόνες φαίνεται αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα, δηλαδή η παρουσίαση ενός λευκού δισκίου (αναλαμπή) μαζί με δύο ήχους μπιπ, ενώ στις κάτω εικόνες φαίνεται αυτό που θα μπορούσε να αντιληφθεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος ως ψευδαίσθηση, που είναι η εντύπωση δημιουργίας μιας δεύτερης αναλαμπής όταν ακούγεται και ο δεύτερος ήχος μπιπ.

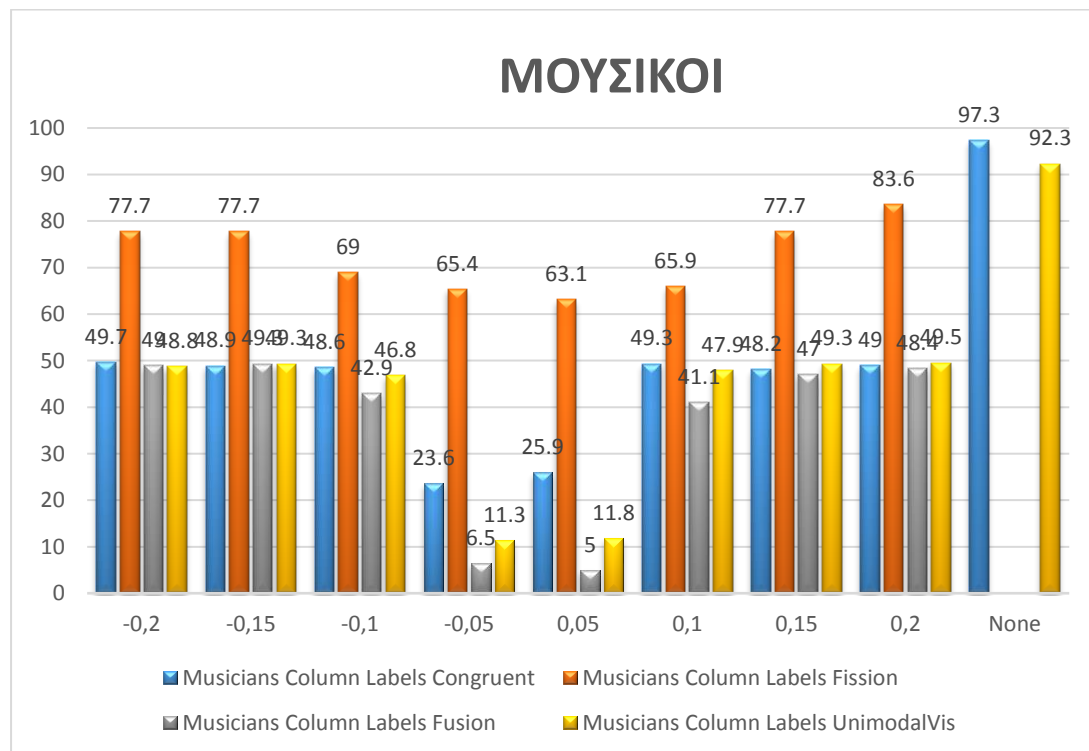


Εικόνα 2: b) Στην εικόνα αυτή προβάλλεται η ψευδαίσθηση “συγχώνευσης” (fusion illusion) αντίστοιχα όπως παρουσιάστηκε και στο πείραμα. Στις δύο πάνω εικόνες φαίνεται αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα, δηλαδή η παρουσίαση ενός ήχου μπιπ μαζί με την προβολή δύο αναλαμπών, ενώ στις δύο κάτω εικόνες φαίνεται αυτό που θα μπορούσε να αντιληφθεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος ως ψευδαίσθηση, που είναι ο συνδυασμός της δεύτερης αναλαμπής με την πρώτη και η εντύπωση πως προβλήθηκε μια μόνο αναλαμπή.

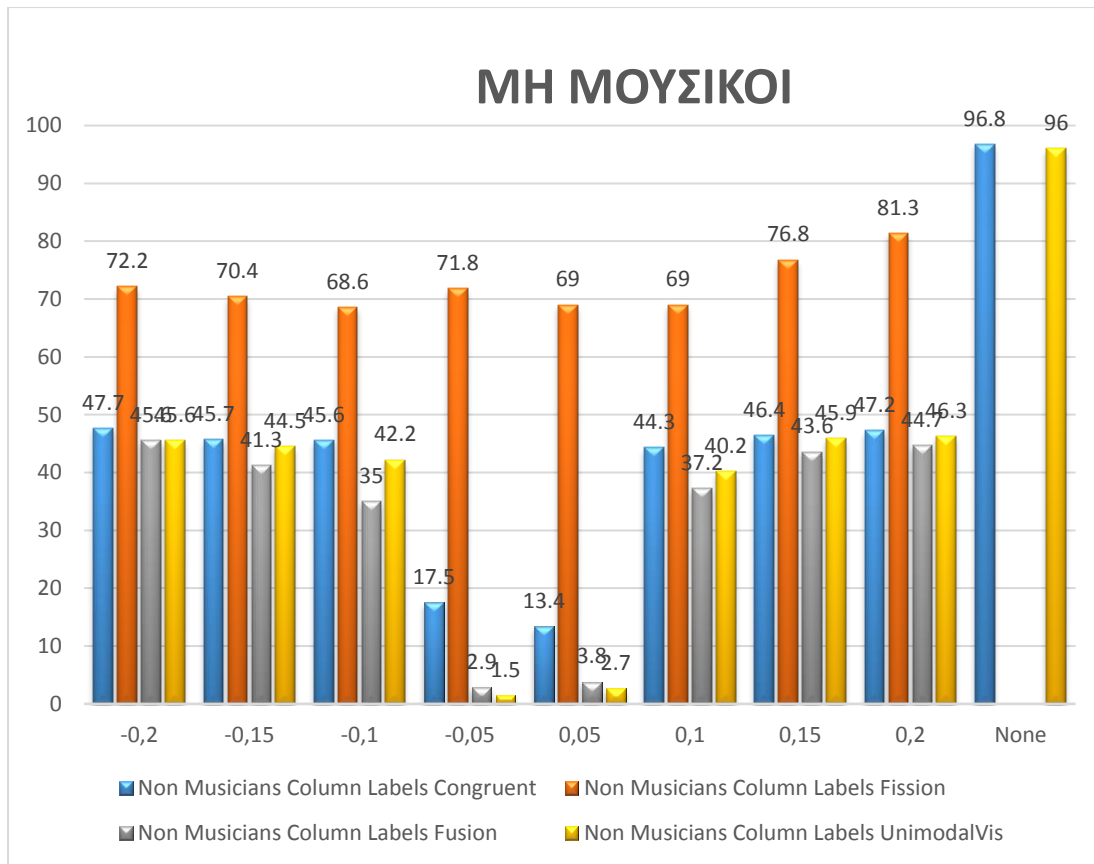
5. Αποτελέσματα

5.1 Περιγραφή διαγραμμάτων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας συλλογής των απαντήσεων από το συνολικό αριθμό των συμμετεχόντων, πραγματοποιήθηκε περιγραφική ανάλυση των δεδομένων αυτών μέσω της χρήσης του λογισμικού Microsoft Excel. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται, στη συνέχεια, με τη μορφή γραφικών παραστάσεων με στόχο τον εντοπισμό χαρακτηριστικών τάσεων στα δεδομένα.



Εικόνα 3: Ραβδόγραμμα της ομάδας των μουσικών που παρουσιάζει τα ποσοστά ορθής αναγνώρισης της κάθε πειραματικής συνθήκης και για κάθε χρόνο καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 4: Ραβδόγραμμα της ομάδας των μη μουσικών που παρουσιάζει τα ποσοστά ορθής αναγνώρισης της κάθε πειραματικής συνθήκης και για κάθε χρόνο καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκε.

Τα παραπάνω ραβδογράμματα απεικονίζουν αναλυτικά το πώς επηρεάζει η μουσική εκπαίδευση την ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής ανάλογα με την κάθε συνθήκη, όπως και σε ποιους χρόνους καθυστέρησης συμβαίνει αυτό. Αρχικά θα εστιάσουμε σε δύο διαγράμματα, στο πρώτο (Εικόνα 3) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μουσικών που συμμετείχαν στο πείραμα, ενώ στο δεύτερο (Εικόνα 4) των μη μουσικών. Στον κάθετο άξονα παρουσιάζεται το ποσοστό που μας δείχνει το πόσο συχνά παρατηρείται το φαινόμενο αυτό ενώ ταυτόχρονα αναγράφεται και το ακριβές ποσοστό ορθής αναγνώρισης πάνω από την κάθε μπάρα. Στον οριζόντιο άξονα αναγράφονται οι χρόνοι καθυστέρησης, δηλαδή η ασυγχρονία μεταξύ της έναρξης των οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία. Οι χρόνοι αυτοί είναι -0.2 sec δηλαδή -200ms εννοώντας την προήγηση διακοσίων δέκατων του δευτερολέπτου από όταν ακούστηκε για πρώτη φορά ο ήχος (μπιπ), πριν την εμφάνιση της αναλαμπής μαζί με τον δεύτερο ήχο μπιπ και το αντίστροφο με πρώτη την αναλαμπή και μετά το μπιπ, ανάλογα το είδος του φαινομένου. Με την ίδια ακριβώς λογική οι υπόλοιποι χρόνοι που αναγράφονται είναι -0.15 δηλαδή -150ms, -0.1 δηλαδή -100ms και -0.05 δηλαδή -50ms, φτάνοντας έτσι στην μέση του οριζόντιου άξονα. Στο υπόλοιπο μισό παρουσιάζονται οι ίδιοι χρόνοι αλλά ως καθυστέρηση του δεύτερου από τον πρώτο ήχο μπιπ ή της κάθε αναλαμπής αντίστοιχα, ανάλογα κάθε φορά με το είδος της ψευδαίσθησης. Οι χρόνοι αυτοί είναι 0.2 δηλαδή 200ms, 0.15 δηλαδή 150ms, -0.1 δηλαδή 100ms και 0.05 δηλαδή 50ms. Στο τέλος του άξονα υπάρχει μία ακόμα συνθήκη που ονομάζεται NONE και χρησιμοποιούνταν στο πείραμα όταν δεν υπήρχε κάποια ασυγχρονία μεταξύ δύο ήχων

ή δύο αναλαμπών, αλλά ακουγόταν ένας μόνο ήχος μπιπ ταυτόχρονα με την εμφάνιση μίας μόνο αναλαμπής, ή δεν ακούγονταν καθόλου ήχος παρά μόνο παρουσιάζονταν κάποια αναλαμπή. Αυτή η συνθήκη δεν δημιουργεί κάποια ψευδαίσθηση και υπήρχε, είτε για να μπερδέψει τον συμμετέχοντα, είτε για να ελέγξει την αντίληψή του.

Όσον αφορά τις τέσσερις διαφορετικές μπάρες που παρουσιάζονται στον καθ' ένα από αυτούς τους χρόνους, η κάθε μία απεικονίζει επίσης από μια συνθήκη. Οι συνθήκες αυτές αφορούν, είτε ένα από τα είδη ψευδαισθήσεων στο φαινόμενο που μελετάμε, είτε κάποιες άλλες μεταβλητές που θεωρήθηκαν ενδιαφέρον προς διερεύνηση. Με το μπλε χρώμα έχουμε την συνθήκη “Congruent”, η οποία σημαίνει πως προβλήθηκε ο ίδιος αριθμός ήχων και αναλαμπών, είτε δηλαδή ένας μόνο ήχος συνοδευόμενος από μια αναλαμπή, είτε δύο ήχοι με δύο αναλαμπές να προβάλλονται ταυτόχρονα. Η δεύτερη κατά σειρά μπάρα, με κόκκινο χρώμα, αντιπροσωπεύει την ψευδαίσθηση “διαίρεσης” (Fission illusion), η οποία περιλαμβάνει την προβολή μίας μόνο αναλαμπής με το ταυτόχρονο άκουσμα δύο ήχων μπιπ στους συγκεκριμένους χρόνους που βλέπουμε παραπάνω. Τρίτη κατά σειρά έχουμε την πράσινη μπάρα η οποία αντιστοιχεί στο φαινόμενο της “συγχώνευσης” (Fusion illusion), στο οποίο ακούγονται δύο ήχοι μπιπ στους συγκεκριμένους χρόνους με την ταυτόχρονη προβολή μίας μόνο αναλαμπής. Τέλος, έχουμε μία μπάρα σε μωβ χρώμα (UnimodalVis) και δείχνει την πειραματική συνθήκη κατά την οποία παρουσιάζονταν μόνο το οπτικό ερέθισμα δηλαδή μία η δύο αναλαμπές χωρίς το ακουστικό, δηλαδή τους ήχους μπιπ.

5.2 Παρουσία της ψευδαίσθησης “διαίρεσης” σε μουσικούς και μη

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα, οι δύο μπάρες που θα πρέπει να εστιάσουμε για να διακρίνουμε το κατά πόσο τα υποκείμενα ένοιωσαν την ψευδαίσθηση, είναι η κόκκινη και η πράσινη. (Εικόνα 3, Εικόνα 4) Με μία πολύ γρήγορη ματιά παρατηρούμε την κόκκινη μπάρα να βρίσκεται αρκετά πιο ψηλά από την πράσινη σε όλες τις περιπτώσεις, χρόνους και συνθήκες, καθώς και στα αποτελέσματα των ατόμων που είχαν λάβει μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν και

αυτών που δεν είχαν. Επίσης, διακρίνουμε και τις δύο μπάρες να συρρικνώνονται όσο μειώνονται οι χρόνοι καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Μάλιστα η πράσινη μπάρα η οποία αντιπροσωπεύει το φαινόμενο “συγχώνευσης” παρατηρούμε να κάνει μια πολύ έντονη πτώση στους μικρότερους χρόνους και στις δύο ομάδες συμμετεχόντων, κάτι που στο εφέ της “διαίρεσης” γίνεται πολύ πιο ομαλά. Πάμε τώρα να τα δούμε λίγο πιο αναλυτικά, με χρόνους και με ποσοστά.

Ξεκινάμε την ανάλυση των δεδομένων του φαινομένου “διαίρεσης”, τα οποία απεικονίζονται από την μπάρα με το κόκκινο χρώμα, παρατηρώντας τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων και των δύο ομάδων που συμμετείχαν στο πείραμα, δηλαδή των μουσικών και των μη μουσικών. Όπως βλέπουμε, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ανάμεσα στα δύο ηχητικά ερεθίσματα, στο συγκεκριμένο φαινόμενο, τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό επιτυχίας των απαντήσεων. Αυτό σημαίνει πως τα υποκείμενα και των δύο ομάδων αντιλαμβάνονται όλο και λιγότερο την ψευδαίσθηση. Ξεκινώντας από τους αρνητικούς χρόνους, δηλαδή τους χρόνους που προηγείται το πρώτο από το δεύτερο ηχητικό ερέθισμα στο συγκεκριμένο φαινόμενο, παρατηρούμε τους μουσικούς να έχουν καλύτερα αποτελέσματα. Στα -200ms το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μουσικών είναι περίπου 77%, ενώ των μη μουσικών είναι 72%. Αντίστοιχα στον αμέσως επόμενο χρόνο που είναι τα -150ms παρατηρούμε τους μουσικούς να διατηρούν το ποσοστό τους ακριβώς ίδιο, ενώ το ποσοστό των μη μουσικών να πέφτει κατά δύο μονάδες πηγαίνοντας περίπου στο 70%. Αυτό σημαίνει πως οι μη μουσικοί ξεκίνησαν να αντιλαμβάνονται λίγο περισσότερο την ψευδαίσθηση “διαίρεσης” στα -150ms από τους μουσικούς οι οποίοι δεν ένοιωσαν κάποια ιδιαίτερη διαφορά. Στα -100ms η ράβδος των μουσικών φαίνεται να κάνει μια έντονη πτώση, ρίχνοντας το ποσοστό επιτυχίας περίπου στα 69%, ενώ στον ίδιο χρόνο το ποσοστό των μη μουσικών μειώθηκε δύο μονάδες κατεβαίνοντας στο 68%. Τα αποτελέσματα αυτά μας δείχνουν πως στον χρόνο αυτό οι μουσικοί άρχισαν να αντιλαμβάνονται πιο έντονα την ψευδαίσθηση, αλλά και πάλι όχι σημαντικά περισσότερο από την ομάδα των μη μουσικών. Στα -50ms παρατηρούμε τη ράβδο των μουσικών να κατεβαίνει λίγο ακόμα, φτάνοντας περίπου στο 65%, ενώ των μη μουσικών να ανεβαίνει λιγάκι, πηγαίνοντας περίπου στο 71%. Αυτό σημαίνει πως η ομάδα των μη μουσικών αντιλαμβάνεται λιγότερο την ψευδαίσθηση απ’ ότι μπορούσαν να την αντιληφθούν στους δύο προηγούμενους χρόνους, δηλαδή στα -100 και στα -150ms, ενώ στην ομάδα των μουσικών εμφανίζεται η ψευδαίσθηση σταθερά καθώς μειώνεται ο χρόνος.

Παρατηρώντας τους θετικούς χρόνους από τα αριστερά προς τα δεξιά, παρατηρούμε και τις δύο ράβδους -μουσικών και μη- να μειώνονται κατά 2-3% στη θέση των 0.05 sec, η οποία στο φαινόμενο αυτό της “διαίρεσης” υποδηλώνει την καθυστέρηση του δεύτερου μπιπ κατά 50ms από το πρώτο, το οποίο σύμφωνα με το πείραμα παρουσιάζεται ταυτόχρονα με την προβολή της λάμπης. Η ράβδος των μουσικών βρίσκεται σχεδόν στο 63%, ενώ των μη μουσικών λίγο υψηλότερα στο 69%, το οποίο σημαίνει πως οι δεύτεροι, αντιλαμβάνονται λιγότερο την ψευδαίσθηση από τους μουσικούς στη συγκεκριμένη χρονική καθυστέρηση. Συνεχίζοντας με τον επόμενο χρόνο βλέπουμε τη ράβδο των μη μουσικών να παραμένει στάσιμη, πράγμα που συναντήσαμε και προηγουμένως στην άλλη ομάδα στους χρόνους αρνητικής καθυστέρησης. Αυτό σημαίνει πως η ομάδα αυτή αντιλαμβάνεται ακριβώς το ίδιο την ψευδαίσθηση και στο 0.1, δηλαδή στα 100ms, όπως την αντιλαμβανόταν και στα 50ms καθυστέρησης. Στον αντίστοιχο χρόνο το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μη μουσικών αυξάνεται κατά δυο μονάδες φθάνοντας το 65%, στο οποίο και πάλι δεν φθάνουν το ποσοστό των μη μουσικών στον συγκεκριμένο χρόνο, άρα νοιώθουν και περισσότερο την ψευδαίσθηση. Προχωράμε τώρα στα 150ms καθυστέρησης, το 0.15, όπου βλέπουμε και τις δύο ράβδους να υψώνονται αρκετά, με αυτή των μουσικών να

προηγείται κατά μία μονάδα περίπου στο 77%, από των μη μουσικών που βρίσκεται περίπου στο 76%. Στον χρόνο αυτό λοιπόν ξανά αντιστρέφονται οι ρόλοι με τους μουσικούς να αντιλαμβάνονται λιγότερο την ψευδαίσθηση από τους μη μουσικούς. Στα 200ms παρουσιάζονται τα πιο υψηλά ποσοστά και στις δύο ομάδες, ακόμα και από τον αντίστοιχο αρνητικό χρόνο που αναλύσαμε προηγουμένως, φθάνοντας το 83% περίπου για τους μουσικούς, ενώ το 81% περίπου για τους μη μουσικούς. Αυτός λοιπόν ήταν και ο χρόνος στον οποίο όλα τα άτομα αντιλήφθηκαν λιγότερο την ψευδαίσθηση με τους μουσικούς να έχουν λίγο περισσότερες σωστές απαντήσεις.

5.3 Παρουσία της ψευδαίσθησης “συγχώνευσης” σε μουσικούς και μη

Συνεχίζουμε τώρα με την ανάλυση των δεδομένων του δεύτερου φαινομένου ψευδαίσθησης, της “συγχώνευσης”, τα οποία απεικονίζονται όπως βλέπουμε και στις παραπάνω εικόνες 3 και 4 με την πράσινη ράβδο. Αρχικά παρατηρούμε πως η πράσινη ράβδος και στις δύο ομάδες, μουσικών και μη, είναι αρκετά πιο χαμηλή από την κόκκινη, πράγμα το οποίο σημαίνει πως η ψευδαίσθηση “συγχώνευσης”, την οποία απεικονίζει, είναι πολύ πιο αισθητή. Ξεκινώντας πάλι από τους αρνητικούς χρόνους, παρατηρούμε πως οι μουσικοί αντιλαμβάνονται λιγότερο την ψευδαίσθηση αυτή από τους μη μουσικούς, καθώς το ποσοστό των σωστών τους απαντήσεων είναι περίπου 49%, ενώ των μη μουσικών κυμαίνεται στο 45% περίπου. Στον επόμενο αρνητικό χρόνο των 150 ms, όπου αρνητικό εννοούμε όταν προηγείται η πρώτη λάμψη από τον ήχο στο συγκεκριμένο φαινόμενο, δεν παρατηρούμε μεγάλες αλλαγές. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μουσικών αυξάνεται κατά 0,3%, ενώ των μη μουσικών βλέπουμε μια λίγο μεγαλύτερη πτώση τεσσάρων μονάδων. Αυτό σημαίνει πως η διαφορά αυτή των δευτερολέπτων της καθυστέρησης, δεν επηρέασε σχεδόν καθόλου τους μουσικούς, οι οποίοι αντιλήφθηκαν σχεδόν το ίδιο την ύπαρξη ψευδαίσθησης, ενώ επηρέασε αρκετά περισσότερο τις απαντήσεις των μη μουσικών όπως βλέπουμε και στις δύο εικόνες. Συνεχίζουμε με τα -100ms, όπου παρατηρούμε ότι στην ομάδα των μουσικών η πράσινη ράβδος να αρχίζει να κατεβαίνει αρκετά φθάνοντας περίπου στο 42%, ενώ στην ομάδα των ατόμων χωρίς μουσική εκπαίδευση το ποσοστό αυτό φθάνει μόλις το 35%, το οποίο είναι αρκετά χαμηλό και σημαίνει πως σε πολλά από τα άτομα την ομάδας αυτής δημιουργήθηκε η ψευδαίσθηση και απαντούσαν εσφαλμένα. Στα 50ms καθυστέρησης παρατηρούμε τις πιο έντονες αλλαγές για τους χρόνους αρνητικής καθυστέρησης. Η πράσινη ράβδος στην ομάδα των μουσικών συρρικνώνεται ραγδαία προς τα κάτω στο 6%, και αντίστοιχα στην ομάδα των μη μουσικών το ποσοστό είναι ακόμα χαμηλότερο (2.9%). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως στον συγκεκριμένο χρόνο σχεδόν όλα τα άτομα ένοιωθαν την ψευδαίσθηση του φαινομένου αυτού και πάλι με μια μικρή διαφορά στους μουσικούς να την αισθάνονται λίγο λιγότερο.

Αναφορικά με τις θετικές χρονικές διαφορές, δηλαδή τις περιπτώσεις όπου η λάμψη έπεται του ήχου μπίπ, παρατηρούμε γενικότερα οι ράβδοι να είναι ακόμα πιο χαμηλωμένες σε σχέση με τους χρόνους των αρνητικών χρονικών διαφορών. Στα 50ms χρονικής καθυστέρησης, η ράβδος των μουσικών είναι ακόμα πιο κατεβασμένη απ’ ότι ήταν στον αντίστοιχο χρόνο αρνητικής καθυστέρησης, φθάνοντας μόλις το 5% σε σωστές απαντήσεις, ενώ το ποσοστό των μη μουσικών (3.8%) είναι ελάχιστα πιο υψηλό από αυτό του αντίστοιχου αρνητικού χρόνου της ίδιας ομάδας, που αναλύσαμε προηγουμένως. Παρατηρούμε δηλαδή μια έντονη αίσθηση της ψευδαίσθησης

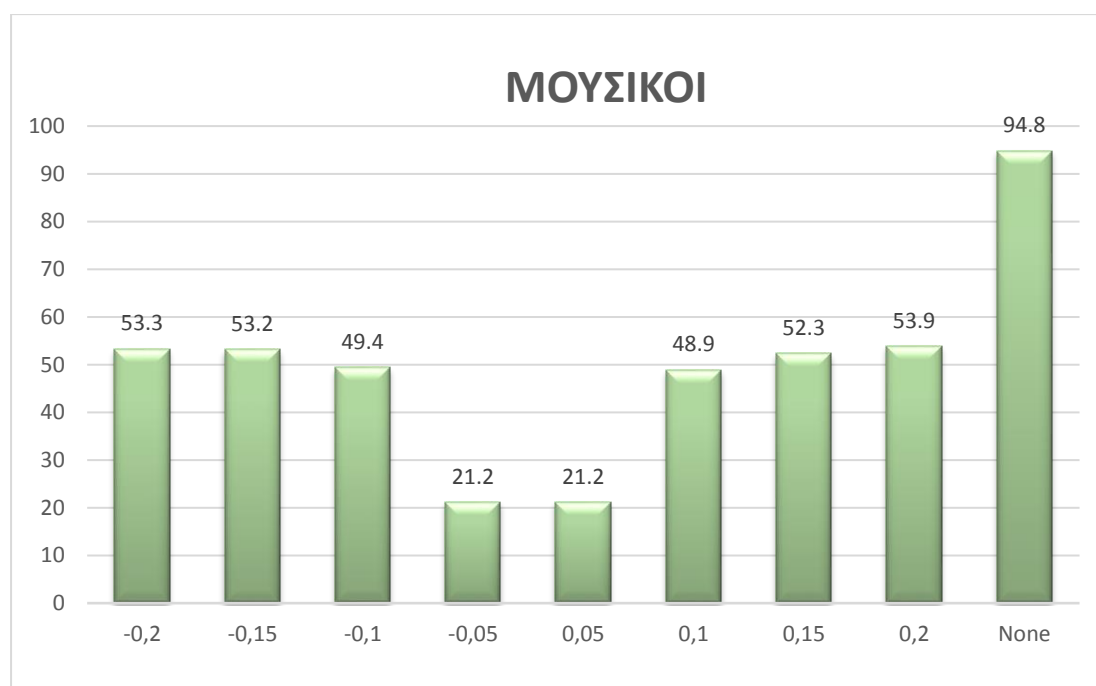
“συγχώνευσης” ιδίως στην περιοχή χρονικής διαφοράς από -50 μέχρι 50ms και στις δύο ομάδες συμμετεχόντων. Συνεχίζοντας με τον χρόνο καθυστέρησης 100ms, βλέπουμε την πράσινη ράβδο να ανεβαίνει απότομα και στις δύο εικόνες, φθάνοντας στην ομάδα των μουσικών το 41% σωστών απαντήσεων, ενώ των μη μουσικών είναι για άλλη μια φορά λίγο χαμηλότερα στο 37%. Με σταδιακό ρυθμό η πράσινη ράβδος συνεχίζει να ανεβαίνει και στους δύο επόμενους χρόνους, στα 150 και στα 200ms, πηγαίνοντας στον πρώτο χρόνο στο 47% περίπου για την ομάδα των μουσικών και στο 43% περίπου για την ομάδα των μη μουσικών, ενώ στον δεύτερο χρόνο, δηλαδή στα 200ms, παρατηρούμε την αύξηση των ποσοστών αυτών κατά 1% και για τις δύο ομάδες αντίστοιχα. Πάλι λοιπόν παρατηρούμε μία πιο έντονη αίσθηση της ψευδαίσθησης στους μη μουσικούς και στους δύο τελευταίους χρόνους, καθώς τα ποσοστά των σωστών απαντήσεών τους ήταν πιο χαμηλά.

5.4 Διαφορά στο πλήθος σωστών και λανθασμένων απαντήσεων μεταξύ των δύο ομάδων

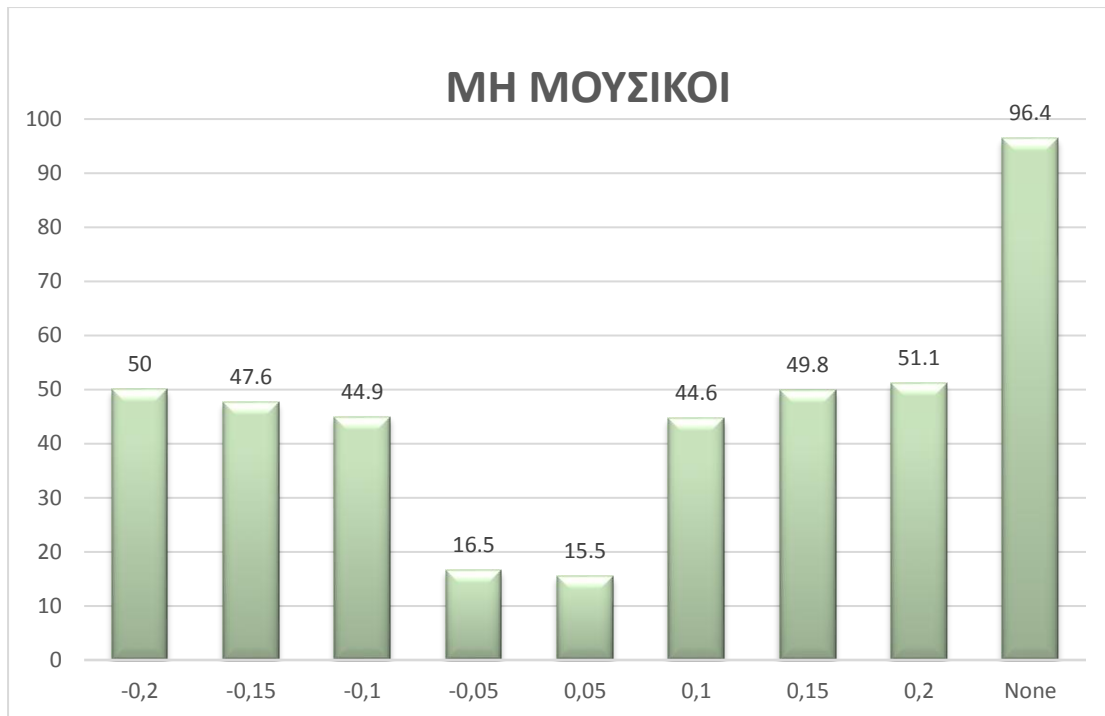
Πάμε τώρα να δούμε λίγο το γενικότερο σύνολο σωστών απαντήσεων συγκριτικά και στις δύο ομάδες σε κάθε τιμή της ασυγχρονίας που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα. Στο πλήθος αυτό συμπεριλαμβάνονται όλες οι ράβδοι που απεικονίζονται στις εικόνες 3 και 4, δηλαδή οι δύο ράβδοι που αναλύσαμε και αντιπροσώπευαν τα φαινόμενα “διαίρεσης” και “συγχώνευσης”, καθώς και οι δυο ράβδοι που δεν αναλύσαμε ιδιαίτερα, αυτές δηλαδή με μπλε και μωβ χρώμα. Αυτές δεν συνδέονται με κάποια συνθήκη ψευδαίσθησης αλλά αφορούσαν είτε, με το μπλε χρώμα, την πολυαισθητηριακή αντίληψη και τον συνδυασμό όρασης και ακοής σε άτομα που είχαν λάβει κάποια μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν και στα άτομα χωρίς είτε, με το μωβ χρώμα, για να τεστάρουν την αντίληψη των υποκειμένων και σε μια μόνο αίσθηση η οποία ήταν η όραση στους συγκεκριμένους ασύγχρονους χρόνους που χρησιμοποιήθηκαν και στο υπόλοιπο πείραμα. Οι δύο αυτές ράβδοι μοιάζουν περισσότερο σε μορφή με την πράσινη μπάρα του εφέ της “συγχώνευσης” και αντίστοιχα ποσοστά των σωστών απαντήσεών ήταν ελαφρώς πιο υψηλά από την ράβδο αυτή, με λίγο μεγαλύτερες διαφορές στους μεσαίους χρόνους, δηλαδή από -50ms μέχρι και 50ms και τις περισσότερες φορές με την μπλε ράβδο να προηγείται κατά μια μονάδα από την μωβ ιδίως στην ομάδα των μη μουσικών. Αντίθετα, στους θετικούς χρόνους στην ομάδα των μουσικών βλέπουμε τη μωβ ράβδο να προσπερνάει την μπλε πάλι με παρόμοια διαφορά. Ωστόσο είναι αξιοσημείωτο να παρατηρηθεί πως στην εικόνα 4, δηλαδή στο διάγραμμά που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μη μουσικών η μωβ μπάρα στους χρόνους -50 με 50ms είναι ακόμα χαμηλότερη και από την πράσινη μπάρα του εφέ της “συγχώνευσης”, πράγμα το οποίο σημαίνει πως στα δευτερόλεπτα αυτά η ομάδα των μη μουσικών αισθανόταν επίσης μια ψευδαίσθηση συνδυάζοντας τα δύο οπτικά ερεθίσματα σε ένα, παρόλο που δεν υπήρχε ηχητικό

ερέθισμα. Αυτό, όμως, δεν συμβαίνει με την μπλε ράβδο στους συγκεκριμένους χρόνους, όταν δηλαδή τα άτομα άκουγαν στην ίδια ταχύτητα δύο μπιπ ενώ τους προβάλλονταν ταυτόχρονα δυο λάμπες.

Συνεχίζουμε με την ανάλυση των παρακάτω διαγραμμάτων τα οποία απεικονίζουν όπως είπαμε και προηγουμένως των συνδυασμό όλων των συνθηκών που αναλύσαμε παραπάνω. Στον κάθετο άξονα απεικονίζονται τα συνολικά ποσοστά των σωστών απαντήσεων σε όλες τις πειραματικές συνθήκες μαζί. Στην εικόνα 3 φαίνεται το διάγραμμα με τα συνολικά αποτελέσματα την ομάδα των μουσικών ενώ η εικόνα 4 δείχνει το διάγραμμα των αποτελεσμάτων της ομάδας των μη μουσικών ατόμων. Στον οριζόντιο άξονα απεικονίζονται οι χρόνοι που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που επεξηγήσαμε και στα δύο προηγούμενα διαγράμματα που φαίνονται στις εικόνες 1 και 2. Προχωράμε και στους αντίστοιχους θετικούς χρόνους, οι οποίοι όπως αναφέραμε και παραπάνω, παρουσιάζονται ως καθυστέρηση του δεύτερου από τον πρώτο ήχο μπιπ ή της κάθε αναλαμπής αντίστοιχα, ανάλογα κάθε φορά με το είδος της ψευδαίσθησης. Οι χρόνοι αυτοί είναι 0.2 δηλαδή 200ms, 0.15 δηλαδή 150ms, -0.1 δηλαδή 100ms και 0.05 δηλαδή 50ms. Στο τέλος του άξονα υπάρχει μία ακόμα συνθήκη που ονομάζεται NONE και χρησιμοποιούνταν στο πείραμα όταν δεν υπήρχε κάποια ασυγχρονία μεταξύ δύο ήχων ή δύο αναλαμπών, αλλά ακουγόταν ένας μόνο ήχος μπιπ ταυτόχρονα με την εμφάνιση μίας μόνο αναλαμπής, ή δεν ακούγονταν καθόλου ήχος παρά μόνο παρουσιάζονταν κάποια αναλαμπή.



Εικόνα 5: Ραβδόγραμμα ποσοστών ορθής αναγνώρισης των συνολικών πειραματικών περιπτώσεων σε κάθε χρόνο καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκε και αντιπροσωπεύει την ομάδα των μουσικών.



Εικόνα 6: Ραβδόγραμμα ποσοστών ορθής αναγνώρισης των συνολικών πειραματικών περιπτώσεων σε κάθε χρόνο καθυστέρησης που χρησιμοποιήθηκε και αντιπροσωπεύει την ομάδα των μη μουσικών.

Γενικά, τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων και των δύο ομάδων είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους, με αυτά των μουσικών να είναι ελαφρώς καλύτερα. Ξεκινώντας πάλι την ανάλυσή μας από τα αριστερά προς τα δεξιά βλέπουμε τον πρώτο χρόνο ο οποίος είναι το 0,2, δηλαδή τα -200ms. Ο αρνητικός χρόνος αυτός είναι, όπως ακριβώς εξηγήσαμε και νωρίτερα αναλύοντας τις εικόνες 1 και 2, η προήγηση του πρώτου ήχου από την αναλαμπή που έρχεται μαζί με τον δεύτερο ήχο, ή και το αντίστροφο, το να προηγείται δηλαδή κατά 200ms η πρώτη αναλαμπή από την δεύτερη ή από τον ήχο γενικά. Στον χρόνο αυτό παρατηρούμε τη ράβδο των μουσικών να βρίσκεται περίπου στο 53%, ενώ των μη μουσικών στο 50%. Αυτό σημαίνει πως οι μισοί συμμετέχοντες από την ομάδα των ατόμων χωρίς μουσική εκπαίδευση απάντησαν σωστά στις πειραματικές συνθήκες με τον συγκεκριμένο χρόνο καθυστέρησης, καθώς και λίγο περισσότεροι από τους μισούς στην ομάδα των μουσικών επίσης. Στον δεύτερο κατά σειρά χρόνο που παρουσιάζεται παρακάτω στα διαγράμματά μας, βλέπουμε την μπάρα των μουσικών να παραμένει σχετικά σταθερή, ενώ των μη μουσικών να μειώνεται κατά τρεις μονάδες. Πράγμα το οποίο σημαίνει πως η μείωση αυτή της καθυστέρησης κατά 50ms πηγαίνοντας από το -200 στο -150, δεν επηρέασε σχεδόν καθόλου την ομάδα των μουσικών, όσον αφορά τις απαντήσεις τους, ενώ φάνηκε να επηρεάζει λίγο περισσότερο αρνητικά την αντίθετη ομάδα, κάνοντάς την να λανθάνει πιο πολύ. Συνεχίζοντας με τα -100ms καθυστέρησης, βλέπουμε επιτέλους μια κίνηση στη ράβδο της ομάδας των μουσικών, η οποία πήγε περίπου στο 49%, το οποίο σημαίνει πως λίγο λιγότεροι από τους μισούς μουσικούς συμμετέχοντες απάντησαν σωστά σε όλες τις συνθήκες στον συγκεκριμένο χρόνο. Ταυτόχρονα και η μπάρα των μη μουσικών έπεσε κατά λίγες μονάδες φθάνοντας περίπου το 44%. Στα -50ms βλέπουμε τις μεγαλύτερες αλλαγές, καθώς οι ράβδοι και των δύο ομάδων μειώνονται σημαντικά. Στην εικόνα 5 η ράβδος των μουσικών φθάνει σχεδόν το 21%, ενώ στην εικόνα 6 αυτή των μη μουσικών φθάνει ακόμα χαμηλότερα σχεδόν στο 16%. Παρατηρούμε λοιπόν πως στον

χρόνο αυτό πολλοί συμμετέχοντες απάντησαν λανθασμένα, με τους μουσικούς να έχουν λίγο καλύτερα αποτελέσματα από του μη μουσικούς.

Κάπου εδώ φθάσαμε στην μέση της ανάλυσης των δύο γενικών διαγραμμάτων μας και συνεχίζουμε τώρα με τους χρόνους καθυστέρησης, οι οποίοι είναι πάλι, με την ίδια λογική των προηγούμενων διαγραμμάτων, η καθυστέρηση τους δεύτερου μπιπ από την εμφάνιση της λάμψης ή το αντίστροφο, δηλαδή η καθυστέρηση της δεύτερης λάμψης από την πρώτη ή από το ακουστικό ερέθισμα, ανάλογα την συνθήκη. Στα 50ms καθυστέρησης παρατηρούμε πως η ομάδα των μουσικών έχει ακριβώς το ίδιο ποσοστό σωστών απαντήσεων με τον αντίστοιχο αρνητικό χρόνο καθυστέρησης. Από την άλλη πλευρά στην ομάδα των μη μουσικών διακρίνουμε μια μικρή μεταβολή περίπου 1%, ρίχνοντας το ποσοστό τους στο 15%, το οποίο και σημαίνει πως έκαναν λίγο περισσότερα λάθη σε σχέση με τους μουσικούς των οποίων οι απαντήσεις παρέμειναν ακριβώς ίδιες. Στα 100ms καθυστέρηση παρατηρούμε μια αύξηση και στα δύο ποσοστά με αυτό της ομάδας των μουσικών να ξεπερνάει της άλλης ομάδας. Η ράβδος της πρώτης ομάδας έφτασε περίπου το 48%, δηλαδή πάλι σχεδόν οι μισοί από τους μουσικούς απάντησαν σωστά, ενώ των μη μουσικών έφτασε λίγο χαμηλότερα στο 44% περίπου. Στα 150ms βλέπουμε ακόμη μια αύξηση των ποσοστών και στις δύο ομάδες κατά τέσσερις με πέντε μονάδες, πάλι με αυτό των μουσικών να υπερτερεί, ενώ στα 200ms υπάρχει πάλι μια αύξηση αλλά είναι μικρότερη, φθάνοντας στο 53% για τους μουσικούς και στο 51% για τους μη μουσικούς. Τέλος, παρατηρούμε άλλη μια ράβδο που βρίσκεται στο τέρμα δεξιά του διαγράμματος η οποία είναι πολύ υψηλή σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες. Η ράβδος αυτή δείχνει το ποσοστό των σωστών απαντήσεων της κάθε ομάδας όταν δεν υπάρχει κάποια καθυστέρηση από το ένα ερέθισμα στο άλλο κατά την διάρκεια του πειράματος, γι' αυτό είναι και τόσο υψηλή εφόσον δεν προκαλούνταν στα άτομα κάποια ψευδαίσθηση στις συνθήκες αυτές άρα απαντούσαν και περισσότερο σωστά. Σε αυτή την συνθήκη φαίνεται η ομάδα των μη μουσικών να έδωσε περισσότερες σωστές απαντήσεις φθάνοντας περίπου στο 96% ξεπερνώντας κατά λίγο το ποσοστό των μουσικών το οποίο κυμαίνεται στο 94%.

6. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη διερεύνησε την πολυαισθητηριακή αντίληψη σε μουσικούς και μη μουσικούς μέσω της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής (Sound induced flash illusion) και πιο συγκεκριμένα μέσω των δύο τύπων του φαινομένου αυτού, του εφέ “διαίρεσης” και “συγχώνευσης” (Shams et al. 2000, Foss et al. 2007). Η πειραματική διαδικασία για την έρευνα αυτή απαιτούσε την αντίληψη σύνδεσης χρονικά αποκλινομένων ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων. Συνολικά, σύμφωνα με τα ευρήματα μας και την ανάλυση των αποτελεσμάτων και των δύο ομάδων, αποδείχθηκε ότι τα άτομα με μουσική εκπαίδευση είναι πιο ακριβή και πιο ορθά στην επεξεργασία ταυτόχρονων οπτικοακουστικών ερεθισμάτων από τους μη μουσικούς. Επίσης φάνηκε να υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία στο φαινόμενο της “συγχώνευσης” και από τις δύο ομάδες συμμετεχόντων σε σχέση με το φαινόμενο της “διαίρεσης”. Αυτά τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι η εμπειρία που προκύπτει από την έντονη μουσική εκπαίδευση επεκτείνεται πέρα από το ακουστικό πεδίο και βελτιώνει την επεξεργασία πληροφοριών και σε άλλα αισθητήρια συστήματα, όπως είναι η όραση και ο συνδυασμός τους.

6.1 Τα γενικότερα οφέλη της μουσικής εκπαίδευσης σε διάφορους τομείς

Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας αποκαλύπτουν ότι μια εμφανής μορφή ακουστικής εμπειρίας, η οποία είναι η μουσική εκπαίδευση, πέρα από τα απλά οφέλη στην ακουστική επεξεργασία, μπορεί επίσης να βελτιώσει και την πολυαισθητηριακή επεξεργασία. Τα αποτελέσματα αυτά επεκτείνουν ευρήματα προηγούμενων ερευνών που επίσης δείχνουν μια αυξημένη ακουστική επίδραση σε άτομα που έχουν λάβει μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν, αποκαλύπτοντας ένα πολυτροπικό στοιχείο στα οφέλη της μουσικής στη λειτουργία του εγκεφάλου (Bidelman & Krishnan 2010,

Bidelman et al. 2014a). Επιπλέον, επεκτείνουν το γενικότερο έργο που σχετίζεται με την πολυαισθητηριακή αντίληψη φωνητικών και μουσικών ερεθισμάτων (Musacchia et al. 2007, Lee & Noppeneay 2011, 2014, Paraskevoropoulos et al. 2012).

Μέχρι σήμερα έχουν διεξαχθεί διάφορες μελέτες που δείχνουν ότι η προγενέστερη μουσική εκπαίδευση βελτιώνει τη νευροβιολογική επεξεργασία (Shahin et al. 2003, Bidelman et al. 2014b) και τον συμπεριφορικό έλεγχο των γλωσσικών ερεθισμάτων, συμπεριλαμβανομένης και της αντίληψης του λόγου (Chartrand & Belin 2006, Bidelman & Krishnan 2010, Bidelman et al. 2014b), όπως και της εκμάθησης κάποιας δεύτερης ξένης γλώσσας (Cooper & Wang 2012). Επίσης, είναι γνωστό ότι η μουσική εκπαίδευση βελτιώνει τη νευρολογική κωδικοποίηση και τον νοητικό έλεγχο των μουσικά σχετικών ερεθισμάτων (Bidelman et al. 2009, Paraskevoropoulos et al. 2012). Έτσι, η καλύτερη πολυαισθητηριακή αντίληψη που παρατηρείται στους μουσικούς όσον αφορά τα φωνητικά και τα μουσικά ερεθίσματα μπορεί να έχει προκληθεί όχι μόνο από τη βελτιωμένη ακουστική επεξεργασία, αλλά και από την υπεροχή των μουσικών στον λόγο και τη γλώσσα γενικότερα ή και με καθήκοντα και ενέργειες που σχετίζονται με την μουσική (Musacchia et al. 2007, Lee & Noppeneay 2011, 2014, Paraskevoropoulos et al. 2012, Bidelman et al. 2009).

Επιπλέον, στην παρούσα έρευνα, οι μουσικοί έκαναν τη σύνδεση ακουστικών και οπτικών πληροφοριών πιο σωστά από τους μη μουσικούς συμμετέχοντες. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι η μουσική εκπαίδευση μπορεί να οξύνει την αντίληψη και διασύνδεση σημαντικών πληροφοριών από πολλά αισθητήρια συστήματα, τόσο για φωνητικά, όσο και για μη φωνητικά ερεθίσματα (Lu et al. 2014). Η άποψη αυτή υποστηρίζεται περαιτέρω και από μελέτες που έχουν δείξει ότι η εντατική μουσική εκπαίδευση βελτιώνει τα χαρακτηριστικά της μνήμης (Bidelman et al. 2013) και τη γενικότερη χρονική ακρίβεια, ανεξαρτήτως αισθητήριου τρόπου, δηλαδή διακρίνονται βελτιώσεις, τόσο στην ακουστική, όσο και στην οπτική αντίληψη (Rammsayer et al. 2012).

Ενδεχομένως, η μακροχρόνια ενασχόληση με τη μουσική θα μπορούσε επίσης να βελτιώσει την πρόβλεψη τόσο του πότε, όσο και ποια ακουστικά και οπτικά γεγονότα είναι πιθανό να συμβούν, όπως συμβαίνει και στο σύστημα ακουστικής και κινητικής λειτουργίας (Novembre & Keller 2014). Όπως προτείνουν οι Novembre και Keller (2014), η εμπειρία και η εξάρτηση της διαισθητηριακής αντίληψης ενεργειών, ή και άλλων αντιλήψεων, μπορεί να βοηθήσει στη στήριξη της ανθρώπινης ικανότητας να αναπαράγει σύνθετες δομημένες ενέργειες και να συγκεράζεται με πολλούς παράγοντες. Οι δομημένες ενέργειες και ο συγκερασμός πολλών παραγόντων είναι ουσιαστικά κριτήρια σε διάφορες μουσικές ενέργειες, όπως είναι για παράδειγμα η μουσική εκτέλεση σε μια συναυλία. Ο συνδυασμός μιας επιπρόσθετης λειτουργίας, όπως είναι η κινητική δραστηριότητα, κατά τη διάρκεια της ακουστικής μάθησης έχει επίσης δείξει ότι αυξάνει την ανταπόκριση του εγκεφάλου σε ακουστικά ερεθίσματα που έχουν σημασία για τη συμπεριφορά ενός ατόμου (Paraskevoropoulos et al. 2012). Επομένως, στο ακουστικοκινητικό σύστημα, η υψηλότερη πολυαισθητηριακή σύνδεση θα μπορούσε να είναι επωφελής στη μουσική απόδοση, καθώς η συντονισμένη εναρμόνιση με το σύστημα κίνησης θα μπορούσε να αυξήσει την αισθητηριακή κωδικοποίηση στην ακουστική μονάδα. Δεδομένου ότι η μουσική παραγωγή εμπεριέχει επίσης έντονη οπτική συμμετοχή, όπως είναι η ανάγνωση νοτών από μια παρτιτούρα, είναι λογικό να υποθέσουμε ότι η εντατική μουσική εμπειρία μπορεί επίσης να ενισχύσει τη σύνδεση μεταξύ ακουστικών και οπτικών φλοιών και να δώσει μια εξήγηση στα δεδομένα της παρούσας έρευνας.

Εναλλακτικά, είναι πιθανό ότι ο πιο λεπτομερής συνδυασμός ακοής και όρασης που παρατηρείται εδώ στους μουσικούς μπορεί αντίθετα να οφείλεται σε μια ενίσχυση

γενικότερων μηχανισμών, όπως είναι η προσοχή, ή ο έλεγχος των εκτελεστικών λειτουργιών (Moreno & Bidelman 2014) που είναι γνωστό ότι διαφέρει στους μουσικά εκπαιδευμένους ανθρώπους (Strait et al. 2010). Η έννοια της εποπτείας, καθώς και της προσοχής κατά την διάρκεια ενός εκτελεστικού ελέγχου της αισθητηριακής επεξεργασίας έχει επίσης επισημανθεί σε πρόσφατες μελέτες σε ζώα (Fritz et al. 2003) και ανθρώπους (Myers & Swan 2012), όπου η αυξημένη "ανατροφοδότηση" μπορεί να ενισχύσει ή να αναστείλει τη δραστηριότητα στους αισθητηριακούς φλοιούς που επιλέγονται από το κάθε ερέθισμα, με την υπόθεση ότι υποστηρίζεται από την συμμετοχή των προμετωπιαίων περιοχών ελέγχου. Η γενικότερη κατανομή της προσοχής σε μια ευρύτερη ποικιλία αισθήσεων έχει επίσης δείξει ότι βελτιώνει την απόδοση σε πολύπλοκες οπτικοακουστικές εργασίες (Mishra & Gazzaley 2012). Έτσι, είναι πιθανό ότι αν η μουσική εκπαίδευση αυξάνει ή και επιτρέπει στον ανθρώπινο εγκέφαλο να αξιοποιεί αποτελεσματικότερα την προσοχή του σε πιθανότατα πολλούς αισθητηριακούς τρόπους, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στην πολυαισθητηριακή βελτίωση που παρατηρείται στην παρούσα μελέτη.

Η ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής απαιτεί την λήψη μιας απόφασης για το οπτικό ερέθισμα που πρέπει να ενημερωθεί από την αντίληψη ενός συγχρονισμένου ή και όχι ακουστικού γεγονότος, ανάλογα και το είδος του φαινομένου που παρουσιάζεται κάθε φορά, είτε το εφέ "διαίρεσης" είτε αυτό της "συγχώνευσης". Παρόλο που είναι σαφές ότι οι μουσικοί εμφανίζουν βελτιωμένη οπτικοακουστική επεξεργασία, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι διαφορές μεταξύ των ομάδων στην ευαισθησία όσων αφορά την παρουσία ψευδαισθήσεων οφείλονται, τουλάχιστον εν μέρει, σε ενισχυμένη μονοαισθητηριακή επεξεργασία αντί για πολυαισθητηριακή ενσωμάτωση δυο ερεθισμάτων, καθαυτή. Για παράδειγμα, αν οι μουσικοί έχουν βελτιωμένη ικανότητα να εστιάζουν στα ακουστικά ερεθίσματα, αυτό θα μπορούσε να τους επιτρέψει να διαχωρίζουν αποτελεσματικότερα τον ήχο από τα οπτικά ερεθίσματα. Βάσει αυτής της ερμηνείας, η μειωμένη ευαισθησία των μουσικών στο φαινόμενο του "ηχητικού εφέ ψευδαίσθησης λάμψης" μπορεί να οφείλεται στη μονοαισθητήρια ενίσχυση στην ακοή (Bidelman et al., 2013). Εναλλακτικά, αντί να οδηγεί σε βελτιώσεις στην πολυαισθητηριακή επεξεργασία καθαυτή, η μουσική εκπαίδευση θα μπορούσε να ενισχύσει τη χρονική επεξεργασία σε κάθε ερέθισμα ξεχωριστά (Rammsayer et al. 2012). Ωστόσο, αν αυτό ήταν το περιστατικό, θα είχαμε περιμένει πιο διαδεδομένες διαφορές μεταξύ των δυο ομάδων. Όμως, όπως παρατηρούμε και στις εικόνες 3 και 4, τις ράβδους σε κόκκινο και πράσινο χρώμα, υπάρχουν μεγαλύτερες διαφορές όσων αφορά την ευαισθησία και των δύο ομάδων στο φαινόμενο "διαίρεσης" απ' ό,τι σε αυτό της "συγχώνευσης", παρά σε σύγκριση μεταξύ τους. Αυτό πιθανών συμβαίνει καθώς το εφέ της "διαίρεσης" δημιουργεί την αντίληψη ενός δεύτερου οπτικού ερεθίσματος, το οποίο δεν υπάρχει στην πραγματικότητα άρα η ψευδαίσθησή του γίνεται περισσότερο αισθητή και από τις δύο ομάδες αντίστοιχα.

6.2 Αλλαγές στην πολυαισθητηριακή αντίληψη από τομείς που θα μπορούσαν να εκπαιδευτούν

Πολλές προηγούμενες μελέτες έχουν ερευνήσει κατά πόσο το “παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης” μπορεί να διευρυνθεί ή να συσταλεί εξαιτίας δυσλειτουργιών του νευρικού συστήματος ή με την εμπειρία και τη μάθηση γενικότερα. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας το φαινόμενο της “ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής” και πιο συγκεκριμένα αυτό της “διαίρεσης”, ο Wallace και οι συνεργάτες του έχουν δείξει ότι τα παιδιά που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού, αντιλαμβάνονται την ψευδαίσθηση αυτή σε ένα μεγαλύτερο εύρος ασυγχρονιών, υποδεικνύοντας ένα ευρύτερο χρονικό παράθυρο χρονική περίοδο διασύνδεσης πολυαισθητηριακών ερεθισμάτων σε σύγκριση με τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά (Foss-Feig et al. 2010; Stevenson et al. 2014; Wallace & Stevenson 2014). Επίσης, η φυσιολογική γήρανση φαίνεται να επηρεάζει την πολυαισθητηριακή αντίληψη (Diederich et al. 2008; DeLoss et al. 2013), όπως φαίνεται και από τα ευρύτερα “παράθυρα χρονικής ολοκλήρωσης”. Πιθανόν, η υποβάθμιση της πολυαισθητηριακής αντίληψης στις μεγαλύτερες ηλικίες να οφείλεται σε ένα πιο αργούς ρυθμούς περιφερικής επεξεργασίας, με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας ενός γηραιότερου ατόμου να αναλύει ταυτόχρονα πολλαπλές αισθητηριακές αναπαραστάσεις (Diederich et al. 2008).

Παρά το γεγονός ότι ορισμένες διαταραχές μπορεί να επιμηκύνουν το παράθυρο χρονικής ολοκλήρωσης, είναι χρήσιμο να διαπιστώσουμε εάν συγκεκριμένη εμπειρία ή εκμάθηση κάποιου αντικειμένου μπορούν να βελτιώσουν την πολυαισθητηριακή αντίληψη. Πράγματι, η σύντομη εκπαίδευση (<5 ημέρες) έχει δείξει ότι μπορεί να μικρύνει το χρονικό παράθυρο της πολυαισθητηριακής σύνδεσης (Powers et al. 2009; Stevenson et al. 2013). Ωστόσο, άλλες μελέτες έχουν αναφέρει ότι η “ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής” είναι σε μεγάλο βαθμό ανθεκτική στην ανατροφοδότηση (Rosenthal et al. 2009). Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα που παρουσιάζουν διάφορες μελέτες, μπορεί να οφείλονται σε μεταξύ τους διαφορές ως προς τη διάρκεια της εκπαίδευσης ή ακόμη και στο εάν συμπεριλαμβάνεται ανατροφοδότηση κατά τη διάρκεια της εκμάθησης (Powers et al. 2009).

Τα τρέχοντα δεδομένα δείχνουν ότι ορισμένες μακροπρόθεσμες αντιληπτικές καθώς και γνωστικές εμπειρίες, όπως είναι για παράδειγμα η μουσική εκπαίδευση, μπορούν να βελτιώσουν τον χρόνο που μπορεί να συνδυαστεί στον εγκέφαλο ενός ατόμου ήχος και εικόνα. Είναι λογικό να υποθέσουμε λοιπόν ότι και άλλες έντονες πολυαισθητηριακές εμπειρίες θα μπορούσαν επίσης να βελτιώσουν την

πολυαισθητηριακή επεξεργασία. Σχετικά με την ακουστική αντίληψη και την ενεργή μνήμη, έχει πρόσφατα δειχθεί ότι ορισμένες μορφές έντονης γλωσσικής εμπειρίας, όπως είναι για παράδειγμα κάποιοι δίγλωσσοι ομιλητές τονικών γλωσσών, παρουσιάζουν παρόμοιες βελτιώσεις, όπως αντίστοιχα τα άτομα με τη μουσική εκπαίδευση (Bidelman et al., 2013).

Πώς μπορούμε λοιπόν να εξηγήσουμε, αυτή την υψηλότερη αντίληψη των μουσικών στην πολυαισθητηριακή επεξεργασία; Είναι ενδεχόμενο ότι η μουσική εκπαίδευση επηρεάζει τη λειτουργικότητα υποσυστημάτων του κεντρικού νευρικού συστήματος, ώστε να ενισχύει τη συνδεσιμότητα μεταξύ των συστημάτων που εμπλέκονται έντονα στη μουσική εκτέλεση, όπως για παράδειγμα, η ακοή, η όραση, καθώς και η κίνηση. Πράγματι, έχει παρατηρηθεί αυξημένη συνδεσιμότητα μεταξύ των ακουστικών και κινητικών φλοιών σε μουσικούς (Grahn & Rowe 2009), προτείνοντας την πιθανότητα αυξημένης ή και πιο γρήγορης εναλλαγής μεταξύ διαφορετικών αισθητηριακών συστημάτων μέσω της εκπαίδευσης. Δυστυχώς, δεν έχει γίνει μέχρι σήμερα εκτεταμένη μελέτη για τις πιθανές διαφορές που μπορεί να προκαλέσει η μουσική στη συνδεσιμότητα μεταξύ των πρωταρχικών ακουστικών και οπτικών περιοχών, η οποία πιθανόν θα επηρεάζει και την ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής. Ωστόσο, για άτομα που δεν είχαν λάβει κάποια μουσική εκπαίδευση στο παρελθόν, προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η πιθανότητα να αντιληφθούν την ψευδαίσθηση αυτή, συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη συνδεσιμότητα μεταξύ περιοχών του οπίσθιου μετωπιαίου λοβού (Károsvari et al. 2015). Αυτό υποδηλώνει ότι τα παράλληλα οπτικά κανάλια παίζουν σημαντικό ρόλο στις πολυαισθητηριακές αλληλεπιδράσεις και στη χρονική σύνδεση των μεμονωμένων ερεθισμάτων. Είναι έτσι δυνατόν οι μουσικοί να εμφανίζουν πιο ακριβή χρονική σύνδεση των ακουστικών και οπτικών γεγονότων, λόγω της αυξημένης λειτουργικής συνδεσιμότητας μεταξύ των ακουστικών και οπτικών τους συστημάτων (Bidelman, 2016).

Μέχρι σήμερα, τα οφέλη της εμπειρίας από τη μουσική εκπαίδευση στις ακουστικές αντιληπτικές και γνωστικές λειτουργίες έχουν αναγνωριστεί μέσω ενός πλήθους μελετών που σχετίζονται με τη διαισθητηριακή αντίληψη. Τα αποτελέσματα της τρέχουσας μελέτης συνηγορούν, επίσης, υπέρ της άποψης αυτής. Επίσης, είναι πιθανό, κάποια άτομα να επιλέγουν να ασχοληθούν με μουσικές δραστηριότητες από μικρή ηλικία, ίσως λόγω της υπεροχής τους στην ακουστική επεξεργασία ή τις ικανότητες ακρόασης, ακόμη και πριν εμπλακούν σε συστηματική μουσική εκπαίδευση. Από την άλλη πλευρά, θα ήταν αμφίβολο εάν η επιλογή να ασχοληθεί κάποιος συστηματικά με τη μουσική, αποδίδεται κυρίως σε μια υφιστάμενο πλεονέκτημα που σχετίζεται με την οπτική τους αντίληψη. Ολοκληρώνοντας, διαφαίνεται ότι η μακροχρόνια μουσική εμπειρία είναι πιθανόν ένας βασικός ενισχυτικός παράγοντας της ικανότητας σύνδεσης του ακουστικού και οπτικού ερεθίσματος, ο οποίος τροφοδοτείται από την επαναλαμβανόμενη έκθεση στον συνδυασμό ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων κατά τη διάρκεια της μουσικής εξάσκησης.

Περιορισμοί και πιθανές προεκτάσεις έρευνας

Οι περιορισμοί που αναδεικνύονται από την παρούσα μελέτη εντοπίζονται κυρίως σε δύο βασικές κατηγορίες: α) στο πλήθος και σε συγκεκριμένα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, καθώς και β) στη μεθοδολογία που υιοθετήθηκε. Αναφορικά με το πλήθος των συμμετεχόντων, προκειμένου να περιορίσουμε το πείραμα στο πλαίσιο μιας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκαν συγκεκριμένα πληθυσμιακά δείγματα με περιορισμένο αριθμό συμμετεχόντων. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την εξαγωγή γενικευμένων συμπερασμάτων όσον αφορά την γενικότητα των απαντήσεων των δύο ομάδων, μουσικών και μη. Ωστόσο, αυτό το περιορισμένο δείγμα χρησιμοποιήθηκε ως ένα πιλοτικό βήμα για τη διερεύνηση του φαινομένου της ακουστικά προκλητής ψευδαίσθησης αναλαμπής και ειδικότερα των δύο τύπων του, το εφέ της “διαίρεσης” και το εφέ της “συγχώνευσης”.

Επιπλέον, όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, η πειραματική ομάδα των μη μουσικών περιλαμβάνει άτομα χωρίς συστηματική και μακροχρόνια μουσική εκπαίδευση, αλλά ορισμένοι από αυτούς είναι ενεργοί ακροατές μουσικής. Αυτό το γεγονός καθιστά αναγκαίο να εξετάσουμε την πιθανή επίδραση της συστηματικής ακρόασης της μουσικής στα αποτελέσματα της έρευνας, καθώς μπορεί να υπάρχει μια σχέση μεταξύ της συχνότητας ακρόασης της μουσικής και των αποτελεσμάτων. Συνεπώς, αν και τα ευρήματα αυτής της μελέτης παρέχουν σημαντικές ενδεικτικές πληροφορίες, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Σύμφωνα με τους περιορισμούς αυτούς μπορούν να προκύψουν και κάποιες προεκτάσεις της συγκεκριμένης έρευνας. Αρχικά θα μπορούσε η έρευνα αυτή να διεξαχθεί με μεγαλύτερο αριθμό ατόμων στην κάθε πειραματική ομάδα. Αυτό το δείγμα των ατόμων θα μπορούσε να εξεταστεί και σε περισσότερες συνθήκες όσον αφορά τη μουσική τους εκπαίδευση. Για παράδειγμα, στην ομάδα των μουσικών θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε τα άτομα ανάλογα με τα χρόνια μουσικής τους εκπαίδευσης ή εάν αυτή η εκπαίδευση ήταν καθαρά πάνω στην εκμάθηση ενός μουσικού οργάνου ή καθαρά θεωρητική. Έτσι, ίσως να μπορούσαν να διερευνηθούν κάποιες επιπρόσθετες υποθέσεις για την επίδραση του είδους της μουσικής εκπαίδευσης στην πολυαισθητηριακή αντίληψη. Αντίστοιχα στην ομάδα των ατόμων που δεν είχαν διδαχθεί μουσική στο παρελθόν θα μπορούσαμε να λάβουμε υπόψιν μας ως συνθήκη την γενικότερη τριβή τους με την μουσική και να διαχωριστούν σύμφωνα με το πόσες ώρες ακούν μουσική μέσα στην μέρα τους. Όμοια και για τις δύο ομάδες θα μπορούσε να υπάρχει και η συνθήκη της ηλικίας που είτε ξεκίνησε η μουσική τους εκπαίδευση είτε άρχισαν να έχουν κάποια τριβή με την μουσική γενικότερα.

Αυτό θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα και μια ακόμη προέκταση της συγκεκριμένης έρευνας η οποία να ήταν και η συνθήκη της ηλικίας γενικότερα, χωρίζοντας την κάθε μια από τις δύο ομάδες σε δύο κατηγορίες σύμφωνα με την ηλικία τους. Έχουν γίνει διάφορες μελέτες στο παρελθόν πάνω στην ακουστικά προκλητή ψευδαίσθηση αναλαμπής και στις διαφορές της ψευδαίσθησης “διαίρεσης” με αυτή της “συγχώνευσης” πάνω σε διάφορες ηλικιακές ομάδες. Ποτέ όμως δεν έχουν συνδυαστεί με την μουσική εκπαίδευση και αυτό θα ήταν ένα ενδιαφέρον μελλοντικό πεδίο για εξερεύνηση.

Ευχαριστίες

Θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου Γεώργιο Παπαδέλη, για την ευκαιρία που μου παρείχε να εκπονήσω αυτή τη διπλωματική εργασία. Ήταν μια εξαιρετικά χρήσιμη και δημιουργική εμπειρία για μένα, η οποία θα έχει μακρόχρονα οφέλη στον επαγγελματικό μου και προσωπικό μου βίο. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα για τη στήριξη, τις συμβουλές και την εμπειρογνωμοσύνη που μοιράστηκε μαζί μου κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας. Οι συζητήσεις μας και η καθοδήγησή του συνέβαλαν σημαντικά στη βελτίωση της εργασίας μου και στην καλύτερη κατανόηση του θέματός μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το πανεπιστημιακό προσωπικό για τη διαθεσιμότητά του και τη συνεισφορά του στη διπλωματική μου εργασία. Η υποστήριξή τους στη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν ανεκτίμητη. Τέλος, αφιερώνω ειδικές ευχαριστίες στην οικογένειά μου και τους φίλους μου, που με στήριξαν και με ενέπνευσαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Βιβλιογραφία

Adam, R., & Noppeney, U. (2014). A phonologically congruent sound boosts a visual target into perceptual awareness. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8, 70.
<https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00070>

Atteveldt, N., Formisano, E., Blomert, L., & Goebel, R. (2007). The Effect of Temporal Asynchrony on the Multisensory Integration of Letters and Speech Sounds. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 17, 962-974.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhl007>

Balz, J., Romero, Y., Keil, J., Krebber, M., Niedeggen, M., Gallinat, J., & Senkowski, D. (2016). Beta/Gamma Oscillations and Event-Related Potentials Indicate Aberrant Multisensory Processing in Schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, 7.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01896>

Bao, V., Doobay, V., Mottron, L., Collignon, O., & Bertone, A. (2017). Multisensory Integration of Low-level Information in Autism Spectrum Disorder: Measuring Susceptibility to the Flash-Beep Illusion. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3172-7>

Barnhart, W., Rivera, S., & Robinson, C. (2018). Different patterns of modality dominance across development. *Acta Psychologica*, 182.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.11.017>

Baumann, S., Meyer, M., & Jäncke, L. (2008). Enhancement of Auditory-evoked Potentials in Musicians Reflects an Influence of Expertise but not Selective Attention. *Journal of cognitive neuroscience*, 20, 2238-2249.
<https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20157>

Bhattacharya, J., Shams, L., & Shimojo, S. (2002). Sound-induced illusory flash perception: Role of gamma band responses. *Neuroreport*, 13, 1727-1730.
<https://doi.org/10.1097/00001756-200210070-00007>

Bidelman, G., & Krishnan, A. (2010). Effects of reverberation on brainstem representation of speech in musicians and non-musicians. *Brain Research*, 1355.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.07.100>

Bidelman, G., Hutka, S., & Moreno, S. (2013). Tone Language Speakers and Musicians Share Enhanced Perceptual and Cognitive Abilities for Musical Pitch: Evidence for Bidirectionality between the Domains of Language and Music. *PloS One*, 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060676>

Bidelman, G., Gandour, J., & Krishnan, A. (2009). Cross-domain Effects of Music and Language Experience on the Representation of Pitch in the Human Auditory Brainstem. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21362>

Bidelman, G., Schug, J., Jennings, S., & Bhagat, S. (2014). Psychophysical auditory filter estimates reveal sharper cochlear tuning in musicians. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136. <https://doi.org/10.1121/1.4885484>

Bidelman, G. (2016). Musicians have enhanced audiovisual multisensory binding: experience-dependent effects in the double-flash illusion. *Experimental Brain Research*, 234. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4705-6>

Bidelman, G., & Heath, S. (2018). Enhanced temporal binding of audiovisual information in the bilingual brain. *Bilingualism: Language and Cognition*, 22, 1-11. <https://doi.org/10.1017/S1366728918000408>

Bolognini, N., Convento, S., Casati, C., Mancini, F., Brighina, F., & Vallar, G. (2016). Multisensory integration in Hemianopia and Unilateral Spatial Neglect: Evidence from the Sound Induced Flash Illusion. *Neuropsychologia*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.05.015>

Brighina, F., Bolognini, N., Maccora, S., Indovino, S., Cosentino, G., Vallar, G., & Fierro, B. (2014). Cortical excitability in migraine: new evidence by sound-induced flash illusions and transcranial direct current stimulation of visual cortex. *Clinical Neurophysiology*, 125, S288. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(14\)50943-1](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(14)50943-1).

Brighina, F., Bolognini, N., Cosentino, G., Maccora, S., Paladino, P., Baschi, R., Vallar, G., & Fierro, B. (2015). Visual cortex hyperexcitability in migraine by sound-induced flash illusions. *Neurology*, 84. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000001584>.

Broadbent, H., Osborne, T., Rea, M., Peng, A., Mareschal, D., & Kirkham, N. (2017). Incidental Category Learning and Cognitive Load in a Multisensory Environment Across Childhood. *Developmental Psychology*, 54. <https://doi.org/10.1037/dev0000472>.

Chan, J., Kaiser, J., Brandl, M., Matura, S., Prvulovic, D., Hogan, M., & Naumer, M. (2014). Expanded Temporal Binding Windows in People with Mild Cognitive Impairment. *Current Alzheimer research*, 12, 61-68. <https://doi.org/10.2174/1567205012666141218124744>.

Chartrand, J.-P., & Belin, P. (2006). Superior voice timbre processing in musicians. *Neuroscience Letters*, 405. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.06.053>

- Chen, S., Bhattacharya, J., & Pershing, S. (2017). Association of Vision Loss With Cognition in Older Adults. *JAMA Ophthalmology*, 135. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.2838>.
- Choe, C., Welch, R., Gilford, R., & Juola, J. (1975). The “ventriloquist effect”: Visual dominance or response bias?. *Perception & Psychophysics*, 18, 55-60. <https://doi.org/10.3758/BF03199367>.
- Colavita, F., & Weisberg, D. (1979). A further investigation of visual dominance. *Perception & psychophysics*, 25, 345-347.
- Conrey, B., & Pisoni, D. (2006). Auditory-visual speech perception and synchrony detection for speech and nonspeech signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 4065-4073. <https://doi.org/10.1121/1.2195091>.
- Cooper, A., & Wang, Y. (2012). The influence of linguistic and musical experience on Cantonese word learning. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131. <https://doi.org/10.1121/1.4714355>
- Cosentino, G., Talamanca, S., Aprile, M., Maccora, S., Baschi, R., Pilati, L., Di Marco, S., Fierro, B., & Brighina, F. (2015). The sound-induced flash illusions reveal visual cortex hyperexcitability in cluster headache. *The Journal of Headache and Pain*, 16, A92. <https://doi.org/10.1186/1129-2377-16-S1-A92>.
- Crosse, M., Foxe, J., & Molholm, S. (2019). Developmental Recovery of Impaired Multisensory Processing in Autism and the Cost of Switching Sensory Modality. <https://doi.org/10.1101/565333>.
- Deloss, D., Pierce, R., & Andersen, G. (2013). Multisensory Integration, Aging, and the Sound-Induced Flash Illusion. *Psychology and Aging*, 28. <https://doi.org/10.1037/a0033289>
- Diederich, A., Colonius, H., & Schomburg, A. (2008). Assessing age-related multisensory enhancement with the time-window-of-integration model. *Neuropsychologia*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.026>
- Dixon, N., & Spitz, L. (1980). The Detection of Auditory Visual Desynchrony. *Perception*, 9, 719-721. <https://doi.org/10.1068/p090719>.
- Di Marco, S., Cosentino, G., Pilati, L., Baschi, R., Maccora, S., Aprile, M., Brighina, F., & Fierro, B. (2015). The visual cortical excitability in pediatric migraine as tested by sound-induced flash illusions. *The Journal of Headache and Pain*, 16, A75. <https://doi.org/10.1186/1129-2377-16-S1-A75>.
- Dunifon, C., Rivera, S., & Robinson, C. (2016). Auditory Stimuli Automatically Grab Attention: Evidence From Eye Tracking and Attentional Manipulations. *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance*. <https://doi.org/10.1037/xhp0000276>.

- Egeth, H., & Sager, L. (1977). On the locus of visual dominance. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 22, 77-86. <https://doi.org/10.3758/BF03206083>.
- Ferri, F., Venskus, A., Fotia, F., Cooke, J., & Romei, V. (2018). Higher proneness to multisensory illusions is driven by reduced temporal sensitivity in people with high schizotypal traits. *Consciousness and Cognition*, 65, 263-270. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.09.006>.
- Foss, A., Altschuler, E., & James, K. (2007). Neural correlates of the Pythagorean ratio rules. *Neuroreport*, 18. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282ef6b51>
- Foss-Feig, J., Kwakye, L., Cascio, C., Burnette, C., Kadivar, H., Stone, W., & Wallace, M. (2010). An extended multisensory temporal binding window in Autism Spectrum Disorders. *Experimental Brain Research*, 203, 381-389. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2240-4>.
- Fritz, J., Shamma, S., Elhilali, M., & Klein, D. (2003). Rapid task-related plasticity of spectrotemporal receptive fields in primary auditory cortex. *Nature Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.1038/nn1141>
- Gieseler, A., Tahden, M., Thiel, C., & Colonius, H. (2018). Does hearing aid use affect audiovisual integration in mild hearing impairment? *Experimental Brain Research*, 236. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5206-6>.
- Grahn, J., & Rowe, J. (2009). Feeling the Beat: Premotor and Striatal Interactions in Musicians and Nonmusicians during Beat Perception. *The Journal of Neuroscience*, 29. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2018-08.2009>
- Gregory, R. L. (2009). *Seeing Through Illusions*. Oxford University Press.
- Hannon, E., & Trainor, L. (2007). Music acquisition: Effects of enculturation and formal training on development. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 466-472. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.08.008>
- Hillock-Dunn, A., Powers, A., & Wallace, M. (2011). Binding of sights and sounds: Age-related changes in multisensory temporal processing. *Neuropsychologia*, 49, 461-467. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.11.041>
- Hirst, R., McGovern, D., Setti, A., Shams, L., & Newell, F. (2020). What you see is what you hear: Twenty years of research using the Sound-Induced Flash Illusion. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.09.006>
- Hirsh, I., & Fraisse, P. (1964). [SIMULTANEOUS CHARACTER AND SUCCESSION OF HETEROGENOUS STIMULI]. *L'Année Psychologique*, 64, 1-19.

Hutmacher, F. (2019). Why Is There So Much More Research on Vision Than on Any Other Sensory Modality? *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02246>

Imfeld, A., Oechslin, M., Meyer, M., Loenneker, T., & Jäncke, L. (2009). White matter plasticity in the corticospinal tract of musicians: A diffusion tensor imaging study. *NeuroImage*, 46, 600-607. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.02.025>

Innes-Brown, H., Barutchu, A., Shivdasani, M., Crewther, D., Grayden, D., & Paolini, A. (2011). Susceptibility to the flash-beep illusion is increased in children compared to adults. *Developmental Science*, 14, 1089-1099. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01059.x>

Kamitani, Y., Shimojo, S., & Shams, L. (2000). Illusions: What you see is what you hear. *Nature*, 408, 788-788. <https://doi.org/10.1038/35048669>

Kaposvári, P., Csete, G., Bognár, A., Csibri, P., Tóth, E., Nikoletta, S., Vecsei, L., Sary, G., & Kincses, Z. T. (2015). Audio-visual integration through the parallel visual pathways. *Brain Research*, 1624. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.06.036>

Kawakami, S., Uono, S., Otsuka, S., Shuo, Z., & Toichi, M. (2020). Everything has Its Time: Narrow Temporal Windows are Associated with High Levels of Autistic Traits Via Weaknesses in Multisensory Integration. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3762-z>

Keane, B., Rosenthal, O., Chun, N., & Shams, L. (2010). Audiovisual integration in high functioning adults with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4, 276-289. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2009.09.015>

Keane, J. (2020). Double Flash Illusions: Current Findings and Future Directions. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 298. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00298>

Keetels, M., & Vroomen, J. (2006). The role of spatial disparity and hemifields in audio-visual temporal order judgments. *Experimental Brain Research*, 167, 635-640. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-0067-1>

Kim, R., Seitz, A., & Shams, L. (2008). Benefits of Stimulus Congruency for Multisensory Facilitation of Visual Learning. *PloS One*, 3, e1532. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001532>

Koppen, C., Alsius, A., & Spence, C. (2008). Semantic congruency and the Colavita visual dominance effect. *Experimental Brain Research*, 184, 533-546. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1120-z>

Lee, H., & Noppeney, U. (2011). Long-term music training tunes how the brain temporally binds signals from multiple senses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, E1441-1450. <https://doi.org/10.1073/pnas.1115267108>

- Lee, H., & Noppeney, U. (2014). Music expertise shapes audiovisual temporal integration windows for speech, sinewave speech, and music. *Frontiers in Psychology*, 5, 868. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00868>
- Lewis, R., & Noppeney, U. (2010). Audiovisual Synchrony Improves Motion Discrimination via Enhanced Connectivity between Early Visual and Auditory Areas. *The Journal of Neuroscience*, 30, 12329-12339. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5745-09.2010>
- Lu, Y., Paraskevopoulos, E., Herholz, S., Kraneburg, A., & Pantev, C. (2014). Temporal Processing of Audiovisual Stimuli Is Enhanced in Musicians: Evidence from Magnetoencephalography (MEG). *PloS One*, 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090686>
- Maccora, S., Giglia, G., Bolognini, N., Cosentino, G., Gangitano, M., Salemi, G., & Brighina, F. (2019). Cathodal Occipital tDCS Is Unable to Modulate the Sound-Induced Flash Illusion in Migraine. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00247>
- Masaki, H., Tanaka, H., Takasawa, N., & Yamazaki, K. (2001). Error-related brain potentials elicited by vocal errors. *Neuroreport*, 12, 1851-1855. <https://doi.org/10.1097/00001756-200107030-00018>
- McGovern, D., Roudaia, E., Stapleton, J., McGinnity, T. M., & Newell, F. (2014). The sound-induced flash illusion reveals dissociable age-related effects in multisensory integration. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 250. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00250>
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing Lips and Seeing Voices. *Nature*, 264, 746-748. <https://doi.org/10.1038/264746a0>
- Meredith, M. A., & Stein, B. (1986). Spatial factors determine the activity of multisensory neurons in cat superior colliculus. *Brain Research*, 365, 350-354. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(86\)91648-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(86)91648-3)
- Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1986). Visual, auditory, and somatosensory convergence on cells in the superior colliculus results in multisensory integration. *Journal of Neurophysiology*, 56, 640-662. <https://doi.org/10.1152/jn.1986.56.3.640>
- Merriman, N., Whyatt, C., Setti, A., Craig, C., & Newell, F. (2015). Successful balance training is associated with improved multisensory function in fall-prone older adults. *Computers in Human Behavior*, 45, 192-203. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.017>
- Miller, L., & D'Esposito, M. (2005). Perceptual Fusion and Stimulus Coincidence in the Cross-Modal Integration of Speech. *The Journal of Neuroscience*, 25, 5884-5893. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0896-05.2005>

- Mishra, J., Martinez, A., Sejnowski, T., & Hillyard, S. (2007). Early Cross-Modal Interactions in Auditory and Visual Cortex Underlie a Sound-Induced Visual Illusion. *The Journal of Neuroscience*, 27, 4120-4131. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4912-06.2007>
- Mishra, J., Martinez, A., & Hillyard, S. (2008). Cortical Processes Underlying Sound-Induced Flash Fusion. *Brain Research*, 1242, 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.05.023>
- Mishra, J., & Gazzaley, A. (2012). Attention Distributed across Sensory Modalities Enhances Perceptual Performance. *The Journal of Neuroscience*, 32. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0867-12.2012>
- Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., & Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104, 15894-15898. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701498104>
- Münte, T. (2002). Brains out of tune. *Nature*, 415, 589-590. <https://doi.org/10.1038/415589a>
- Myers, E., & Tummeltshammer, K. (2012). Effects of Category Learning on Neural Sensitivity to Non-Native Phonetic Categories. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00243
- Narinesingh, C., Goltz, H., & Wong, A. (2017). Temporal Binding Window of the Sound- Induced Flash Illusion in Amblyopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 58, 1442. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-21258>
- Nava, E., & Pavani, F. (2013). Changes in Sensory Dominance During Childhood: Converging Evidence From the Colavita Effect and the Sound-Induced Flash Illusion. *Child Development*, 84, 604-616. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01856.x>
- Noesselt, T., Bergmann, D., Hake, M., Heinze, H.-J., & Fendrich, R. (2008). Sound increases the saliency of visual events. *Brain Research*, 1220, 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.12.060>
- Noesselt, T., Rieger, J., Schoenfeld, M., Kanowski, M., Hinrichs, H., Heinze, H.-J., & Driver, J. (2007). Audiovisual Temporal Correspondence Modulates Human Multisensory Superior Temporal Sulcus Plus Primary Sensory Cortices. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 27, 11431-11441. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2252-07.2007>
- Novembre, G., & Keller, P. (2014). A Conceptual Review on Action-Perception Coupling in the Musicians' Brain: What Is It Good for? *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 603. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00603>

Odegaard, B., & Shams, L. (2017). The Relationship Between Audiovisual Binding Tendencies and Prodromal Features of Schizophrenia in the General Population. *Clinical Psychological Science*, 5. <https://doi.org/10.1177/2167702617704014>

O'Brien, J., Ottoboni, G., Tessari, A., & Setti, A. (2017). One bout of open skill exercise improves cross-modal perception and immediate memory in healthy older adults who habitually exercise. *PLOS ONE*, 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178739>

O'Brien, J., Ottoboni, G., Tessari, A., & Setti, A. (2020). Multisensory perception, verbal, visuo-spatial, and motor working memory modulation after a single open- or closed- skill exercise session in children. <https://doi.org/10.1101/2020.01.29.924563>

O'Hare, L. (2017). Multisensory Integration in Migraine: Recent Developments. *Multisensory Research*, 30. <https://doi.org/10.1163/22134808-00002570>

Paraskevopoulos, E., Kraneburg, A., Herholz, S., & Pantev, C. (2012). Evidence for Training-Induced Plasticity in Multisensory Brain Structures: An MEG Study. *PLOS ONE*, 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036534>

Parker, J., & Robinson, C. (2018). Changes in Multisensory Integration Across the Lifespan. *Psychology and Aging*, 33. <https://doi.org/10.1037/pag0000244>

Posner, M., Nissen, M., & Klein, R. (1976). Visual dominance: An information-processing account of its origins and significance. *Psychological Review*, 83. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.83.2.157>

Postmes, L., Sno, H., Goedhart, S., Stel, J., Heering, H., & de Haan, L. (2013). Schizophrenia as a self-disorder due to perceptual incoherence. *Schizophrenia Research*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2013.07.027>

Powers, A., Hillock-Dunn, A., & Wallace, M. (2009). Perceptual Training Narrows the Temporal Window of Multisensory Binding. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 29. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3501-09.2009>

Pöppel, E., Schill, K., & von Steinbüchel, N. (1990). Sensory integration within temporally neutral system states: A hypothesis. *Die Naturwissenschaften*, 77. <https://doi.org/10.1007/BF01131783>

Rammsayer, T., Buttkus, F., & Altenmüller, E. (2012). Musicians Do Better than Nonmusicians in Both Auditory and Visual Timing Tasks. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 30. <https://doi.org/10.1525/mp.2012.30.1.85>

Roach, N., Heron, J., Whitaker, D., & McGraw, P. (2010). Asynchrony adaptation reveals neural population code for audio-visual timing. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 278. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1737>

- Robinson, C., Moore Jr, R., & Crook, T. (2018). Bimodal Presentation Speeds up Auditory Processing and Slows Down Visual Processing. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02454>
- Robinson, C., & Sloutsky, V. (2004). Auditory Dominance and Its Change in the Course of Development. *Child Development*, 75. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00747.x>
- Robinson, C., & Sloutsky, V. (2019). Two mechanisms underlying auditory dominance: Overshadowing and response competition. *Journal of Experimental Child Psychology*. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.10.001>
- Rogers, B. (2017). Where Have All the Illusions Gone?: A Critique of the Concept of Illusion. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199794607.003.0010>
- Rogers, B. (2022). When is an illusion not an illusion? An alternative view of the illusion concept. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.957740>
- Saghazadeh, A., Khaksar, R., & Rezaei, N. (2019). Stem Cells Have More Than Five Senses. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10620-1_26
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., & Steinmetz, H. (1995). In Vivo Evidence of Structural Brain Asymmetry in Musicians. *Science (New York, N.Y.)*, 267. <https://doi.org/10.1126/science.7839149>
- Schneider, P., Sluming, V., Roberts, N., Scherg, M., Goebel, R., Specht, H., Dosch, H., Bleeck, S., Stippich, C., & Rupp, A. (2005). Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. *Nature Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.1038/nn1530>
- Seitz, A., Náñez, J., Holloway, S., & Watanabe, T. (2006). Perceptual Learning of Motion Leads to Faster Flicker Perception. *PLoS ONE*, 1. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000028>
- Setti, A., Burke, K., Kenny, R., & Newell, F. (2011). Is inefficient multisensory processing associated with falls in older people? *Experimental Brain Research*, 209. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2560-z>
- Setti, A., Stapleton, J., Leahy, D., Walsh, C., Kenny, R., & Newell, F. (2014). Improving the efficiency of multisensory integration in older adults: Audio-Visual temporal discrimination training reduces susceptibility to the sound-induced flash illusion. *Neuropsychologia*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.027>
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2000). What you see is what you hear. *Nature*.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 14. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00069-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00069-1)

- Shams, L., Ma, W., & Beierholm, U. (2005). Sound-induced flash illusion as an optimal percept. *Neuroreport*, 16.
<https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000187634.68504.bb>
- Sinnett, S., Soto-Faraco, S., & Spence, C. (2008). The co-occurrence of multisensory competition and facilitation. *Acta Psychologica*, 128.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.12.002>
- Sinnett, S., Spence, C., & Soto-Faraco, S. (2007). Visual dominance and attention: The Colavita effect revisited. *Perception & Psychophysics*, 69.
<https://doi.org/10.3758/BF03193770>
- Sloutsky, V., & Napolitano, A. (2003). Is a Picture Worth a Thousand Words? Preference for Auditory Modality in Young Children. *Child Development*, 74.
<https://doi.org/10.1111/1467-8624.00570>
- Sloutsky, V., & Robinson, C. (2008). The Role of Words and Sounds in Infants' Visual Processing: From Overshadowing to Attentional Tuning. *Cognitive Science*, 32. <https://doi.org/10.1080/03640210701863495>
- Spence, C. (2018). Multisensory Perception.
<https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn214>
- Spence, C., Baddeley, R., Zampini, M., James, R., & Shore, D. (2003). Multisensory temporal order judgments: When two locations are better than one. *Perception & Psychophysics*, 65. <https://doi.org/10.3758/BF03194803>
- Spence, C., & Squire, S. (2003). Multisensory Integration: Maintaining the Perception of Synchrony. *Current Biology: CB*, 13. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(03\)00445-7](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00445-7)
- Stapleton, J., Setti, A., Doheny, E., Kenny, R., & Newell, F. (2013). A standing posture is associated with increased susceptibility to the sound-induced flash illusion in fall-prone older adults. *Experimental Brain Research*, 232.
<https://doi.org/10.1007/s00221-013-3750-7>
- Stein, B., Meredith, M. A., & Wallace, M. (1993). The visually responsive neuron and beyond: Multisensory integration in cat and monkey. *Progress in Brain Research*, 95.
[https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)60359-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)60359-3)
- Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews. Neuroscience*, 9.
<https://doi.org/10.1038/nrn2331>
- Stevenson, R. A., Altieri, N. A., Kim, S., Pisoni, D. B., & James, T. W. (2010). Neural processing of asynchronous audiovisual speech perception. *NeuroImage*, 49.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.001>

- Stevenson, R. A., Vanderklok, R. M., Pisoni, D. B., & James, T. W. (2010). Discrete neural substrates underlie complementary audiovisual speech integration processes. *NeuroImage*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.12.063>
- Stevenson, R. A., Zemtsov, R. K., & Wallace, M. T. (2012). Individual differences in the multisensory temporal binding window predict susceptibility to audiovisual illusions. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 38. <https://doi.org/10.1037/a0027339>
- Stevenson, R., Vinyard, M., Powers, A., & Wallace, M. (2013). The effects of visual training on multisensory temporal processing. *Experimental Brain Research*, 225(4). <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3387-y>
- Stevenson, R. A., Siemann, J. K., Woynarowski, T. G., Schneider, B. C., Eberly, H. E., Camarata, S. M., & Wallace, M. T. (2014). Evidence for diminished multisensory integration in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2179-6>
- van der Smagt, M., Engeland, H., & Kemner, C. (2007). Can You See What is Not There? Low-level Auditory–visual Integration in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0346-0>
- Van Wassenhove, V., Grant, K., & Poeppel, D. (2007). Temporal window of integration in auditory–visual speech perception. *Neuropsychologia*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.001>
- Vanes, L., White, T., Wigton, R., Joyce, D., Collier, T., & Shergill, S. (2016). Reduced susceptibility to the sound-induced flash fusion illusion in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.08.016>
- Vatakis, A., & Spence, C. (2006). Audiovisual synchrony perception for music, speech, and object actions. *Brain Research*, 1111. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.05.078>
- Vroomen, J., & Keetels, M. (2010). Perception of intersensory synchrony: A tutorial review. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72. <https://doi.org/10.3758/APP.72.4.871>
- Wallace, M., & Stevenson, R. (2014). The Construct of the Multisensory Temporal Binding Window and its Dysregulation in Developmental Disabilities. *Neuropsychologia*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.08.005>
- Wang, A., Sang, H., He, J., Sava-Segal, C., Tang, X., & Zhang, M. (2019). Effects of Cognitive Expectation on Sound-Induced Flash Illusion. *Perception*, 48. <https://doi.org/10.1177/0301006619885796>
- Yalachkov, Y., Bergmann, H., Soydaş, D., Buschenlange, C., Motlagh, L., Naumer, M., ... Gehrig, J. (2019). Cognitive Impairment in Multiple Sclerosis Is Reflected by

Increased Susceptibility to the Sound-Induced Flash Illusion. *Frontiers in Neurology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00373>

Zampini, M., Guest, S., Shore, D., & Spence, C. (2005). Audio-visual simultaneity judgments. *Perception & Psychophysics*, 67. <https://doi.org/10.3758/BF03193329>

Zampini, M., Shore, D., & Spence, C. (2003). Audiovisual temporal order judgments. *Experimental Brain Research*, 152. <https://doi.org/10.1007/s00221-003-1536-z>

Zatorre, R., Chen, J., & Penhune, V. (2007). When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.1038/nrn2152>