



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

Ανάλυση-αξιολόγηση εγκεφαλογραφημάτων ειδικών κατηγοριών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
του
Κωνσταντίνου Μπαμπίλη

Επιβλέπων: Χρήστος Καψάλης – Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2021



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

Ανάλυση-αξιολόγηση εγκεφαλογραφημάτων ειδικών κατηγοριών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
Κωνσταντίνου Μπαμπίλη

Επιβλέπων: Χρήστος Καψάλης – Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις 8 Ιουλίου 2021.

.....
Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Παναγιώτης Κωττής
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Γεώργιος Φικιώρης
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2021

Copyright © Κωνσταντίνος Μπαμπίλης, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

Περίληψη

Η σωματική δυσμορφική διαταραχή ή δυσμορφοφοβία ή BDD (Body Dysmorphic Disorder), είναι μια σοβαρή και συχνή ψυχιατρική διαταραχή, η οποία πρόσφατα ταξινομήθηκε στις ψυχαναγκαστικές και συναφείς διαταραχές. Το BDD χαρακτηρίζεται από υπερβολική ανησυχία, που αφορά φανταστικά ή αληθινά ελαττώματα στην εμφάνιση του ασθενή (DSM-5). Ακόμα κι αν τα ελαττώματα είναι αληθινά, συχνά δεν είναι εμφανή στους άλλους. Οι οπτικές ψευδαισθήσεις είναι υποκειμενικές παραμορφώσεις οπτικών χαρακτηριστικών που προκαλούνται σε ένα οπτικό πλαίσιο, λόγω διαφόρων παραγόντων.

Πραγματοποιήσαμε μια μελέτη (στο Αιγινήτειο Νοσοκομείο, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Ψυχιατρικής κ. Χαράλαμπου Παπαγεωργίου) σε 36 άτομα-εθελοντές (18 υγιείς και 18 ασθενείς με BDD), με την οποία διερευνήσαμε τη συμπεριφορική απόδοση και τους χρονοσυχνοτικούς συσχετισμούς ασθενών με BDD κατά τη λήψη αποφάσεων, σχετικά με κρίσεις οπτικών ψευδαισθήσεων. Με τη βοήθεια ηλεκτροεγκεφαλογράφου, αναλύσαμε τα σήματα που προέκυψαν από κάθε ένα από τα ηλεκτρόδια, που τοποθετήθηκαν στο κεφάλι των εθελοντών. Συγκρίναμε τις διαφορές ανάμεσα στους υγιείς και στους ασθενείς με δυσμορφοφοβία και σχολιάσαμε το αποτέλεσμα.

Λέξεις-Κλειδιά: Δυσμορφοφοβία, Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Οπτικές Ψευδαισθήσεις, Προκλητά Δυναμικά

Abstract

Body Dysmorphic Disorder (BDD) is a serious and common psychiatric disorder that has recently been classified as obsessive-compulsive disorder. BDD is characterized by excessive anxiety, involving imaginary or true defects in the patient's appearance (DSM-5). Even if the defects are true, they are often not obvious to others. Optical illusions are subjective distortions of optical features caused in a visual context due to various factors.

We conducted a study (at the Eginition Hospital, under the supervision of Professor of Psychiatry Mr. Charalambos Papageorgiou) on 36 volunteers (18 healthy and 18 patients with BDD), with which we investigated the behavioral performance and time-frequency correlations of BDD patients, during decision-making on optical illusions. Using an electroencephalogram, we analyzed the signals generated by each of the electrodes, that were placed on the head of the volunteers. We compared the differences between healthy and BDD patients and commented on the result.

Keywords: Body Dysmorphic Disorder, Electroencephalogram (EEG), Optical Illusions, Event Related Potentials (ERP)

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Χρήστο Καψάλη, που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία. Θα ήθελα, ακόμα, να ευχαριστήσω το Εργαστήριο Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών του ΕΜΠ και ειδικά τον υποψήφιο διδάκτορα Αναστάσιο Γιαννόπουλο, για την πολύτιμη βοήθειά του.

Τέλος, οφείλω και ένα μεγάλο “ευχαριστώ” στην οικογένεια μου, που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και στους καλούς φίλους και συμφοιτητές μου, με τους οποίους έζησα πολύ όμορφες στιγμές, κατά τη διάρκεια της φοιτητικής μου θητείας.

Κωνσταντίνος Μπαμπίλης

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	10
1.1 Το νευρικό σύστημα.....	10
1.2 Ανθρώπινος εγκέφαλος	13
1.3 Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα	17
1.4 Οπτικές Ψευδαισθήσεις	20
Κεφάλαιο 2 – Προκλητά Δυναμικά	23
2.1 Γενικά	23
2.2 P300.....	24
2.3 N100-P200-N200	27
2.4 N400-P600	29
Κεφάλαιο 3 – Χρονοσυχνοτική Ανάλυση	31
3.1 Γενικά	31
3.2 Βραχυπρόθεσμος μετασχηματισμός Fourier (STFT).....	32
3.3 Συνεχής μεταμόρφωση Wavelet	32
3.4 Παραδοσιακή αποσύνθεση συχνότητας ισχύος EEG.....	34
3.5 Σύγχρονη χρονοσυχνοτική αποσύνθεση ισχύος EEG.....	34
3.6 Δυσμορφοφοβία (BDD) και EEG.....	35
Κεφάλαιο 4 – Πειραματικό Μέρος	37
4.1 Περιγραφή Πειράματος	37
4.2 Διαδικασία	41
4.3 Αποτελέσματα.....	43
Κεφάλαιο 5 - Σχολιασμός.....	46
Βιβλιογραφία-Πηγές	48

Ευρετήριο Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΤΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	11
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΤΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 3: Ο ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ.....	14
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΛΟΒΟΙ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑ.....	18
ΕΙΚΟΝΑ 6: ROGGENDORFF ILLUSION.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΚΑΝΙΖΣΑ'S TRIANGLE.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΤΟ Ρ300.....	26
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΤΑ Ν100-Ρ200-Ν200.....	28
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΑ Ν400-Ρ600.....	30
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΔΥΣΜΟΡΦΟΦΟΒΙΑ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 13: ELECTRODECAP.....	40
ΕΙΚΟΝΑ 14: FIGURE.....	43

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1 Το νευρικό σύστημα

Το νευρικό σύστημα έχει ως βασική αποστολή την ανίχνευση των μεταβολών στο εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον και τη μεσολάβηση για την πραγματοποίηση της κατάλληλης ανταπόκρισης από τους μυς, τα όργανα και τους αδένες. Το νευρικό σύστημα μέσω εξειδικευμένων κυττάρων, παραλαμβάνει τα αισθητικά ερεθίσματα από το εξωτερικό περιβάλλον και το εσωτερικό του σώματος, τα μετατρέπει σε πληροφορία και δίνει την εντολή στα εκτελεστικά όργανα [1][2]. Γενικότερα, ρυθμίζει τη λειτουργία των οργάνων, την ισόρροπη και αρμονική συνεργασία τους με το περιβάλλον (συμβάλλει στην “ομοιοστασία”). Επίσης, το νευρικό σύστημα έχει την ικανότητα να αντιδρά στο περιβάλλον και επιτρέπει την επικοινωνία με τον εξωτερικό κόσμο. Είναι υπεύθυνο και για την ψυχική λειτουργία. Το νευρικό σύστημα στον άνθρωπο διαιρείται ανατομικά, δομικά και λειτουργικά σε δύο τμήματα:

- το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ). Αποτελείται από τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό. Πρόκειται για τα κύρια κέντρα, στα οποία επιτελείται η συσχέτιση και ολοκλήρωση των νευρικών πληροφοριών. Περιβάλλονται από το εγκεφαλονωτιαίο υγρό και προστατεύονται από τα σκληρά πλατιά οστά του κρανίου και τη σπονδυλική στήλη.
- το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ). Αποτελείται από τα εγκεφαλικά και τα νωτιαία νεύρα και τα νευρικά γάγγλια. Τα εγκεφαλικά και τα νωτιαία νεύρα του ΠΝΣ εξαπλώνονται παντού, μεταφέροντας πληροφορίες προς και από το ΚΝΣ. Οι δέσμες των νευρικών ινών προστατεύονται μόνο από τα ινώδη έλυτρα που τις περιβάλλουν και για αυτό είναι σχετικά ευάλωτες.

Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα συνδέει το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα με αισθητικούς υποδοχείς αλλά και με τα εκτελεστικά όργανα.



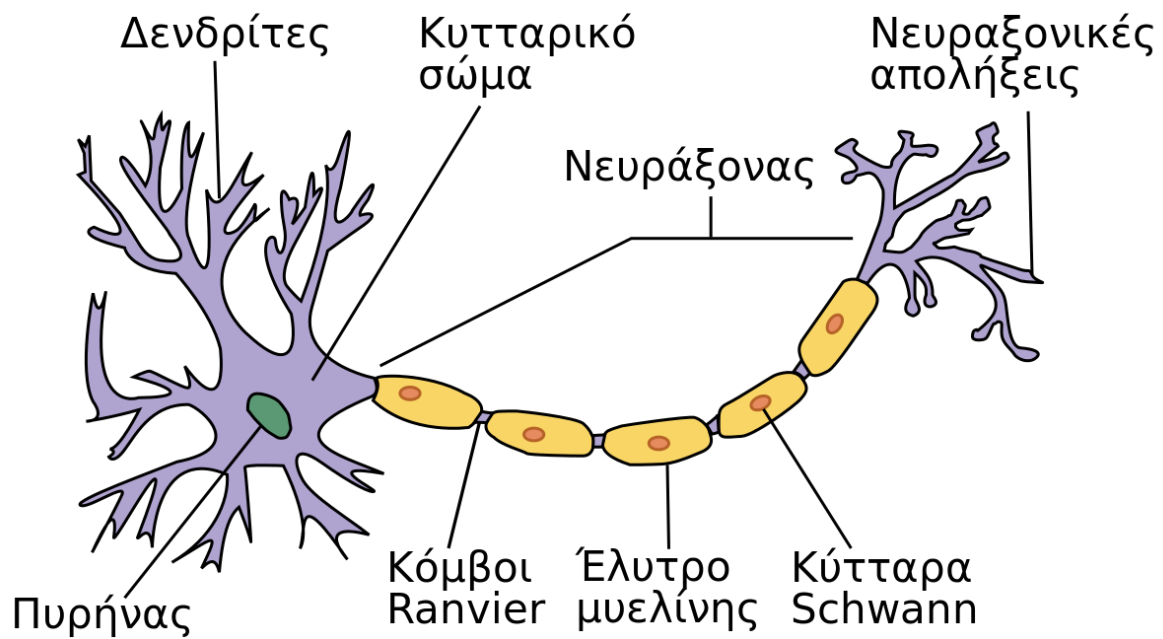
Εικόνα 1: Το Νευρικό Σύστημα

Το νευρικό σύστημα απαρτίζεται από δύο τύπους κυττάρων, τα οποία διαφέρουν σε δομή και οργάνωση και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Αυτοί είναι τα νευρικά κύτταρα (νευρώνες) και τα κύτταρα της νευρογλοίας (νευρογλοιακά κύτταρα).

Το νευρικό κύτταρο (νευρώνας) αποτελεί τη στοιχειώδη μονάδα επεξεργασίας και μετάδοσης πληροφοριών του νευρικού συστήματος. Κάθε νευρώνας αποτελείται από:

- το κυτταρικό σώμα,
- τους δενδρίτες (πολυάριθμες δομές που υποδέχονται τα εξωκυττάρια ερεθίσματα και τα μεταφέρουν στο κυτταρικό σώμα) και
- το νευράξονα (μεταφέρει τις νευρικές ώσεις από το σώμα προς το κύτταρο στόχο).

Κάθε μορφολογικός σχηματισμός του νευρώνα, λοιπόν, έχει διακριτούς λειτουργικούς ρόλους στη μεταγωγή και την επεξεργασία πληροφορίας. Απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος είναι η επικοινωνία μεταξύ των νευρικών κυττάρων. Αυτή επιτυγχάνεται μέσω εξειδικευμένων μεμβρανικών δομών, τις συνάψεις. Σε όλες τις συνάψεις, το νευρικό κύτταρο που μεταφέρει την πληροφορία καλείται “προσυναπτικός νευρώνας” και το κύτταρο που την προσλαμβάνει “μετασυναπτικός νευρώνας”. Οι συνάψεις διακρίνονται σε ηλεκτρικές και χημικές, ανάλογα με το μηχανισμό μεταβίβασης του ερεθίσματος.



Εικόνα 2: Το νευρικό κύτταρο

Το νευρογλοιακό κύτταρο, αντίθετα με το νευρώνα, δεν διαθέτει την ικανότητα παραγωγής δυναμικών ενεργείας, μεταβίβασης σημάτων και σχηματισμού χημικών συνάψεων. Παρ'όλα αυτά, τα νευρογλοιακά κύτταρα επικοινωνούν μεταξύ τους (και με τους νευρώνες) μέσω εξειδικευμένων δομών διακυτταρικής επικοινωνίας, τους χασματοσυνδέσμους. Τα κύτταρα της νευρογλοίας ταξινομούνται περαιτέρω σε δύο μείζονες ομάδες: τη μακρογλοία και τη μικρογλοία. Στη μακρογλοία ανήκουν τα αστροκύτταρα (περικλείουν τις χημικές συνάψεις και συμβάλλουν στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό), τα ολιγοδενδροκύτταρα (μετέχουν στο σχηματισμό της μυελίνης γύρω από τους νευράξονες, αυξάνοντας την ταχύτητα αγωγής της νευρικής ώσης) και τα επενδυματικά κύτταρα. Τα αστροκύτταρα είναι τα πολυπληθέστερα νευρογλοιακά κύτταρα στον εγκέφαλο. Τα μικρογλοιακά κύτταρα έχουν φαγοκυτταρικές ιδιότητες και συμβάλλουν στην άμυνα του οργανισμού σε περίπτωση βλάβης του νευρικού συστήματος.

1.2 Ανθρώπινος εγκέφαλος

Ο εγκέφαλος είναι το κυριότερο και πολυπλοκότερο τμήμα του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος. Βρίσκεται εντός της κρανιακής κοιλότητας και περιβάλλεται από τρεις προστατευτικούς υμένες που ονομάζονται μήνιγγες [1][4]. Αποτελείται από νευρικά κύτταρα τα οποία δέχονται, επεξεργάζονται και μεταβιβάζουν ερεθίσματα. Σύμφωνα με την εμβρυϊκή διάπλασή του, ο εγκέφαλος διαιρείται σε:

- Τελικό εγκέφαλο (με τα εγκεφαλικά ημισφαίρια),
- Διάμεσο εγκέφαλο (με τον θάλαμο και τον υποθάλαμο),
- Μέσο εγκέφαλο,
- Οπίσθιο εγκέφαλο (με την γέφυρα και την παρεγκεφαλίδα) και
- Έσχατο εγκέφαλο (με τον προμήκη μυελό).

Ο Έσχατος, ο Οπίσθιος και ο Μέσος εγκέφαλος αποτελούν το εγκεφαλικό Στέλεχος, ενώ ο Διάμεσος και ο Τελικός εγκέφαλος, αποτελούν τον Πρόσθιο εγκέφαλο.



Εικόνα 3: Ο Εγκέφαλος

Κάθε ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται από δύο ημισφαίρια, τα οποία συντονίζουν το ανώτατο επίπεδο της νευρικής λειτουργίας. Το πρόσθιο ήμισυ ασχολείται με τις εκτελεστικές λειτουργίες και το οπίσθιο διαμορφώνει μια αντίληψη του περιβάλλοντος. Την επιφάνεια των εγκεφαλικών ημισφαιρίων αποτελεί ένας μανδύας φαιάς ουσίας, ο φλοιός, που αποτελείται από τα σώματα των νευρώνων. Ο φλοιός του εγκεφάλου είναι ιστολογικά οργανωμένος σε κυτταρικές στιβάδες. Ο αριθμός των στιβάδων και η οργάνωσή τους διαφέρει κατά περιοχές. Ο φλοιός διαθέτει λειτουργικές ζώνες, δηλαδή περιοχές με παρόμοια οργάνωση, που έχουν συγκεκριμένη λειτουργία και συνδέσεις μεταξύ τους [2].

- Οι πρωτοταγείς περιοχές έρχονται σε άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (οπτικές, ακουστικές, σωματοαισθητικές και κινητικές περιοχές)
- Οι δευτεροταγείς συνειρμικές περιοχές περιβάλλουν τις πρωτοταγείς και καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας του ανθρώπινου φλοιού. Στις δευτεροταγείς «μονότροπες» περιοχές γίνεται επεξεργασία των ερεθισμάτων από μία μόνο αίσθηση, ενώ στις υψηλότερης τάξης δευτεροταγείς «πολύτροπες» περιοχές διαπλέκονται πληροφορίες από πολλές αισθήσεις και την κίνηση και γίνεται περαιτέρω επεξεργασία των αισθητηριακών πληροφοριών και η σύνδεσή τους με τον κινητικό σχεδιασμό

- Η «παραμεταιχμιακή» ζώνη περιλαμβάνει τις περιοχές που ασχολούνται με τη μνήμη και τη μάθηση, τη συγκίνηση και τη σύνδεση των εσωτερικών «βιολογικών» καταστάσεων, καθώς και με την αντίληψη του πόνου, της οσμής και της γεύσης
- Η «μεταιχμιακή» ζώνη έρχεται σε επαφή με το εσωτερικό μας περιβάλλον. Έχει εκτεταμένες αλληλοσυνδέσεις με τον υποθάλαμο, ο οποίος ελέγχει την ομοιόσταση, καθώς και τα αισθήματα που συνδέονται με αυτήν (πείνα, φόβος, δίψα, γενετήσια ορμή). Ταυτόχρονα, οι μεταιχμιακές δομές σχετίζονται με τη μνήμη, τη συγκίνηση, την κινητοποίηση και τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος, δραστηριότητες απαραίτητες για την επιβίωση του ατόμου και τη διαίωνιση του είδους.

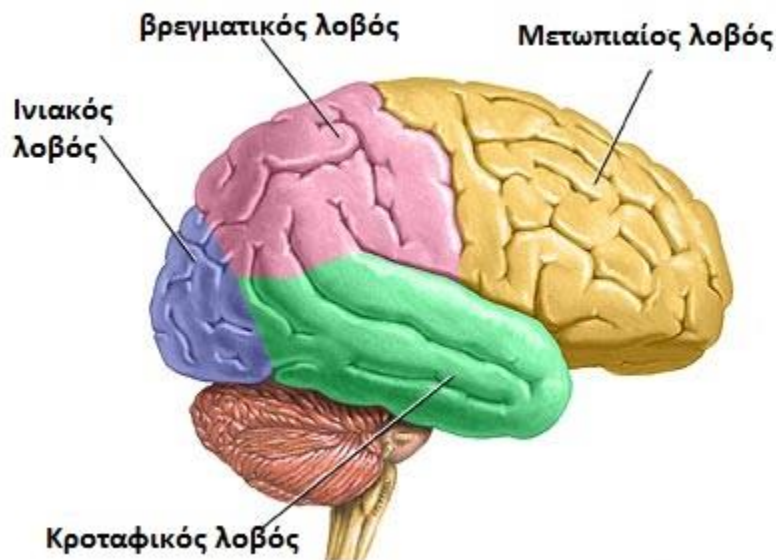
Κάθε εγκεφαλικό ημισφαίριο έχει τέσσερις λειτουργικούς εξειδικευμένους λοβούς:

Οι μετωπιαίοι λοβοί είναι υπεύθυνοι για τις εκτελεστικές λειτουργίες, την κινητικότητα, τη συμπεριφορά και τον προγραμματισμό. Επιπροσθέτως του πρωτοταγούς και του συμπληρωματικού κινητικού φλοιού, υπάρχουν και εξειδικευμένες περιοχές για τον έλεγχο των οφθαλμικών κινήσεων, της ομιλίας και της ούρησης.

Οι βρεγματικοί λοβοί ολοκληρώνουν την αισθητική αντίληψη. Ο πρωτοταγής αισθητικός φλοιός βρίσκεται στην οπίσθια κεντρική έλικα. Μεγάλο μέρος του υπόλοιπου βρεγματικού λοβού αποτελείται από τον “συνειρμικό” φλοιό, που επεξεργάζεται και ερμηνεύει τα ερεθίσματα που έρχονται από διάφορα αισθητικά συστήματα. Η υπερχειλία και η γωνιώδης έλικα του επικρατούντος βρεγματικού λοβού αποτελούν μέρος της περιοχής του λόγου. Κοντά τους υπάρχουν περιοχές που ασχολούνται με τις αριθμητικές λειτουργίες. Ο μη επικρατών βρεγματικός λοβός ασχολείται με την αντίληψη του χώρου και τον προσανατολισμό.

Οι κροταφικοί λοβοί περιέχουν τον πρωτοταγή ακουστικό φλοιό και τον πρωτοταγή αιθουσαίο φλοιό. Στην εσωτερική επιφάνειά τους βρίσκεται ο οσφρητικός φλοιός και ο παραϊπποκάμπειος φλοιός που συμμετέχει στη λειτουργία της μνήμης. Οι κροταφικοί λοβοί περιέχουν επίσης μεγάλο μέρος του μεταιχμιακού συστήματος, όπως ο υπόκαμπος και ο αμυγδαλοειδής πυρήνας, που εμπλέκονται στην επεξεργασία της μνήμης και των συναισθημάτων. Ο επικρατών κροταφικός λοβός συμμετέχει επίσης στις λειτουργίες του λόγου, ιδίως στην κατανόηση.

Οι ινιακοί λοβοί είναι υπεύθυνοι για την επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών. Το ετερόπλευρο οπτικό ημιπεδίο αντιπροσωπεύεται σε καθένα πρωτοταγή οπτικό φλοιό, ενώ οι γύρω περιοχές επεξεργάζονται ειδικά οπτικά συστατικά, όπως το χρώμα, την κίνηση και το βάθος, καθώς και την ανάλυση πιο σύνθετων οπτικών προτύπων, όπως τα πρόσωπα.



Εικόνα 4: Λοβοί του εγκεφάλου

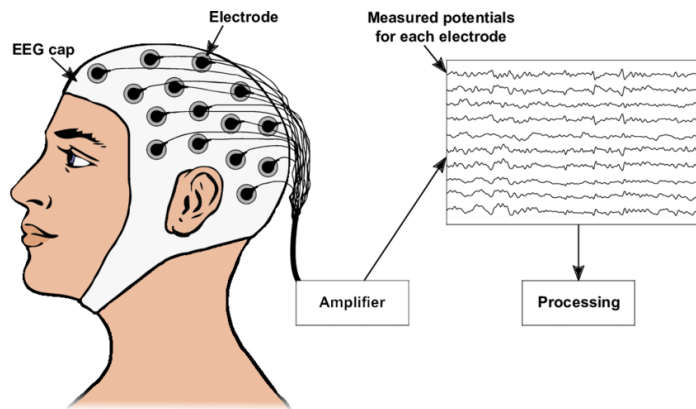
Παρ'όλη την εντυπωσιακή ανατομική συμμετρία των δύο ημισφαιρίων, υπάρχει σημαντική ασυμμετρία λειτουργιών. Στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα ανακαλύφθηκε ότι βλάβες στις αριστερές συνειρμικές περιοχές, οδηγούν σε διαταραχές του λόγου. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη συνήθη κινητική προτίμηση (δεξιοχειρία), οδήγησε στην κοινή πεποίθηση περί «επικρατούντος» αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο ασχολείται με το (συνήθως) προτιμώμενο δεξιό χέρι και είναι ταυτόχρονα το επικρατούν για το λόγο ημισφαίριο. Πράγματι, λοιπόν, το αριστερό ημισφαίριο είναι επικρατούν για το λόγο, σε όλους σχεδόν τους δεξιόχειρες και σε ένα 70% των αριστόχειρων (περίπου το 10% του πληθυσμού). Άλλες ωστόσο λειτουργίες, όπως ο χειρισμός και η αντίληψη του χώρου, χρησιμοποιούν κυκλώματα που περιλαμβάνουν φλοιϊκές περιοχές κυρίως στο δεξιό ημισφαίριο.

1.3 Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) χρησιμοποιείται για την εξέταση της ηλεκτρικής δραστηριότητας, η οποία προέρχεται από τον εγκεφαλικό φλοιό. Ο εγκέφαλος αποτελείται από δισεκατομμύρια κύτταρα. Το καθένα από αυτά παράγει και μεταδίδει απειροελάχιστα ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία αθροιζόμενα με εκείνα των άλλων νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου δίνουν μεγαλύτερα σήματα, που μπορούμε να τα καταγράψουμε [2][3]. Κλινικά, το EEG αναφέρεται στην καταγραφή της αυθόρμητης ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου για μια χρονική περίοδο. Ζητείται κυρίως από νευρολόγους, καρδιολόγους, παθολόγους και ψυχίατρους [22] [24].

Το EEG περιλαμβάνει την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής, για την καταγραφή του μεγέθους και της συχνότητας των κυμάτων που προκύπτουν. Με τα μάτια κλειστά, η συνήθης βασική συχνότητα είναι 8-13 Hz (γνωστή ως ρυθμός Άλφα). Αυτή είναι η πιο έκδηλη ινιακώς και καταστέλλεται όταν ανοίξουν τα μάτια. Άλλες συχνότητες, που καταγράφονται πάνω από άλλα μέρη του εγκεφάλου σε διαφορετικές συνθήκες, είναι ο ρυθμός Βήτα (ταχύτερος από 13/sec), Θήτα (4-6/sec) και Δέλτα (βραδύτερος από 4/sec). Με την πάροδο της ηλικίας και με την εγρήγορση, εμφανίζονται φυσιολογικές μεταβολές στο EEG. Βραδύτερες συχνότητες επικρατούν σε πολύ νεαρά άτομα και κατά τον ύπνο.

Η διαδικασία διενέργειας του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος είναι σχετικά απλή και ανώδυνη. Ο εξεταζόμενος είναι χρήσιμο να έχει φάει τουλάχιστον 2 ώρες πριν την διενέργεια της εξέτασης, ενώ συστήνεται να είναι και λουσμένος. Η τοποθέτηση των καταγραφικών ηλεκτροδίων (προετοιμασία, καθαρισμός, επικόλληση ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής) διαρκεί περίπου 20 λεπτά. Κατά την εξέταση, συνήθως, θα ζητηθεί από τον εξεταζόμενο να παίρνει βαθιές ανάσες (δοκιμασία υπέρπνοιας) για 3 λεπτά περίπου, ενώ θα ακολουθήσει και η εξέταση της αντίδρασης του εγκεφάλου σε διαλείποντα φωτεινά ερεθίσματα. Η εξέταση ενδέχεται να περιλαμβάνει την ταυτόχρονη καταγραφή με βίντεο. Αν το απλό εγκεφαλογράφημα δώσει ενδείξεις επιληπτικής διαταραχής αλλά όχι αποδείξεις ή αν το ιστορικό θέτει ισχυρή υποψία επιληψίας, τότε θα ζητηθεί από τον εξεταζόμενο να υποβληθεί σε ηλεκτροεγκεφαλογράφημα έπειτα από στέρηση ύπνου.



Εικόνα 5: Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Η μέθοδος EEG χρησιμοποιείται σε διάφορες διαγνωστικές/ιατρικές έρευνες στις οποίες οι συμμετέχοντες υποβάλλονται σε ακουστικά/οπτικά/διανοητικά πειράματα με σκοπό την καταγραφή της εγκεφαλικής τους απόκρισης. Συχνότερα, χρησιμοποιείται για τη διάγνωση της επιληψίας (και για τον προσδιορισμό του είδους της), η οποία προκαλεί ανωμαλίες στις αναγνώσεις του. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα βοηθά, επίσης, στη διάγνωση εγκεφαλίτιδας ή μηνιγγίτιδας (φλεγμονή του εγκεφάλου ή των μηνίγγων) ή στην εκτίμηση της βλάβης που έχει υποστεί ο εγκέφαλος μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Επειδή ο ύπνος προκαλεί σημαντικές μεταβολές της εγκεφαλικής δραστηριότητας, το EEG μπορεί να χρησιμεύει στον χαρακτηρισμό των καταστάσεων στις οποίες διαταράσσονται τα σήματα του ύπνου. Το EEG ήταν μια μέθοδος πρώτης γραμμής διάγνωσης όγκων, εγκεφαλικών επεισοδίων και άλλων εστιακών διαταραχών του εγκεφάλου. Ωστόσο, αυτή η χρήση μειώθηκε με την έλευση τεχνικών ανατομικής απεικόνισης υψηλής ανάλυσης, όπως η μαγνητική τομογραφία (MRI) και υπολογιστική τομογραφία (CT). Παρά την περιορισμένη χωρική ανάλυση, το EEG εξακολουθεί να αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για έρευνα και διάγνωση. Είναι μια από τις λίγες διαθέσιμες λύσεις, η οποία προσφέρει χρονική ανάλυση χιλιοστών του δευτερολέπτου που δεν είναι δυνατή με CT, PET ή MRI. Μερικά από τα συμπτώματα που οδηγούν στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

είναι: απώλεια συνείδησης, σπασμοί, μειωμένο επίπεδο συνείδησης και μνήμης, αποπροσανατολισμός, πονοκέφαλοι, διάχυτη έντονη ζάλη [3].

Τα τελευταία χρόνια, η ψηφιακή τεχνολογία επέτρεψε μακρύτερες και καθαρότερες καταγραφές του EEG, που μπορούν να αναλυθούν με διάφορους τρόπους και να καταγραφούν μαζί με το ταυτόχρονο βίντεο κάθε κλινικού “συμβάντος”. Εν τω μεταξύ, η ανάπτυξη ενδοκράνιας καταγραφής επιτρέπει μια πιο ευαίσθητη παρακολούθηση, μέσω της χειρουργικής τοποθέτησης ηλεκτροδίων μέσα και γύρω από τις βλάβες, για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα και να βελτιωθεί η ασφάλεια της χειρουργικής της επιληψίας.

Διάφορες νόσοι οδηγούν σε ανωμαλίες του EEG. Τέτοια παραδείγματα είναι η αύξηση στις ταχείες συχνότητες (Βήτα), που παρατηρείται με τα ηρεμιστικά φάρμακα ή η σημαντική τοπική επιβράδυνση πάνω από μια δομική αλλοίωση, όπως ένας όγκος ή ένα έμφρακτο. Με την πρόοδο της ποιότητας και της προσβασιμότητας στην απεικόνιση, το EEG έχει χάσει πολλή από την αξία του στον εντοπισμό άλλων βλαβών, εκτός από την επιληψία. Το EEG παραμένει χρήσιμο σε προϊούσες και συνεχείς διαταραχές όπως η μείωση της συνείδησης, η εγκεφαλίτιδα και ορισμένες άνοιες.

Σε παροξυσμικές διαταραχές, όπως η επιληψία, το EEG είναι πιο χρήσιμο όταν συλλαμβάνει δραστηριότητα κατά τη διάρκεια ενός από τα εν λόγω περιστατικά. Έως και το 5% του φυσιολογικού πληθυσμού μπορεί να παρουσιάζει επιληψιοειδείς εκφορτίσεις στο EEG, πράγμα που εμποδίζει τη χρήση του στις δοκιμασίες γενικού ελέγχου για επιληψία. Πάνω από το 50% των ασθενών με αποδεδειγμένη επιληψία έχει φυσιολογικό EEG “ρουτίνας”, ενώ, αντιστρόφως, η ύπαρξη επιληπτόμορφων χαρακτηριστικών ευρημάτων δεν θέτει αυτομάτως τη διάγνωση της επιληψίας (ιδιαίτερος σε νεότερους ασθενείς με οικογενειακό ιστορικό επιληψίας). Από την άποψη αυτή, το EEG δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, όταν υπάρχει απλώς “υποψία” επιληψίας.

Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, όπως το NicoletOne EEG System [37], διευκολύνουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων κατά τη διάγνωση νευρομυϊκών παθήσεων. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα πραγματοποιείται από εξειδικευμένους νευρολόγους σε οργανωμένα εργαστήρια μελέτης του εγκεφάλου. Οι διαγνωστικές εφαρμογές επικεντρώνονται γενικά είτε σε δυνατότητες που σχετίζονται με διάφορα συμβάντα είτε στο φασματικό περιεχόμενο του EEG. Το πρώτο διερευνά πιθανές χρονικές διακυμάνσεις “κλειδωμένες” σε ένα συμβάν. Το δεύτερο αναλύει

τον τύπο των νευρικών ταλαντώσεων που μπορούν να παρατηρηθούν σε σήματα EEG στον τομέα συχνοτήτων. Τα παράγωγα της τεχνικής EEG περιλαμβάνουν προκλητά δυναμικά (ERPs).

1.4 Οπτικές Ψευδαισθήσεις

Η ψευδαίσθηση (illusion) είναι η αισθητηριακή ικανότητα αντίληψης ενός αντικειμένου από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, το οποίο, ανάλογα με τον τρόπο που οργανώνεται, ερμηνεύεται κι αντιλαμβάνεται από αυτόν, φαίνεται να μην είναι πραγματικό [6][7]. Το αποτέλεσμα των ψευδαισθήσεων ξεκινάει από το ερέθισμα στο νευρωνικό τόξο του εγκεφάλου και καταλήγει στο βίωμα, μετά από διάφορα στάδια επεξεργασίας σε διάφορα μέρη του εγκεφάλου. Ο τρόπος με τον οποίο ο εγκέφαλος ερμηνεύει τα σήματα που λαμβάνει από κάθε αισθητηριακό υποδοχέα, δηλαδή, κάθε ένα από τα ειδικά κύτταρα που ανιχνεύουν το φως, τον ήχο, τη θερμοκρασία, την οσμή, τη γεύση, τον πόνο, την πίεση, την ισορροπία κλπ., και τα κάνουν χρήσιμα, ονομάζεται αντίληψη. Μερικές φορές, η ερμηνεία αυτής της αντίληψης είναι λανθασμένη. Αυτού του είδους οι παρερμηνείες ονομάζονται ψευδαισθήσεις. Άρα, με άλλα λόγια, μια ψευδαίσθηση είναι η φαινομενική αντίληψη για κάτι που δεν αντιστοιχεί σε αυτό που υπάρχει στον πραγματικό κόσμο.

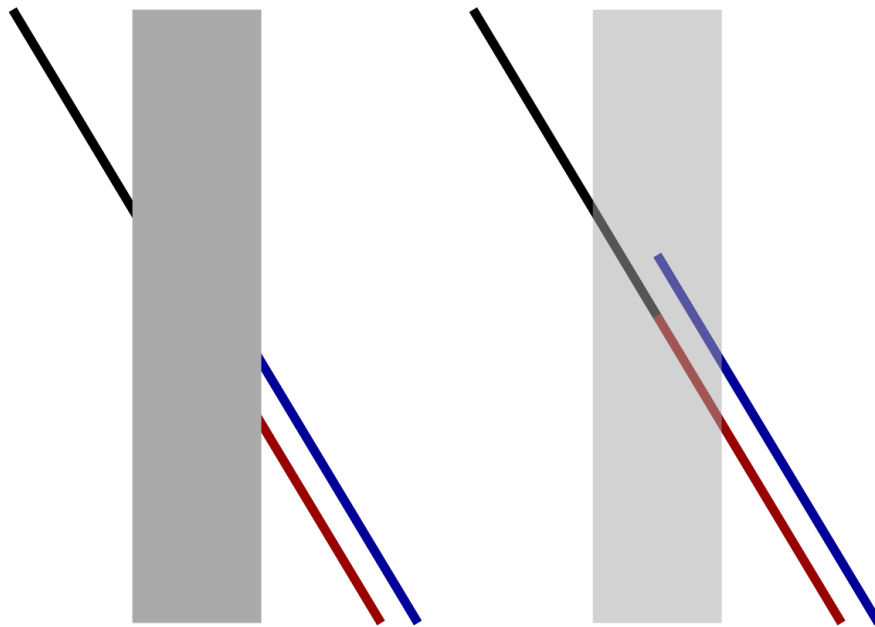
Ψευδαισθήσεις, γενικά, συμβαίνουν όταν κάποιος βλέπει, ακούει, μυρίζει, γεύεται ή αισθάνεται πράγματα που δεν υπάρχουν. Οπότε μπορούμε εύκολα να τις κατηγοριοποιήσουμε σε οπτικές, ακουστικές, οσφρητικές, γευστικές ή απτικές ψευδαισθήσεις. Μπορούν να προκύψουν ως αποτέλεσμα λήψης ναρκωτικών ουσιών ή αλκοόλ, ή ως μέρος μιας ψυχικής ασθένειας, όπως της σχιζοφρένειας ή της **δυσμορφοφοβίας (BDD)**, με την οποία θα ασχοληθούμε στο πείραμά μας [14][21]. Φυσικά, μερικοί άνθρωποι μπορεί να παρουσιάσουν και ψευδαισθήσεις, οι οποίες δεν σχετίζονται με κάποια ψυχική διαταραχή. Οι ψευδαισθήσεις είναι ένα σοβαρό σύμπτωμα το οποίο δεν πρέπει να αγνοείται. Συχνά, μπορούν να ωθήσουν τον άνθρωπο να νιώσει νευρικότητα, παράνοια ή φόβο. Για αυτό και είναι πολύ σημαντικό να περιτριγυρίζεται κανείς από ανθρώπους που μπορεί να εμπιστευθεί και μπορούν να τον βοηθήσουν.

Οι οπτικές ψευδαισθήσεις ή αλλιώς οφθαλμαπάτες είναι οι πιο γνωστές και κατανοητές. Μια οπτική ψευδαίσθηση χαρακτηρίζεται από οπτικά αντιληπτές εικόνες, που είναι παραπλανητικές. Αυτό συμβαίνει καθώς οι πληροφορίες, που συλλέγονται από το μάτι, επεξεργάζονται από τον εγκέφαλο για να δώσουν σε εμάς τους ανθρώπους μια αντίληψη που δεν είναι αντίστοιχη με το πραγματικό ερέθισμα.

Οι οπτικές ψευδαισθήσεις αντιπροσωπεύουν πολύτιμα ερευνητικά εργαλεία και ως εκ τούτου, αποτελούν ένα ισχυρό παράθυρο στη νευροβιολογία της οπτικής αντίληψης. Ο γνωστός Γερμανός ψυχολόγος Oswald Külpe [8] έχει ήδη δηλώσει ότι οι οπτικές ψευδαισθήσεις “δεν είναι υποκειμενικές διαστρέψεις ενός αντικειμενικού περιεχομένου”. Έτσι, “δεν διασκεδάζουν απλώς παρερμηνείες”.

Μια κλασική οπτική ψευδαίσθηση είναι η ψευδαίσθηση Poggendorff [10]. Είναι μια γεωμετρική-οπτική ψευδαίσθηση, η οποία περιλαμβάνει την εσφαλμένη αντίληψη της θέσης ενός τμήματος μιας εγκάρσιας γραμμής που έχει διακοπεί από το περίγραμμα μιας παρεμβαίνουσας δομής. Πήρε το όνομά της από τον Johann Christian Poggendorff [9], έναν Γερμανό φυσικό με σπουδαίο έργο, που σχετίζεται με τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό. Το μέγεθος της ψευδαίσθησης εξαρτάται από τις ιδιότητες του σκοτεινού σχήματος και τη φύση των συνόρων του.

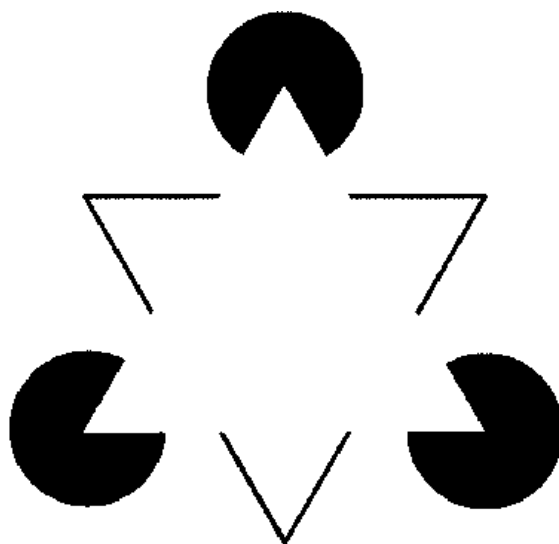
Πολλές λεπτομερείς μελέτες, για την ψευδαίσθηση, επισημαίνουν την κύρια αιτία της: οι οξείες γωνίες στο σχήμα θεωρούνται από τους θεατές ως διευρυμένες, αν και η ψευδαίσθηση μειώνεται ή εξαφανίζεται όταν η εγκάρσια γραμμή είναι οριζόντια ή κάθετη.



Εικόνα 6: Poggendorff Illusion

Ακόμα μια αρκετά γνωστή, οπτική ψευδαίσθηση είναι το Τρίγωνο του Kanizsa (Kanizsa's Triangle) [11]. Πήρε το όνομά της από τον Gaetano Kanizsa, ο οποίος ήταν Ιταλός καλλιτέχνης και ψυχολόγος. Ίδρυσε το Ινστιτούτο Ψυχολογίας στην Τεργέστη. Βλέποντας κάποιος την παρακάτω εικόνα (βλ. Εικόνα 7), προσπαθεί να απαντήσει στην εξής ερώτηση: “Ποια σχήματα υπάρχουν στην εικόνα;”.

Η εικόνα δίνει συχνά την εντύπωση ότι υπάρχει ένα συμπαγές τρίγωνο, που δείχνει προς τα πάνω και είναι πιο ανοιχτόχρωμο-φωτεινό από το φόντο και το οποίο αποκλείει ένα δεύτερο ανεστραμμένο τρίγωνο, που δείχνει προς τα κάτω. Φαίνεται να υπάρχει και ένα σύνολο μαύρων δίσκων, που επίσης αποκλείονται από το φωτεινό λευκό τρίγωνο που δείχνει προς τα πάνω. Παραδόξως, κανένα από αυτά τα σχήματα δεν υπάρχει στην εικόνα.



Εικόνα 7: Kanizsa's Triangle

Κεφάλαιο 2 – Προκλητά Δυναμικά

2.1 Γενικά

Κρίνεται απαραίτητο να γίνει μια γενική αναφορά στον ορισμό των Βιοματικών Δυναμικών, τα οποία αποτελούν τις διαφορές του δυναμικού, που καταγράφονται στην επιφάνεια του δέρματος του κεφαλιού ως απόκριση του εγκεφάλου (response), σε ένα εξωτερικό ερέθισμα (όπως ήχος, εικόνα κ.α.) ή σε ένα εσωτερικό ερέθισμα. Σημαντικό πλεονέκτημα της καταγραφής των δυναμικών αποτελεί η μη επεμβατική εκτίμηση της εγκεφαλικής λειτουργίας. Τα Βιοματικά Δυναμικά χωρίζονται με βάση κάποια ψυχολογική διαδικασία του ατόμου, σε Προκλητά Δυναμικά (Event Related Potentials) και σε Εκπεμπόμενα Δυναμικά (Emitted Potentials). Τα Προκλητά Δυναμικά διακρίνονται σε:

- Οπτικά προκλητά δυναμικά (Visual Evoked Potentials - VEP), Προκαλούνται από οπτικό ερεθισμό (πχ αλλαγή χρωμάτων).
- Ακουστικά προκλητά δυναμικά (Audio Evoked Potentials - AEP), Προκαλούνται από ακουστικό ερεθισμό (πχ ήχους) και χωρίζονται σε:
 - Πρώιμα (early, fast), Αντιστοιχούν σε χρονικό διάστημα 2 έως 12 ms από τη στιγμή που προκαλείται το εξωτερικό ερέθισμα [25]
 - Μέσα (middle) Αντιστοιχούν σε χρονικό διάστημα 12 έως 50 ms από τη στιγμή που προκαλείται το εξωτερικό ερέθισμα
 - Αργά ή ύστερα (late) Αντιστοιχούν σε χρονικό διάστημα 50 έως 800 ms από τη στιγμή που προκαλείται το εξωτερικό ερέθισμα
- Σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (Somatosensory Evoked Potentials - SEP), Προκαλούνται από ένα ηλεκτρικό ρεύμα μικρής διάρκειας και έντασης, το οποίο μπορεί να ερεθίσει κάποιο συγκεκριμένο νεύρο [24].

Για την περιγραφή των προκλητών δυναμικών υπάρχουν ορισμένες παράμετροι :

- ο λανθάνων χρόνος (latency), ο χρόνος δηλαδή που μεσολαβεί από τη στιγμή που δίνεται το ερέθισμα μέχρι τη χρονική στιγμή που σημειώνεται η κορυφή του δυναμικού,
- το ύψος (amplitude), δηλαδή η μέγιστη απόκλιση από την ισοηλεκτρική γραμμή και
- η πολικότητα (polarity), δηλαδή το θετικό ή το αρνητικό αυτής της απόκλισης.

Το μέγεθος των προκλητών δυναμικών συνήθως είναι μικρότερο του ηλεκτροεγκεφαλογραφικού σήματος (σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι και 100 φορές πιο μικρό). Επομένως για την ανάδειξή τους, είναι απαραίτητο να εφαρμοσθούν ειδικές τεχνικές, όπως η “υπέρθεση” των κυματομορφών, η οποία εφαρμοζόταν παλιότερα και η “μεσοποίηση” (αλγεβρική άθροιση για τον υπολογισμό του μέσου όρου), η οποία εφαρμόζεται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια.

2.2 P300

Το P300 (P3), είναι το δημοφιλέστερο από τα προκλητά δυναμικά [16]. Παράγεται, όταν ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει ανάμεσα σε δυο ερεθίσματα, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους κατά μια διάσταση (πχ ένα φυσικό τους χαρακτηριστικό). Μπορεί να παραχθεί και να καταγραφεί με ακουστικό, οπτικό ή σωματοαισθητικό ερέθισμα. Ο απλούστερος αλλά και πιο διαδεδομένος πειραματικός σχεδιασμός για την έκλυση και καταγραφή όχι μόνο του P300, αλλά και των υπολοίπων γνωσιακών προκλητών δυναμικών, είναι το λεγόμενο «oddball paradigm» [35].

Σύμφωνα με το σχεδιασμό αυτό, ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει και να μετρήσει (νοερά) μια σειρά από ηχητικά ερεθίσματα συχνότητας συνήθως 2000 Hz, τα οποία αποτελούν τους «στόχους», και τα οποία παρεμβάλλονται ψευδοτυχαία ανάμεσα σε μια διαδοχή ηχητικών ερεθισμάτων συχνότητας συνήθως 1000 Hz, τα οποία οφείλει να αγνοήσει, ως «μη-στόχους». Μετά από κάθε ερέθισμα-στόχο μεσοποιείται το EEG, για καθορισμένο χρονικό διάστημα χωριστά, τόσο για τους ήχους-στόχους όσο για τους μη-στόχους ήχους και μετά το τέλος της διαδικασίας προσδιορίζονται οι

μεν P3 και N2 κυματομορφές από το μεσοποιημένο EEG των ήχων-στόχων, οι δε N1 και P2 από το μεσοποιημένο EEG των μη-στόχων.

Έτσι, εξ ορισμού, στην εικόνα του μεσοποιημένου EEG για τους ήχους-στόχους, η μεγαλύτερη θετική κυματομορφή μετά το σύμπλεγμα N1-P2-N2 (βλ. 2.3), στο χρονικό διάστημα από 250 μέχρι 600 msec, ονομάζεται P300 (P από το positive, 300 από το μέσο λανθάνοντα χρόνο της).

Ορισμένες φορές το P300 είναι δικόρυφο και το γεγονός αυτό έδωσε αφορμή να διατυπωθεί η άποψη ότι δεν είναι απλά μια και μόνο κυματομορφή, αλλά ένα σύμπλεγμα περισσοτέρων επιμέρους κυματομορφών. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι το P300 θεωρείται ότι συνίσταται από τρεις επιμέρους κυματομορφές: το κύμα P3a με βραχύτερο λανθάνοντα χρόνο και προσθιότερη τοπογραφική κατανομή, το κύμα P3b με μεγαλύτερο λανθάνοντα χρόνο και βρεγματική κατανομή και από ένα βραδύ κύμα (slow wave), το οποίο ακολουθεί τα δυο πρώτα. Από τις κυματομορφές που αναφέρθηκαν, το κύμα P3b είναι αυτό που σχετίζεται περισσότερο με τη συνειδητή επεξεργασία της πληροφορίας και απαιτεί την προσοχή του εξεταζόμενου. Για το λόγο αυτό, μερικοί ταυτίζουν το P300 με το P3b. Ορισμένες φορές, το P3b συνοδεύεται από ένα ενδογενές θετικό έπαρμα, το P3e, με βραχύτερο λανθάνοντα χρόνο (250 μέχρι 350 msec), προσθιότερη (προς τις κεντρικές περιοχές) κατανομή και διαφορετική από αυτό θέση στη διαδικασία επεξεργασίας της πληροφορίας.

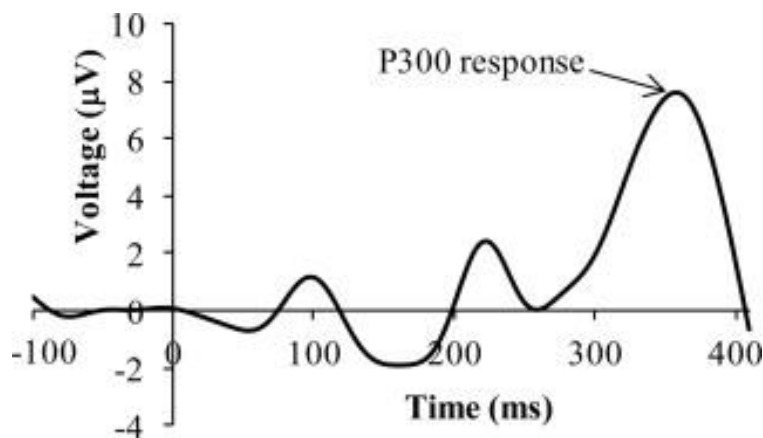
Μέχρι σήμερα δεν έχει επακριβώς προσδιορισθεί η ενδοεγκεφαλική γεννήτρια του δυναμικού. Ορισμένοι θεωρούν ότι το P300, εν μέρει τουλάχιστον, παράγεται στον κροταφικό λοβό και ειδικά στον ιππόκαμπο, υπόθεση η οποία από αρκετούς αμφισβητείται, οπότε κατ'επέκταση συνδέεται με τις υπεύθυνες για τη μνήμη περιοχές του εγκεφάλου.

Το P300 παράγεται όταν ένα γεγονός υποβάλλεται σε συνειδητό έλεγχο και έτσι θεωρείται πως σχετίζεται με την επεξεργασία της πληροφορίας (αναγνώριση, κωδίκευση, σύγκριση στη μνήμη και επιλογή του στόχου), όταν πρόκειται να ληφθεί μια απόφαση (decision making). Ενδεχομένως σχετίζεται με την άμεση μνήμη, η οποία υπεισέρχεται στις διαδικασίες αυτές, ενώ ο λανθάνων χρόνος του είναι ευθέως ανάλογος του χρόνου που απαιτείται για την κατηγοριοποίηση του ερεθίσματος. Οι παράμετροι που το περιγράφουν μεταβάλλονται με την ηλικία. Αυτό δε συμβαίνει, όμως, και στην τοπογραφική του κατανομή. Έχει υπολογισθεί ότι το μέν ύψος του P300 μειώνεται με την ηλικία με ρυθμό 0.2 μV ετησίως, ο δε λανθάνων χρόνος αυξάνεται με ρυθμό 1.8 msec ετησίως, μετά την ηλικία των 15 ετών. Διαφορές ως προς το λανθάνοντα χρόνο του P300 ανάμεσα στα δυο φύλλα, για όλες τις

ηλικίες, δεν υπάρχουν. Φαίνεται όμως ότι στους ενήλικες, οι γυναίκες εμφανίζουν σημαντικά μεγαλύτερο το ύψος του δυναμικού από τους άντρες.

Έχει παρατηρηθεί, ότι ο λανθάνων χρόνος και το ύψος του P300 σχετίζονται επίσης και με την επιλογή του στόχου. Όσο πιο δύσκολα προσδιορίζεται ο στόχος, τόσο πιο παρατεταμένος είναι ο λανθάνων χρόνος και μικρότερο το ύψος του. Επίσης, όσο μικρότερη είναι η πιθανότητα των στόχων, τόσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του δυναμικού. Το P300 χρησιμοποιείται ως νευροφυσιολογικός δείκτης των γνωσιακών διαδικασιών σε μια προσπάθεια εκτίμησης του βαθμού έκπτωσης των ανώτερων πνευματικών λειτουργιών. Θεωρείται ο πιο ευαίσθητος δείκτης της διαταραχής των γνωσιακών διαδικασιών.

Το P300 δεν είναι ειδικός δείκτης κάποιας πάθησης και κατά συνέπεια, μεταβολές που αφορούν στο λανθάνοντα χρόνο, στο ύψος ή στην τοπογραφία του, μπορεί να καταγραφούν σε οποιαδήποτε πάθηση, σε περίπτωση που διαταράσσονται οι γνωσιακές διαδικασίες. Φυσιολογικό P300 δεν αποκλείει ελαφρά διαταραχή των γνωσιακών διαδικασιών, όμως παθολογικό P300 εκφράζει γνωσιακή διαταραχή. Όταν το χαμηλό ύψος του P300 είναι το μοναδικό εύρημα σε μια εξέταση, πρέπει κανείς να είναι πολύ επιφυλακτικός λόγω της μεγάλης διακύμανσης του ύψους του δυναμικού ανάμεσα στο φυσιολογικό πληθυσμό.



Εικόνα 8: Το P300

2.3 N100-P200-N200

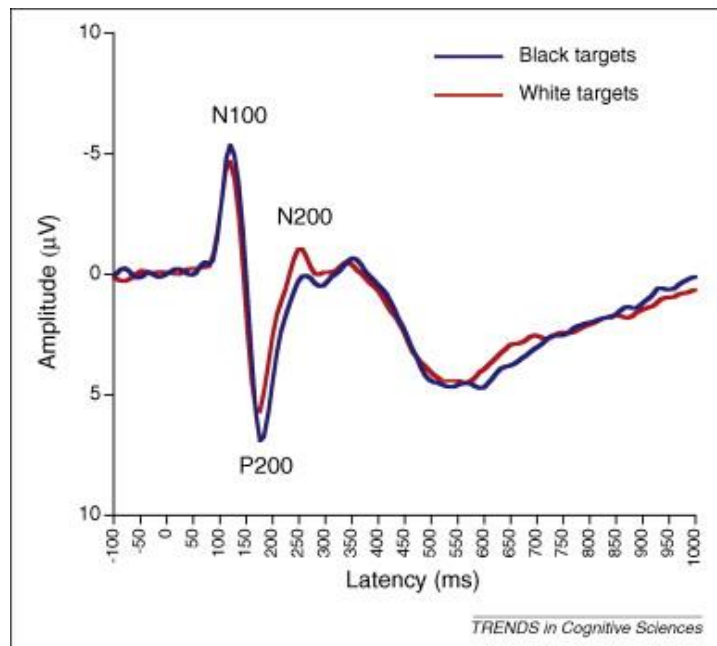
Μετά από εφαρμογή του προηγούμενου πειραματικού σχεδιασμού και ύστερα από μεσοποίηση του EEG για τους μη-στόχους ήχους, προσδιορίζονται οι κυματομορφές N100 (N1) και P200 (P2) ή vertex potentials όπως αποκαλούνται.

Ως N1 ορίζεται η υψηλότερη αρνητική κυματομορφή, η οποία καταγράφεται στις κεντρικές κυρίως αλλά και στις μετωπιαίες περιοχές του τριχωτού της κεφαλής στο χρονικό διάστημα από 70 μέχρι 150 msec [17]. Γενικά, το κύμα N1 θεωρείται ότι αντανακλά το βαθμό προσοχής του εξεταζόμενου και επομένως έχει μικρό ύψος ή και παρατεταμένο λανθάνοντα χρόνο σε περίπτωση διάσπασης της προσοχής. Μεταβολές του κύματος N1 έχουν παρατηρηθεί σε άτομα που πάσχουν από κατάθλιψη. Μικρό ύψος του κύματος του N1 έχει ευρεθεί και σε άτομα τα οποία πάσχουν από το σύνδρομο Gilles de la Tourette [38].

Ως P200 (ή P2) ορίζεται η υψηλότερη θετική κυματομορφή, η οποία ακολουθεί το N1 και καταγράφεται στις ίδιες επίσης περιοχές κατά το χρονικό διάστημα από 120 μέχρι 250 msec [20]. Ονομάζεται έτσι, επειδή είναι ένα θετικό ηλεκτρικό δυναμικό που κορυφώνεται σε περίπου 200 χιλιοστά του δευτερολέπτου, μετά την έναρξη κάποιου ερεθίσματος. Λειτουργικά, φαίνεται ότι υπάρχει μερική συμφωνία μεταξύ ερευνητών στον τομέα της γνωστικής νευροεπιστήμης ότι το P2 αντιπροσωπεύει κάποια πτυχή της αντιληπτικής επεξεργασίας υψηλότερης τάξης, διαμορφωμένη από την προσοχή. Είναι γνωστό ότι το P2 τυπικά προκαλείται ως μέρος της φυσιολογικής απόκρισης σε οπτικά ερεθίσματα και έχει μελετηθεί σε σχέση με την οπτική αναζήτηση και προσοχή, τις πληροφορίες του γλωσσικού περιβάλλοντος και τα φαινόμενα μνήμης και επανάληψης

Ως N2 ορίζεται η υψηλότερη αρνητική κυματομορφή, η οποία καταγράφεται στο διάστημα από 150 μέχρι 350 msec και ακολουθεί το σύμπλεγμα N1-P2 [18]. Καταγράφεται μετά από μεσοποίηση των ήχων-στόχων, στις ίδιες με το P300 περιοχές και από ορισμένους μελετάται σαν σύμπλεγμα N2-P3. Πιο αξιόπιστα, καταγράφεται σε πειραματικούς σχεδιασμούς, όπου ως «στόχος» θεωρείται η απουσία

ενός ήχου μέσα σε μια διαταραχή ήχων. Μερικές φορές είναι δικόρυφο. Η πρώτη κορυφή, η N2a, της οποίας το μέγιστο ύψος καταγράφεται από τις βρεγματοϊνιακές περιοχές, θεωρείται εξωγενής, ενώ η δεύτερη, η N2b, η οποία καταγράφεται χρονικά λίγο αργότερα, σχετίζεται με το βαθμό προσοχής και τη δυσκολία κατηγοριοποίησης του ερεθίσματος. Ορισμένοι θεωρούν ότι το σύμπλεγμα P165-N2b-P3a αντανάκλα τη συνειδητοποίηση της μεταβολής των χαρακτήρων του ερεθίσματος. Ένας παράγοντας που επιδρά στη δημιουργία του N2, είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών ήχων-ερεθισμάτων (τόνων). Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική απόσταση ανάμεσα σε δυο διαδοχικά ερεθίσματα, τόσο μικρότερο είναι το ύψος του N2 και πιο παρατεταμένος ο λανθάνων χρόνος του.

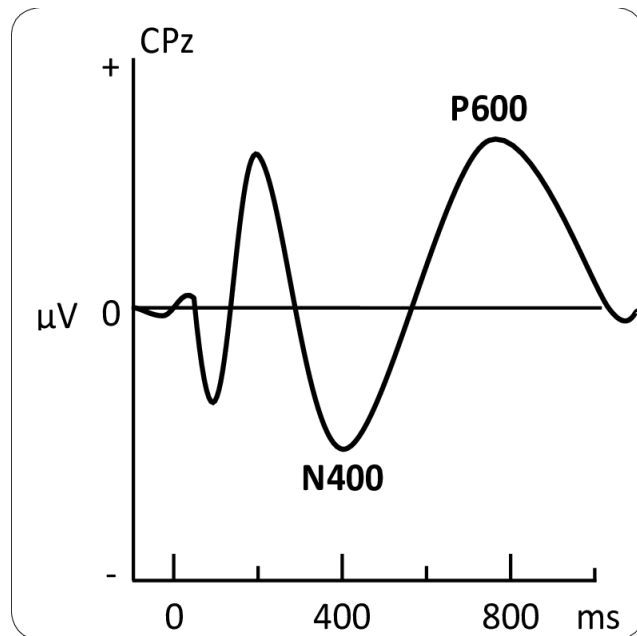


Εικόνα 9: Τα N100-P200-N200

2.4 N400-P600

Το N400 (N4) καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1980, από τους Kutas και Hillyard [19]. Πρόκειται για ένα αρνητικό γνωσιακό προκλητό δυναμικό, με μέσο λανθάνοντα χρόνο 400 msec. Παράγεται με ειδικούς προτασιακούς πειραματικούς σχεδιασμούς και θεωρείται ότι αντανακλά την ενεργοποίηση νευρωνικών δικτύων εντεταλμένων στη «σημαντική» (από το ρήμα σημαίνω) επεξεργασία του προτεινόμενου υλικού. Στον τυπικό πειραματικό σχεδιασμό, το N400 παράγεται μετά την εμφάνιση σε οθόνη μιας πρότασης η οποία καταλήγει σε λέξη αταίριαστη (incongruous, νοηματικά ασύμβατη) με το συνολικό πληροφοριακό υλικό. Από άποψη ερμηνείας του δυναμικού, δε μπορεί να αποκλείσει κανείς το ενδεχόμενο το N400 να εκφράζει κατά κάποιον τρόπο και «αναμονή». Αναμονή, η οποία γεννάται από τα συμφραζόμενα κάθε πρότασης, που προηγούνται της καταληκτικής λέξης. Το N400 χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους ψυχολόγους, ενώ πρόσφατα άρχισε να χρησιμοποιείται και σε μελέτες νευρολογικών ασθενών.

Το P600 είναι ένα ERP σχετικό με τη γλώσσα και θεωρείται ότι προκαλείται από την ακρόαση ή την ανάγνωση γραμματικών σφαλμάτων και άλλων συντακτικών ανωμαλιών [36]. Ως εκ τούτου, είναι ένα κοινό θέμα μελέτης σε νευρογλωσσικά πειράματα που διερευνούν την επεξεργασία προτάσεων στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Μπορεί να προκληθεί τόσο σε οπτικά (ανάγνωση) όσο και σε ακουστικά (ακρόαση) πειράματα και χαρακτηρίζεται ως θετική εξέλιξη με εκκίνηση περίπου 500 χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά το ερέθισμα που το προκαλεί. Φτάνει συχνά στο αποκορύφωμά του περίπου 600 χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά την παρουσίαση του ερεθίσματος. Με άλλα λόγια, στην κυματομορφή του EEG είναι μια μεγάλη κορυφή στη θετική κατεύθυνση, η οποία ξεκινά περίπου 500 χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά το ερέθισμα.



Εικόνα 10: Τα N400-P600

Κεφάλαιο 3 – Χρονοσυχνοτική Ανάλυση

3.1 Γενικά

Η μελέτη event-related EEG, αφορά κυρίως την αποσύνθεση των σημάτων EEG σε πληροφορίες μεγέθους και φάσης για κάθε συχνότητα του EEG («φασματική αποσύνθεση») και το χαρακτηρισμό των αλλαγών τους, συναρτήσεως του χρόνου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «χρονοσυχνοτική ανάλυση». Η χρονοσυχνοτική ανάλυση περιλαμβάνει πολλές μεθόδους, οι οποίες αποτυπώνουν διαφορετικές πτυχές του μεγέθους EEG και των σχέσεων φάσης. Μερικές σχετίζονται εννοιολογικά και μαθηματικά, άλλες όμως διαφέρουν εννοιολογικά και είναι συμπληρωματικές όσον αφορά τις πληροφορίες που παρέχουν για τη νευρική δραστηριότητα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την χρονοσυχνοτική αποσύνθεση δεδομένων EEG, συμπεριλαμβανομένου του βραχυπρόθεσμου μετασχηματισμού Fourier (STFT) και των συνεχών ή διακριτών μετασχηματισμών wavelet. Υπάρχουν μερικά βασικά σημεία για χρονοσυχνοτικούς μετασχηματισμούς, που επισημαίνουν τις διαφορές μεταξύ ορισμένων μεθόδων και επίσης υπογραμμίζουν κάποιες πιο γενικές εκτιμήσεις. Ίσως η πιο σημαντική αρχή είναι ότι όλες οι μέθοδοι χρονοσυχνοτικής αποσύνθεσης πετυχαίνουν κάποιο συμβιβασμό μεταξύ της χρονικής και της συχνοτικής ανάλυσης, στην επίλυση των σημάτων EEG. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το χρονικό παράθυρο που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση δεδομένων σε κάποιο χρονικό σημείο, τόσο μεγαλύτερη είναι η συχνοτική ανάλυση, αλλά «φτωχότερη» η χρονική. Αυτή η διαφορά ανάμεσα στην ακρίβεια στον τομέα χρόνου έναντι στην ακρίβεια στον τομέα συχνότητας, επισημοποιείται με την αβεβαιότητα του Heisenberg [39].

3.2 Βραχυπρόθεσμος μετασχηματισμός Fourier (STFT)

Μια παραλλαγή του γρήγορου μετασχηματισμού Fourier (FFT), γνωστή ως βραχυπρόθεσμος μετασχηματισμός Fourier (STFT), εκτελεί μετασχηματισμό Fourier μέσα σε ένα χρονικό παράθυρο που μετακινείται κατά μήκος των χρονοσειρών, προκειμένου να χαρακτηριστούν οι αλλαγές στην ισχύ και στη φάση των σημάτων EEG με την πάροδο του χρόνου. Τυπικά, ένα σταθερό χρονικό παράθυρο εφαρμόζεται σε όλες τις συχνότητες. Η επιλογή του χρονικού παραθύρου περιορίζει το μέγεθος του bin της συχνότητας, το οποίο είναι ομοιόμορφο σε όλες τις συχνότητες και καθορίζει επίσης τη χαμηλότερη επιλύσιμη συχνότητα. Η ομοιομορφία του χρονικού παραθύρου μεταξύ των συχνοτήτων, είναι ένας περιορισμός αυτής της προσέγγισης, επειδή ο βέλτιστος χαρακτηρισμός των χρονικών αλλαγών σε υψηλής συχνότητας σήματα, απαιτεί μικρότερα χρονικά παράθυρα από αυτά που χρειάζονται για τον βέλτιστο χαρακτηρισμό των σημάτων χαμηλής συχνότητας. Έτσι, είναι επιθυμητή μια πιο ευέλικτη προσέγγιση, στην οποία το μέγεθος παραθύρου ποικίλλει αναλόγως τη συχνότητα για τη βελτιστοποίηση της χρονικής ανάλυσης διαφορετικών συχνοτήτων. Η ανάλυση wavelet παρέχει μια τέτοια προσέγγιση.

3.3 Συνεχής μεταμόρφωση Wavelet

Οι συνεχείς μετασχηματισμοί wavelet περιγράφουν μια κατηγορία φασματικών μεθόδων αποσύνθεσης, που σχετίζονται εννοιολογικά με την παρατεταμένη βραχυπρόθεσμη ανάλυση Fourier που περιγράφεται παραπάνω. Τα wavelets είναι κυματομορφές περιορισμένης διάρκειας, που η μέση τιμή τους ισούται με μηδέν. Ενώ οποιοσδήποτε αριθμός κυματομορφών μπορεί να θεωρηθεί ως wavelet, οι κυματομορφές που περιέχονται στο wavelet πρέπει να παρέχουν μια βιολογική προσαρμογή στο σήμα που μοντελοποιείται. Μια “οικογένεια” wavelets, που περιλαμβάνουν συμπίεσμένες εκδόσεις του «mother wavelet», για να ταιριάζει σε κάθε συχνότητα και να εξαχθεί από το EEG, παραδοσιακά περιορίζεται να περιέχει τον ίδιο αριθμό κύκλων μεταξύ των συχνοτήτων. Ως αποτέλεσμα, οι αναλύσεις wavelet χρησιμοποιούν διαφορετικό μήκος χρονικού παραθύρου για κάθε συχνότητα, με τα μεγαλύτερα παράθυρα να εφαρμόζονται στις χαμηλότερες συχνότητες και τα συντομότερα παράθυρα να εφαρμόζονται στις υψηλότερες συχνότητες. Για παράδειγμα, υποθέτοντας ότι μια “οικογένεια” από wavelets περιέχει 6 κύκλους ημιτονοειδούς ταλάντωσης, το κύμα για τη

συχνότητα 10-Hz εκτείνεται σε χρονικό διάστημα 600 χιλιοστών του δευτερολέπτου, ενώ το κύμα για τη συχνότητα 40 Hz εκτείνεται σε ένα χρονικό παράθυρο από 150 χιλιοστά του δευτερολέπτου [23].

Τα ημιτονοειδή κύματα που περιέχονται σε ένα wavelet, είναι συνήθως διαμορφωμένα από μια συνάρτηση envelope (π.χ., Gaussian), έτσι ώστε το wavelet να έχει το μεγαλύτερο μέγεθος στο κεντρικό χρονικό σημείο και να απομακρύνεται προς τα άκρα του χρονικού παραθύρου. Wavelets που χρησιμοποιούνται στη φασματική αποσύνθεση είναι περίπλοκα.

Σε αντίθεση με τις 2 μεθόδους, για σήματα υψηλής συχνότητας, υποθέτουμε συχνά ότι η αποσύνθεση του wavelet παρέχει μεγαλύτερη χρονική ανάλυση αλλά χαμηλότερη συχνοτική ανάλυση από τον STFT. Ωστόσο, καθώς αυτές οι διαφορές μπορεί να είναι εμφανείς χρησιμοποιώντας τις τυπικές προεπιλεγμένες ρυθμίσεις για κάθε μέθοδο, οι παράμετροι μπορούν να προσαρμοστούν στις συχνότητες και στις δύο μεθόδους έτσι ώστε να συγκλίνουν στην ίδια ανάλυση. Συγκεκριμένα, ένα τροποποιημένο STFT μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα χρονικό παράθυρο που μειώνεται γραμμικά όσο η συχνότητα αυξάνεται, παρά ένα σταθερό χρονικό παράθυρο. Ομοίως, μια τροποποιημένη προσέγγιση wavelet μπορεί γραμμικά να αυξάνει τον αριθμό των κύκλων που χρησιμοποιούνται καθώς η συχνότητα αυξάνεται, παρά να χρησιμοποιεί έναν σταθερό αριθμό κύκλων. Γενικότερα, με την εξάσκηση αυτού του είδους ευελιξίας στις ρυθμίσεις παραμέτρων για κάθε χρονοσυχνοτική μέθοδο αποσύνθεσης, πολλές από αυτές οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μπορούν να αποδειχθούν ότι συγκλίνουν στα ίδια αποτελέσματα.

Ανεξάρτητα από τη ρουτίνα αποσύνθεσης και από την επιλογή παραμέτρων ανάλυσης, η έξοδος της ανάλυσης φασματικής αποσύνθεσης είναι ένα πολύπλοκο σημείο δεδομένων, το οποίο αποτελείται από πραγματικά και φανταστικά τμήματα, για κάθε χρονική στιγμή και για κάθε συχνότητα, για κάθε δοκιμή, και για κάθε ηλεκτρόδιο που αξιολογήθηκε. Αυτά τα πολύπλοκα δεδομένα είναι το σημείο εκκίνησης για τον υπολογισμό πολλών μέτρων που εμφανίζονται στην ερευνητική βιβλιογραφία, που περιγράφει τα φασματικά χαρακτηριστικά των EEG.

3.4 Παραδοσιακή αποσύνθεση συχνότητας ισχύος EEG

Καθώς οι ταλαντώσεις EEG θεωρούνται ότι είναι σταθερές με την πάροδο του χρόνου, το FFT χρησιμοποιείται συχνά για φασματική αποσύνθεση αυτής της περιόδου των χρονικά αναλλοίωτων EEG. Αυτό γίνεται, για παράδειγμα, με ανάπαυση EEG ή με παραδείγματα σταθερής κατάστασης στα οποία ένα ερέθισμα επαναλαμβάνεται συνεχώς σε σταθερή συχνότητα για παρατεταμένη χρονική περίοδο, οδηγώντας το EEG στη συγκεκριμένη συχνότητα. Το αποτέλεσμα είναι ένα μόνο φάσμα ισχύος που καταγράφει το μέσο μέγεθος των ταλαντώσεων για κάθε bin συχνοτήτων, που είναι ενσωματωμένο καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης. Η ανάλυση συχνότητας καθορίζεται από το ρυθμό με τον οποίο ορίστηκε η χρονολογική σειρά EEG [23].

3.5 Σύγχρονη χρονοσυχνοτική αποσύνθεση ισχύος EEG

Όταν η δραστηριότητα EEG δεν μπορεί να θεωρηθεί σταθερή σε μια χρονική περίοδο ενδιαφέροντος, εφαρμόζονται οι διάφορες μέθοδοι χρονοσυχνοτικής αποσύνθεσης που περιγράφηκαν παραπάνω. Αυτές οι μέθοδοι χαρακτηρίζουν event-related αλλαγές στην ισχύ, σε σχέση με μια pre-event περίοδο, σε EEG χρονικά epochs, κλειδωμένη σε συμβάντα εργασιών. Όταν οι τιμές μεγέθους τετραγωνίζονται για κάθε χρονοσυχνοτικό σημείο δεδομένων και στη συνέχεια βγαίνει ο μέσος όρος στις δοκιμές, το αποτέλεσμα είναι ένας δισδιάστατος πίνακας, που περιέχει συνολική ισχύ του EEG σε κάθε συχνότητα και χρονικό σημείο. Η συνολική ισχύς δεσμεύει το μέγεθος των ταλαντώσεων ανεξάρτητα από τις γωνίες φάσης τους. Έτσι, περιλαμβάνει 2 μεγάλες πηγές της ισχύος ταλάντωσης που σχετίζονται με το συμβάν, της προκαλούμενης ισχύος και της επαγόμενης δύναμης.

3.6 Δυσμορφοφοβία (BDD) και EEG.

Η σωματική δυσμορφική διαταραχή ή δυσμορφοφοβία ή BDD (Body Dysmorphic Disorder), είναι μια σοβαρή ψυχιατρική διαταραχή, που χαρακτηρίζεται από αγωνία, ανησυχία και από την έμμονη ιδέα ότι κάποια πτυχή του μέρους του σώματος ή της εμφάνισης ενός ατόμου είναι σοβαρά λανθασμένη, με αποτέλεσμα το άτομο να θέλει να την “κρύψει” [22]. Στην παραπλανητική παραλλαγή της δυσμορφοφοβίας, το ελάττωμα είναι φανταστικό. Εάν το ελάττωμα είναι πραγματικό, η σημασία του είναι υπερβολική. Είτε έτσι είτε αλλιώς, οι σκέψεις για τη δυσμορφοφοβία είναι διαδεδομένες και ενοχλητικές, καταλαμβάνοντας μέχρι και αρκετές ώρες την ημέρα ή και περισσότερο.



Εικόνα 11: Δυσμορφοφοβία

Το BDD κατατάσσεται στο ψυχαναγκαστικό φάσμα. Εκτιμάται ότι επηρεάζει έως και το 2.4% του πληθυσμού. Ξεκινά συνήθως στην εφηβεία και επηρεάζει και τα δύο φύλα. Φοβούμενος το στίγμα της ματαιοδοξίας, ένας ασθενής της διαταραχής συνήθως κρύβει την έγνοια. Τις περισσότερες φορές, είναι ανυποψίαστη ακόμη και στους ψυχιάτρους, με αποτέλεσμα να είναι υποδιαγνωσμένη ασθένεια. Προκαλώντας βαθιά βλάβη στη ποιότητα ζωής μέσω της εκπαιδευτικής και επαγγελματικής δυσλειτουργίας και κοινωνικής απομόνωσης, οι ασθενείς της δυσμορφοφοβίας έχουν υψηλά ποσοστά αυτοκτονικών σκέψεων και απόπειρων αυτοκτονίας.

Ένας πολλά υποσχόμενος τρόπος για τη διερεύνηση των νευροφυσιολογικών δεικτών του BDD θα ήταν οι ασθενείς να λαμβάνουν υπόψη τα υποκείμενα γνωστικά τους ελλείμματα. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της επιστημονικής έρευνας για το BDD μέχρι σήμερα, έχει διερευνήσει μεμονωμένα τη συμπτωματολογία της, ξεχωριστά από τις νευρικές συσχετίσεις του. Με τη βοήθεια του ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG) και αφού εξετασθεί ένας ασθενής, στοχεύουμε στη διερεύνηση των νευρικών συσχετισμών της BDD, αναλύοντας τα δυναμικά ERPs, που προσφέρουν υψηλότερη χρονική ανάλυση σε σύγκριση με τις ταλαντώσεις του εγκεφάλου. Συγκρίνοντάς τα με τα αντίστοιχα ERPs υγιών εθελοντών, μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την ασθένεια.

Κεφάλαιο 4 – Πειραματικό Μέρος

4.1 Περιγραφή Πειράματος

Στο πείραμα της μελέτης μας, συμμετείχαν τριάντα έξι ενήλικες εθελοντές. Οι δεκαοκτώ ήταν ασθενείς με δυσμορφοφοβία (BDD) (9 γυναίκες με μέση \pm SD ηλικία τα $36,7 \pm 8,3$ έτη και 9 άνδρες με μέση \pm SD ηλικία τα $27,1 \pm 6,0$ έτη). Οι άλλοι δεκαοκτώ ήταν υγιείς εθελοντές (CTL) και αντιστοιχίστηκαν με βάση την ηλικία και το φύλο (10 γυναίκες με μέση \pm SD ηλικία τα $28,8 \pm 4,9$ έτη και 8 άνδρες με μέση \pm SD ηλικία $30,0 \pm 5,7$ έτη). Η απουσία σημαντικών διαφορών στην ηλικία επιβεβαιώθηκε με τη βοήθεια t-test για ανεξάρτητα δείγματα ($t(34) = -1.081, p = .287$). Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε κλινικές συνεντεύξεις από δύο ψυχιάτρους. Το BDD διαγνώστηκε σύμφωνα με το κριτήριο DSM-5. Το ερωτηματολόγιο YBOCS-BDD, καθώς και το ερωτηματολόγιο Dysmorphic Concern επιβεβαίωσαν τη διάγνωση. Όλοι οι συμμετέχοντες δεν είχαν ιστορικό νευρολογικών ή ψυχιατρικών διαταραχών και είχαν φυσιολογική ή διορθωμένη όραση.

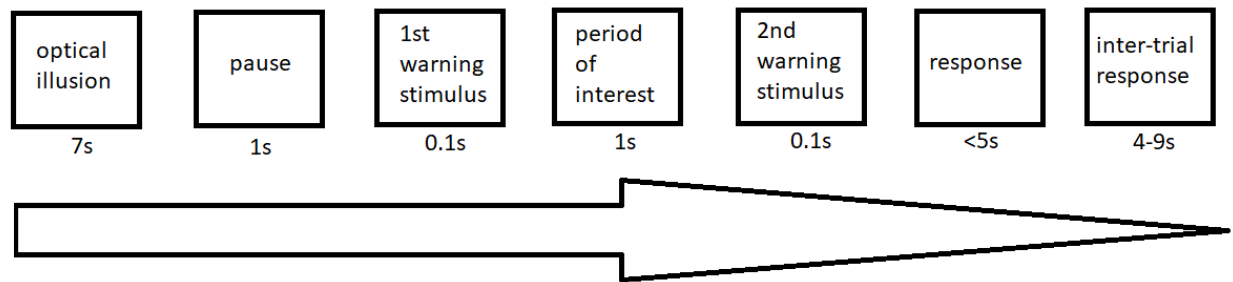
Η μελέτη διεξήχθη στο εργαστήριο ψυχοφυσιολογίας του Ερευνητικού Πανεπιστημιακού Ινστιτούτου Ψυχικής Υγιεινής «Κώστας Στεφανής» (ΕΠΨΥ), σε συνεργασία με το Πρώτο Τμήμα Ψυχιατρικής, Ιατρική Σχολή, Αιγινήτειο Νοσοκομείο, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τη πειραματική διαδικασία και παρείχαν γραπτή συγκατάθεση πριν από τη συμμετοχή τους. Το πρωτόκολλο της μελέτης εγκρίθηκε από την τοπική επιτροπή δεοντολογίας.

Χρησιμοποιήσαμε ένα σύνολο 39 οπτικών ψευδαισθήσεων, που συνέθεσαν ο κ. Χαράλαμπος Παπαγεωργίου (καθηγητής Ψυχιατρικής - ΕΚΠΑ) και οι συνεργάτες του. Αυτές περιλάμβαναν δισδιάστατες εικόνες (28 ασπρόμαυρες, 11 έγχρωμες) από 23 γνωστές οπτικές ψευδαισθήσεις συν τις παραλλαγές τους. Το μήκος των εικόνων κυμάνθηκε από 8 έως 33 cm, ενώ το ύψος τους κυμαινόταν από 5,5 έως 14,5 cm. Οι οπτικές ψευδαισθήσεις συνοδεύτηκαν με γραπτές δηλώσεις, οι οποίες αναφέρονταν σε ένα χαρακτηριστικό της αντίστοιχης εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, υπήρχαν 19 σωστές και 20 λανθασμένες δηλώσεις.

Οι συμμετέχοντες κάθισαν σε ένα κλουβί Faraday για να ελαχιστοποιήσουν τις παρεμβολές που προκαλούνται από εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία κατά την εγγραφή του EEG. Τους ζητήθηκε να κοιτάξουν ευθεία και να κρατήσουν τα μάτια τους ανοικτά, καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν ότι θα τους παρουσιαστούν 39 οπτικές ψευδαισθήσεις μαζί με γραπτή δήλωση και ότι θα τους ζητηθεί να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις:

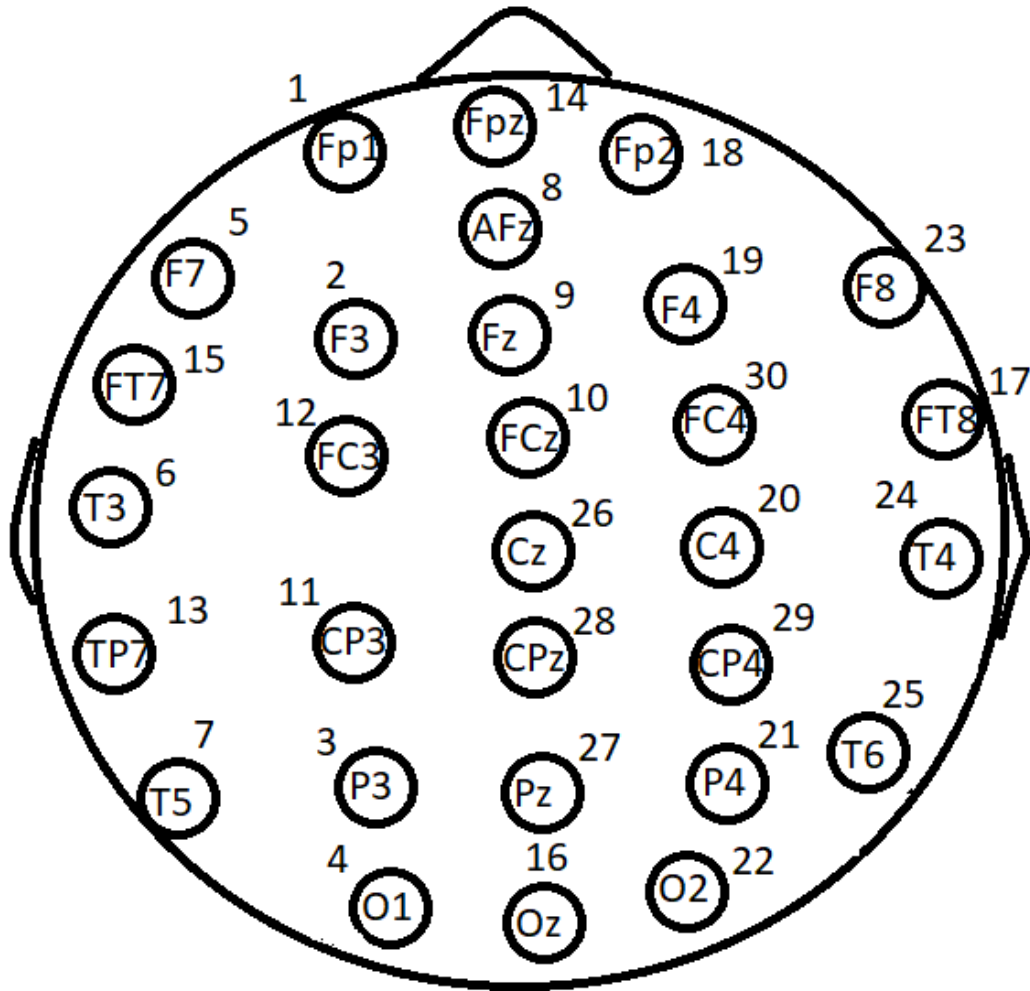
- Εάν η δήλωση είναι Σωστή ή Λάθος και
- ποιος είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης τους για την απάντησή τους, σε κλίμακα από 0 (καθόλου βέβαιο) έως 100 (απολύτως βέβαιο).

Σε κάθε δοκιμή, η οπτική ψευδαίσθηση παρουσιάστηκε στην οθόνη για 7 δευτερόλεπτα. Μία δήλωση, η οποία αναφερόταν στην ψευδαίσθηση, παρουσιάστηκε κάτω από το ερέθισμα, καθώς και το ερώτημα “Σωστό ή Λάθος;”. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε μια κενή οθόνη για 1 δευτερόλεπτο, ακολουθούμενη από έναν τόνο προειδοποίησης 0,1 δευτερολέπτων (500 Hz, 65 dB). Έπειτα, δόθηκε στους συμμετέχοντες 1 δευτερόλεπτο για να σκεφτούν την απάντησή τους. Τότε, παρουσιάστηκε ένας δεύτερος τόνος προειδοποίησης για 0,1 δευτερόλεπτα, προτρέποντας τους συμμετέχοντες να ανταποκριθούν. Οι προφορικές απαντήσεις των εθελοντών που συμμετείχαν, καταγράφηκαν από έναν πειραματιστή, ο οποίος βρισκόταν έξω από την αίθουσα δοκιμών. Υπήρχε ένα inter-trial διάστημα από 4 έως 9 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 12: Περιγραφή πειράματος

Τα σήματα EEG καταγράφηκαν από 30 Ag / AgCl ηλεκτρόδια, τα οποία ήταν τοποθετημένα σε ελαστικό cap, σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα 10-20: Fp1, F3, P3, O1, F7, T3, T5, AFz, Fz, FCz, CP3, FC3, TP7, Fpz, FT7, Oz, FT8, Fp2, F4, C4, P4, O2, F8, T4, T6, Cz, Pz, CPz, CP4, FC4. Η συχνότητα δειγματοληψίας ήταν ίση με 1 kHz. Η σύνθετη αντίσταση ηλεκτροδίου διατηρήθηκε συνεχώς κάτω από 5kΩ. Η δραστηριότητα EEG αναφέρθηκε διαδικτυακά στον μέσο όρο των αριστερών και δεξιών λοβών του αυτιού, ενώ το ground ηλεκτρόδιο τοποθετήθηκε στο αριστερό μαστοειδές. Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνεται και σε ποιον αριθμό αντιστοιχεί το κάθε ηλεκτρόδιο. Για παράδειγμα, το ηλεκτρόδιο Fp1 αντιστοιχεί στο ηλεκτρόδιο 1 του figure, που προέκυψε από το Matlab (βλ. 4.3).



Εικόνα 13: ElectrodeCap

Αξίζει να αναφέρουμε, πως τα ηλεκτρόδια είναι κανονικά 32. Ωστόσο, από το σύνολο των 32 ηλεκτροδίων, δε φαίνονται τα ηλεκτρόδια A1 και A2. Τα ηλεκτρόδια αυτά ήταν στα μάτια, προκειμένου να καταγράψουν τις κινήσεις των ματιών, ώστε να αφαιρεθούν τα αντίστοιχα trials.

Τα συνεχή EEG δεδομένα φιλτραρίστηκαν “high-pass” στο 1 Hz, για να αφαιρεθούν τα DC offsets και τα baseline drifts. Τα δεδομένα, στη συνέχεια, φιλτραρίστηκαν “low-pass” στα 45 Hz. Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση “clean_rawdata”, ένα EEGLAB plug-in [29] για την ανίχνευση των bad channels, καθώς και για την οπτική επιθεώρηση των ήδη εντοπισμένων bad channels, τα ηλεκτρόδια που έδειξαν ανώμαλη χρονική πορεία αποκλείστηκαν και παρεμβλήθηκαν. Έπειτα, έγινε εκ νέου αναφορά των σημάτων EEG στον κοινό μέσο όρο όλων των ηλεκτροδίων του τριχωτού της κεφαλής. Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε την Independent Component Analysis (ICA) [30] για τη διόρθωση του ανοίγματος και του κλεισίματος των ματιών. Για τη ημι-αυτοματοποίηση της διαδικασίας hand-labeling των τεχνητών συστατικών, πραγματοποιήθηκε απόρριψη με οπτική επιθεώρηση μαζί με την ταυτόχρονη εξέταση του εργαλείου SASICA [31]. Σε αμφιλεγόμενες περιπτώσεις, συμβουλευτήκαμε τις προτάσεις του εργαλείου MARA [32]. Οι οδηγίες SASICA παραμετροποιήθηκαν ως εξής: “Autocorrelation” (Threshold $r = \text{auto}$; Lag = 20ms), “Focal Components” (Threshold $z = \text{auto}$), “Correlation with EOG” (ενεργοποιημένη για VEOG και HEOG με threshold $r = 0,2$), “ADJUST” [33] και “FASTER” [34] μέθοδοι (ενεργοποιημένες για blink channels). Τέλος, κάναμε “epoched” τα συνεχή δεδομένα από -0,5 έως 1,0 δευτερόλεπτα γύρω από τον πρώτο τόνο προειδοποίησης.

4.2 Διαδικασία

Το πείραμά μας έγινε στο MATLAB, με τη βοήθεια του EEGLAB. Το EEGLAB είναι ένα toolbox, χρήσιμο για επεξεργασία δεδομένων που προέρχονται από ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), μαγνητοεγκεφαλογραφία (MEG) και άλλα ηλεκτροφυσιολογικά σήματα. Μαζί με όλα τα βασικά εργαλεία επεξεργασίας, μέσω του EEGLAB έχουμε την δυνατότητα να εφαρμόσουμε διάφορες μεθόδους επεξεργασίας δεδομένων, όπως η ανάλυση δεδομένων στα πεδία χρόνου/συχνότητας (time/frequency analysis). Το EEGLAB επιτρέπει στους χρήστες να εισάγουν τα ηλεκτροφυσιολογικά τους δεδομένα, να τα προεπεξεργαστούν, να απεικονίσουν τη δραστηριότητα του εγκεφάλου για κάθε δοκιμή του εκάστοτε πειράματος. Εν συνεχεία, οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να εξάγουν τα προεπεξεργασμένα δεδομένα τους από το EEGLAB για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Το

EEGLAB επιτρέπει επίσης στους χρήστες να ομαδοποιούν τα δεδομένα από τα διάφορα subject και να επιτελέσουν group-level αναλύσεις πάνω σε αυτά.

Το πρώτο στάδιο της προεπεξεργασίας των δεδομένων είναι η εισαγωγή των ακατέργαστων δεδομένων (RawData) στο EEGLAB, των μετρήσεων δηλαδή του EEG για κάθε άτομο που συμμετείχε στο πείραμά μας. Συνολικά είχαμε 36 εθελοντές, από τους οποίους οι 18 ήταν υγιείς και οι υπόλοιποι 18 ήταν ασθενείς με δυσμορφοφοβία. Έχουμε 30 χρονοσειρές για κάθε ένα από τα ηλεκτρόδια που τοποθετήθηκαν στο κεφάλι κάθε εθελοντή, με βάση το σύστημα 10-20. Οι διαστάσεις του πίνακα των δεδομένων μας είναι 30x2000x39 (ElectrodesxTimePointsxTrials).

Στο EEG καταγράφουμε τις τιμές των τάσεων σε κάθε ηλεκτρόδιο. Αυτές οι τάσεις είναι αποτέλεσμα ενός γραμμικού συνδυασμού της δραστηριότητας όλων των πραγματικών πηγών του εγκεφάλου στο σημείο που είναι τοποθετημένο το κάθε ηλεκτρόδιο. Είναι επιτακτικό σε πρώτη φάση, να ορίσουμε κάποιο ή κάποια ηλεκτρόδια αναφοράς, σε σχέση με τα οποία θα μετράμε τις τάσεις όλων των ηλεκτροδίων. Γνωρίζουμε ότι δεν υπάρχει η 'καλύτερη' τοποθεσία στο ανθρώπινο κεφάλι για να κάνει κανείς την αναφορά των ηλεκτροδίων. Για αυτό λοιπόν και προχωρήσαμε σε μια αναφορά η οποία γενικά είναι αποδεκτή από πολλούς επιστήμονες: η αναφορά στον μέσο όρο των τάσεων όλων των ηλεκτροδίων (Rereference on average). Το πλεονέκτημα της αναφοράς του μέσου όρου στηρίζεται στο γεγονός ότι τα εξωτερικά θετικά και αρνητικά ρεύματα που διατρέχουν ολόκληρο το κεφάλι θα αθροίζονται στο μηδέν λόγω του νόμου του Ohm, οπότε πετύχαμε με αυτήν την τακτική να ορίσουμε ένα επίπεδο μηδέν με βάση το οποίο θα μετράμε όλες τις τάσεις σε κάθε ηλεκτρόδιο.

Σε κάθε άτομο και σε κάθε ηλεκτρόδιο, κάνουμε μέσον όρο στα trials (mean across trials), δηλαδή στην τρίτη διάσταση. Οπότε, προκύπτουν τα ERPs. Στη συνέχεια, εστιάζουμε σε κάθε ηλεκτρόδιο και κάνουμε Grand Average για τους πρώτους 18 εθελοντές, που είναι οι υγιείς (CTL). Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία και για τους υπόλοιπους 18 εθελοντές, που είναι οι ασθενείς με BDD. Προκύπτουν, λοιπόν, τα Grand Average ERPs και για τις δύο κατηγορίες εθελοντών, σε κάθε ηλεκτρόδιο.

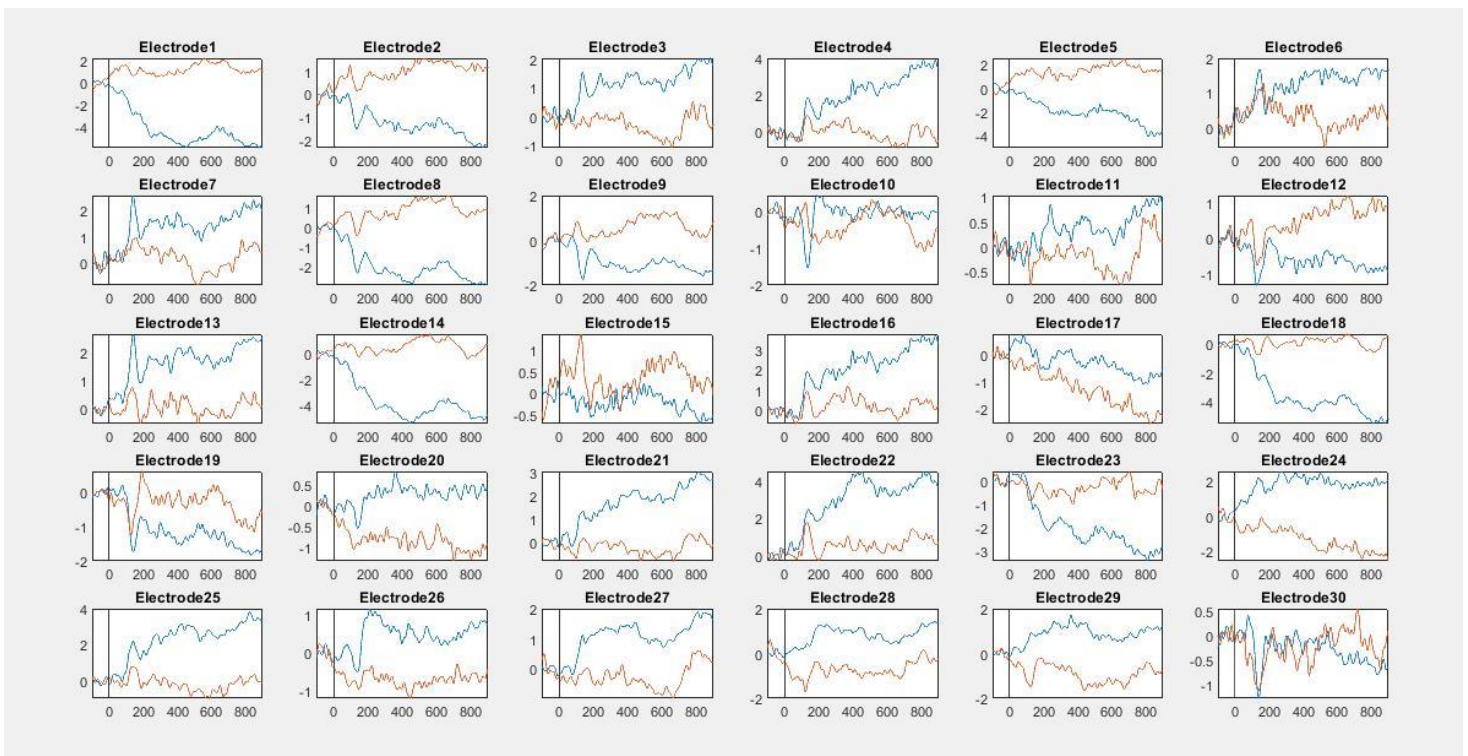
Έπειτα, εφαρμόζουμε baseline correction, σε κάθε epoch. Η μέθοδος αυτή είναι μια γραμμική διαδικασία κατά την οποία υπολογίζουμε τον μέσο όρο των σημείων της κυματομορφής πριν το ερέθισμα σε κάθε epoch και στην συνέχεια αφαιρούμε αυτόν τον μέσο όρο από κάθε σημείο της κυματομορφής σε αυτό το epoch. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, πετυχαίνουμε:

- την αφαίρεση μερικών θορυβωδών πηγών που παραμορφώνουν το χρήσιμο σήμα που προκύπτει μετά το εκάστοτε ερέθισμα και
- το κεντράρισμα της τιμής της κυματομορφής κάθε epoch την χρονική στιγμή 0 όσο το δυνατόν πιο κόντα στο μηδέν.

Πιο συγκεκριμένα στην δική μας περίπτωση εφαρμόσαμε baseline correction στο διάστημα [-100 msec,0 msec]

4.3 Αποτελέσματα

Από τις διαδικασίες που περιγράφηκαν παραπάνω, προέκυψαν στο Matlab τα figures που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 14: Figure

Σημειώνουμε ότι με κόκκινο χρώμα έχουμε τα Grand Average ERPs των ασθενών με δυσμορφοφοβία (BDD), ενώ με μπλε χρώμα έχουμε τα Grand Average ERPs των υγιών εθελοντών (CTL), που συμμετείχαν στο πείραμά μας. Ο κάθετος άξονας δείχνει την τιμή της τάσης σε μV , ενώ ο οριζόντιος αναφέρεται στο χρόνο σε msec. Στα 0 msec έχουμε το ερέθισμα.

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι υπάρχουν διαφορές σε κάθε ηλεκτρόδιο. Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι στα ηλεκτρόδια Fp1, F3, F7, AFz, FC3, Fpz και Fp2 τα Grand Average ERPs είναι ψηλότερα σε όλο το χρονικό παράθυρο στους ασθενείς με δυσμορφοφοβία (BDD), παρά στους υγιείς εθελοντές (CTL). Πρόκειται για τα ηλεκτρόδια, τα οποία έχουν τοποθετηθεί στο μπροστινό-αριστερό (όπως βλέπουμε την εικόνα 13) μέρος της κεφαλής των εξεταζόμενων. Στο ηλεκτρόδια F7 και FC3 η διαφορά μεγιστοποιείται μετά τα 600 msec, από τη στιγμή του ερεθίσματος. Στα υπόλοιπα ηλεκτρόδια, από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω (Fp1, F3, AFz, Fpz και Fp2), η διαφορά μεγιστοποιείται στο χρονικό διάστημα από 300 έως 500 msec.

Στα ηλεκτρόδια Fz, F4 και F8 τα Grand Average ERPs ξεκινούν να είναι ψηλότερα στους ασθενείς με δυσμορφοφοβία (BDD), μετά τα 100-200 msec και παραμένουν για το υπόλοιπο χρονικό παράθυρο. Είναι τα ηλεκτρόδια που έχουν τοποθετηθεί στο κεντρικό μέρος της κεφαλής και συγκεκριμένα, προς το κέντρο και δεξιά. Στα Fz και F4 η διαφορά μεγιστοποιείται στα 200 msec, ενώ στο F8 μέγιστη διαφορά φτάνει στη μέγιστη τιμή της στα 600 msec. Επίσης, στο ηλεκτρόδιο FT7 τα Grand Average ERPs είναι ψηλότερα στους ασθενείς με BDD, από τα 0 έως τα 200 msec (εκεί είναι και η μέγιστη διαφορά) και από τα 500 msec κι έπειτα. Στο ηλεκτρόδιο FC4 η μόνο διαφορά αρχίζει να εμφανίζεται μετά τα 600 msec. Τα Grand Average ERPs των ασθενών είναι και εκεί ψηλότερα.

Αντίθετα, στα ηλεκτρόδια TP7, FT8, C4, P4, T4, T6, Cz, Pz, CPz και CP4, τα Grand Average ERPs ήταν ψηλότερα σε όλο το χρονικό παράθυρο στους υγιείς εθελοντές (CTL), παρά στους ασθενείς της ψυχιατρικής διαταραχής που μελετάμε. Πρόκειται, δηλαδή, για αυτά που έχουν τοποθετηθεί στο κεντρικό και δεξιό μέρος της κεφαλής των εθελοντών. Στα ηλεκτρόδια TP7 και Cz η διαφορά μεγιστοποιείται στα 200 msec, από τη στιγμή που εμφανίζεται το ερέθισμα, ενώ στα υπόλοιπα (δηλαδή

στα FT8, C4, P4, T4, T6, Pz, CPz και CP4) η μέγιστη διαφορά εμφανίζεται στο χρονικό διάστημα από 300 έως 500 msec.

Στα ηλεκτρόδια CP3, P3, O1, T3, T5, Oz και O2 τα Grand Average ERPs ξεκινούν να είναι ψηλότερα στους υγιείς (CTL), μετά τα 100-200 msec και παραμένουν για το υπόλοιπο χρονικό παράθυρο. Είναι τα ηλεκτρόδια που έχουν τοποθετηθεί στο πίσω μέρος της κεφαλής. Στα CP3, P3, T3, T5 και O2, η διαφορά μεγιστοποιείται στο χρονικό διάστημα από 300 έως 500 msec, ενώ στα O1 και Oz η μέγιστη διαφορά γίνεται μέγιστη στα 600 msec και έπειτα.

Στο ηλεκτρόδιο FCz το Grand Average ERP είναι ψηλότερο στους ασθενείς με BDD, παρά στους υγιείς (CTL), στο χρονικό διάστημα από 100 έως 200 msec. Εκεί παρουσιάζεται και η μέγιστη διαφορά. Βέβαια, από τα 200 έως τα 400 msec και από τα 600 msec κι έπειτα, συμβαίνει το αντίστροφο. Σε αυτά τα χρονικά διαστήματα, έχουμε ψηλότερο Grand Average ERP στους υγιείς (CTL).

Κεφάλαιο 5 - Σχολιασμός

Από τα παραπάνω αποτελέσματα (βλ. 4.3), μπορούν να προκύψουν σημαντικά συμπεράσματα, σχετικά με το ποιες περιοχές του εγκεφάλου σχετίζονται με τις διαφορές ανάμεσα στους υγιείς εθελοντές και στους ασθενείς της δυσμορφοφοβίας, κατά την εκτέλεση του πειράματος.

Πιο συγκεκριμένα, στα περισσότερα ηλεκτρόδια (Fp1, F3, AFz, Fpz, Fp2, FT8, C4, P4, T4, T6, Pz, CPz, CP4, CP3, P3, T3, T5 και O2) είχαμε τη μέγιστη διαφορά στο διάστημα από 300 έως 500 msec, που αντιστοιχεί στο P300. Στα Fp1, F3, AFz, Fpz και Fp2 έχουμε ισχυρότερο P300 στους BDD, ενώ το στα υπόλοιπα, έχουμε ισχυρότερο P300 στους CTL. Το P300 είναι το component, το οποίο σχετίζεται με την επεξεργασία πληροφορίας του εξεταζόμενου όταν πρόκειται να λάβει μία απόφαση (decision-making). Οι περιοχές, λοιπόν, στις οποίες τοποθετήθηκαν τα συγκεκριμένα ηλεκτρόδια, πιθανόν να είναι υπεύθυνες για τις τελικές απαντήσεις των εξεταζομένων μόλις ακούστηκε ο δεύτερος προειδοποιητικός ήχος στο πείραμά μας.

Στα ηλεκτρόδια F7, FC3, F8, FC4, O1 και Oz έχουμε τη μέγιστη διαφορά στα 600 msec, που αντιστοιχεί στο P600. Όπως αναφέραμε και στην παράγραφο 2.2, το P600 είναι ένα component, το οποίο σχετίζεται με τη γλώσσα και συγκεκριμένα με την επεξεργασία προτάσεων, τόσο σε οπτικά (ανάγνωση), όσο και σε ακουστικά (ακρόαση) πειράματα. Στο δικό μας πείραμα, ίσως να αφορά την επεξεργασία της πρότασης που εμφανιζόταν σε κάθε δοκιμή.

Στα ηλεκτρόδια F4, FT7, TP7 και Cz έχουμε τη μέγιστη διαφορά στα 200 msec, που αντιστοιχεί στο P200, αφού έχουμε θετική κυματομορφή. Στο ηλεκτρόδιο TP7, έχουμε ισχυρότερο P200 στους υγιείς από ότι στους BDD. Στα ηλεκτρόδια Fz και FCz η διαφορά μεγιστοποιείται επίσης στα 200 msec, εκεί που στους BDD έχουμε θετική κυματομορφή (P200) και στους υγιείς (CTL) έχουμε αρνητική κυματομορφή (N200). Το P200 σχετίζεται με την οπτική αναζήτηση και την προσοχή, ενώ το N200 με τη χρονική απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς ήχους, σαν αυτούς που είχαμε στο δικό μας πείραμα.

Η μελέτη των σημάτων του εγκεφάλου, με τη βοήθεια του ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG), αποτελεί ένα πολύ σύγχρονο πεδίο της επιστήμης. Το σήμα EEG είναι πολυδιάστατο και μας επιτρέπει να πειραματιστούμε με διάφορες παραμέτρους (ανάλυση ERP, χρονοσυχνοτική ανάλυση, κλπ). Η ERP μελέτη έχει στη διάθεσή της μεγάλο εύρος επιλογών ως προς τα components ενδιαφέροντος. Με πειραματικές διαδικασίες, σαν αυτή που περιγράφει η παρούσα διπλωματική εργασία, μπορούμε να μελετήσουμε καλύτερα την δυσμορφοφοβία ή άλλες σοβαρές ψυχιατρικές διαταραχές και να αποκτήσουμε εφόδια για αντιμετώπισή τους. Στο μέλλον, σε περίπτωση ύπαρξης πειραματικών δεδομένων μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (MEG), θα είχε ενδιαφέρον να εφαρμοστεί το ίδιο πείραμα και σε αυτά, ώστε να προκύψουν ισοδύναμα αποτελέσματα και περιοχές, μελετώντας και το μαγνητικό πεδίο του εγκεφάλου.

Βιβλιογραφία-Πηγές

[1] Elizabeth Johnson. ΝευροΑνατομία

[2] Δημήτρης Βασιλόπουλος. Νευρολογία

[3] Davidson. Γενικές Αρχές και Κλινική Πράξη της Ιατρικής ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ

[4] Εγκέφαλος.

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B3%CE%BA%CE%AD%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%82>

[6] Ψευδαίσθηση.

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A8%CE%B5%CF%85%CE%B4%CE%B1%CE%AF%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7>

[7] Illusion.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Illusion>

[8] Oswald Külpe.

https://en.wikipedia.org/wiki/Oswald_K%C3%Bclpe

[9] Johann Christian Poggendorff.

https://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Christian_Poggendorff

[10] Poggendorff Illusion.

https://en.wikipedia.org/wiki/Poggendorff_illusion

[11] Kanizsa's Triangle.

<https://www.illusionsindex.org/i/kanizsa-triangle>

[12] Kendra Cherry. How Do Optical Illusions Work?

[13] Visual Illusions: Perception Of Luminance, Color And Motion In Humans.

<https://core.ac.uk/download/pdf/56343747.pdf>

[14] R.L. Gregory. Perceptual illusions and brain models

[15] Gerald Westheimer. Illusions in the spatial sense of the eye: Geometrical–optical illusions and the neural representation of space

[16] P300 (neuroscience).

[https://en.wikipedia.org/wiki/P300_\(neuroscience\)](https://en.wikipedia.org/wiki/P300_(neuroscience))

[17] N100.

<https://en.wikipedia.org/wiki/N100>

[18] N200 (neuroscience).

[https://en.wikipedia.org/wiki/N200_\(neuroscience\)](https://en.wikipedia.org/wiki/N200_(neuroscience))

[19] N400 (neuroscience).

[https://en.wikipedia.org/wiki/N400_\(neuroscience\)](https://en.wikipedia.org/wiki/N400_(neuroscience))

[20] P200.

<https://en.wikipedia.org/wiki/P200>

[21] Anastasios E. Giannopoulos, MEng. Deciding on optical illusions: Reduced alpha power in Body Dysmorphic Disorder

- [22] Αδριανός Γ. Κατσούρης. Ανάπτυξη αλγορίθμων προσδιορισμού του μακρινού πεδίου σημάτων ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος για την αξιολόγηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας
- [23] Brian J. Roach and Daniel H. Mathalon. Event-Related EEG Time-Frequency Analysis: An Overview of Measures and An Analysis of Early Gamma Band Phase Locking in Schizophrenia
- [24] Τσιανάκα Ι. Ελένη. Καταγραφή και Επεξεργασία Εγκεφαλικών Προκλητών Δυναμικών Σε Πειραματικές Συνθήκες Με Υποσυνείδητα Ερεθίσματα
- [25] Katie Groves, Steffan Kennett, Helge Gillmeister. Early visual ERPs show stable body-sensitive patterns over a 4-week test period
- [26] Sony Khemlani-Patel, Fugen Neziroglu, and Lauren M. Mancus. Cognitive-Behavioral Therapy for Body Dysmorphic Disorder: A Comparative Investigation
- [27] Angélica M. Prazeres, Antônio L. Nascimento, Leonardo F. Fontenelle. Cognitive-behavioral therapy for body dysmorphic disorder: a review of its efficacy
- [28] J. Polich. On the relationship between EEG and P300: individual differences, aging, and ultradian rhythms
- [29] Delorme A, Makeig S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis
- [30] Independent component analysis. https://en.wikipedia.org/wiki/Independent_component_analysis
- [31] Chaumon M, Bishop D V, Busch NA. A practical guide to the selection of independent components of the electroencephalogram for artifact correction. *J Neurosci Methods*.2015;250:47–63.
- [32] Winkler I, Haufe S, Tangermann M. Automatic classification of artifactual ICA components for artifact removal in EEG signals. *Behav brain Funct*. 2011;7(1):30.

[33] Mognon A, Jovicich J, Bruzzone L, Buiatti M. ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*. 2011;48(2):229–40.

[34] Nolan H, Whelan R, Reilly RB. FASTER: fully automated statistical thresholding for EEG artifact rejection. *J Neurosci Methods*. 2010;192(1):152–62.

[35] Oddball Paradigm.

https://en.wikipedia.org/wiki/Oddball_paradigm

[36] P600 (neuroscience)

[https://en.wikipedia.org/wiki/P600_\(neuroscience\)](https://en.wikipedia.org/wiki/P600_(neuroscience))

[37] NicoletOne EEG System

<https://neuro.natus.com/products-services/nicoletone-eeg-system>

[38] Gilles De La Tourette Syndrome

<https://www.nature.com/articles/nrdp201697>

[39] Αρχή της Αβεβαιότητας

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%AE_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%B1%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82