



**Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής**  
**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής**

**Διπλωματική Εργασία**

**Συναίσθημα και Βιοσήματα**

**Ανδρέας Τορίδης**

**Αριθμός Μητρώου 48017092**

**Επιβλέπουσα Αναπληρώτρια Καθηγήτρια**

**Δρ. Αικατερίνη Σκουρολιάκου**

**Αθήνα, Ιούλιος 2022**

**Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Η Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Αικατερίνη Σκουρολιάκου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Ερρίκος Βεντούρας

Καθηγητής

Μαρία Καλλέργη

Καθηγήτρια

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο υπογράφων Ανδρέας Τορίδης του Αλεξάνδρου, με αριθμό μητρώου 48017092 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

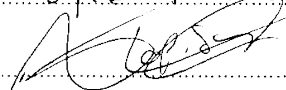
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου/διπλώματός μου».

Ημερομηνία

**22/07/2022**

Ο Δηλών

Τορίδης Ανδρέας  


## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την δυνατότητα της ανίχνευσης ανθρώπινων συναισθημάτων μέσω των παραγόμενων από το σώμα βιοσημάτων.

Αντίστοιχες εργασίες έχουν πραγματοποιηθεί και στο παρελθόν, με περιορισμένο συνδυασμό μετρήσεων. Οι εργασίες αυτές εξήγαγαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα γύρω από το ερώτημα αν πράγματι το βιοσήμα επηρεάζεται από το συναίσθημα. Ανάλυση εκτενέστερη, γύρω από τα πρωτόκολλα, τις μεθόδους και τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών, γίνεται στο κεφάλαιο 4.

Το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώθηκε αρχικά στην προσπάθεια παραγωγής θετικών και αρνητικών συναισθημάτων μέσω προβολής ανάλογου οπτικοακουστικού υλικού, που σχεδιάστηκε αποκλειστικά για αυτή τη μελέτη, στα υποκείμενα και εν συνεχεία στο σχεδιασμό και την προτυποποίηση ενός πρωτοκόλλου απαγωγής εγκεφαλικών και καρδιακών βιοσημάτων και επιφανειακής θερμοκρασίας σώματος.

Στην εργασία πήραν μέρος 10 εθελοντές και από τα δυο φύλα, ηλικίας από 20 έως 50 χρόνων. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την απαγωγή των βιοσημάτων περιλάμβανε την πολυσυσκευή Biopac MP150. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν από αυτήν οι βιοενισχυτές Ηλεκτροεγκεφαλογράφου και Ηλεκτροκαρδιογράφου, καθώς και μια Θερμοκάμερα Υπέρυθρης Ακτινοβολίας της εταιρείας FLIR μοντέλο T440.

Η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν οδήγησε σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα συσχέτισης των βιοσημάτων και της συναισθηματικής κατάστασης ενός ανθρώπου. Οι παράμετροι που ανέδειξαν δυνατότητα διάκρισης μεταξύ θετικών και αρνητικών συναισθημάτων ήταν οι διαφορές θερμοκρασίας σε περιοχές του προσώπου και οι διαφορές στον καρδιακό ρυθμό. Τα αποτελέσματα της εργασίας αναδεικνύουν το δυναμικό των ανθρώπινων βιοσημάτων στην αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης ενός ατόμου.

**Λέξεις κλειδιά:** Neuroscience, Emotions, Biosignals, EEG, ECG, IRT, Biopac MP150.

## ABSTRACT

This thesis investigates the possibility of detecting human emotions through the biosignals produced by the body.

The research interest was initially focused on the attempt to produce positive and negative emotions through the observation of relevant audio-visual material, designed for this study, from the subjects and then on the design and standardisation of a protocol for eliciting brain and heart biosignals and body surface temperature.

Ten volunteers of both sexes, aged between 20 and 50, participated in the project. The equipment used for capturing the biosignals included the Biopac MP150 multi-device, and more specifically the electroencephalograph and electrocardiograph bioamplifiers, as well as a FLIR Model T440 Infrared Thermal Camera.

The processing of the collected data led to interesting conclusions on the correlation of biomarkers to the emotional state of a person. The parameters that could differentiate between positive and negative emotions were temperature differences in areas of the face as well as differences in heart rate intervals. The results of the work highlight the potential of human biomarkers in recognizing a person's emotional state.

**Keywords:** Neuroscience, Emotions, Biosignals, EEG, ECG, IRT, Biopac MP150.

## **Ευχαριστίες:**

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα Αν. Καθηγήτρια Κατερίνα Σκουρολιάκου για την αδιάκοπη υποστήριξη που μου προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας, στον Καθηγητή Ερρίκο Βεντούρα για την παροχή του απαραίτητου εξοπλισμού και τις πολύτιμες οδηγίες για την χρήση του, όπως επίσης και στην Καθηγήτρια Μαρία Καλλέργη για την στήριξη και τις χρήσιμες συμβουλές που μου παρείχε καθ'όλη την διάρκεια της.

## Περιεχόμενα

|  |    |
|--|----|
| 0. Εισαγωγή .....                                | 8  |
| 1. Σχετικά με τον εγκέφαλο .....                 | 9  |
| 1.1 Συναισθηματικά Κέντρα του Εγκεφάλου .....    | 10 |
| 1.1.1 Νησιωτικός Φλοιός ή Νησίδα (Insula) .....  | 11 |
| 1.1.2 Αμυγδαλή (Amygdala) .....                  | 12 |
| 1.1.3 Υποθάλαμος (Hypothalamus) .....            | 14 |
| 1.1.4 Μεσεγκέφαλος (Midbrain) .....              | 14 |
| 2. Σχετικά με το Συναίσθημα .....                | 19 |
| 2.1 Μέσα διέγερσης Συναισθημάτων .....           | 20 |
| 2.1.1 Εικόνα (Όραση) .....                       | 21 |
| 2.1.2 Ήχος (Ακοή) .....                          | 21 |
| 2.1.3 Μυρωδιές (Όσφρηση) .....                   | 22 |
| 2.1.4 Αίσθηση (Αφή) .....                        | 23 |
| 2.1.5 Χημικές Ουσίες (Γεύση) .....               | 24 |
| 2.2 Οι Ορμόνες των Συναισθημάτων .....           | 25 |
| 2.2.1 Αδρεναλίνη .....                           | 26 |
| 2.2.2 Κορτιζόλη .....                            | 27 |
| 2.2.3 Ντοπαμίνη .....                            | 27 |
| 2.2.4 Μελατονίνη .....                           | 28 |
| 2.2.5 Σεροτονίνη .....                           | 29 |
| 2.2.6 Ωκυτοκίνη .....                            | 29 |
| 2.3 Ο ρόλος των Συναισθημάτων στην Ζωή μας ..... | 30 |
| 3. Μέσα Απαγωγής Φυσιολογικών Σημάτων .....      | 33 |
| 3.1 EEG (Electroencephalography) .....           | 33 |
| 3.1.1 Ορισμός .....                              | 33 |
| 3.1.2 Ιστορική Αναδρομή .....                    | 33 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.3 Αρχή Λειτουργίας.....                              | 34        |
| 3.1.4 Ιατρικές χρήσεις EEG.....                          | 35        |
| 3.1.5 Μέρη του Ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG).....          | 36        |
| 3.2 ECG (Electrocardiography).....                       | 37        |
| 3.2.1 Ορισμός.....                                       | 37        |
| 3.2.2 Ιστορική Αναδρομή.....                             | 37        |
| 3.2.3 Αρχή Λειτουργίας.....                              | 38        |
| 3.2.4 Ιατρικές χρήσεις ECG.....                          | 39        |
| 3.2.5 Μέρη του Ηλεκτροκαρδιογράφου (ECG).....            | 40        |
| 3.3 IRT (Infrared Thermography).....                     | 41        |
| 3.3.1 Ορισμός.....                                       | 41        |
| 3.3.2 Ιστορική Αναδρομή.....                             | 41        |
| 3.3.3 Αρχή Λειτουργίας.....                              | 42        |
| 3.3.4 Ιατρικές χρήσεις IRT.....                          | 44        |
| 3.3.5 Μέρη του Υπέρυθρου θερμογράφου (IRT).....          | 44        |
| 3.4 Φυσιολογικά σήματα για την ανίχνευση βιοσημάτων..... | 46        |
| <b>4. Υλικά και Μεθοδολογία.....</b>                     | <b>48</b> |
| 4.1 Εξοπλισμός.....                                      | 48        |
| 4.2 Υλικά.....   | 51        |
| 4.3 Πρωτόκολλα και Διαδικασίες.....                      | 53        |
| 4.4 Επεξεργασίες και Μέθοδοι.....                        | 57        |
| <b>5. Αποτελέσματα.....</b>                              | <b>59</b> |
| <b>6. Συμπεράσματα - Μελλοντικές Εφαρμογές.....</b>      | <b>67</b> |
| 6.1 Συμπεράσματα.....                                    | 67        |
| 6.2 Μελλοντικές Εφαρμογές.....                           | 69        |
| <b>7. Βιβλιογραφία.....</b>                              | <b>70</b> |
| <b>8. Βιβλιογραφία Εικόνων - Links.....</b>              | <b>78</b> |
| <b>9. Παραρτήματα.....</b>                               | <b>81</b> |



## Εισαγωγή

Αφορμή της παρούσης πειραματικής εργασίας στάθηκε μια απορία σχετικά με το αν οι άνθρωποι που κλινικά χαρακτηρίζονται σε «φυτική κατάσταση» μετά από σοβαρές βλάβες στο κεντρικό νευρικό σύστημα, παρότι το σώμα τους δεν μπορεί να ανταποκριθεί σε διάφορα ερεθίσματα, είναι σε θέση ο εγκέφαλος τους να αντιλαμβάνεται και να αντιδρά. Η αντίδραση αυτή μπορεί να είναι είτε άμεση, με την παραγωγή ορισμένων εγκεφαλικών συχνοτήτων, είτε έμμεση μέσω επίδρασης σε μηχανισμούς της ομοιόστασης, όπως η αλλαγή του καρδιακού ρυθμού ή της θερμοκρασίας. Στην εν λόγω εργασία γίνεται μια προσπάθεια ανάδειξης μεθόδων εξαγωγής και επεξεργασίας πληροφορίας μέσω των βιοσημάτων του ανθρώπινου σώματος, όταν αυτό εκτεθεί σε συναισθηματικά διεγερτικούς παράγοντες όπως εικόνες και ήχοι. Ο τελικός στόχος είναι η διερεύνηση της δυνατότητας ανίχνευσης ανθρώπινων συναισθημάτων μέσω των παραγόμενων από το σώμα βιοσημάτων.

Καθότι η εργασία έχει ακαδημαϊκό χαρακτήρα και ο εργαστηριακός εξοπλισμός έχει πολύ περιορισμένες δυνατότητες, τα πειράματα έγιναν σε υγιή υποκείμενα. Για την παραγωγή θετικών και αρνητικών συναισθημάτων χρησιμοποιήθηκε οπτικοακουστικό υλικό που δημιουργήθηκε αποκλειστικά για την παρούσα διπλωματική εργασία. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την απαγωγή των βιοσημάτων αποτελούνταν από ένα πολυμηχάνημα ανίχνευσης και καταγραφής ΗΕΓ/ΗΚΓ καθώς και από μια Υπέρυθη θερμική κάμερα.

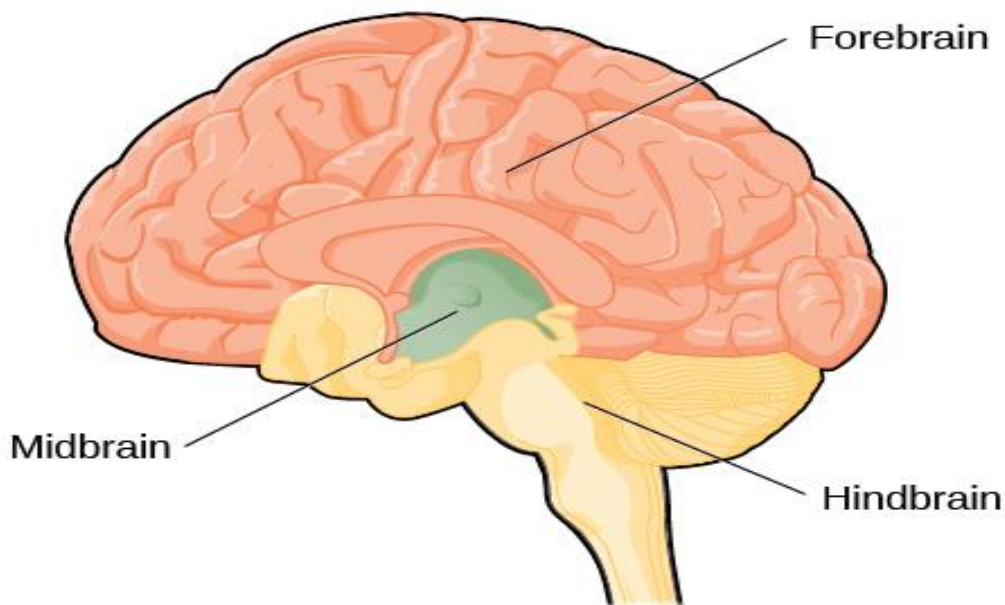
Για την διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων σε ανθρώπους δόθηκε έγκριση από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής με αριθμό πρωτοκόλλου 57277/20-06-2022. (Παράρτημα Β')

Στα πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια εισαγωγής στο πεδίο της φυσιολογίας του ανθρώπινου εγκεφάλου, στα συναισθηματικά κέντρα και στους μηχανισμούς που χρησιμοποιεί. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η σπουδαιότητα των συναισθημάτων για τον άνθρωπο και περιγράφονται οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην δημιουργία αυτών καθώς και οι σημαντικότερες ορμόνες. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια ευρύτερη ανασκόπηση με ιστορική αναδρομή, αρχές λειτουργίας και τα μέρη του εξοπλισμού της πειραματικής διαδικασίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται αναλυτικά τα υλικά, οι μεθοδολογίες επεξεργασίας των βιοσημάτων καθώς και τα πρωτόκολλα της διαδικασίας. Στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τα πειράματα και στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα και πιθανές μελλοντικές εφαρμογές σε συναφή πεδία.

## 1. Σχετικά με τον εγκέφαλο

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο όργανο, ίσως το πιο πολύπλοκο όργανο που διαθέτει το ανθρώπινο σώμα. Το όργανο αυτό με μέσο βάρος κοντά στα 1500 γραμμάρια [Wikipedia] (το ακριβές βάρος διαφέρει ανά ηλικία, φύλο, κοινωνική τάξη και φυλή), αποτελείται από περίπου 60% λίπος (λόγω μυελίνης στους άξονες των νευρογλοιακών κυττάρων) και 40% από έναν συνδυασμό νερού, αλάτων, πρωτεϊνών και υδατανθράκων. Για αρκετά χρόνια επικρατούσε η αντίληψη πως ο εγκέφαλος είναι μυς, τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάπτυξης της νευροεπιστήμης και εκτεταμένων μελετών έγινε γνωστό πως είναι ένα συνονθύλευμα από αιμοφόρα αγγεία και νεύρα, συμπεριλαμβανομένων των νευρογλοιακών κυττάρων και των νευρώνων [John Hopkins Medicine]. Ο εγκέφαλος ελέγχει την μνήμη, την σκέψη, την αφή, το συναίσθημα, την αναπνοή, την όραση, τις κινητικές δεξιότητες, την πείνα, την θερμοκρασία και κάθε άλλη διαδικασία που ρυθμίζεται στο σώμα μας [Rushton, P., Ankey, D., 1996]. Συνοπτικά θα μπορούσαμε να τον χαρακτηρίσουμε με 4 προσδιορισμούς, ως: έδρα της νοημοσύνης, ελεγκτή της συμπεριφοράς, ερμηνευτή των αισθήσεων και εκκινήτη της κίνησης του σώματος. Ο εγκέφαλος μαζί με τον νωτιαίο μυελό που εκτείνεται από τον εγκέφαλο αποτελούν το ΚΝΣ (κεντρικό νευρικό σύστημα).

Ο εγκέφαλος μπορεί να χωριστεί σε τρεις βασικές μονάδες, τον πρόσθιο (forebrain) και οπίσθιο (hindbrain) εγκέφαλο και τον μεσεγκέφαλο (midbrain) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Βασικά μέρη ανθρώπινου εγκεφάλου

Ο **πρόσθιος εγκέφαλος** (Forebrain) είναι το πιο ανεπτυγμένο και το μεγαλύτερο τμήμα του ανθρώπινου εγκεφάλου. Αποτελείται από τον εγκέφαλο (με πολλές και διαφορετικά λειτουργικές περιοχές), τον θάλαμο, τον υποθάλαμο και τον εγκεφαλικό φλοιό. Το μεγαλύτερο μέρος του είναι ο εγκέφαλος, ο οποίος ελέγχει μεταξύ άλλων την ομιλία, την σκέψη, την κρίση, την λογική, την επίλυση προβλημάτων, την μάθηση και τα συναισθήματα.

Ο **μεσεγκέφαλος** (Midbrain) αποτελεί το ανώτερο τμήμα του εγκεφαλικού στελέχους, ελέγχει ορισμένες αντανακλαστικές ενέργειες, διευκολύνει ένα μέρος των αισθήσεων όπως η ακοή, αλλά εμπλέκεται επίσης και σε ορισμένες εκούσιες κινήσεις. Ένα επίσης πολύ βασικό χαρακτηριστικό του μεσεγκεφάλου είναι πως διαθέτει την μέλαινα ουσία, ουσία πλούσια σε παραγωγή ντοπαμίνης, σημαντικό συστατικό της βιολογικής συνταγής για την παραγωγή της «χαράς». [John Hopkins Medicine]

Ο **οπίσθιος εγκέφαλος** (Hindbrain) περιλαμβάνει το ανώτερο στέλεχος του νωτιαίου μυελού, το εγκεφαλικό στέλεχος και την παρεγκεφαλίδα. Βασικός του ρόλος είναι ο έλεγχος των ζωτικών λειτουργιών του σώματος, όπως ο καρδιακός ρυθμός και η αναπνοή. [National Institute of Neurological Disorder and Stroke, 2021] [Miller, K., 2011]

## 1.1 Συναισθηματικά Κέντρα του Εγκεφάλου

Οι μέχρι σήμερα μελέτες δεν έχουν απαντήσει πλήρως στα ερωτήματα «ποια είναι και πού ακριβώς βρίσκονται τα κέντρα παραγωγής συναισθημάτων μέσα στον εγκέφαλο;». Υπάρχουν έρευνες βασισμένες σε λειτουργικές απεικονίσεις του εγκεφάλου, μέσω functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) και Positron Emission Tomography (PET), που καταδεικνύουν την αλληλουχία ενεργοποίησης περιοχών του εγκεφάλου ως απόκριση σε διάφορες συναισθηματικές καταστάσεις των εξεταζόμενων, με το μεταιχμιακό σύστημα να φαίνεται μέχρι σήμερα ότι έχει τον κυρίαρχο ρόλο. Παρότι δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία για την κατάδειξη διακριτών κατηγοριών συναισθημάτων που να μπορούν να εντοπιστούν σε σταθερές και διακριτές περιοχές του εγκεφάλου, παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια συγκεκριμενοποίησης και αντιστοίχισης των ανατομικών δομών του εγκεφάλου με έκαστο συναίσθημα, βασισμένη σε αντίστοιχες εργασίες, καθώς και πραγματικές εικόνες του εγκεφάλου σε εξεταζόμενους που βιώνουν διάφορα συναισθήματα. [Lindquist A., et al, 2015]

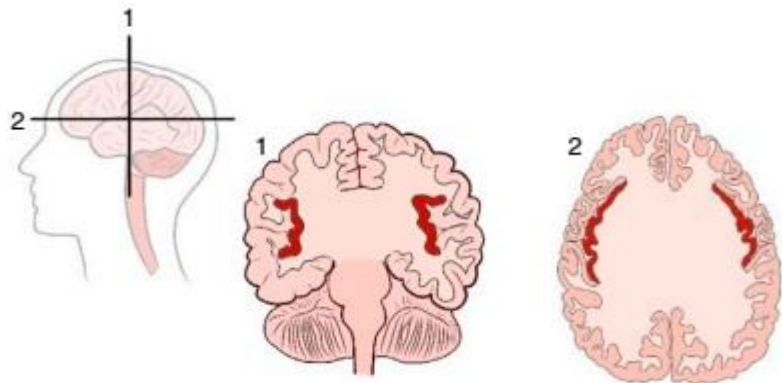
Σκοπός αυτής της απλοποίησης είναι η διευκόλυνση της κατανόησης όλων αυτών των εγκεφαλικών δομών και πώς επιδρούν τελικά στον συναισθηματικό μας κόσμο.

Με τις έως τώρα έρευνες που είχαν πραγματοποιηθεί ήμασταν σε θέση να γνωρίζουμε πως για την παραγωγή των συναισθημάτων εμπλεκόταν μόνο ο πρόσθιος εγκέφαλος (με πρωταγωνιστικό ρόλο) και ο μεσεγκέφαλος. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε πως συμμετέχει και ένα μέρος από το τρίτο μέρος του εγκεφάλου (τον οπίσθιο εγκέφαλο), και πιο συγκεκριμένα η παρεγκεφαλίδα. [Schutter, D., Honk, J., 2005]

### 1.1.1 Νησιωτικός Φλοιός ή Νησίδα (Insula)

Ξεκινώντας από το ανώτερο γεωγραφικά μέρος του εγκεφάλου, στον πρόσθιο εγκέφαλο, στα σύνορα με τον μεταιχμιακό φλοιό, διπλωμένη βαθιά μέσα στην πλευρική αύλακα κάθε ημισφαιρίου, συναντάται ένα από τα βασικότερα συναισθηματικά κέντρα, η Νησίδα ή νησιωτικός φλοιός (Insula)

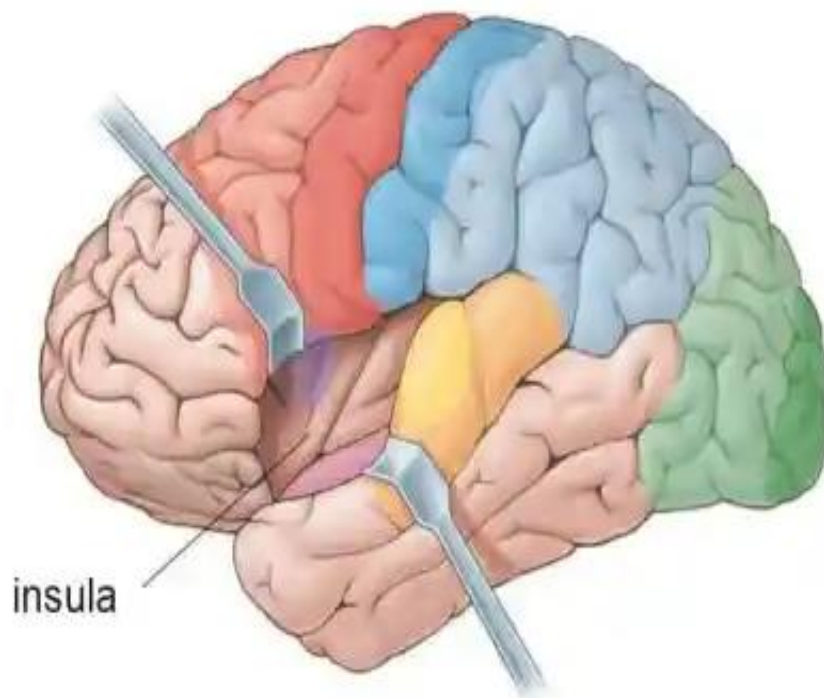
(Εικόνα 2). Η ανθρώπινη νησίδα χωρίζεται σε ένα πρόσθιο και ένα οπίσθιο τμήμα. Είτε βλέπει κανείς τον άνθρωπο με τον οποίο είναι ερωτευμένος, είτε προσπαθεί να ακούσει τους παλμούς της καρδιάς του, είτε υποφέρει από



**Εικόνα 2.** Ανατομική θέση ανθρώπινης Νησίδας

πονοκέφαλο, είτε αισθάνεσαι την επιθυμία για ένα γλυκό, ένα μέρος του εγκεφάλου θα δείξει έντονα αυξημένη δραστηριότητα, η νησίδα. Η νησίδα έχει σημαντικό ρόλο σε ποικιλία λειτουργιών, από αισθητηριακές επεξεργασίες για την αναπαράσταση των συναισθημάτων, την πρόβλεψη κινδύνου και την λήψη απόφασης, έως και πολύπλοκες κοινωνικές λειτουργίες όπως είναι η ενσυναίσθηση. Αποτελεί ανατομικό κόμβο που συνδέει εγκεφαλικά συστήματα μεγάλης κλίμακας, με συνδεσιμότητα σε ένα εκτενές δίκτυο από φλοιώδεις και υποφλοιώδεις περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες εξυπηρετούν συναισθηματικές, γνωστικές και αισθητηριακές λειτουργίες. Επίσης συνδέεται με στελέχη του μεταιχμιακού συστήματος, όπως η αμυγδαλή και ο υποθάλαμος, που θα αναφερθούν εκτενέστερα παρακάτω, ως επίσης συναισθηματικά κέντρα. Συνολικά ο νησιωτικός φλοιός επηρεάζεται ισχυρά από χημικές ουσίες όπως ντοπαμίνη, σεροτονίνη και νεροπινεφρίνη, ουσίες γνωστές ως νευροδιαβιβαστές που με την απουσία ή την παρουσία τους καταστέλλουν ή διεγείρουν την παραγωγή σημάτων στο νευρικό μας σύστημα και κατ' επέκταση την δημιουργία συναισθημάτων [Current Biology, 2017].

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ανθρώπους και ζώα έδειξαν πως ο νησιώτικος φλοιός εμπλέκεται στην επεξεργασία κυρίως αρνητικών συναισθημάτων, όπως θυμός, φόβος, αηδία, άγχος και λύπη [Corradi-Dell'Acqua et al, 2015]. Υπάρχουν όμως και κάποιες μελέτες που συνδέουν τον νησιώτικο φλοιό (Εικόνα 3), πέραν από αρνητικά και με θετικά συναισθήματα, όπως ευτυχία, έκπληξη και εμπιστοσύνη. Πιο συγκεκριμένα ο πρόσθιος φλοιός της νήσου, που θεωρείται ως το κυρίαρχο λειτουργικά στέλεχος όσο αφορά τις αισθήσεις, είναι υπεύθυνος για



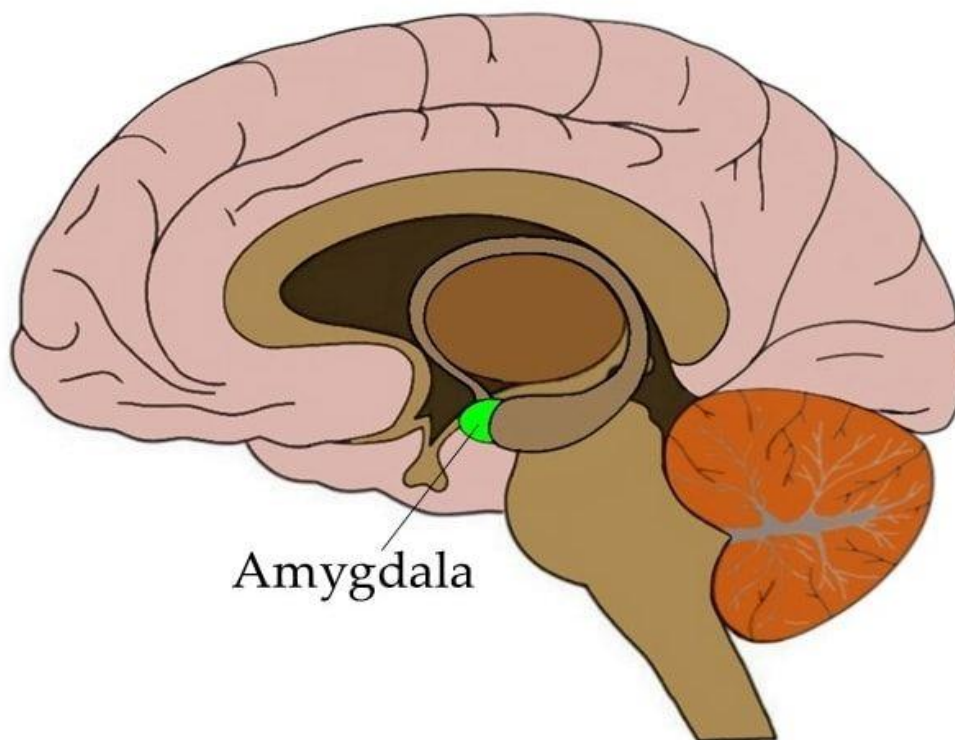
**Εικόνα 3.** Νησίδα ή Νησιωτικός φλοιός

το σύνολο των περιβαλλοντικών εμπειριών και τις καταγράφει στιγμιαία. Ως εκ τούτου διαφαίνεται πως η νησίδα συμμετέχει στην σπλαχνική εμπειρία όλων των συναισθημάτων. [Rebecca, A., et al, 2020] Έρευνες έδειξαν πως το αριστερό μέρος του πρόσθιου φλοιού της νησίδας μπορεί να συσχετιστεί με θετικά συναισθήματα και το δεξί μέρος με την επεξεργασία αρνητικών συναισθημάτων. [Craig, A., 2009]

### **1.1.2 Αμυγδαλή (Amygdala)**

Περνώντας εσωτερικά του εγκεφάλου και του νησιωτικού φλοιού βρίσκεται το επόμενο πολύ σημαντικό συναισθηματικό κέντρο, η αμυγδαλή. Στον ιατρικό χώρο και στις εργασίες είθισται να την αναφέρουν ως ενικού αριθμού, παρόλα αυτά αμυγδαλή υπάρχει σε κάθε ημισφαίριο του εγκεφάλου. Για τον λόγο αυτό επίσης στην παρούσα εργασία θα αναφέρονται σε ενικό αριθμό. Η αμυγδαλή αναγνωρίζεται ως πολύπλοκη επικοινωνιακή δομή και αποτελεί μέρος του

μetailμακού συστήματος. Παρά την σπουδαιότητα της καταλαμβάνει μόλις το 0,3% του συνολικού όγκου του εγκεφάλου [Schumann et al., 2011]. Η αμυγδαλή βρίσκεται ανάμεσα του ιππόκαμπου και του υποθαλάμου (Εικόνα 4). Πρακτικά είναι προέκταση του ιππόκαμπου, στον οποίον μεταδίδει και πληροφορίες [Sokolowski, K., Gorbin, J., 2012] Λειτουργεί ως ένας φορέας επικοινωνίας ο οποίος αντιλαμβάνεται, επεξεργάζεται και μεταδίδει πληροφορίες συναισθημάτων, όπως ο φόβος ή ο θυμός, στον υποθάλαμο (μέσω του ιππόκαμπου) ενεργοποιώντας τελικά στον οργανισμό την απόκριση της φυγής ή της μάχης. [Simic, G., et al, 2021] Μέσω του υποθαλάμου επικοινωνούν με το αυτόνομο νευρικό σύστημα, στο οποίο δίνει εντολή απελευθέρωσης ορμονών του στρες. Οι ορμόνες αυτές είναι υπεύθυνες για φυσιολογικές αλλαγές που σχετίζονται με τον πανικό, τον τρόμο και το άγχος και έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένη παροχή ενέργειας στο σώμα, ταχυκαρδία, επιτάχυνση αναπνοής κ.α. [Harvard Health Publishing, 2020]. Η αμυγδαλή έχει αναγνωριστεί ως μια από τις βασικές



**Εικόνα 4.** Αμυγδαλή δεξιού ημισφαιρίου κυρίως Εγκεφάλου

εγκεφαλικές περιοχές που είναι στενά εμπλεκόμενες με την επεξεργασία του άγχους, του φόβου και του πόνου, άλλες περιοχές σχετικές επίσης είναι η νησίδα, ο ιππόκαμπος και ο υποθάλαμος. [Nanda, U., et al, 2012]

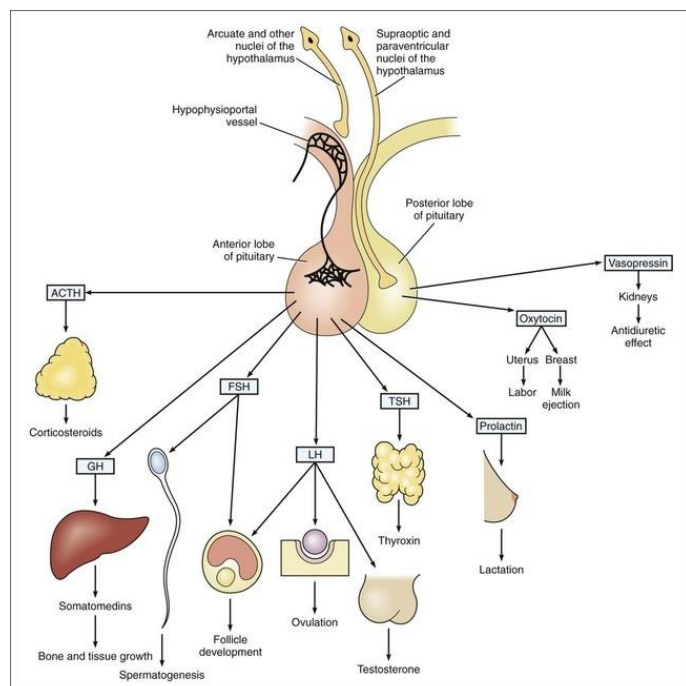
Παρότι πληθώρα ερευνών έχει επικεντρωθεί κυρίως στο ρόλο των αμυγδαλών συσχετιζόμενες με αρνητικά συναισθήματα και φόβο, έρευνες σε ανθρώπους και ζώα έχουν συσχετίσει την

αμυγδαλή και σε διαδικασίες που σχετίζονται με θετικά συναισθήματα, συναισθήματα ανταμοιβής και μάθησης. Αυτές οι διαδικασίες αποδίδονται κυρίως στο ανατομικό στέλεχος της βασεοπλαγίου αμυγδαλής. [Baxter, M., Murray, E., 2002] Μία ακόμα σημαντική λειτουργία της αμυγδαλής είναι η ικανότητα να αποδίδει θετικό ή αρνητικό νόημα στις στιγμές μας, μετατρέποντας τις είτε ως χαρούμενες είτε ως τραυματικές αναμνήσεις [Schumann et al. 2011]. Συνολικά η αμυγδαλή επηρεάζεται ισχυρά από χημικές ουσίες όπως κορτικοτροπίνη, δυνορφίνη που η ύπαρξη τους σχετίζεται άμεσα με το στρες και την δημιουργία μορίων όπως εγκεφαλίνη, υποκρετίνη, ορφανίνη και ωκυτοκίνη που η ύπαρξη τους δρα με τρόπο διεγερτικό ή ανασταλτικό, ανάλογα το μόριο και την περιεκτικότητά του. [Neugebauer, V., et al, 2020]

### 1.1.3 Υποθάλαμος (Hypothalamus)

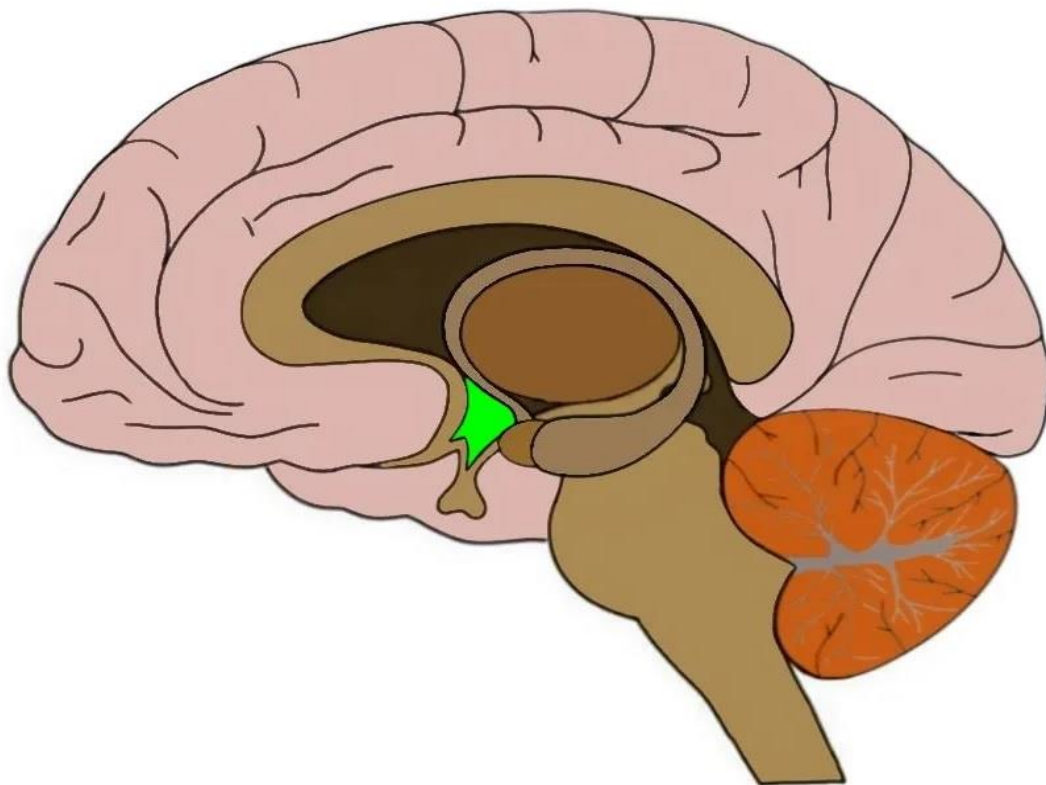
Περνώντας εν τω βάθει του εγκεφαλικού στελέχους, σε άμεση συνεργασία με την αμυγδαλή βρίσκεται ο Υποθάλαμος (Εικόνα 5). Εντοπίζεται κάτω από τον εγκεφαλικό θάλαμο και πάνω από την υπόφυση (Εικόνα 6). Καταλαμβάνει λίγο παραπάνω από το 2% του συνολικού όγκου

ολόκληρου του εγκεφάλου. Είναι βασικός ρυθμιστής της λειτουργίας της υπόφυσης και της ομοιοστατικής ισορροπίας και η σημαντικότερη λειτουργία του είναι η σύνδεση του νευρικού συστήματος με το ενδοκρινικό σύστημα. Αν θα ήταν εφικτό να χαρακτηριστεί με μια λέξη ο υποθάλαμος σύμφωνα με την αρμοδιότητά του, θα μπορούσε να ονομαστεί ως «μετατροπέας», καθότι ο βασικός του ρόλος είναι να μετατρέπει τα νευρικά σήματα σε ορμονικά.



Πέραν της λειτουργίας του ως **Εικόνα 5. Σχέση Υποθαλάμου και οργάνων** μετατροπέας, στον υποθάλαμο υπάρχουν επίσης κέντρα ελέγχου της καρδιακής συχνότητας, της αρτηριακής πίεσης, της λειτουργίας του γαστρεντερικού συστήματος καθώς και του θερμορυθμιστικού κέντρου [Lechan, R., et al, 2016]. Οι ορμόνες που εκκρίνει ο υποθάλαμος είναι η ορμόνη απελευθέρωσης της αυξητικής ορμόνης (GHRH), η σωματοστατίνη [Proudan, N., et al, 2015], η ορμόνη απελευθέρωσης του θυρεοειδούς (TRH), η ορμόνη διέγερσης της

γοναδοτροπίνης (FSH) και η ντοπαμίνη [Melmed, S., chapter 15, 2017]. Η μεταφορά των ορμονών του υποθαλάμου δεν γίνεται μέσω της γενικής κυκλοφορίας, αλλά μέσω ενός αγγειακού δικτύου που βρίσκεται στο πυλαίο σύστημα, και πιο συγκεκριμένα στον μίσχο της υπόφυσης. Επίσης σήματα στέλνει και στα επινεφρίδια για την παραγωγή κάποιων ορμονών, όπως είναι η κορτιζόλη και η αδρεναλίνη. Σκοπός της παραγωγής αυτών των ορμονών και της εισχώρησής τους στο κυκλοφορικό σύστημα (αίμα), είναι για την πρόκληση φυσικών αλλαγών στο ανθρώπινο σώμα, όπως αύξηση του καρδιακού ρυθμού, αλλαγή του ρυθμού αναπνοής, αλλαγή επιπέδων σακχάρου στο αίμα, ακόμα και παραγωγή ιδρώτα. [Lindquist A., et al, 2015]



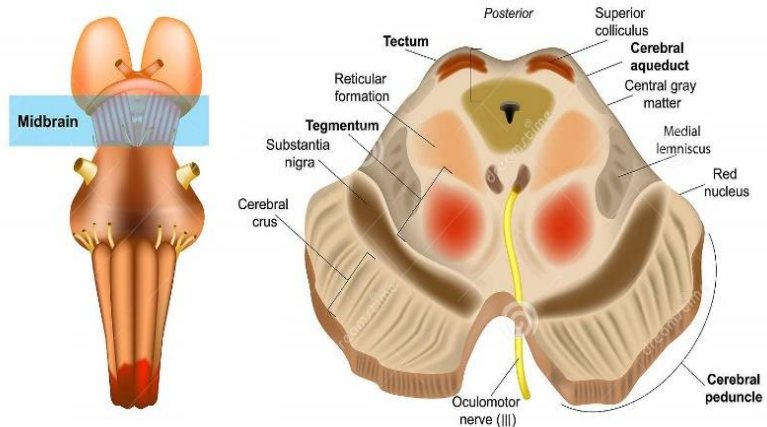
**Εικόνα 6.** Υποθάλαμος δεξιού ημισφαιρίου κυρίως Εγκεφάλου

#### 1.1.4 Μεσεγκέφαλος (Midbrain)

Εξετάζοντας το τελευταίο ανατομικά συναισθηματικό κέντρο (με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω), παρατηρείται ο μεσεγκέφαλος. Βρίσκεται μεταξύ του πρόσθιου και οπίσθιου



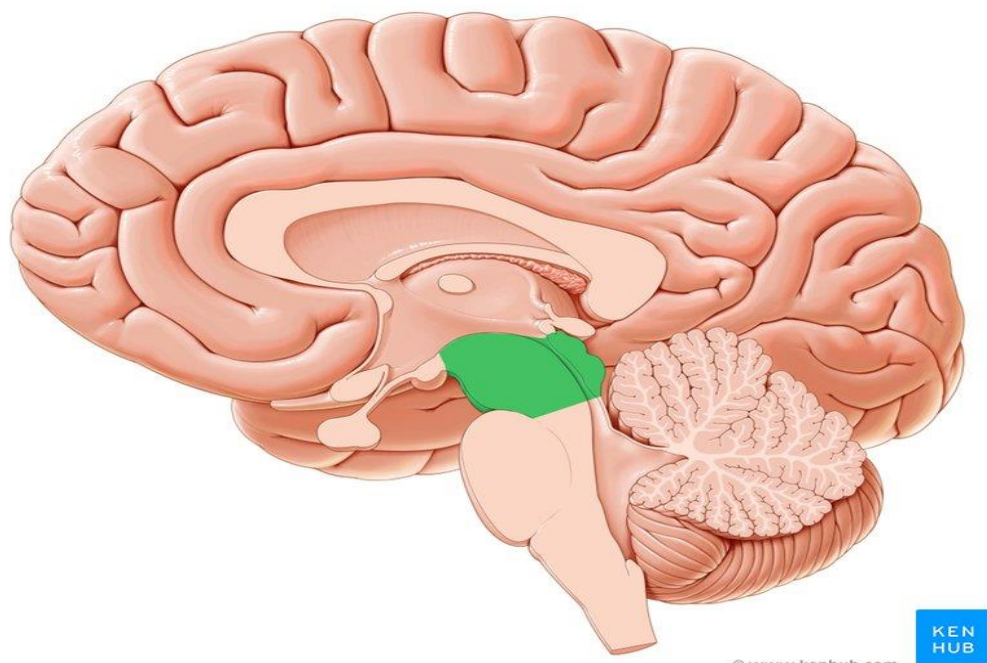
εγκεφάλου και είναι η πιο μικρή περιοχή του εγκεφάλου συγκριτικά με τα άλλα δύο στελέχη. Εξυπηρετεί σημαντικές κινητικές λειτουργίες, ιδιαίτερα στην κίνηση των οφθαλμών, την ακουστική και οπτική επεξεργασία και φυσικά συμμετέχει στον



**Εικόνα 7.** Αναλυτικά τα μέρη του Μεσεγκεφάλου

συναισθηματικό μας κόσμο. Ο μεσεγκέφαλος δεν είναι μια ενιαία δομή, αποτελείται από αρκετούς πυρήνες και κέντρα ελέγχου λειτουργιών (Εικόνα 7). Το πιο σημαντικό στέλεχος του μεσεγκεφάλου όσο αφορά τον συναισθηματικό κόσμο του ανθρώπου ονομάζεται περιδραγωγική γκρίζα περιοχή. [Encyclopaedia Britannica, 2016]

Το περιδραγωγικό γκρι (PAG) πρακτικά είναι μια λειτουργική και ανατομική διεπαφή μεταξύ του κατώτερου εγκεφαλικού στελέχους και του πρόσθιου εγκεφάλου. Ο ρόλος του είναι σημαντικός καθώς επεμβαίνει στις ολοκληρωμένες συμπεριφορικές αποκρίσεις είτε σε εσωτερικούς, όπως ο πόνος, είτε εξωτερικούς, όπως απειλές, και σε στρεσογόνους παράγοντες. Συνδέεται και επικοινωνεί με την αμυγδαλή και τον υποθάλαμο και η κύρια λειτουργία του είναι η ρύθμιση του πόνου, με την απελευθέρωση ενδογενών οπιοειδών όπως η σεροτονίνη,

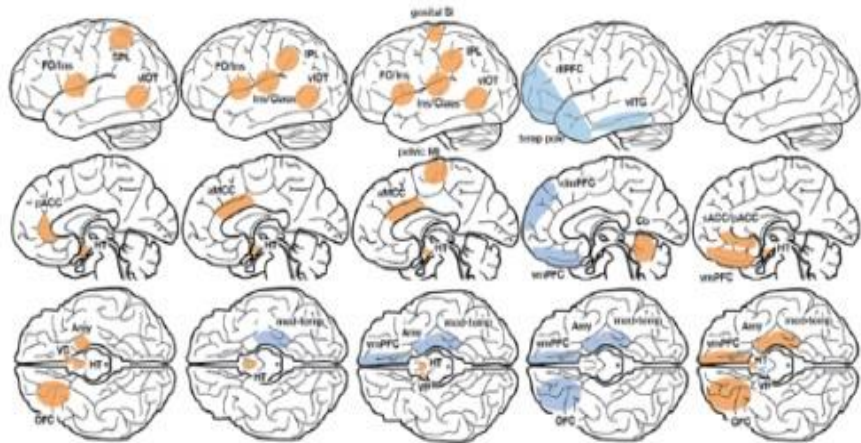


**Εικόνα 8.** Μεσεγκέφαλος

εγκεφαλινή και δυνορφίνη. Το περιωδραγωγικό γκρι (PAG) συνδέεται με σωματοαισθητηριακές περιοχές στον εγκεφαλικό φλοιό, όπως επίσης και με κέντρα του κατώτερου μέρους του νωτιαίου μυελού. Το PAG παίζει καθοριστικό ρόλο στο αίσθημα της επιβίωσης, καθώς εντός του γίνεται η διάκριση μεταξύ του πραγματικά αντιληπτού πόνου και του αναμενόμενου, με αποτέλεσμα να δίνει την δυνατότητα στο άτομο να αποφεύγει συμπεριφορές που είναι δυνητικά επικίνδυνες για την ζωή του. [Benarroch, E., 2012]

Οι περισσότερες αναφορές και έρευνες των συναισθηματικών κέντρων έγιναν με σκοπό την διερεύνηση της υπαιτιότητας των συναισθηματικών διαταραχών καθώς και την εύρεση των κέντρων παραγωγής τους. Έχουν γίνει εκτεταμένες έρευνες γύρω από τους μηχανισμούς παραγωγής αρνητικών συναισθημάτων διότι αφενός είναι ένα ζήτημα που έχει απασχολήσει εκατοντάδες χρόνια την ανθρωπότητα, κανείς δεν απολαμβάνει ένα αρνητικό συναίσθημα, και

αφετέρου χρίζει εύρεσης επιστημονικής επίλυσης, λόγω του πλήθους των ψυχολογικών διαταραχών που βασανίζει μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού. Πλήθος επιστημονικών δεδομένων που έχει συλλεχθεί και συγγραφεί παραπάνω, αφορά τα συναισθηματικά κέντρα με προσέγγιση τα αρνητικά συναισθήματα. Παρακάτω θα γίνει μια περιορισμένη αναφορά συναισθηματικών κέντρων με προσέγγιση τα θετικά συναισθήματα.



**Εικόνα 9.** Ο κύκλος της ευχαρίστησης. Στην εικόνα φαίνεται ο κύκλος της σεξουαλικής απόλαυσης με αναπαραστάσεις των περιοχών του εγκεφάλου που εμπλέκονται σε κάθε φάση του κύκλου. Οι ανταμοιβές λειτουργούν ως παρακινητικοί μαγνήτες και πυροδοτούν την έναρξη, την διατήρηση και την αλλαγή της κατάστασης μεταξύ των φάσεων της όρεξης, της ολοκλήρωσης και τελικά του κορεσμού. Το σύστημα ευχαρίστησης περιλαμβάνει την συμπάθεια (ηδονική επίδραση), την επιθυμία (κίνητρο για εξέχουσα θέση) και την μάθηση (συνήθως παβλοβιανές ή οργανικές ενώσεις και γνωστικές αναπαραστάσεις), τα οποία αλληλεπιδρούν κατά την διάρκεια της πολύπλοκης χορογραφίας τους.

Οι νευροχημικές διαδικασίες που σχετίζονται με τα θετικά συναισθήματα αποτελούνται από τους νευροδιαβιβαστές, τα νευροπεπτίδια και τις ορμόνες και εμπλέκονται στην εμπειρία της ευχαρίστησης, της ανταμοιβής και άλλων θετικών συναισθημάτων. [Rebecca, A., et al, 2020]

Εξέχουσα θέση νευροδιαβιβαστών στα εγκεφαλικά δίκτυα που σχετίζονται με την ηδονή, έχει λάβει η ντοπαμίνη. Η ντοπαμίνη εμπλέκεται άμεσα με την ανταμοιβή και κατ' επέκταση με τα θετικά συναισθήματα. Η ανταμοιβή αποτελείται από υποκειμενικές και αντικειμενικές αντιδράσεις συμπάθειας, οι οποίες τελικά μεταφράζονται ως η ηδονική εμπειρία της ευχαρίστησης (Εικόνα 9). Αυτή η εμπειρία της ευχαρίστησης δημιουργεί το αίσθημα του «θέλω» ως κίνητρο για την συχνή αναζήτηση της ανταμοιβής που οδηγεί το άτομο να νιώθει ευχάριστα. [Berridge, K., Kringelbach, M., 2013] Το ντοπαμινικό δίκτυο του «θέλω» βρίσκεται στο μεσολιμβικό σύστημα και τα κέντρα του πιο συγκεκριμένα είναι στον τροχιακό μετωπιαίο φλοιό (OFC), στην νησίδα (Insula) και στην κοιλιακή ώχρα (ventral pallidum). Επίσης εκτείνεται στις περιοχές του ιππόκαμπου, της αμυγδαλής και του έσω προμετωπιαίου φλοιού (mPFC). [Kringelbach, M., Berridge, K., 2017] Μελέτες απεικόνισης επίσης υποδηλώνουν ότι η απόκριση της ευτυχίας προέρχεται εν μέρει από τον μταιχμιακό φλοιό. [Lindquist A., et al, 2015]

## **2. Σχετικά με το Συναίσθημα**

Παρότι τα συναισθήματα είναι η πιο σημαντική πτυχή της ψυχικής μας ζωής, διότι αφενός προσδίδουν νόημα και καθορίζουν την ποιότητα στην ύπαρξη μας και αφετέρου αποδίδουν στην ίδια την ζωή την αξία είτε να θες να την ζεις είτε να μην θες, δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία στη βιβλιογραφία που να καθορίζει επακριβώς τι είναι συναίσθημα! Ο όρος συναίσθημα από μόνος του θεωρείται δεδομένος και “politically correct”. Πολύ συχνά το συναίσθημα ορίζεται από την βιοχημική αντίδραση σε ένα ερέθισμα και προσδιορίζεται με μια από τις 6 βασικές αντιδράσεις που τις ονομάζουμε συναίσθημα, τον φόβο, τον θυμό, την αηδία, την λύπη, την έκπληξη και την χαρά. Μία από τις πολλές προσεγγίσεις για τον ορισμό του συναισθήματος είναι: πως το συναίσθημα είναι κάθε νοητική εμπειρία με υψηλή ένταση και υψηλή ηδονική περιεκτικότητα (*ευχαρίστηση/δυσφορία*). [Cabanac, M., 2002]

Τα συναισθήματα προκύπτουν εξαιτίας ενεργοποιήσεων εξειδικευμένων νευρωνικών δικτύων σε διάφορα μέρη του εγκεφαλικού φλοιού (*ιδίως την νησίδα*) και σε υποφλοιώδεις δομές όπως η αμυγδαλή, ο υποθάλαμος κ.α. Προσδιορίζονται ως συνειδητές, και συναισθηματικές εμπειρίες των εγκεφαλικών ενεργοποιήσεων (*τα μέρη αυτών αναφέρονται ακριβώς από πάνω*), συμβάλλουν στα δίκτυα νευρωνικής λειτουργίας που διαμεσολαβούν για την ύπαρξη σκέψης, γλώσσας (*ως ομιλία*) και συμπεριφοράς. Ενισχύουν την ικανότητα μάθησης, πρόβλεψης, και επαναξιολογούν τα ερεθίσματα και τις καταστάσεις του περιβάλλοντος βασισμένα σε προηγούμενες εμπειρίες. [Simic, G., et al, 2021]

Πολλοί μεγάλοι φιλόσοφοι έχουν ασχοληθεί με τα συναισθήματα και έχουν υπάρξει ποικίλες θεωρίες συναισθημάτων ανά τους αιώνες. Η αντίληψη των περισσότερων θεωριών πάνω στα συναισθήματα τα ορίζει ως: «τις φαινομενολογικά εμφανείς απαντήσεις του υποκειμένου σε σημαντικά γεγονότα», και ως «ικανά να πυροδοτήσουν διακριτές σωματικές αλλαγές και συμπεριφορές». Άλλη προσέγγιση βασισμένη σε πλήθος αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων και ίσως η επικρατέστερη είναι πως: «τα συναισθήματα είναι μια κατηγορία αισθήσεων διαφοροποιούμενα εξαιτίας της ποιότητας και της έντασης με την οποία τα ζούμε συγκριτικά με άλλες αισθητηριακές εμπειρίες, όπως για παράδειγμα αυτό που μας προκαλεί η γεύση ενός γλυκού συγκριτικά με τον πόνο στο κεφάλι.» Ακόμα μία προσέγγιση που χαρακτηρίζεται συχνά ως η θεωρία του James Lange ανέφερε ότι: «τα συναισθήματα είναι αισθήσεις που αποτελούνται από αντιλήψεις αλλαγών στις φυσιολογικές συνθήκες και σχετίζονται με λειτουργίες του αυτόνομου και κινητικού συστήματος». Τα συναισθήματα ιστορικά έχουν εννοιολογηθεί με τρεις κύριους τρόπους: ως κίνητρα, ως αξιολογήσεις και ως εμπειρίες. Πέραν

της βασικής κατηγοριοποίησης τους: θυμός, φόβος, αηδία, λύπη, έκπληξη και χαρά, διακρίνονται και από άλλα χαρακτηριστικά όπως παραδείγματος χάρη κάποια συναισθήματα είναι βραχύβια όπως ο θυμός ή μακρόβια όπως η θλίψη, άλλα χαρακτηρίζονται ως πρωτόγονη γνωστική επεξεργασία όπως ο φόβος για ένα άγνωστο αντικείμενο στην μέση της νύχτας και άλλα ως περίπλοκη γνωστική επεξεργασία όπως ο φόβος του να χάσεις σε έναν αγώνα πυγμαχίας. [Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2018]

Είναι κατανοητό πως για ένα τόσο θεωρητικό ζήτημα όπως η προσέγγιση του τι ορίζεται ως συναίσθημα, υπάρχουν και θα υπάρξουν πληθώρα ορισμών/διατυπώσεων από λόγιους και επιστήμονες κάθε εποχής. Η κάθε προσέγγιση μπορεί να αναιρεί κάποια προγενέστερη ή να επιβεβαιώνει κάποια άλλη. Παρόλα αυτά όσο οι έρευνες στον τομέα της νευροεπιστήμης επεκτείνονται θα υπάρξουν, μελλοντικά, πιθανόν προσεγγίσεις βασισμένες σε αμιγώς επιστημονικό επίπεδο και όχι τόσο σε φιλοσοφικό.

## 2.1 Μέσα διέγερσης Συναισθημάτων

Κάνοντας αναφορά στο συναίσθημα και το πως ορίζεται αυτό, δεν θα μπορούσε να μην αναφερθεί ένα επίσης πολύ σημαντικό γεγονός, «τι μπορεί να προκαλέσει συναίσθημα στον ανθρώπινο εγκέφαλο?». Οι διεγέρτες συναισθημάτων, μακροσκοπικά, είναι οποιοδήποτε γεγονός μπορεί να πυροδοτήσει μία ή ακόμα και το σύνολο των 5 αισθήσεων μας (όσφρηση, ακοή, όραση, αφή και γεύση) και φυσικά η ίδια η σκέψη (κάθε άνθρωπος είναι μοναδικός όπως επίσης και ο τρόπος που μπορεί να του διεγερθεί ένα συναίσθημα, παρόλα αυτά με οποιονδήποτε τρόπο ή δραστηριότητα και αν παραχθεί ένα συναίσθημα θα βασίζεται είτε σε μία ή σε πλήθος συνδυασμού από τις 5 αισθήσεις μας).

### 2.1.1 Εικόνα (Όραση)

Μέσω της όρασης ο άνθρωπος μπορεί να συλλέξει πληροφορίες, μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο ορατό φάσμα. Αυτές οι εικόνες (πληροφορίες) που συλλέγει ο οφθαλμός και επεξεργάζεται ο εγκέφαλος (αφού πρώτα ο οφθαλμός τις έχει μετατρέψει σε ηλεκτρικό σήμα), [Purves, D., et al, 2004] ανάλογα με το τι παριστάνουν,

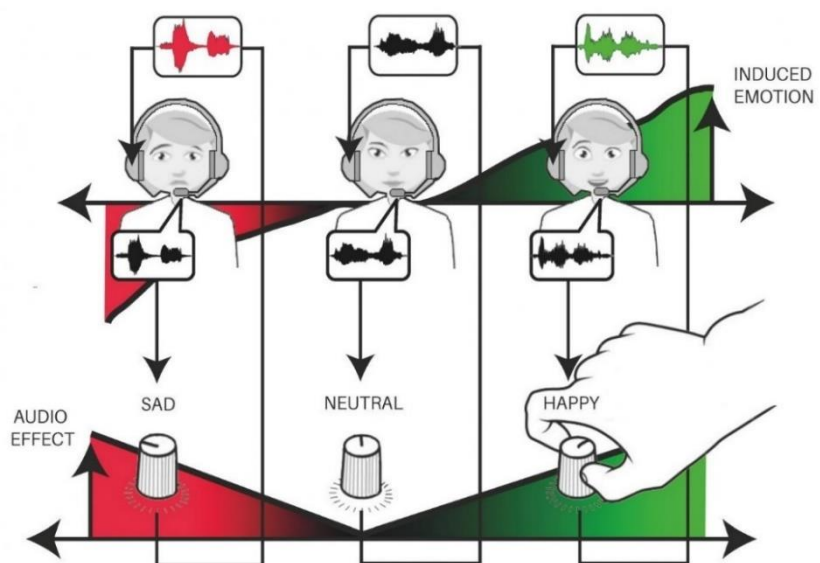


**Εικόνα 10.** Ρεμβάζοντας ένα όμορφο τοπίο

είναι ικανές να προκαλέσουν κάθε είδους συναίσθημα, από θλίψη βλέποντας παραδείγματος χάρη μια εικόνα από ένα ζώακι να βασανίζεται μέχρι και ευχαρίστηση (χαρά) βλέποντας ένα όμορφο τοπίο της φύσης (Εικόνα 10). Φυσικά μελέτες έδειξαν πως μέσω των συναισθημάτων επηρεάζεται και η συμπεριφορά ενός ανθρώπου. [Winkielman, P., Gogolushko, Y., 2018] Φυσικά όλες οι εικόνες δεν προκαλούν στον άνθρωπο απαραίτητα κάποιο συναίσθημα, καθώς ένα μεγάλο μέρος των εικόνων που αντιλαμβάνεται ένας άνθρωπος στην ημέρα του το χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο για πληροφόρηση τοποθεσίας και προσανατολισμού.

### 2.1.2 Ήχος (Ακοή)

Όπως η εικόνα έτσι και ο ήχος είναι ικανός να πυροδοτήσει συναισθήματά σε έναν άνθρωπο (Εικόνα 11). Το αυτί είναι το μέσο που λειτουργεί ως δέκτης της ακουστικής πληροφορίας, λαμβάνει από διάφορες πηγές μηχανική ενέργεια δια μέσου πυκνωμάτων και αραιωμάτων που φθάνουν στους μηχανισμούς



**Εικόνα 11.** Ήχος και Συναίσθημα

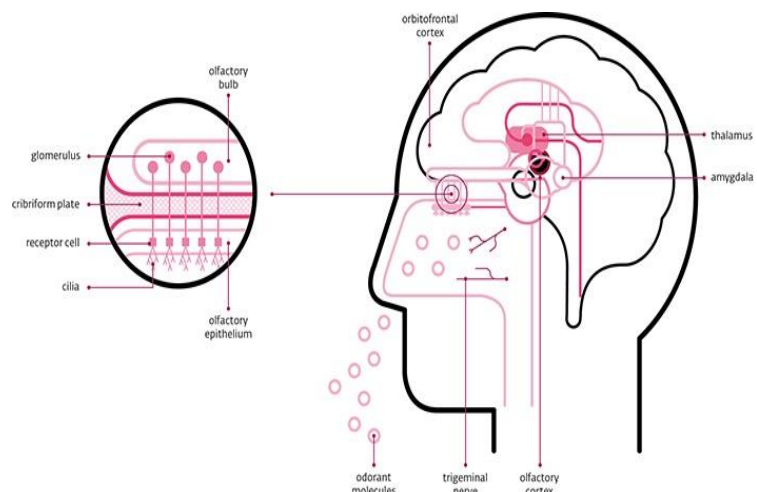
ανίχνευσης του. Το αυτί πέραν από δέκτης λειτουργεί και ως μετατροπέας μηχανικού κύματος

(ακουστικής πληροφορίας) σε ηλεκτρικό σήμα με σκοπό να το μεταδώσει στον εγκέφαλο και να γίνει τελικά επεξεργασία και αναγνώριση. [Purves, D., et al, 2004] Πέραν της σπουδαιότητας της ακοής στην ανάπτυξη ικανότητας ομιλίας και επικοινωνίας είναι χρήσιμη και για τον συναισθηματικό μας κόσμο. Έχουν γίνει μελέτες που έδειξαν πως η μουσική είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παραγωγή συναισθημάτων, και ανάλογα το είδος και τον άνθρωπο διαφέρει και το είδος του παραγόμενου συναισθήματος. [Mayer, J., et al, 1995] Το γεγονός ότι ο/η ήχος/μουσική είναι μια μορφή τέχνης που επιδρά έντονα στον συναισθηματικό κόσμο ενός ανθρώπου ήταν ήδη γνωστό από την αρχαία Ελλάδα, και μετέπειτα σε όλο τον ανατολικό και δυτικό πολιτισμό.

Φυσικά και στην μουσική όπως σε κάθε τι άλλο υπάρχει μια μοναδικότητα στον τρόπο που κάθε μουσικό άκουσμα θα παράξει κάποια συναισθήματα στον ακροατή, όμως έχουν γίνει μελέτες για την καθολικότητα κάποιων ήχων και την συγκεκριμένη συναισθηματική επίδραση που έχουν στον ακροατή. Πειράματα έδειξαν πως στο επίπεδο βασικών συναισθημάτων η μουσική μπορεί να εμφανίσει καθολικότητα όπως: της λύτης που συνήθως δημιουργείται με χαμηλούς ρυθμούς και ξεκάθαρες αλλαγές ύψους και δυναμικής, του φόβου που δημιουργείται με γρήγορους ρυθμούς και μεγάλες αλλαγές ύψους και δυναμικής και της χαράς που δημιουργείται με γρήγορους ρυθμούς και σταθερές αλλαγές ύψους και δυναμικής. [Krumhansl, C., 2002]

### 2.1.3 Μυρωδιές (Όσφρηση)

Άλλη μια εξίσου σημαντική αίσθηση είναι η όσφρηση. Το αισθητήριο όργανο που δημιουργεί την όσφρηση είναι η μύτη. Η μύτη, όπως και τα άλλα αισθητήρια του ανθρώπινου σώματος, αποτελεί πέραν από δέκτη αρωμάτων και έναν μετασχηματιστή χημικών ουσιών, σε ηλεκτρικό σήμα, με σκοπό αυτό το σήμα να μεταφερθεί στον εγκέφαλο και να



**Εικόνα 12.** Όσφρηση και Συναίσθημα αναγνωριστεί (Εικόνα 12). [Purves, D., et al, 2004] Μέσω της όσφρησης ο άνθρωπος όπως και πολλοί άλλοι ζωντανοί οργανισμοί του ζωικού βασιλείου είναι σε θέση να αντιληφθούν

(οσφριστούν) τον κίνδυνο, είτε αυτός προέρχεται από κάποιο συμβάν, παραδείγματος χάρη φωτιά σε μία περιοχή, είτε προέρχεται από κάποια βρώσιμη ουσία. [Boesveldt, S., Parma, V., 2021] Η αποφυγή κατανάλωσης επικίνδυνης τροφής βασισμένη στην όσφρηση υπήρξε ένα δεδομένο που βοήθησε την εξέλιξη της ανθρώπινης ύπαρξης ανά τους αιώνες. Μελέτες έχουν δείξει πως μέσω της όσφρησης πλήθος ζωντανών οργανισμών (μέσα σε αυτά και ο άνθρωπος) μπορούν να νιώσουν συμπάθεια ή αντιπάθεια για έναν άλλο ζωντανό οργανισμό που βρίσκεται στον ίδιο φυσικό χώρο. [Blomkvist, A., Hofer, M., 2021] Η δημιουργία μιας κοινωνικής επαφής, είτε αυτή προσεγγίζεται με ερωτική διάθεση, είτε με φιλική, είτε ακόμα και με εχθρική, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την όσφρηση μας, παρότι δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό άμεσα από εμάς. [Li, W., 2014] Επίσης έρευνες έδειξαν πως η όσφρηση επηρεάζει και την μνήμη/μάθηση. Μέσω των οσμών ο εγκέφαλος μπορεί να εκπαιδευτεί και φυσικά να δημιουργήσει αναμνήσεις συνοδευόμενες και από την συναισθηματική εμπειρία. [Oloffson, J., et al, 2020] Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω η όσφρηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την παραγωγή συναισθημάτων, ευχάριστων ή δυσάρεστων. Είναι ικανή μια μυρωδιά να προκαλέσει συναίσθημα, όπως φόβο, αηδία, χαρά και καθότι είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την μνήμη, είναι ικανή να επαναφέρει στην μνήμη γεγονότα συνοδευόμενα από το συναισθηματικό τους πλαίσιο του ατόμου.

#### 2.1.4 Αίσθηση (Αφή)

Η αφή συγκριτικά με τα άλλα αισθητήρια, δεν είναι τόσο αυστηρά καθορισμένη. Δεν βρίσκεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο του σώματος μας, αλλά «φιλοξενείται» καθολικά από το δέρμα, σε κάθε σημείο του. [Field, T., 2014] Αντιλαμβανόμαστε την αίσθηση της αφής μέσω ενός συστήματος νευρικών απολήξεων διάχυτα κατανεμημένων σε όλο το μήκος



**Εικόνα 13.** Η αξία της επαφής στο Συναίσθημα του δέρματος, που αριθμεί άνω του 1,5 εκατομμυρίου. Αυτό το σύστημα μεταφέρει κάθε είδος ερεθίσματος από το εξωτερικό περιβάλλον, μέσω ενός πολυπληθούς δικτύου αισθητικών



νευρώνων, στον εγκέφαλο. [Παρασκευόπουλος, I., 2020] Παρόλο που δεν θεωρείται από τις πιο σημαντικές αισθήσεις, όπως η όραση ή η ακοή, είναι εξίσου σημαντική. Η αφή εμφανίζεται δυναμικά όταν η όραση αδυνατεί να επέμβει, όπως παραδείγματος χάρη η αναζήτηση χρημάτων εντός μιας τσέπης παντελονιού ή ενός κεριού μέσα σε ένα συρτάρι σκοτεινού δωματίου. Επιβεβαιώνει την ύπαρξη ή μη σε δεδομένα που οι άλλες αισθήσεις μας δημιουργούν αμφιβολίες. Μέσω της αφής ένας οργανισμός μπορεί να αντιληφθεί τον κίνδυνο, από ένα αιχμηρό αντικείμενο, μια εστία πολύ υψηλής θερμοκρασίας κ.α. Η αφή είναι ικανή να προκαλέσει πλήθος συναισθημάτων. Από την αρχή που γεννιέται ο άνθρωπος όταν ακόμα δεν ακούει και δεν βλέπει, αισθάνεται το άγγιγμα της μητέρας του (Εικόνα 13). Μια αγκαλιά από ένα αγαπημένο μας πρόσωπο, ένα χάδι στο αγαπημένο μας ζώακι είναι ικανό να πυροδοτήσει τα συναισθήματα μας, να μας κάνει να αισθανθούμε χαρά, αγάπη, στοργή και πλήθος άλλων θετικών συναισθημάτων. Αντίστοιχα ένα βίαιο ράπισμα, ένα προκλητικό άγγιγμα από έναν άγνωστο, είναι ικανό να μας προκαλέσει φόβο, οργή, πόνο, αηδία και πλήθος άλλων αρνητικών συναισθημάτων [The Book of Touch, 2005] Η αφή όπως και οι άλλες αισθήσεις είναι άμεσα συνδεδεμένη με την μνήμη. Η αίσθηση της στοργής από το άγγιγμα της μάνας, προκαλείται όσα χρόνια και αν περάσουν από την παιδική ηλικία ενός ανθρώπου. [Bowlby, J., 1988]

### 2.1.5 Χημικές Ουσίες (Γεύση)

Τελευταία, αλλά καθόλου ασήμαντη αίσθηση είναι η γεύση. Το αισθητήριο όργανο που αναγνωρίζει και μεταδίδει τις πληροφορίες για χάρη του εγκεφάλου είναι η γλώσσα (Εικόνα 14). Η γλώσσα διαθέτει περίπου 10.000 γευστικούς κάλυκες από την στιγμή της γέννησης μας, στην πορεία υπάρχει πιθανότητα αυτός ο αριθμός να μειωθεί. [NIDVD, 2017] Οι γευστικοί κάλυκες διακρίνονται σε 3 είδη: i) τους μυκητοειδείς, που αποτελούν περίπου το 24% του συνόλου, ii) τους φυλλοειδείς που αποτελούν περίπου το 28% του συνόλου και iii) τους κυκλικούς που είναι οι περισσότεροι και αποτελούν το 48% του συνόλου. Υπάρχουν επιπλέον άλλοι 2.500 γευστικοί κάλυκες και γύρω από την γλώσσα, πιο συγκεκριμένα στην επιγλωττίδα, στον



Εικόνα 14. Γευστικές περιοχές της γλώσσας

μαλακό ουρανίσκο, στον λάρυγγα και στον φάρυγγα. [Witt, M., 2015] Για πολλά χρόνια επικρατούσε η αντίληψη πως τα χιλιάδες διαφορετικά γευστικά προφίλ των τροφών αναγνωρίζονται από την γλώσσα, πλέον στην επιστημονική κοινότητα είναι γνωστό πως η γλώσσα μπορεί να αντιληφθεί μόνο 5 χαρακτηριστικά, πικρό, γλυκό, αλμυρό, ξινό και umami. Κάθε γευστικός κάλυκας φιλοξενεί μια σειρά από ετερογενή κύτταρα υποδοχείς της γεύσης, τα οποία είναι υπεύθυνα για την μεταφορά του σήματος, μέσω των γευστικών ινών του 7<sup>ου</sup> και 8<sup>ου</sup> κρανιακού νεύρου. [Golden, E., et al, 2021] Μετά από έρευνες ανακαλύφθηκε πως παρότι οι άνθρωποι εμφανίζουν μια μοναδικότητα ως προς τις γευστικές επιλογές στην τροφή τους, παρουσιάζουν μια καθολικότητα ως προς κάποιες ορισμένες επιλογές γεύσεως. Τείνουν να αντιδρούν με μεγαλύτερη ευχαρίστηση στις γλυκές και αλμυρές γεύσεις, ενώ αντιδρούν πιο αρνητικά σε πικρές και ξινές. Μεγάλο ποσοστό ανθρώπων αισθάνεται απόλαυση καταναλώνοντας τρόφιμα που ταιριάζουν στο γευστικό του προφίλ, αποτέλεσμα αυτού αύξηση του αισθήματος ευφορίας, ενώ αισθάνεται δυσάρεστα όταν καταναλώνει τρόφιμα που δεν βρίσκονται στην παλέτα του γευστικού του προφίλ. Φυσικά αυτός ο συσχετισμός γλυκού/πικρού με το συναίσθημα ευχάριστο/δυσάρεστο δεν είναι απόλυτος, καθώς πειράματα έδειξαν πως οι παράγοντες που επηρεάζουν τις γευστικές μας προτιμήσεις είναι πάρα πολλοί, όπως το γονίδιο, η επιλογές της μητέρας κατά την περίοδο κύησης, η τοποθεσία που μεγαλώνει ένας άνθρωπος κ.α. [Reed, D., et al, 2006] Παρότι η γεύση συνδέεται άρρηκτα με την όσφρηση για να παραχθούν πιο ολοκληρωμένα συναισθήματα μέσω της τροφής, και η γεύση από μόνη κατέχει το δικό της μερίδιο στον συναισθηματικό μας χάρτη.

## 2.2 Οι Ορμόνες των Συναισθημάτων

Κάνοντας λόγο για το συναίσθημα και πως διεγείρεται στον άνθρωπο, δεν θα μπορούσε να μην γίνει μια αναφορά και στις ορμόνες πίσω από κάθε παραγόμενο συναίσθημα. Η λέξη ορμόνη σχηματίζεται από το ουσιαστικό ορμή, που σημαίνει κίνηση με μεγάλη ταχύτητα. Οι ορμόνες είναι χημικές ουσίες (αγγελιοφόροι) που παράγονται στον οργανισμό μέσω εξειδικευμένων εκκριτικών κυττάρων, κυκλοφορούν μέσω του αίματος σε ολόκληρο το σώμα μας και η δράση τους είναι ρυθμιστική όσο αφορά την δραστηριότητα οργάνων ή κυττάρων του σώματος. Συνεργάζονται στενά με το νευρικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα η δράση τους χωρίζεται σε 3 τομείς, την ενδοκρινή (αφορά δράση σε απομακρυσμένα κύτταρα μέσω του κυκλοφορικού συστήματος), την παρακρινή (αφορά δράση σε γειτονικά κύτταρα) και αυτοκρινή (αφορά δράση στο ίδιο το κύτταρο που τα παράγει). Οι τύποι των ορμονών διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες: Πεπτιδικές ορμόνες, Γλυκοπρωτεϊνικές ορμόνες, Στεροειδείς ορμόνες και καλσιτριόλη, και Αμίνες. Οι

ορμόνες παράγονται από ειδικά όργανα που ονομάζονται ενδοκρινείς αδένες και αποτελούν στο σύνολο τους το ενδοκρινικό σύστημα, οι πιο σημαντικοί ενδοκρινείς αδένες είναι ο θυρεοειδής, η υπόφυση, οι παραθυρεοειδείς, τα επινεφρίδια, το πάγκρεας και οι γονάδες (τα γεννητικό σύστημα ανάλογα το φύλο) [Silbernagl, S., Despopoulos, A., 2010] Κάποιες από τις ορμόνες που παίζουν καθοριστικό ρόλο στον συναισθηματικό μας κόσμο είναι: Αδρεναλίνη, Κορτιζόλη, Ντοπαμίνη, Μελατονίνη, Σεροτονίνη, Ωκυτοκίνη και Νορεπινεφρίνη. Φυσικά υπάρχουν πάρα πολλές ορμόνες αλλά και συνδυασμοί τους που επηρεάζουν τον συναισθηματικό μας κόσμο αλλά δεν αναφέρονται στην συγκεκριμένη εργασία.

### 2.2.1 Αδρεναλίνη

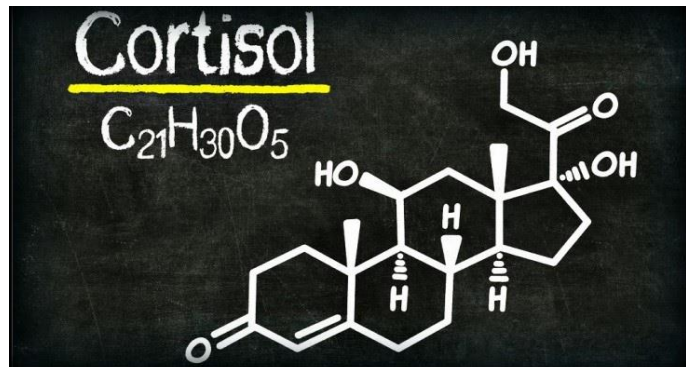
Απελευθερώνεται στο αίμα ως νευροδιαβιβαστής κατά την διάρκεια πολύ απαιτητικών καταστάσεων, όταν το σώμα έχει ανάγκη υψηλής κατανάλωσης σε ενέργεια (Εικόνα 15). Ο οργανισμός την εκκρίνει ως απάντηση βιώματος είτε μιας αγχωτικής κατάστασης, είτε σε σωματικές



**Εικόνα 15.** Χημικός τύπος Αδρεναλίνης δραστηριότητες που απαιτούν αυξημένη ενέργεια, είτε για την αντιμετώπιση ενός κινδύνου, και γενικώς σε ασυνήθιστες βιωματικές καταστάσεις για τον οργανισμό. Η έκκριση της ελέγχεται από προσυμπαθητικούς νευρώνες στον ροστροκοιλιακό πλάγιο μυελό. Αποτέλεσμα της απελευθέρωσης ποσοτήτων αδρεναλίνης στον οργανισμό είναι: η επιτάχυνση του αναπνευστικού και καρδιακού ρυθμού, υπογλυκαιμία, μυϊκή ένταση, αύξηση της αρτηριακής πίεσης και διαστολή στις κόρες των ματιών. Η αδρεναλίνη σε συνδυασμό με υψηλά επίπεδα σε ντοπαμίνη και νορεπινεφρίνη είναι υπεύθυνη για την «κατάσταση» που βιώνουμε όταν νιώθουμε αγάπη. Εκκρίνεται από τα επινεφρίδια σε συνδυασμό με το κεντρικό νευρικό σύστημα, και η περίοδος δράσης της είναι σύντομη, περίπου δύο λεπτά. [Butnariu, M., Sarac, I., 2019] [Verberne, A., et al, 2016]

### 2.2.2 Κορτιζόλη

Είναι μια στεροειδής ορμόνη που συντίθεται από την χοληστερόλη και παράγεται στο στρώμα της ζώνης fasciculata του φλοιού των επινεφριδίων (Εικόνα 16). Απελευθερώνεται σε καταστάσεις που το σώμα βιώνει στρες με σκοπό να παρέχει την αναγκαία ενέργεια.

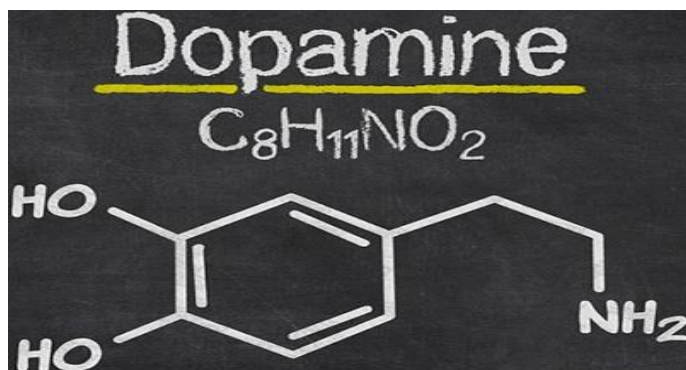


Εικόνα 16. Χημικός τύπος Κορτιζόλης

Εκκρίνεται από τον φλοιό των επινεφριδίων υπό τον έλεγχο του υποθαλάμου και της υπόφυσης. Όπως συμβαίνει σχεδόν με το πλήθος των στεροειδών ορμονών έτσι και η κορτιζόλη συντίθεται από την χοληστερόλη μέσα από αλληλουχίες βιοχημικών αντιδράσεων. Όταν ο οργανισμός βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα στρες, αυτό που προκαλεί μια αίσθηση σχετικής ασφάλειας στον οργανισμό ώστε να διαχειριστεί τη στρεσογόνο κατάσταση, είναι τα πολύ υψηλά επίπεδα κορτιζόλης στον εγκέφαλο. Μέγιστα επίπεδα στον ανθρώπινο οργανισμό εντοπίζονται κατά κύριο λόγο τις πρώτες πρωινές ώρες αλλά και τις βραδινές πριν τον ύπνο, σε μικρότερο επίπεδο ανιχνεύεται το απόγευμα. Η ύπαρξη αυτών των επιπέδων της κορτιζόλης εξηγεί και το γεγονός της μείωσης των πνευματικών και σωματικών ικανοτήτων στις προαναφερόμενες περιόδους. Σύμφωνα με ειδικούς, όταν ένας άνθρωπος βιώνει έντονες καταστάσεις μοναξιάς ενισχύεται τη δόση της κορτιζόλης στον οργανισμό. [National Library of Medicine, 2021] [Butnariu, M., Sarac, I., 2019]

### 2.2.3 Ντοπαμίνη

Είναι μια απλή οργανική ουσία που δρα ως νευροδιαβιβαστής και κατηγοριοποιείται στην ομάδα των κατεχολαμινών (Εικόνα 17). Από πολλούς έχει ονομαστεί και ως «η ορμόνη της ευτυχίας». Η ύπαρξής της σε μεγαλύτερες ποσότητες από το συνηθισμένο, για τον οργανισμό,



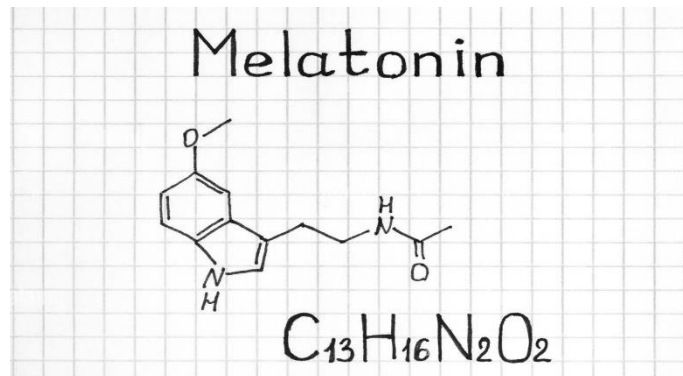
Εικόνα 17. Χημικός τύπος Ντοπαμίνης

επίπεδο δηλώνει αυξημένα επίπεδα αίσθησης της ευχαρίστησης. Η ντοπαμίνη επηρεάζει

έντονα την διάθεση και την εμφάνιση της ηδονής, συμμετέχει στον έλεγχο των συναισθημάτων και της κίνησης, τονώνει το ανοσοποιητικό μας σύστημα, μειώνει την ένταση του άγχους και εμπλέκεται στην διαδικασία της μάθησης μέσω της αίσθησης κινήτρου-ανταμοιβής. Εξωτερικοί παράγοντες που ανεβάζουν τα επίπεδα ντοπαμίνης είναι η σοκολάτα, η καφεΐνη και η άθληση. Οι έφηβοι διαφέρουν από τους ενήλικες στα επίπεδα ντοπαμίνης στον εγκέφαλο καθώς των εφήβων δείχνει ευαισθησία παραγωγής της από ουσίες όπως η νικοτίνη, το αλκοόλ και τα ναρκωτικά. Η έλλειψη ντοπαμίνης στον οργανισμό μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην μνήμη και την μάθηση, κακό συντονισμό κινήσεων του σώματος, μέχρι και νόσο Πάρκινσον. [Beaulieu, J., et al, 2011] [Butnariu, M., Sarac, I., 2019]

### 2.2.4 Μελατονίνη

Είναι μια ορμόνη που είναι άμεσα συσχετιζόμενη με την ένταση του φυσικού φωτός. Εκκρίνεται στην επίφυση του εγκεφάλου κυρίως κατά την απογευματινή περίοδο της ημέρας και κορυφώνεται στο διάστημα 22:00 με 03:00 το χάραμα (Εικόνα 18). Είναι υπεύθυνη να ρυθμίζει τον κερκάδιο



**Εικόνα 18.** Χημικός τύπος Μελατονίνης

ρυθμό. Μη επαρκείς ποσότητες μελατονίνης είναι ικανές να προκαλέσουν κατάθλιψη, απάθεια, και αδιαθεσία. Για την καταπολέμηση ανεπάρκειας της, συνίσταται επαρκής έκθεση σε φυσικό φως ημέρας (ήλιο) και μειωμένη έκθεση σε τεχνητό φωτισμό από οθόνες συσκευών τις βραδινές ώρες. Οι έφηβοι γενικώς έχουν χαμηλά επίπεδα μελατονίνης, εξού και επιθυμία τους να κοιμούνται αργά. [Cipolla-Neto, J., Gaspar, F., 2018] [Butnariu, M., Sarac, I., 2019]

### 2.2.5 Σεροτονίνη

Είναι μια χημική ουσία που δρα ως νευροδιαμορφωτής και νευροδιαβιβαστής με πολλαπλές λειτουργίες (Εικόνα 19). Εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στον εγκέφαλο, στα αιμοπετάλια και στο έντερο. Εκτός από τον σημαντικό ρόλο της σεροτονίνης στη ρύθμιση της διάθεσης επηρεάζει



Εικόνα 19. Χημικός τύπος Σεροτονίνης

εξίσου σημαντικά και τον ύπνο, τις κινητικές λειτουργίες, την θερμορύθμιση, τις ψυχικές διεργασίες, την ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και τις ορμονικές λειτουργίες. Χαμηλά επίπεδα σεροτονίνης συνδέονται με κατάθλιψη, τάσεις βίας και συχνό αίσθημα θυμού. Υψηλά επίπεδα σεροτονίνης ανιχνεύονται στον οργανισμό κατά τις πρώτες ώρες μετά από τον ύπνο, και μειώνονται στην διάρκεια της ημέρας. Παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν μείωση επιπέδων σεροτονίνης είναι η απουσία κοινωνικών και σεξουαλικών επαφών, βιώματα απώλειας αγαπημένων προσώπων, διαρκείς αρνητικές σκέψεις κ.α. [Butnariu, M., Sarac, I., 2019]

### 2.2.6 Ωκυτοκίνη

Είναι μια πλειοτροπική, πεπτιδική ορμόνη που δρα ως νευροδιαβιβαστής με μεγάλο πλήθος ρόλων στην γενική υγεία ενός ανθρώπου (Εικόνα 20). Μερικά από αυτά που επηρεάζει είναι η αναπαραγωγή, οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, η ανάπτυξη της γενναιοδωρίας και της ενσυναίσθησης,



Εικόνα 20. Χημικός τύπος Ωκυτοκίνης

την διαμόρφωση σχέσης μητέρας παιδιού κ.α. Συχνά η ωκυτοκίνη ονομάζεται ως «η ορμόνη της αγάπης», λόγω του ότι τα επίπεδα της αυξάνονται στις εκδηλώσεις της στοργής μας προς έναν άλλο άνθρωπο. Η ωκυτοκίνη λειτουργεί και ως μόριο αντιμετώπισης του στρες, με αντιφλεγμονώδες και αντιοξειδωτικές δράσεις, καθώς επίσης επιδρά και προστατευτικά στην δημιουργία τραυμάτων. Αποτελεί το αντίδοτο σε αρνητικά συναισθήματα όπως το άγχος και η

κατάθλιψη, και βοηθά στην διέγερση αισθήματος εμπιστοσύνης, Επηρεάζει όλο το φάσμα που σχετίζεται με τις διαπροσωπικές σχέσεις μεταξύ ανθρώπων και των παραγόμενων συναισθημάτων από αυτά. Αποτελεί έναν πολύ καλό δείκτη του στρες, καθώς τα ποσοστά ύπαρξης της το υποδεικνύουν ξεκάθαρα. [Carter, S., et al, 2020] [Butnariu, M., Sarac, I., 2019]

Υπάρχουν αρκετές ακόμα χημικές ουσίες ή ορμόνες, όπως η νορεπινεφρίνη, η κεταμίνη, η νοραδρεναλίνη κ.α., που επηρεάζουν τον συναισθηματικό κόσμο ενός ανθρώπου, είτε αυτούσιες, είτε σε συνδυασμό με κάποια άλλη χημική ουσία, είτε ακόμα και ενεργοποιώντας μηχανισμούς παραγωγής άλλων ουσιών. Στην παρούσα εργασία αναφέρθηκαν οι πιο σημαντικές έπειτα από σχολαστική αναζήτηση των πηγών.

Οι ορμόνες αποτελούν μόνο έναν παράγοντα, από το πλήθος παραγόντων, που τελικά θα διαμορφώσει ένα συγκεκριμένο πρότυπο συμπεριφοράς σε κάθε περίπτωση. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, η απόκριση που θα έχει τελικά ένας άνθρωπος ελέγχεται σε αρκετά μεγάλο βαθμό από παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος παρά από τις ορμονικές διακυμάνσεις του εσωτερικού του περιβάλλοντος. [Braceland, F., 1953]

### 2.3 Ο ρόλος των Συναισθημάτων στην Ζωή μας

Παρότι τα συναισθήματα βρίσκονται στο επίκεντρο της ανθρώπινης ύπαρξης, δεν έχει καταφέρει ακόμα ο άνθρωπος να κατανοήσει τους μηχανισμούς παραγωγής τους, την σπουδαιότητα της ύπαρξης τους καθώς και το πλήθος ωφελειών που του προσφέρει. Για αρκετά χρόνια το συναίσθημα αποτελούσε αντικείμενο μελέτης ως μεμονωμένη ύπαρξη, ανεξάρτητη από διαδικασίες όπως η μάθηση και μνήμη, η επιβίωση, η επικοινωνία και η δημιουργικότητα ακόμα και η λογική που αναπτύσσουμε. Σύμφωνα με τον Antonio Damasio «Τα συναισθήματα είναι βαρόμετρα ζωής». Μας βοηθούν στην αξιολόγηση πληροφοριών (λογική) που λαμβάνουμε και στην ιεράρχηση πάνω σε κατάλληλες αποκρίσεις. Διαφορετικού σθένους συναισθήματα προκαλούν διαφορετικούς τύπους συμπεριφοράς, θετικά συναισθήματα υποστηρίζουν έναν δημιουργικό και ευέλικτο τρόπο αντίδρασης ενώ αρνητικά συναισθήματα περιορίζουν την προσοχή και ενισχύουν αναλυτικότερες και βαθύτερες σκέψεις. [Schwieter, J., Ferreira, A., 2017]

Μελέτες έδειξαν πως η διαδικασία της μάθησης αλλά και γενικώς της μνήμης είναι άμεσα εξαρτημένες με το συναίσθημα, είτε αυτό είναι έντονα αρνητικό, είτε ένα ευχάριστα

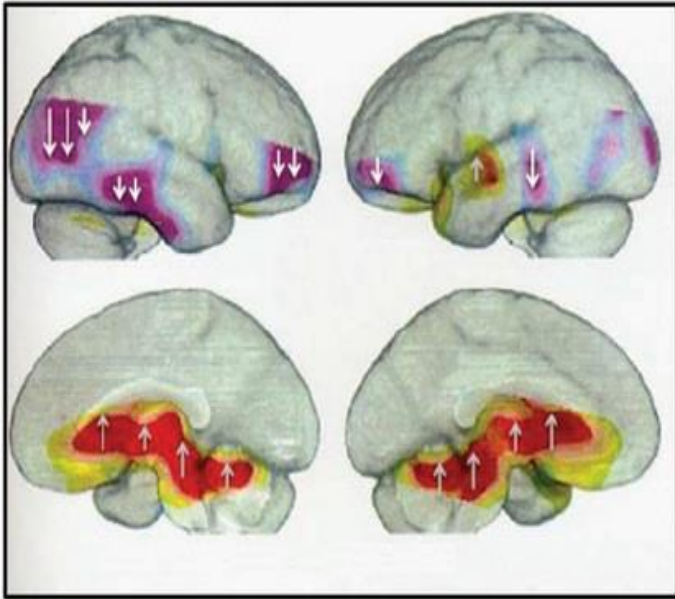
θετικό. Έχει αποδειχθεί πως όταν προκαλείται το ενδιαφέρον ενός ανθρώπου, δηλαδή διεγείρονται τα συναισθηματικά κέντρα του εγκεφάλου, είναι πιο εύκολο να κατανοήσει κάτι καινούριο. Και η μάθηση και η μνήμη εξαρτώνται πολύ από το παραγόμενο συναίσθημα. [Vince, R., 2016] Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό και από φαινόμενα της καθημερινότητας ενός ανθρώπου, μέσω του παραδείγματος ενός μικρού παιδιού που βάζει το χέρι του, από περιέργεια, πάνω στην αναμμένη εστία της κουζίνας και τελικά το ελαφρύ στιγμιαίο κάψιμο που νιώθει του αποτυπώνεται για πάντα στην μνήμη ως κάτι κακό.

Ένα από τα θεωρούμενα βασικά συναισθήματα, η αηδία, ήταν βασικό εργαλείο επιβίωσης όταν στην εξέλιξη των ανθρώπων η γνώση και η λογική δεν ήταν σε τόσο ανεπτυγμένο επίπεδο. Η αποστροφή για κάποιες τροφές που προκαλούσαν αηδία, αποτέλεσε κανόνα αποφυγής πιθανόν επικίνδυνων τροφών προς κατανάλωση. Όπως επίσης και ο φόβος για το άγνωστο αποτέλεσε, στο πέρασ των αιώνων της εξελικτικής πορείας του ανθρώπινου είδους, κανόνα αποφυγής κινδύνων και βάση της μάθησης και της μνήμης.

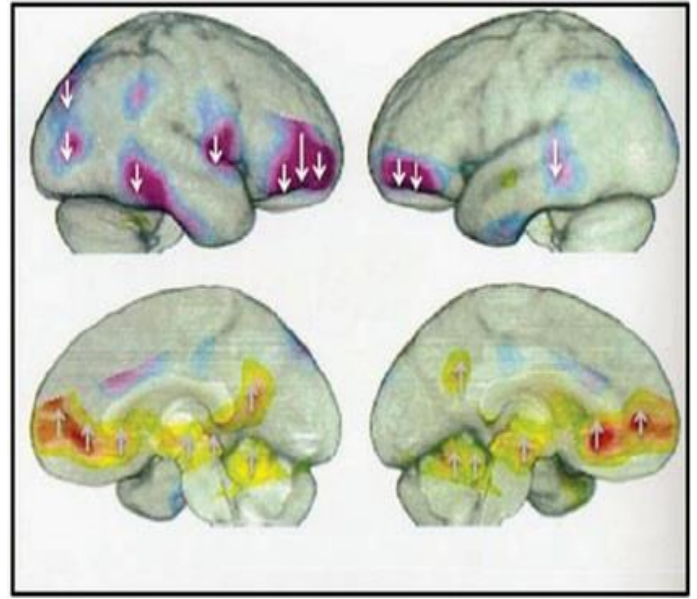
Η διατήρηση καλής διάθεσης, δηλαδή ύπαρξη θετικών συναισθημάτων, δίνει στον άνθρωπο την θέληση/κίνητρο για νέες εμπειρίες, νέες γνωριμίες και αναζήτηση δημιουργικών ενασχολήσεων. [Brown, R., 2003]

Η ανάπτυξη μεθόδων λειτουργικής απεικόνισης έχει οδηγήσει στην διερεύνηση της σύνδεσης των διαφορετικών συναισθημάτων με περιοχές του εγκεφάλου (Εικόνες 21 – 24)

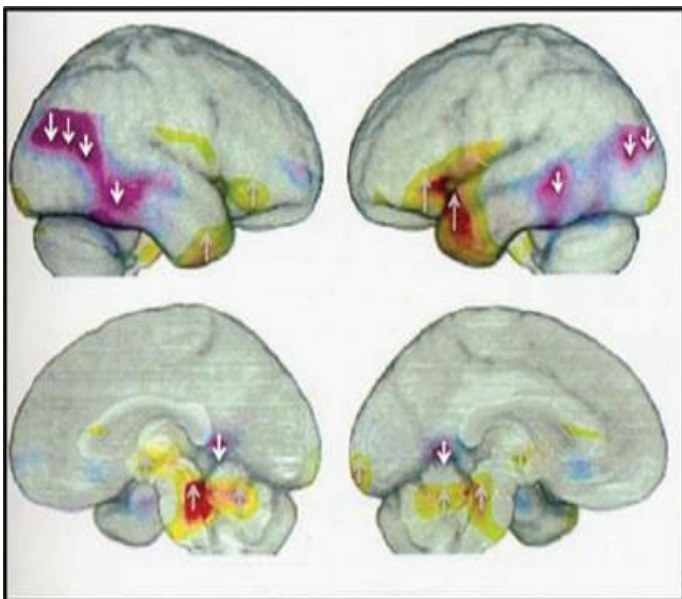




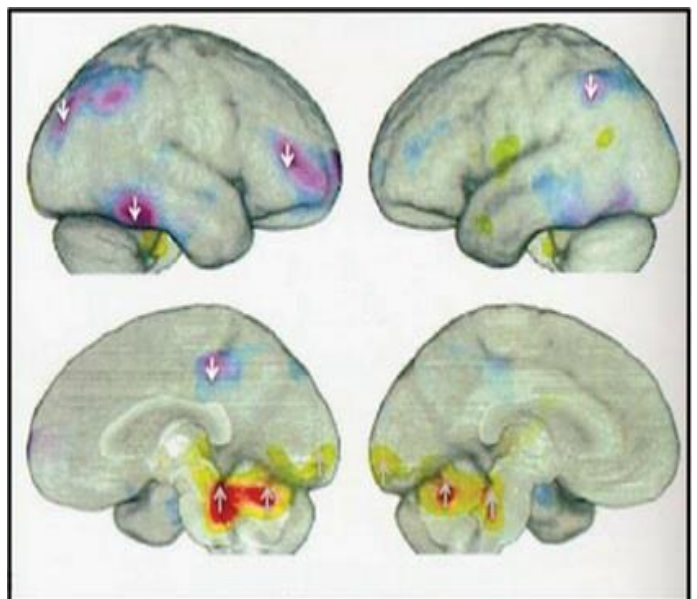
**Εικόνα 21.** Απεικόνιση της Θλίγης ως εγκεφαλική κατάσταση με σύστημα PET<sup>1</sup>



**Εικόνα 22.** Απεικόνιση της Χαράς ως εγκεφαλική κατάσταση με σύστημα PET



**Εικόνα 23.** Απεικόνιση του Θυμού ως εγκεφαλική κατάσταση με σύστημα PET



**Εικόνα 24.** Απεικόνιση του Φόβου ως εγκεφαλική κατάσταση με σύστημα PET

Στις παραπάνω εικόνες απεικονίζονται εναλλαγές μεταξύ διέγερσης και αναστολής της εγκεφαλικής λειτουργίας κατά τη διάρκεια ισχυρών συναισθημάτων. Οι εγκεφαλικές διεγέρσεις απεικονίζονται με κόκκινο ή κίτρινο χρώμα ενώ οι αναστολές με μωβ. Οι άνθρωποι που πήραν μέρος στο πείραμα βιώνουν διάφορα βασικά συναισθήματα τα οποία προκλήθηκαν μέσω της αναπόλησης συναισθηματικά φορτισμένων προσωπικών τους στιγμών.

<sup>1</sup> PET = Τομογραφία Ποζιτρονικής Εκπομπής

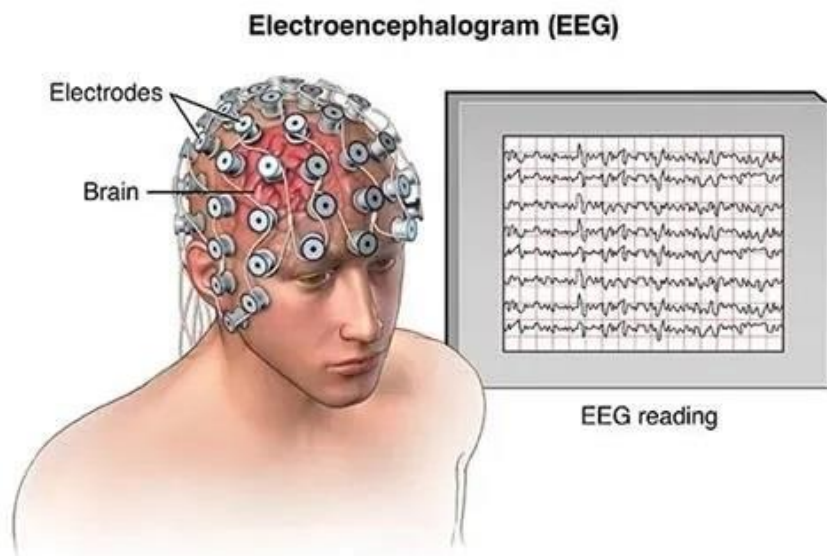
### 3. Μέσα Απαγωγής Φυσιολογικών Σημάτων

#### 3.1 EEG (Electroencephalography)

##### 3.1.1 Ορισμός

Ο Ηλεκτροεγκεφαλογράφος (ΗΕΓ) είναι ένας καταγραφέας της ηλεκτρικής δραστηριότητας που παράγεται λόγω της συγχρονισμένης δραστηριότητας των χιλιάδων νευρώνων του εγκεφάλου (διαφοράς δυναμικού στην επιφάνεια

κρανίου  $1-100\mu V$ ) (Εικόνα 25). Τα σήματα λαμβάνονται, στην κεντρική του μονάδα λήψης και επεξεργασίας, μέσω ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής. [National Institute of Health]



Εικόνα 25. Ηλεκτρόδια Ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG) και γράφημα ανάλυσης σημάτων

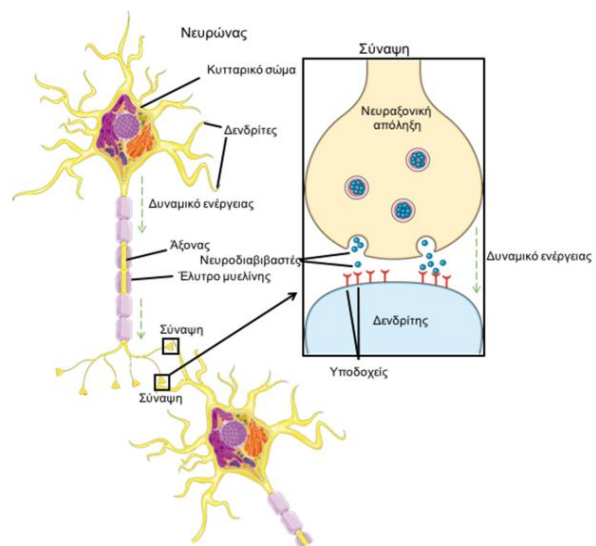
##### 3.1.2 Ιστορική Αναδρομή

Το 1890 δημοσιεύθηκαν από τον Adolf Beck, ερευνητή του τμήματος Φυσιολογίας στο Πανεπιστήμιο Jagiellonian, ευρήματα από πειραματικές μελέτες που σχετίζονταν με τις ηλεκτρικές δραστηριότητες του εγκεφάλου, σε ζώα, πυροδοτούμενες από αισθητηριακές διεγέρσεις. Οι μελέτες αυτές ανέδειξαν την δραστηριότητα του εγκεφάλου σχετικά με προκλητά δυναμικά, αυθόρμητες διακυμάνσεις και αποσυγχρονισμό εγκεφαλικών κυμάτων. Βέβαια δεν θεωρήθηκε πατέρας της μεθόδου Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, καθότι μετά την δημοσίευση της εργασίας του, έγινε γνωστό πως ένας ιατρός ονόματι Richard Caton από το Λίβερπουλ είχε πραγματοποιήσει παρόμοια πειράματα σε πιθήκους λίγο παραπάνω από 10 χρόνια νωρίτερα της δημοσίευσης του Beck. [Coenen, A., et al, 2014] Μετά την δημοσίευση των προαναφερόμενων εργασιών, υπήρξαν σχεδόν τρεις δεκαετίες συνεχούς μελέτης σε

πλήθος ζώων με αρκετές διαφοροποιήσεις στις διαδικασίες παραγωγής σημάτων. Ωσπου το 1924 ένας Γερμανός ψυχίατρος/φυσιολόγος ονόματι Hans Berger, επεκτείνοντας τις εργασίες του Caton, Beck και άλλων, κατέγραψε το πρώτο Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα από άνθρωπο. [Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry, 2003]. Ο Berger πρακτικά εφήρηε το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα όπως είναι γνωστά σήμερα όπου και έδωσε το όνομα στην συσκευή. Η εφεύρεση αυτή περιγράφηκε αργότερα ως «μια από τις πιο εκπληκτικές, αξιοσημείωτες και βαρυσήμαντες εξελίξεις στην ιστορία της κλινικής νευρολογίας». [Millet, D., 2002] [Duffy, F., et al, 1989]

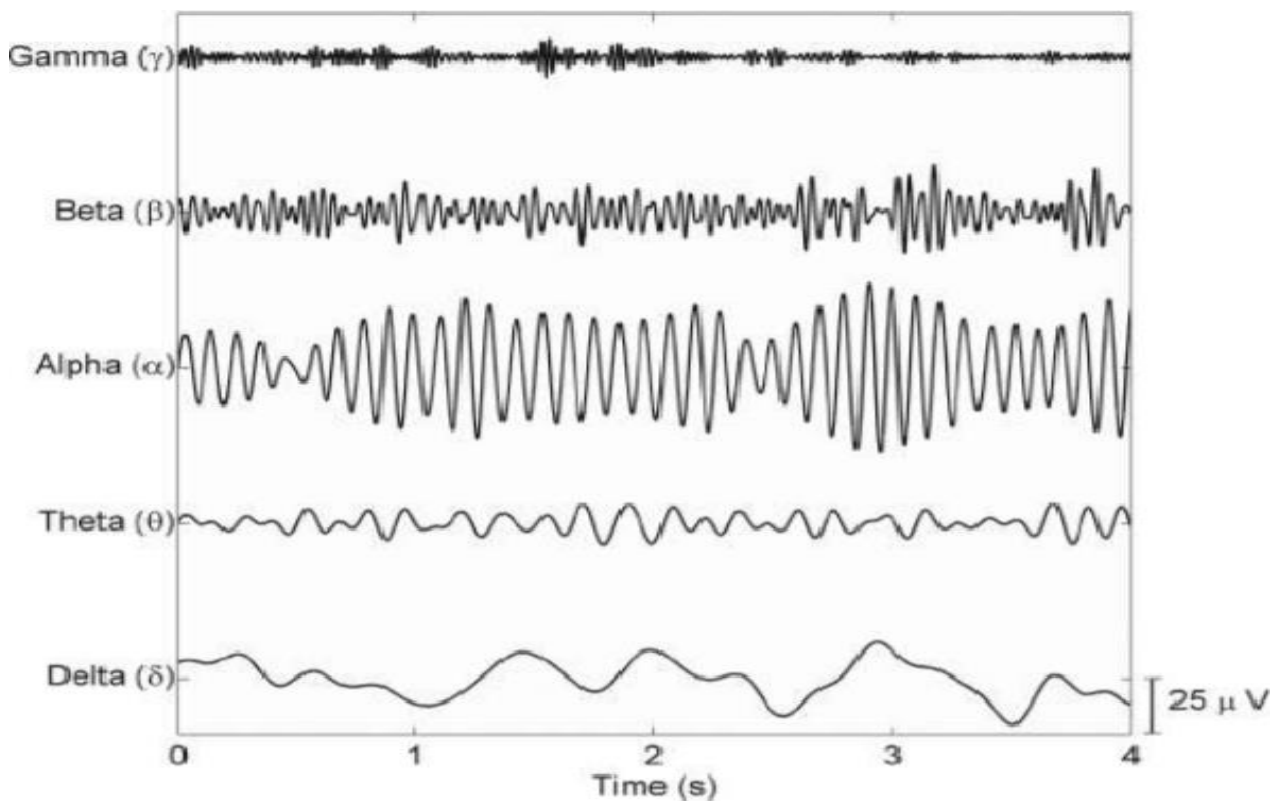
### 3.1.3 Αρχή Λειτουργίας

Η Ηλεκτροεγκεφαλογραφία είναι μια μη επεμβατική μέθοδος και στηρίζεται στην ανίχνευση μικροσκοπικών ηλεκτρικών φορτίων (ηλεκτρικής δραστηριότητας) που παράγονται εξαιτίας των διακυμάνσεων της τάσης εντός των νευρώνων του εγκεφαλικού φλοιού σε χρονικές κλίμακες ακόμα και δευτερολέπτων (Εικόνα 26). Το σήμα, θεωρείται πως δημιουργείται κατά κύριο λόγο από φλοιώδεις πυραμιδικούς νευρώνες του εγκεφαλικού φλοιού, οι οποίοι είναι προσανατολισμένοι κάθετα στην εγκεφαλική επιφάνεια. Η αρχή που χρησιμοποιεί στηρίζεται στην διαφορική ενίσχυση ή στην καταγραφή διαφοράς τάσης μεταξύ διαφορετικών σημείων. Το ΗΕΓ χρησιμοποιεί ένα πλήθος από ζεύγη ηλεκτροδίων, τα οποία συγκρίνουν την ενεργή θέση με άλλο απομακρυσμένο ή γειτονικό ηλεκτρόδιο αναφοράς. Πρακτικά τα ηλεκτρόδια δεν ανιχνεύουν μεμονωμένες αντιδράσεις, αλλά την ταυτόχρονη ενεργοποίηση μιας μεγάλης ομάδας νευρώνων. Ευδιάκριτες κυματομορφές ΗΕΓ παράγονται μόνο μέσω της μέτρησης διαφορών στο ηλεκτρικό δυναμικό. [John Hopkins Medicine] [National Library of Medicine] Πρωτίστως μετράει τα μετασυναπτικά δυναμικά ή τις αλλαγές στο δυναμικό της μεμβράνης που προκαλούνται από τους νευροδιαβιβαστές που συνδέονται στους υποδοχείς της μετασυναπτικής μεμβράνης. Στα γραφήματα ανάλυσης του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος παρατηρούνται δύο κατηγορίες ανίχνευσης, η διακύμανση της τάσης μέσω ηλεκτρικών



Εικόνα 26. Νευρωνική επικοινωνία

σημάτων και το φασματικό περιεχόμενο τους το οποίο αναλύει τον τύπο των νευρικών ταλαντώσεων (ονομάζονται και εγκεφαλικά κύματα) που παρατηρούνται ως συχνότητες. Αυτό που πρακτικά παρατηρούν σε ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι το πλάτος, η συχνότητα και το σχήμα. Σχετικά με το εύρος της συχνότητας που ανιχνεύει το ΗΕΓ έχουν διακριθεί 5 ρυθμοί (Εικόνα 27): ο Δέλτα που ορίζεται από τα 0,5 Hz έως τα 4 Hz, ο Θήτα που ορίζεται από τα 4 Hz έως τα 8 Hz, ο Άλφα που ορίζεται από τα 8 Hz έως τα 13 Hz, ο Βήτα που ορίζεται από τα 13 Hz έως τα 30 Hz και τέλος ο Γάμμα που ορίζεται για συχνότητες πάνω από 30 Hz αλλά είναι δύσκολο να καταγραφεί από ΗΕΓ που χρησιμοποιεί εξωτερικά ηλεκτρόδια στο τριχωτό της κεφαλής. Κάθε συχνότητα εκφράζει και μια διαφορετική κατάσταση που βρίσκεται ο άνθρωπος [Duffy, F., et al, 1989] [Blinowska, K., Durka, P., 2006]



**Εικόνα 27.** Οι 5 απεικονιζόμενες συχνότητες εγκεφάλου με σύστημα απαγωγής σήματος EEG

### 3.1.4 Ιατρικές χρήσεις EEG

Ο Ηλεκτροεγκεφαλόγραφος όπως προαναφέρθηκε είναι ένα ιατρικό διαγνωστικό μηχάνημα που εξάγει πληροφορίες για μεγάλο πλήθος παθολογιών όπως:

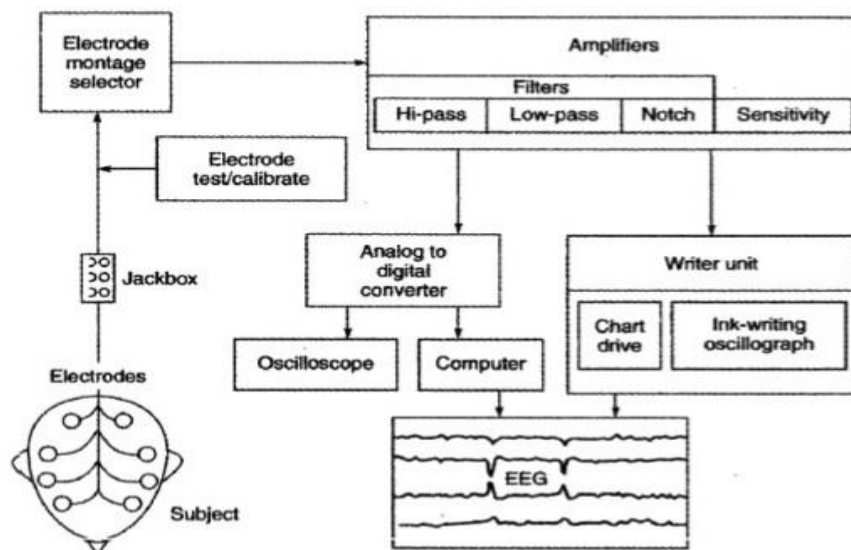
- Επιληψία και διάκριση μεταξύ επιληπτικών κρίσεων
- Διαταραχές ύπνου
- Όγκος στον εγκέφαλο

- Φλεγμονή του εγκεφάλου
- Συμπληρωματικό τεστ για επιβεβαίωση εγκεφαλικού θανάτου
- Καθώς επίσης και ως ελεγκτική διαδικασία σε χειρουργικές επεμβάσεις που χρήζουν αναισθησίας για να επιβεβαιωθεί αν ο ασθενής αισθάνεται κάτι και δεν μπορεί να το εκφράσει. [Koutroumanidis, M., et al, 2017] [Petit, D., et al, 2004] [Ajinkya, S., et al, 2021] [Stenund, E., Lindgren, A., 2017]

### 3.1.5 Μέρη του Ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG)

Τα σύγχρονα μηχανήματα Ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG) (Εικόνα 28) είναι πολυκαναλικά όργανα και αποτελούνται από το λιγότερο 8 έως το περισσότερο 24 ίδια κανάλια. Είναι ικανά για ταυτόχρονη καταγραφή ηλεκτρικής δραστηριότητας. Πιο αναλυτικά ένα EEG αποτελείται από:

- Πλακέτα Ηλεκτροδίων
- Επιλογέας Ηλεκτροδίων
- Ενισχυτές
- Φίλτρα (ψηφιακά και αναλογικά)
- Κινητήρας πέννας καταγραφής (για αναλογική εκτύπωση)
- Μονάδα γραφήματος (για αναλογική εκτύπωση)
- Μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (αν υπάρχει Η/Υ για συλλογή δεδομένων)
- Εσωτερικός Βαθμονομητής και
- Τροφοδοτικό [Duffy, F., et al, 1989]

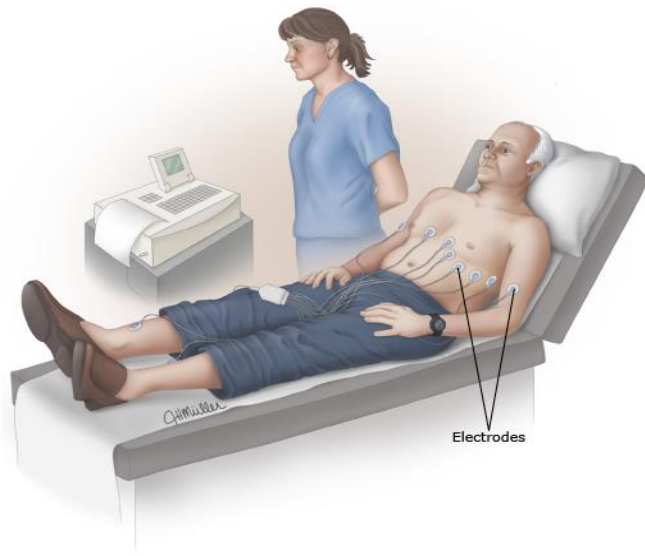


Εικόνα 28. Σχηματικό διάγραμμα συστήματος απαγωγής εγκεφαλικών σημάτων (EEG)

## 3.2 ECG (Electrocardiography)

### 3.2.1 Ορισμός

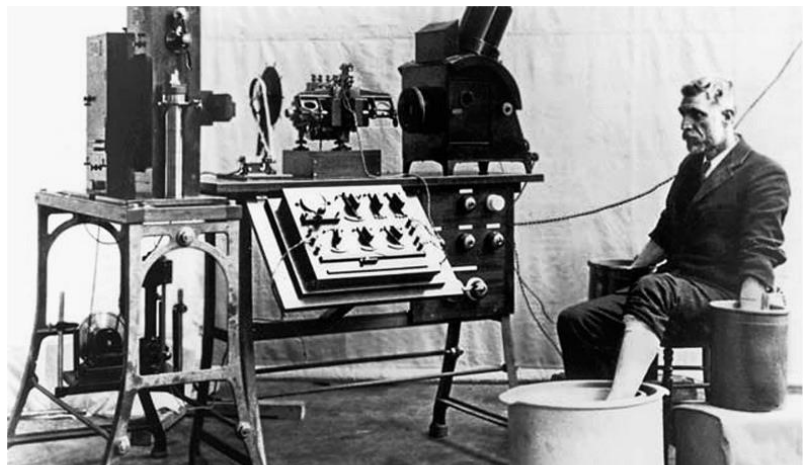
Ο Ηλεκτροκαρδιογράφος (ΗΚΓ) (Εικόνα 29) είναι ένας καταγραφέας της ηλεκτρικής δραστηριότητας που παράγεται από τα κύτταρα της καρδίας και φτάνει στην επιφάνεια του δέρματος. Τα σήματα λαμβάνονται, στην κεντρική του μονάδα λήψης και επεξεργασίας, μέσω 12 απαγωγών ηλεκτροδίων που τοποθετούνται συνήθως στο αριστερό μέρος του θώρακα, στους δύο καρπούς και στους δύο αστράγαλους. [Strauss, D., Schocken, D., 2021]



Εικόνα 29. Ηλεκτροκαρδιογραφικό μηχάνημα (ECG)

### 3.2.2 Ιστορική Αναδρομή

Το 1786, ένας Ιταλός φυσικός και γιατρός ονόματι Luigi Galvani, στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, παρατήρησε για πρώτη φορά από πειράματα που έκανε πάνω σε τεμαχισμένους μύες, πως στους σκελετικούς μύες μπορούσε να καταγραφεί ηλεκτρικό ρεύμα. Το 1842, ο καθηγητής φυσικής Carlo Matteucci στο Πανεπιστήμιο της Πίζας, έδειξε σε πειράματα πάνω σε βατράχους πως κάθε καρδιακός παλμός συνοδεύεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Το 1877 ο Βρετανικής καταγωγής φυσιολόγος Augustus Waller, της Ιατρικής σχολής του Λονδίνου St. Mary,

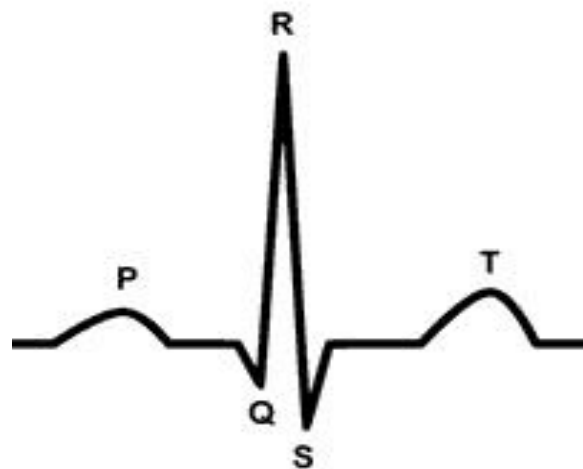


Εικόνα 30. Ένα από τα πρώτα Ηλεκτροκαρδιογραφικά μηχανήματα (ECG). Ο εξεταζόμενος εμβαπτίζει τα άκρα του σε κυλινδρικά ηλεκτρόδια γεμάτα διάλυμα ηλεκτρολύτη.

χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια στο στήθος και στην πλάτη ενός ανθρώπου και ένα τριχοειδές ηλεκτρόμετρο κατέγραψε και δημοσίευσε το πρώτο ανθρώπινο ηλεκτροκαρδιογράφημα. [Alghatrif, M., Lindsay, J., 2012] Το 1891, δυο Βρετανοί φυσιολόγοι του University College of London, ο Edward Starling και William Bayliss, χρησιμοποιώντας ένα αρκετά πιο βελτιωμένο τριχοειδές ηλεκτρόμετρο σε σχέση με του Waller έδειξαν πως σε κάθε καρδιακό παλμό υπάρχει τριφασική ηλεκτρική δραστηριότητα [Burnett, J., 1985] Λίγα χρόνια αργότερα ο Ολλανδός φυσιολόγος Willem Eindhoven βασισμένος στο έργο του Waller, προχωρώντας σε μεγαλύτερες βελτιώσεις του τριχοειδούς ηλεκτρομέτρου, με παράλληλες εφαρμογές μαθηματικών διορθώσεων, κατάφερε να εμφανίσει τις πέντε βασικές κορυφές του κύματος που συναντώνται και σήμερα σε ένα τυπικό ηλεκτροκαρδιογράφημα. Ο όρος «ηλεκτροκαρδιογράφημα» που χρησιμοποιείται επινοήθηκε για πρώτη φορά το 1893 από τον Eindhoven σε μια Ιατρική Συνάντηση στην Ολλανδία. [Alghatrif, M., Lindsay, J., 2012]

### 3.2.3 Αρχή Λειτουργίας

Η Ηλεκτροκαρδιογραφία (ΗΚΓ) είναι επίσης μια μη επεμβατική μέθοδος και στηρίζεται στην ανίχνευση ηλεκτρικών φορτίων που παράγονται εξαιτίας των διακυμάνσεων της τάσης εντός των καρδιακών κυττάρων. Η βασική αρχή της στηρίζεται στην διέγερση των καρδιακών κυττάρων που μεταβάλλουν με την σειρά τους το ηλεκτρικό δυναμικό στις μυϊκές ίνες. Σε αντίθεση με υπόλοιπα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος τα καρδιακά κύτταρα έχουν μια ιδιαιτερότητα γνωστή και ως «αυτοματισμό». Αυτό πρακτικά σημαίνει πως έχουν την ικανότητα να προκαλούν αυθόρμητα ερεθίσματα χωρίς να εξαρτώνται από τα νευρικά ερεθίσματα για να διεγερθούν. Τα ερεθίσματα αυτά στη συνέχεια μεταδίδονται από κύτταρο σε κύτταρο με τις συνδέσεις κενού που υπάρχει μεταξύ τους. Παρόλα αυτά δεν δρα εντελώς ανεξάρτητα από το νευρικό σύστημα, καθώς επηρεάζεται άμεσα από την εγκεφαλική λειτουργία και το τι σκεφτόμαστε. [Mooney, M., Browne, L., 2006] Το ΗΚΓ ουσιαστικά καταγράφει τις ηλεκτρικές δραστηριότητες που δημιουργούνται λόγω της εκπόλωσης των καρδιακών μυών, δείχνουν δηλαδή μια αρνητική εναλλαγή ηλεκτρικών φορτίων, η οποία μέσω παλλόμενων ηλεκτρικών κυμάτων



Εικόνα 31. Σύμπλεγμα PQRST ενός Ηλεκτροκαρδιογραφήματος

μεταδίδεται προς το δέρμα. Κάθε ηλεκτρικό ερέθισμα θα πάρει τελικά την μορφή ενός κύματος, αποτέλεσμα αυτού είναι αναδυόμενα μοτίβα αποτελούμενα από πλήθος συνδεδεμένων κυμάτων. Ο τρόπος υπολογισμού της διάρκειας των κυμάτων είναι εφικτός μέσω της εκτύπωσης τους σε ειδικά διαμορφωμένο περιβάλλον 25 μικρών τετραγώνων του 1 χιλιοστού που υποδηλώνει το ένα δευτερόλεπτο. Παρόμοιος τρόπος εφαρμόζεται και για τον υπολογισμό της τάσης, καθώς 10 μικρά τετράγωνα ισούνται με 1 millivolt. και του υπολογισμού της τάσης. [The University of Nottingham] Οι παράμετροι που ελέγχονται μέσω του ΗΚΓ είναι: i) ο καρδιακός ρυθμός (HR) που εκφράζει την συχνότητα ενός πλήρους καρδιακού κύκλου σε ένα ορισμένο χρονικό παράθυρο, ii) το μεσοδιάστημα παλμών (IBI) που εκφράζει το διάστημα μεταξύ των μεμονωμένων παλμών και μετριέται σε ms και iii) η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού που εκφράζει την διακύμανση των τιμών του IBI. Τελικά η εικόνα που θα δώσει ένα ΗΚΓ είναι ένα σύμπλεγμα που ονομάζεται PQRST (Εικόνα 31). [Tan, G., et al, 2011] Ένας τυπικό ηλεκτροκαρδιογραφικό μηχάνημα μπορεί να έχει από το ελάχιστο 3 ηλεκτρόδια (θετικό, αρνητικό και γείωση) έως και 12 ηλεκτρόδια. Οι θέσεις των ηλεκτροδίων στο ανθρώπινο σώμα είναι ορισμένες, τοποθετούνται στα χέρια, πόδια και σε συγκεκριμένα σημεία στο στήθος. Δεν έχουν όλες οι ομάδες των ηλεκτροδίων την ίδια μηχανική ιδιότητα. Συναντώνται 3 κατηγορίες απαγωγών ηλεκτροδίων: i) διπολικές απαγωγές άκρων, ii) μονοπολικές αυξημένες απαγωγές άκρων και iii) μονοπολικά ηλεκτρόδια στήθους. [Klabunde, R., 2021]

### 3.2.4 Ιατρικές χρήσεις ECG

Ο Ηλεκτροκαρδιογράφος είναι ένα ιατρικό διαγνωστικό μηχάνημα που η χρήση του μας καθιστά ικανούς να διαγνώσουμε πλήθος περιστατικών όπως:

- Ενδελεχή αναζήτηση της αιτίας πόνου στο στήθος
- Αξιολόγηση προβλημάτων όπως ζάλη ή λιποθυμία, δύσπνοια και σοβαρή κόπωση
- Εντοπισμό ακανόνιστων καρδιακών παλμών
- Προσδιορισμό της συνολικής φυσικής κατάστασης της καρδιάς πριν από χειρουργικές επεμβάσεις
- Μετά από θεραπείες από έμφραγμα του μυοκαρδίου, ενδοκαρδίτιδα ή και μετά από εγχείρηση καρδιάς
- Έλεγχο λειτουργίας εμφυτευμένου βηματοδότη
- Προσδιορισμό καλής λειτουργίας καρδιακών φαρμάκων

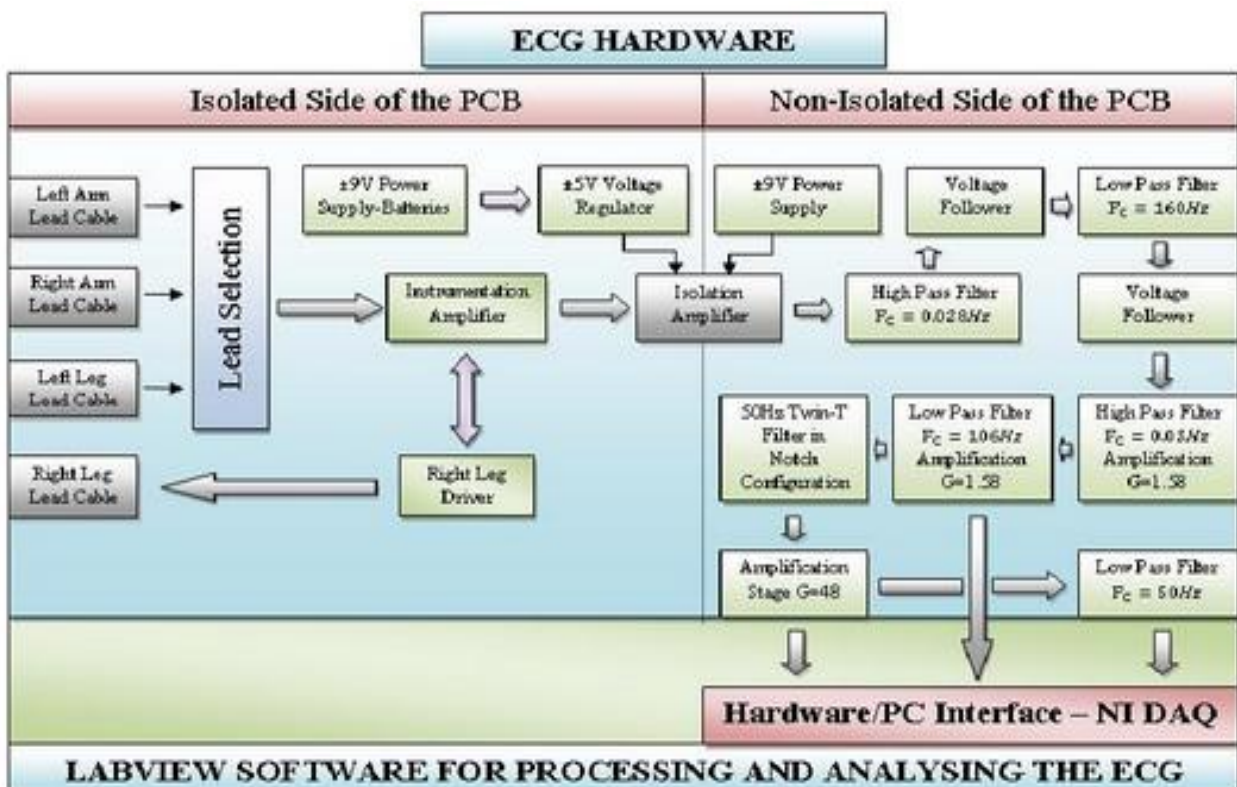


- Ανίχνευση λειτουργικότητας της καρδιάς κατά τη διάρκεια φυσικών ασκήσεων [John Hopkins Medicine]

### 3.2.5 Μέρη του Ηλεκτροκαρδιογράφου (ECG)

Τα σύγχρονα Ηλεκτροκαρδιογραφικά μηχανήματα (Εικόνα 32) διαθέτουν από 3 έως 12 ηλεκτρόδια, με το πιο σύνηθες να είναι πάνω από 10. Υπάρχουν ηλεκτρόδια που προορίζονται για επαφή με τα άκρα και ηλεκτρόδια που προσδιορίζονται για επαφή με το στήθος. Κάποια από τα ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται για την απαγωγή σημάτων και άλλα χρησιμοποιούνται για την γείωση. Πιο αναλυτικά τα μέρη ενός μηχανήματος ηλεκτροκαρδιογραφίας αναφέρονται παρακάτω.

- Από 3 έως 12 Ηλεκτρόδια
- Επιλογέας Ηλεκτροδίων
- Ενισχυτές τάσης
- Ρυθμιστές τάσης
- Φίλτρα (ψηφιακά και αναλογικά)
- Μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (αν υπάρχει Η/Υ για συλλογή δεδομένων) και
- Τροφοδοτικό [Jamil, A., et al, 2018]



Εικόνα 32. Σχηματικό διάγραμμα συστήματος απαγωγής καρδιακών σημάτων (ECG)

### 3.3 IRT (Infrared Thermography)

#### 3.3.1 Ορισμός

Η υπέρυθη θερμογραφική κάμερα (Εικόνα 33) είναι ένα μηχάνημα ανέπαφης και μη επεμβατικής ανίχνευσης της υπέρυθρης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που εκπέμπουν όλα τα σώματα/αντικείμενα με θερμοκρασιακές τιμές μεγαλύτερες του απόλυτου μηδέν. Μετατρέπει σε οπτική εικόνα τις θερμικές



**Εικόνα 33.** Κάμερα Θερμογραφίας

διακυμάνσεις κατά μήκος του οπτικού πεδίου του φακού της, με ένταση ανάλογη της θερμοκρασίας (όσο πιο θερμό ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολίας που εκπέμπει). Το μήκος κύματος που ανιχνεύει κυμαίνεται από 9 έως 14  $\mu\text{m}$  (μικρόμετρα), η ανάλυση τους είναι από 160 x 120pixels έως 1024 x 1024pixels και οι εικόνες που τελικά σχηματίζονται ονομάζονται θερμογράμματα. [The Ultimate infrared handbook for r&d Professionals]

#### 3.3.2 Ιστορική Αναδρομή

Η μέτρηση της θερμότητας ως μέθοδο εξέτασης έχει ρίζες πολλούς αιώνες πίσω. Βρέθηκε πάπυρος από το 1700 π.Χ. που κατέγραφε την συσχέτιση της θερμότητας με διάφορες ασθένειες. Πρόδρομο των σημερινών τεχνικών θερμομέτρησης αποτέλεσαν λεπτά στρώματα λάσπης που εφαρμόζαν οι ιατροί, το 400 π.Χ., στον ασθενή και παρακολουθούσαν πιο σημείο θα χάσει πιο γρήγορα την υγρασία του, ώστε να αποδώσουν τον ρυθμό ξήρανσης της λάσπης σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες της επιφάνειας του σώματος. Ο Ιπποκράτης είχε αντιληφθεί την σημαντικότητα της θερμοκρασίας του σώματος και είχε πει «Σε όποιο σημείο του σώματος αισθανόμαστε υπερβολική ζέστη ή κρύο, εκεί είναι η ασθένεια για να ανακαλυφθεί». Μια προσπάθεια για πιο ακριβείς μετρήσεις έγινε τον 2<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. από τον Έρωνα της Αλεξάνδρειας όπου δημιούργησε την λάμπα θερμοσκοπίου. Το 15<sup>ο</sup> αιώνα από τον Galileo, έπειτα από προσπάθειες βελτίωσης του θερμοσκοπίου, δημιουργήθηκε ένα

ακατέργαστο θερμόμετρο κοντά στην μορφή που το γνωρίζουμε μέχρι και σήμερα. Η απαρχή της υπέρυθρης θερμογραφίας έγινε κοντά στις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα όταν ο αστρονόμος Sir William Hershel πειραματιζόμενος με διάφορα πρίσματα, με σκοπό να διαχωρίσει τα χρώματα του ουράνιου τόξου, ανακάλυψε ένα καίνουργιο για εκείνη την εποχή φάσμα φωτός: το υπέρυθρο φως. Φυσικά όπως συνηθίζεται να συμβαίνει στην τεχνολογία, η μέθοδος της θερμομέτρησης σημείωσε τεράστιες βελτιώσεις την δεκαετία του 1920 και πιο συγκεκριμένα στην διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου πολέμου που χρησιμοποιήθηκαν υπέρυθροι



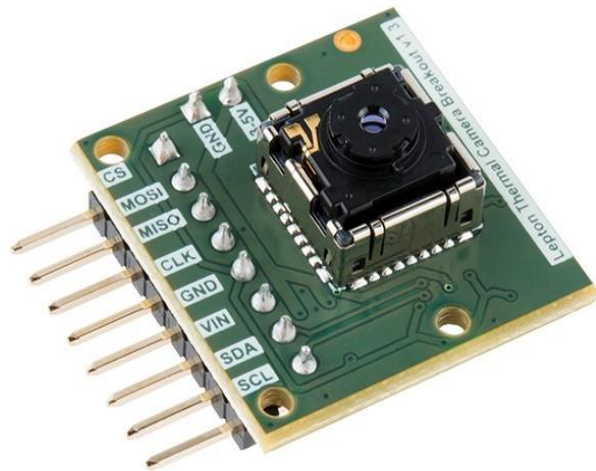
**Εικόνα 34.** Κάμερα Θερμογραφίας, Μοντέλο 650 της εταιρείας AGA κατασκευής 1965

αισθητήρες σε στρατιωτικές εφαρμογές, όπως η ανίχνευση κίνησης στρατευμάτων. Κατά την δεκαετία του 1960 η προηγμένη για τότε τεχνολογία της θερμομέτρησης υπέρυθρου φωτός μέσω κάμερας πέρασε και στον τομέα της υγείας μέσω μεγάλου όγκου εργασιών που λάμβαναν χώρα εκείνη την περίοδο από πλήθος της ιατρικής επιστημονικής κοινότητας. Επίσημα το 1982 το FDA ενέκρινε την θερμογραφία ως ιατρική μέθοδο εξέτασης έπειτα από πολλά πειράματα και μελέτες, ιδίως στην κλινική αξιολόγηση των παθήσεων του μαστού. [The History of Thermography, 2018]

### 3.3.3 Αρχή Λειτουργίας

Η Υπέρυθρη θερμογραφία (IRT) είναι όπως και οι δυο προηγούμενες μέθοδοι μη επεμβατική και η βασική της αρχή στηρίζεται στην ανίχνευση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, μέσω αισθητήρων, στο υπέρυθρο φάσμα που παράγεται από κάθε σώμα το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία άνω του απόλυτου μηδενός. Η παραγόμενη ακτινοβολία αντιστοιχεί με την φυσική θερμοκρασία που έχει το υπό μέτρηση αντικείμενο/υποκείμενο. Όλα αυτά φυσικά δεν θα ήταν εφικτά δίχως τον νόμο για την ακτινοβολία από τον Γερμανό φυσικό Maxwell Planck. Εκπεμπόμενες δέσμες ακτινοβολίας από το αντικείμενο εστιάζονται μέσω των οπτικών σε ένα στοιχείο ανιχνευτή του θερμογράφου. Η ακτινοβολία που μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα

μέσω των στοιχείων του ανιχνευτή είναι ανάλογη. Το σήμα αυτό στη συνέχεια αναλύεται ώστε να δημιουργηθεί σήμα εξόδου όπου και θα απεικονίσει άμεσα την θερμοκρασία. Όλα αυτά τα δεδομένα/σήματα που λαμβάνονται μπορούν είτε να εμφανιστούν στην οθόνη ενός υπολογιστή και να εξεταστούν από τον αρμόδιο είτε ακόμα και να σταλούν ως πληροφορία σε ένα σύστημα ελέγχου (Εικόνα 35). Όπως πίσω από κάθε μηχανήμα μέτρησης κρύβονται κάποιοι συντελεστές και κάποιες σταθερές, έτσι και στην θερμογραφία



**Εικόνα 35.** Θερμογραφικός Αισθητήρας  
σημαντικό ρόλο παίζει ο συντελεστής εκπομπής κάθε σώματος, ο οποίος μεταβάλλεται με την γωνία εκπομπής, το εξεταζόμενο μήκος κύματος και την θερμοκρασία. Γίνεται αντιληπτό πως τόσοι συντελεστές θα δυσχεραίνουν πολύ τις μετρήσεις, για τον λόγο αυτό οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν μια θεωρητική εφεύρεση που είχε γίνει, ονόματι μέλαν σώμα, για την διευκόλυνση της μελέτης της θερμικής ακτινοβολίας. Επίσης σύμφωνα με τον νόμο του Stefan-Boltzmann αποκρυπτογράφησαν εξισώσεις με απλοποιημένο τρόπο, με σκοπό τον πιο απλό καθορισμό της σχέσης μεταξύ της θερμοκρασίας του υπό εξέταση υποκειμένου/αντικειμένου και του ηλεκτρικού σήματος από τον ανιχνευτή. Οι θερμογραφικοί ανιχνευτές έχουν την ικανότητα να ανιχνεύσουν ένα σώμα ακόμα και σε συνθήκες απώλειας φωτός. Χωρίζονται σε δυο κατηγορίες την ενεργή και την παθητική θερμογραφία ανάλογα με το αν το σώμα διαφέρει θερμικά από το φόντο του. Αν το υπό εξέταση σώμα έχει θερμοκρασιακές διαφορές από τον φόντο η μέθοδος ονομάζεται παθητική θερμογραφία και είναι σχετικά απλή, ενώ όταν το σώμα έχει κοινές θερμοκρασίες με τον φόντο η μέθοδος ονομάζεται ενεργή θερμογραφία και εκεί τα πράγματα γίνονται πιο απαιτητικά καθώς χρειάζεται μια πηγή παραγωγής θερμότητας στο υπό εξέταση σώμα. [Flir, Thermal imaging camera specification] [Graciani, G., Amblard, F., 2019] [The Ultimate infrared handbook for r&d Professionals]

### 3.3.4 Ιατρικές χρήσεις IRT

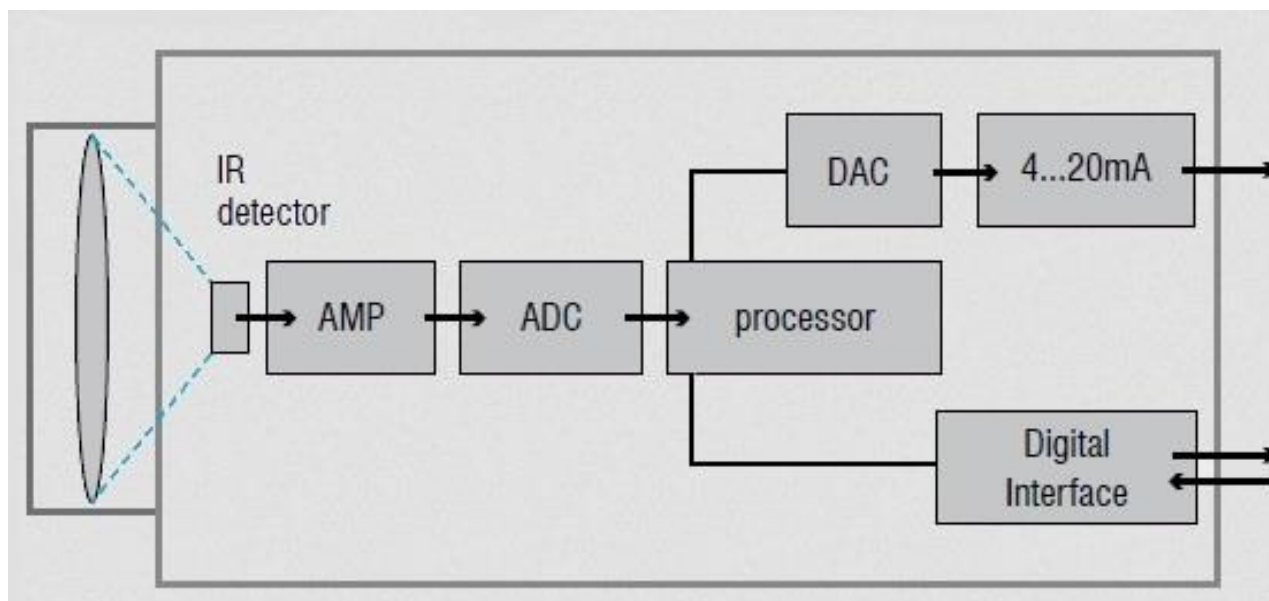
Η Υπέρυθρη θερμογραφία είναι ένα ιατρικό διαγνωστικό μηχάνημα που έχει χρησιμοποιηθεί στην ιατρική κοινότητα για πλήθος ερευνών και διαγνώσεων όπως:

- Έλεγχος θερμορύθμισης ενός σώματος
- Ανίχνευση καρκίνου στον μαστό
- Διάγνωση διαβητικής νευροπάθειας και περιφερικών αγγειακών διαταραχών
- Έλεγχος του πυρετού
- Δερματολογικές και Οδοντιατρικές εφαρμογές
- Παρακολούθηση αρτηριακής πίεσης
- Διάγνωση ρευματικών και οφθαλμολογικών παθήσεων
- Ανίχνευση προβλημάτων που σχετίζονται με τη γυναικολογία και τη νεογνική φυσιολογία
- Τεστ προσωπικότητας και απεικόνιση εγκεφάλου [Cuevas, F. I., Galindo, E. V., 2012]

### 3.3.5 Μέρη του Υπέρυθρου θερμογράφου (IRT)

Οι σύγχρονες υπέρυθρες θερμοκάμερες διαθέτουν συστήματα μέτρησης θερμοκρασίας υποβάθρου για να έχουν πιο σωστές εκτιμήσεις της ανιχνεύσιμης θερμοκρασίας. Τα συστήματα, ανάλογα με την εταιρεία και τον τύπο που προορίζεται η υπέρυθρη θερμοκάμερα, μπορεί να διαφέρουν ελαφρώς, όμως τα κύρια στοιχεία του είναι τα εξής (Εικόνα 36):

- Ανιχνευτής υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Ενισχυτής σήματος
- Μετασχηματιστής από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα
- Επεξεργαστής σήματος
- Μετασχηματιστής από ψηφιακό σε αναλογικό σήμα
- Ψηφιακή διεπαφή για απεικόνιση πληροφορίας και οθόνη
- Έξοδο ως ηλεκτρικό σήμα για περαιτέρω επεξεργασία της πληροφορίας [(113) BeStech Sensor & Teaching Equipment]



Εικόνα 36. Σχηματικό διάγραμμα συστήματος ανίχνευσης θερμοκρασίας (IRT)

Πίνακας 3.1 Συνοπτικός πίνακας με διάφορα χαρακτηριστικά από τις τρεις συσκευές που χρησιμοποιήθηκε ως εξοπλισμός για το πείραμα.

| -          | Χρονική ανάλυση | Χωρική ανάλυση | Ανάγκη εκπαίδευσης | Κόστος (Euro)                    | Επεμβατικό / Παρεμβατικό | Ανάγκη επαφής | Πολυπλοκότητα ρύθμισης |
|------------|-----------------|----------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------|------------------------|
| <b>EEG</b> | Υψηλή           | Χαμηλή         | Χρήζει αρκετής     | Εκατοντάδες έως Δεκάδες χιλιάδες | Μη                       | Ναι           | Μερική                 |
| <b>ECG</b> | Υψηλή           | Χαμηλή         | Χρήζει αρκετής     | Εκατοντάδες έως Χιλιάδες         | Μη                       | Ναι           | Μερική                 |
| <b>IRT</b> | Μέτρια          | Υψηλή          | Χρήζει μερικής     | Εκατοντάδες έως Δεκάδες χιλιάδες | Μη                       | Όχι           | Αρκετή                 |

### 3.4 Φυσιολογικά σήματα για την ανίχνευση βιοσημάτων

Η παραγωγή βιοσημάτων και ειδικότερα το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των πολύπλοκων γνωστικών λειτουργιών, όπως είναι η μάθηση και η μνήμη. [Miloulis, S. T., et al, 2021] Η ανίχνευση συναισθημάτων μέσω των βιοσημάτων είναι ένα πεδίο που γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία.

Έχουν γίνει αρκετές έρευνες την τελευταία δεκαετία στο πεδίο της αναγνώρισης συναισθημάτων μέσω βιοσημάτων. Ποικίλουν ανάλογα με τον τρόπο που θα διεγείρουν συναισθήματα και στον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιήσουν για τις ανίχνευση/μέτρηση του παραγόμενου βιοσήματος.

Οι **Zhongyang, H., et al το 2021** προσπάθησαν να χαρτογραφήσουν τις εγκεφαλικές περιοχές που παράγουν πιο έντονες συχνότητες (σήμα) με σκοπό την ανίχνευση συναισθήματος μέσω Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Εφάρμοσαν διέγερση θετικών, αρνητικών και ουδέτερων συναισθημάτων σε εθελοντές και εξέτασαν ποιες περιοχές του εγκεφάλου ενεργοποιούνται και με τι ένταση. Κατέγραψαν ενεργοποιήσεις σε περιοχές του βρεγματικού λοβού, του προμετωπιαίου λοβού και κροταφικού λοβού, και ιδιαίτερα σε θετικά και αρνητικά συναισθήματα. Τα ουδέτερα συναισθήματα δεν έδειξαν κάποια σαφή ένδειξη. Επίσης οι συχνότητες που ανιχνεύθηκαν σε μεγάλη ένταση ήταν η Α και η Γ. Τα αποτελέσματα που εξήγαγαν μέσω του ΗΕΓ αποσαφηνίζουν με αξιοπιστία την ύπαρξη συσχέτισης συναισθηματικής φόρτισης και ενεργοποίησής συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών καθώς συγκεκριμένων συχνοτήτων.

Οι **Valderas, M. T., et al το 2015** ερεύνησαν την συσχέτιση μεταβλητότητας καρδιακού παλμού με την συναισθηματική κατάσταση του ανθρώπου. Χρησιμοποίησαν σήματα από ΗΚΓ και στο πεδίο του χρόνου και στο πεδίο των συχνοτήτων για μεγαλύτερη αξιοπιστία στις μετρήσεις. Ανέλυσαν επίσης τις χαμηλές και υψηλές συχνότητες του καρδιακού παλμού που συσχετίζονται με το συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό σύστημα αντίστοιχα, αναζητώντας πέραν από συναισθηματική κατάσταση, και φυσιολογική λειτουργία που να μπορεί να αντιστοιχηθεί με συχνότητες. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο μέσος καρδιακός ρυθμός είναι μια αξιόπιστη παράμετρος για την ανίχνευση συναισθηματικής κατάστασης και κυρίως για διαφορές μεταξύ χαράς και φόβου.

Οι **Jang E. H., et al το 2019** μελέτησαν συνδυαστικές μεθόδους ανίχνευσης συναισθημάτων μέσω βιοσημάτων για δέκα εβδομάδες. Διέγειραν τους εθελοντές του πειράματος μέσω

διαφορετικών οπτικοακουστικών υλικών για κάθε εβδομάδα ώστε να μην τα συνηθίσουν και έλαβαν σήματα για το επίπεδο αγωγιμότητας του δέρματος, την θερμοκρασία του δαχτύλου, τον καρδιακό ρυθμό και τον παλμό όγκου του αίματος. Τα αποτελέσματα αξιοπιστίας των μετρήσεων που έλεγξαν μέσω στατιστικών τεστ ήταν υψηλά. Παρατηρήθηκε συσχέτιση βιοσήματος με συναισθηματική κατάσταση για τις μετρήσεις αγωγιμότητας του δέρματος, καρδιακού ρυθμού και παλμού όγκου του αίματος. Τα αποτελέσματα τους υποστηρίζουν την σημασία των βιοσημάτων στην ανίχνευση της συναισθηματικής κατάστασης.

Οι **Salazar Lopez, E., et al το 2015** πραγματοποίησαν ένα πείραμα σχετικό με την συναισθηματική κατάσταση των ατόμων και την εκπεμπόμενη θερμοκρασία από το δέρμα τους. Ζήτησαν από τους εθελοντές του πειράματος να κάνουν κάποιες συναισθηματικές εργασίες όσο κατέγραφαν με θερμοκάμερα το πρόσωπο τους. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά, καθώς εντόπισαν πως η αλλαγή της συναισθηματικής κατάστασης των εθελοντών προκάλεσε και αλλαγή θερμοκρασίας στην περιοχή της μύτης. Συνδέοντας τα συναισθήματα αρνητικού σθένους με μείωση της θερμοκρασίας στην περιοχή της μύτης και τα συναισθήματα θετικού σθένους με αύξηση θερμοκρασίας στην περιοχή της μύτης.



## 4. Υλικά και Μεθοδολογία

### 4.1 Εξοπλισμός

#### Βιοpac MP150

Η συσκευή καταγραφής βιοσημάτων της εταιρείας Βιοpac (Εικόνα 37,38), που χρησιμοποιήθηκε για την διπλωματική εργασία, χορηγήθηκε από το εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας Ι του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Η συσκευή αυτή επιλέχθηκε διότι χρησιμοποιείται ευρέως, για παρόμοιους σκοπούς, τόσο σε ερευνητικά εργαστήρια όσο και σε κλινικές πράξεις. Είναι μια συσκευή καταγραφής ηλεκτρικών και μη ηλεκτρικών βιοσημάτων που συνήθως



Εικόνα 37. Μονάδα ψηφιοποίησης Βιοpac MP150



Εικόνα 38. Μονάδα εισόδου/εξόδου Βιοpac MP150

χρησιμοποιείται από εργαστήρια νευρολογίας, ψυχοφυσιολογίας και εργοφυσιολογίας. Η συσκευή απαρτίζεται από: i) βιοενισχυτές, ii) μονάδα εισόδου/ εξόδου (μονάδα διεπαφής), iii) μονάδα ψηφιοποίησης και iv) 2 απαγωγά ηλεκτρόδια για την λήψη των βιοσημάτων και 1 ηλεκτρόδιο για την γείωση. Ο τελικός έλεγχος και η επεξεργασία όλων των δεδομένων που συλλέχθηκαν γίνεται με την χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή που έχει εγκατεστημένο το πρόγραμμα Acknowledge της εταιρείας. Η συσκευή έχει την ικανότητα απαγωγής/ενίσχυσης/ψηφιοποίησης και επεξεργασίας πολλών βιοσημάτων ταυτόχρονα. Διαθέτει για κάθε είδος σήματος που λαμβάνει και από μία αρμόδια μονάδα απαγωγής και ενίσχυσης.

Το Biopac του εργαστηρίου διαθέτει τις ακόλουθες μονάδες ενίσχυσης: i) Ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ), ii) Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (ΗΕΓ), iii) Ηλεκτρομυογραφήματος (ΗΜΓ), iv) Ηλεκτροοφθαλμογραφήματος (ΗΟΓ) και v) Ηλεκτροδερματικής Αντίστασης (ΗΔΑ). Για τις ανάγκες της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν μόνο 2 από τις 5 ενισχυτικές μονάδες, του ΗΚΓ και του ΗΕΓ (Εικόνα 39).

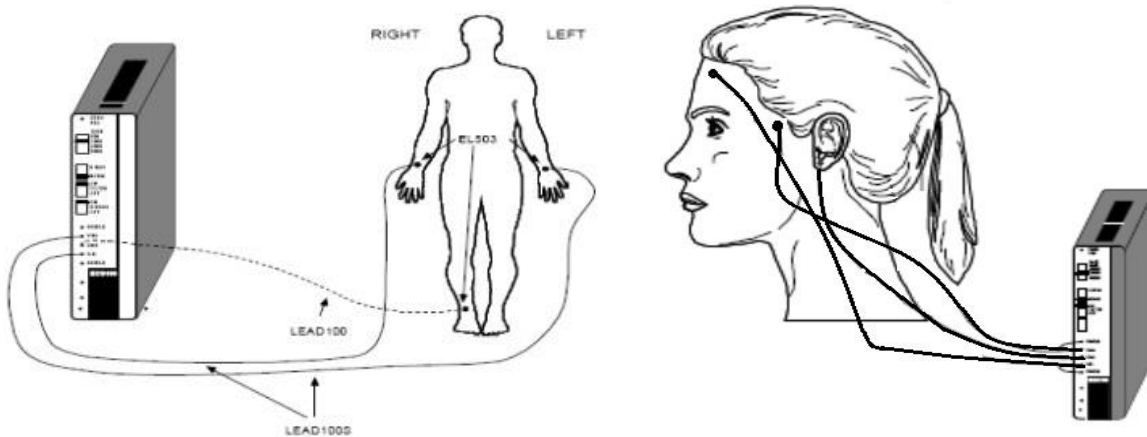
Η διαδικασία της συνδεσμολογίας ηλεκτροκαρδιογραφήματος για την απαγωγή καρδιακών βιοσημάτων από τους εθελοντές που πήραν μέρος στο πείραμα, έγινε σύμφωνα με το εγχειρίδιο του εργαστηρίου (βλέπε εικόνα 40). Ένα από τα δύο ηλεκτρόδια απαγωγής βιοσήματος τοποθετήθηκε στο εσωτερικό του αριστερού καρπού και το άλλο στο εσωτερικό του δεξιού καρπού, ενώ το ηλεκτρόδιο της γείωσης τοποθετήθηκε στο εσωτερικό του δεξιού αστραγάλου.

Η διαδικασία της συνδεσμολογίας ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος για την απαγωγή εγκεφαλικών βιοσημάτων από τους εθελοντές που πήραν μέρος στο πείραμα έγινε συνδυαστικά από το εγχειρίδιο του εργαστηρίου (βλέπε εικόνα 40) και μια σχετική εργασία που πραγματοποιήθηκε από τους Qingxuan Jia et al το 2018 [Qingxuan, J., et al, 2018]. Ο συνδυασμός αυτός προέκυψε λόγω ελλιπούς εξοπλισμού σχετικά με το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Στην εργασία αναφέρεται πως για την απαγωγή εγκεφαλικών βιοσημάτων που παράγονται λόγω συναισθηματικής φόρτισης χρειάζεται πολυκάναλος ενισχυτής, ενώ η συσκευή Biopac του εργαστηρίου διαθέτει μόνο 2 ηλεκτρόδια απαγωγής



**Εικόνα 39.**  
Μονάδες Ενίσχυσης  
ΗΚΓ – ΗΕΓ Biopac  
MP150

εγκεφαλικών βιοσημάτων. Στην πειραματική διαδικασία τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στον μετωπιαίο λοβό λόγω ευκολότερης τοποθέτησης χωρίς δυσκολίες από το τριχωτό μέρος της κεφαλής (Εικόνα 40).



**Εικόνα 40.** Σχετικό σχέδιο συνδεσμολογίας ΗΚΓ και ΗΕΓ που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία απαγωγής βιοσημάτων. Η αριστερή εικόνα δείχνει την συνδεσμολογία των απαγωγών και γείωσης ηλεκτροδίων για το Ηλεκτροκαρδιογράφημα ενώ η δεξιά εικόνα δείχνει την συνδεσμολογία των απαγωγών και γείωσης ηλεκτροδίων για το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.

### **FLIR T440 (Θερμοκάμερα Υπέρυθρης Ακτινοβολίας)**

Η συσκευή καταγραφής εκπεμπόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας της εταιρείας FLIR (Εικόνα 41), που χρησιμοποιήθηκε για την διπλωματική εργασία, χορηγήθηκε από την επιστημονικά υπεύθυνη καθηγήτρια της διπλωματικής εργασίας του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Η συσκευή αυτή επιλέχθηκε διότι



**Εικόνα 41.** Υπέρυθρη Θερμοκάμερα της εταιρείας FLIR, model T440.

χρησιμοποιείται ευρέως από την ιατρική κοινότητα για την καταγραφή της επιφανειακής

θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος ή μέλους αυτού τόσο σε κλινικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο. Είναι μια συσκευή καταγραφής της θερμοκρασίας γρήγορα, ανέπαφα και μη επεμβατικά με εξαιρετική ακρίβεια. Ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων της είναι η παροχή ασφαλούς καταγραφής της θερμοκρασίας, και για τον εξεταζόμενο αλλά και για τον εξεταστή, σε περιπτώσεις που η πολύ στενή επαφή τους θα μπορούσε να επιφέρει κινδύνους σε αμφότερους.

Η συσκευή διαθέτει: i) ανιχνευτή υπέρυθρων 320 x 240 εικονοστοιχείων με συχνότητα 60 Hz, ii) σύστημα UltraMax, τεχνολογία βελτίωσης της εικόνας μέσω καταγραφής σειράς θερμικών εικόνων και συνδυασμό αυτών σε μία, iii) Κεραία για ασύρματη σύνδεση WiFi, iv) φακούς εστίασης 50μm και 100 μm, v) μπαταρία για ενεργειακή ανεξαρτησία της υπέρυθρης θερμικής κάμερας, vi) κάρτα μνήμης για αποθήκευση εικόνων, vii) LCD οθόνη αφής, viii) λάμπα φλώς, ix) θερμική ευαισθησία 0,04°C και x) εύρος μέτρησης θερμοκρασίας από -20 έως 1200°C.

## 4.2 Υλικά

Για την ερευνητική εργασία χρησιμοποιήθηκαν, πέραν από τον εξοπλισμό που αναφέρθηκε παραπάνω, επιπλέον τρεις Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές (H/Y). Ο σταθερός H/Y από το εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας I του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, που είχε εγκατεστημένο το πρόγραμμα Acknowledge της εταιρείας Biopac για την καταγραφής, την αποθήκευση και την επεξεργασία των βιοσημάτων. Ένας προσωπικός φορητός H/Y για την απεικόνιση εικόνων που προκάλεσαν διέγερση των συναισθημάτων στα υπό εξέταση υποκείμενα και ένας προσωπικός φορητός H/Y με εγκατεστημένο Microsoft Office για την συγγραφή της εργασίας. Επίσης ξενοδοχειακού τύπου εξοπλισμός, όπως γραφεία και καρέκλες χρησιμοποιήθηκαν από την εργαστηριακή αίθουσα του πανεπιστημίου στην οποία έγιναν και τα πειράματα.

Τα υποκείμενα που έλαβαν εθελοντικά μέρος στην έρευνα, στρατολογήθηκαν μέσω προσωπικής επικοινωνίας του φοιτητή και προέρχονταν αμιγώς από τον χώρο του πανεπιστημίου. Τα υποκείμενα της έρευνας ήταν 5 αρσενικά και 5 θηλυκά ηλικίας από 20 έως 50 χρόνων, χωρίς κάποια παθολογική δυσλειτουργία που θα μπορούσε να σταθεί εμπόδιο στην διαδικασία. <http://www.benedekkurdi.com/#!/portfolio/project-4.html>

Το οπτικοακουστικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε, για την πυροδότηση των συναισθημάτων χαράς και φόβου, προερχόταν κατά ένα μέρος από την σελίδα του τμήματος Ψυχολογίας του Πανεπιστημίου Yale. [<http://www.benedekkurdi.com/#!/portfolio/project-4.html>] Από την

εγκεκριμένη συλλογή εικόνων που έχει αναρτήσει και διαθέτει ελεύθερα ο dr. Benedek Kurdi στην σελίδα του τμήματος. Μεγάλο μέρος του οπτικοακουστικού υλικού αναζητήθηκε από τον φοιτητή μέσω του διαδικτύου. Η αναζήτηση και η επιλογή εικόνων και ήχων έγινε σύμφωνα με το συναίσθημα χαράς και φόβου που χρειαζόταν να προκληθεί. Δημιουργήθηκαν δύο δίλεπτα βίντεο, με την χρήση της εφαρμογής Video Editor. Το βίντεο της χαράς αποτελείτο από 25 φωτογραφίες, που εναλλάσσονταν ανά 5 δευτερόλεπτα, απεικονίζοντας ζώα, τοπία και χαρούμενες ανθρώπινες στιγμές. Η μουσική υπόκρουση που χρησιμοποιήθηκε στο βίντεο ήταν το κομμάτι «Rise Up» του Yves Larock. [[https://www.youtube.com/watch?v=z0MYU\\_nOGNg](https://www.youtube.com/watch?v=z0MYU_nOGNg)] Το βίντεο του τρόμου αποτελείτο επίσης από 25 φωτογραφίες, που εναλλάσσονταν σε χρονικό διάστημα ανάλογο της μουσικής υπόκρουσης ταιριάζοντας κάθε ήχο με την απεικονιζόμενη φωτογραφία κάθε στιγμής. Η μουσική υπόκρουση που χρησιμοποιήθηκε στο βίντεο ήταν από μια ανάμειξη διάφορων τρομακτικών ήχων που δημιούργησε και δημοσίευσε στο YouTube ο Shen Mico. [<https://www.youtube.com/watch?v=Svc2H3AEeJ4>] Τα δυο βίντεο είναι διαθέσιμα μετά από επικοινωνία με τον κ. Α. Τορίδη μέσω της γραμματείας του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής ([bme@uniwa.gr](mailto:bme@uniwa.gr))



**Εικόνα 42.** Δείγματα εικόνων από τα δυο βίντεο που διέγερναν τα συναισθήματα των εθελοντών. Στο πάνω μέρος βρίσκονται εικόνες που προκαλούν θετικά συναισθήματα ενώ στο κάτω μέρος βρίσκονται εικόνες που προκαλούν αρνητικά συναισθήματα.

### 4.3 Πρωτόκολλα και Διαδικασίες

Τα πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν ήταν ένας συνδυασμός πρωτοκόλλων άλλων παρόμοιων δημοσιευμένων εργασιών προσαρμοσμένα στις τρέχουσες συνθήκες του εργαστηρίου αλλά και του εξοπλισμού που υπήρχε διαθέσιμος.

Η αρχική διαδικασία που ακολουθήθηκε, προτού ο εθελοντής μπει στο εργαστήριο για την λήψη των βιοσημάτων, σχετιζόταν με την ρύθμιση της θερμοκρασίας στον εξεταστικό χώρο. Δύο ώρες πριν ξεκινήσει η πειραματική διαδικασία όλα τα παράθυρα και οι κουρτίνες του εργαστηρίου έκλειναν και ενεργοποιούνταν κλιματισμός σε θερμοκρασία γύρω στους 29 βαθμούς Κελσίου. Σκοπός της διαδικασίας αυτής ήταν να υπάρχει αρχικά όσο το δυνατόν καλύτερη θερμική άνεση για το υποκείμενο, και δευτερευόντως όσο το δυνατόν λιγότερη ακτινοβολία, είτε πρωτογενής είτε ανακλώμενη, για να εξασφαλιστούν σωστές μετρήσεις της υπέρυθρης θερμοκάμερας. Λόγω εποχής που πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα και συνθηκών του εργαστηρίου, η θερμοκρασία που υπήρχε στον χώρο κατά την διάρκεια των πειραμάτων κυμαινόταν από 29 έως 31 βαθμούς Κελσίου. Γεγονός που πιθανόν να έχει επηρεάσει τις θερμοκρασιακές μετρήσεις που λήφθηκαν. Για τον λόγο αυτόν τα υποκείμενα κατά την διάρκεια της αναμονής βρίσκονταν σε διαφορετική αίθουσα με αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία των 29-31 βαθμών Κελσίου.

Το επόμενο στάδιο περιείχε την ενεργοποίηση και τον έλεγχο καλής λειτουργίας των μετρητικών συσκευών (*Biopac, Flir T440*). Τριάντα λεπτά πριν την πρώτη μέτρηση, ενεργοποιούνταν όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές, Ηλεκτρονικός Υπολογιστής, συσκευή Ηλεκτροεγκεφαλογράφου/Ηλεκτροκαρδιογράφου και Υπέρυθρη θερμοκάμερα. Πραγματοποιούνταν σύνδεση Η/Υ και συσκευής *Biopac* και έλεγχος καλής λειτουργίας, καθώς επίσης και έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου μέσω της θερμοκάμερας για την διαπίστωση της επιθυμητής θερμοκρασίας.

Οι ρυθμίσεις που έγιναν στην συσκευή ήταν σύμφωνες κατά ένα μέρος με το φυλλάδιο του εργαστηρίου Βιοϊατρικής Τεχνολογίας I προσαρμοσμένες και ελαφρώς τροποποιημένες βέβαια στα δεδομένα του τρέχοντος πειράματος. Πιο συγκεκριμένα στην μονάδα ενίσχυσης βιοσημάτων Ηλεκτροκαρδιογράφου, το κέρδος ρυθμίστηκε στις “2.000” για να επιτευχθεί πιο σαφή απεικόνιση των καρδιακών παλμών δια γυμνού οφθαλμού (*1<sup>ος</sup> διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 αριστερή κονσόλα*), η ανίχνευση κυμάτων/παλμών του καρδιακού παλμού ρυθμίστηκε στην θέση “NORM” ώστε να κάνει πλήρη καταγραφή του QRS συμπλέγματος για να υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας και χρήσης και άλλων κορυφών πέραν του R (*2<sup>ος</sup>*

διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 αριστερή κονσόλα), το φίλτρο συχνότητας δικτύου στα “35 HzLPN” ήταν απενεργοποιημένο, θέση “OFF”, καθότι το φιλτράρισμα των συχνοτήτων δικτύου θα γίνει κατά την επεξεργασία και αφορά συχνότητες των 50Hz (3<sup>ος</sup> διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 αριστερή κονσόλα) και ρυθμίστηκε υπερπερατό φίλτράρισμα (HP) στα “0.05 Hz” για να μειωθούν μεταβολές της γραμμής του μηδενός που οφείλονται σε παρασιτικές τάσεις DC που προκαλούνται λόγω εφίδρωσης (4<sup>ος</sup> διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 αριστερή κονσόλα).

Στην μονάδα ενίσχυσης βιοσημάτων Ηλεκτροεγκεφαλογράφου, το κέρδος ρυθμίστηκε στο μέγιστο δηλαδή στις “50.000” γιατί τα ηλεκτρόδια απαγωγής που χρησιμοποιήθηκαν δεν ήταν κατασκευασμένα για Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και θα υπήρχε ήδη υποβαθμισμένη ποιότητα σήματος (1<sup>ος</sup> διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 δεξιά κονσόλα), η ανίχνευση συχνοτήτων ρυθμίστηκε στον διακόπτη “NORM” για την δυνατότητα ανίχνευσης όλων των συχνοτήτων που παράγει ο εγκέφαλος [Delta, Theta, Alpha & Beta] (2<sup>ος</sup> διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 δεξιά κονσόλα), ενεργοποιήθηκε φίλτράρισμα για συχνότητα δικτύου “35 HzLPN” διότι στον εγκέφαλο δεν υπάρχει ενδιαφέρον για ανίχνευση συχνοτήτων άνω των 30 Hz (3<sup>ος</sup> διακόπτης από την κορυφή, φωτογραφία νούμερο 39 δεξιά κονσόλα) και ρυθμίστηκε υπερπερατό φίλτράρισμα (HP) στα “0.1 Hz” για να μειωθούν μεταβολές της γραμμής του μηδενός που οφείλονται σε παρασιτικές τάσεις DC που προκαλούνται λόγω εφίδρωσης.

Στο στάδιο της προετοιμασίας του χώρου οι εθελοντές τοποθετήθηκαν σε μια αίθουσα αναμονής με σκοπό το σώμα τους και η σκέψη τους να έρθουν σε κατάσταση ηρεμίας. Τους δόθηκε ένα εγκεκριμένο ψυχομετρικό τεστ ελέγχου κατάθλιψης (το ερωτηματολόγιο βρίσκεται συνημμένο στο τέλος της εργασίας, Παράρτημα Α'), όλοι οι εθελοντές είχαν βαθμολογία κάτω του 19/63 (Πίνακας 4.1) που είναι το όριο της ελάχιστης έντασης στην κατάθλιψη, σύμφωνα με τον δημιουργό του ερωτηματολογίου Aaron T. Beck. [The National Child Traumatic Stress Network]

**Πίνακας 4.1** Περιγραφικά στατιστικά μεγέθη του ψυχομετρικού ελέγχου.

| Διάμεσος | Εύρος | Πλήθος |
|----------|-------|--------|
| 9        | 19    | 10     |

Αφού ελέγχθηκαν επιτυχώς στο ψυχομετρικό τεστ (βαθμολογία κάτω του 19/63) ξεκίνησε η διαδικασία του πειράματος. Έκαστο υποκείμενο παραβρισκόταν στον εργαστηριακό χώρο καθ’

όλη την διάρκεια των μετρήσεων μόνος, με τον φοιτητή που έλεγχε την διαδικασία και τα μηχανήματα. Η διάρκεια για κάθε υποκείμενο από την στιγμή της εισόδου του στο εργαστήριο ήταν περίπου 10 λεπτά. Τα υποκείμενα τοποθετούνταν σε μια καρέκλα/γραφείο που ήταν τοποθετημένος ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής, στον οποίον θα παρακολουθούσαν το οπτικοακουστικό υλικό. Τα υποκείμενα φορούσαν ακουστικά με σκοπό την μεγιστοποίηση της αίσθησης της απομόνωσης από τον χώρο. Απέναντι στο υποκείμενο ήταν τοποθετημένη η Υπέρυθρη θερμοκάμερα Flir T440. Στα υποκείμενα σχετικά με το ηλεκτροκαρδιογράφημα εφαρμόστηκε σύνδεση κατά Eindhoven. Δηλαδή συνδεόταν 2 απαγωγά ηλεκτρόδια στα χέρια και 1 ηλεκτρόδιο γείωσης στο πόδι του Ηλεκτροκαρδιογραφικού μηχανήματος Biopac MP150. Πιο συγκεκριμένα ένα ηλεκτρόδιο τοποθετούνταν στο εσωτερικό του αριστερού τους καρπού, ένα ηλεκτρόδιο στο εσωτερικό του δεξιού τους καρπού και το τρίτο ηλεκτρόδιο γείωσης στο εσωτερικό του δεξιού τους αστραγάλου (η διάταξη αυτή εφαρμόστηκε σύμφωνα με το φυλλάδιο του εργαστηρίου Βιοϊατρικής Τεχνολογίας I, παράγραφο σχετική με ηλεκτροκαρδιογραφήματα του Biopac). Στα ηλεκτρόδια του Ηλεκτροκαρδιογραφικού μηχανήματος σε σύνδεση με το χέρι εφαρμόστηκε επιπλέον ισχυροποίηση σύνδεσης μέσω κολλητικής ταινίας για διασφάλιση πολύ καλής εφαρμογής. Παράλληλα στα υποκείμενα συνδέονταν και 2 απαγωγά ηλεκτρόδια και 1 ηλεκτρόδιο γείωσης του Ηλεκτροεγκεφαλογραφικού μηχανήματος Biopac MP150. Ένα ηλεκτρόδιο τοποθετούνταν στο αριστερό μέρος του μετώπου τους, ένα ηλεκτρόδιο στο δεξιό μέρος του μετώπου τους και το τρίτο ηλεκτρόδιο γείωσης στον λοβό του δεξιού τους αυτιού (η διάταξη αυτή εφαρμόστηκε συνδυαστικά σύμφωνα με το φυλλάδιο του εργαστηρίου Βιοϊατρικής Τεχνολογίας I παράγραφο σχετική με ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα του Biopac και το άρθρο με όνομα «Emotion Recognition Based on Weighted Fusion Strategy of Multichannel Physiological Signals» των Qingxuan Jia et al, που αναφέρει πως κατά κύριο λόγο εγκεφαλικό σήμα, σχετιζόμενο με το συναίσθημα, παίρνουμε από τον μετωπιαίο λοβό, τον κροταφικό λοβό και τον βρεγματικό λοβό. Στην συγκεκριμένη εργασία λήφθηκε σήμα από το σημείο του μετωπιαίου λοβού λόγω ανατομίας, μη τριχωτά σημεία στην περιοχή του μετώπου). [Qingxuan, J., et al, 2018]

Σχετικά με τα θηλυκά υποκείμενα που έλαβαν μέρος στο πείραμα, τους ζητήθηκε την ημέρα του πειράματος να μην έχουν προσθέσει χημικά πάσης φύσεως στο πρόσωπο τους για διασφάλιση ποιοτικότερης θερμοκρασιακής μέτρησης και ποιοτικότερης απαγωγής εγκεφαλικών σημάτων από την μετωπιαία περιοχή.

Οι μετρήσεις των βιοσημάτων (εγκεφάλου και καρδιάς) διήρκησαν 2,5 λεπτά συνεχόμενης καταγραφής κατά την διάρκεια παρακολούθησης του χαρούμενου βίντεο και 2,5 λεπτά συνεχόμενης καταγραφής κατά την διάρκεια παρακολούθησης του τρομακτικού βίντεο.



Παρότι τα βίντεο είχαν διάρκεια 2 λεπτά το καθένα, το μισό λεπτό καταγραφής πριν αρχίσει το βίντεο χρησιμοποιήθηκε λόγω σταθερών σφαλμάτων καταγραφής της συσκευής Biopac MP150 στα πρώτα 20 δευτερόλεπτα.

Σχετικά με τις φωτογραφίες από την υπέρυθη θερμοκάμερα, έγινε μία λήψη πριν το υποκείμενο ξεκινήσει να παρακολουθεί το βίντεο και συνεχίστηκαν οι λήψεις με συχνότητα λήψης ανά μισό λεπτό έως την λήξη του βίντεο.

Μετά το πέρας του πειράματος κάθε υποκείμενο, αφού αποσυνδεόταν από όλα τα ηλεκτρόδια που είχε πάνω του με την βοήθεια του αρμόδιου φοιτητή, έδινε μια ολιγόλεπτη συνέντευξη για να περιγράψει τα βιώματα του. Αυτά καταγράφηκαν από τον αρμόδιο φοιτητή για τυχόν ταυτοποίηση χρονικά ορισμένου αναγνωρισμένου βιώματος και χρονικά ορισμένου σήματος που θα εξεταστεί κατά την επεξεργασία αυτών. Η συνέντευξη είχε διττή φύση, δεν είχε μόνο αναγνωριστικό/ενημερωτικό χαρακτήρα αλλά και προφορικής κατάθεσης τυχόν παραπόνων για την όλη διαδικασία, σύμφωνα με τις υποδείξεις της Επιτροπής Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Στην εικόνα 43 παρουσιάζεται το set up της πειραματικής διαδικασίας.



**Εικόνα 43.** Πλήρης εξοπλισμός σε χρήση εν ώρα απαγωγής βιοσημάτων.

#### 4.4 Επεξεργασίες και Μέθοδοι

Σχετικά με τα σήματα του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί σήμα προς επεξεργασία και ανάλυση από το πρώτο έως το δεύτερο λεπτό, ενιαία, για κάθε εξέταση υποκειμένου. Με χρήση του προγράμματος Acqknowledge εφαρμόστηκε βαθυπερατό Butterworth φίλτρο IIR (Infinite impulse response) με συχνότητα αποκοπής 25 Hz, υπολογίστηκε η Φασματική Πυκνότητα Ισχύος/P.S.D (Power Spectral Density) και οι τιμές εξήχθησαν και αποθηκεύτηκαν σε μορφή κειμένου (txt). Οι τιμές καταγράφηκαν ανά 0,024 Hz. Οι τιμές από κάθε εξέταση των υποκειμένων καταχωρήθηκαν σε σελίδα του προγράμματος excel και τμηματοποιήθηκαν στις τέσσερις βασικές κατηγορίες των εγκεφαλικών κυμάτων: δ, θ, α και β. Δημιουργήθηκαν γραφήματα για κάθε συχνότητα και για τα δύο σήματα των συναισθημάτων. Ελέγχθηκε η συνεισφορά κάθε ζώνης εγκεφαλικών κυμάτων στην συνολική, μέσω υπολογισμού ολοκληρώματος της καμπύλης (*εμβαδό κάτω από την καμπύλη*) στο excel με εφαρμογή του τύπου  $\sum_{k=1}^N \frac{f(x_{k-1}) + f(x_k)}{2} \Delta x_k$  (*Ολοκλήρωμα για κάθε ζώνη δ, θ, α, και β / Ολοκλήρωμα στο σύνολο των συχνοτήτων*). Έπειτα τα γραφήματα συγχωνεύτηκαν με σκοπό οπτικές παρατηρήσεις και συγκρίσεις των γραφημάτων

Σχετικά με τα σήματα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί επίσης σήμα προς επεξεργασία και ανάλυση από το πρώτο έως το δεύτερο λεπτό, ενιαία, για κάθε εξέταση υποκειμένου. Με χρήση του προγράμματος Acqknowledge εφαρμόστηκε ζωνοφρακτικό Butterworth φίλτρο IIR (Infinite impulse response) με συχνότητα αποκοπής 50 Hz (*συχνότητα του δικτύου*). Ελέγχθηκαν οι παράμετροι Low Frequency PSD (0,03-0,12Hz) , High Frequency PSD (0,12-0,488Hz) και το HRV (*Hart Rate Variability*). Τα δεδομένα καταχωρήθηκαν σε σελίδα του προγράμματος excel, υπολογίστηκαν οι διαφορές του Low Frequency PSD μεταξύ των σημάτων του θετικού και αρνητικού συναισθήματος, καθώς και οι διαφορές του High Frequency PSD μεταξύ των σημάτων του θετικού και αρνητικού συναισθήματος. Τέλος επεξεργάστηκαν τα δεδομένα του HRV (*Hart Rate Variability*) μέσω του προγράμματος SPSS με την μέθοδο t-test.

Η εξαγωγή των δεδομένων των θερμοκρασιακών μετρήσεων, πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής FlirTools. Επιλέχθηκαν πέντε τετραγωνικές περιοχές ενδιαφέροντος (ROIs), διαστάσεων 13X13, στο μέτωπο, στο αριστερό μάγουλο, στο δεξί μάγουλο, στην μύτη και στα πλάγια αριστερά του στόματος. Από κάθε ROI εξήχθη η μέγιστη αναφερόμενη θερμοκρασία (T max), η ελάχιστη αναφερόμενη θερμοκρασία (T min) και η μέση τιμή της αναφερόμενης

θερμοκρασίας ( $T_{avg}$ ). Επεξεργασία και εξαγωγή τιμών έγινε από κάθε φωτογραφία που τραβήχτηκε στην διάρκεια του πειράματος, αφού πρώτα οι φωτογραφίες κατηγοριοποιήθηκαν σε φωτογραφίες θερμοκρασιακής απεικόνισης ουδέτερου συναισθήματος, συναισθήματος χαράς και συναισθήματος φόβου. Όλες οι τιμές των θερμοκρασιών εισήχθησαν σε αρχείο excel και δημιουργήθηκαν για κάθε υποκείμενο γραφήματα τύπου “διασπορά με ομαλές γραμμές και δείκτες”. Σκοπός των γραφημάτων ήταν να παρατηρηθεί η τάση κάθε καμπύλης και να αναζητηθούν αύξουσες και φθίνουσες γραμμικές καμπύλες, οι οποίες ενδέχεται να αποτυπώνουν την εξάρτηση θερμοκρασιακής και συναισθηματικής μεταβολής. Σε καμπύλες που εμφάνιζαν κάποια σαφή τάση υπολογίστηκε ένας πίνακας απόλυτων και σχετικών διαφορών και διαφορών μέγιστων και ελάχιστων τιμών ανά άτομο. Επίσης δημιουργήθηκαν πίνακες μέσων τιμών και για τις τρεις κατηγορίες, ουδέτερο συναίσθημα, συναίσθημα χαράς και συναίσθημα φόβου, με χρήση των όλων των δεδομένων από όλα τα υποκείμενα. Τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά με μεθόδους t-test για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εξάρτηση θερμοκρασιακής και συναισθηματικής μεταβολής

## 5. Αποτελέσματα

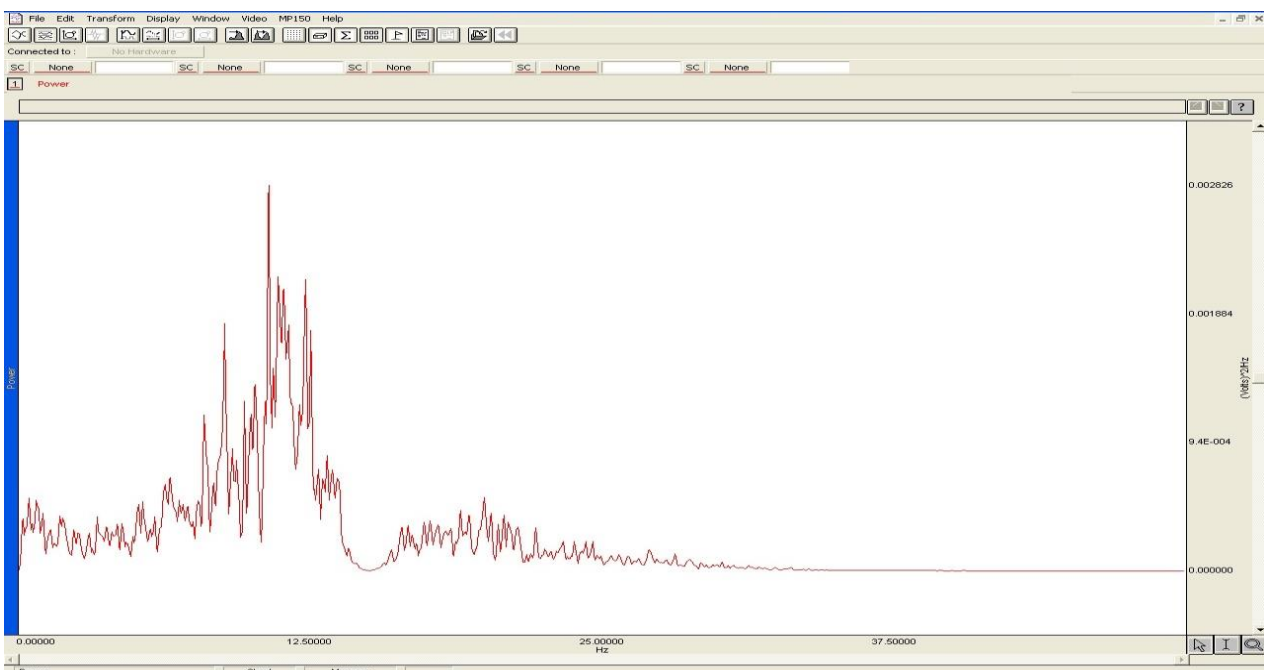
### EEG

Σύμφωνα με τις βιβλιογραφικές αναφορές, μελέτη της διέγερσης του εγκεφάλου, μέσω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, μπορεί να γίνει και μέσω ανίχνευσης των εγκεφαλικών κυμάτων/συχνοτήτων. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε προσπάθεια στοχευμένης διέγερσης συναισθημάτων μέσω οπτικοακουστικού υλικού που παρουσιάστηκε στα υποκείμενα, ένα για την παραγωγή θετικών και ένα για την παραγωγή αρνητικών συναισθημάτων. Το πρωτόκολλο επεξεργασίας των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων στηρίχθηκε σε παρόμοιες εργασίες αναζήτησης ηλεκτροεγκεφαλικών βιοσημάτων λόγω συναισθηματικής φόρτισης. Περιελάμβανε το φιλτράρισμα των εγκεφαλικών σημάτων σε περιοχές κάτω από 1 Hz και πάνω από τα 25 Hz μέσω της εφαρμογής Acknowledge, τον υπολογισμό του φάσματος κατανομής ισχύος (εικόνα 44,45) και τμηματοποίηση του σήματος ανάλογα με το φάσμα των συχνοτήτων του εγκεφάλου. Δημιουργήθηκαν τέσσερις περιοχές του εγκεφαλικού σήματος προς ανάλυση, μία για το φάσμα συχνοτήτων των Δ εγκεφαλικών κυμάτων (1 Hz – 4 Hz), μια για το φάσμα συχνοτήτων των Θ εγκεφαλικών κυμάτων (4 Hz – 8 Hz), μια για το φάσμα συχνοτήτων των Α εγκεφαλικών κυμάτων (8 Hz – 13 Hz) και μια για το φάσμα συχνοτήτων των Β εγκεφαλικών κυμάτων (13 Hz – 30 Hz). Υπολογίστηκαν τα ολοκληρώματα για κάθε καμπύλη (το εμβαδό κάτω από την καμπύλη) με σκοπό τον υπολογισμό συνεισφοράς κάθε συχνότητας στην ολική (Πίνακας 5.1). Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τον υπολογισμό της συνεισφοράς κάθε συχνότητας είναι σύμφωνα με τα αναμενόμενα. Το 90% των υποκειμένων παρουσίασαν κάτω από 2% συνεισφορά της συχνότητας Δ, καθώς η συχνότητα αυτή εμφανίζεται κατά κύριο λόγο στην διαδικασία του ύπνου. Το 80% παρουσίασαν επίσης κάτω από 2% συνεισφορά της συχνότητας Θ, καθώς αυτή επίσης εμφανίζεται κατά κύριο λόγο στον ύπνο και όταν πραγματοποιείται η εκτέλεση μιας αυτόματης δραστηριότητας όπως το βούρτσισμα των δοντιών. Το 40% παρουσίασε έντονη συνεισφορά της συχνότητας Α, διόλου παράξενο διότι η συχνότητα αυτή αφορά δραστηριότητα που σχετίζεται με την προσοχή ενός ανθρώπου σε κάτι αλλά με αφηρημένες στιγμές και διάσπαση της απόλυτης προσοχής. Και τέλος το 70% παρουσίασε πολύ έντονη συνεισφορά (πάνω από 80%) και το 30% έντονη συνεισφορά (από 30% έως 50%) της συχνότητας Β, γεγονός που ταυτίζεται με τις αναφορές καθώς αυτές οι συχνότητες εμφανίζονται όταν το άτομο είναι σε πλήρη εγρήγορση. Δεν παρατηρήθηκε κάποια σαφή στατιστική διαφορά στην συνεισφορά των συχνοτήτων μεταξύ θετικών και αρνητικών συναισθημάτων από αυτή την μέθοδο. Ευρήματα που παρουσίασαν κάποιο ενδιαφέρον βρέθηκαν στην σύγκριση των καμπυλών της συχνότητας Δ. Διαφαίνεται

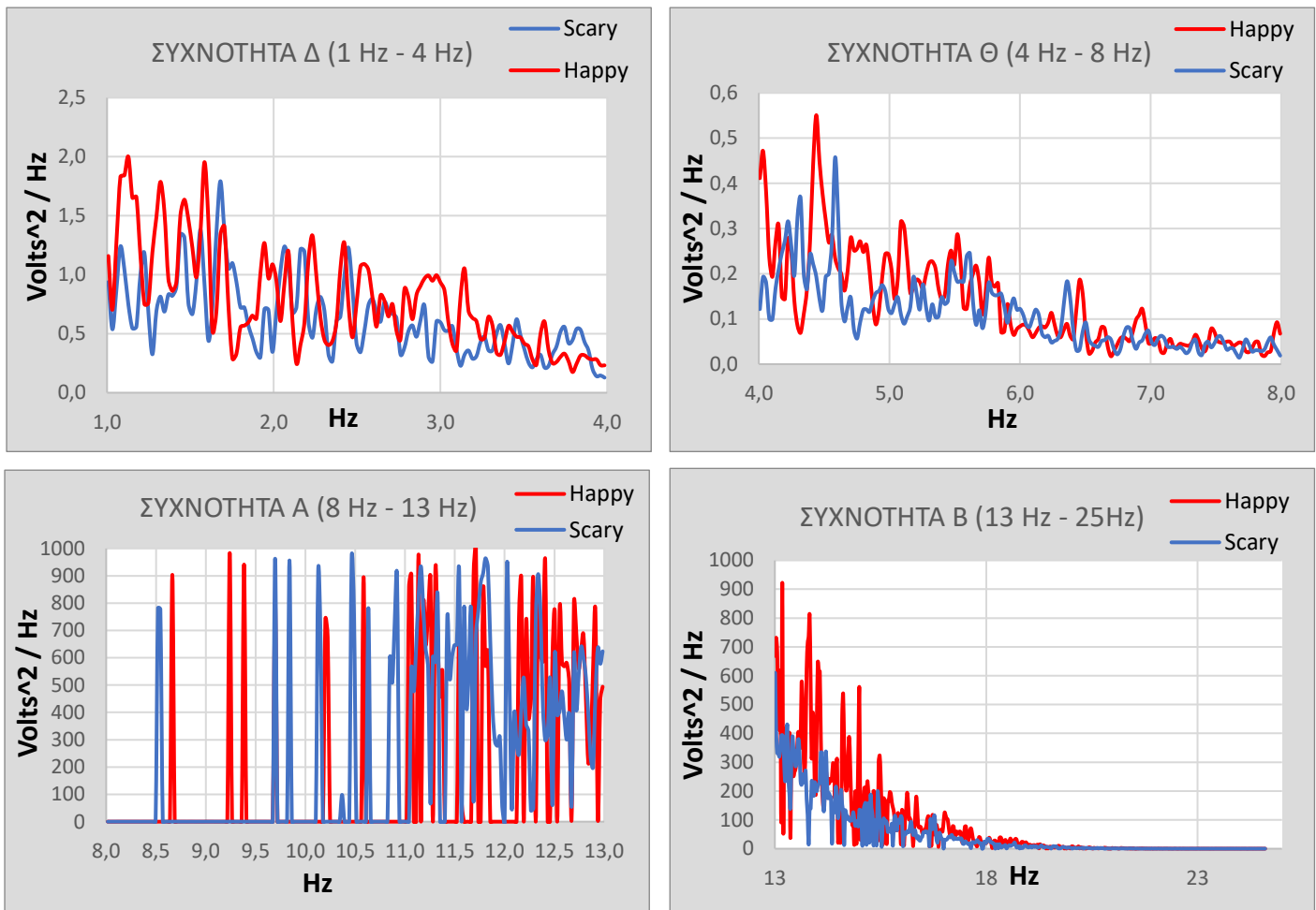
ένας σαφής συσχετισμός της θερμοκρασιακής αντίδρασης των υποκειμένων στο οπτικοακουστικό υλικό με την ένταση της καμπύλης των συχνότητων Δ. Πιο συγκεκριμένα το 70% που παρουσίασε αύξηση της θερμοκρασίας του από το θετικό ερέθισμα, παρουσίασε και αυξημένη ένταση της συχνότητας Δ στο θετικό συναίσθημα έναντι της καμπύλης της συχνότητας Δ του αρνητικού συναίσθηματος. Και αντίστοιχα το υπόλοιπο 30% που παρουσίασε αύξηση της θερμοκρασίας του από το αρνητικό ερέθισμα, παρουσίασε και αυξημένη ένταση της καμπύλης της συχνότητας Δ στο αρνητικό συναίσθημα έναντι της θετικού συναίσθηματος καμπύλης συχνότητας Δ.

**Πίνακας 5.1** Συνεισφορά κάθε περιοχής εγκεφαλικών κυμάτων στο συνολικό φάσμα κατανομής ισχύος.

| Εθελοντές | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Δ<br>(1 Hz - 4 Hz) |        | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Θ<br>(4 Hz - 8 Hz) |        | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Α<br>(8 Hz - 13 Hz) |        | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ Β<br>(13 Hz - 30 Hz) |        |
|-----------|------------------------------|--------|------------------------------|--------|-------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
|           | HAPPY                        | SCARY  | HAPPY                        | SCARY  | HAPPY                         | SCARY  | HAPPY                          | SCARY  |
| -         |                              |        |                              |        |                               |        |                                |        |
| 1         | 0,0105                       | 0,0024 | 0,0015                       | 0,8676 | 0,0002                        | 0,1199 | 0,9878                         | 0,0101 |
| 2         | 0,0020                       | 0,002  | 0,0004                       | 0,0005 | 0,2046                        | 0,0002 | 0,7930                         | 0,9974 |
| 3         | 0,0014                       | 0,0014 | 0,0006                       | 0,0004 | 0,0003                        | 0,1069 | 0,9977                         | 0,8914 |
| 4         | 0,1588                       | 0,1495 | 0,2566                       | 0,2853 | 0,2580                        | 0,1589 | 0,3266                         | 0,4062 |
| 5         | 0,0017                       | 0,0021 | 0,0004                       | 0,0004 | 0,0236                        | 0,0772 | 0,9743                         | 0,9203 |
| 6         | 0,0009                       | 0,0017 | 0,0004                       | 0,0004 | 0,4536                        | 0,4873 | 0,5452                         | 0,5105 |
| 7         | 0,0013                       | 0,001  | 0,0003                       | 0,0002 | 0,4768                        | 0,6565 | 0,5217                         | 0,3422 |
| 8         | 0,0105                       | 0,0031 | 0,0021                       | 0,0005 | 0,0004                        | 0,0149 | 0,9870                         | 0,9815 |
| 9         | 0,0022                       | 0,0014 | 0,0002                       | 0,0003 | 0,0412                        | 0,0001 | 0,9564                         | 0,9982 |
| 10        | 0,0039                       | 0,0039 | 0,0007                       | 0,0008 | 0,0354                        | 0,0320 | 0,9600                         | 0,9633 |



**Εικόνα 44.** Δείγμα καμπύλης φασματικής συχνότητας ισχύος (PSD) Ηλεκτροεγκεφαλογραφικού σήματος.



**Εικόνα 45.** Δείγμα συνδυασμού γραφημάτων για κάθε μια συχνότητα ενός εθελοντή. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η καμπύλη του EEG στο πεδίο των συχνοτήτων στην διάρκεια που ο εθελοντής βίωσε θετικά συναισθήματα και με μπλε χρώμα απεικονίζεται η καμπύλη του EEG στο πεδίο των συχνοτήτων στην διάρκεια που ο εθελοντής βίωσε αρνητικά συναισθήματα.

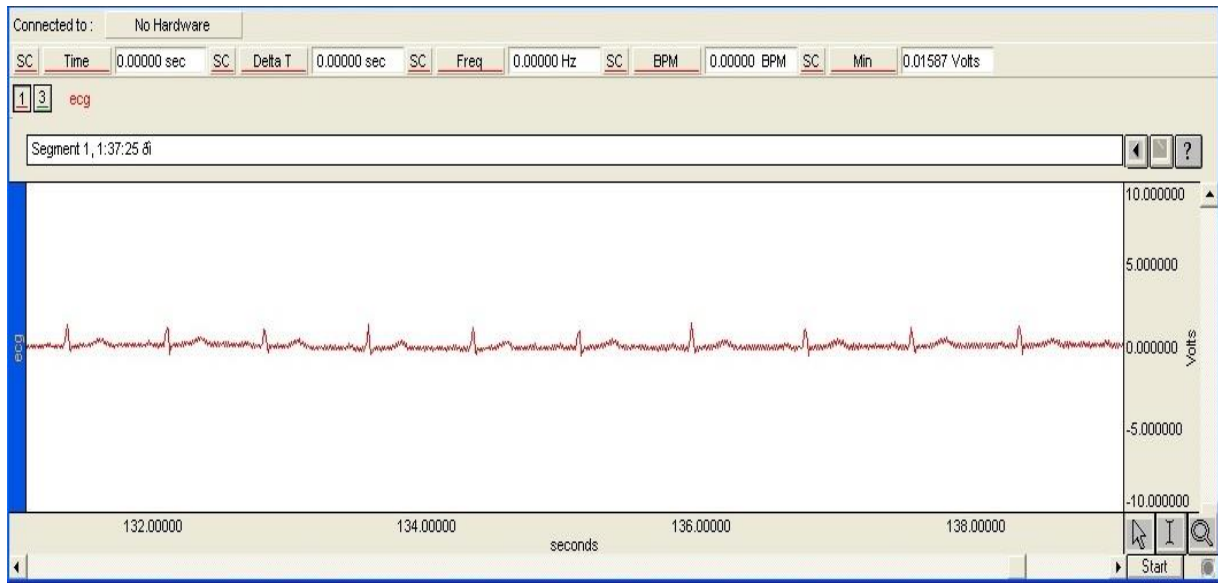
## ECG

Έρευνες αναφέρουν το Ηλεκτροκαρδιογράφημα ως μια ακόμα σημαντική παράμετρο ανίχνευσης της συναισθηματικής κατάστασης ενός ατόμου. Στην συγκεκριμένη εργασία εφαρμόστηκε πρωτόκολλο επεξεργασίας του ηλεκτροκαρδιογραφήματος με φιλτράρισμα της συχνότητας 50 Hz για την αφαίρεση της συχνότητας δικτύου καθώς και συχνότητες άνω των 100 Hz για αφαίρεση θορύβων. Εξήχθησαν σε μορφή κειμένου από την εφαρμογή Acknowledge, τα δεδομένα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και επεξεργάστηκαν, ο καρδιακός ρυθμός, η χαμηλή συχνότητα PSD και η υψηλή συχνότητα PSD. Επιλέχθηκαν μόνο αυτά τα στοιχεία διότι σύμφωνα με μελέτες η μέση τιμή του καρδιακού ρυθμού δίνει τα πιο σαφή αποτελέσματα σχετικά με την συναισθηματική κατάσταση του υποκειμένου. Όσο αφορά τις χαμηλές και υψηλές συχνότητες PSD σχετίζονται με την δραστηριότητα του συμπαθητικού και

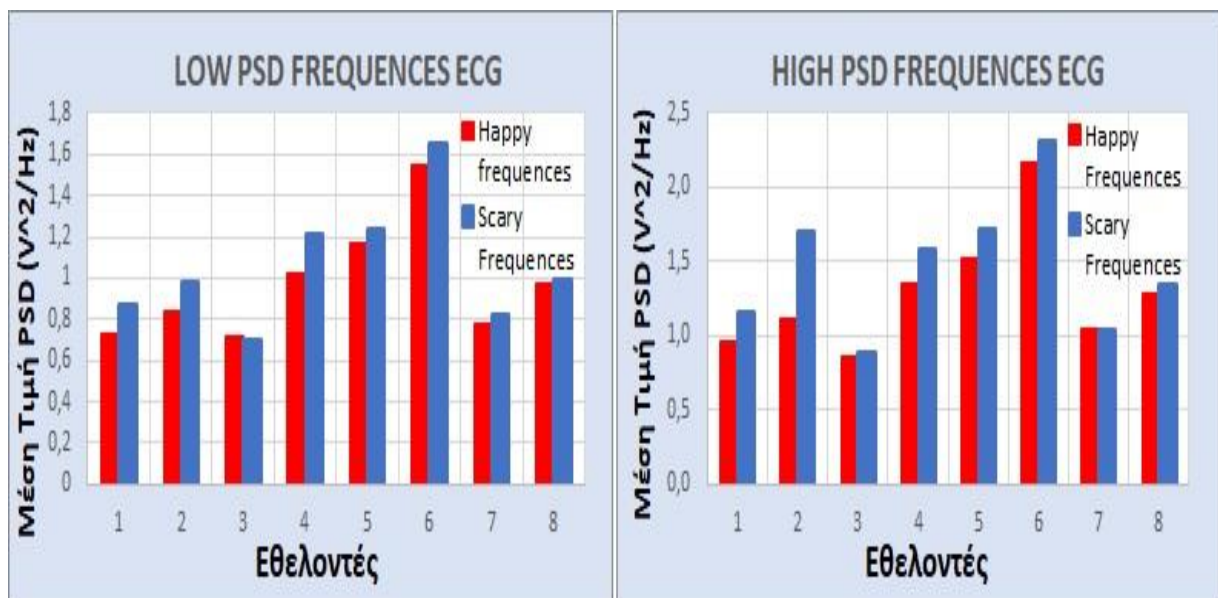
παρασυμπαθητικού συστήματος αντίστοιχα. Τα δύο αυτά συστήματα με την σειρά τους συνδέονται άμεσα με συναισθηματικές καταστάσεις καθώς το συμπαθητικό σύστημα διεγείρει την απόκριση μάχης/φυγής όταν το άτομο βιώνει φόβο, και το παρασυμπαθητικό διεγείρει την δραστηριότητα χαλάρωσης/ανάπαυσης όταν το άτομο θα αισθανθεί άνετα. Αποτελέσματα από την μελέτη και σύγκριση των τιμών των συχνοτήτων μεταξύ των δύο καταστάσεων θετικού και αρνητικού συναισθήματος έδειξαν κατά 70% αύξηση και των χαμηλών και των υψηλών συχνοτήτων από τις τιμές των θετικών προς τις τιμές των αρνητικών συναισθημάτων. Αποτέλεσμα που αναμενόταν να εξαχθεί είναι αύξηση έντασης των χαμηλών συχνοτήτων των τιμών των αρνητικών συναισθημάτων σε σύγκριση με τις τιμές των θετικών συναισθημάτων και μείωση της έντασης των υψηλών συχνοτήτων των τιμών των αρνητικών συναισθημάτων σε σύγκριση με τις τιμές των θετικών συναισθημάτων. Σχετικά με τον καρδιακό ρυθμό ο έλεγχος στο πρόγραμμα spss με την μέθοδο t-test έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ) στον καρδιακό ρυθμό στο 90% των εθελοντών, , με τα διαστήματα R – R να είναι μεγαλύτερα στην δυσάρεστη συναισθηματικά κατάσταση (Πίνακας 5.2). Ουσιαστικά τα δεδομένα για τα R – R intervals περιλαμβάνουν για κάθε εθελοντή και κατάσταση, το δείγμα όλων των διαστημάτων R – R από το πρώτο έως το δεύτερο λεπτό του καρδιακού σήματος ( $N =$  από 65 έως 85)

**Πίνακας 5.2** Τιμές p-value για τις διαφορές στην μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (R-R διαστήματα) μεταξύ θετικού και αρνητικού συναισθήματος.

| R-R intervals | p-value |
|---------------|---------|
| 1             | 0,001   |
| 2             | 0,114   |
| 3             | 0,001   |
| 4             | 0,026   |
| 5             | 0,001   |
| 6             | 0,001   |
| 7             | 0,001   |
| 8             | 0,001   |
| 9             | 0,001   |
| 10            | 0,013   |



**Εικόνα 46.** Πραγματικό δείγμα καμπύλης Ηλεκτροκαρδιογραφικού σήματος από εθελοντή της πειραματικής διαδικασίας.

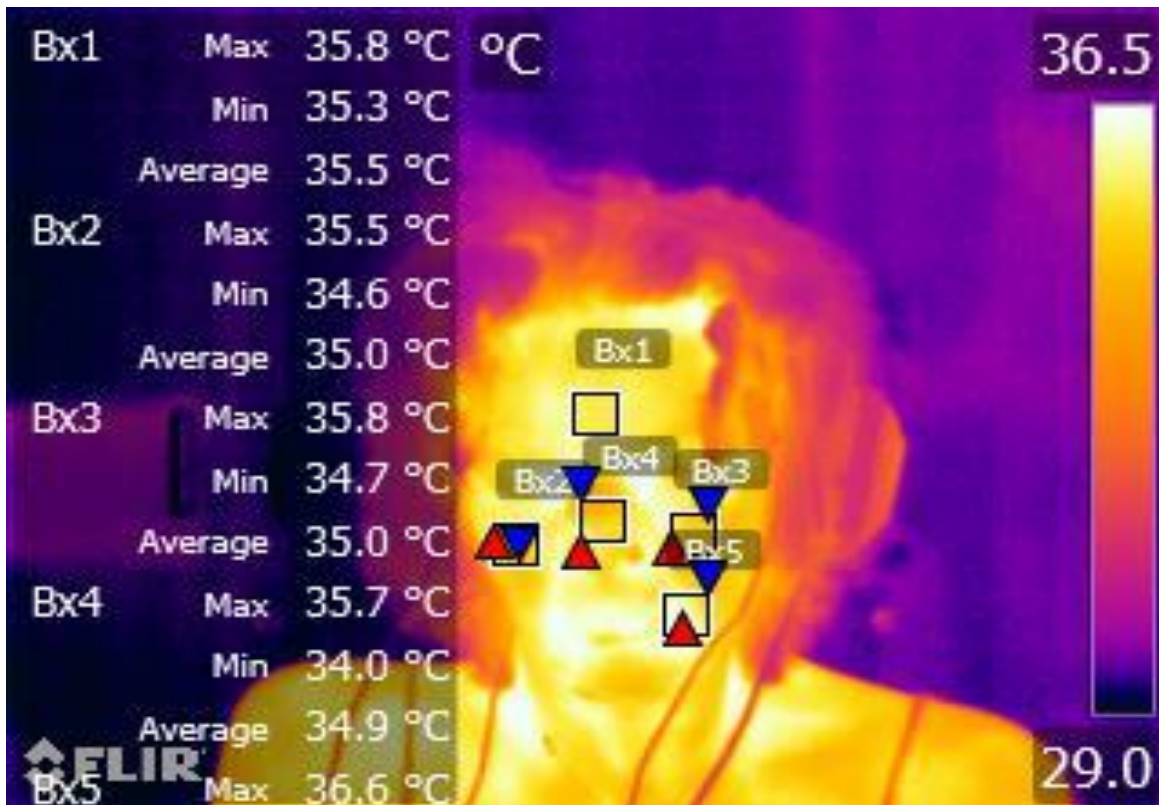


**Εικόνα 47.** Μπάρες μέσω των τιμών συχνοτήτων PSD χαρούμενης και τρομαγμένης κατάστασης από κάθε εθελοντή.



## IRT

Σύμφωνα με αντίστοιχες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, στην εξαγωγή βιομετρικών δεδομένων από άνθρωπο για αναγνώριση συναισθήματος, έχει αποδειχθεί πως το πρόσωπο αποτελεί το κυριότερο μέρος του σώματος για να εκφράσει ένα μεγάλο φάσμα συναισθημάτων μέσω της αυξομείωσης της θερμοκρασίας σε διάφορες περιοχές, ανάλογα με το συναίσθημα. Η συγκεκριμένη μελέτη στηρίχθηκε στο δεδομένο ότι όλες οι λήψεις που έγιναν κατά την διάρκεια των πειραμάτων ήταν αποκλειστικά από το πρόσωπο των εθελοντών. Το πρωτόκολλο επεξεργασίας των θερμοφωτογραφιών που ακολουθήθηκε στηρίχθηκε σε αντίστοιχες εργασίες και περιλάμβανε την δημιουργία τετράγωνων παραθύρων διαστάσεων 13 X 13 (ROIS) σε πέντε σημεία του προσώπου, μέτωπο, δεξί και αριστερό μάγουλο, μύτη και δεξιά πλευρά του στόματος (Εικόνα 48). Χρησιμοποιήθηκαν και οι τρεις τιμές που είχε ως ένδειξη για κάθε τετράγωνο επιλεγμένης περιοχής, μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία περιοχής. Βάσει βιβλιογραφικών αναφορών αναμενόμενα θερμοκρασιακά αποτελέσματα, από τις θερμοφωτογραφίες που απεικόνιζαν το υποκείμενο την ώρα που παρακολουθούσε οπτικοακουστικό υλικό, είναι η αύξηση της θερμοκρασίας σε κάποιες περιοχές του προσώπου, σε σύγκριση με την φυσιολογική θερμοκρασία του υποκειμένου, όταν το υποκείμενο παρακολουθούσε το οπτικοακουστικό υλικό που προκαλούσε διέγερση θετικών συναισθημάτων και η μείωση της θερμοκρασίας του προσώπου σε ορισμένες περιοχές του προσώπου όταν το υποκείμενο παρακολουθούσε το οπτικοακουστικό υλικό που προκαλούσε διέγερση αρνητικών συναισθημάτων. Έπειτα από τις επεξεργασίες που πραγματοποιήθηκαν, σχετικά με το θετικό συναίσθημα, διαπιστώθηκε πως το 70% των υποκειμένων πράγματι είχε αύξηση, ή της μέγιστης ή της ελάχιστης ή της μέσης τιμής της θερμοκρασίας, σε μία ή και σε περισσότερες από τις επιλεγμένες περιοχές. Όμως βρέθηκε και 30% των δειγμάτων που αντέδρασε με αντίθετο, από τα αναμενόμενα τρόπο, και είχε μείωση της θερμοκρασίας σε μία ή και σε περισσότερες από τις επιλεγμένες περιοχές. Σχετικά με το αρνητικό συναίσθημα παρατηρήθηκε το αναμενόμενο, σε ίδιο ποσοστό των υποκειμένων 70%, καθώς σημειώθηκε μείωση ή της μέγιστης ή της ελάχιστης ή της μέσης τιμής της θερμοκρασίας, σε μία ή και σε περισσότερες από τις επιλεγμένες περιοχές. Αντίστοιχα και σε αυτή την περίπτωση βρέθηκε το 30% των δειγμάτων που αντέδρασε με αντίθετο από τα αναμενόμενα τρόπο καθώς σημείωσε αύξηση της θερμοκρασίας σε μία ή και σε περισσότερες από τις επιλεγμένες περιοχές. Τέλος δεν βρέθηκε κάποια πρότυπη περιοχή, από τις πέντε επιλεγμένες, που να αντιδρούσε με κοινό τρόπο σε όλα τα υποκείμενα.



**Εικόνα 48.** Θερμογραφική αποτύπωση υποκειμένου κατά την διαδικασία διέγερσης μέσω οπτικοακουστικού υλικού.

Για την μέση τιμή από κάθε περιοχή ενδιαφέροντος υπολογίστηκε η επί της εκατό απόκλιση της τελικής από την αρχική θερμοκρασία και πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος με δοκιμασία t-test για το ευχάριστο και για το δυσάρεστο συναίσθημα. Το επίπεδο εμπιστοσύνης ορίστηκε στο 95% (Πίνακας 5.3). Από τον πίνακα φαίνεται ότι στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ) προκύπτει για την περιοχή ενδιαφέροντος της μύτης, με τις θερμοκρασίες γενικά να είναι μεγαλύτερες στην ευχάριστη συναισθηματική κατάσταση.

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των θερμοκρασιακών μετρήσεων.

**Πίνακας 5.3** Αποτελέσματα ελέγχου t-test των θερμογραφικών δεδομένων

| Περιοχή ενδιαφέροντος | p – value    |
|-----------------------|--------------|
| Μέτωπο                | 0,483        |
| Δεξί μάγουλο          | 0,248        |
| Αριστερό μάγουλο      | 0,725        |
| Μύτη                  | <b>0,006</b> |
| Στόμα                 | 0,321        |

**Πίνακας 5.4** Πίνακας με όλες τις μέσες τιμές των θερμοκρασιών που λήφθηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων μαζί με τις τυπικές αποκλίσεις τους.

| -                           | ΜΕΣΕΣ<br>ΤΙΜΕΣ | ΟΥΔΕΤΕΡΟ     | ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑ ΧΑΡΑΣ | ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑ ΦΟΒΟΥ |
|-----------------------------|----------------|--------------|------------------|------------------|
| <b>ΜΕΤΩΠΟ</b>               | MAX            | 36,68 ± 0,33 | 36,80 ± 0,42     | 36,72 ± 0,46     |
|                             | MIN            | 36,00 ± 0,37 | 36,09 ± 0,55     | 36,01 ± 0,57     |
|                             | AVG            | 36,42 ± 0,39 | 36,50 ± 0,49     | 36,43 ± 0,49     |
| <b>ΔΕΞΙ<br/>ΜΑΓΟΥΛΟ</b>     | MAX            | 36,30 ± 0,28 | 36,36 ± 0,45     | 36,24 ± 0,45     |
|                             | MIN            | 35,30 ± 0,40 | 35,53 ± 0,58     | 35,46 ± 0,61     |
|                             | AVG            | 35,82 ± 0,44 | 35,96 ± 0,50     | 35,86 ± 0,55     |
| <b>ΑΡΙΣΤΕΡΟ<br/>ΜΑΓΟΥΛΟ</b> | MAX            | 36,43 ± 0,23 | 36,44 ± 0,40     | 36,36 ± 0,46     |
|                             | MIN            | 35,77 ± 0,50 | 35,75 ± 0,43     | 35,68 ± 0,48     |
|                             | AVG            | 36,05 ± 0,41 | 36,05 ± 0,46     | 36,00 ± 0,46     |
| <b>ΜΥΤΗ</b>                 | MAX            | 36,18 ± 0,53 | 36,25 ± 0,69     | 36,19 ± 0,87     |
|                             | MIN            | 35,25 ± 0,74 | 35,11 ± 0,87     | 35,03 ± 0,92     |
|                             | AVG            | 35,77 ± 0,57 | 35,74 ± 0,79     | 35,66 ± 0,93     |
| <b>ΣΤΟΜΑ</b>                | MAX            | 36,72 ± 0,46 | 36,86 ± 0,27     | 36,77 ± 0,32     |
|                             | MIN            | 35,90 ± 0,68 | 36,14 ± 0,47     | 35,91 ± 0,55     |
|                             | AVG            | 36,38 ± 0,26 | 36,54 ± 0,33     | 36,41 ± 0,43     |

## 6. Συμπεράσματα - Μελλοντικές Εφαρμογές

### 6.1 Συμπεράσματα

#### EEG

Τα πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό Biopac MP150, σχετικά με το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, είναι δυνατό να προσφέρουν μια σαφή εικόνα σχετικά με την συνεισφορά κάθε εγκεφαλικής συχνότητας ( $\delta$ ,  $\theta$ ,  $\alpha$  και  $\beta$ ) στο σύνολο του σήματος. Μπορούν να εμφανίσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα σχετικά με την τάση διάσπασης προσοχής που εμφανίζει ένα άτομο κατά την διάρκεια παρακολούθησης ενός οπτικοακουστικού υλικού. Δεν προέκυψε σαφής διάκριση στα σήματα των θετικών και αρνητικών συναισθημάτων στις τέσσερις περιοχές εγκεφαλικών κυμάτων που ερευνήθηκαν. Ως εκ τούτου δεν μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα αποτελέσματα σχετικά με αναγνώριση συναισθημάτων. Υπήρξε μια ένδειξη συσχέτισης της θερμοκρασιακής κατάστασης του ατόμου και των συχνοτήτων  $\delta$ . Η συνδυαστική ανάλυση των δεδομένων θερμοκρασίας και συχνοτήτων  $\delta$ , έδειξαν πως η αντίδραση του υποκειμένου στο οπτικοακουστικό υλικό που διέγειρε θετικά συναισθήματα συνοδεύτηκε με αύξηση της θερμοκρασίας του σε κάποιες περιοχές του προσώπου του ενώ παράλληλα εμφανίστηκε και αυξημένη ένταση των συχνοτήτων  $\delta$  από τα σήματα των θετικών συναισθημάτων, συγκριτικά με όμοια δεδομένα των σημάτων που ελήφθησαν από την διέγερση αρνητικών συναισθημάτων. Τέλος η αναζήτηση μέσω οπτικής σύγκρισης γραφημάτων όμοιων συχνοτήτων από τα σήματα των αρνητικών και θετικών συναισθημάτων δεν έδειξαν κάποια σχετική συνέπεια στην τάση του πρώτου να διαφοροποιηθεί από το δεύτερο με συγκεκριμένο πρότυπο.

#### ECG

Τα πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό Biopac MP150, σχετικά με το Ηλεκτροκαρδιογράφημα, προσέφεραν ικανοποιητικά αποτελέσματα από την επεξεργασία του καρδιακού ρυθμού (ουσιαστικά τα R-R intervals). Έδειξαν μια σαφή εικόνα για την συναισθηματική εναλλαγή των υποκειμένων συγκρίνοντας σήματα που ελήφθησαν έπειτα από διέγερση θετικών συναισθημάτων με σήματα που ελήφθησαν έπειτα από διέγερση αρνητικών συναισθημάτων. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές του R-R διαστήματος ήταν μεγαλύτερες στα σήματα των αρνητικών συναισθημάτων με στατιστικά σημαντική διαφορά (εκτός από μια περίπτωση) από τις αντίστοιχες των θετικών συναισθημάτων.

Δεν παρατηρήθηκαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα από την επεξεργασία και σύγκριση των χαμηλών συχνοτήτων PSD και υψηλών συχνοτήτων PSD. Σύμφωνα με αναφορές η ανάλυση των χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων PSD μπορεί να δώσει χρήσιμα αποτελέσματα σχετικά με την συναισθηματική κατάσταση του ατόμου. Εφαρμογή διαφορετικών πρωτοκόλλων μελλοντικά πιθανόν να επιφέρει νέα δεδομένα σχετικά με αυτές τις δύο παραμέτρους.

## IRT

Τα πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό Flir T440, σχετικά με το Θερμογράφημα, είναι ικανά να προσφέρουν μια προσεγγιστική αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης του ατόμου σχετικά με διαφορές θετικών και αρνητικών συναισθημάτων. Επιβεβαιώθηκε κατά έναν τρόπο η μοναδικότητα στον τρόπο αντίδρασης και εξωτερίκευσης κάθε ανθρώπου, ακόμα και στο πεδίο των βιοσημάτων. Η μοναδικότητα έγινε αντιληπτή από το γεγονός πως δεν ενεργοποιήθηκαν κοινά θερμικά σημεία στο πρόσωπο των υποκειμένων που να δηλώνουν την συναισθηματική τους κατάσταση.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θετικών και αρνητικών καταστάσεων παρατηρήθηκαν στην περιοχή ενδιαφέροντος της μύτης, με τις θερμοκρασίες κατά το βίωμα του αρνητικού συναισθήματος να είναι γενικά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες του θετικού. Βελτίωση του πρωτοκόλλου θερμοκρασίας πιθανόν να επιφέρει πιο σαφή αποτελέσματα, καθότι οι θερμοκρασιακές συνθήκες στο εργαστήριο δεν μπόρεσαν να διατηρηθούν στα επίπεδα της θερμικής άνεσης. Τέλος η ανταπόκριση του συνδυασμού στην ανάλυση θερμοκρασιακών και εγκεφαλικών σημάτων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ήταν ικανοποιητική με δεδομένα που δείχνουν μια ενδιαφέρουσα συνάφεια μεταξύ τους. Διεύρυνση μελετών και πρωτοκόλλων στην συνδυασμένη έρευνα θερμοκρασιακών και εγκεφαλικών σημάτων πιθανόν να επιφέρει πιο σαφή και ακριβή αναγνώριση συναισθηματικής κατάστασης του ατόμου.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της εργασίας η ανίχνευση συναισθημάτων μέσω της μέτρησης των βιοσημάτων του ανθρώπινου σώματος φαίνεται πως είναι εφικτή. Πιο συγκεκριμένα η θερμοκρασίες σε περιοχές του προσώπου καθώς και ο καρδιακός ρυθμός (R-R) παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ευχάριστης και της δυσάρεστης κατάστασης.

## 6.2 Μελλοντικές Εφαρμογές

Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκε κατά πόσο δυο διαφορετικά συναισθηματικά φορτισμένα οπτικοακουστικά ερεθίσματα είναι ικανά να επηρεάσουν τα παραγόμενα βιοσήματα (*καρδίας, εγκεφάλου και επιφανειακή θερμοκρασία σώματος*) υγιών ανθρώπων. Όπως αναφέρεται και στην εισαγωγή η έρευνα πραγματοποιήθηκε με αφορμή την απορία αν ο εγκέφαλος ανθρώπων που βρίσκονται σε φυτική κατάσταση είναι ικανός να παράξει ανάλογα βιοσήματα σύμφωνα με εξωτερικά ερεθίσματα ικανά να γίνουν με κάποιο τρόπο αντιληπτά στον ασθενή. Καθώς όμως οι έρευνες πραγματοποιήθηκαν σε υγιείς ανθρώπους, χωρίς κάποια νευροφυσιολογικής φύσεως βλάβη, αφήνει ανοιχτό το πεδίο για περαιτέρω έρευνα παραπλήσιας μεθόδου σε ανθρώπους με σοβαρές νευροφυσιολογικές παθήσεις. Ένα μεγάλο ερώτημα της ιατρικής κοινότητας είναι αν ένας άνθρωπος που έχει χαρακτηριστεί σε φυτική κατάσταση είναι σε θέση να βιώνει συναισθήματα τα οποία δεν μπορεί να εξωτερικεύσει. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να δώσουν ακριβή απάντηση σε αυτό το ερώτημα μέσω δημιουργίας εξελιγμένων βιοϊατρικών συσκευών.

Το οπτικοακουστικό υλικό που δημιουργήθηκε και το πρωτόκολλο λήψης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή μεγαλύτερου πλήθους δεδομένων και την επεξεργασία τους με μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης. Επιπλέον η χρήση εξοπλισμού με καλύτερα τεχνικά χαρακτηριστικά (*ευαισθησία, διακριτική ικανότητα, παραπάνω κανάλια λήψης βιοσημάτων κ.α.*) θα προσφέρει βελτιωμένες δυνατότητες.

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η παραγωγή συναισθημάτων μέσω οπτικοακουστικού υλικού. Άλλες εφαρμογές που θα μπορούσαν να εξεταστούν στο μέλλον θα ήταν δυνατό να περιλαμβάνουν άλλης μορφής ερεθίσματα, όπως διάφορα αρώματα με ευχάριστη ή δυσάρεστη οσμή, διάφορες γεύσεις επίσης με δυσάρεστη ή ευχάριστη επίγευση ακόμα και κάποιο είδος χρωματοθεραπείας, για την παραγωγή εναλλαγών στο συναίσθημα, αν ο ασθενής δεν έχει χάσει την όραση του.

Τέλος έρευνες τέτοιου χαρακτήρα ανοίγουν τον δρόμο για μελλοντικές εφαρμογές πλήρους αναγνώρισης της συναισθηματικής κατάστασης ενός ατόμου μόνο μέσω εφαρμογής συσκευών απαγωγής των βιοσημάτων του.

## 7. Βιβλιογραφία

Βεντούρας Ε., Καλατζής Ι., Ηλεκτροδιαγνωστικά Συστήματα και Μετατροπείς - Εργαστηριακές Ασκήσεις, 2018

Εγκέφαλος, <https://el.wikipedia.org/wiki/Εγκέφαλος>

Λίγα λόγια για το δέρμα μας..., <https://atopy.gr/liga-logia-gia-to-derma-mas/>

AlGhatrif, Majd & Lindsay Joseph (2012) A brief review: history to understand fundamentals of electrocardiography, *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives*, 2:1, DOI: 10.3402/jchimp.v2i1.14383

Ajinkya S, Fox J, Houston P, Greenblatt A, Lekoubou A, Lindhorst S, Cachia D, Olar A, Kutluay E. Seizures in Patients With Metastatic Brain Tumors: Prevalence, Clinical Characteristics, and Features on EEG. *J Clin Neurophysiol*. 2021 Mar 1;38(2):143-148. doi: 10.1097/WNP.0000000000000671. PMID: 31856045.

Zhongyang, H., Yang, K., Ning, Z., Ying, Z., 2021/06/23 Processing of Affective Pictures: A Study Based on Functional Connectivity Network in the Cerebral Cortex 5582666 1687-5265 <https://doi.org/10.1155/2021/5582666>

Bookwala J, Cherbain N, Alexander R, Aragón OR, Gatt JM, Kahrilas IJ, Kästner N, Lawrence A, Lowe L, Morrison RG, Mueller SC, Nusslock R, Papadelis C, Polnaszek KL, Helene Richter S, Siltan RL, Styliadis C. The neuroscience of positive emotions and affect: Implications for cultivating happiness and wellbeing. *Neurosci Biobehav Rev*. 2021 Feb;121:220-249. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.12.002. Epub 2020 Dec 8. PMID: 33307046.

Baxter, M., Murray, E. The amygdala and reward. *Nat Rev Neurosci* 3, 563–573 (2002). <https://doi.org/10.1038/nrn875>

Beaulieu Jean-Martin and Raul R. Gainetdinov, The Physiology, Signaling, and Pharmacology of Dopamine Receptors, *Pharmacological Reviews* March 1, 2011, 63 (1) 182-217; DOI: <https://doi.org/10.1124/pr.110.002642>

Beck, A.T., Steer, R.A., & Brown, G.K. (1996). *Manual for the Beck Depression Inventory-II*. San Antonio, TX: Psychological Corporation. (Βιβλιογραφία ψυχομετρικού τεστ)

Berridge, Kent C., Morten L Kringelbach, Neuroscience of affect: brain mechanisms of pleasure and displeasure, *Current Opinion in Neurobiology*, Volume 23, Issue 3, 2013, Pages 294-303, ISSN 0959-4388, <https://doi.org/10.1016/j.conb.2013.01.017>.

Blinowska, K., & Durka, P. (2006). Electroencephalography (eeg). Wiley encyclopedia of biomedical engineering.

Blomkvist Anna, Hofer Marlise, Olfactory Impairment and Close Social Relationships. A Narrative Review, Chemical Senses, 2021, DOI 10.1093/chemse/bjab037, VOL 46, ISSN 1464-3553

Boesveldt, S., Parma, V. The importance of the olfactory system in human well-being, through nutrition and social behavior. Cell Tissue Res 383, 559–567 (2021).  
<https://doi.org/10.1007/s00441-020-03367-7>

Bowlby John, A secure base: parent-child attachment and healthy human development, New York: Basic Books, 1988.

BRACELAND FJ. Hormones and their influence on the emotions. Bull N Y Acad Med. 1953 Oct;29(10):765-77. PMID: 13094317; PMCID: PMC1877373.

BRACELAND FJ. Hormones and their influence on the emotions. Bull N Y Acad Med. 1953 Oct;29(10):765-77. PMID: 13094317; PMCID: PMC1877373.

Brain Anatomy and How the Brain Works,  
<https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/anatomy-of-the-brain>

Brain Basics: Know Your Brain, <https://www.ninds.nih.gov/health-information/patient-caregiver-education/brain-basics-know-your-brain#fore>

Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "midbrain". Encyclopedia Britannica, 28 May. 2020, <https://www.britannica.com/science/midbrain>. [Accessed 29 June 2022]

Britton JW, Frey LC, Hopp JLet al., authors; St. Louis EK, Frey LC, editors. Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants [Internet]. Chicago: American Epilepsy Society; 2016. Introduction. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK390346/>

Brown RB. Emotions And Behavior: Exercises In Emotional Intelligence. Journal of Management Education. 2003;27(1):122-134. doi:10.1177/1052562902239251

Burle B, Spieser L, Roger C, Casini L, Hasbroucq T, Vidal F. Spatial and temporal resolutions of EEG: Is it really black and white? A scalp current density view. Int J Psychophysiol. 2015 Sep;97(3):210-20. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.05.004. Epub 2015 May 12. PMID: 25979156; PMCID: PMC4548479.



Burnett J. The origins of the electrocardiograph as a clinical instrument. *Med Hist Suppl.* 1985;(5):53-76. doi: 10.1017/s0025727300070514. PMID: 3915524; PMCID: PMC2557409.

Cabanac Michel, What is emotion?, *Behavioural Processes*, Volume 60, Issue 2, 2002, Pages 69-83, ISSN 0376-6357, [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(02\)00078-5](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(02)00078-5).

Cipolla-Neto José Cipolla-Neto, Fernanda Gaspar do Amaral, Melatonin as a Hormone: New Physiological and Clinical Insights, *Endocrine Reviews*, Volume 39, Issue 6, December 2018, Pages 990–1028, <https://doi.org/10.1210/er.2018-00084>

Coenen Anton, Edward Fine & Oksana Zayachkivska (2014) Adolf Beck: A Forgotten Pioneer in Electroencephalography, *Journal of the History of the Neurosciences*, 23:3, 276-286, DOI: 10.1080/0964704X.2013.867600

Corradi-Dell'Acqua C, Tusche A, Vuilleumier P, Singer T. Cross-modal representations of first-hand and vicarious pain, disgust and fairness in insular and cingulate cortex. *Nat Commun.* 2016 Mar 18;7:10904. doi: 10.1038/ncomms10904. PMID: 26988654; PMCID: PMC4802033

Craig A.D. (Bud) 2009 Emotional moments across time: a possible neural basis for time perception in the anterior insula. *Phil. Trans. R. Soc.* B364:1933–1942, <http://doi.org/10.1098/rstb.2009.0008>

Cynthia M. Schumann, Melissa D. Bauman, David G. Amaral, Abnormal structure or function of the amygdala is a common component of neurodevelopmental disorders, *Neuropsychologia*, Volume 49, Issue 4, 2011, 745-759, ISSN 0028-3932, <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.028>

Duffy, F., Iyer, V., Surwillo, W. (1989), «Clinical Electroencephalography and Topographic Brain Mapping», Ann Arbor, Michigan (U.S.A): Edwards Brothers, Inc., pp 1-10.

Eduardo E. Benarroch, Periaqueductal gray An interface for behavioral control, *Neurology* Jan 2012, 78 (3) 210-217; DOI: 10.1212/WNL.0b013e31823fcdee

Environmental Expert, Thermal Imager, <https://www.environmental-expert.com/products/thermal-imager-613591>

Field Tiffany, Touch, 2014, The MIT Press

FLIRX8500sc datasheet, <https://www.flir.com/globalassets/imported-assets/document/x8500sc-mwir-datasheet.pdf>

Gogolla N. The insular cortex. *Curr Biol.* 2017 Jun 19;27(12):R580-R586. doi: 10.1016/j.cub.2017.05.010. PMID: 28633023

Golden EJ, Larson ED, Shechtman LA, Trahan GD, Gaillard D, Fellin TJ, Scott JK, Jones KL, Barlow LA. Onset of taste bud cell renewal starts at birth and coincides with a shift in SHH function. *Elife*. 2021 May 19;10:e64013. doi: 10.7554/eLife.64013. PMID: 34009125; PMCID: PMC8172241.

Graciani G, Amblard F. Super-resolution provided by the arbitrarily strong superlinearity of the blackbody radiation. *Nat Commun*. 2019 Dec 17;10(1):5761. doi: 10.1038/s41467-019-13780-4. PMID: 31848354; PMCID: PMC6917796.

Haas LF, Hans Berger (1873–1941), Richard Caton (1842–1926), and electroencephalography *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2003;74:9.

Jamil Abdul, Mahadi Muhammad & Soon, Chin & Achilleos, A & Youseffi, Mansour & Javid, Farideh. (2018). Electrocardiograph (ECG) Circuit Design and Software-based Processing using LabVIEW.

Jang, EH., Byun, S., Park, MS. *et al.* Reliability of Physiological Responses Induced by Basic Emotions: A Pilot Study. *J Physiol Anthropol* **38**, 15 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40101-019-0209-y>

John Hopkins Medicine, Electrocardiogram, <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/electrocardiogram>

John Hopkins Medicine, Electroencephalogram, <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/electroencephalogram-eeeg>

Klabunde RE, Electrocardiogram Leads, <https://www.cvphysiology.com/Arrhythmias/A013>

Koutroumanidis M, Arzimanoglou A, Caraballo R, Goyal S, Kaminska A, Laoprasert P, Oguni H, Rubboli G, Tatum W, Thomas P, Trinka E, Vignatelli L, Moshé SL. The role of EEG in the diagnosis and classification of the epilepsy syndromes: a tool for clinical practice by the ILAE Neurophysiology Task Force (Part 1). *Epileptic Disord*. 2017 Sep 1;19(3):233-298. doi: 10.1684/epd.2017.0935. PMID: 28984246.

Kringelbach ML, Berridge KC. The Affective Core of Emotion: Linking Pleasure, Subjective Well-Being, and Optimal Metastability in the Brain. *Emot Rev*. 2017 Jul;9(3):191-199. doi: 10.1177/1754073916684558. Epub 2017 Jun 15. PMID: 28943891; PMCID: PMC5604465.

Krumhansl CL. Rhythm and pitch in music cognition. *Psychol Bull*. 2000 Jan;126(1):159-79. doi: 10.1037/0033-2909.126.1.159. PMID: 10668354.

Lechan RM, Toni R. Functional Anatomy of the Hypothalamus and Pituitary. [Updated 2016 Nov 28]. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., editors. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279126/>

Lindquist KA, Wager TD, Kober H, Bliss-Moreau E, Barrett LF. The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *Behav Brain Sci.* 2012 Jun;35(3):121-43. doi: 10.1017/S0140525X11000446. PMID: 22617651; PMCID: PMC4329228

Mayer, D., Allen, J., Beauregard, K. (1995), «Mood Inductions for Four Specific Moods: A Procedure Employing Guided Imagery Vignettes With Music», *Journal of Mental Imagery*, 19(1&2), pp. 133-150.

Melmed, S., Chapter 15 - Hypothalamic–Pituitary Regulation, Editor(s): P. Michael Conn, *Conn's Translational Neuroscience*, Academic Press, 2017, Pages 317-331, ISBN 9780128023815, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802381-5.00025-7>.

Miloulis, ST., Ioannis Kakkos, Georgios N. Dimitrakopoulos, Yu Sun, Irene Karanasiou, Panteleimon Asvestas, Errikos-Chaim Ventouras & George Matsopoulos (2021). Evaluating Memory and Cognition via a Wearable EEG System: A Preliminary Study. In: Ye, J., O'Grady, M.J., Civitarese, G., Yordanova, K. (eds) *Wireless Mobile Communication and Healthcare. MobiHealth 2020. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 362. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-70569-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-70569-5_4)

Miller, K. (2011), «Biomechanics of the Brain», Crawley/Perth, WA 6009, (Australia): Springer New York Dordrecht Heidelberg London, pp 5-40.

Millet, David (2002). "The Origins of EEG". *International Society for the History of the Neurosciences (ISHN)*.

Mooney Mary & Browne Lisa, *Continuing Education - ECG recording: basic principles*, <https://www.inmo.ie/MagazineArticle/PrintArticle/5847>

Nanda, Upali & Zhu, Xi & Jansen, Ben. (2012). Image and Emotion: From Outcomes to Brain Behavior. *HERD.* 5. 40-59. 10.1177/193758671200500404.

Neugebauer V, Mazzitelli M, Cragg B, Ji G, Navratilova E, Porreca F. Amygdala, neuropeptides, and chronic pain-related affective behaviors. *Neuropharmacology.* 2020 Jun 15;170:108052. doi: 10.1016/j.neuropharm.2020.108052. Epub 2020 Mar 15. PMID: 32188569; PMCID: PMC7214122

NIH, EEG, <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/eeg>

Olofsson Jonas K, Ekström Ingrid, Lindström Joanna, Elmeri Syrjänen, Anna Stigsdotter-Neely, Lars Nyberg, Sara Jonsson, Maria Larsson, Smell-Based Memory Training: Evidence of Olfactory Learning and Transfer to the Visual Domain, *Chemical Senses*, Volume 45, Issue 7, September 2020, Pages 593–600, <https://doi.org/10.1093/chemse/bjaa049>

Petit D, Gagnon JF, Fantini ML, Ferini-Strambi L, Montplaisir J. Sleep and quantitative EEG in neurodegenerative disorders. *J Psychosom Res*. 2004 May;56(5):487-96. doi: 10.1016/j.jpsychores.2004.02.001. PMID: 15172204.

Proudan, N., Peroski, M., Grignol, G., Merchenthaler, I., Dudas, B., Juxtapositions between the somatostatinergic and growth hormone-releasing hormone (GHRH) neurons in the human hypothalamus, *Neuroscience*, Volume 297, 2015, Pages 205-210, ISSN 0306-4522, <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.03.054>.

Purves, D., Augustine, D., Fitzpatrick, D., Hall, W., McNamara, J., LaMantia, A., Williams, M. (2004), «Όραση: ο οφθαλμός», *NEUROSCIENCE: Third Edition*, Sunderland (U.S.A): Sinauer Associates, pp 249-280.

Purves, D., Augustine, D., Fitzpatrick, D., Hall, W., McNamara, J., LaMantia, A., Williams, M. (2004), «Το ακουστικό σύστημα», *NEUROSCIENCE: Third Edition*, Sunderland (U.S.A): Sinauer Associates, pp 309-342.

Purves, D., Augustine, D., Fitzpatrick, D., Hall, W., McNamara, J., LaMantia, A., Williams, M. (2004), «Οι χημικές αισθήσεις», *NEUROSCIENCE: Third Edition*, Sunderland (U.S.A): Sinauer Associates, pp 365-386.

Reed DR, Tanaka T, McDaniel AH. Diverse tastes: Genetics of sweet and bitter perception. *Physiol Behav*. 2006 Jun 30;88(3):215-26. doi: 10.1016/j.physbeh.2006.05.033. Epub 2006 Jun 19. PMID: 16782140; PMCID: PMC1698869

Rojo An, *The Role of Emotions in The Handbook of Translation and Cognition*, First Edition. Edited by John W. Schwieter and Aline Ferreira. © 2017 John Wiley & Sons, Inc. Published 2017 by John Wiley & Sons, Inc.

Rushton, J.P., Ankney, C.D. Brain size and cognitive ability: Correlations with age, sex, social class, and race. *Psychonomic Bulletin & Review* 3, 21–36 (1996). <https://doi.org/10.3758/BF03210739>

Salazar-López, E., Domínguez, V. Juárez Ramos, J. de la Fuente, A. Meins, O. Iborra, G. Gálvez, M.A. Rodríguez-Artacho, E. Gómez-Milán, The mental and subjective skin: Emotion, empathy, feelings and thermography, *Consciousness and Cognition*, Volume 34, 2015, Pages 149-162, ISSN 1053-8100, <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.04.003>.

Scarantino, Andrea and Ronald de Sousa, "Emotion", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/sum2021/entries/emotion/>.

Schutter, D.J.L.G., Van Honk, J. The cerebellum on the rise in human emotion. *Cerebellum* 4, 290–294 (2005). <https://doi.org/10.1080/14734220500348584>

Silbernagl, S., Despopoulos, A. (2010), «Color Atlas of Physiology», Nicosia (Cyprus): Broken Hill Publishers LTD, pp 268-311.

Šimić G, Tkalčić M, Vukić V, Mulc D, Španić E, Šagud M, Olucha-Bordonau FE, Vukšić M, R Hof P. Understanding Emotions: Origins and Roles of the Amygdala. *Biomolecules*. 2021 May 31;11(6):823. doi: 10.3390/biom11060823. PMID: 34072960; PMCID: PMC8228195

Sokolowski Katie, Corbin Joshua, Wired for behaviors: from development to function of innate limbic system circuitry, *Frontiers in Molecular Neuroscience* vol. 5, 2012,ISSN16 5099, <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnmol.2012.00055>, 10.3389/fnmol.2012.00055

Stenund E, Lindgren AC. Bruk och missbruk av EEG - De flesta av remisserna från barnkliniken vid ett svenskt länsjukhus under ett år var adekvata [Use and misuse of EEG]. *Lakartidningen*. 2017 Feb 28;114:EA76. Swedish. PMID: 28245035.

Strauss, D., Schocken, D. (2021), «Marriott's Practical Electrocardiography Thirteenth Edition», Chapter 1, ISBN-13: 978-1496397454, ISBN-10: 1496397452.

Sue Carter, C., William M. Kenkel, Evan L. MacLean, Steven R. Wilson, Allison M. Perkeybile, Jason R. Yee, Craig F. Ferris, Hossein P. Nazarloo, Stephen W. Porges, John M. Davis, Jessica J. Connelly and Marcy A. Kingsbury, *Oxytocin As Medicine, Pharmacological Reviews* October 1, 2020, 72 (4) 829-861; DOI: <https://doi.org/10.1124/pr.120.019398>

Tan, G., Dao, T.K., Farmer, L. et al. Heart Rate Variability (HRV) and Posttraumatic Stress Disorder (PTSD): A Pilot Study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 36, 27–35 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10484-010-9141-y>

Taste Disorders, <https://www.nidcd.nih.gov/health/taste-disorders#2>

Thau L, Gandhi J, Sharma S. Physiology, Cortisol. [Updated 2021 Sep 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538239/>

The book of touch, ed. by C. Classen, Routledge 2020.

The History of Thermography, <https://lisasthermographyandwellness.com/the-history-of-thermography/>

Thermohuman, Review of the main medical applications of infrared thermography, <https://thermohuman.com/2021/11/04/review-of-the-main-medical-applications-of-infrared-thermography/>

The Ultimate infrared handbook for r&d Professionals (Flir Book)

The University of Nottingham, Role of the ECG Machine, [https://www.nottingham.ac.uk/nursing/practice/resources/cardiology/function/role\\_of\\_ecg.php](https://www.nottingham.ac.uk/nursing/practice/resources/cardiology/function/role_of_ecg.php)

Understanding the stress response, <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/understanding-the-stress-response>

Valderas MT, Bolea J, Laguna P, Vallverdú M, Bailón R. Human emotion recognition using heart rate variability analysis with spectral bands based on respiration. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2015;2015:6134-7. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319792. PMID: 26737692.

Verberne, A J M., Korim, W S., Sabetghadam, A., Llewellyn-Smith, I J., Adrenaline: insights into its metabolic roles in hypoglycaemia and diabetes, *British Journal of Pharmacology*, Vol. 173 (9), 2016, 1425-1437.

Vince R. Emotion and Learning. *Journal of Management Education.* 2016;40(5):538-544. doi:10.1177/1052562916643992

Wei Wei, Qingxuan Jia, Yongli Feng, Gang Chen, "Emotion Recognition Based on Weighted Fusion Strategy of Multichannel Physiological Signals", *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2018, Article ID 5296523, 9 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5296523>

Wen Li, Learning to smell danger: acquired associative representation of threat in the olfactory cortex, *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, vol. 8, 2014, <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnbeh.2014.00098>, DOI=10.3389/fnbeh.2014.00098 ISSN 1662-5153

Winkielman Piotr, Gogolushko Yekaterina, Influence of Suboptimally and Optimally Presented Affective Pictures and Words on Consumption-Related Behavior, *Frontiers in Psychology*, VOL. 8, 2018, <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.02261>, DOI:10.3389/fpsyg.2017.02261, ISSN 1664-1078

Witt Martin, Reutter Klaus in *Handbook of Olfaction and Gustation*. ed. by Richard L. Doty, 2015, Wiley Online Library, Chapter 29, «Anatomy of the Tongue and Taste Buds» <https://doi.org/10.1002/9781118971758.ch29>

## 8. Βιβλιογραφία Εικόνων - Links

**Image 1.** Parts of the Brain, <https://courses.lumenlearning.com/wmopen-psychology/chapter/outcome-parts-of-the-brain/>

**Image 2.** Gogolla N. The insular cortex. Curr Biol. 2017 Jun 19;27(12):R580-R586. doi: 10.1016/j.cub.2017.05.010. PMID: 28633023. , [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjruZ2yjdX4AhUNsfEDHbb1Ba4QFnoECAgQAAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cell.com%2Fcurrent-biology%2Fpdf%2FS0960-9822\(17\)30546-8.pdf&usg=AOvVaw0boRqKtgg34q4OSTI-1SCC](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjruZ2yjdX4AhUNsfEDHbb1Ba4QFnoECAgQAAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cell.com%2Fcurrent-biology%2Fpdf%2FS0960-9822(17)30546-8.pdf&usg=AOvVaw0boRqKtgg34q4OSTI-1SCC)

**Image 3.** Insula, <https://human-memory.net/insula/>

**Image 4.** Know your brain: Amygdala, <https://neuroscientificallychallenged.com/posts/know-your-brain-amygdala>

**Image 5.** Hypothalamic and Pituitary Drugs, <https://basicmedicalkey.com/hypothalamic-and-pituitary-drugs/>

**Image 6.** Know your brain: Hypothalamus, <https://neuroscientificallychallenged.com/posts/hypothalamus-know-your-brain>

**Image 7.** Midbrain or mesencephalon anatomy illustration, <https://www.dreamstime.com/midbrain-mesencephalon-anatomy-illustration-cross-section-level-superior-colliculus-image200702989>

**Image 8.** Brainstem, <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-brainstem>

**Image 9.** Kringelbach ML, Berridge KC. The Affective Core of Emotion: Linking Pleasure, Subjective Well-Being, and Optimal Metastability in the Brain. Emot Rev. 2017 Jul;9(3):191-199. doi: 10.1177/1754073916684558. Epub 2017 Jun 15. PMID: 28943891; PMCID: PMC5604465, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28943891/>

**Image 10.** Beautiful Places Here In The Philippines, <https://majalahka.com/beautiful-places-here-in-the-philippines/>

**Image 11.** <https://www.eurekalert.org/news-releases/780931>

**Image 12.**

[https://www.parfummele.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=90%3Aparfummele-in-sensa&catid=39%3Aaktualne-novice&Itemid=64&lang=sl](https://www.parfummele.com/index.php?option=com_content&view=article&id=90%3Aparfummele-in-sensa&catid=39%3Aaktualne-novice&Itemid=64&lang=sl)

**Image 13.** Σιανούδης Ι, <http://www.psychorropia.gr/το-γάδι/>

**Image 14.** Nutrition Notes: The Science of Taste, <https://sandiegofoodbank.org/news-category/blog/nutritionnotes-scienceoftaste/>

**Image 15.** Αδρεναλίνη: το μόριο που προειδοποιεί τον οργανισμό μας, <https://www.sciencelab.gr/2021/02/02/adrenaline/>

**Image 16.** Τι είναι η κορτιζόλη;, <https://www.ygeia-petani.gr/2018/10/21/ti-einai-h-kortizolh/>

**Image 17.** <https://cyclonews.gr/category/fitness/ιατρικα-θεματα/>

**Image 18.** <https://www.alamy.com/stock-photo/melatonin.html>

**Image 19.** <https://boro.gr/302228/serotonini-7-trofes-poy-meionoun-ta-epipeda-tis-katathlipsis-kai-anevazoun-tin-diathesi/>

**Image 20.** <https://www.istockphoto.com/photos/oxytocin>

**Image 21,22,23,24.** [https://www.researchgate.net/figure/Positron-emission-tomography-monitored-changes-in-brain-arousals-and-inhibitions-during\\_fig6\\_264542470](https://www.researchgate.net/figure/Positron-emission-tomography-monitored-changes-in-brain-arousals-and-inhibitions-during_fig6_264542470)

**Image 25.** <https://www.brightbraincentre.co.uk/electroencephalogram-eeeg-brainwaves/>

**Image 26.** [https://brainbarriers4you.eu/the\\_neuron\\_el.html](https://brainbarriers4you.eu/the_neuron_el.html)

**Image 27.** <https://www.semanticscholar.org/paper/The-use-of-electroencephalography-as-a-interface.-Sosnowski/837ac4af2eea30a66f5f701e9cc95fd0f7cd17a7/figure/1>

**Image 28.** <https://www.emotiv.com/glossary/eeg-machine/>

**Image 29.** <https://www.uptodate.com/contents/image/print?imageKey=PI%2F53145>



**Image 30.** <http://blog.clinicalmonster.com/2015/07/16/legends-medicine-history-ekg/>

**Image 31.** <https://www.healthcare4home.com/electrocardiogram/p.html>

**Image 32.** Jamil Abdul, Mahadi Muhammad & Soon, Chin & Achilleos, A & Youseffi, Mansour & Javid, Farideh. (2018). Electrocardiograph (ECG) Circuit Design and Software-based Processing using LabVIEW, [https://www.researchgate.net/publication/325678811\\_Electrocardiograph\\_ECG\\_Circuit\\_Design\\_and\\_Software-based\\_Processing\\_using\\_LabVIEW](https://www.researchgate.net/publication/325678811_Electrocardiograph_ECG_Circuit_Design_and_Software-based_Processing_using_LabVIEW)

**Image 33.** <https://thermohuman.com/2020/11/26/how-thermography-can-help-you/>

**Image 34.** <https://irinfor.org/12-1-2013-kochanek/>

**Image 35.** <https://thermalimaging-blog.com/tag/lepton-sensor/>

**Image 36.** <https://www.bestech.com.au/wp-content/uploads/Block-diagram-of-IR-thermometer.png>

**Image 37,38,39,40.** Βεντούρας Ε., Καλατζής Ι., Ηλεκτροδιαγνωστικά Συστήματα και Μετατροπείς - Εργαστηριακές Ασκήσεις, 2018

**Image 41.** <https://www.aabtools.com/p/flir/t440/infrared-camera-including-wifi-25>

**\*\*Image 42,43.** Δεν διατίθεται υπερσύνδεσμος για τις εικόνες αυτές, τυχόν ενδιαφέρον για τις εικόνες απευθυνθείτε στο e-mail της γραμματείας του τμήματος. όπως αυτό δίνεται στην σελίδα 48 της εργασίας.

## 9. Παραρτήματα

### Παράρτημα Α΄

<https://www.nctsn.org/measures/beck-depression-inventory-second-edition>

|                                  |             |                   |                              |
|----------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|
| <b>Beck Depression Inventory</b> |             | <b>Baseline</b>   |                              |
| V 0477                           | CRTN: _____ | CRF number: _____ | Page 14 patient inits: _____ |

The BDI-II contains 21 questions, each answer being scored on a scale value of 0 to 3. The cutoffs used differ from the original: 0–13: minimal depression; 14–19: mild depression; 20–28: moderate depression; and 29–63: severe depression. Higher total scores indicate more severe depressive symptoms.

**Instructions:** This questionnaire consists of 21 groups of statements. Please read each group of statements carefully, and then pick out the one statement in each group that best describes the way you have been feeling during the past two weeks, including today. Circle the number beside the statement you have picked. If several statements in the group seem to apply equally well, circle the highest number for that group. Be sure that you do not choose more than one statement for any group, including Item 16 (Changes in Sleeping Pattern) or Item 18 (Changes in Appetite).

|  |  |
|--|--|
| <p><b>1. Sadness</b></p> <p>0 I do not feel sad.</p> <p>1 I feel sad much of the time.</p> <p>2 I am sad all the time.</p> <p>3 I am so sad or unhappy that I can't stand it.</p> <p><b>2. Pessimism</b></p> <p>0 I am not discouraged about my future.</p> <p>1 I feel more discouraged about my future than I used to be.</p> <p>2 I do not expect things to work out for me.</p> <p>3 I feel my future is hopeless and will only get worse.</p> <p><b>3. Past Failure</b></p> <p>0 I do not feel like a failure.</p> <p>1 I have failed more than I should have.</p> <p>2 As I look back, I see a lot of failures.</p> <p>3 I feel I am a total failure as a person.</p> <p><b>4. Loss of Pleasure</b></p> <p>0 I get as much pleasure as I ever did from the things I enjoy.</p> <p>1 I don't enjoy things as much as I used to.</p> <p>2 I get very little pleasure from the things I used to enjoy.</p> <p>3 I can't get any pleasure from the things I used to enjoy.</p> <p><b>5. Guilty Feelings</b></p> <p>0 I don't feel particularly guilty.</p> <p>1 I feel guilty over many things I have done or should have done.</p> <p>2 I feel quite guilty most of the time.</p> <p>3 I feel guilty all of the time.</p> | <p><b>6. Punishment Feelings</b></p> <p>0 I don't feel I am being punished.</p> <p>1 I feel I may be punished.</p> <p>2 I expect to be punished.</p> <p>3 I feel I am being punished.</p> <p><b>7. Self-Dislike</b></p> <p>0 I feel the same about myself as ever.</p> <p>1 I have lost confidence in myself.</p> <p>2 I am disappointed in myself.</p> <p>3 I dislike myself.</p> <p><b>8. Self-Criticalness</b></p> <p>0 I don't criticize or blame myself more than usual.</p> <p>1 I am more critical of myself than I used to be.</p> <p>2 I criticize myself for all of my faults.</p> <p>3 I blame myself for everything bad that happens.</p> <p><b>9. Suicidal Thoughts or Wishes</b></p> <p>0 I don't have any thoughts of killing myself.</p> <p>1 I have thoughts of killing myself, but I would not carry them out.</p> <p>2 I would like to kill myself.</p> <p>3 I would kill myself if I had the chance.</p> <p><b>10. Crying</b></p> <p>0 I don't cry anymore than I used to.</p> <p>1 I cry more than I used to.</p> <p>2 I cry over every little thing.</p> <p>3 I feel like crying, but I can't.</p> |
|--|--|

**Beck Depression Inventory**

**Baseline**

V 0477

CRTN: \_\_\_\_\_

CRF number: \_\_\_\_\_

Page 15

patient inits: \_\_\_\_\_

|  |   |
|--|---|
| <p><b>11. Agitation</b></p> <p>0 I am no more restless or wound up than usual.</p> <p>1 I feel more restless or wound up than usual.</p> <p>2 I am so restless or agitated that it's hard to stay still.</p> <p>3 I am so restless or agitated that I have to keep moving or doing something.</p> <p><b>12. Loss of Interest</b></p> <p>0 I have not lost interest in other people or activities.</p> <p>1 I am less interested in other people or things than before.</p> <p>2 I have lost most of my interest in other people or things.</p> <p>3 It's hard to get interested in anything.</p> <p><b>13. Indecisiveness</b></p> <p>0 I make decisions about as well as ever.</p> <p>1 I find it more difficult to make decisions than usual.</p> <p>2 I have much greater difficulty in making decisions than I used to.</p> <p>3 I have trouble making any decisions.</p> <p><b>14. Worthlessness</b></p> <p>0 I do not feel I am worthless.</p> <p>1 I don't consider myself as worthwhile and useful as I used to.</p> <p>2 I feel more worthless as compared to other people.</p> <p>3 I feel utterly worthless.</p> <p><b>15. Loss of Energy</b></p> <p>0 I have as much energy as ever.</p> <p>1 I have less energy than I used to have.</p> <p>2 I don't have enough energy to do very much.</p> <p>3 I don't have enough energy to do anything.</p> <p><b>16. Changes in Sleeping Pattern</b></p> <p>0 I have not experienced any change in my sleeping pattern.</p> <hr/> <p>1a I sleep somewhat more than usual.</p> <hr/> <p>1b I sleep somewhat less than usual.</p> <hr/> <p>2a I sleep a lot more than usual.</p> <hr/> <p>2b I sleep a lot less than usual.</p> <hr/> <p>3a I sleep most of the day.</p> <hr/> <p>3b I wake up 1-2 hours early and can't get back to sleep.</p> | <p><b>17. Irritability</b></p> <p>0 I am no more irritable than usual.</p> <p>1 I am more irritable than usual.</p> <p>2 I am much more irritable than usual.</p> <p>3 I am irritable all the time.</p> <p><b>18. Changes in Appetite</b></p> <p>0 I have not experienced any change in my appetite.</p> <hr/> <p>1a My appetite is somewhat less than usual.</p> <hr/> <p>1b My appetite is somewhat greater than usual.</p> <hr/> <p>2a My appetite is much less than before.</p> <hr/> <p>2b My appetite is much greater than usual.</p> <hr/> <p>3a I have no appetite at all.</p> <hr/> <p>3b I crave food all the time.</p> <p><b>19. Concentration Difficulty</b></p> <p>0 I can concentrate as well as ever.</p> <p>1 I can't concentrate as well as usual.</p> <p>2 It's hard to keep my mind on anything for very long.</p> <p>3 I find I can't concentrate on anything.</p> <p><b>20. Tiredness or Fatigue</b></p> <p>0 I am no more tired or fatigued than usual.</p> <p>1 I get more tired or fatigued more easily than usual.</p> <p>2 I am too tired or fatigued to do a lot of the things I used to do.</p> <p>3 I am too tired or fatigued to do most of the things I used to do.</p> <p><b>21. Loss of Interest in Sex</b></p> <p>0 I have not noticed any recent change in my interest in sex.</p> <p>1 I am less interested in sex than I used to be.</p> <p>2 I am much less interested in sex now.</p> <p>3 I have lost interest in sex completely.</p> |
|--|---|

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 A B C D E

Subtotal Page 2

---

Subtotal Page 1

---

Total Score

NR15645

## Παράρτημα Β΄



ΠΑ.Δ.Α. - ΑΡ.ΠΡΩΤ: 61722 - 05/07/2022 Αιγάλεω

### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΗΘΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

#### ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΑΛΣΟΥΣ ΑΙΓΑΛΕΩ**

**Ταχ. Δ/ση:** Αγ. Σπυρίδωνος, Αιγάλεω ΤΚ 12243

**Τηλέφωνο:** 2105387294

**e-mail:** [ethics@uniwa.gr](mailto:ethics@uniwa.gr)

**Πληροφορίες:** Ευαγγελία Καπουτσή

**Αιγάλεω:** 04/07/2022

**ΘΕΜΑ:** Απάντηση σε αίτησή σας

**ΠΡΟΣ:** κ. Σκουρολιάκου Αικατερίνη

**ΚΟΙΝ:** κ. Τορίδη Ανδρέα

#### Έγκριση της πρότασης

Σας γνωρίζουμε ότι η Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας (Ε.Η.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ΠΑ.Δ.Α.), στην 24<sup>η</sup>/22-06-2022 συνεδρίασή της, μέσω τηλεδιάσκεψης, εξέτασε το περιεχόμενο του ερευνητικού πρωτοκόλλου με τίτλο «**Ανίχνευση διάθεσης μέσω Βιοσημάτων**», με αριθμό πρωτοκόλλου 57277/20-06-2022 και Επιστημονικά Υπεύθυνη την κ. Σκουρολιάκου Αικατερίνη.

Λαμβάνοντας υπόψη:

1. Το έντυπο υποβολής της αίτησης
2. Το ερευνητικό πρωτόκολλο
3. Το έντυπο συγκατάθεσης των συμμετεχόντων στην έρευνα

Η Επιτροπή έκρινε ότι δεν αντιβαίνει στην κείμενη νομοθεσία και συνάδει με γενικά παραδεδεγμένους κανόνες ηθικής και δεοντολογίας της έρευνας και ερευνητικής ακεραιότητας ως προς το περιεχόμενο και τον τρόπο διεξαγωγής του ερευνητικού έργου. Επισημαίνεται ότι σε περίπτωση που προκύψει οποιαδήποτε τροποποίηση στο πρωτόκολλο της μελέτης θα πρέπει να επανυποβληθεί στην ΕΗΔΕ για επικαιροποίηση της έγκρισης.

Η Πρόεδρος της Ε.Η.Δ.Ε.

Anna Deltsidou  
Digitally signed by Anna Deltsidou  
Date: 2022.07.04 18:50:35 +03'00'

Δρ Άννα Δελτσίδου  
Καθηγήτρια