



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

**Μπορούν οι ερμηνευτικές τέχνες  
να αλλάξουν τον εγκέφαλό μας;  
Εξετάζοντας την κινηματογραφική δράση  
και τη θεατρική δράση μέσα από το  
ηλεκτροεγκεφαλογράφημα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Γεώργιος Κ. Προφητηλιώτης

**Επιβλέπων :** Νικόλαος Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2014





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

**Μπορούν οι ερμηνευτικές τέχνες  
να αλλάξουν τον εγκέφαλό μας;  
Εξετάζοντας την κινηματογραφική δράση  
και τη θεατρική δράση μέσα από το  
ηλεκτροεγκεφαλογράφημα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Γεώργιος Κ. Προφητηλιώτης**

**Επιβλέπων :** Νικόλαος Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 27<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2014.

.....  
Ν. Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Άγγ. Αμδίτης  
Ερευνητής Α΄ ΕΠΙΣΕΥ

.....  
Γ. Ματσόπουλος  
Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

.....  
Γεώργιος Κ. Προφητηλιώτης  
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Γεώργιος Προφητηλιώτης, 2014.  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## Περίληψη

Η κατανόηση της επίδρασης της τέχνης στον άνθρωπο έχει αποτελέσει πεδίο μελέτης πολλών επιστημών. Η σημαντική ανάπτυξη των νευροεπιστημών και των νευροαπεικονιστικών τεχνικών μπορεί να προσφέρει μία νέα νευροβιολογική μέθοδο προσέγγισης αυτού του θέματος, με σκοπό τη συμπλήρωση των υφιστάμενων θεωριών και συζητήσεων. Αντίθετα με την πληθώρα των ερευνών που αφορούν στην κατανόηση των διαδικασιών που δραστηριοποιούνται κατά την ενασχόληση κάποιου με τις οπτικές τέχνες, η σχέση της εκτέλεσης της δραματικής τέχνης με την εγκεφαλική δραστηριότητα δεν έχει, ακόμη, διερευνηθεί.

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (ΗΕΓ) ηρεμίας ενός ατόμου σε δύο συνθήκες: πριν και μετά τη συμμετοχή σε ένα θεατρικό δρώμενο πριν και μετά την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας. Καταγράφηκε ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ηρεμίας με ανοιχτά και κλειστά μάτια για κάθε εξεταζόμενο, πριν -baseline- και μετά τη συμμετοχή του στην αντίστοιχη μορφή τέχνης της ομάδας του, ακολουθώντας σαφώς ορισμένο πρωτόκολλο. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα αναλύεται ως προς το φασματικό του περιεχόμενο για τον εντοπισμό πιθανών διαφορών στις καταγραφές μετά τη συνθήκη ενασχόλησης με την εκάστοτε μορφή τέχνης σε σχέση με τις αντίστοιχες baseline καταγραφές.

Τα αποτελέσματά μας δείχνουν διαφορετική επίδραση της συμμετοχής σε ένα θεατρικό δρώμενο στο ανθρώπινο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα από εκείνη της παρακολούθησης μιας κινηματογραφικής ταινίας. Η κατανόηση των μηχανισμών που ενεργοποιούνται κατά τη συμμετοχή σε μία θεατρική δράση μπορεί να προεκτείνει και να εξελίξει την προσέγγιση αυτής της μορφής τέχνης από τη σκοπιά της θεραπείας.

**Λέξεις-κλειδιά:** Νευροαισθητική, Ηλεκτροεγκεφαλογραφία, Εγκεφαλικοί Ρυθμοί, Φασματική Ανάλυση, Τέχνη, Θεατρικό Δρώμενο, Κινηματογράφος



## Abstract

Understanding the effects of art on humans has been a field of study of many scientific disciplines. The important advancements in neuroscience and neuroimaging can offer a novel neurobiological approach on this topic in order to complement the existing theories and discussions. Unlike the multitude of research projects regarding the understanding of the processes which become active during one's involvement with the visual arts, the relation of acting in drama to the human brain activity has yet to be explored.

The scope of this research is to study the human resting-state electroencephalogram (EEG) in two conditions: before and after acting in drama; before and after watching a movie. For every research subject, the resting-state EEG was recorded with eyes open and eyes closed, before -baseline- and after their involvement with the respective art forms of their groups, following a well defined protocol. The recorded EEG spectrum is then analyzed in order to locate any differences between the recordings after the involvement with these art forms and the respective baseline recordings.

The results of this study indicate that acting in drama causes a different impact on the human electroencephalogram from the impact caused by watching a movie. Understanding the mechanisms which become active during one's involvement with the art of drama may extend and evolve the approach to this art form from a therapeutic point of view.

**Keywords:** Neuroaesthetics, Electroencephalography, Brain Rhythms, Spectral Analysis, Art, Drama, Cinema





## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή τού ΕΜΠ Νικόλαο Ουζούνογλου για την ανάθεση αυτής της εργασίας, όπως επίσης και την υπεύθυνη της διπλωματικής μου Δρα Αρετή Τζελέπη για τις καθοριστικές συμβουλές της και την πολύτιμη καθοδήγηση σε όλα τα στάδια εκπόνησης αυτού του έργου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Αφροδίτη, τη Μαριλένα, την Αγγελική, τον Λευτέρη, τον Γιώργο, τη Σοφία, την Κατερίνα, τον Δημήτρη, τον Μιχάλη και τη Μαργαρίτα για την εθελοντική συμμετοχή τους στα πειράματα που αποτέλεσαν τη βάση αυτής της εργασίας.

«Η τέχνη ξεπλένει την ψυχή από τη σκόνη  
της καθημερινότητας»

Pablo Picasso



## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract.....	7
Ευχαριστίες.....	9
Πίνακας Περιεχομένων .....	11
Ευρετήριο Σχημάτων.....	13
Κεφάλαιο 1: Ηλεκτροεγκεφαλογραφία.....	15
1.1 Ηλεκτροεγκεφαλογραφία .....	15
1.1.1 Στοιχεία νευροφυσιολογίας για την Ηλεκτροεγκεφαλογραφία.....	15
1.2 Το επιφανειακό Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.....	18
1.2.1 Ρυθμοί ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.....	19
1.3 Προσεγγίσεις τής εγκεφαλικής δραστηριότητας .....	21
1.3.1 Διαφορές στην καταγραφή τού ΗΕΓ ηρεμίας με ανοιχτά και κλειστά μάτια.....	22
1.3.2 Παρεμβολές κατά την καταγραφή τού ΗΕΓ ηρεμίας.....	23
1.4 Βιβλιογραφία .....	24
Κεφάλαιο 2: Εγκέφαλος και Τέχνη .....	27
2.1 Εγκέφαλος και Τέχνη.....	27
2.1.1 Νευροαισθητική.....	28
2.2 Επίδραση της τέχνης στον εγκέφαλο.....	31
2.2.1 Κινηματογράφος και Εγκέφαλος.....	34
2.2.2 Θεατρικό δρώμενο και Εγκέφαλος.....	36
2.3 Θεραπεία μέσω τέχνης.....	41
2.3.1 Θεραπεία μέσω του κινηματογράφου.....	42
2.3.2 Θεραπεία μέσω του θεατρικού δρώμενου .....	43
2.3.3 Ανακεφαλαίωση.....	45
2.4 Βιβλιογραφία .....	46
Κεφάλαιο 3: Πειραματική διαδικασία και ανάλυση δεδομένων.....	51
3.1 Πειραματική διαδικασία .....	51
3.1.1 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας.....	51
3.1.2 Σύστημα καταγραφής ΗΕΓ.....	53
3.2 Επεξεργασία δεδομένων .....	58
3.2.1 Προεπεξεργασία δεδομένων.....	58
3.3 Βιβλιογραφία .....	59
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα και Συμπεράσματα .....	61
4.1 Αποτελέσματα ανάλυσης.....	61

4.1.1	Διαγράμματα φασματικής ισχύος.....	61
4.2	Συμπεράσματα και Συζήτηση.....	70

## Ευρετήριο Σχημάτων

### Κεφάλαιο 3: Πειραματική διαδικασία και ανάλυση δεδομένων

Σχήμα 3.1: Διάγραμμα θέσεων των 64 ηλεκτροδίων κεφαλής κατά το σύστημα 10-20 και θέσεις των 4 εξωτερικών ηλεκτροδίων EOG .....	52
Σχήμα 3.2: Διάταξη καταγραφής ActiveTwo.....	53
Σχήμα 3.3: Ενεργά ηλεκτρόδια επίπεδου τύπου και τύπου ακίδας.....	54
Σχήμα 3.4: Σκούφος 64 ηλεκτροδίων.....	55
Σχήμα 3.5: Κουτί AD και Κύκλωμα Ενισχυτή/Μετατροπέα 8 καναλιών .....	55
Σχήμα 3.6: Δέκτης USB2, εμπρόσθια όψη.....	56
Σχήμα 3.7: Κουτί Μπαταρίας και Κουτί Μπαταρίας συνδεδεμένο στο Κουτί AD .....	56
Σχήμα 3.8: Στιγμιότυπο οθόνης επισκόπησης ActiView .....	57

### Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

Σχήμα 4.1: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας.....	61
Σχήμα 4.2: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας.....	62
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου.....	62
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου.....	63
Σχήμα 4.5: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΘΗΤΑ.....	64
Σχήμα 4.6: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΘΗΤΑ .....	64
Σχήμα 4.7: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΑΛΦΑ .....	65
Σχήμα 4.8: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΑΛΦΑ.....	65
Σχήμα 4.9: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΒΗΤΑ.....	66
Σχήμα 4.10: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΒΗΤΑ.....	66
Σχήμα 4.11: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΘΗΤΑ .....	67
Σχήμα 4.12: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΘΗΤΑ .....	67
Σχήμα 4.13: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΑΛΦΑ.....	68
Σχήμα 4.14: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΑΛΦΑ.....	68
Σχήμα 4.15: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΒΗΤΑ.....	69
Σχήμα 4.16: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΒΗΤΑ.....	69



# Κεφάλαιο 1: Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

---

## 1.1 Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG) είναι μία μέθοδος λειτουργικής νευροαπεικόνισης (functional neuroimaging) που βασίζεται στην καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου με τη χρήση ηλεκτροδίων, τα οποία συνήθως τοποθετούνται στην επιφάνεια του δέρματος της κεφαλής. Με σωστή δειγματοληψία και κατάλληλη ανάλυση και επεξεργασία του ηλεκτρικού σήματος της δραστηριότητας αυτής, η μέθοδος της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας μπορεί να προσφέρει αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τη νευρωνική δραστηριότητα του εγκεφάλου και τις χρονικές μεταβολές της, με χρονικό εύρος χιλιοστού του δευτερολέπτου. [1]

Αυτό το ηλεκτρικό σήμα που καταγράφεται με τη μέθοδο της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας ονομάζεται ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (HEΓ). Το HEΓ, όπως θα εξηγηθεί στη συνέχεια, είναι το εξασθενημένο άθροισμα των εξωκυτταρικών ηλεκτρικών δυναμικών ενός μεγάλου αριθμού κυττάρων του εγκεφαλικού φλοιού. Εκτιμάται πως κάθε ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιείται για την καταγραφή του HEΓ ανιχνεύει την αθροισμένη ηλεκτρική δραστηριότητα των νευρώνων που περιέχονται σε  $6 \text{ cm}^2$  εγκεφαλικού φλοιού κάτω από αυτό. [2]

Παρ' όλη την εξαιρετική χρονική του ανάλυση, όμως, το HEΓ που καταγράφεται επιφανειακά στο δέρμα της κεφαλής δεν υποδεικνύει άμεσα την τοποθεσία των ενεργών νευρώνων -που συνεισφέρουν ηλεκτρικά στην εμφάνισή του- στον εγκέφαλο. Αυτή η αδυναμία χωρικού εντοπισμού των πηγών του HEΓ οφείλεται στην ασάφεια της επίλυσης του σχετικού αντίστροφου ηλεκτρομαγνητικού προβλήματος. [3]

Αν και ο χωρικός εντοπισμός των πηγών του HEΓ είναι ασαφής, εντούτοις οι βάσεις του είναι σαφείς και γνωστές: κυτταρική φυσιολογία και ηλεκτροχημεία. Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια βασικά στοιχεία νευροφυσιολογίας, προκειμένου να κατανοηθούν οι βιοηλεκτρικοί κυτταρικοί μηχανισμοί που παράγουν τα ηλεκτρικά πεδία, το άθροισμα των οποίων μάς δίνει το παρατηρούμενο HEΓ.

### 1.1.1 Στοιχεία νευροφυσιολογίας για την Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει περισσότερους από 100 δισεκατομμύρια νευρώνες, η πλειονότητα των οποίων έχει τη δυνατότητα να επηρεάζει πλήθος άλλων νευρώνων. Μέσω αυτής της επικοινωνίας των νευρώνων, της διαβίβασης (signaling), παράγεται η ηλεκτρική δραστηριότητα που οδηγεί στο ανθρώπινο HEΓ. [2]

Τα κύτταρα του νευρικού συστήματος μπορούν να διαιρεθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τους νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες νευρώνων που διαφοροποιούνται με βάση το σχήμα και το μέγεθος, αλλά τα σημαντικότερα ανατομικά στοιχεία των περισσότερων είναι: οι δενδρίτες, που λαμβάνουν σήματα από το κυτταρικό σώμα, το οποίο επεξεργάζεται και ενοποιεί τα σήματα από τον άξονα, ο οποίος άγει σήματα προς άλλες περιοχές του εγκεφάλου. Τα νευρογλοιακά κύτταρα δεν συμμετέχουν άμεσα στις λειτουργίες αυτής της βιοηλεκτρικής επικοινωνίας, αλλά λειτουργούν υποστηρικτικά προς τους νευρώνες. [2]

Οι νευρώνες οργανώνονται σε νευρωνικά κυκλώματα που επεξεργάζονται συγκεκριμένα είδη πληροφοριών. Τα κυκλώματα αυτά συνδυάζονται μεταξύ τους και σχηματίζουν συστήματα τα οποία υπηρετούν ευρύτερες λειτουργίες του εγκεφάλου, όπως, για παράδειγμα, η όραση, η μνήμη ή η ακοή. [2]

Αυτή η ηλεκτρική δραστηριότητα της επικοινωνίας των νευρώνων είναι που οδηγεί στην εμφάνιση του ΗΕΓ. Επομένως, η βάση του θα πρέπει να αναζητηθεί στη φυσιολογία τους.

Τα εγκεφαλικά κύτταρα έχουν μεμβράνες που αποτελούνται από μια διπλοστιβάδα λιπιδίων, η οποία διαχωρίζει το εσωτερικό του κυττάρου από το εξωτερικό περιβάλλον. Η μεμβράνη αυτή λειτουργεί ως μονωτής, διαχωρίζοντας τις διαφορετικές συγκεντρώσεις των ιόντων που βρίσκονται μέσα στο κύτταρο από αυτές που βρίσκονται έξω από αυτό. Διάσπαρτοι στην επιφάνεια της μεμβράνης βρίσκονται περίπλοκοι πρωτεϊνικοί σχηματισμοί, δηλαδή επιλεκτικοί δίαυλοι ιόντων (ion channels) και ενεργές αντλίες (pumps), οι οποίοι την τέμνουν εγκάρσια και επιτρέπουν επιλεκτικά ή εξαναγκάζουν ενεργά τη διέλευση ιόντων εκατέρωθεν της μεμβράνης. Στη ροή αυτών των ιόντων, που μεταφέρουν ηλεκτρικό φορτίο, οφείλεται η δημιουργία ηλεκτρικού δυναμικού εκατέρωθεν της μεμβράνης, εξαιτίας των διαφορετικών συγκεντρώσεων των ιόντων που δημιουργούνται στον ενδοκυτταρικό και εξωκυτταρικό χώρο. Το δυναμικό αυτό ονομάζεται *δυναμικό μεμβράνης* και ουσιαστικά συνδιαμορφώνεται από δυο δυνάμεις: μια χημική, που εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ιόντων εκατέρωθεν κάθε σημείου της μεμβράνης, και μια ηλεκτρική, που εξαρτάται από το ηλεκτρικό δυναμικό κάθε σημείου της μεμβράνης. [2] [4]

Σε αυτό το δυναμικό μεμβράνης βασίζεται η επικοινωνία των νευρώνων. [4]

Η συνδυασμένη λειτουργία διαύλων και αντλιών οδηγεί, τελικά, τη μεμβράνη σε ένα σταθερό ηλεκτρικό δυναμικό, το *δυναμικό ηρεμίας* (resting potential), που διαμορφώνεται με τη συνεισφορά των ηλεκτρικών δυναμικών που παράγονται χάρη στα ιόντα  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  και  $Ca^{2+}$ . Στη διαμόρφωση αυτού του δυναμικού συμβάλλει κυρίως, εκτός από τους επιλεκτικούς δίαυλους, η Αντλία Na-K, ένα διαμεμβρανικό ένζυμο που μεταφέρει ενεργά 3 ιόντα  $Na^+$  από το εσωτερικό του κυττάρου προς το εξωτερικό του, εισάγοντας παράλληλα 2 ιόντα  $K^+$  από το εξωτερικό στο εσωτερικό του, αντίθετα στο δυναμικό που επιβάλλει η συγκέντρωσή τους. Η λειτουργία της Αντλίας Na-K είναι ασταμάτητη και είναι αυτή που οδηγεί σε τόσο μεγάλες διαφορές στην ενδοκυτταρική και εξωκυτταρική συγκέντρωση των ιόντων  $K^+$  και  $Na^+$ . [2] [4]

Η διέλευση των ιόντων μέσω των επιλεκτικών διαύλων, όμως, είναι αυτή που συμμετέχει καθοριστικά στην ηλεκτρική διαβίβαση των νευρώνων. Κάθε δίαυλος έχει μια ανοιχτή κατάσταση και μια ή δύο κλειστές καταστάσεις. Αρκετοί δίαυλοι, όμως, έχουν και μια ή δύο διαμορφωτικές καταστάσεις (conformational states) που είναι επίσης σχετικά σταθερές. Σε κατάσταση ηρεμίας, οι περισσότεροι δίαυλοι αυτού του τύπου, δηλαδή οι ελεγχόμενοι (gated channels), βρίσκονται σε κλειστή κατάσταση. Μοριακοί ηλεκτροχημικοί μηχανισμοί καθορίζουν το αν θα συμβεί κάποια διαμορφωτική αλλαγή στον δίαυλο, ώστε να αλλάξει την κατάστασή του από κλειστός σε ανοιχτός, οδηγώντας έτσι σε αλλαγή της διαπερατότητας της μεμβράνης για κάποιο ή κάποια ιόντα, και τελικά σε μεταβολές του δυναμικού μεμβράνης. [2] [4]

Τέτοιες μεταβολές του δυναμικού μεμβράνης συμβαίνουν στις συνάψεις, δηλαδή τα σημεία στα οποία υπάρχει ηλεκτροχημική σύνδεση μεταξύ δύο νευρώνων, συνηθέστερα μεταξύ του άξονα του προσυναπτικού νευρώνα και ενός δενδρίτη του μετασυναπτικού νευρώνα. Κάθε νευρώνας λαμβάνει χιλιάδες τέτοιες συνδέσεις από άλλους νευρώνες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν το δυναμικό μεμβράνης του μετασυναπτικού νευρώνα στο σημείο στο οποίο βρίσκονται, δημιουργώντας έτσι το λεγόμενο *μετασυναπτικό δυναμικό* (postsynaptic potential). Το μετασυναπτικό δυναμικό όλων των συνάψεων που



δέχεται ένας νευρώνας αθροίζεται χωρικά και χρονικά και επηρεάζει καθοριστικά την ηλεκτρική συμπεριφορά του. [4]

Αυτό το αναλογικό μετασυναπτικό δυναμικό που εμφανίζεται στη μεμβράνη τού νευρώνα υφίσταται μια επεξεργασία στο κυτταρικό σώμα, με αποτέλεσμα να οδηγεί, ή να μην οδηγεί, στην εμφάνιση ενός ακόμη δυναμικού, του *δυναμικού δράσης* (action potential), το οποίο, αν δημιουργηθεί, διαδίδεται αναλλοίωτο κατά μήκος τού άξονα του μετασυναπτικού νευρώνα. Η δημιουργία αυτού του δυναμικού βασίζεται και πάλι στα ρεύματα των ιόντων που διαπερνούν εγκάρσια την κυτταρική μεμβράνη μέσα από τους επιλεκτικούς διαύλους που υφίστανται διαμορφωτικές αλλαγές. Το δυναμικό δράσης, όμως, αντίθετα με το μετασυναπτικό δυναμικό που έχει συνεχή αναλογική τιμή τάσης, είναι σχεδόν δυαδικό, αφού έχει μη ελεγχόμενο πλάτος· το δυναμικό δράσης ή υπάρχει ή δεν υπάρχει. Η επικοινωνία των νευρώνων δεν βασίζεται στο πλάτος του, αλλά στον ρυθμό με τον οποίο εμφανίζεται. Δηλαδή, ανάλογα με το μετασυναπτικό δυναμικό που δέχεται ένας νευρώνας, διαμορφώνεται και ο ρυθμός με τον οποίον πυροδοτούνται αλυσιδωτά δυναμικά δράσης από αυτόν. Μέσω αυτού του φαινομένου κωδικοποιείται και διαβιβάζεται η πληροφορία (rate code), αφού αυτά τα δυναμικά δράσης με τη σειρά τους επηρεάζουν άλλους νευρώνες που συνάπτονται με τον άξονα στον οποίο διαδίδονται τα σήματα, σύμφωνα με τη διαδικασία που προαναφέρθηκε. [4]

Από τα τρία είδη δυναμικών μεμβράνης που συζητήθηκαν ανωτέρω, δυναμικό ηρεμίας, μετασυναπτικό δυναμικό, δυναμικό δράσης, το μετασυναπτικό δυναμικό είναι αυτό που οδηγεί στην εμφάνιση του ΗΕΓ στο δέρμα τής κεφαλής. [2]

Ο φλοιός είναι το εξώτερο τμήμα του ανθρώπινου εγκεφάλου, το οποίο είναι οργανωμένο ως πολυεπίπεδο στρώμα εγκεφαλικού ιστού και αποτελείται από εκατομμύρια νευρώνων. Μια από τις κατηγορίες νευρώνων που τον απαρτίζουν είναι και οι πυραμιδικοί νευρώνες (pyramidal neurons). Αυτοί οι νευρώνες οργανώνονται εντός του φλοιού σε στήλες, οι οποίες είναι έτσι δομημένες ώστε το κυτταρικό σώμα των νευρώνων να βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο μέσα στη στήλη από τους δενδρίτες τους. Εξαιτίας των συνάψεων που έχουν οι δενδρίτες αυτοί με τους άξονες άλλων νευρώνων, δημιουργούνται στα υψηλότερα επίπεδα των στηλών μετασυναπτικά δυναμικά, όταν υπάρχει νευρωνική διαβίβαση, σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρθηκε ανωτέρω. Χάρη στη διαμεμβρανική ροή ιόντων που προκαλούν τα μετασυναπτικά δυναμικά, οι πυραμιδικοί νευρώνες μετατρέπονται σε παροδικά ηλεκτρικά δίπολα. [2] [5]

Είναι η συντονισμένη δημιουργία αυτών των παροδικών ηλεκτρικών διπόλων που δημιουργεί το συνολικό ηλεκτρικό πεδίο στο εξωκυτταρικό περιβάλλον των πυραμιδικών νευρώνων, το οποίο, τελικά, ανιχνεύεται αθροιστικά από τα ηλεκτρόδια στο δέρμα τής κεφαλής κατά την ηλεκτροεγκεφαλογραφία. Μάλιστα, εξαιτίας τού γεωμετρικού προσανατολισμού των πυραμιδικών νευρώνων μέσα στις στήλες, τα ηλεκτρόδια ανιχνεύουν κυρίως το αθροιστικό αποτέλεσμα των ηλεκτρικών πεδίων που δημιουργούνται στο εξωκυτταρικό περιβάλλον των δενδριτών, που βρίσκονται κοντύτερα στο δέρμα τής κεφαλής, ενώ η δραστηριότητα του κυτταρικού σώματος δεν έχει μεγάλη επίδραση στο καταγραφόμενο σήμα. Εξαιτίας αυτών των γεωμετρικών περιορισμών, στο ΗΕΓ καταγράφονται μόνο τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από δίπολα νευρώνων που είναι προσανατολισμένα κάθετα προς το δέρμα τής κεφαλής. [2]

## 1.2 Το επιφανειακό Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Το επιφανειακό ΗΕΓ, σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν, είναι το συνολικό άθροισμα των ηλεκτρικών πεδίων που δημιουργούνται από τη συντονισμένη ηλεκτρική δραστηριότητα ενός μεγάλου πλήθους πυραμιδικών νευρώνων του εγκεφαλικού φλοιού. Ανάμεσα στα ηλεκτρόδια καταγραφής, όμως, και στους πυραμιδικούς νευρώνες, παρεμβάλλεται ένας αριθμός διαφορετικών στρωμάτων που δημιουργούν ανομοιογένειες στην αγωγιμότητα της διαδρομής: το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (CSF), οι μήνιγγες, το κρανίο και το δέρμα της κεφαλής. Τα στρώματα αυτά προκαλούν μια εξασθένιση του ηλεκτρικού πεδίου, όταν αυτό καταγράφεται από τα επιφανειακά ηλεκτρόδια, σε σχέση με το ηλεκτρικό πεδίο εντός του εγκεφαλικού φλοιού. [6] [7]

Προκειμένου να μην υπάρξει επιπλέον εξασθένιση, το ΗΕΓ καταγράφεται από το δέρμα της κεφαλής με τη χρήση ηλεκτροδίων υψηλής αγωγιμότητας. Τα ηλεκτρόδια αυτά κατανέμονται σε συγκεκριμένες θέσεις, συνήθως σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα 10-20. Το σύστημα 10-20 χρησιμοποιεί 16 με 20 ηλεκτρόδια, τα οποία κατανέμονται με τέτοιο τρόπο ώστε η απόσταση μεταξύ τους να είναι περίπου το 10 με 20% της περιμέτρου της κεφαλής. Πλέον, βέβαια, είθισται να χρησιμοποιούνται 32, 64, 128 ή 256 ηλεκτρόδια. Τα ηλεκτρόδια αυτά τοποθετούνται στις ινιακές, πλευρικές, κροταφικές και μετωπικές περιοχές της κεφαλής. [6]

Μεταξύ των ηλεκτροδίων και του δέρματος εφαρμόζεται αγωγίμο ηλεκτρολυτικό τζελ, με στόχο την αύξηση της αγωγιμότητας μεταξύ του ηλεκτροδίου και της κεφαλής. Στις συνηθισμένες ψηφιακές διατάξεις ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, οι αντιστάσεις ανάμεσα στα ηλεκτρόδια και το δέρμα της κεφαλής, μετά την εφαρμογή του αγωγίμου ηλεκτρολυτικού τζελ, πρέπει να είναι μικρότερες από 5kΩ. [8] [9]

Το ΗΕΓ μπορεί να καταγραφεί είτε μονοπολικά, χρησιμοποιώντας ως αναφορά ένα κοινό παθητικό ηλεκτρόδιο, είτε διπολικά, με διαφορική καταγραφή από ζεύγη γειτονικών ηλεκτροδίων. Στα πλαίσια της διπολικής καταγραφής, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την επιλογή των κατάλληλων ζευγών ηλεκτροδίων, σύμφωνα με συγκεκριμένες διατάξεις σχεδιασμένες να οπτικοποιούν τη διάδοση της ηλεκτρικής δραστηριότητας προς διαφορετικές κατευθύνσεις. [6]

Στις ψηφιακές διατάξεις ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα, αξιοποιείται ένα προεπιλεγμένο ηλεκτρόδιο αναφοράς από τη μηχανή κατά την καταγραφή. Προαπαιτούμενο για την σωστή καταγραφή του ΗΕΓ με αυτή τη μέθοδο είναι κάποια τουλάχιστον από τα ηλεκτρόδια να έχουν καλή επαφή με το δέρμα. Αν όλα τα ηλεκτρόδια έχουν κακή επαφή, τότε τα δεδομένα της καταγραφής μπορούν να αλλοιωθούν σημαντικά. [9]

Αμέσως μετά τα ηλεκτρόδια, σε μια διάταξη ψηφιακής ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, βρίσκεται ένα στάδιο ενίσχυσης που υλοποιείται με τη χρήση ενός προενισχυτή και ενός διαφορικού ενισχυτή. Ο προενισχυτής έχει μια πολύ υψηλή εμπέδηση, της τάξης των MΩ ή TΩ, έτσι ώστε να εμποδίζει τη διέλευση σημαντικού ρεύματος, το οποίο θα μπορούσε να παραμορφώσει τις μετρούμενες τάσεις. Κι αυτό γιατί οι μετρούμενες τάσεις του ΗΕΓ έχουν τιμές πλάτους που κυμαίνονται στις μερικές δεκάδες μV και άρα είναι εύκολα παραμορφώσιμες. Η αναλογική τάση που μετράει κάθε ηλεκτρόδιο καταγράφεται, έτσι, αξιόπιστα από τον προενισχυτή και οδηγείται στον διαφορικό ενισχυτή, όπου υφίσταται μια πολλαπλασιαστική ενίσχυση κατά ένα παράγοντα 2.000, 20.000 ή ακόμη και 1.000.000 βαθμίδων. [9]

Στη συνέχεια, η καταγραφόμενη τάση οδηγείται σε ένα στάδιο φιλτραρίσματος. Εκεί, το σήμα υφίσταται ζωνοπερατό φιλτράρισμα, με πιο συνηθισμένη τη ζώνη συχνοτήτων από 0,1 ως 70 ή 100 Hz. Έπειτα, υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθούν και επιπλέον φίλτρα πριν το στάδιο της μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακό, για παράδειγμα

για την αποκοπή της βιομηχανικής συχνότητας των 50 Hz στην Ευρώπη, σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών και την καταγραφική διάταξη που χρησιμοποιείται. [9]

Τέλος, το φιλτραρισμένο σήμα φτάνει στον μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Εκεί, το αναλογικό σήμα υφίσταται δειγματοληψία με συχνότητες δειγματοληψίας που κυμαίνονται από 100 Hz μέχρι και μερικά kHz. Συνηθέστερα χρησιμοποιείται μια συχνότητα δειγματοληψίας κοντά στα 500 Hz, ώστε να είναι εφικτό να μελετηθούν και οι ηλεκτρικές ταλαντώσεις υψηλών συχνοτήτων ή οι γρήγορες μεταβάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων, χωρίς να υπάρχει το μειονέκτημα της δημιουργίας υπερβολικά μεγάλων αρχείων των καταγραφών κατά την αποθήκευσή τους στον Η/Υ. [6] [9]

Μετά από τα παραπάνω στάδια, το καταγεγραμμένο ΗΕΓ οδηγείται στον Η/Υ, όπου και απεικονίζεται, αλλά και αποθηκεύεται για τη μετέπειτα διαχείριση και ανάλυσή του. [9]

### 1.2.1 Ρυθμοί ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος

Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά τού ΗΕΓ είναι ορισμένα ημιπεριοδικά (quasiperiodical) κύματα που το απαρτίζουν, οι *εγκεφαλικοί ρυθμοί* (brain rhythms), τα οποία οφείλονται στις εγκεφαλικές ταλαντώσεις (brain oscillations). Αυτές οι εγκεφαλικές ταλαντώσεις σχετίζονται με τη ρυθμική πυροδότηση των νευρώνων, η οποία υποδεικνύει οργανωμένη εγκεφαλική δραστηριότητα. [10] [11]

Εξ αρχής, λοιπόν, το ΗΕΓ χαρακτηρίστηκε από την ταλαντωτική του φύση. Χάρη στις πάμπολλες έρευνες που έχουν γίνει γύρω από αυτό, έχει παρατηρηθεί μια πληθώρα ταλαντώσεων, από υπερβολικά αργές, με συχνότητα ταλάντωσης μικρότερη του 0,1 Hz, έως υπερβολικά γρήγορες, με συχνότητα ταλάντωσης της τάξης των 1.000 Hz, στις περισσότερες εκ των οποίων έχει αποδοθεί κάποιο ελληνικό γράμμα, από το άλφα ως το ωμέγα, ως χαρακτηριστικό όνομα. [10]

Από την πληθώρα αυτών των ταλαντώσεων, πέντε είναι οι βασικότερες: ο ρυθμός δέλτα, ο ρυθμός θήτα, ο ρυθμός άλφα, ο ρυθμός βήτα και ο ρυθμός γάμμα. [12]

Ο ρυθμός δέλτα είναι ένας αργός ρυθμός με χαμηλές συχνότητες που κυμαίνονται στη ζώνη 0-4 Hz και μεγάλο πλάτος που κυμαίνεται στην περιοχή των 100-200  $\mu$ V. Ο ρυθμός δέλτα σχετίζεται με την αναισθησία, αλλά και με τα στάδια III και IV τού βαθέως ύπνου σε υγιείς ενήλικες. Έρευνες έχουν δείξει πως οι νευρώνες των οποίων η συντονισμένη δραστηριότητα οδηγεί στην εμφάνιση αυτών των κυμάτων μπορούν, για την ώρα, να εντοπιστούν σε δυο ανατομικές περιοχές τού εγκεφάλου: στον θάλαμο και στον εγκεφαλικό φλοιό. [10] [11] [12]

Ως ρυθμός θήτα συνήθως ορίζεται εκείνος που αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται στη ζώνη 4-8 Hz. Το πλάτος του κυμαίνεται στην περιοχή των 50-100  $\mu$ V. Ρυθμική δραστηριότητα ζώνης θήτα διακρίνεται εύκολα σε περιοχές τού μεταιχμιακού συστήματος του ανθρώπινου εγκεφάλου, όπως, λόγου χάρη, στον ιππόκαμπο. Έρευνες έχουν δείξει πως ο ρυθμός θήτα, τόσο στο μεταιχμιακό σύστημα, όσο και στον φλοιό, εμφανίζεται έντονα σε γνωσιακές δραστηριότητες που σχετίζονται με την προσήλωση (attention), τη σιωπηρή νοητική δραστηριότητα, την αισθητικοκινητική ενοποίηση (sensorimotor integration), την πλοήγηση στον χώρο, αλλά και τη μνήμη. Ο ρυθμός θήτα σχετίζεται, τέλος, με την υπνηλία και το στάδιο I του ύπνου σε υγιείς ενήλικες. Σχετικά με τις ανατομικές πηγές προέλευσης τού ρυθμού θήτα, η έρευνα έχει δείξει πως, για την ώρα, εμπλέκονται στρώματα τού ιπποκάμπου και του ενδορινικού φλοιού. [10] [11] [12]

Ο εμφανέστερος, όμως, από τους ρυθμούς αυτούς στο ΗΕΓ είναι αδιαμφισβήτητα ο ρυθμός άλφα. Οι συχνότητες που τον αποτελούν βρίσκονται στη ζώνη 8-13 Hz' συνήθως κυμαίνονται στα 10 Hz. Το πλάτος τού ρυθμού άλφα βρίσκεται συνήθως στην περιοχή των 10-50  $\mu$ V. Σύμφωνα με τους ερευνητές, ο ρυθμός άλφα εμφανίζεται έντονα στον οπτικό

φλοιό, στον αισθητικοκινητικό φλοιό γύρω από την κεντρική αύλακα, αλλά και στον ακουστικό φλοιό ενός ενήλικα σε εγρήγορση. Μάλιστα, στην περιοχή του ινιακού λοβού, ο ρυθμός άλφα εμφανίζεται όταν υπάρχει μειωμένη οπτική προσήλωση στον σωματοκινητικό φλοιό, όταν υπάρχει μυϊκή χαλάρωση. Η συμπεριφορά αυτή οδήγησε τους ερευνητές να υποθέσουν πως ο ρυθμός άλφα ίσως υποδεικνύει την κατάσταση αναμονής (idling state) του εγκεφάλου. Έχει παρατηρηθεί, επίσης, ταυτόχρονη ενίσχυση και εξασθένιση του ρυθμού αυτού σε διαφορετικά σημεία καταγραφής, κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την προσοχή και τον οπτικό προσανατολισμό στον χώρο. Εντούτοις, το γεγονός ότι ο ρυθμός άλφα εμφανίζεται μόνο σε κατάσταση εγρήγορσης και όχι σε αναισθησία, έχει παρεμποδίσει σε μεγάλο βαθμό την έρευνα σχετικά με την ανατομική πηγή προέλευσής του στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Από έρευνες σε άλλα θηλαστικά, όμως, έχουν επιβεβαιωθεί πηγές παραγωγής ρυθμού άλφα στον εγκεφαλικό φλοιό και σε ορισμένες περιοχές του θαλάμου. [10] [11] [12]

Ταχύτερος από τους προηγούμενους ρυθμούς είναι ο *ρυθμός βήτα*, με συχνότητες που ανήκουν στη ζώνη 15-30 Hz. Το πλάτος αυτού του ρυθμού είναι χαμηλό· συνήθως κυμαίνεται γύρω από την τιμή των 30  $\mu$ V. Η εμφάνισή του έχει συσχετιστεί με μια κατάσταση διέγερσης -κυρίως με ανοιχτά μάτια-, για παράδειγμα κατά την αφύπνιση, με έντονες νοητικές και αισθητικοκινητικές δραστηριότητες που απαιτούν διαρκή προσήλωση, αλλά, παραδόξως, και με τον ύπνο REM. Οι έρευνες γύρω από τον ρυθμό βήτα οδήγησαν στην υπόθεση πως η εμφάνισή του στον εγκεφαλικό φλοιό ίσως συντονίζει απομακρυσμένα νευρωνικά δίκτυα, προετοιμάζοντάς τα για συνεργασία στην επεξεργασία κάποιας πληροφορίας. Οι ανατομικές πηγές προέλευσης αυτού του ρυθμού εντοπίζονται στις πολύπλοκες, δικτυακές συναπτικές συσχετίσεις των νευρώνων σε διάφορα στρώματα και περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού. [10] [11] [12]

Τις υψηλότερες συχνότητες ταλάντωσης από τους πέντε ρυθμούς παρουσιάζει ο *ρυθμός γάμμα*: εντοπίζονται στη ζώνη 30-70 Hz· συνηθέστερα γύρω από την τιμή των 40Hz. Ο ρυθμός γάμμα παρουσιάζει το μικρότερο πλάτος τάσης από τους πέντε ρυθμούς και, όπως και ο ρυθμός βήτα, είναι εφικτό να εμφανιστεί και στον ύπνο REM, αλλά και σε αναισθησία. Η εμφάνισή του, μαζί με τον -επίσης ταχύ- ρυθμό βήτα, φαίνεται πως σχετίζεται με πολύ υψηλά επίπεδα διέγερσης, προσήλωσης και αντίληψης, αλλά και με τον συγκερασμό πληροφοριών από διαφορετικά σημεία του φλοιού, με στόχο την ενοποίησή τους και την προετοιμασία για απόκριση. Έντονη δραστηριότητα ρυθμού γάμμα έχει, μάλιστα, καταγραφεί στον οπτικό φλοιό και το οσφρητικό σύστημα θηλαστικών, αλλά και στον κινητικό φλοιό ανθρώπων, αμέσως πριν την εκτέλεση κίνησης των δαχτύλων. Η γρήγορη ταλαντωτική φύση αυτού του ρυθμού εικάζεται πως οδηγεί σε συγχρονισμό των νευρωνικών δικτύων, καθιστώντας ικανή την ταχεία δρομολόγηση και επεξεργασία τής πληροφορίας στον εγκέφαλο. Ανατομικά, ο ρυθμός γάμμα, όπως και ο βήτα, πηγάζει από τις πολύπλοκες συναπτικές σχέσεις των νευρώνων του εγκεφαλικού φλοιού· έρευνες έχουν δείξει πως ο ρυθμός γάμμα πηγάζει από τα ανώτερα στρώματα του φλοιού, ενώ ο βήτα από τα βαθύτερα. [10] [11]

### 1.3 Προσεγγίσεις τής εγκεφαλικής δραστηριότητας

Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία, ως γενική μέθοδος για την εξερεύνηση των λειτουργιών τού ανθρώπινου εγκεφάλου, συμπεριλαμβάνει τη μελέτη τής αυθόρμητης, ενδογενούς, εγκεφαλικής δραστηριότητας (endogenous, spontaneous, resting-state activity), αλλά και εκείνης που προκύπτει ως απόκριση τού εγκεφάλου σε κάποιο ερέθισμα. [10]

Την τελευταία δεκαετία, ο ερευνητικός τομέας που ασχολείται με τον εντοπισμό, την ποσοτικοποίηση και τη φυσιολογική ανάλυση της απόκρισης του εγκεφάλου σε ερεθίσματα, όπως αυτή καταγράφεται στο ΗΕΓ, γνώρισε μεγάλη άνθιση. Οι αποκρίσεις αυτές εμφανίζονται στο καταγραφόμενο ΗΕΓ με τη μορφή ανιχνεύσιμων μεταβολών και ονομάζονται *δυναμικά σχετιζόμενα με γεγονότα* (event related potentials, ERPs). Στα γεγονότα που οδηγούν σε ERPs συμπεριλαμβάνονται τα οπτικά, τα ακουστικά και τα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα. [13]

Εξίσου σημαντική, όμως, είναι και η μελέτη τού *αυθόρμητου ΗΕΓ* ή *ΗΕΓ ηρεμίας*. Καθώς ο ζωντανός εγκέφαλος δεν μπορεί ποτέ να παραμείνει πραγματικά σε ηρεμία, αφού κάτι τέτοιο θα απαγόρευε την ενεργή και αποκριτική λειτουργία του, με τον όρο *κατάσταση ηρεμίας* (resting state) υπονοείται η κατάσταση αυθόρμητης εγκεφαλικής δραστηριότητας που δεν προκαλείται ούτε σκόπιμα από κάποιο εξωτερικό ερέθισμα, αλλά ούτε και εκ των έσω με τη θέληση του εξεταζόμενου. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση τής κατάστασης ηρεμίας είναι ο εξεταζόμενος να μην εμπλέκεται σε κάποια νοητική ή πρακτική δραστηριότητα κατά την καταγραφή. [10] [14]

Στη μελέτη τού ΗΕΓ ηρεμίας χρησιμοποιείται κυρίως η ανάλυση των εγκεφαλικών ρυθμών που αναφέρθηκαν ανωτέρω, καθώς αυτοί αποτελούν το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του σε αυτήν την κατάσταση. Η έρευνα έχει δείξει πως στην κατάσταση ηρεμίας ομάδες περιοχών του εγκεφάλου, *εγκεφαλικά δίκτυα*, εναλλάσσουν την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της λειτουργίας τους, προσφέροντας στους ερευνητές νέες οπτικές στη συμπεριφορά του ανθρώπινου εγκεφάλου, συμπληρωματικές προς τη μελέτη των ERPs. Αξίζει, μάλιστα, να σημειωθεί πως η αυθόρμητη εγκεφαλική δραστηριότητα τής κατάστασης ηρεμίας είναι η πιο ενεργειακά απαιτητική συνιστώσα τής γενικότερης εγκεφαλικής δραστηριότητας -καταναλώνει το 80% της ενέργειας τού εγκεφάλου σε σχέση με το 5% που καταναλώνει η κατάσταση απόκρισης σε κάποιο ερέθισμα-, αφού υποστηρίζει όλες τις διαδικασίες διαβίβασης πληροφοριών των νευρώνων, υποβοηθώντας έτσι την ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από εσωτερικά ή εξωτερικά φαινόμενα. [10] [15] [16]

Επόμενο ήταν, λοιπόν, η μελέτη των ρυθμών τού ΗΕΓ ηρεμίας να βρει, πρωτίστως, ευρεία κλινική εφαρμογή. Νευρολογικές και ψυχολογικές παθήσεις, όπως η νόσος τού Alzheimer, η επιληψία, η Διαταραχή Έλλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (ADHD), οι Διαταραχές Αυτιστικού Φάσματος, η διπολική διαταραχή και η σχιζοφρένεια, έχουν συσχετιστεί με μεταβολές στη λειτουργία των προαναφερθέντων εγκεφαλικών δικτύων στην κατάσταση ηρεμίας, αλλά και στη μεταβολή τής συνεκτικότητας (coherence) των ρυθμών τού καταγραφόμενου ΗΕΓ. [10] [15] [16] [19]

Εκτός από τις κλινικές εφαρμογές, η μελέτη των ρυθμών τού ΗΕΓ ηρεμίας έχει ήδη βρει και ορισμένες εξαιρετικά ενδιαφέρουσες συμπεριφορικές και γνωσιακές εφαρμογές. Η έρευνα έχει αποδείξει πως αυτή η ενδογενής εγκεφαλική δραστηριότητα όχι μόνο συντηρεί τις αυθόρμητες γνωσιακές δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα την ονειροπόληση και τις αυτοβιογραφικές αφηγήσεις, αλλά εξασκεί την επίδρασή της ακόμη και σε ενεργητικές γνωσιακές δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα τη διαμόρφωση της αντίληψης σύμφωνα με προϋπάρχουσες πεποιθήσεις. Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε πως, ως προς το συμπεριφορικό κομμάτι των εφαρμογών της, η μελέτη των ρυθμών τού ΗΕΓ έχει



αξιοποιηθεί σε έρευνα επί των διαφορετικών επιπέδων επιθετικότητας των εξεταζόμενων ατόμων. [20] [21]

### 1.3.1 Διαφορές στην καταγραφή τού ΗΕΓ ηρεμίας με ανοιχτά και κλειστά μάτια

Χάρη στις έρευνες που διεξήχθησαν την τελευταία δεκαετία σχετικά με το ΗΕΓ ηρεμίας, είναι πλέον κατανοητό πως στην κατάσταση ηρεμίας (resting state) τού εγκεφάλου -δηλαδή σε εγρήγορση, δίχως, όμως, την εκτέλεση κάποιας δραστηριότητας από τον εξεταζόμενο- εμφανίζεται ένα συγκεκριμένο μοτίβο ρυθμικής δραστηριότητας. Γνωστό είναι, ακόμη, πως ειδικότερες καταστάσεις ηρεμίας παρουσιάζουν διαφορές στα μοτίβα τής δραστηριότητάς τους. Τέτοιου τύπου ειδικότερες καταστάσεις ηρεμίας είναι η κατάσταση ηρεμίας με ανοιχτά μάτια (resting state – eyes open, REO) και η κατάσταση ηρεμίας με κλειστά μάτια (resting state –eyes closed, REC). [22]

Από τις πρώτες ακόμη καταγραφές ΗΕΓ έγινε γνωστό πως η μετάβαση από την κατάσταση REC στην κατάσταση REO σχετίζεται με εμφανείς αλλαγές στο καταγραφόμενο ΗΕΓ. Αυτές οι αλλαγές στα επίπεδα της παρατηρούμενης ηλεκτρικής δραστηριότητας θεωρούνται πως αντικατοπτρίζουν μια αναδιοργάνωση της εγκεφαλικής δραστηριότητας ως απόκριση στα οπτικά ερεθίσματα, χωρίς, βέβαια, αυτές να περιορίζονται στις περιοχές τού οπτικού φλοιού. Μάλιστα, η κατάσταση REO θεωρείται πλέον πως προσανατολίζεται κυρίως στην εξωτερική αντίληψη, ενώ η κατάσταση REC στην εσωτερική αντίληψη. [22]

Οι προαναφερθείσες αλλαγές ανιχνεύονται στο ΗΕΓ ως μεταβολές τής συνεκτικότητάς (coherence) του και της ισχύος των ρυθμών του. Οι μεταβολές αυτές έχουν παρατηρηθεί σε ολόκληρη την επιφάνεια τού εγκεφαλικού φλοιού, αλλά και σε όλους τους εγκεφαλικούς ρυθμούς που αναφέρθηκαν ανωτέρω. [22] [23] [24]

Αν και ο ρυθμός που φαίνεται να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη και πιο εξόφθαλμη διαφορά στην ισχύ του στις δυο καταστάσεις είναι ο άλφα, εντούτοις η έρευνα έδειξε ότι αντίστοιχες διαφορές από άποψη ισχύος, αλλά κυρίως τοπογραφικά, παρουσιάζουν και οι ρυθμοί θήτα, δέλτα, βήτα και γάμμα. Πιο συγκεκριμένα, κατά μέσο όρο, η μετάβαση από την κατάσταση REC στην κατάσταση REO, σε συνθήκες κανονικού φωτισμού, οδηγεί σε μια μείωση τής ισχύος σε όλους τους ρυθμούς -δέλτα, θήτα, άλφα, βήτα, γάμμα-, με σημαντικότερη διαφορά αυτή που παρουσιάζει ο ρυθμός άλφα, με τον δέλτα να έρχεται στη δεύτερη θέση. Η μείωση αυτή δεν είναι καθολική, αλλά προκύπτει από τοπικές αυξομειώσεις τής ισχύος αυτών των ρυθμών σε διαφορετικές περιοχές τού εγκεφαλικού φλοιού. Στην περίπτωση του ρυθμού δέλτα, το άνοιγμα των ματιών προκαλεί τη μεγαλύτερη μείωση αυτού του ρυθμού στις μετωπιαίες (frontal) και πλευρικές (lateral) περιοχές. Μεγαλύτερη πτώση ισχύος τού ρυθμού θήτα παρατηρείται στις οπίσθιες (posterior) περιοχές τού εγκεφάλου. Ο ρυθμός βήτα εμφανίζει κυρίαρχη μείωση ισχύος στις οπίσθιες περιοχές και στο δεξιό ημισφαίριο, ενώ παρατηρείται και μια τοπική αύξηση της ισχύος του στις μετωπιαίες περιοχές. Ο ρυθμός γάμμα, αν και παρουσιάζει τοπική αύξηση ισχύος στις μετωπιαίες περιοχές, εμφανίζει μείωση της ισχύος του στις οπίσθιες περιοχές. Αντίθετα με τους προηγούμενους ρυθμούς, ο ρυθμός άλφα δεν εμφανίζει τοπικές διαφοροποιήσεις, αλλά καθολικές και σημαντικές μειώσεις, της τάξης του 40%, σε όλη την επιφάνεια τού φλοιού. [23] [24] [25]

Ως προς τη συνεκτικότητα του ΗΕΓ, στην κατάσταση REO η τιμή της είναι χαμηλότερη σε σχέση με την κατάσταση REC σε όλες τις περιοχές που παρατηρείται και η σημαντική μείωση ισχύος που αναφέραμε ανωτέρω. [25] [26]

Παρόμοιες μειώσεις της συνεκτικότητας των ρυθμών  $\alpha_1$  (7-10 Hz),  $\alpha_2$  (10-13 Hz) και  $\beta_1$  (13-18 Hz) και της ισχύος των ρυθμών  $\gamma$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  και  $\beta_2$  (18-30 Hz) φαίνεται πως εμφανίζονται στην κατάσταση REO, σε σχέση με την κατάσταση REC, και σε συνθήκες συσκότισης. Οι κύριες διαφορές που παρατηρούνται, όμως, σε σχέση με τις μειώσεις αυτών των μεγεθών σε κατάσταση κανονικού φωτισμού είναι η αύξηση της ισχύος των ρυθμών  $\beta_2$  και  $\gamma$  σε κατάσταση REO σε σχέση με τη REC, η οποία δεν εμφανίζεται σε συνθήκες κανονικού φωτισμού, αλλά και η απουσία σημαντικών μεταβολών στον ρυθμό  $\theta$ , σε σχέση με τις συνθήκες κανονικού φωτισμού. Ως προς τη συνεκτικότητα, οι ρυθμοί  $\theta$  και  $\alpha_2$  δεν παρουσιάζουν κάποια σημαντική μεταβολή, αντίθετα με την περίπτωση των συνθηκών κανονικού φωτισμού. [22]

Οι σημαντικές τοπογραφικές, αλλά και συνολικές, διαφορές της κατάστασης REO σε σχέση με την κατάσταση REC, σε συνθήκες κανονικού φωτισμού και συσκότισης, υποδεικνύουν πως το οπτικό ερέθισμα που δέχεται εκ των πραγμάτων ο εξεταζόμενος στην κατάσταση REO δεν διεγείρει απλώς ολόκληρο τον εγκεφαλικό φλοιό, αλλά ενεργοποιεί επίσης συγκεκριμένες εγκεφαλικές δομές που σχετίζονται με την οπτική επεξεργασία. Ισχυροποιείται, έτσι, η υπόθεση πως η κατάσταση REC είναι, κυρίως, προσανατολισμένη στην επεξεργασία εσωτερικών πληροφοριών, ενώ η κατάσταση REO στην επεξεργασία εξωτερικών πληροφοριών. [24] [25]

### 1.3.2 Παρεμβολές κατά την καταγραφή τού ΗΕΓ ηρεμίας

Η καταγραφή τής ηλεκτρικής δραστηριότητας τού εγκεφάλου είναι επιρρεπής σε εξωεγκεφαλικές παρεμβολές, τεχνήματα (artifacts), τα οποία εμφανίζονται εκ των πραγμάτων και επηρεάζουν κάθε ΗΕΓ. Τα τεχνήματα αυτά προέρχονται από διάφορες πηγές και επηρεάζουν με πολλούς τρόπους το ηλεκτρικό σήμα που παράγει ο εγκεφαλικός φλοιός, καθιστώντας, ορισμένες φορές, αδύνατη την ερμηνεία του χωρίς την κατάλληλη ανάλυση. [27]

Υπάρχουν δύο τύποι πηγών αυτών των παρεμβολών: οι φυσιολογικές, οι οποίες βασίζονται στις βιολογικές –και βιοηλεκτρικές– ιδιότητες τού εξεταζόμενου, και οι μη φυσιολογικές πηγές, οι οποίες δεν σχετίζονται με κάποια βιολογική λειτουργία τού εξεταζόμενου. [27]

Οι σημαντικότερες φυσιολογικές πηγές παρεμβολών είναι: το ηλεκτρικό σήμα από τις κινήσεις των ματιών, το ηλεκτρικό σήμα από τη σύσφιξη των μυών τού προσώπου και της κεφαλής, το ηλεκτρικό σήμα από τη δραστηριότητα της καρδιάς, οι κινήσεις τής γλώσσας, η αναπνοή και η εφίδρωση. Τέλος, οι κινήσεις τού εξεταζόμενου, και ιδιαίτερα οι ρυθμικές, μπορούν να αλλοιώσουν το καταγραφόμενο ΗΕΓ. [27]

Στις μη φυσιολογικές πηγές παρεμβολών εντάσσονται οι κινήσεις και η απώλεια επαφής των ηλεκτροδίων με το δέρμα τής κεφαλής, οι δυσλειτουργίες στον υλικό εξοπλισμό οποιουδήποτε σταδίου τής καταγραφής, η ηλεκτρική παρεμβολή τού εναλλασσόμενου ρεύματος βιομηχανικής συχνότητας, οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις που μπορούν να επάγουν ρεύματα στα καλώδια των ηλεκτροδίων καταγραφής, οι εγκεφαλικοί ή καρδιακοί βηματοδότες και, σπανιότερα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλής συχνότητας ή υψηλής τάσης, όπως για παράδειγμα αυτά που παράγονται από κινητά τηλέφωνα, τηλεοράσεις, οθόνες Η/Υ και από οποιονδήποτε εξοπλισμό χρησιμοποιεί κινητήρα. [27]

Εντούτοις, η επίδραση αυτών των παρεμβολών μπορεί να μειωθεί ή και να εξαλειφθεί κατά τα στάδια επεξεργασίας και ανάλυσης του ΗΕΓ. [27]

## 1.4 Βιβλιογραφία

- [1] C. M. Michel and M. M. Murray, "Towards the utilization of EEG as a brain imaging tool," *NeuroImage*, vol. 61, pp. 371-385, 2012.
- [2] A. S. Blum and S. B. Rutkove, "Basic Neurophysiology and the Cortical Basis of EEG," in *The Clinical Neurophysiology Primer*, 2007, pp. 19-33.
- [3] C. M. Michel, M. M. Murray, G. Lantz, S. Gonzalez, L. Spinelli and R. Grave de Peralta, "EEG source imaging," *Clinical Neurophysiology*, vol. 115, pp. 2195-2222, 2004.
- [4] D. W. Pfaff, Ed., "Part 1: Biophysics," in *Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical*, 2013, pp. 3-133.
- [5] D. W. Pfaff, Ed., "Part 3: Cell Biology of Neurons and Glia," in *Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical*, 2013, pp. 221-554.
- [6] W. J. Freeman and R. Q. Quiroga, "Chapter 1: Electroencephalography," in *Imaging Brain Function With EEG: Advanced Temporal and Spatial Analysis of Electroencephalographic Signals*, 2013, pp. 1-19.
- [7] D. L. Schomer and F. H. L. da Silva, Eds., "Chapter 5: Biophysical Aspects of EEG and Magnetoencephalogram Generation," in *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, 6th ed., 2011, pp. 91-110.
- [8] D. L. Schomer and F. H. L. da Silva, Eds., "Chapter 6: Analog Signal Recording Principles," in *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, 6th ed., 2011, pp. 111-118.
- [9] D. L. Schomer and F. H. L. da Silva, Eds., "Chapter 7: Digital EEG," in *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, 6th ed., 2011, pp. 119-141.
- [10] C. Mulert and L. Lemieux, Eds., "Brain Rhythms," in *EEG - fMRI: Physiological Basis, Technique, and Applications*, 2010, pp. 263-277.
- [11] D. L. Schomer and F. H. L. da Silva, Eds., "Chapter 3: Cellular Substrates of Brain Rhythms," in *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, 6th ed., 2011, pp. 33-63.
- [12] G. J. Augustine, D. Fitzpatrick, W. C. Hall, A.-S. LaMantia, J. O. McNamara and S. M. Williams, Eds., "Chapter 27: Sleep and Wakefulness," in *Neuroscience: Third Edition*, 2004, pp. 659-687.
- [13] D. L. Schomer and F. H. L. da Silva, Eds., "Chapter 44: Event-Related Potentials: General Aspects of Methodology and Quantification," in *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, 6th ed., 2011, pp. 923-934.



- [14] H. Laufs, K. Krakow, P. Sterzer, E. Eger, A. Beyerle, A. Salek-Haddadi and A. Kleinschmidt, "Electroencephalographic signatures of attentional and cognitive default modes in spontaneous brain activity fluctuations at rest," *PNAS*, vol. 100, p. 11053–11058, 2003.
- [15] M. E. Raichle, "Two views of brain function," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 14, p. 180–190, 2010.
- [16] M. E. Raichle and M. A. Mintun, "Brain work and brain imaging," *Annual Review of Neuroscience*, vol. 29, pp. 449-476, 2006.
- [17] S. Woltering, J. Jung, Z. Liu and R. Tannock, "Resting state EEG oscillatory power differences in ADHD college students and their peers," *Behavioral and Brain Functions*, vol. 8:60, 2012.
- [18] J. Wang, J. Barstein, L. E. Ethridge, M. W. Mosconi, Y. Takarae and J. A. Sweeney, "Resting state EEG abnormalities in autism spectrum disorders," *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, vol. 5:24, 2013.
- [19] J. W. Kam, A. R. Bolbecker, B. F. O'Donnell, W. P. Hetrick and C. A. Brenner, "Resting state EEG power and coherence abnormalities in bipolar disorder and schizophrenia," *Journal of Psychiatric Research*, vol. 47, p. 1893–1901, 2013.
- [20] S. Mehrkanoon, M. Breakspear and T. W. Boonstra, "Low-Dimensional Dynamics of Resting-State Cortical Activity," *Brain Topography*, vol. 27, pp. 338-352, 2014.
- [21] I. N. Konareva, "Peculiarities of the Coherence of Resting-State EEG Activity in Subjects with Different Levels of Aggressiveness," *Neurophysiology*, vol. 44, pp. 144-152, 2012.
- [22] Y. A. Boytsova and S. G. Danko, "EEG differences between resting states with eyes open and closed in darkness," *Human Physiology*, vol. 36, pp. 367-369, 2010.
- [23] T. Gao, D. Wu and D. Yao, Eds., "EEG Scaling Difference Between Eyes-Closed and Eyes-Open Conditions by Detrended Fluctuation Analysis," in *Advances in Cognitive Neurodynamics ICCN 2007: Proceedings of the International Conference on Cognitive Neurodynamics. ICCN 2007 Proceedings*, 2008, pp. 501-504.
- [24] R. J. Barry, A. R. Clarke, S. J. Johnstone, C. A. Magee and J. A. Rushby, "EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions," *Clinical Neurophysiology*, vol. 118, p. 2765–2773, 2007.
- [25] S. G. Danko, "The reflection of different aspects of brain activation in the electroencephalogram: Quantitative electroencephalography of the states of rest with the eyes open and closed," *Human Physiology*, vol. 32, p. 377–388, 2006.
- [26] Y. A. Boytsova and S. G. Danko, "Comparison of the quantitative characteristics of ultraslow phasic activity of the brain and the EEG in the states of quiet wakefulness with the eyes open and closed," *Human Physiology*, vol. 33, p. 247–249, 2007.
- [27] D. L. Schomer and F. H. L. da Silva, Eds., "Chapter 13: Artifacts of Recording," in *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related*

*Fields*, 2011, pp. 239-266.

# Κεφάλαιο 2: Εγκέφαλος και Τέχνη

---

## 2.1 Εγκέφαλος και Τέχνη

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν με σκοπό τον ορισμό της τέχνης: η τέχνη είναι μίμηση ή αναπαράσταση, η τέχνη είναι ένα μέσο μετάδοσης συναισθημάτων, η τέχνη είναι μια διαισθητική έκφραση, η τέχνη είναι μια «σημαντική μορφή» (significant form). Εντούτοις, αυτοί οι παραδοσιακοί ορισμοί της τέχνης έχουν κριθεί ανεπαρκείς. Μετά τη δεκαετία του 1960, οι περισσότεροι ορισμοί που ακολούθησαν αναγνωρίζουν πως ο χαρακτήρας της τέχνης περικλείει οπωσδήποτε περίπλοκες σχεσιακές ιδιότητες. Μια βολική διχοτόμηση διαιρεί αυτούς τους πρόσφατους ορισμούς σε δυο κατηγορίες: τους λειτουργικούς (functional) και τους διαδικαστικούς (procedural). [1]

Σύμφωνα με τους λειτουργικούς ορισμούς, έργο τέχνης είναι εκείνο το οποίο επιτυγχάνει τον σκοπό για τον οποίον υπάρχει η τέχνη. Ο σκοπός αυτός διαφέρει σε κάθε ορισμό, αλλά συνοπτικά η λειτουργία του είναι να παρέχει μια ευχάριστη αισθητική εμπειρία. Αντίθετα, οι διαδικαστικοί ορισμοί θεωρούν πως έργο τέχνης είναι εκείνο το οποίο παράγεται σύμφωνα με μια κατάλληλη διαδικασία ή μέθοδο, ασχέτως με το πόσο καλά υπηρετεί τον σκοπό της τέχνης. [1]

Είναι γεγονός πως η τέχνη δεν είναι μόνο δύσκολο να οριστεί, αλλά και να κατηγοριοποιηθεί. Διάφορες προτάσεις έχουν γίνει στο παρελθόν σχετικά με την κατηγοριοποίηση των διαφόρων μορφών της τέχνης, αλλά καμία δεν έχει τύχει ευρύτατης αποδοχής. Μια σύγχρονη συμβατική διάκριση των μορφών τέχνης, σύμφωνα με το μέσο που χρησιμοποιείται για την έκφρασή τους, τις κατηγοριοποιεί ως εξής: πεζογραφία, ποίηση, θέατρο, κινηματογράφος, βιντεοπαιχνίδια, κόμικς, φωτογραφία, ζωγραφική, γλυπτική, σχεδίαση, αρχιτεκτονική, μουσική και χορός. [2] [3] [4]

Οι παραπάνω μορφές τέχνης είναι δυνατόν να ομαδοποιηθούν σε τρία μεγαλύτερα σύνολα, ανάλογα με τη φύση τους: τη λογοτεχνία (literary arts), που περιλαμβάνει την πεζογραφία και την ποίηση, τις οπτικές τέχνες (visual arts), που περιλαμβάνουν τον κινηματογράφο, τα βιντεοπαιχνίδια, τα κόμικς, τη φωτογραφία, τη ζωγραφική, τη σχεδίαση και την αρχιτεκτονική, και τις ερμηνευτικές, ή παραστατικές, τέχνες (performing arts), που περιλαμβάνουν το θέατρο, τη μουσική και τον χορό. [5] [6] [7] [8] [9]

Παρ' όλη τη ρευστότητα που παρουσιάζουν η φιλοσοφία, η φαινομενολογία και η οντολογία της, όμως, η τέχνη έχει και βιολογική βάση: είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα και, ως τέτοια, εξαρτάται και ορίζεται από την αντίληψη και τις νοητικές εργασίες του εγκεφάλου. Ως παράγωγο του εγκεφάλου που συμμετέχει σε μια άνευ γλώσσας διυποκειμενική (intersubjective) επικοινωνία, λοιπόν, ένα έργο τέχνης είναι πρωτίστως η επικοινωνία μιας συναισθηματικής κατάστασης που υπόκειται στους περιορισμούς συγκεκριμένων, αλλά εξελισσόμενων, καλλιτεχνικών κανόνων. Δυο από τους σημαντικότερους τέτοιους κανόνες που συνδιαμορφώνουν συχνά τα έργα τέχνης είναι: η καινοτομία και η έκπληξη, και η ισορροπία των μερών με το όλον, κανόνες που έχουν έντονη συσχέτιση με την αυξομείωση της νευρωνικής δραστηριότητας του μεταιχμιακού συστήματος (limbic system) και του προμετωπιαίου φλοιού (prefrontal cortex). [10] [11] [13]

Οι νευροβιολογικές ρίζες της τέχνης, δηλαδή, ίσως να είναι εφικτό να εντοπιστούν, σύμφωνα με μια απλοποιημένη προσέγγιση, σε δυο ενδογενώς διασυνδεδεμένα εγκεφαλικά συστήματα: το μεταιχμιακό σύστημα (limbic system), που σχετίζεται με τα συναισθήματα,

και τον προμετωπιαίο φλοιό (prefrontal cortex), που σχετίζεται με τον συλλογισμό. Τα συναισθήματα, ευχάριστα ή δυσάρεστα, αλλά και το συλλογιστικό, συντακτικό σύστημα τού εγκεφάλου είναι το αποτέλεσμα μιας αμφίπλευρης εξελικτικής διαδικασίας τόσο γενετικής, γονιδιακής, όσο και επιγενετικής, κοινωνικής και πολιτισμικής. Τα συναισθήματα διαμεσολαβούν ανάμεσα στη λήψη των ερεθισμάτων -την επακόλουθη αποκωδικοποίησή τους ως ευχάριστα ή δυσάρεστα- και την εκμάθηση και εκτέλεση μιας δράσης ως απόκριση σε αυτά. Το αναλυτικό, συλλογιστικό, συντακτικό σύστημα τού εγκεφάλου αποσκοπεί στην επίλυση δύσκολων και πολυεπίπεδων προβλημάτων· οι κομψές, λιτές και απλές λύσεις στα προβλήματα αυτά ενθαρρύνονται και επιβραβεύονται από ευχάριστα συναισθήματα, επειδή εξοικονομούν πόρους στον εγκέφαλο και άρα πλεονεκτούν εξελικτικά. Ο συνδυασμός και η αλληλεπίδραση αυτών των δυο συστημάτων, λοιπόν, προσφέρουν μια οπτική στην ανάδυση της τέχνης και της αισθητικής από την αρχιτεκτονική και τη λειτουργία τού εγκεφάλου ως εξής: ερεθίσματα τα οποία λειτουργούν ως επιβραβεύσεις φορτίζουν τη διαδικασία επεξεργασίας τους από τον εγκέφαλο ως αισθητικά ευχάριστη και όμορφη· ερεθίσματα τα οποία λειτουργούν ως τιμωρίες τη φορτίζουν ως αισθητικά δυσάρεστη. Η διαδικασία αυτή επηρεάζεται και από τη συλλογιστική και γνωσιακή δράση τού προμετωπιαίου φλοιού, ισχυροποιώντας ή μετριάζοντας την προαναφερθείσα συναισθηματική απόκριση. [11] [12] [13] [14]

Αυτή η νευροβιολογική προσέγγιση της τέχνης και της αισθητικής, η *νευροαισθητική* (neuroaesthetics), θα παρουσιαστεί εν συνεχεία, μέσα από τις απόψεις των ιδρυτών και πρώτων θιασωτών της.

### 2.1.1 Νευροαισθητική

Η νευροαισθητική είναι ένας σύγχρονος τομέας επιστημονικής έρευνας που αφορά στη μελέτη της τέχνης από τους νευροεπιστήμονες. Οι κύριοι εκπρόσωποι, ιδρυτές και θιασώτες της είναι ο V.S. Ramachandran και ο S. Zeki, οι θεωρίες των οποίων, αν όντως ευσταθούν, θα μπορούσαν να φέρουν την αυγή μιας νέας εποχής στη μελέτη της τέχνης· έναν τομέα που, ως τώρα, αφορά κυρίως θεωρητικούς της τέχνης, ιστορικούς και φιλοσόφους. Έτσι, η μελέτη της τέχνης θα ήταν εφικτό να περάσει στη σφαίρα των θετικών επιστημών, αφού οι ιδέες της νευροαισθητικής θα υπόκεινται, πλέον, στον έλεγχο της πειραματικής διαδικασίας. [15]

Αν και ο τομέας αυτός βρίσκεται ακόμη σε πρωτόλειο στάδιο, εντούτοις αξίζει αναφοράς, καθώς αποτελεί έναν συνδυαστικό κρίκο ανάμεσα στην τέχνη και την παρατήρηση και εξακρίβωση της επίδρασής της στον ανθρώπινο εγκέφαλο.

Κατά τον Zeki, που πρώτος πρότεινε τον όρο «νευροαισθητική», η τέχνη είναι προϊόν τού εγκεφάλου, μέσω του οποίου εκφράζεται είτε η σύλληψη είτε η εκτέλεση είτε η εκτίμηση κάθε μορφής της. Ο Zeki τονίζει, βέβαια, πως απέχουμε ακόμη αρκετά από το να γνωρίζουμε τις ακριβείς νευρωνικές βάσεις των νόμων που διέπουν τη σύλληψη, την εκτέλεση και την εκτίμηση της τέχνης. Θεωρεί, όμως, πως μπορούμε να ανιχνεύσουμε τις πηγές της σε ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό τού εγκεφάλου· την ικανότητά του να δημιουργεί έννοιες. Η ικανότητα αυτή αποτελεί παράγωγο ενός άλλου έμφυτου, εγγενούς και βασικού χαρακτηριστικού τού εγκεφάλου, της αφάιρεσης (abstraction)· της διαδικασίας σύμφωνα με την οποία το ειδικό κατατάσσεται στο γενικό, έτσι ώστε η αναπαράσταση του γενικού να είναι εφαρμόσιμη σε πλήθος ειδικών, αλλά το γενικό να είναι ανεξάρτητο από κάποιο συγκεκριμένο ειδικό. Κι αυτή με τη σειρά της επιβάλλεται στον εγκέφαλο από μία εκ των κυρίαρχων λειτουργιών του, την απόκτηση γνώσης (knowledge acquisition)· την απόκτηση γνώσης για τις συνεχείς, αμετάβλητες και εγγενείς ιδιότητες ενός αντικειμένου,

χωρίς τα όρια και τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι δυναμικές και μεταβλητές του ιδιότητες. [10] [16]

Ο Zeki θεωρεί πως η τέχνη είναι η αντίδραση του καλλιτέχνη στο κενό που του δημιουργεί στη ζωή του η έλλειψη και ανυπαρξία, σε φυσική μορφή, ορισμένων ιδεωδών (ideals), περίπλοκων ή απλών. Για τον λόγο αυτό, επιλέγει να επικεντρώσει την έρευνά του στη νευροβιολογική δημιουργία και υπόσταση των ιδεωδών και των εννοιών που αποτελούν το συνολικό ενοποιημένο αποτέλεσμα της αναδυόμενης μερικής αντίληψης (perception), στην οποία οδηγείται, μετά από επεξεργασία πληροφοριών, κάθε μία από τις διάφορες εξειδικευμένες περιοχές τού εγκεφαλικού φλοιού. Εν τέλει, συμπεραίνει πως, αν θέλουμε να κατανοήσουμε τις νευροβιολογικές ρίζες τής τέχνης, πρέπει πρώτα να προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε τις νευροβιολογικές ρίζες τής γνώσης, αφού η τέχνη αποτελεί ουσιαστικά ένα προϊόν τής απόκτησης γνώσης· μια αναδημιουργία, έκφραση, αποτύπωση, έκφραση, μετάφραση και ενσάρκωση των ιδεωδών που διαμορφώνονται αφαιρετικά κατά την απόκτηση γνώσης, έτσι ώστε να γεφυρωθεί το δυσάρεστο χάσμα ανάμεσα στο ειδικό, εκείνο που εμπειρικά, αισθητηριακά, αντιλαμβάνεται και βιώνει ο εγκέφαλος, και στο γενικό, εκείνο που έχει δημιουργήσει και κατασκευάσει αφαιρετικά ως ιδέα και έννοια. Μέσω της τέχνης, δηλαδή, ο εγκέφαλος μετατρέπει σε απτή, ειδική, εμπειρία την άυλη, γενική, γνώση που έχει αποκτήσει και αφαιρέσει από πληθώρα άλλων ειδικών ερεθισμάτων, με στόχο, κυκλικά, την ικανοποίηση αυτού του γενικού ιδεώδους. [10] [16]

Κατά τον Ramachandran η τέχνη είναι ένα μέσο ενίσχυσης, υπέρβασης, ακόμη και παραμόρφωσης της πραγματικότητας. Υποστηρίζει πως οι καλλιτέχνες εφαρμόζουν συγκεκριμένους κανόνες ή αρχές –τους αποκαλεί νόμους-, συνειδητά ή ασυνείδητα, με στόχο να ερεθίσουν συγκεκριμένες περιοχές τού εγκεφάλου. Γι' αυτόν τον λόγο, επικεντρώνει την έρευνά του σχετικά με τη νευροαισθητική στην εσωτερική λογική αυτών των νόμων, στην εξελικτική επιβίωση και χρησιμότητά τους και στη νευροφυσιολογική υπόστασή τους, αφού θεωρεί πως, αν θέλουμε να κατανοήσουμε αυτήν την τόσο περίπλοκη έκφραση της ανθρώπινης φύσης που είναι η τέχνη, πρέπει να ληφθούν υπόψιν ταυτόχρονα και οι τρεις αυτές προοπτικές. [17]

Όπως και ο Zeki, ο Ramachandran υποστηρίζει πως ο καλλιτέχνης, συνειδητά ή ασυνείδητα, επιδιώκει να παγιώσει αφαιρετικά την ουσία των πραγμάτων στο έργο του, αποβάλλοντας την αχρείαστη πληροφορία της δυναμικής τους φύσης. Όχι μόνο αυτό· ο καλλιτέχνης επιδιώκει να ενισχύσει το αφαιρετικό ιδεώδες με στόχο να ερεθίσει ισχυρότερα τους ίδιους νευρωνικούς μηχανισμούς που θα ενεργοποιούνταν από την εμπειρική αίσθηση του συγκεκριμένου αντικείμενου, του ειδικού, από το οποίο αφαιρέθηκε το γενικό αντικείμενο. [17]

Αξίζει να αναφέρουμε αυτούς τους οκτώ, για την ώρα, νόμους, όπως τους ορίζει και τους εξετάζει ο Ramachandran. Ο πρώτος νόμος δηλώνει πως η υπερβολή σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κατά την αναπαράσταση οδηγεί στη βέλτιστη διέγερση των νευρικών συστημάτων που ανταποκρίνονται στο συγκεκριμένο ερέθισμα· τελικά, τα υπερβολικά χαρακτηριστικά καθίστανται, έτσι, ελκυστικά. Ο δεύτερος νόμος δηλώνει πως η απομόνωση ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού βοηθά στη συγκέντρωση της προσοχής του εγκεφάλου στην απόκριση συγκεκριμένων τμημάτων του, οδηγώντας σε μια πιο αποτελεσματική αντίληψη του χαρακτηριστικού ως ελκυστικό. Ο τρίτος νόμος δηλώνει πως η αντιληπτική ομαδοποίηση (perceptual grouping), ο διαχωρισμός, δηλαδή, ενός αντικείμενου από το περιβάλλον του, αποτελεί εγγενώς μια ευχάριστη εμπειρία· η ανακάλυψη αντικειμένων σε θορυβώδη περιβάλλοντα φαίνεται να έχει άμεσο αισθητικό αντίκτυπο στον εγκέφαλο, αφού τα τμήματα του εγκεφάλου που αποκρίνονται σε αυτόν τον διαχωρισμό στέλνουν την απόκρισή τους κατευθείαν στο μεταιχμιακό σύστημα. Ο τέταρτος νόμος δηλώνει πως, αντίστοιχα με τους προηγούμενους, και η αντίθεση ενισχύει την

αισθητική απόκριση στο ερέθισμα τού αντικειμένου. Ο πέμπτος νόμος δηλώνει πως ενισχυτική επίπτωση στην αισθητική απόκριση τού εγκεφάλου σε ένα αντικείμενο έχει και η αντιληπτική επίλυση προβλημάτων (perceptual problem-solving)· φαίνεται πως ένα έργο τέχνης με υπονοούμενο και υποφώσκον μήνυμα προκαλεί ισχυρότερη απόκριση από ένα άλλο με προφανές και εύληπτο μήνυμα. Ο έκτος νόμος δηλώνει πως ο εγκέφαλος απεχθάνεται τα μοναδικά και συγκεκριμένα πλεονεκτικά σημεία και τις ύποπτες συμπτώσεις, ενώ προτιμά περισσότερο τις πιο γενικές αναπαραστάσεις ενός αντικειμένου. Ο έβδομος νόμος δηλώνει πως η αναγνώριση υποκρυπτόμενων εννοιών και μεταφορών, αλλά και αντιστοιχιών και ομοιοτήτων μεταξύ αντικειμένων που εκ πρώτης όψεως διαφέρουν, έχει έντονη επίδραση στην ενεργοποίηση του μεταιχμιακού συστήματος. Ο όγδοος νόμος δηλώνει, τέλος, την αισθητική αξία της συμμετρίας. [17]

Εν τέλει, ο Ramachandran συμπεραίνει πως, σε μεγάλο βαθμό, η αντίληψη της τέχνης και της αισθητικής από τον εγκέφαλο βασίζεται σε αυτούς τους οκτώ νόμους, τους οποίους οι καλλιτέχνες εφαρμόζουν συνειδητά ή ασυνείδητα όταν δημιουργούν ένα έργο τέχνης. [17]

Αυτό που εύκολα συμπεραίνει κανείς μέσα από τις ανωτέρω απόψεις των δυο πρωτοπόρων της νευροαισθητικής, και αυτό που αποτελεί το εκ των ων ουκ άνευ θεμέλιο της παρούσας εργασίας, είναι πως τα έργα τέχνης είναι σχεδιασμένα να προκαλούν συγκεκριμένες ψυχολογικές αποκρίσεις στους αποδέκτες τους· και, κυρίως, πως αυτές οι ψυχολογικές αποκρίσεις προέρχονται από συγκεκριμένου τύπου εγκεφαλικές δραστηριότητες. [15]

Ακολουθώντας, θα ανασκοπήσουμε τις έως τώρα επιστημονικές μελέτες που αφορούν στην εξακρίβωση της επίδρασης της τέχνης στον ανθρώπινο εγκέφαλο με σύγχρονες νευροαπεικονιστικές μεθόδους.

## 2.2 Επίδραση της τέχνης στον εγκέφαλο

Μια μοναδική ιδιότητα της τέχνης είναι η εξερεύνηση και η επέκταση του εύρους της αντιληπτικής και συναισθηματικής ικανότητας τού εγκεφάλου. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση της πολύ αποτελεσματικής δυνατότητας του εγκεφάλου να αλλάζει προσαρμοστικά, πλαστικά, μετά από την αντίληψη και τη δράση, προσφέροντας έτσι νέες οπτικές και ερμηνείες του κόσμου. Η τέχνη, μάλιστα, φαίνεται να ενεργοποιεί νέες εγκεφαλικές καταστάσεις, οι οποίες θα ήταν αδύνατον να επιτευχθούν στα πλαίσια της καθημερινής ρουτίνας και πραγματικότητας. [18]

Η βίωση ενός έργου τέχνης συχνά περιλαμβάνει τόσο αντιληπτικές διαδικασίες, λόγου χάρι, στην περίπτωση των πλαστικών τεχνών, αναγνώριση παρυφής (edge detection), αναγνώριση αντικειμένου, διαχωρισμό αντικειμένου από το περιβάλλον, όσο και ανώτερες γνωσιακές διαδικασίες, όπως, για παράδειγμα, εκτελεστικές λειτουργίες, μνήμη, συναισθήματα. Αυτή η ενεργοποίηση των εκτελεστικών λειτουργιών, της μνήμης και της προσοχής αποτελεί τη βάση πολλών καλλιτεχνικών εμπειριών, αφού, προκειμένου ο εγκέφαλος να μπορέσει να βιώσει την τέχνη και να απορροφηθεί από αυτήν, είναι απαραίτητη η νοερή σύνθεση των διαφορετικών τμημάτων που αποτελούν ένα έργο τέχνης, αλλά και η αδιάσπαστη διατήρηση της προσοχής σε αυτό. Ενδογενείς διαδικασίες, όπως η αυτοβιογραφική μνήμη και τα συναισθήματα, μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα αντιλαμβανόμενα ερεθίσματα, προσφέροντας έτσι νόημα και ουσία στο έργο τέχνης. [19]

Ο ειδικότερος συνδυασμός των γνωσιακών λειτουργιών που εμπλέκονται στην εκτίμηση ενός έργου τέχνης εξαρτάται από τη μορφή της, το εξεταζόμενο έργο τέχνης, αλλά και τη μοναδική προσωπική εμπειρία του υποκειμένου. Συνήθως, όμως, οι οπτικές τέχνες στηρίζονται κυρίως στην αντίληψη, ενώ οι ερμηνευτικές τέχνες εμπλέκουν, επιπροσθέτως, και κινητικές λειτουργίες, αλλά και έλεγχο συμπεριφοράς, προκειμένου να εδραιώσουν νοερά την επιζητούμενη καλλιτεχνική εμπειρία. [19]

Σε νευροβιολογικό επίπεδο, κάθε νοητική εμπειρία υλοποιείται ως ενεργοποίηση συγκεκριμένων νευρωνικών δικτύων στον οπτικό και ακουστικό φλοιό, στο δίκτυο προσοχής και μνήμης, στις σχετιζόμενες με τα συναισθήματα περιοχές τού εγκεφάλου, στις μετωπιαίες περιοχές του και σε άλλες περιοχές κυρίως, όμως, ως συνδυασμός αυτών. Η κατανομή των μοτίβων της νευρωνικής δραστηριότητας εξαρτάται από τις συγκεκριμένες γνωσιακές διαδικασίες που διαμορφώνουν και κινητοποιούν την εκάστοτε νοητική εμπειρία. [19]

Είναι γνωστό πως οι επαναλαμβανόμενες νοητικές εμπειρίες τροποποιούν σταδιακά τις συναπτικές διασυνδέσεις μεταξύ των νευρώνων, οδηγώντας, έτσι, τον μηχανισμό της εγκεφαλικής πλαστικότητας (brain plasticity) και, συνεπώς, μεταβάλλοντας, με μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα, τις γνωσιακές λειτουργίες του εγκεφάλου σε βάθος χρόνου. Όμοιο μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα στην τροποποίηση των γνωσιακών λειτουργιών του εγκεφάλου μπορεί να έχουν, όμως, και κάποιες μοναδικές (one-shot) εμπειρίες, όπως έχει παρατηρηθεί, για παράδειγμα, στην περίπτωση της επεισοδιακής μνήμης. Και οι δυο αυτοί μηχανισμοί αποτελούν ουσιαστικά μηχανισμούς μάθησης, μέσω των οποίων οι γνωσιακές λειτουργίες προσαρμόζονται και βελτιστοποιούνται σε βάθος χρόνου. [19]

Η βίωση της τέχνης, ως τέτοια νοητική εμπειρία, έχει, λοιπόν, τη δυνατότητα να προκαλέσει μακροπρόθεσμες μεταμορφωτικές αλλαγές στις γνωσιακές λειτουργίες τού εγκεφάλου. Επί παραδείγματι, η έκθεση σε πλαστικές τέχνες ή στη μουσική είναι εφικτό να επηρεάσει την αντίληψη και την καλαισθησία η παρακολούθηση ταινιών στον κινηματογράφο ή στην τηλεόραση μπορεί να επηρεάσει τα κοινωνικά και συμπεριφορικά μοτίβα τού εγκεφάλου. Αν και πληθώρα ερευνών έχει μελετήσει την ενεργοποίηση τού εγκεφάλου κατά τη διάρκεια βίωσης διαφόρων μορφών τέχνης, εντούτοις περιορισμένος

αριθμός ερευνών έχει ασχοληθεί με τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της έκθεσης του εγκεφάλου σε κάποια μορφή τέχνης. [19]

Αναφορικά με την ενεργοποίηση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια βίωσης διαφόρων ευχάριστων μορφών τέχνης, οι έρευνες έχουν δείξει πως, στην περίπτωση που το ερέθισμα ήταν ένα έργο ζωγραφικής ή μια φωτογραφία, υπήρξε μια ενίσχυση της επεξεργασίας στα κατώτερα και ανώτερα κέντρα επεξεργασίας τού οπτικού φλοιού· στην περίπτωση που το ερέθισμα ήταν χορευτικές κινήσεις ή στάσεις, υπήρξε ενίσχυση της επεξεργασίας στα κατώτερα και ανώτερα κέντρα επεξεργασίας τού σωματοαισθητηριακού φλοιού (somatosensory cortex)· στην περίπτωση που το ερέθισμα ήταν ένα απόσπασμα μουσικού έργου, υπήρξε ενίσχυση της επεξεργασίας στα κατώτερα και ανώτερα κέντρα επεξεργασίας τού ακουστικού φλοιού. Συχνό εύρημα είναι, επίσης, η ενεργοποίηση περιοχών τού φλοιού που σχετίζονται με την επεξεργασία δεδομένων από πάνω προς τα κάτω (top-down), αλλά και με την αξιολογική κρίση. Επίσης, αρκετές μελέτες αναφέρουν την ενεργοποίηση περιοχών στον φλοιό ή υπό τού φλοιού που θεωρούνται τμήματα του εγκεφαλικού κυκλώματος επιβράβευσης· περιοχές που σχετίζονται με διάφορες όψεις της επεξεργασίας των συναισθημάτων. Συγκεκριμένα, ο κογχομετωπιαίος φλοιός (orbitofrontal cortex), ο οποίος φαίνεται να σχετίζεται με την αναπαράσταση της αξίας της επιβράβευσης, έχει συσχετιστεί με ευχάριστες εμπειρίες μουσικής, αρχιτεκτονικής και ζωγραφικής. Πληθώρα ερευνών έχει δείξει πως στην αισθητική βίωση της τέχνης συμμετέχουν και τα ακόλουθα τμήματα του κυκλώματος επιβράβευσης: το κοιλιακό ραβδωτό (ventral striatum), ο κερκοφόρος πυρήνας (caudate nucleus), η μέλαινα ουσία (substantia nigra) και οι αμυγδαλές (amygdalae) του εγκεφάλου. [20]

Αξίζει, επιπροσθέτως, να αναφέρουμε πως, αναφορικά με την ενεργοποίηση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια αισθητικής απόκρισης στη βίωση οπτικών μορφών τέχνης, έχει ανιχνευθεί, εκτός από την ενεργοποίηση των νευρωνικών δικτύων σχετικών με την αντίληψη και τα συναισθήματα, ενεργοποίηση αρκετών εγκεφαλικών περιοχών που αποτελούν κεντρικούς κόμβους του δικτύου προεπιλεγμένης λειτουργίας (default mode network, DMN), το οποίο σχετίζεται με τις νοητικές διεργασίες της αυτοαναφοράς, της αυτοπαρατήρησης και της ενδοσκόπησης. Φαίνεται, δηλαδή, μια τάση του εγκεφάλου να ενοποιεί τις αισθητηριακές και συναισθηματικές αντιδράσεις του στην τέχνη με τρόπο σύμφωνο και συνδεδεμένο με το προσωπικό ενδιαφέρον και τη σχέση τού υποκειμένου με το συγκεκριμένο ερέθισμα τέχνης. [21]

Όσον αφορά, τώρα, στα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της έκθεσης του εγκεφάλου σε κάποια μορφή τέχνης, οι μελέτες συχνά επικεντρώνονται στην επίδραση της εκτέλεσης κάποια τέχνης· κάποιες συγκρίνουν καλλιτέχνες με μη καλλιτέχνες· άλλες εξετάζουν την επίδραση που έχει η τέχνη σε εξεταζόμενους που έχουν εκπαιδευτεί στοχευμένα. Πιο συγκεκριμένα, η επίδραση της μουσικής εκπαίδευσης στον εγκέφαλο και τη νόηση έχει μελετηθεί σημαντικά, υποδεικνύοντας δομικές και λειτουργικές τροποποιήσεις και εξειδικεύσεις τού εγκεφάλου. Για παράδειγμα, μια νευροαπεικονιστική έρευνα, μετά από σύγκριση των εγκεφάλων μουσικών και μη μουσικών, έδειξε πως οι μουσικοί περιείχαν περισσότερη φαιά ουσία στον πρωτοταγή ακουστικό φλοιό τους. Μια άλλη μελέτη συνέκρινε τα ERPs που καταγράφηκαν στο ΗΕΓ παιδιών που είχαν και που δεν είχαν λάβει μουσική εκπαίδευση, μετά από την έκθεσή τους σε κάποιο ακουστικό ερέθισμα. Τα παιδιά που είχαν λάβει μουσική εκπαίδευση φάνηκε πως διέθεταν πιο αναπτυγμένη ευαισθησία τού ακουστικού συστήματος. [19]

Σε πλήθος μελετών έχει εξεταστεί και η εκτέλεση των οπτικών τεχνών. Μια μελέτη με τη χρήση ΗΕΓ ανακάλυψε ελάττωση εγκεφαλικής δραστηριότητας στον ανώτερο ρυθμό άλφα στους καλλιτέχνες σε σχέση με τους μη καλλιτέχνες, κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων σχεδίασης, υποδηλώνοντας πως οι γνωσιακές λειτουργίες, η σημασιολογική μνήμη και η αναγνώριση αντικειμένων ήταν ενισχυμένες στην περίπτωση



των καλλιτεχνών. Άλλη μελέτη στις οπτικές τέχνες, συγκρίνοντας την κίνηση των ματιών των καλλιτεχνών και των μη καλλιτεχνών, έδειξε πως οι καλλιτέχνες, βλέποντας κάποια εικόνα, αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στη σάρωση δομικών και αφηρημένων χαρακτηριστικών, ενώ οι μη καλλιτέχνες επικεντρώνονται κυρίως σε ανθρώπινα χαρακτηριστικά και αντικείμενα. [19]

Τέλος, μια μελέτη λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (fMRI) σχετικά με τις οπτικές τέχνες έδειξε, συγκρίνοντας δυο ομάδες μη καλλιτεχνών -από τις οποίες η μία συμμετείχε σε πρόγραμμα εκπαίδευσης επί των οπτικών τεχνών, ενώ η άλλη συμμετείχε στην αξιολόγηση οπτικών έργων τέχνης σε μουσεία-, ότι, στην περίπτωση της ομάδας που εκπαιδεύτηκε και παρήγαγε οπτική τέχνη, υπήρξε εντονότερη χωρική βελτίωση της λειτουργικής συνδεσιμότητας του DMN, κυρίως μεταξύ του βρεγματικού και του μετωπιαίου φλοιού, από ότι στην ομάδα που συμμετείχε στην αξιολόγηση τέχνης. Η βελτίωση αυτή συνδέεται άμεσα με την αύξηση της μνημονικής επεξεργασίας, την ενίσχυση της δημιουργικής ικανότητας, αλλά και την ανάπτυξη της προσωπικής έκφρασης και τη συγκέντρωση της προσοχής στην αυτοπαρατήρηση. Φαίνεται πως η αλλαγή αυτή οδήγησε και σε μια ισχυροποίηση της ψυχολογικής αντοχής (resilience) των εξεταζόμενων. [22]

Σχετικά με τις τέχνες τού λόγου, μάλιστα, η έρευνα αναφορικά με την επίδρασή τους στον εγκέφαλο έχει δείξει τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες αλλαγές. Σε πείραμα που διεξήχθη με την τεχνική της fMRI, απεδείχθη πως η ανάγνωση ενός μυθιστορήματος προκαλεί ανιχνεύσιμες αλλαγές στη συνδεσιμότητα του εγκεφάλου σε κατάσταση ηρεμίας. Η έρευνα έδειξε πως, χάρη στην ανάγνωση του μυθιστορήματος, προκλήθηκε αύξηση της συνδεσιμότητας των περιοχών της αριστερής γωνιακής και υπερχειλιακής έλικας (left angular and supramarginal gyri) και της δεξιάς οπίσθιας κροταφικής έλικας (right posterior temporal gyrus) περιοχές που έχουν συσχετισθεί με την κατανόηση μιας ιστορίας και την υιοθέτηση προοπτικής για την αντιμετώπιση κάποιου ζητήματος. Η αλλαγή αυτή εξασθένησε γρήγορα μετά την ολοκλήρωση του μυθιστορήματος. Η δεύτερη αλλαγή που παρατηρήθηκε, όμως, διατηρήθηκε για αρκετές μέρες μετά την ολοκλήρωση του μυθιστορήματος. Η αλλαγή αυτή αφορούσε στην ενίσχυση της συνδεσιμότητας των περιοχών του σωματοαισθητηριακού φλοιού και στα δυο εγκεφαλικά ημισφαίρια περιοχές οι οποίες φαίνεται να σχετίζονται με την πρόκληση σωματικών αισθητικών ερεθισμάτων και την ενσωματωμένη σημασιολογική αναπαράσταση (embodied semantics) των λεξημάτων στον εγκέφαλο. [23]

Όπως έγινε φανερό από τα ανωτέρω, κάποιες έρευνες δείχνουν ότι η εκτέλεση μιας τέχνης δεν επηρεάζει μόνο την αντίληψη, αλλά και τις ανώτερες γνωσιακές λειτουργίες την προσοχή, τη μνήμη και τις εκτελεστικές λειτουργίες. Ιδιαίτερο δυναμικό για την πρόκληση τέτοιων επιδράσεων στις ανώτερες γνωσιακές λειτουργίες έχουν οι μορφές τέχνης που δομούνται γύρω από την εκτέλεση ενός δρώμενου από τον καλλιτέχνη, όπως, για παράδειγμα, οι ερμηνευτικές τέχνες. [19]

Στη συνέχεια, θα εξεταστούν τα ερευνητικά αποτελέσματα που αφορούν συγκεκριμένα στην επίδραση της παρακολούθησης μιας κινηματογραφικής ταινίας στον εγκέφαλο, αλλά και στην επίδραση που έχει στον εγκέφαλο η συμμετοχή σε ένα ερμηνευτικό παραστατικό δρώμενο δυο μορφές τέχνης που μας απασχόλησαν και στο πειραματικό τμήμα τής παρούσας εργασίας.

## 2.2.1 Κινηματογράφος και Εγκέφαλος

Η μακροπρόθεσμη επίδραση που μπορεί να έχει μια κινηματογραφική ταινία στη νόηση, τα συναισθήματα και τη συμπεριφορά τού θεατή είναι γνωστή από το παρελθόν· οι Σοβιετικοί σκηνοθέτες Dziga Vertov και Sergei Eisenstein είχαν προωθήσει τη χρήση των κινηματογραφικών ταινιών ως εργαλεία προπαγάνδας, συναισθηματικής και ψυχολογικής επιρροής στο κοινό για ιδεολογικούς σκοπούς. [19]

Ο κινηματογράφος έχει την ιδιότητα να καταβυθίζει τους θεατές σε μια εμπειρία που εξελίσσεται με τον χρόνο, παγιδεύοντας την προσοχή τους και πυροδοτώντας μια αλληλουχία αντιληπτικών, γνωσιακών και συναισθηματικών διαδικασιών. Στην αισθητική εμπειρία που προσφέρει μια κινηματογραφική ταινία συνεισφέρουν οι διάφορες κινηματογραφικές τεχνικές, όπως για παράδειγμα το μοντάζ, το γραμμικό μοντάρισμα συνέχειας, τα κοντινά πλάνα, οι οποίες μπορούν να κατευθύνουν τους εγκεφάλους των θεατών κατά τη διάρκεια της ροής της και να καθορίσουν την αντίδρασή τους σε αυτήν. [24]

Σύμφωνα με τους ερευνητές, αυτή η επίδραση του κινηματογράφου βασίζεται στην εκμετάλλευση και την επέκταση του δυναμικού ορισμένων βασικών και κρίσιμων χαρακτηριστικών της ανθρώπινης νόησης· της ενεργού μνήμης (working memory), που είναι ένα σύστημα περιορισμένης χωρητικότητας ενσωματωμένο σε κατανεμημένα εγκεφαλικά κυκλώματα και διατηρεί τις πληροφορίες, υπό τον έλεγχο της προσοχής, σε προσωρινή αποθήκευση κατά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση μιας δραστηριότητας· της χροναισθησίας (chronesthesia), δηλαδή της επίγνωσης του παρελθόντος, και της νοερής αναπαράστασής του, αλλά και της φανταστικής αναπαράστασης πιθανών μελλοντικών σεναρίων· των συναισθημάτων που συνοδεύουν καταστάσεις που αφορούν στη σχέση του εαυτού με το περιβάλλον του· των παροδικών διασχιστικών καταστάσεων (transient dissociative states) της νόησης, δηλαδή των προσωρινών διασπάσεων των καθολικών λειτουργιών της συνείδησης, της μνήμης, της ταυτότητας ή της αντίληψης. [25]

Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται πως τα εγγενή χαρακτηριστικά των κινηματογραφικών ταινιών συντονίζονται βέλτιστα με τις δυνατότητες της ενεργού μνήμης. Έτσι, η ενεργός μνήμη φαίνεται να δύναται να εκμεταλλευτεί αποδοτικά τις πληροφορίες που αντλεί από τα ακουστικά, οπτικά, χωρικά και γλωσσικά ερεθίσματα της ταινίας. Τόση είναι μάλιστα η συμπτωματική αντιστοιχία και κάλυψη μεταξύ των ικανοτήτων της ενεργού μνήμης και των εγγενών δομικών χαρακτηριστικών των κινηματογραφικών ταινιών που οι ταινίες έχουν χαρακτηριστεί «εξωσωματικά γνωσιακά όργανα» και παγκόσμια κοινωνικά φαινόμενα. [25]

Σχετικά με τη χροναισθησία, της οποίας ο φαντασιακός παράγοντας -η ικανότητα, δηλαδή, νοερής ανακατασκευής παρελθοντικών ή μελλοντικών σεναρίων- έχει προταθεί ως ισχυρός κινητήριος μοχλός στην εξέλιξη της επεισοδιακής μνήμης, έρευνες έχουν δείξει πως οι κινηματογραφικές ταινίες προωθούν, κινητοποιούν και ενισχύουν τη δράση της. Οι θεωρητικοί τού κινηματογράφου είχαν από καιρό σημειώσει την ικανότητά του να προσομοιώνει την καθημερινή ζωή, την ονειροπόληση και τις ονειρικές εμπειρίες μέσω της συνένωσης της προσφερόμενης πολυμεσικής (multimodal) αντίληψης με συναισθηματικές και γνωσιακές αποχρώσεις, αποστασιοποιημένος από τις ακριβείς χωροχρονικές συντεταγμένες τού θεατή. Με αυτόν τον τρόπο, ο κινηματογράφος καταβυθίζει καθολικά τον θεατή σε φανταστικές εμπειρίες -τις οποίες θα ήταν αδύνατον να αποκτήσει με άλλον τρόπο-, γεγονός που λειτουργεί ως εσωτερική επιβράβευση για τον εγκέφαλο του θεατή. [25]

Αλλά και τα συναισθήματα που δημιουργεί ο κινηματογράφος στον θεατή μπορούν να λειτουργήσουν με τον ίδιο τρόπο ως επιπλέον εσωτερική επιβράβευση του εγκεφάλου του. Ανάλογα πάντα με την ταινία, ο θεατής μπορεί να περιηγηθεί και να εξερευνήσει ένα

ευρύ φάσμα πλούσιων και έντονων συναισθηματικών εμπειριών, οι οποίες αποτελούν ανεξερεύνητο τοπίο για τους περισσότερους ανθρώπους στην καθημερινή τους ζωή τα σχετικά παραδείγματα κυμαίνονται από τα θεμέλια του νεορεαλισμού ως τον ζοφερό και προκλητικά ενοχλητικό μεταμοντερνισμό. [25]

Τέλος, ως προς τις παροδικές διασχιστικές καταστάσεις που μπορούν να προκληθούν από τον κινηματογράφο, θα μπορούσαν να θεωρηθούν παραχώρηση του κέντρου ελέγχου της ενεργού μνήμης τού θεατή σε αυτό του καλλιτέχνη δημιουργού ο καλλιτέχνης, δηλαδή, αποστέλλει πληροφορίες σε όλα τα κανάλια της ενεργού μνήμης τού θεατή, αποκόπτοντάς τον έτσι μερικώς και παροδικά από την πραγματικότητα. Το βάθος, η επιμονή και η ποιότητα της διασχιστικής κατάστασης εξαρτάται οπωσδήποτε από τον αποδέκτη της συγκεκριμένης μορφής τέχνης, από το συγκεκριμένο έργο τέχνης και από το σχετικό συγκείμενο, αλλά και από την επιθυμία τού αποδέκτη να υπερβεί τη δυσπιστία του (suspension of disbelief). Οι διασχιστικές καταστάσεις επιφέρουν επίσης σημαντική επιβράβευση στον εγκέφαλο, όπως εύστοχα έχει επιδειχθεί με την περίπτωση της χρήσης ναρκωτικών ουσιών, γεγονός το οποίο εντείνει τη γενικότερη ευχάριστη εμπειρία τής βίωσης μιας ταινίας. [25]

Έρευνες με σύγχρονες νευροαπεικονιστικές τεχνικές έχουν επιβεβαιώσει τον αξιοσημείωτο έλεγχο που μπορεί να ασκήσει μια κινηματογραφική ταινία στον εγκέφαλο και τις κινήσεις των ματιών τού θεατή. [24]

Με την τεχνική της fMRI και την εφαρμογή της μεθόδου τής ανάλυσης διυποκειμενικής συσχέτισης (intersubjective correlation), η οποία, για κάθε εγκεφαλική περιοχή, συγκρίνει τη χρονική απόκριση ενός εξεταζόμενου με τις χρονικές αποκρίσεις των υπολοίπων, απεδείχθη πως κάποιες κινηματογραφικές ταινίες έχουν τη δυνατότητα να «ελέγξουν» τις νευρωνικές αποκρίσεις των θεατών τους. Απεδείχθη, δηλαδή, πως μια ταινία μπορεί να προκαλέσει όμοιες χρονοσειρές εγκεφαλικής δραστηριότητας σε όλο το πλήθος των θεατών της με άλλα λόγια, η αλληλουχία των εγκεφαλικών καταστάσεων που προκαλούνται από την ταινία είναι αξιόπιστη και προβλέψιμη. Κατά δεύτερον, αν ληφθεί υπόψιν η στενή σχέση των γνωσιακών και εγκεφαλικών καταστάσεων, συμπεραίνουμε πως μια ταινία μπορεί να ασκήσει τελικά έλεγχο, μέσω της επίδρασής της στις εγκεφαλικές καταστάσεις, στα συναισθήματα, στην αντίληψη, στις σκέψεις και στη συμπεριφορά των θεατών. Κατά τρίτον, μέσα από τη συγκεκριμένη έρευνα, έγινε φανερό πως για αυτήν την έντονη επίδραση του κινηματογράφου στον εγκέφαλο του θεατή ευθύνεται η σκηνοθετική αισθητική παρέμβαση και πρόθεση για στοχευμένη δόμηση της ταινίας με τη χρήση των διαφόρων κινηματογραφικών τεχνικών, δηλαδή του φωτισμού, της σύνθεσης και εστίασης της λήψης, της κίνησης ή της απουσίας της μια απλή μηχανιστική αναπαράσταση της πραγματικότητας δεν αρκεί για να επιτευχθεί ο επιθυμητός έλεγχος στην προσοχή και τη συγκέντρωση του εγκεφάλου. Είναι, δηλαδή, απαραίτητη και καθοριστική η αισθητική ενίσχυση ή αποσιώπηση στοιχείων κατά την ανακατασκευή της πραγματικότητας σε μια κινηματογραφική ταινία, προκειμένου να ασκηθεί τελικά έλεγχος στις ανώτερες γνωσιακές λειτουργίες του θεατή. [24]

Τα προαναφερθέντα αποτελέσματα της τεχνικής fMRI επιβεβαιώνονται και από μια δεύτερη έρευνα που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της τεχνικής της μαγνητοεγκεφαλογραφίας (MEG). Κατά τη διάρκεια της έρευνας αυτής, το καταγεγραμμένο μαγνητοεγκεφαλογράφημα των θεατών μιας ταινίας αναλύθηκε για να διαπιστωθεί η ύπαρξη ή μη διυποκειμενικής συσχέτισης της εγκεφαλικής δραστηριότητας των θεατών, επεκτείνοντας και ξεπερνώντας το μέγιστο όριο συχνότητας που δύναται να καταγράψει η fMRI, δηλαδή το 1 Hz. Τα αποτελέσματα έδειξαν σύγχρονη και όμοια ταλαντωτική εγκεφαλική δραστηριότητα των θεατών, με πηγές προέλευσης τις πρώιμες περιοχές του οπτικού φλοιού, τις οπίσθιες και κάτω περιοχές του βρεγματικού φλοιού, τις έξω ινιοκροταφικές περιοχές (lateral temporo-occipital areas) τού εγκεφαλικού φλοιού, τις

περιοχές του κινητικού φλοιού και των περιοχών της άνω κροταφικής αύλακας (superior temporal sulcus) και στα δύο ημισφαίρια. Επιβεβαιώθηκε, μάλιστα, και η ενεργοποίηση της προκεντρικής έλικας (precentral gyrus) στον κινητικό φλοιό, γεγονός το οποίο ίσως αντανακλά τη συμμετοχή του κινητικού φλοιού στην επεξεργασία αντιλαμβανόμενων κινήσεων. [26]

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε τα συμπληρωματικά αποτελέσματα δύο ακόμη ερευνών, ως προς τη διυποκειμενική συσχέτιση της εγκεφαλικής δραστηριότητας των εγκεφάλων των θεατών μιας ταινίας.

Η μία εξ αυτών χρησιμοποίησε την τεχνική της fMRI για να δείξει πώς η εγκεφαλική δραστηριότητα διαφορετικών θεατών συγχρονίζεται όταν αυτοί υιοθετούν μια κοινή ψυχολογική προοπτική κατά την παρακολούθηση μιας ταινίας. Η έρευνα αυτή έδειξε ενίσχυση του διυποκειμενικού συγχρονισμού της εγκεφαλικής δραστηριότητας των εξεταζόμενων στις οπίσθιες βρεγματικές, στις έξω ινιακές και στις κοιλιακές κροταφικές περιοχές. Ο συγχρονισμός αυτός εικάζεται πως αντανακλά τις όμοιες νοητικές καταστάσεις τις οποίες βίωναν οι εξεταζόμενοι και πως δεν εξαρτάται από την ομοιότητα των αισθητηριακών ερεθισμάτων που λάμβαναν ως δεδομένα. Μάλιστα, ο συγχρονισμός σε αυτές τις περιοχές θα μπορούσε να αποτελεί έναν σημαντικό μηχανισμό υποστήριξης της διατήρησης μιας κοινής ψυχολογικής προοπτικής σε διαφορετικά άτομα, υποστηρίζοντας, τελικά, την αμοιβαία κατανόηση κοινών περιβαλλοντικών συνθηκών. [27]

Η δεύτερη χρησιμοποίησε και πάλι την τεχνική της fMRI για να εντοπίσει περιοχές των εγκεφάλων των θεατών που εμφανίζουν διυποκειμενικά συσχετισμένη ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια τμημάτων μιας κινηματογραφικής ταινίας τα οποία, όπως διαπιστώθηκε αργότερα, είχαν αποθηκευτεί επιτυχώς στην επεισοδιακή μνήμη των θεατών σε σχέση με τμήματα της ταινίας τα οποία δεν είχαν αποθηκευτεί. Η έρευνα έδειξε πως τέτοιες περιοχές είναι η παραϊπποκάμπεια έλικα (parahippocampal gyrus), η άνω κροταφική έλικα (superior temporal gyrus), οι πρόσθιοι κροταφικοί πόλοι (anterior temporal poles) και η κροταφοβρεγματική σύνδεση (temporal parietal junction). Οι περιοχές αυτές, όταν ενεργοποιούνται ως δίκτυο, ενέχουν σημαντικό ρόλο στην κοινωνική νόηση. Αυτό σημαίνει πως ο έλεγχος των εγκεφαλικών διεργασιών που σχετίζονται με την κοινωνική νόηση με τη χρήση μιας κινηματογραφικής ταινίας δύναται να επηρεάσει ακόμη και τον σχηματισμό της επεισοδιακής μνήμης. [28]

### 2.2.2 Θεατρικό δρώμενο και Εγκέφαλος

Η δραστηριότητα κατά την οποία ένας άνθρωπος υποκρίνεται πως είναι κάποιος άλλος, χωρίς να αποσκοπεί στην εξαπάτηση, αλλά με στόχο τη διαπαιδαγώγηση και την ευχαρίστηση του εαυτού του και των άλλων, ονομάζεται *θέατρο*, *υποκριτική* και *δράμα*. Αναγκαίες ικανότητες για την εκτέλεση της δραματικής τέχνης είναι, φυσικά, η μίμηση και η παραστατική υποκριτική ικανότητα· ικανότητες που αναπτύσσονται στο δεύτερο έτος της ηλικίας του ανθρώπου. Κι όμως, αν και αναγκαίες, οι ικανότητες αυτές, που εμφανίζονται και σε άλλα πρωτεύοντα θηλαστικά, δεν είναι από μόνες τους ικανές να οδηγήσουν τον καλλιτέχνη στο να «βιώσει αληθινά τις ψευδείς συνθήκες» για χάρη της διαπαιδαγώγησης και της ευχαρίστησης. [29]

Στο έργο του «Περὶ ποιητικῆς» (VI, 1449 β), ο Αριστοτέλης ορίζει την τραγωδία, το κατεξοχήν είδος δραματικής δραστηριότητας, ως «μίμηση σπουδαίας και ολοκληρωμένης πράξης, με κατάλληλη έκταση ώστε να γίνεται αντιληπτή· αναπαρίσταται με γλυκό λόγο, τα χαρακτηριστικά τού οποίου κατανέμονται ταιριαστά στα επιμέρους μέρη της· διεξάγεται μέσω δράσης και όχι απλής απαγγελίας, με σκοπό να οδηγήσει τον θεατή, μέσω τού φόβου και του ελέου, δηλαδή της συμπάθειας, στην κάθαρση από παρόμοια πάθη». Από τον

ορισμό αυτόν γίνεται σαφές πως αυτή η -σύνθετη και όχι απλώς μιμητική- δραματική πράξη, ήδη από τον Αριστοτέλη, είχε θεωρηθεί ικανή να επηρεάσει τη γνωσιακή και τη συναισθηματική κατάσταση των θεατών, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνει και η σύγχρονη έρευνα. [30]

Πιο συγκεκριμένα, ερευνητές, με τη χρήση της νευροαπεικονιστικής μεθόδου fMRI και ταυτόχρονη καταγραφή της καρδιακής δραστηριότητας, μελέτησαν τα φυσιολογικά υποστρώματα της αλλαγής της νοητικής κατάστασης που προκαλεί η παρακολούθηση ενός θεατρικού δρώμενου στον εγκέφαλο των θεατών, όταν απορροφούνται από αυτό. Η έρευνα έδειξε πως κατά τη διάρκεια της προσκόλλησης (adhesion) του θεατή στο θεατρικό δρώμενο υπήρξε μείωση της μεταβλητότητας των καρδιακών παλμών (Heart Rate Variability) καταγράφηκε, επίσης, εμφάνιση δραστηριότητας στις περιοχές της αριστερής κοιλιακής κάτω μετωπιαίας έλικας (left ventral inferior frontal gyrus, IFG), αλλά και της οπίσθιας άνω κροταφικής αύλακας (posterior superior temporal sulcus, pSTS), που συσχετίστηκε θετικά με αυτήν την προσκόλληση του θεατή. Οι περιοχές αυτές αποτελούν τμήματα ενός εγκεφαλικού υποδικτύου, το οποίο ανήκει σε ένα πιο διευρυμένο δίκτυο που σχετίζεται με την ανάλυση και την κατανόηση της γλώσσας. Το συγκεκριμένο υποδίκτυο φαίνεται να σχετίζεται με την κοινωνική νόηση, επί παραδείγματι στην κατανόηση τού εαυτού και των άλλων, αλλά και σε διαδικασίες που απαιτούν τη διεπαφή του εαυτού με τους άλλους. Άλλες μελέτες έχουν δείξει πως η ενεργοποίηση της αριστερής κοιλιακής IFG σχετίζεται με την αξιολογική εκτίμηση ενός παρατηρούμενου γεγονότος σε σχέση με το προσωπικό σύστημα αξιών, αλλά και με την αισθητική κριτική και εκτίμηση. Ακόμη, μελέτες έχουν δείξει πως η ενεργοποίηση της αριστερής pSTS σχετίζεται με την ερμηνεία των πράξεων κάποιου με στόχο την κατανόηση των προθέσεων του. Οι παρατηρήσεις αυτές, συνδυασμένες με την απρόσμενη μείωση της μεταβλητότητας των καρδιακών παλμών, οδήγησαν τους ερευνητές να υποθέσουν πως, ίσως, η παρακολούθηση ενός θεατρικού δρώμενου να προκαλεί μια λεπτή τροποποίηση της συνείδησης του θεατή, η οποία οδηγεί στην προσωρινή απόσχιση του από ορισμένες συμπεριφορικές του συνιστώσες, όπως, για παράδειγμα, τη σωματική και νοητική του αυτοαναφορά· μια πλήρη καταβύθιση, δηλαδή, του εαυτού στον κόσμο της δραματικής πράξης. Η καταβύθιση αυτή θα μπορούσε, τελικά, να αποτελεί μια έκφανση της αριστοτελικής καθαρτικής λειτουργίας της δραματικής τέχνης. [30]

Αυτά ως προς τους θεατές. Τι συμβαίνει όμως με τους *δρώντες*; Αντίθετα με την πληθώρα των ερευνών που αφορούν στην κατανόηση των ψυχολογικών και γνωσιακών διαδικασιών που δραστηριοποιούνται κατά την ενασχόληση κάποιου με τις οπτικές τέχνες, η σχέση της εκτέλεσης της δραματικής τέχνης με την εγκεφαλική δραστηριότητα μόλις και μετά βίας έχει ερευνηθεί. [29] [31]

Η ερώτηση που συχνά τίθεται στους νευροεπιστήμονες από τους ειδικούς του θεάτρου είναι: «πώς μπορούν οι νευροεπιστήμες να μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τι κάνουν ακριβώς οι υποκριτές όταν συμμετέχουν σε μια δραματική πράξη;». Αρκετοί θεωρητικοί του θεάτρου, σκηνοθέτες, εκπαιδευτές ή ηθοποιοί, μάλιστα, επιθυμούν να ενσωματώσουν πρακτικά τις πιθανές νευροεπιστημονικές ανακαλύψεις στο θεατρικό τους έργο, με σκοπό να γίνουν καλύτεροι· άλλοι το έχουν ήδη πραγματοποιήσει. Κι αυτό γιατί, αντίθετα με άλλα είδη τέχνης, το θεατρικό δρώμενο χρησιμοποιεί τον ίδιο τον άνθρωπο ως όργανο για την υλοποίηση της τέχνης, άρα η κατανόηση της λειτουργίας τού εγκεφάλου, της συμπεριφοράς και της κοινωνικότητας του ανθρώπου είναι λογικό να αποτελεί ζήτημα πρώτης προτεραιότητας για τους καλλιτέχνες τού θεάτρου. [31] [32]

Αυτή η επιθυμία των ειδικών τού θεάτρου μπορεί να εντοπισθεί ήδη στις πρώτες προσπάθειες των μεγάλων θεωρητικών τού θεάτρου τού 20<sup>ου</sup> αιώνα, Chekhov, Stanislavsky, Mamet, να αναπτύξουν ένα σύστημα διδασκαλίας, εκπαίδευσης και παιδαγωγίας των

ηθοποιών με τη διεπιστημονική αξιοποίηση γνώσεων από άλλες επιστήμες, όπως, για παράδειγμα, την ψυχολογία και τη φυσιολογία. [29] [31] [32]

Ο καρπός αυτών των προσπαθειών των θεωρητικών να δομήσουν συστηματικά τα νοητικά χαρακτηριστικά τού σωστού ηθοποιού ήταν τελικά τα δύο κυρίαρχα ρεύματα της θεωρίας του σύγχρονου δυτικού θεάτρου· το ρεύμα της *τεχνικής* (technique) και το ρεύμα της *μεθόδου* (method). [29]

Σύμφωνα με το ρεύμα τής τεχνικής, δηλαδή την εξωτερική εκπαίδευση του ηθοποιού, το πρώτο βήμα για να μάθει ο ηθοποιός τον ρόλο του είναι να κατανοήσει την εξωτερική υπόσταση του χαρακτήρα που ενσαρκώνει· πώς μοιάζει ο χαρακτήρας, πώς κινείται, πώς μιλάει, πώς ντύνεται, πώς φτιάχνει τα μαλλιά του. Οι θιασώτες τού ρεύματος της τεχνικής υποστηρίζουν πως στόχος τού ηθοποιού είναι να παρουσιάσει μια προσωπικότητα στο κοινό· μια προσωπικότητα η οποία θα διαφαίνεται από τις συγκεκριμένες ενέργειες και πράξεις τού χαρακτήρα, όπως αυτές ορίζονται περιστασιακά από το σενάριο. Η εσωτερική γνωσιακή κατάστασή του είναι άνευ σημασίας. Η βίωση των συναισθημάτων του χαρακτήρα που ενσαρκώνεται, μάλιστα, απαγορεύεται αυστηρά τόσο στην πρόβα όσο και στην παράσταση· ο ηθοποιός δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να δημιουργεί και να αισθάνεται τα συναισθήματα τού χαρακτήρα του, καθώς αυτό είναι ένας πολύ απρόβλεπτος τρόπος δημιουργίας ρεαλισμού στη σκηνή. Αυτό που έχει σημασία είναι η ψευδαίσθηση της ύπαρξης των συναισθημάτων. Παρόμοια είναι και η οπτική τού ρεύματος της τεχνικής ως προς τα συναισθήματα του ίδιου του ηθοποιού· ο ηθοποιός πρέπει να μάθει να αγνοεί τα συναισθήματά του. Μόνο έτσι μπορεί ο ηθοποιός να αποκτήσει τον έλεγχο τους. Οι ηθοποιοί που ακολουθούν το ρεύμα τής τεχνικής μαθαίνουν πώς να επικοινωνούν συναισθήματα αποτελεσματικά στο κοινό, αλλά και πώς να μην τα αναδημιουργούν εντός τους, ανεξάρτητα από το αν τα αισθάνονται και οι ίδιοι ή αν τα έχουν αισθανθεί στο παρελθόν. [29]

Εκ διαμέτρου αντίθετη είναι η προσέγγιση του ρεύματος της μεθόδου στα παραπάνω ζητήματα. Σύμφωνα με το ρεύμα τής μεθόδου, δηλαδή το ρεύμα τής εσωτερικής εκπαίδευσης, ο ηθοποιός δεν χρειάζεται να κατανοήσει πλήρως την εξωτερική εμφάνιση τού χαρακτήρα που ενσαρκώνει· αν ο ηθοποιός κατέχει την εσωτερική νοητική κατάσταση τού χαρακτήρα του, θα μπορέσει να ενσαρκώσει και την εξωτερική του εμφάνιση χωρίς δυσκολία. Ο ηθοποιός διδάσκεται να επιλέγει μόνο ορισμένα βασικά εξωτερικά χαρακτηριστικά τού χαρακτήρα του και να χρησιμοποιεί αυτά ως βάση για να χτίσει πάνω τους τα συναισθήματα, τα κίνητρα και την προσωπικότητα του χαρακτήρα του· κι αυτό γιατί ο ηθοποιός πρέπει να υπερβεί τα δικά του εξωτερικά χαρακτηριστικά, προκειμένου να αποδώσει σωστά τον χαρακτήρα του στη σκηνή. Το ρεύμα τής μεθόδου θεωρεί πως ο στόχος τού ηθοποιού είναι η κατανόηση και η δημιουργία ολόκληρου του εσωτερικού κόσμου ενός χαρακτήρα, γεγονός το οποίο απαιτεί μια καλώς δομημένη ικανότητα κατανόησης και αναδημιουργίας των νοητικών καταστάσεων άλλων προσώπων. Ο ηθοποιός πρέπει να απαθανάτισει τις βαθύτερες προδιαθέσεις, τους στόχους ζωής και τα εσωτερικά κίνητρα τού χαρακτήρα του, προκειμένου να μπορέσει να κατανοήσει τους μοχλούς που τον παρακινούν, ειδικότερα, στη ροή τού σεναρίου. Παρομοίως, το ρεύμα τής μεθόδου διδάσκει τους ηθοποιούς πως είναι απαραίτητο να νιώθουν οι ίδιοι τα συναισθήματα των χαρακτήρων τους, αν θέλουν να τους ενσαρκώσουν πλήρως. Προκειμένου ο χαρακτήρας να έρθει στη ζωή, είναι απαραίτητος ο συγκερασμός των δράσεων τού ηθοποιού με την εμπειρία και τη βίωση των συναισθημάτων τού χαρακτήρα. Ο ηθοποιός, δηλαδή, μαθαίνει να βλέπει τη δραματική πλοκή μέσα από την προοπτική τού χαρακτήρα του. Όσον αφορά στα προσωπικά συναισθήματα τού ηθοποιού, το ρεύμα τής μεθόδου διδάσκει τους ηθοποιούς να πυροδοτούν, να δημιουργούν, να καλλιεργούν και να ελέγχουν από μόνοι τους τα συναισθήματα που χρειάζονται κάθε στιγμή. Προκειμένου να

το πετύχουν αυτό, οι ηθοποιοί αναβιώνουν ένα συναίσθημα που έχουν ζήσει οι ίδιοι στο παρελθόν· δημιουργούν, δηλαδή, μια συναισθηματική μνήμη. [29]

Εν τέλει, φαίνεται πως τα δύο αυτά διαμετρικά αντίθετα ρεύματα της δραματικής τέχνης ενυπάρχουν σε ένα συνεχές, στη μια άκρη τού οποίου βρίσκεται η πλήρης καταβύθιση του δρώντος στη νοητική κατάσταση και στα συναισθήματα τού χαρακτήρα που ενσαρκώνει, ενώ στην άλλη βρίσκεται η πλήρης απόσχιση του από αυτόν. Κοινό σημείο, αν και με διαφορετική χρήση, μεταξύ αυτών των δύο ρευμάτων είναι η έμφαση στην ανάπτυξη του συναισθηματικού ελέγχου (emotional regulation) τού ηθοποιού. [29]

Μέσα από τα παραπάνω, διαφαίνονται τρεις τομείς που απαρτίζουν τον σκελετό των δυο ρευμάτων της σύγχρονης δυτικής δραματικής τέχνης και έχουν σαφή νευροψυχολογικό χαρακτήρα: η σχέση τού δρώντος με τον γνωσιακό κόσμο τού χαρακτήρα που ενσαρκώνει και η κατανόησή του, δηλαδή η *θεωρία τού νου* (theory of mind)· η σημασία της βίωσης των συναισθημάτων τού χαρακτήρα, δηλαδή η *ενσυναίσθηση* (empathy)· και η σημασία της άσκησης ελέγχου στα εγγενή συναισθήματα τού ίδιου του δρώντος, δηλαδή ο *συναισθηματικός έλεγχος* (emotional regulation). Κάθε ένα από τα δύο ρεύματα επιστρατεύει διαφορετική αντιμετώπιση στον καθένα από αυτούς τους τρεις παράγοντες της κοινωνικής νόησης· έτσι, οι ηθοποιοί φαίνεται να αναπτύσσουν διαφορετικές κοινωνικές και γνωσιακές δεξιότητες, ανάλογα με το ρεύμα στο οποίο ανήκουν· οπωσδήποτε, όμως, αναπτύσσουν διαφορετικές κοινωνικές και γνωσιακές δεξιότητες από τους μη ηθοποιούς. [29] [33]

Ως προς τη θεωρία του νου, οι ηθοποιοί που ανήκουν στο ρεύμα τής μεθόδου αναμένεται, λόγω της μακρόχρονης ψυχολογικής και νοητικής ανάλυσης των χαρακτήρων τους, να εμφανίζουν αυτό το γνωσιακό χαρακτηριστικό εντονότερα από αυτούς που ανήκουν στο ρεύμα τής τεχνικής· σίγουρα, όμως, οι ηθοποιοί και των δυο ρευμάτων μπορούν να αναλύσουν και να κατανοήσουν καλύτερα τις νοητικές καταστάσεις τρίτων από τους μη ηθοποιούς. Η διαφορά έγκειται στο ότι το ρεύμα τής μεθόδου εστιάζει κυρίως στις εγγενείς νοητικές προδιαθέσεις τού δραματικού χαρακτήρα, ενώ το ρεύμα τής τεχνικής εστιάζει κυρίως στις συγκεκριμένες περιστασιακές νοητικές καταστάσεις που εμφανίζει ο χαρακτήρας στο σενάριο. Όποια κι αν είναι η εστίαση, όμως, η τριβή των ηθοποιών με τις νοητικές καταστάσεις των χαρακτήρων μάλλον ενισχύει την ήδη υπάρχουσα θεωρία του νου τους. Αν, μάλιστα, ληφθεί υπόψιν το γεγονός πως αυτή η νοητική λειτουργία, η θεωρία του νου, συνεχίζει να αναπτύσσεται διαρκώς και μετά την παιδική ηλικία -με διαφορετικό τρόπο, βέβαια- στην εφηβεία, αλλά και στην ενήλικη ζωή, η συσχέτιση της εντονότερης ανάπτυξής της με τη δραματική εκπαίδευση, όπως έχουν δείξει σχετικές συμπεριφορικές έρευνες, φαίνεται εύλογη. [29] [33]

Σχετικά με την ενσυναίσθηση, δηλαδή την ικανότητα της βίωσης των συναισθημάτων κάποιου άλλου, αρκετοί ερευνητές έχουν υποθέσει πως η δραματική εκπαίδευση πρέπει να οδηγεί σε αύξηση της ευαισθησίας της. Αν και η σύνδεση αυτή φαίνεται διαισθητικά πιθανή, εντούτοις λίγες εμπειρικές έρευνες έχουν ασχοληθεί με την εξακρίβωσή της. Στις ελάχιστες αυτές έρευνες, φάνηκε πως οι ηθοποιοί τείνουν να εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα ευαισθησίας στην ενσυναίσθησή τους από τους μη ηθοποιούς. Οι ερευνητές υποθέτουν πως οι ηθοποιοί που ανήκουν στο ρεύμα τής μεθόδου, μάλιστα, θα εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα ευαισθησίας από εκείνους που ανήκουν στο ρεύμα της τεχνικής, λόγω της εγγενούς διαφορετικής αντιμετώπισης των δυο -όπως συζητήθηκε ανωτέρω- ως προς αυτό το ζήτημα. Η υπόθεση αυτή, όμως, αναμένεται να εξακριβωθεί πειραματικά. [29] [33]

Τέλος, αναφορικά με τον συναισθηματικό έλεγχο, τον οποίο οι θιασώτες τού ρεύματος της τεχνικής εξασκούν με στόχο να αποκρύψουν τα προσωπικά τους συναισθήματα, ενώ εκείνοι του ρεύματος της μεθόδου με στόχο να πυροδοτήσουν, να πλάσουν και να βιώσουν τα συναισθήματα που νιώθει ο χαρακτήρας που ενσαρκώνουν, δεν

υπάρχει καμία μελέτη που να αφορά συγκεκριμένα στους ηθοποιούς. Παρ' όλα αυτά, όμως, μια έρευνα που αφορούσε στη συναισθηματική ανάπτυξη εφήβων που συμμετείχαν σε μια δραματική πράξη έδειξε πως η δραματική τους εκπαίδευση τους βοήθησε να μάθουν, σε πιο γενικό πλαίσιο, αρκετά σχετικά με την κατανόηση και τον έλεγχο των συναισθημάτων τους. [29] [33]

Συνοψίζοντας, η επίδραση της δραματικής τέχνης στον εγκέφαλο του δράντος φαίνεται να σχετίζεται έντονα με τρεις συνιστώσες της κοινωνικής νόησης: τη θεωρία του νου, την ενσυναίσθηση και τον έλεγχο των συναισθημάτων. Μεμονωμένες έρευνες σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες έχουν δώσει τις πρώτες ενδείξεις για την εντονότερη καλλιέργεια και ευαισθησία αυτών των τριών συνιστωσών στα πλαίσια της δραματικής εκπαίδευσης. Στα παιδιά έως 5 ετών, η συμμετοχή σε παιχνίδια ρόλων και υποκριτικής και η δραματική εκπαίδευση φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με μια αναπτυγμένη θεωρία του νου στη μέση παιδική ηλικία, περισσότερο από ότι ο χορός ή άλλες κινητικές δραστηριότητες. Επίσης, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια διαφοροποίηση, ως προς την ενσυναίσθησή τους ή τον έλεγχο των συναισθημάτων. Στα παιδιά 8-10 ετών, η δραματική εκπαίδευση φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με μια ενίσχυση της ενσυναίσθησης και του ελέγχου των συναισθημάτων· δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια συσχέτιση με την ανάπτυξη της θεωρίας του νου. Στους εφήβους 13-15 ετών, η εκπαίδευση στις δραματικές τέχνες συσχετίζεται θετικά με εντονότερα αναπτυγμένη θεωρία του νου, ενσυναίσθηση και έλεγχο συναισθημάτων, από ότι η εκπαίδευσή τους στις οπτικές τέχνες ή στη μουσική. Τέλος, στους ενήλικες, φαίνεται να υπάρχει θετική συσχέτιση μιας αναπτυγμένης θεωρίας του νου με τη δραματική εκπαίδευση, καθώς και ενός αναπτυγμένου ελέγχου συναισθημάτων, ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τα επίπεδα ενσυναίσθησης. Το σημαντικότερο ερευνητικό αποτέλεσμα, όμως, είναι ότι αυτές οι τρεις συνιστώσες φαίνεται να αναπτύσσονται αυτόνομα, σε διαφορετικό χρόνο, και όχι σε αλληλεξάρτηση μεταξύ τους. [34] [35] [36]

Ευελπιστούμε πως η πρωτότυπη πειραματική έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα μπορέσει να συνεισφέρει εποικοδομητικά στην προσπάθεια αποτίμησης της επίδρασης της δραματικής τέχνης στον εγκέφαλο των δράντων, με ποσοτικά απεικονιστικά αποτελέσματα.



## 2.3 Θεραπεία μέσω τέχνης

Η ικανότητα που έχει η δημιουργική ενασχόληση με κάποια μορφή τέχνης να αναδιαμορφώνει τις εμπειρίες και να αναδιοργανώνει τις σκέψεις του δημιουργού, αλλά και να του παρέχει διορατικές οπτικές αυτογνωσίας, είναι γνωστή προ πολλού· το ίδιο και η βελτιωτική επίδρασή της στην ποιότητα ζωής του. Η *θεραπεία μέσω της τέχνης* (art therapy) αξιοποιεί αυτό ακριβώς το ευεργετικό δυναμικό της ελεύθερης καλλιτεχνικής έκφρασης με στόχο την επίτευξη σημαντικής θεραπευτικής παρέμβασης στη ζωή του δημιουργού. Αν και βασισμένες κυρίως σε υποκειμενικά δεδομένα και μαρτυρίες, οι έρευνες έχουν δείξει πως οι διάφορες μορφές δημιουργικής τέχνης έχουν ωφελήσει ασθενείς σε ένα εύρος παθήσεων που σχετίζονταν με αναπτυξιακές ή επίκτητες, ιατρικές ή/και ψυχιατρικές, διαταραχές. [37]

Φαίνεται πως παρόμοια ευεργετική επίδραση, τόσο στα συναισθήματα και την ψυχολογία όσο και στη φυσιολογία, έχει και η παθητική ενασχόληση του ανθρώπου με την τέχνη, ως αποδέκτης οποιασδήποτε μορφής της· λογοτεχνία, οπτικές και ερμηνευτικές τέχνες. [38]

Πιο συγκεκριμένα, η θεραπευτική αξιοποίηση των οπτικών τεχνών έχει μελετηθεί αναφορικά με ασθενείς που έπασχαν από χρόνια ασθένεια, από καρκίνο του στήθους, από άλλες μορφές καρκίνου, από αιμοδιάλυση και από τραύμα. Σε όλες τις περιπτώσεις το αποτέλεσμα ήταν η μείωση της θλίψης, του άγχους και των αρνητικών σκέψεων και η αύξηση των θετικών συναισθημάτων, του αυτοσεβασμού, της αποφασιστικότητας και της κοινωνικοποίησης των ασθενών. [38]

Η θεραπευτική δράση της λογοτεχνίας έχει μελετηθεί σε σχέση με ασθενείς που έπασχαν από τον ιό HIV, από χρόνια ασθένεια και από ινομυαλγία. Η ενασχόληση των ασθενών με τις τέχνες του λόγου επέφερε βελτιώσεις στον έλεγχο του πόνου, την έκφραση του θυμού, την καταθλιπτική διάθεση, την κόπωση, τον κύκλο του ύπνου και στη γενικότερη ποιότητα της ζωής τους, ενώ υπήρχαν ακόμη και βελτιωτικές αποκρίσεις της φυσιολογίας τους. [38]

Ως προς τις ερμηνευτικές τέχνες, οι έρευνες σχετικά με τη θεραπευτική επίδραση της μουσικής σε ασθενείς που έπασχαν από στεφανιαία καρδιακή νόσο και σε ασθενείς που έπασχαν από καρκίνο έδειξαν, γενικά, μια ευεργετική χαλαρωτική δράση· βελτίωση του καρδιακού παλμού, της αναπνοής, της περιφερειακής θερμοκρασίας της καρδιάς, της μυοκαρδιακής κατανάλωσης οξυγόνου για τους πρώτους και μείωση των επιπέδων έντασης και άγχους, αλλά και κορτιζόλης ορού, για τους δεύτερους. Αλλά και οι κινητικές ερμηνευτικές τέχνες του χορού και του δράματος έχουν θετική θεραπευτική επίδραση. Έρευνες που έγιναν αναφορικά με ηλικιωμένους, μεσήλικες και ασθενείς με καρκίνο του στήθους έδειξαν ψυχολογικές, φυσιολογικές και γνωσιακές ευεργετικές αλλαγές, αλλά και βελτίωση της αυτογνωσίας και της ποιότητας ζωής τους. [38]

Παρ' όλα αυτά όμως, λόγω της φύσης της τέχνης, είναι ακόμη αρκετά δύσκολο να βελτιστοποιηθούν επιστημονικά οι θεραπευτικές της χρήσεις. Ένα βήμα κοντύτερα προς τον στόχο αυτόν είναι η παρατηρούμενη προσπάθεια σύνδεσης των τεχνών με την πρόκληση μεταμορφωτικών λειτουργικών και δομικών αλλαγών στον εγκέφαλο, δηλαδή με τη νευροπλαστικότητα, αλλά και γενικότερα με τις νευροεπιστήμες, με σκοπό την αξιοποίηση των σύγχρονων νευροαπεικονιστικών τεχνικών. Έτσι, η θεραπεία μέσω της τέχνης δύναται, πλέον, να προσεγγισθεί και με ποσοτικές μεθόδους, πέραν των ποιοτικών. [37] [39]

Η θεραπεία μέσω τέχνης βασίζεται, ουσιαστικά, στην αλληλεπίδραση σώματος και νου. Γι' αυτόν τον λόγο, οι σύγχρονοι ειδικοί αυτού του τομέα δίνουν μεγάλη ερευνητική έμφαση στη νευροφυσιολογική υπόσταση της καλλιτεχνικής έκφρασης, αλλά και της αισθητικής. Κατά τη διαδικασία της δημιουργίας ή της βίωσης ενός έργου τέχνης, ενεργοποιούνται πρώτα οι αισθητηριακοί δίαυλοι και στη συνέχεια, μέσω της αντίληψης, τα

ερεθίσματα οδηγούνται στο στάδιο της επεξεργασίας. Επομένως, τόσο η δημιουργία όσο και η βίωση της τέχνης εμπλέκονται με διάφορες κινητικές, σωματοαισθητηριακές, οπτικές, συναισθηματικές και γνωσιακές πτυχές της διαδικασίας επεξεργασίας πληροφοριών τού εγκεφάλου· πτυχές οι οποίες υλοποιούνται, τελικά, με την κατάλληλη ενεργοποίηση των αντίστοιχων εγκεφαλικών δομών και δικτύων. [40]

Έτσι, η θεραπεία μέσω τέχνης, εκμεταλλεύομενη κάθε τρόπο αλληλεπίδρασης τού εγκεφάλου με την εκάστοτε μορφή τέχνης, μπορεί να επηρεάσει και να ωφελήσει τον άνθρωπο, μέσω της κατάλληλης ενεργοποίησης των αντίστοιχων εγκεφαλικών δομών και δικτύων, σε τρεις κύριους τομείς: στην ανασύσταση και αποκατάσταση φυσικών βλαβών, στην ενίσχυση της νοητικής, συναισθηματικής και σωματικής θεραπείας, αλλά και στη βελτίωση της γνωσιακής και συναισθηματικής ανάπτυξής του. [40]

Αξίζει, τέλος, να αναφέρουμε πως σε αυτά τα πλαίσια της εδραίωσης της σχέσης μεταξύ της θεραπείας μέσω τέχνης και των νευροεπιστημών έχουν ήδη αρχίσει να γίνονται σημαντικά ερευνητικά βήματα. Ένα τέτοιο παράδειγμα ποσοτικής επιστημονικής έρευνας επί της εφαρμογής της θεραπείας μέσω τέχνης στον εγκέφαλο χρησιμοποίησε τη νευροαπεικονιστική τεχνική της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, προκειμένου να εξακριβώσει τυχόν διαφορές της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου των εξεταζόμενων μετά από μια ώρα δημιουργικής ενασχόλησής τους με σχέδιο και ζωγραφική. Η έρευνα έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά της ηλεκτρικής δραστηριότητας μετά την καλλιτεχνική δημιουργία σε σχέση με τη βασική καταγραφή πριν από αυτήν· γενικά, παρατηρήθηκε αύξηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας των ρυθμών άλφα και βήτα και μείωση της ηλεκτρικής δραστηριότητας των ρυθμών θήτα και δέλτα. Τα αποτελέσματα αυτά φανερώνουν τη δυνατότητα της θεραπείας μέσω τέχνης να τροποποιεί αποτελεσματικά τα μοτίβα της ηλεκτρικής δραστηριότητας τού εγκεφάλου, ανοίγοντας έτσι νέες προοπτικές στην αξιοποίησή της, σε συνεργασία με την ηλεκτροεγκεφαλογραφία, ως τεχνική παρεμβατικής ρύθμισης της δραστηριότητας τού εγκεφάλου, με στόχο την ευεργετική βελτίωση κάποιας παθολογικής κατάστασης. [41]

Στα πλαίσια της παραπάνω ηλεκτροεγκεφαλογραφικής έρευνας κινήθηκε, μάλιστα, και το πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας. Στη συνέχεια θα εστιάσουμε στη θεραπευτική δράση των δυο τεχνών με τις οποίες ασχοληθήκαμε κατά τη διάρκεια του πειράματός μας: του κινηματογράφου και του θεατρικού δρώμενου.

### 2.3.1 Θεραπεία μέσω του κινηματογράφου

Οι κινηματογραφικές ταινίες, από τη στιγμή που απέκτησαν σημαντική θέση μεταξύ των υπόλοιπων τεχνών, έχουν θεωρηθεί πηγή τόσο διασκέδασης όσο και διαπαιδαγώγησης για το κοινό. Με τον συνδυασμένο αντίκτυπο της εικόνας, της μουσικής, του διαλόγου, του φωτισμού, των γωνιών της κάμερας και των ειδικών εφέ, οι ταινίες καταφέρνουν να προκαλέσουν έντονες αντιδράσεις, οι οποίες εμπλέκουν τους θεατές συναισθηματικά, γνωσιακά, αλλά και σωματικά. [42]

Η αξιοποίηση των κινηματογραφικών ταινιών ως μαθήματα για τους ασθενείς στα πλαίσια της θεραπείας τους έχει συζητηθεί ήδη από το 1979. Η θεραπευτική προσέγγιση των ταινιών, όμως, άρχισε να γίνεται δημοφιλέστερη μεταξύ των ειδικών τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Τότε ήταν που αυτού του τύπου η θεραπεία μέσω τέχνης άρχισε να γίνεται ευρύτερα γνωστή στην επιστημονική βιβλιογραφία ως *κινηματογραφοθεραπεία* (cinematherapy). Στα πλαίσια αυτής της θεραπευτικής προσέγγισης, ο ειδικός επιλέγει προσεκτικά μια ταινία που σχετίζεται με τα βασικά ζητήματα της παθολογικής κατάστασης τού ασθενή. Στη συνέχεια, ο ασθενής παρακολουθεί την ταινία, ώστε τα ερεθίσματα που θα

αποκομίσει από αυτή να συζητηθούν από κοινού με τον ειδικό κατά τη διάρκεια της θεραπευτικής συνεδρίας. [42]

Η κινηματογραφοθεραπεία, μάλιστα, απευθύνεται τόσο σε μεμονωμένα άτομα όσο και σε ζευγάρια ή οικογένειες. Δεν είναι, όμως, μόνο το πλήθος του κοινού στο οποίο απευθύνεται ευρύ· ακόμη και η ευεργετική της επίδραση παρουσιάζει αξιοσημείωτη έκταση. Πιο συγκεκριμένα, η επίδρασή της αυτή, ανάλογα πάντα με την ταινία που παρακολουθείται, ξεκινά από την απλή συναισθηματική εκτόνωση· συνεχίζει με την ανάπτυξη της αυτογνωσίας του θεατή, η οποία βασίζεται στις αντιδράσεις του απέναντι σε υποθετικούς χαρακτήρες και καταστάσεις τις οποίες θα ήταν, ίσως, αδύνατον να βιώσει στην πραγματική ζωή· και μπορεί να αγγίξει ακόμη και την κάθαρση, ξεκλειδώνοντας διαφορετικά επίπεδα συναισθηματικών και γνωσιακών αντιδράσεων στη συμπεριφορά του θεατή και υλοποιώντας, με τον τρόπο αυτόν, το πρώτο στάδιο της ψυχοθεραπείας του. [42]

Το στοιχείο αποτελεσματικής διασύνδεσης της παρακολούθησης μιας ταινίας με την ψυχοθεραπεία είναι η μεταφορά· η ιστορία που παρακολουθεί ο ασθενής κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της ταινίας δεν χρειάζεται απαραίτητα να αντικατοπτρίζει τη ζωή του, αλλά να μπορεί απλά να χρησιμοποιηθεί ως μεταφορά για κάποια σημαντική έκφραση αυτής. Η μεταφορά αυτή λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν όλες οι υπόλοιπες παραδοσιακές μεταφορές που αξιοποιεί η ψυχοθεραπεία· μεταφέρει τις σημασιόμενες έννοιες στις συμβολικές και δημιουργικές περιοχές του εγκεφάλου, προσπερνώντας τις περιοχές που σχετίζονται περισσότερο με την ανάλυση και τη λογική. [43]

Η αξιοποίηση αυτών των μεταφορών μέσω μιας κινηματογραφικής ταινίας μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη σε περιπτώσεις που ο ασθενής αντιστέκεται στα μηνύματα και τις ερμηνείες του ειδικού θεραπευτή, είτε επειδή ασκεί κριτική σε αυτές είτε επειδή αρνείται να δεχτεί πως συγκεκριμένες έννοιες ή ιδέες τον αφορούν προσωπικά. Στην υπέρβαση των διαδικασιών της ανάλυσης και της λογικής του εγκεφάλου, στην οποία στοχεύουν οι κινηματογραφικές ταινίες για να διοχετεύσουν αποτελεσματικά τις μεταφορές τους, συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό και η καταβύθιση του ασθενή ολοκληρωτικά στη ροή της ταινίας· όσο ο θεατής αποσχίζεται προσωρινά από την προσωπική του συναίσθηση και από τις καθημερινές του σκέψεις και τα προβλήματα, η ταινία καταφέρνει να μεταφέρει τα μηνύματα στα κέντρα συμβολικής επεξεργασίας του εγκεφάλου και να φυτέψει, έτσι, στον θεατή τον σπόρο της θεραπευτικής του εξέλιξης, ανάπτυξης και ωρίμανσης. [43]

Φυσικά, αυτή η θεραπευτική τεχνική εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό τόσο από την επιθυμία του θεατή να υπερβεί τη δυσπιστία του και να απορροφηθεί από την ταινία όσο και από την ικανότητά του να αντλεί, τελικά, με οξυδέρκεια τις κατάλληλες έννοιες μέσα από τις μεταφορές. Τέλος, οφείλουμε να σημειώσουμε πως σε περιπτώσεις σοβαρών ψυχιατρικών διαταραχών και σοβαρού ψυχικού τραύματος η χρήση της θεραπείας μέσω κινηματογράφου δεν ενδείκνυται, καθώς το αποτέλεσμα μπορεί να είναι διαμετρικά αντίθετο από το αναμενόμενο. [44]

### 2.3.2 Θεραπεία μέσω του θεατρικού δρώμενου

Η *δραματοθεραπεία* (dramatherapy) είναι η συμμετοχή σε ένα θεατρικό δρώμενο με στόχο τη θεραπεία των συμμετεχόντων· έναν στόχο τον οποίο μπορεί μεν να μοιράζεται από κοινού με το *ψυχόδραμα* (psychodrama), με το οποίο και εφάπτεται, αλλά επιστρατεύει μια διαφορετική προσέγγιση της αξιοποίησης των λειτουργιών του θεάτρου για την επίτευξή του. Η δραματοθεραπεία, δηλαδή, επιδιώκει τη θεραπεία του ατόμου μέσω ενός ευρέως συνόλου διαφόρων εργαλείων της δραματικής τέχνης, με στόχους που εδράζονται στην επιστήμη της ψυχοθεραπείας. Αξιοποιεί τη δυνατότητα του θεατρικού δρώμενου να αντανακλά και να μετασχηματίζει τις εμπειρίες ζωής των δρώντων, επιτρέποντάς τους να

εκφράζουν και να επιλύουν τα προβλήματα που τους απασχολούν και να διατηρούν μια αξιολογη ποιότητα και υγιή στάση ζωής. [45]

Τα δραματικά εργαλεία που χρησιμοποιούν στα πλαίσια του θεραπευτικού τους προγράμματος οι συμμετέχοντες περιλαμβάνουν το περιεχόμενο των δραματικών δραστηριοτήτων, τη διαδικασία της δημιουργίας αναπαραστάσεων και τις σχέσεις που δημιουργούνται μεταξύ των μελών της ομάδας που υλοποιεί το δρώμενο. Μέσα από τη δραματική τέχνη, εγκαθιδρύεται μια μοναδική προοπτική και μια σύνδεση ανάμεσα στον εσωτερικό κόσμο των δρώντων, των προβληματικών καταστάσεων που βιώνουν, των διαφόρων εμπειριών της ζωής τους, και της θεατρικής δράσης που ενσαρκώνουν. Αλλάζοντας την αντιμετώπισή τους ως προς τα εσωτερικά τους προβλήματα και βιώνοντας μια νέα προοπτική μέσω των δραματικών πράξεων που τελούν, οι συμμετέχοντες στοχεύουν στην επίλυσή τους, στην ανακούφιση, αλλά και σε μια γενικότερη μεταμορφωτική αλλαγή στον τρόπο σκέψης και λειτουργίας τους στη ζωή. [45]

Η δραματοθεραπεία είναι μια κοινωνική δραστηριότητα. Στα πλαίσιά της, ο θεραπευτής συντονίζει ομάδες ατόμων κατά τη διάρκεια συνεδριών, που διαρκούν από 40 ως 90 λεπτά, για αρκετές εβδομάδες. Κάθε συνεδρία αποτελείται από την εναρκτήρια φάση της, η οποία εξελίσσεται σε μια ενεργή εξερεύνηση των περιοχών που αποτελούν τις πηγές των προβλημάτων των συμμετεχόντων, για να οδηγηθεί, τελικά, στη φάση της λήξης. Οι κύριες διαδικασίες που συντονίζονται από τον θεραπευτή για την αντιμετώπιση των προβλημάτων των συμμετεχόντων αφορούν στην επαφή τους με το πρόβλημα μέσω της δραματικής έκφρασης, σε συνεργασία, φυσικά, με την ομάδα. Η λήξη συχνά έχει τη μορφή της συζήτησης και της κατανόησης αυτών των δραματικών ενεργειών που προηγήθηκαν. Έτσι, η δραματοθεραπεία τελείται εντός συγκεκριμένων και σαφών ορίων, τα οποία προστατεύουν τον θεραπευτικό χώρο. [45]

Στην καρδιά της δραματοθεραπείας βρίσκονται ορισμένες βασικές δραστηριότητες δραματικής έκφρασης, μέσω του κατάλληλου συνδυασμού των οποίων συντελείται αποτελεσματικά η θεραπευτική μεταμορφωτική αλλαγή στον τρόπο σκέψης και λειτουργίας των δρώντων. Οι δραστηριότητες αυτές είναι: η δραματική προβολή (dramatic projection), η δραματική ενσυναίσθηση και αποστασιοποίηση (empathy and distancing), η προσωποποίηση και το παιχνίδι ρόλων (personification and role-playing), η διαδραστική ακρόαση και θέαση (interactive audience and witnessing), η ενσάρκωση (embodiment), το παιχνίδι (playing), η σύνδεση ζωής και δρώμενου (life-drama connection) και η μεταμόρφωση (transformation). [45] [46]

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης αυτών των εκφραστικών δραματικών δραστηριοτήτων, οι συμμετέχοντες μπορούν να χρησιμοποιούν δημιουργημένους ή βασισμένους σε σενάριο ρόλους και χαρακτήρες ή να υποδύονται τον εαυτό τους σε μια φανταστική, όμως, πραγματικότητα, με σκοπό να εξερευνήσουν διάφορες εμπειρίες ζωής· μπορούν να αξιοποιούν υλικά, όπως διάφορα αντικείμενα, μικρά παιχνίδια και μαριονέτες, για να αναπαραστήσουν, και τελικά να αντιμετωπίσουν, προβληματικά συναισθήματα, σχέσεις ή εμπειρίες· μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σώμα τους στη δραματική έκφραση, μέσα από μεταμφιέσεις, μάσκες, μιμήσεις ή ερμηνείες, έτσι ώστε να εξερευνήσουν τον εαυτό τους, την εικόνα τους και τις σχέσεις τους· μπορούν να αντλήσουν και να αναπαραστήσουν μοτίβα, προσωπικά ζητήματα ή αρχέτυπα μέσα από σενάρια, ιστορίες και μύθους, με στόχο να αλλάξουν την οπτική τους απέναντι σε κάποιο πρόβλημα· μπορούν να δημιουργήσουν δραματικές τελετουργίες για να αντιμετωπίσουν διάφορες περιοχές των εμπειριών της ζωής τους· και, τέλος, μπορούν να εξελιχθούν μέσα από τα διάφορα αναπτυξιακά στάδια τού δράματος, έτσι ώστε να βοηθήσουν στην ανάπτυξη νέων σχέσεων τού εαυτού τους με τους άλλους. [45]

Συχνά, οι θεραπευτές που συντονίζουν τη δραματοθεραπεία καθοδηγούν τους συμμετέχοντες να αξιοποιήσουν όλο αυτό το εκφραστικό εύρος των δραματικών και

θεατρικών μορφών· ένα εύρος γνωστό ως *συνεχές παιχνιδιού-δράματος* (play-drama continuum). Η ρευστότητα αυτού του συνεχούς ευνοεί τη θεραπευτική πορεία τού δρώντος, επιτρέποντάς του μεγάλη ευχέρεια και ευελιξία· σε κάποιες συνεδρίες μπορεί να κάνει ένα βήμα μπροστά, σε άλλες δύο ή τρία βήματα πίσω. Η αντιμετώπιση ενός δύσκολου και αβάσταχτου συναισθήματος μπορεί να προκαλέσει μια αυτοπροστατευτική απομάκρυνση από αυτό, μια οπισθοχώρηση. Έτσι, συχνά αποδεικνύεται παρηγορητική η επιστροφή σε κάποιο προηγούμενο αισθητικοκινητικό στάδιο παιχνιδιού, με το οποίο υπάρχει οικειότητα, ώστε να αντληθεί η απαιτούμενη αποφασιστικότητα για την τελική αντιμετώπιση του προβλήματος. Ο συντονιστής παρακολουθεί την πορεία των δρώντων στην ομάδα και οργανώνει ανάλογα το περιεχόμενο των επόμενων συνεδριών. [45]

Όλες αυτές οι εκφραστικές δραστηριότητες καταβυθίζουν τους δρώντες σε μια *δραματική πραγματικότητα*, η οποία περιλαμβάνει την αισθητή είσοδό τους σε ένα φανταστικό πεδίο και τη συμμετοχή τους σε προσποιήσεις και υποθετικές συμπεριφορές. Αυτή η δραματική πραγματικότητα αποτελεί τον πυρήνα της θεραπευτικής δράσης τού δράματος. Αποτελεί έναν αισθητικό χώρο όπου η φαντασία υλοποιείται και συνυφαίνεται με την πραγματικότητα· όπου ο χρόνος και ο χώρος αναστέλλονται και το αδύνατο γίνεται δυνατό· όπου η πραγματικότητα είναι τόσο παροντική όσο και παρελθοντική, τόσο ρεαλιστική όσο και συμβολική· όπου το αντικειμενικό και το υποκειμενικό εφάπτονται, και η συμπεριφορά αγγίζει την αναπόληση. Είναι αυτή η ικανότητα της δραματικής πραγματικότητας να δίνει απτή μορφή σε αφηρημένες έννοιες που καθιστά δυνατή την έκφραση δύσκολων συναισθημάτων, τη δοκιμασία υποθετικών καταστάσεων και την αναβίωση αναμνήσεων. Με αυτόν τον τρόπο η δραματική πραγματικότητα λειτουργεί ως περιοχή δοκιμής· εκεί οι δρώντες έρχονται σε επαφή με διάφορα συναισθήματα, χαρακτηριστικά και εμπειρίες, έξω από τον πραγματικό κόσμο. Στην ασφάλεια και την ευελιξία τού αισθητικού χώρου οι καταστροφικές εκφάνσεις της ανθρώπινης φύσης εκφράζονται και ενσαρκώνονται ρεαλιστικά, αλλά και ακυρώνονται αυτοστιγμεί· εκεί έγκειται η καθαρτική ισχύς της δραματικής τέχνης. [47]

Βασισμένη στην υπέρβαση της δυσπιστίας των δρώντων, λοιπόν, η δραματική πραγματικότητα λειτουργεί ως ένας περιφραγμένος ημιπραγματικός χώρος, όπου οι δρώντες προβάλλουν και υλοποιούν την εσωτερική γνωσιακή και συναισθηματική τους κατάσταση, την εκφράζουν, την εξερευνούν, την αντιμετωπίζουν και την κατακτούν, έτσι ώστε να τη μεταμορφώσουν θεραπευτικά για να ωφεληθούν στη ρεαλιστική πραγματικότητα. [47]

### 2.3.3 Ανακεφαλαίωση

Συνοψίζοντας τα όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.3, η διαδεδομένη αξιοποίηση των τεχνών στα πλαίσια θεραπευτικών πρακτικών είναι, αν μη τι άλλο, ενδεικτική μιας πιθανής υποφώσκουσας επίδρασής τους στη μεταβολή της δραστηριότητας τού εγκεφάλου. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση της δραματικής τέχνης, όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2.2.2, είναι ήδη από την εποχή της κλασικής αρχαιότητας γνωστή η θεραπευτική της ικανότητα· ικανότητα που παγιώθηκε και εδραιώθηκε ως απαραίτητο και επιδιωκόμενο χαρακτηριστικό του δράματος από τον Αριστοτέλη στο έργο του «Περὶ ποιητικῆς». Αυτή, λοιπόν, την επίδραση των τεχνών στη μεταβολή της εγκεφαλικής λειτουργίας αποπειραθήκαμε να ερευνήσουμε ποσοτικά, μέσω της τεχνικής της Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, στην παρούσα εργασία.



## 2.4 Βιβλιογραφία

- [1] B. Gaut and D. Lopes, Eds., "21: Definitions of Art," in *The Routledge Companion to Aesthetics*, 3rd ed., 2013, pp. 213-223.
- [2] B. Gaut and D. Lopes, Eds., "Part IV: The individual arts," in *The Routledge Companion to Aesthetics*, 3rd ed., 2013, pp. 519-658.
- [3] M. Biggs and H. Karlsson, Eds., "Chapter 18: Characteristics of Visual and Performing Arts," in *Routledge Companion to Research in the Arts*, 2011, pp. 315-332.
- [4] B. Gaut and D. Lopes, Eds., "22: Categories of Art," in *The Routledge Companion to Aesthetics*, 3rd ed., 2013, pp. 224-234.
- [5] P. DiMaggio, "Classification in Art," *American Sociological Review*, vol. 52, pp. 440-455, 1987.
- [6] P. A. Alperson, Ed., *The Philosophy of the Visual Arts*, Oxford University Press, 1992.
- [7] L. Bresler, Ed., "Composing in Visual Arts," in *International Handbook of Research in Arts Education*, 2007, pp. 543-561.
- [8] M. Barber, Ed., "Meaning Structures of Literary Art Forms," in *Collected Papers VI. Literary Reality and Relationships*, 2013, pp. 151-170.
- [9] D. Koralek, "The Performing Arts: Music, Dance, and Theater in the Early Years," *Young Children*, vol. 65, pp. 10-13, 2010.
- [10] C. F. Rose, Ed., "Chapter 2: Neural Concept Formation and Art: Dante, Michelangelo, Wagner," in *Neurology of the Arts: Painting, Music, Literature*, 2004, pp. 13-41.
- [11] J.-P. Changeux, "Beauty in the brain: for a neuroscience of art," *Rendiconti Lincei*, vol. 23, pp. 315-320, 2012.
- [12] J.-P. Changeux, "Creation, Art, and the Brain," *Neurobiology of Human Values*, pp. 1-10, 2005.
- [13] E. T. Rolls, "Neuroculture: art, aesthetics, and the brain," *Rendiconti Lincei*, 2014 (In Press).
- [14] D. D. Cinzia and G. Vittorio, "Neuroaesthetics: a review," *Current Opinion in Neurobiology*, vol. 19, p. 682-687, 2009.
- [15] R. Frigg and M. Hunter, Eds., "Art and Neuroscience," in *Beyond Mimesis and Convention: Representation in Art and Science*, 2010, pp. 245-262.
- [16] S. Zeki, "Art and the Brain," *Dædalus*, vol. 127, pp. 71-103, 1998.
- [17] V. Ramachandran and W. Hirstein, "The Science of Art: A Neurological Theory of Aesthetic Experience," *Journal of Consciousness Studies*, vol. 6, p. 15-51, 1999.

- [18] I. Segev, L. M. Martinez and R. J. Zatorre, "Brain and art," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 8:465, p. 1, 2014.
- [19] S. Preminger, "Transformative art: art as means for long-term neurocognitive change," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6:96, pp. 1-7, 2012.
- [20] E. Munar, M. Nadal, N. P. Castellanos, A. Flexas, F. Maestú, C. Mirasso and C. J. Cela-Conde, "Aesthetic appreciation: event-related field and time-frequency analyses," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 5:185, pp. 1-11, 2012.
- [21] E. A. Vessel, G. G. Starr and N. Rubin, "The brain on art: intense aesthetic experience activates the default mode network," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6:66, pp. 1-17, 2012.
- [22] A. Bolwerk, J. Mack-Andrick, F. R. Lang, A. Dorfler and C. Maihofner, "How Art Changes Your Brain: Differential Effects of Visual Art Production and Cognitive Art Evaluation on Functional Brain Connectivity," *PLOS ONE*, vol. 9: e101035, pp. 1-8, 2014.
- [23] G. S. Berns, K. Blaine, M. J. Prietula and B. E. Pye, "Short- and Long-Term Effects of a Novel on Connectivity in the Brain," *Brain Connect*, vol. 3, pp. 590-600, 2013.
- [24] U. Hasson, O. Landesman, B. Knappmeyer, I. Vallines, N. Rubin and D. J. Heeger, "Neurocinematics: The Neuroscience of Film," *Projections*, vol. 2, pp. 1-26, 2008.
- [25] Y. Dudai, "The cinema-cognition dialogue: a match made in brain," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 6:248, pp. 1-8, 2012.
- [26] K. Lankinen, J. Saari, R. Hari and M. Koskinen, "Intersubject consistency of cortical MEG signals during movie viewing," *NeuroImage*, vol. 92, pp. 217-224, 2014.
- [27] J. M. Lahnakoski, E. Glerean, I. P. Jääskeläinen, J. Hyönä, R. Hari, M. Sams and L. Nummenmaa, "Synchronous brain activity across individuals underlies shared psychological perspectives," *NeuroImage*, vol. 100, p. 316-324, 2014.
- [28] U. Hasson, O. Furman, D. Clark, Y. Dudai and L. Davachi, "Enhanced Intersubject Correlations during Movie Viewing Correlate with Successful Episodic Encoding," *Neuron*, vol. 57, p. 452-462, 2008.
- [29] C. Milbrath and C. Lightfoot, Eds., "A New Lens on the Development of Social Cognition: The Study of Acting," in *Art and Human Development*, 2010, pp. 221-247.
- [30] M.-N. Metz-Lutz, Y. Bressan, N. Heider and H. Otzenberger, "What physiological changes and cerebral traces tell us about adhesion to fiction during theater-watching?," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 4:59, pp. 1-10, 2010.
- [31] G. Sofia, "Towards a 20th Century History of Relationships between Theatre and Neuroscience," *Brazilian Journal on Presence Studies*, vol. 4, pp. 313-332, 2014.
- [32] V. Bates, A. Bleakley and S. Goodman, Eds., "11. Theatre, performance and 'the century of the brain'. Influences of cognitive neuroscience on professional theatre practice," in *Medicine*,

*Health and the Arts: Approaches to the Medical Humanities*, 2014, pp. 186-205.

- [33] T. R. Goldstein, "Psychological Perspectives on Acting," *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, vol. 3, pp. 6-9, 2009.
- [34] T. R. Goldstein and E. Winner, "Engagement in Role Play, Pretense and Acting Classes Predict Advanced Theory of Mind Skill in Middle Childhood," *Imagination, Cognition, and Personality*, vol. 30, pp. 249-258, 2010-2011.
- [35] T. R. Goldstein, "Correlations among social-cognitive skills in adolescents involved in acting (vs. arts) classes," *International Journal of Mind, Brain and Education*, vol. 5, pp. 97-103, 2011.
- [36] T. R. Goldstein, The effects of Acting training on Theory of Mind, Empathy, and Emotional Regulation. (Ph.D. Dissertation, Department of Psychology, The Graduate School of Arts and Sciences, Boston College), 2010.
- [37] L. M. Konopka, "Where art meets neuroscience: a new horizon of art therapy," *Croatian Medical Journal*, vol. 55, pp. 73-74, 2014.
- [38] H. L. Stuckey and J. Nobel, "The Connection Between Art, Healing, and Public Health: A Review of Current Literature," *American Journal of Public Health*, vol. 100, pp. 254-263, 2010.
- [39] M. Bosnar-Puretić, M. Roje-Bedeković and V. Demarin, "The Art: Neuroscientific approach," *Acta Clinica Croatica*, vol. 48, pp. 367-370, 2009.
- [40] V. B. Lusebrink, "Art Therapy and the Brain: An Attempt to Understand the Underlying Processes of Art Expression in Therapy," *Art Therapy: Journal of the American Art Therapy Association*, vol. 21, pp. 125-135, 2004.
- [41] C. M. Belkofer and L. M. Konopka, "Conducting Art Therapy Research Using Quantitative EEG Measures," *Art Therapy: Journal of the American Art Therapy Association*, vol. 25, pp. 56-63, 2008.
- [42] M. B. Gregerson, Ed., "Cinematherapy: Using Movie Metaphors to Explore Real Relationships in Counseling and Coaching," in *The Cinematic Mirror for Psychology and Life Coaching*, 2010, pp. 89-122.
- [43] C. Sharp, J. V. Smith and A. Cole, "Cinematherapy: Metaphorically promoting therapeutic change," *Counselling Psychology Quarterly*, vol. 15, pp. 269-276, 2002.
- [44] M. B. Gregerson, Ed., "Cinema as Alchemy for Healing and Transformation: Using the Power of Films in Psychotherapy and Coaching," in *The Cinematic Mirror for Psychology and Life Coaching*, 2010, pp. 201-225.
- [45] P. Jones, "What is dramatherapy?," in *Drama as Therapy: Theory, practice and research*, 2nd ed., 2007, pp. 3-20.



- [46] P. Jones, "Research into the core processes of drama therapy: Vignettes and conversations," *The Arts in Psychotherapy*, vol. 35, pp. 271-279, 2008.
- [47] S. Pendzik, "On dramatic reality and its therapeutic function in drama therapy," *The Arts in Psychotherapy*, vol. 33, pp. 271-280, 2006.



# Κεφάλαιο 3: Πειραματική διαδικασία και ανάλυση δεδομένων

---

## 3.1 Πειραματική διαδικασία

Με την παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια πρώτη προσπάθεια να απαντηθεί το πρωτότυπο ερευνητικό ερώτημα: «Μπορούν οι ερμηνευτικές τέχνες να αλλάξουν τον εγκέφαλό μας;». Για την πειραματική προσέγγιση αυτού του ερωτήματος διεξήχθη παράλληλη διερεύνηση των πιθανών επιδράσεων που μπορεί να έχουν στη λειτουργία τού εγκέφαλου δύο διακριτές μορφές τέχνης: ο κινηματογράφος και το θεατρικό δρώμενο. Για την εξακρίβωση αυτών των πιθανών επιδράσεων επιλέχθηκε η λειτουργική νευροαπεικονιστική τεχνική της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας (EEG).

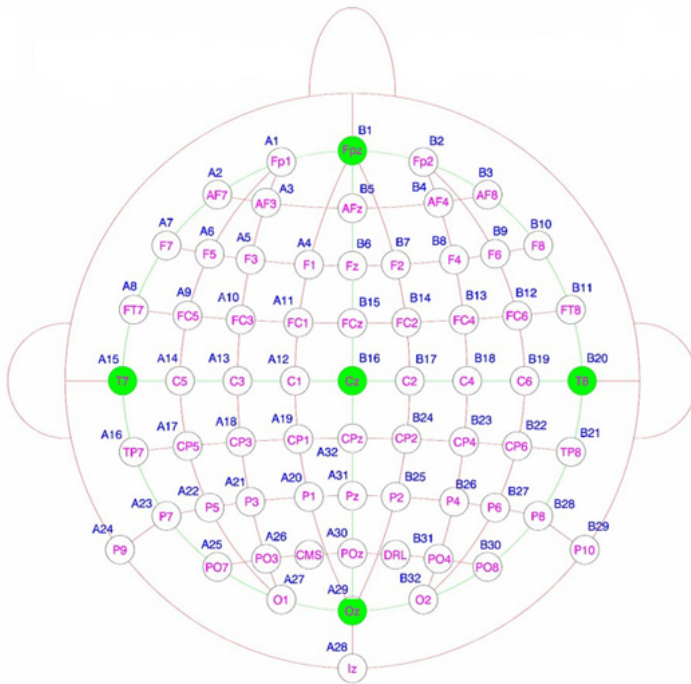
### 3.1.1 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Πιο αναλυτικά, αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος ηρεμίας ενός ατόμου σε δύο συνθήκες: πριν και μετά τη συμμετοχή σε ένα θεατρικό δρώμενο· πριν και μετά την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας. Κι αυτό γιατί, αντίθετα με την πληθώρα των ερευνών που αφορούν στην κατανόηση των διαδικασιών που δραστηριοποιούνται κατά την ενασχόληση κάποιου με τις οπτικές τέχνες, η σχέση της εκτέλεσης της δραματικής τέχνης με την εγκεφαλική δραστηριότητα δεν έχει ακόμη διερευνηθεί.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος οι εξεταζόμενοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η μία εξ αυτών συμμετείχε στο πείραμα του κινηματογράφου, ενώ η δεύτερη στο πείραμα του θεατρικού δρώμενου. Καταγράφηκε ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ηρεμίας (resting state) με ανοιχτά και κλειστά μάτια (resting state – eyes open, resting state – eyes closed) για κάθε εξεταζόμενο, πριν (baseline) και μετά τη συμμετοχή του στην αντίστοιχη μορφή τέχνης της ομάδας του, ακολουθώντας σαφώς ορισμένο πρωτόκολλο.

Και για τις δύο ομάδες που συμμετείχαν στο πείραμα, η κάθε μια για την αντίστοιχη μορφή τέχνης της, ακολουθήθηκε η κοινή διαδικασία που θα περιγραφεί παρακάτω.

Ως προς το πρωτόκολλο καταγραφής, για κάθε εξεταζόμενο έγινε πρώτα μια βασική καταγραφή (baseline) πριν τη συμμετοχή του στην εκτέλεση της αντίστοιχης μορφής τέχνης τής ομάδας του. Αυτή η βασική καταγραφή έγινε στο ίδιο ελεγχόμενο περιβάλλον στο οποίο θα γινόταν και η δεύτερη καταγραφή μετά τη συνθήκη τής συμμετοχής στην κατάλληλη μορφή τέχνης, προκειμένου να μειωθούν στο ελάχιστο οι εξωτερικές περιβαλλοντικές επιρροές στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Για την καταγραφή τού ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος χρησιμοποιήθηκε το σύστημα *ActiveTwo* της *Biosemi*, το οποίο παρουσιάζεται σε επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου. Χρησιμοποιήθηκαν 64 ενεργά ηλεκτρόδια για την καταγραφή τού ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος επί του δέρματος της κεφαλής σε διάταξη 10-20 και 4 εξωτερικά ενεργά ηλεκτρόδια για την καταγραφή του ηλεκτροοφθαλμογραφήματος (Electrooculogram, EOG) του εξεταζόμενου. Οι θέσεις των ενεργών ηλεκτροδίων φαίνονται στο Σχήμα 3.1. [1]



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα θέσεων των 64 ηλεκτροδίων κεφαλής κατά το σύστημα 10-20 (αριστερά) και θέσεις των 4 εξωτερικών ηλεκτροδίων EOG (δεξιά) [1]

Το EOG κάθε εξεταζόμενου χρησιμοποιήθηκε ως παράμετρος ελέγχου για τα τεχνήματα και τις αλλοιώσεις που προκαλούν στο καταγραφόμενο ΗΕΓ οι κινήσεις των οφθαλμών, ώστε να διευκολυνθεί η προεπεξεργασία των καταγεγραμμένων δεδομένων του ΗΕΓ στο στάδιο της ανάλυσης.

Μετά την εφαρμογή των 64 ηλεκτροδίων στο δέρμα της κεφαλής και των 4 εξωτερικών ηλεκτροδίων στις κατάλληλες περιοχές γύρω από τα μάτια, ζητήθηκε από τον εξεταζόμενο να παραμείνει ακίνητος στο κάθισμά του καθ' όλη τη διάρκεια της καταγραφής και να ελαχιστοποιήσει -στον βαθμό που ήταν δυνατό, αλλά χωρίς να προκληθεί δυσφορία- τις οφθαλμικές κινήσεις.

Η καταγραφή που ακολούθησε χωρίστηκε στις ακόλουθες τέσσερις συνεχόμενες, εναλλασσόμενες συνεδρίες, για την αποφυγή της καταπόνησης του εξεταζόμενου: η πρώτη συνεδρία, με συνθήκη *μάτια κλειστά* και διάρκεια 3 λεπτών· η δεύτερη συνεδρία, με συνθήκη *μάτια ανοιχτά* και διάρκεια 2 λεπτών· η τρίτη συνεδρία, με συνθήκη *μάτια κλειστά* και διάρκεια 3 λεπτών· η τέταρτη συνεδρία, με συνθήκη *μάτια ανοιχτά* και διάρκεια 2 λεπτών.

Κατά τη διάρκεια της εναλλαγής των συνεδριών της καταγραφής, στο περιβάλλον τού εξεταζόμενου διατηρήθηκαν σταθερές οι ελεγχόμενες συνθήκες χαμηλού φωτισμού, όπως και η απουσία οπτικών, ηχητικών και άλλου τύπου παρεμβολών και ερεθισμάτων.

Ως προς τις τεχνικές παραμέτρους της καταγραφής, χρησιμοποιήθηκε συχνότητα δειγματοληψίας 512 Hz και ζωνοπερατό φίλτράρισμα από 0,1 Hz ως 200 Hz.

Το ίδιο πρωτόκολλο καταγραφής ακολουθήθηκε και στην καταγραφή μετά τη συμμετοχή τού εξεταζόμενου στην αντίστοιχη μορφή τέχνης της ομάδας του, χάριν διατήρησης του ελέγχου –όσο ήταν εφικτό- των εξωτερικών περιβαλλοντικών μεταβλητών. Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, και για τις δυο ομάδες η δεύτερη καταγραφή έγινε στο ίδιο περιβάλλον με τη βασική καταγραφή.

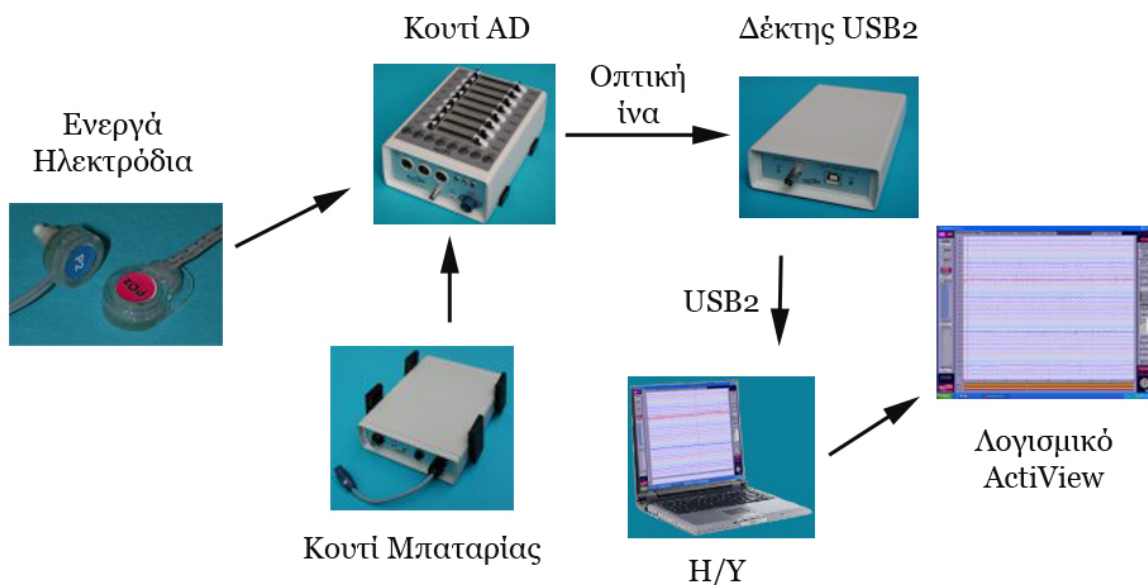
Ως προς τη συμμετοχή των εξεταζόμενων στην αντίστοιχη μορφή τέχνης της ομάδας τους, αξίζει να σημειωθούν τα παρακάτω.

Για την ομάδα τής *κινηματογραφικής ταινίας*, ζητήθηκε από κάθε εξεταζόμενο να παρακολουθήσει μόνος του, σε ελεγχόμενο χώρο προβολής, μια κινηματογραφική ταινία της επιλογής του. Αμέσως μετά το πέρας της κινηματογραφικής ταινίας, ξεκίνησε η εφαρμογή του προαναφερθέντος πρωτοκόλλου για τη δεύτερη καταγραφή τού ΗΕΓ τού εξεταζόμενου. Οι ταινίες που παρακολούθησαν οι εξεταζόμενοι είχαν μέση διάρκεια 90 λεπτά.

Για την ομάδα τού *θεατρικού δρώμενου*, έγινε καταγραφή ΗΕΓ από εξεταζόμενους που είχαν εμπειρία από 1 έως και 3 έτη στο θεατρικό παιχνίδι. Κάθε εξεταζόμενος συμφώνησε για την καταγραφή του μετά τη συμμετοχή του σε μια προγραμματισμένη συνεδρία θεατρικού δρώμενου της καλλιτεχνικής ομάδας στην οποία άνηκε. Οι εξεταζόμενοι δεν άνηκαν απαραίτητα στις ίδιες καλλιτεχνικές ομάδες, και οι καταγραφές τους έγιναν ατομικά: ένα άτομο μετά από κάθε προγραμματισμένη καλλιτεχνική συνεδρία. Αμέσως μετά το πέρας του θεατρικού δρώμενου, ξεκίνησε η εφαρμογή του προαναφερθέντος πρωτοκόλλου για τη δεύτερη καταγραφή τού ΗΕΓ τού εξεταζόμενου. Οι συνεδρίες των θεατρικών δρώμενων στα οποία συμμετείχαν οι εξεταζόμενοι είχαν μέση διάρκεια 90 λεπτά.

### 3.1.2 Σύστημα καταγραφής ΗΕΓ

Για την καταγραφή τού ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος των εξεταζόμενων χρησιμοποιήθηκε η διάταξη καταγραφής *ActiveTwo* της εταιρείας *Biosemi*. Η διάταξη *ActiveTwo* είναι ένα σύστημα υψηλής ανάλυσης και πολυκαναλικής μέτρησης βιοηλεκτρικών δυναμικών για ερευνητικές εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, προσφέρεται ανάλυση 24 bit για κάθε κανάλι και υποστηρίζονται έως και 280 κανάλια παράλληλης καταγραφής. Το εν λόγω σύστημα χρησιμοποιεί DC ενισχυτή και ενεργά ηλεκτρόδια καταγραφής. Κατά τη διάρκεια των ηλεκτροεγκεφαλικών καταγραφών που διεξήχθησαν στο πειραματικό κομμάτι της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα *ActiveTwo* με συνολικά 72 προσφερόμενα κανάλια εισόδου: 64 κανάλια για τα ηλεκτρόδια που εφαρμόζονται στο δέρμα της κεφαλής και συνολικά 8 κανάλια για τυχόν εξωτερικά ηλεκτρόδια που μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο τού σώματος. Τα στάδια από τα οποία αποτελείται η εν λόγω διάταξη φαίνονται στο Σχήμα 3.2. [1]



Σχήμα 3.2: Διάταξη καταγραφής *ActiveTwo* [1]

Πιο αναλυτικά, το σύστημα ActiveTwo χρησιμοποιεί ενεργά ηλεκτρόδια (active electrodes) πυροσυσσωματωμένου μίγματος Ag-AgCl, τα οποία λειτουργούν ως ένα ολοκληρωμένο στάδιο προενίσχυσης του σήματος. Έτσι, γίνεται εφικτό να πραγματοποιηθούν καταγραφές με πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου, δίχως παρεμβολές, χωρίς να είναι απαραίτητη η σχετική προετοιμασία του δέρματος για την καταγραφή. Αυτά τα ενεργά ηλεκτρόδια είναι αισθητήρες πολύ χαμηλής αντίστασης εξόδου. Χάρη στον σχεδιασμό τους, εξαλείφονται τα συνηθισμένα προβλήματα που αφορούν στην υψηλή αντίσταση ηλεκτροδίου και στη χωρητική σύζευξη ανάμεσα στο καλώδιο και την πηγή παρεμβολής, καθώς και τα ανεπιθύμητα τεχνημάτα (artifacts) που προκύπτουν από την κίνηση του καλωδίου. Τέλος, επιτυγχάνεται εξίσωση των επιπέδων θορύβου με τα επίπεδα θερμικού θορύβου των ηλεκτροδίων, τα οποία αποτελούν και το θεωρητικό ελάχιστο. [1]

Το σύστημα ActiveTwo χρησιμοποιεί δύο είδη ενεργών ηλεκτροδίων: τα ηλεκτρόδια επίπεδου τύπου και τα ηλεκτρόδια τύπου ακίδας. Τα ηλεκτρόδια επίπεδου τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή οποιουδήποτε βιοηλεκτρικού σήματος από οποιοδήποτε σημείο του σώματος. Διαθέτουν κοιλότητα Ag-AgCl για την τοποθέτηση και τη διατήρηση του αγωγίμου τζελ, η οποία βοηθά επιπλέον και στη μείωση των ανεπιθύμητων τεχνημάτων. Αντίστοιχα, τα ηλεκτρόδια τύπου ακίδας εφαρμόζονται στους κατάλληλους υποδοχείς ηλεκτροδίων που βρίσκονται ενσωματωμένοι στον συνοδευτικό σκούφο καταγραφής του συστήματος. Κάθε ηλεκτρόδιο αυτού του τύπου διαθέτει ακιδωτή κορυφή Ag-AgCl, η οποία εξασφαλίζει τη σταθερή απόδοσή του και τη μειωμένη εμφάνιση θορύβου και τεχνημάτων. Οι δύο τύποι των ενεργών ηλεκτροδίων φαίνονται στο Σχήμα 3.3. [1]



Σχήμα 3.3: Ενεργά ηλεκτρόδια επίπεδου τύπου (πάνω) και τύπου ακίδας (κάτω) [1]

Για την εφαρμογή των ηλεκτροδίων τύπου ακίδας στο δέρμα της κεφαλής των εξεταζόμενων χρησιμοποιείται ένας ελαστικός σκούφος με ενσωματωμένες πλαστικές υποδοχές με οπές για κάθε ηλεκτρόδιο. Ο σκούφος τοποθετείται στο κεφάλι του εξεταζόμενου, και οι οπές των υποδοχών γεμίζονται με αγωγίμο τζελ με μια κατάλληλη σύριγγα. Μετά την εφαρμογή του αγωγίμου τζελ, τα ενεργά ηλεκτρόδια τοποθετούνται ένα προς ένα στις κατάλληλες υποδοχές. Η όλη διαδικασία είναι αξιόπιστη και διαρκεί περίπου 5-10 λεπτά για 32 κανάλια ηλεκτροδίων, επιτρέποντας έτσι την καταγραφή ΗΕΓ σήματος

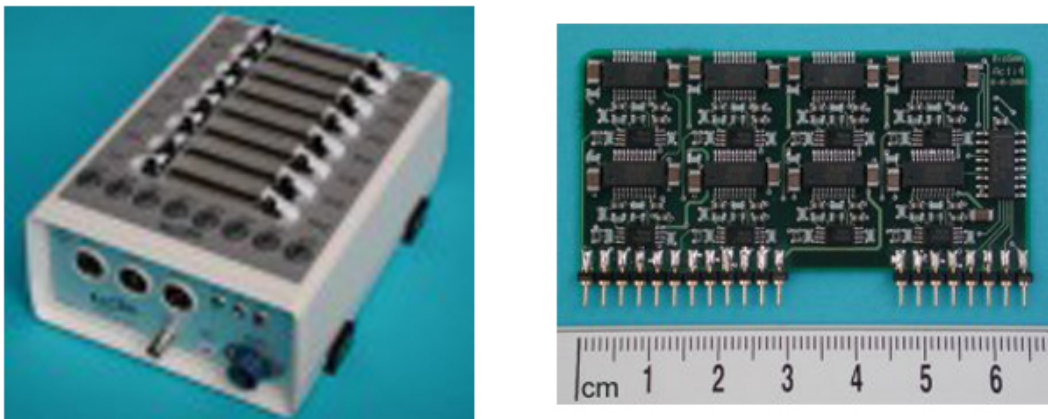


υψηλής πυκνότητας με μικρό χρόνο προετοιμασίας. Ο σκούφος των 64 ηλεκτροδίων που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν πείραμα φαίνεται στο Σχήμα 3.4. [1]



Σχήμα 3.4: Σκούφος 64 ηλεκτροδίων [1]

Μετά την προενίσχυσή τους από τα ενεργά ηλεκτρόδια, τα καταγραφόμενα σήματα του ΗΕΓ οδηγούνται στο *κουτί AD*. Το *κουτί AD* είναι ένα γαλβανικά απομονωμένο σύστημα χαμηλής ισχύος, όπου τα αναλογικά σήματα που καταγράφονται από τα ηλεκτρόδια μετατρέπονται σε ψηφιακά με ανάλυση 24 bit. Το *κουτί AD* αποτελείται από έναν χαμηλού θορύβου ενισχυτή DC, ένα φίλτρο εξομάλυνσης πρώτης τάξεως, έναν διαμορφωτή Δέλτα-Σίγμα με ρυθμό υπερδειγματοληψίας 64 bit και ένα φίλτρο αποδεκατισμού με απόκριση sinc πέμπτου βαθμού και έξοδο 24 bit. Οι ψηφιακές έξοδοι όλων των μετατροπέων AD οδηγούνται σε έναν ψηφιακό πολυπλέκτη και στη συνέχεια διοχετεύονται σε μια οπτική ίνα για να οδηγηθούν στον Η/Υ, χωρίς συμπίεση ή άλλου τύπου μείωση του όγκου των δεδομένων. Το *κουτί AD* φαίνεται στο σχήμα 3.5. [1]



Σχήμα 3.5: Κουτί AD (αριστερά) και Κύκλωμα Ενισχυτή/Μετατροπέα 8 καναλιών (δεξιά) [1]

Τα οπτικά δεδομένα διοχετεύονται μέσω της οπτικής ίνας σε έναν *δέκτη USB2*, ο οποίος τα μετατρέπει σε έξοδο USB2 για να τα οδηγήσει στον Η/Υ. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η πλήρης γαλβανική απομόνωση του εξεταζόμενου και του Η/Υ. Ο δέκτης USB2 έχει υψηλό ρυθμό μετάδοσης: για μια διάταξη που χρησιμοποιεί 256 κανάλια των 24 bit και ρυθμό δειγματοληψίας 4096 kHz έχει ρυθμό απόδοσης 3.54 Mbyte/sec. Στη συνέχεια, τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω της USB2 θύρας στον Η/Υ για επισκόπηση και έλεγχο της διάταξης με το λογισμικό ActiView. Ο δέκτης USB2 φαίνεται στο Σχήμα 3.6. [1]



Σχήμα 3.6: Δέκτης USB2, εμπρόσθια όψη [1]

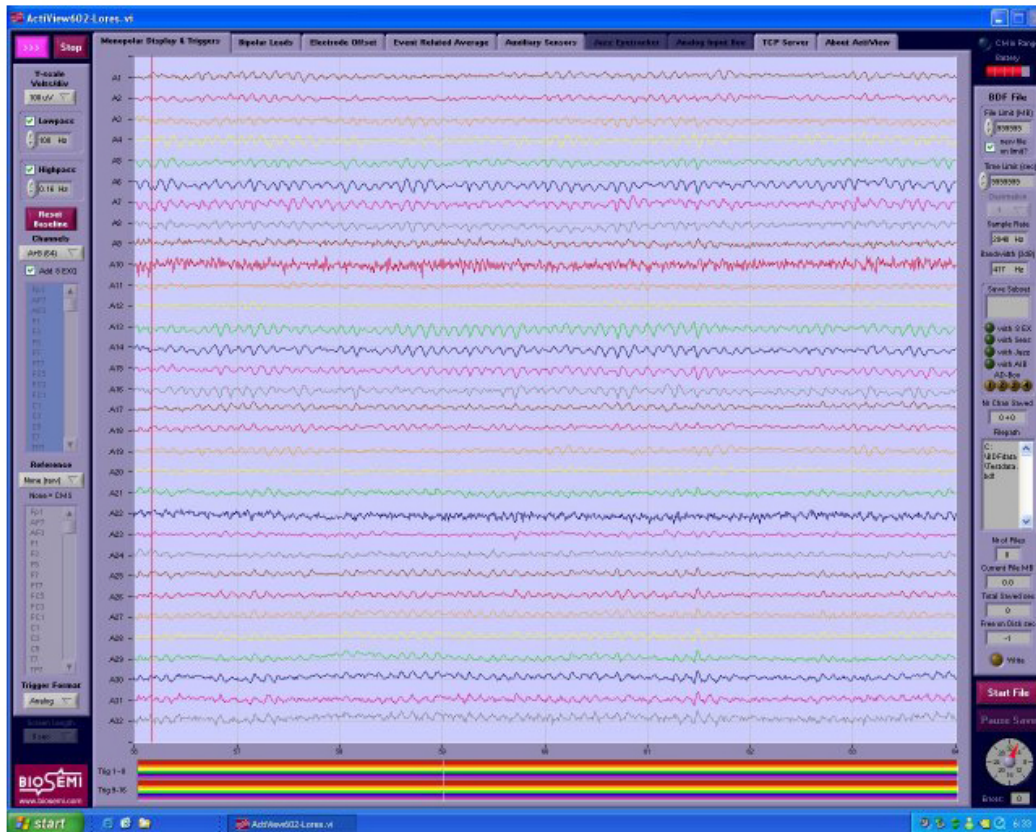
Χάριν φορητότητας και επιπλέον γαλβανικής απομόνωσης, τόσο το κουτί AD όσο και τα ενεργά ηλεκτρόδια τροφοδοτούνται από το *κουτί μπαταρίας*, το οποίο σε πλήρη φόρτιση παρέχει ενεργειακή αυτονομία τουλάχιστον 5 ωρών για ένα σύστημα 256 καναλιών. Το κουτί μπαταρίας φαίνεται στο Σχήμα 3.7. [1]



Σχήμα 3.7: Κουτί Μπαταρίας (αριστερά) και Κουτί Μπαταρίας συνδεδεμένο στο Κουτί AD (δεξιά) [1]

Τελικά, το λογισμικό *ActiView* χρησιμοποιείται για την καταγραφή των δεδομένων, την επισκόπησή τους στην οθόνη του Η/Υ, τη ρύθμιση της κλίμακας των σημάτων της καταγραφής, την επιλογή τού επιθυμητού ρυθμού δειγματοληψίας, την εισαγωγή σημείου αναφοράς των σημάτων και την εφαρμογή των σχετικών φίλτρων. Τα δεδομένα που δέχεται το λογισμικό αποθηκεύονται στον σκληρό δίσκο με τη μορφή αρχείου .BDF και παρουσιάζονται στην οθόνη σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της καταγραφής. Ένα στιγμιότυπο καταγραφής σημάτων ΗΕΓ στην οθόνη επισκόπησης του λογισμικού *ActiView* φαίνεται στο Σχήμα 3.8. [1]





Σχήμα 3.8: Στιγμιότυπο οθόνης επισκόπησης ActiView [1]

## 3.2 Επεξεργασία δεδομένων

Για την επεξεργασία των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ανοιχτού κώδικα EEGLAB, το οποίο είναι μια εργαλειοθήκη που αξιοποιεί τις υπολογιστικές δυνατότητες που προσφέρει το προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB, καθώς και κώδικας σε προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB που αναπτύχθηκε ειδικά στα πλαίσια αυτής της μελέτης. [2]

### 3.2.1 Προεπεξεργασία δεδομένων

Στο πρώτο στάδιο της επεξεργασίας, τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία εισήχθησαν στην εργαλειοθήκη EEGLAB του MATLAB. Προκειμένου να εντοπιστούν οι αλλοιώσεις που προκαλούν στο σήμα οι κινήσεις των ματιών, διεξήχθη μια προσεκτική και μεθοδική προεπισκόπηση των 64 ηλεκτροδίων τού δέρματος της κεφαλής και των 4 ηλεκτροδίων EOG.

Συνολικά, για την απόρριψη των αλλοιώσεων εξαιτίας των κινήσεων των ματιών (EOG artifacts) ακολουθήθηκε στο MATLAB η παρακάτω διαδικασία:

Για κάθε καταγραφή κάθε εξεταζόμενου έγινε εξαγωγή των δεδομένων των 64 καναλιών EEG και των 4 καναλιών EOG από το αρχείο καταγραφής που είχε δημιουργήσει το λογισμικό τού συστήματος *Biosemi ActiveTwo*.

Στα δεδομένα των 64 καναλιών EEG που εξήχθησαν εφαρμόστηκε διόρθωση σημείου αναφοράς με αφαίρεση μέσης τιμής (re-reference to average).

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε ζωνοπερατό φίλτράρισμα στα διορθωμένα δεδομένα, με συχνότητες αποκοπής 1 Hz και 45 Hz.

Έπειτα, στα προεπεξεργασμένα δεδομένα εφαρμόστηκε κατάτμηση (segmentation) σε τμήματα (trials) εύρους 10 sec. Με προσεκτική προεπισκόπηση όλων των τμημάτων κάθε καταγραφής στο πεδίο τού χρόνου -και με παράλληλη παρατήρηση των σημάτων EOG- εντοπίστηκαν και απορρίφθηκαν όλα τα τμήματα εύρους 10 sec. που εμπεριείχαν αλλοιώσεις εξαιτίας των κινήσεων των ματιών και των μυών τής κεφαλής.

Μετά την απόρριψη αυτών των τμημάτων, τα δεδομένα που παρέμειναν σε κάθε καταγραφή κάθε εξεταζόμενου ήταν πλέον καθαρά από αλλοιώσεις.

Στο επόμενο στάδιο της προεπεξεργασίας επιχειρήθηκε ο εντοπισμός και η κατάλληλη διαχείριση των προβληματικών ηλεκτροδίων.

Προκειμένου να εντοπιστούν τα προβληματικά ηλεκτρόδια σε κάθε καταγραφή κάθε εξεταζόμενου, διεξήχθη μια μεθοδική προεπισκόπηση της δραστηριότητας κάθε ηλεκτροδίου στο πεδίο τού χρόνου. Με αυτόν τον τρόπο έγιναν φανερές οι έντονες ανωμαλίες, οι ιδιομορφίες και η ακανόνιστη ηλεκτρική δραστηριότητα που υποβοηθούν τον έμπειρο παρατηρητή στην αναγνώριση ενός προβληματικού ηλεκτροδίου.

Μετά την επιτυχή αναγνώριση των προβληματικών ηλεκτροδίων, σε κάθε καταγραφή κάθε εξεταζόμενου διεξήχθη χειροκίνητος μηδενισμός των αλλοιωμένων ηλεκτροεγκεφαλογραφικών σημάτων που είχαν καταγραφεί μέσω αυτών.

Η προεπεξεργασία ακολουθήθηκε, φυσικά, από την τελική ανάλυση των δεδομένων στο πεδίο της συχνότητας, οι τεχνικές και τα αποτελέσματα της οποίας θα παρατεθούν αναλυτικότερα ευθύς αμέσως στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης.

### 3.3 Βιβλιογραφία

[1] "BioSemi," [Online]. Available: <http://www.biosemi.com>. [Accessed 27 9 2014].

[2] "EEGLAB," [Online]. Available: <http://sccn.ucsd.edu/wiki/EEGLAB>. [Accessed 27 9 2014].



# Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα και Συμπεράσματα

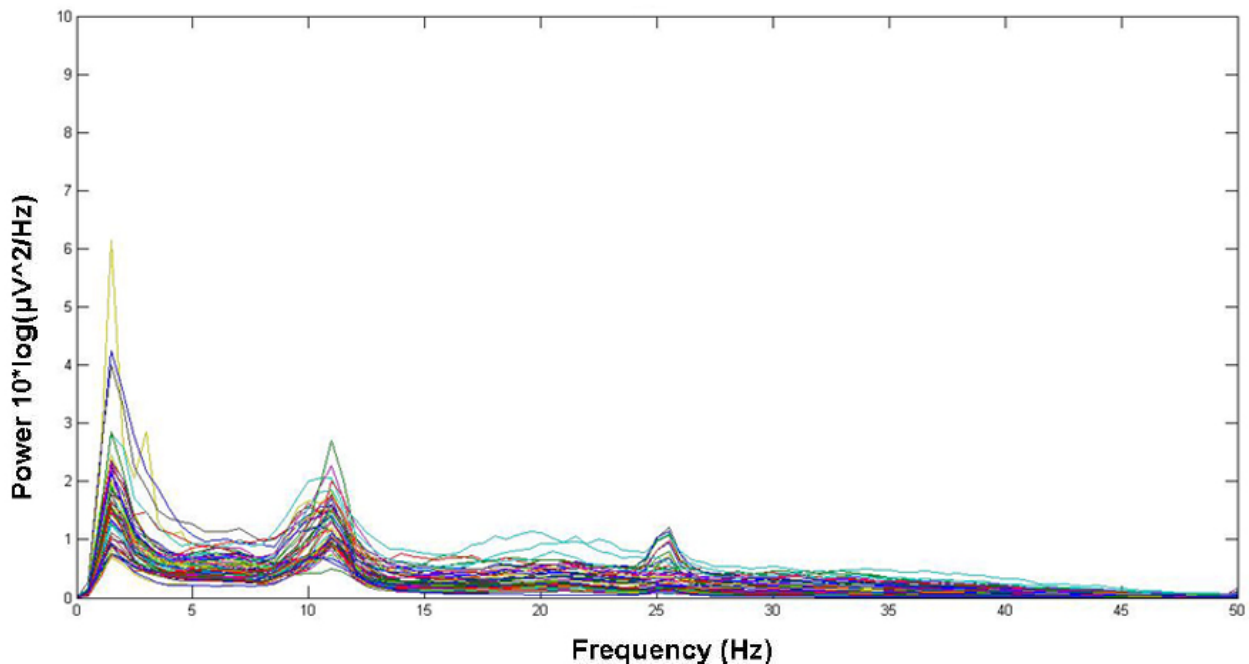
## 4.1 Αποτελέσματα ανάλυσης

Προκειμένου να εντοπίσουμε πιθανές διαφοροποιήσεις στην εμφάνιση των εγκεφαλικών ρυθμών δέλτα, θήτα, άλφα, βήτα και γάμμα στο καταγεγραμμένο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα των εξεταζόμενων μετά την ενασχόλησή τους με την εκάστοτε μορφή τέχνης της ομάδας τους, σε σχέση, φυσικά, με την αντίστοιχη baseline (πριν) καταγραφή τους, αναλύσαμε τα προεπεξεργασμένα δεδομένα στο πεδίο της συχνότητας.

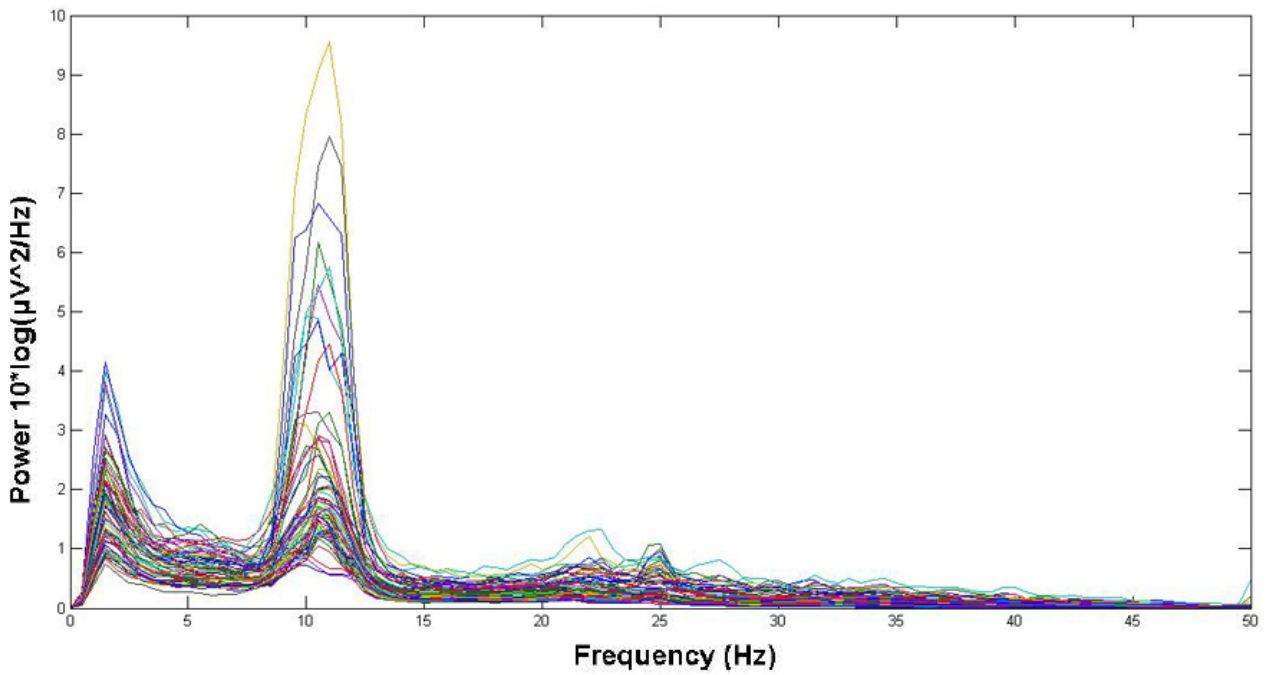
### 4.1.1 Διαγράμματα φασματικής ισχύος

Στα πλαίσια αυτής της φασματικής ανάλυσης, εξήχθησαν τα διαγράμματα των μέσων όρων φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων πριν και μετά από τη συμμετοχή τους στο θεατρικό δρώμενο ή πριν και μετά από την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας.

Ακολούθως, παρατίθενται τα διαγράμματα της μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων που συμμετείχαν στην παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας.

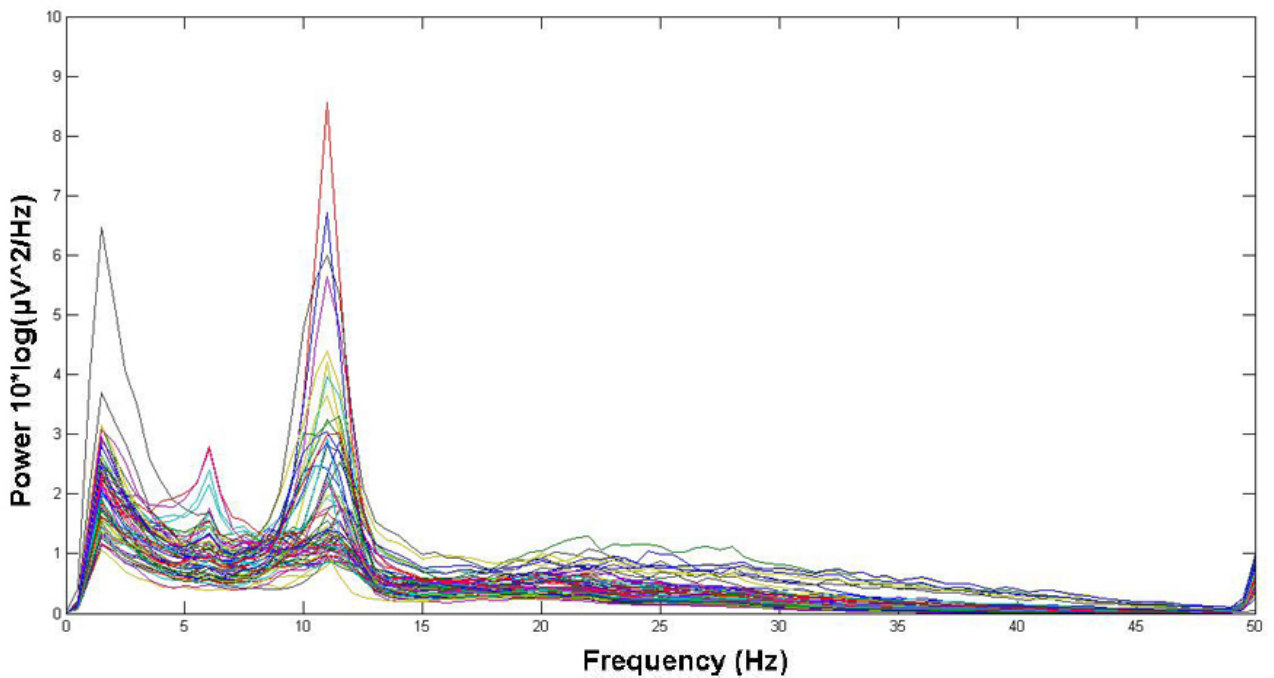


Σχήμα 4.1: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας

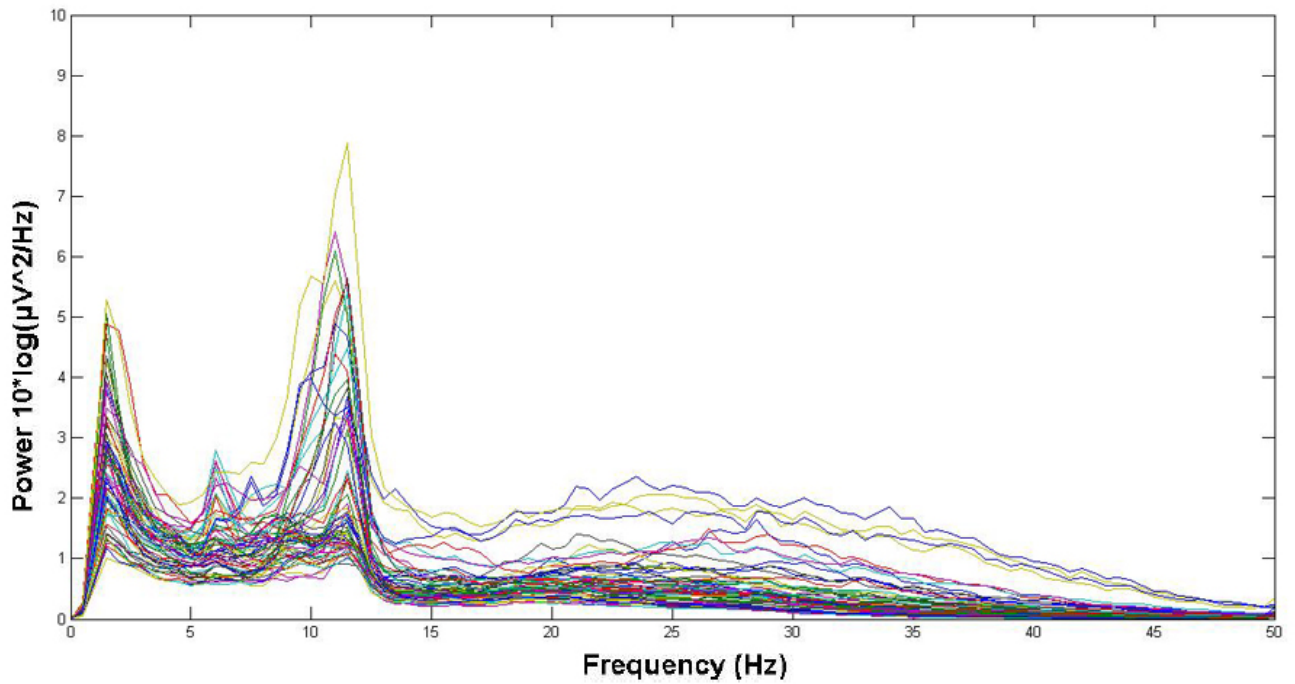


Σχήμα 4.2: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων META την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα των μέσων όρων φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων που συμμετείχαν στην εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου.



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων PIN την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου



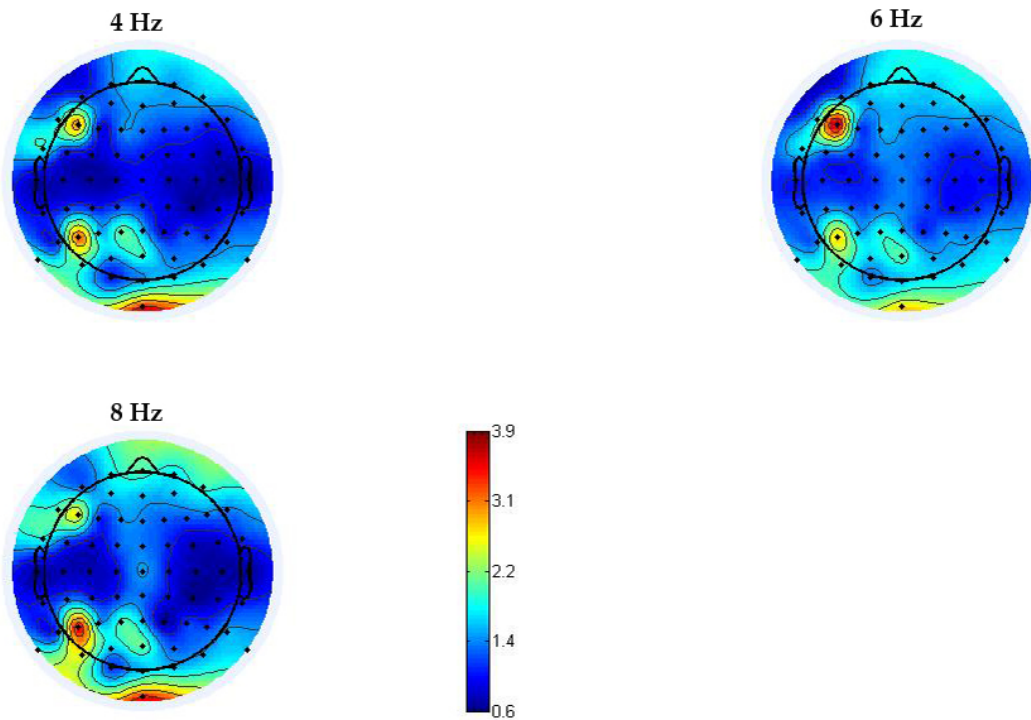
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων META την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου

Για τον χωρικό εντοπισμό των διαφορών που φαίνονται στα παραπάνω διαγράμματα, εξήχθησαν οι τοπογραφικοί χάρτες της μέσης φασματικής ισχύος για τις συχνότητες ενδιαφέροντος που εντοπίσαμε στα προηγούμενα διαγράμματα, τους οποίους και παραθέτουμε ακολούθως.

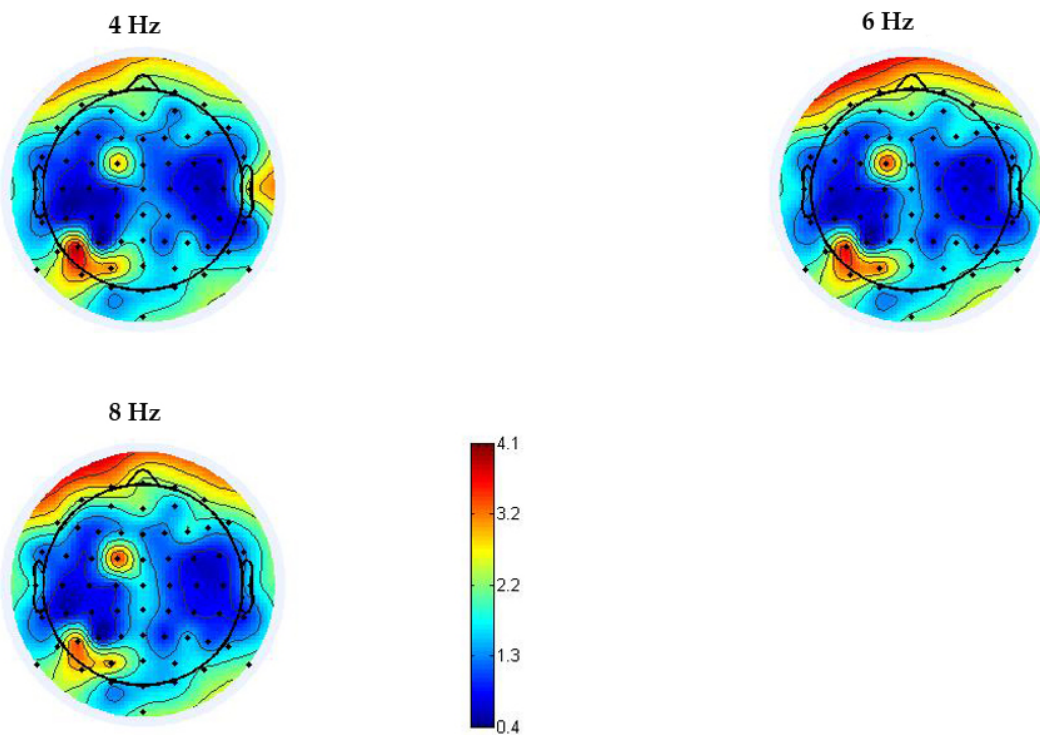
Για κάθε μορφή τέχνης, παραθέτουμε τους τοπογραφικούς χάρτες κάθε συχνότητας ενδιαφέροντος πριν και μετά τη συμμετοχή των εξεταζόμενων σε αυτές, για να είναι ευκολότερη η σύγκριση.



Από τους εξεταζόμενους που συμμετείχαν στην παρακολούθηση κινηματογραφικής ταινίας παρήχθησαν οι παρακάτω τοπογραφικοί χάρτες.

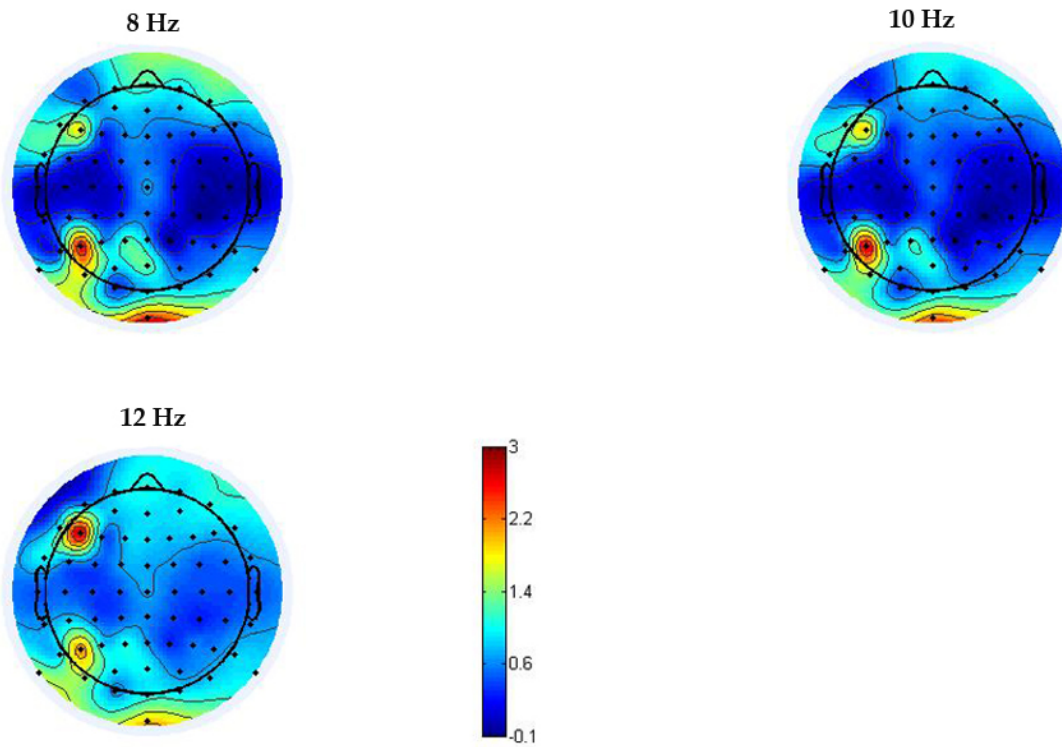


Σχήμα 4.5: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΘΗΤΑ

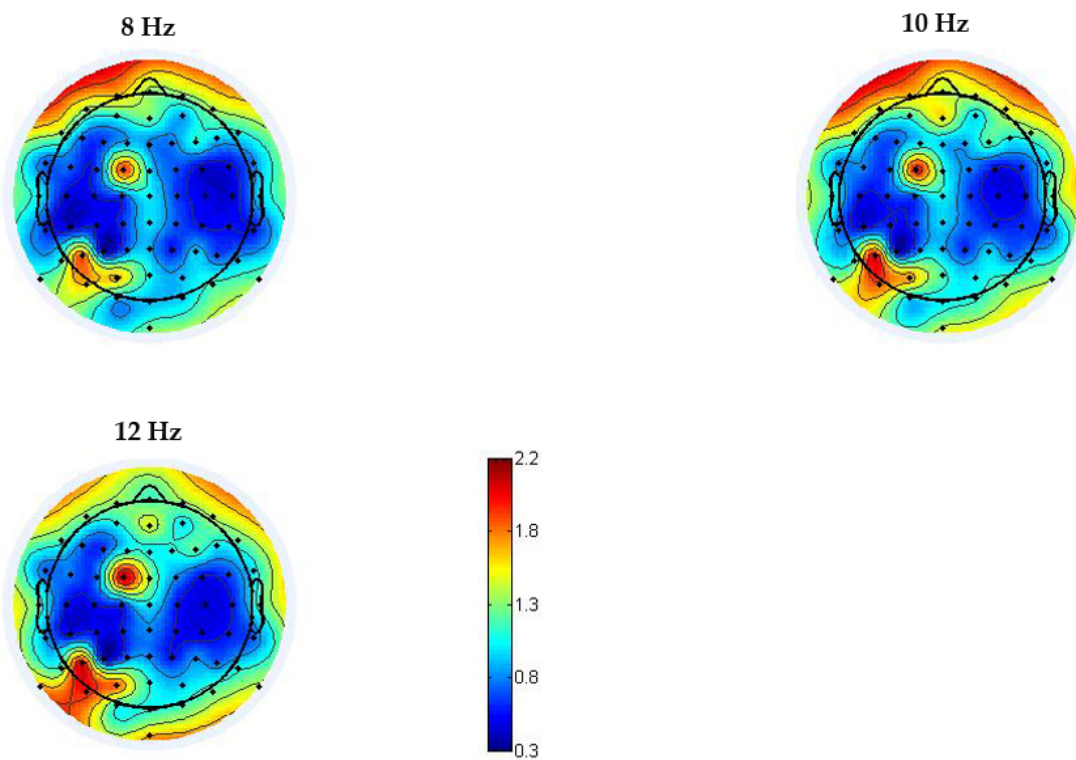


Σχήμα 4.6: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΘΗΤΑ

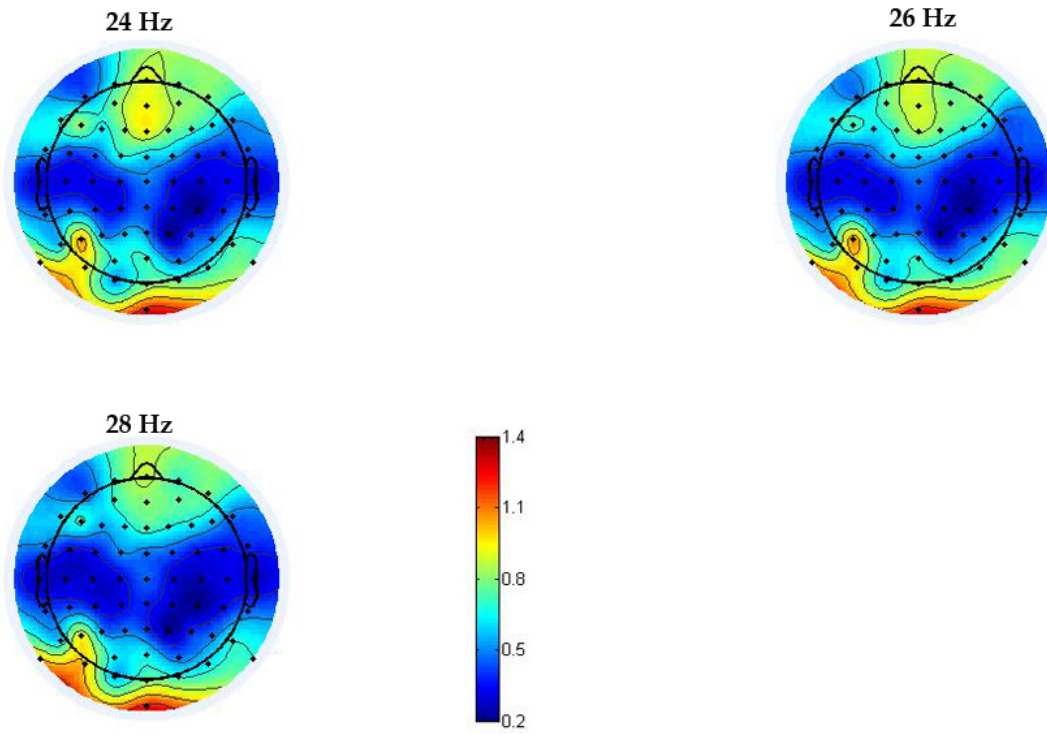




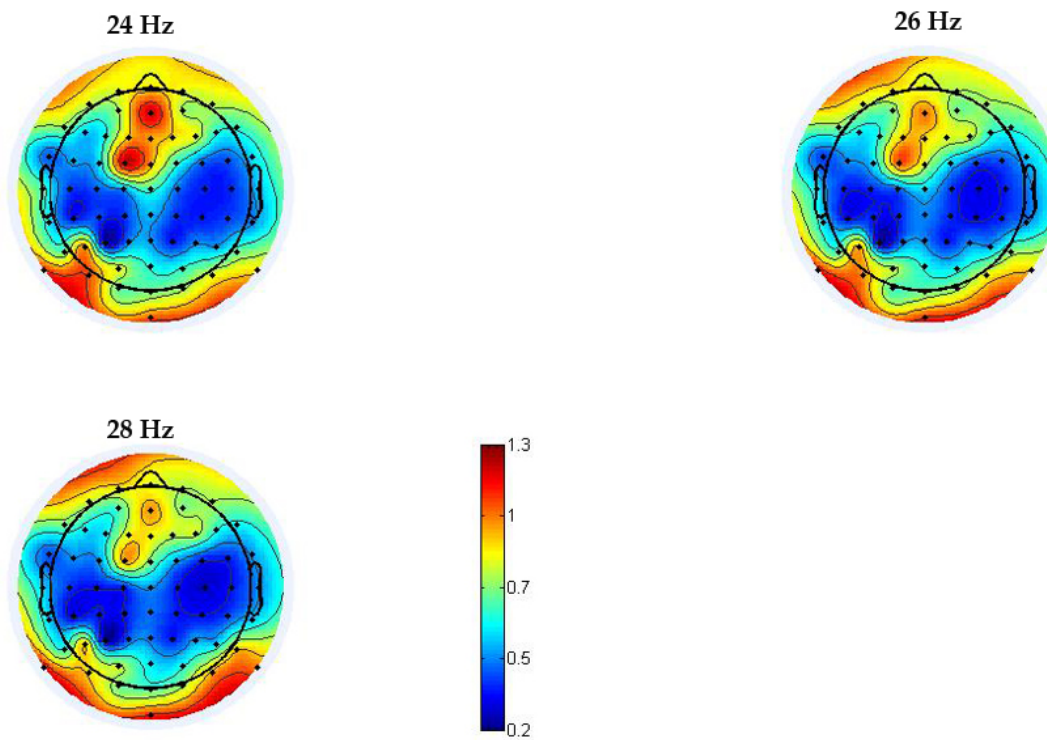
Σχήμα 4.7: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΑΛΦΑ



Σχήμα 4.8: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΑΛΦΑ

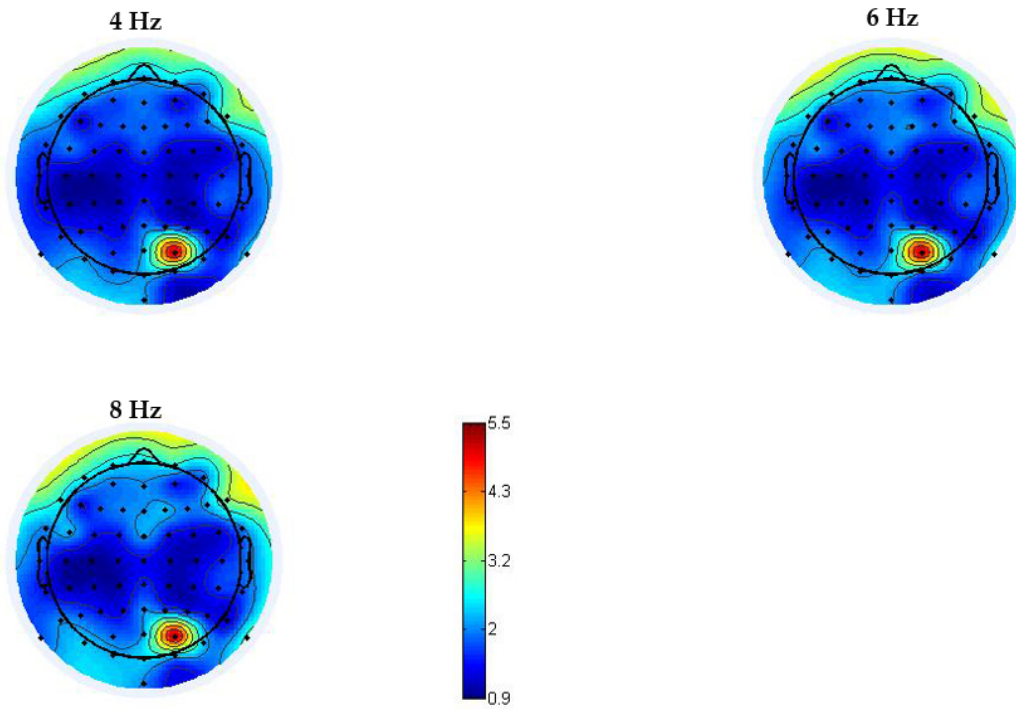


Σχήμα 4.9: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΒΗΤΑ

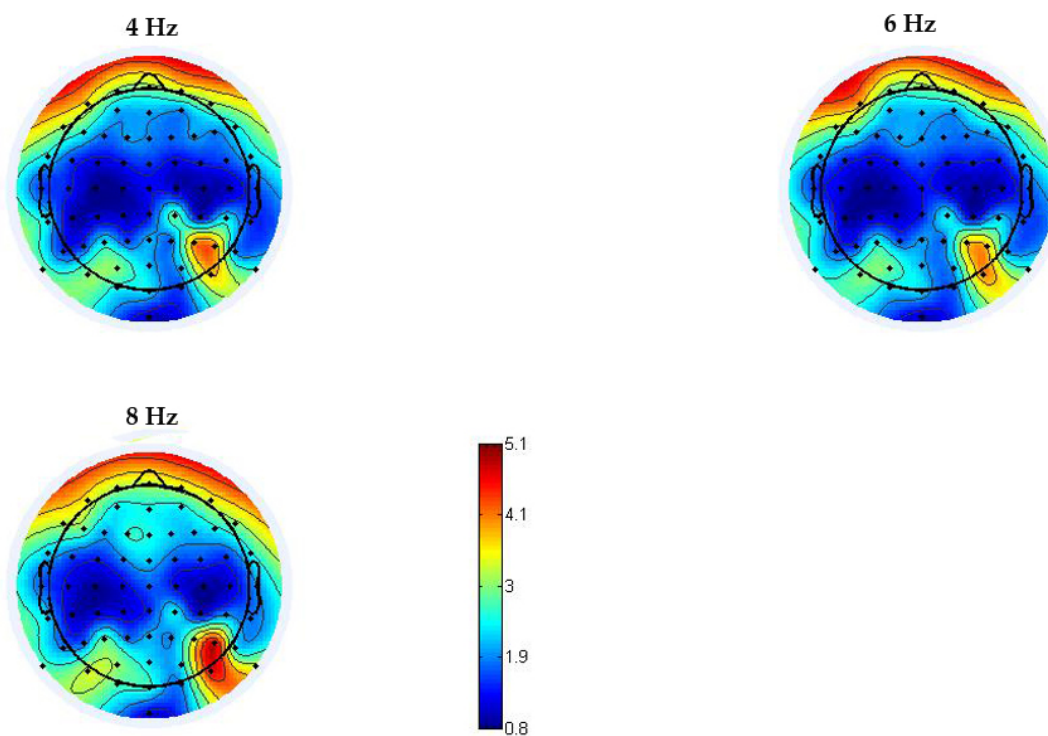


Σχήμα 4.10: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την παρακολούθηση μιας κινηματογραφικής ταινίας για τον ρυθμό ΒΗΤΑ

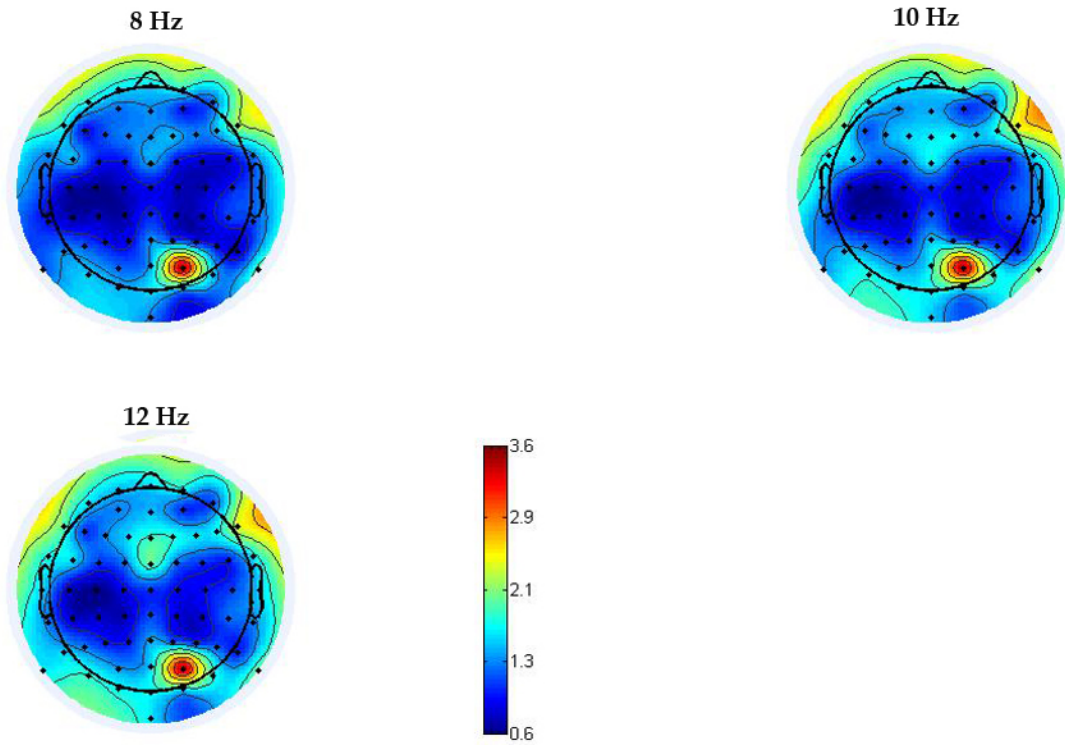
Από τους εξεταζόμενους που συμμετείχαν στην εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου προέκυψαν οι παρακάτω τοπογραφικοί χάρτες.



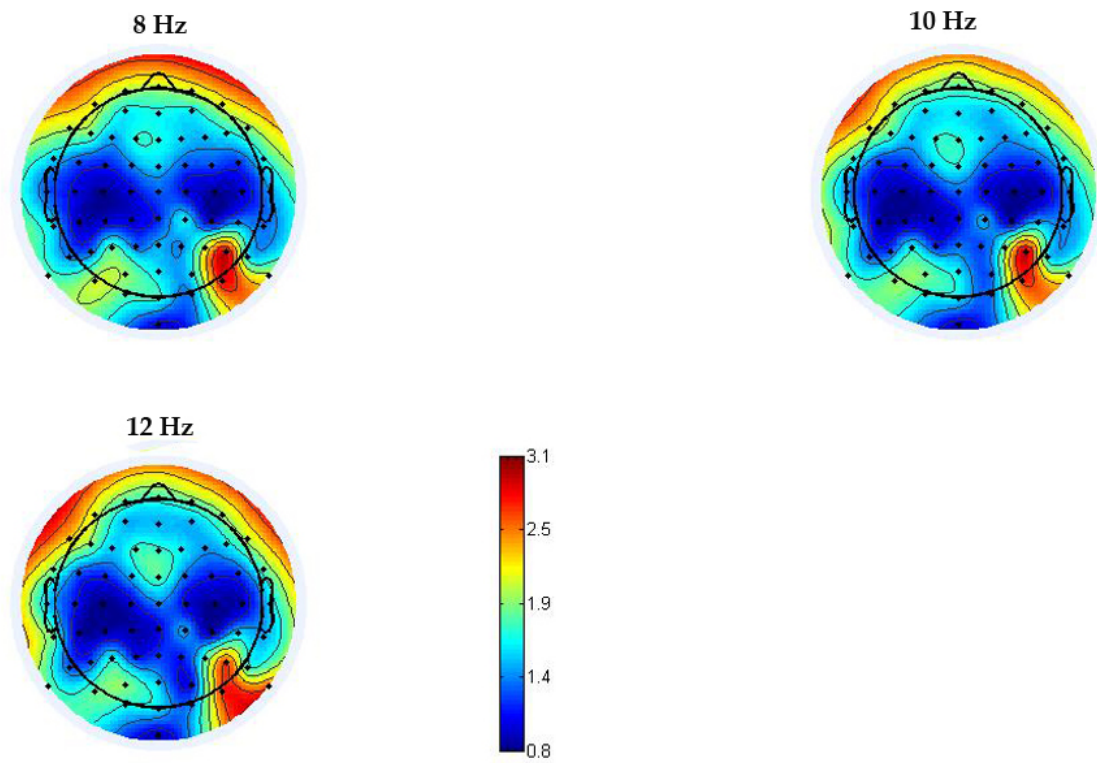
Σχήμα 4.11: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΘΗΤΑ



Σχήμα 4.129: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΘΗΤΑ

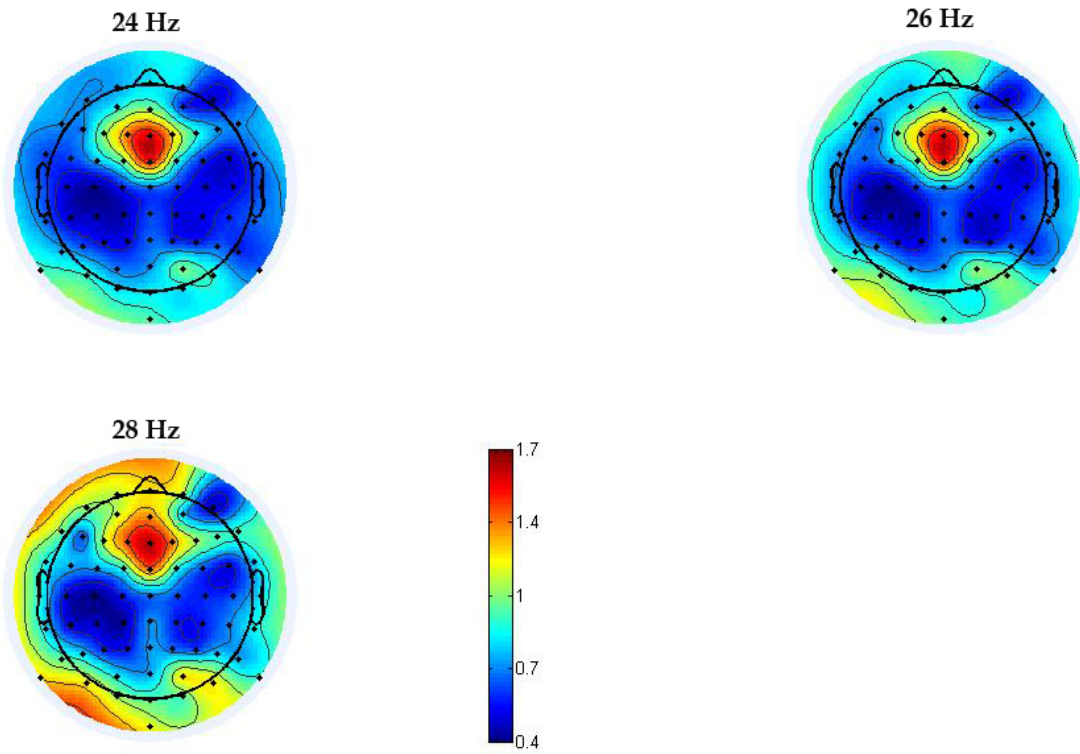


Σχήμα 4.13: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΑΛΦΑ

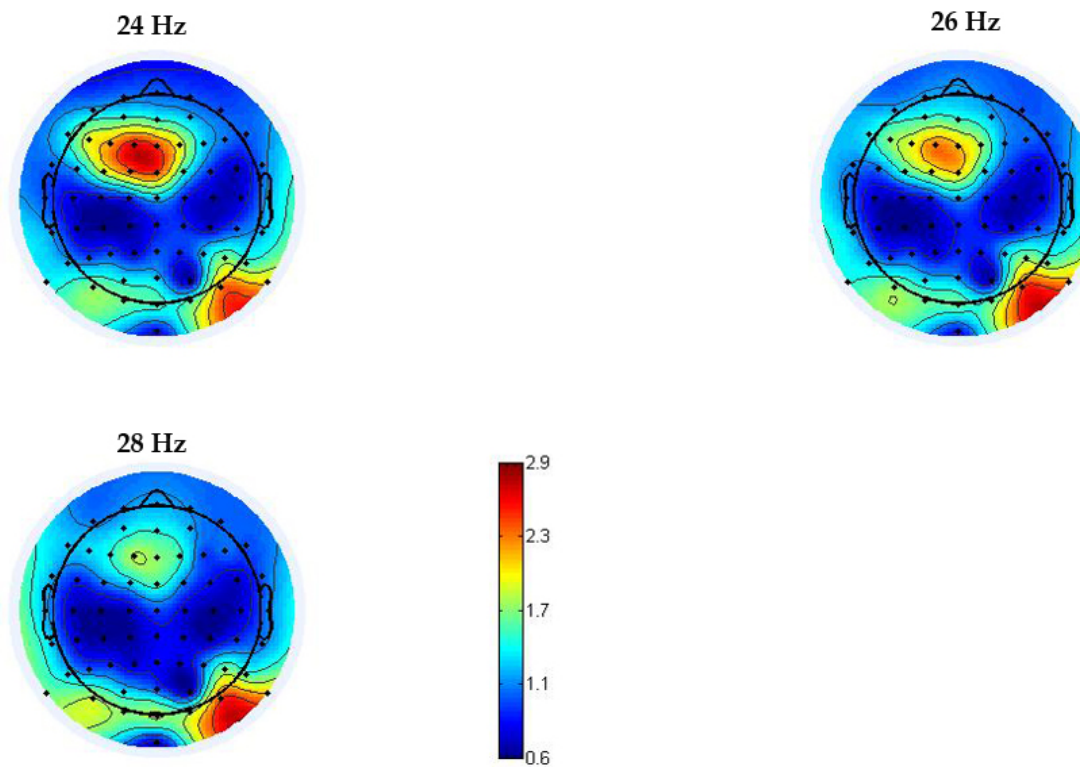


Σχήμα 4.14: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΑΛΦΑ





Σχήμα 4.15: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΠΡΙΝ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΒΗΤΑ



Σχήμα 4.16: Τοπογραφικός χάρτης μέσης φασματικής ισχύος όλων των εξεταζόμενων ΜΕΤΑ την εκτέλεση ενός θεατρικού δρώμενου για τον ρυθμό ΒΗΤΑ

## 4.2 Συμπεράσματα και Συζήτηση

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης που παρουσιάστηκαν ανωτέρω, φαίνεται πως μπορούμε να εξάγουμε μια πρόωμη απάντηση στο πρωτότυπο ερευνητικό ερώτημα που θέσαμε στον τίτλο της παρούσας έρευνας: τόσο ο κινηματογράφος όσο και το θεατρικό δρώμενο μπορούν να επηρεάσουν την ανθρώπινη εγκεφαλική λειτουργία με τρόπο που να καθιστά αυτές τις επιδράσεις ανιχνεύσιμες στο καταγραφόμενο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ηρεμίας.

Μάλιστα, τα αποτελέσματά μας δείχνουν διαφορετική επίδραση του κινηματογράφου από εκείνη του θεατρικού δρώμενου.

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση της κινηματογραφικής ταινίας παρατηρούμε ενίσχυση του ρυθμού άλφα στην καταγραφή μετά την ταινία σε σχέση με την καταγραφή πριν, η οποία φαίνεται να είναι εντονότερη στις μετωπιαίες και ινιακές περιοχές. Ενίσχυση παρατηρούμε επίσης και στην εμφάνιση του ρυθμού βήτα, κυρίως στις μετωπιαίες και προμετωπιαίες περιοχές, αλλά, σε κάποιον βαθμό, και στις ινιακές περιοχές. Στην περίπτωση του ρυθμού θήτα, τέλος, φαίνεται να υπάρχει ενίσχυσή του στις μετωπιαίες περιοχές, αλλά ταυτόχρονη εξασθένησή του στις ινιακές περιοχές.

Περνώντας, τώρα, στο θεατρικό δρώμενο, παρατηρούμε ενίσχυση του ρυθμού άλφα στην καταγραφή μετά τη συμμετοχή σε αυτό σε σχέση με την καταγραφή πριν, η οποία φαίνεται να είναι εντονότερη στις μετωπιαίες περιοχές, αλλά και στη δεξιά βρεγματική-ινιακή περιοχή. Στη δεξιά βρεγματική-ινιακή περιοχή παρατηρούμε επίσης και ενίσχυση του ρυθμού βήτα, ο οποίος φαίνεται να εξασθενεί στις πρόσθιες, κροταφικές και αριστερές βρεγματικές-ινιακές περιοχές. Τέλος, για τον ρυθμό θήτα, παρατηρούμε μια ενίσχυσή του στις μετωπιαίες, προμετωπιαίες και στις βρεγματικές-ινιακές περιοχές.

Πιστεύουμε πως η πειραματική έρευνα που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αποτελεί μια εποικοδομητική συνεισφορά προς την κάλυψη του ερευνητικού κενού που υπάρχει στον τομέα της νευροεπιστημονικής προσέγγισης των ερμηνευτικών τεχνών και δη της δραματικής τέχνης. Ευελπιστούμε πως μελλοντικές έρευνες με μεγαλύτερο δείγμα εξεταζόμενων και, ίσως, διαφορετικό πειραματικό σχεδιασμό και μεθοδολογία ανάλυσης θα ενισχύσουν τα παρόντα ευρήματα και θα αναδείξουν σε μεγαλύτερο εύρος και βάθος τον αντίκτυπο των ερμηνευτικών τεχνών στον ανθρώπινο εγκέφαλο, ανοίγοντας νέες επιστημονικές προοπτικές ακόμη και για την κατάλληλη αξιοποίηση αυτών των τεχνών στα πλαίσια της θεραπείας μέσω τέχνης.