



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

Διπλωματική Εργασία

**Ανάλυση των επιδράσεων του διαλογισμού με τη χρήση  
ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος σε πείραμα  
με οπτικά προκλητά δυναμικά**

Νικόλαος Κάραλης

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Ουζούνογλου Νικόλαος  
Καθηγητής ΕΜΠ**

Αθήνα  
Μάρτιος 2011





Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

Διπλωματική Εργασία

**Ανάλυση των επιδράσεων του διαλογισμού με τη χρήση  
ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος σε πείραμα  
με οπτικά προκλητά δυναμικά**

Νικόλαος Κάραλης

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Ουζούνογλου Νικόλαος  
Καθηγητής ΕΜΠ**

Εγκρίθηκε από την εξεταστική επιτροπή την 22<sup>α</sup> Μαρτίου 2011

---

N. Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ

---

Θ. Αλεξόπουλος  
Καθηγητής ΕΜΠ

---

E. Καρανάσιου  
Ερευνήτρια Γ' ΕΠΙΣΕΥ

Αθήνα  
Μάρτιος 2011



Στους γονείς μου Γεράσιμο και Φωτεινή,  
στον αδερφό μου Βασίλη

και σε όσους μοιράστηκαν μαζί μου  
τις όμορφες  
αλλά και τις δύσκολες στιγμές  
όλα αυτά τα χρόνια.



## Περίληψη

Κατά τη διάρκεια της ιστορίας της ανθρωπότητας, είναι μεγάλη η ποικιλία των διαφόρων πρακτικών που αναπτύχθηκαν για την εκπαίδευση του νου στην τέχνη της ανεμπόδιστης παρατήρησης των αισθήσεων και των συναισθημάτων. Οι αισθήσεις αυτές αναδύονται όταν σταματήσει η διαρκής ροή σκέψεων και ερεθισμάτων που διαρκώς απασχολούν το νου και εμποδίζουν την παρατήρηση τους. Οι πρακτικές αυτές θεωρούνται σαν διάφορες μορφές διαλογισμού. Η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου κατά τη διάρκεια των τροποποιημένων καταστάσεων συνειδητότητας, οι οποίες προκαλούνται με τη χρήση διαφόρων τεχνικών, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο που συμβάλει στην αναζήτηση της επιστήμης για τις νευρωνικές συνιστώσες της συνειδητότητας. Ο διαλογισμός είναι ένα από τα πλέον σημαντικά και προσιτά μονοπάτια για την επίτευξη αυτών των καταστάσεων συνειδητότητας, οι οποίες με χρήση αυτών των τεχνικών επιτυγχάνονται σταδιακά και σταθερά.

Στο πείραμα που μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική μελετήθηκαν πέντε άτομα με μακροχρόνια εμπειρία στο διαλογισμό και πέντε άτομα χωρίς καμία εμπειρία, οι οποίοι και αποτέλεσαν την ομάδα αναφοράς. Στην κατάσταση που επιλέχθηκε να μελετηθεί σε κάθε καταγραφή, τους ζητήθηκε είτε να διαλογιστούν για μισή ώρα είτε να αφεθούν σε μια νοητική περιπλάνηση σκεπτόμενοι συναισθηματικά ουδέτερες αυτοβιογραφικές μνήμες. Στη συνέχεια εκτέθηκαν σε μία οθόνη η οποία αναβόσβηνε σε διάφορες συχνότητες. Το γεγονός αυτό προκαλεί μια απόκριση από τους νευρώνες του οπτικού φλοιού η οποία τείνει να έχει τη συχνότητα του εξωτερικού ερεθίσματος. Οι προκαλούμενες ταλαντώσεις από τα επαναλαμβανόμενα αυτά ερεθίσματα ονομάζονται Οπτικά Προκλητά Δυναμικά Σταθερής Κατάστασης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φωτική οδήγηση και αξιοποιείται στο σχεδιασμό διεπαφών εγκεφάλου - υπολογιστή.

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα υπέστησαν φιλτράρισμα και προεπεξεργασία τόσο αλγορίθμικά όσο και με οπτική παρατήρηση. Η διαδικασία αφαιρεσης των σφαλμάτων περιελάμβανε την ανάλυση των καναλιών σε ανεξάρτητες συνιστώσες και την απόρριψη των συνιστωσών που αντιστοιχούν στα διάφορα σφάλματα. Μετά την προεπεξεργασία τα δεδομένα χωρίστηκαν και αναλύθηκε το τμήμα που αφορά τη συχνότητα εξωτερικού ερεθίσματος 20 Hz. Υπολογίστηκε η φασματική ανάλυση σε διάφορες ζώνες συχνοτήτων και εκτελέστηκαν τόσο παραμετρικοί όσο και τυχαίοι στατιστικοί έλεγχοι ανάμεσα στις δύο καταστάσεις και τις δύο ομάδες.

Παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στη συνολική ισχύ του σήματος μεταξύ των δύο ομάδων ενώ ήταν ξεκάθαρη η ενίσχυση της συχνότητας του εξωτερικού ερεθίσματος (20 Hz) και της ημιαρμονικής αυτής (10 Hz), ενδεικτικό του συγχρονισμού που προκαλείται. Παρατηρήθηκε έντονη διαφοροποίηση στους ρυθμούς άλφα στα πίσω ηλεκτρόδια και γάμμα στα κεντρικά ηλεκτρόδια μεταξύ των δύο ομάδων που εξηγήθηκαν στη βάση της διαφοράς εμπειρίας και της αποτελεσματικότητας του διαλογισμού εξαιτίας αυτής μεταξύ των δύο ομάδων.

**Λέξεις - κλειδιά :** διαλογισμός, ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, παράδοση των Ιμαλαΐων, yoga, EEG, VEP, SSVEP, τροποποιημένες καταστάσεις συνειδητότητας, συγχρονισμός εγκεφαλικών κυμάτων, φασματική ανάλυση, ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες

## Abstract

There is a wide variety of practices that have been developed through the mankind's history in order to train the mind in the art of unobstructed observation of the feelings and emotions that normally arise and are suppressed from the continuous stream of thoughts and stimuli that flood the mind. These practices are considered various forms of meditation. The study of the human brain during the altered states of consciousness induced by various techniques is an important tool in the search of man for the neural correlates of consciousness. Meditation is one of the most prominent and accessible paths to achieve entering these states of consciousness in a stable and gradual manner.

In the experiment presented herein, five long-term meditators and five control subjects with no prior experience with meditation were selected. They were instructed to either meditate for half an hour or let their mind wander freely in past neutral autobiographic memories, depending on the condition chosen in each trial, and following that they were exposed to a screen flickering in various frequencies. This flickering induces a response of the neurons in the visual cortex at the frequency of the stimuli. The resulting oscillations from this repetitive stimulation are called Steady-State Visual Evoked Potentials (SSVEPs). This phenomenon is called photic driving and has been exploited in the design of Brain – Computer Interfaces (BCIs).

The data recorded were subjected to automated and manual filtering and preprocessing. The artifact removal process included analyzing the channels into independent components and rejecting the components that corresponded to the various artifacts. Following the preprocessing, the data were split and the analysis was carried out for the 20 Hz frequency for the external stimulus. Spectral analysis was performed for different frequency bands and parametric statistics tests, as well as random statistics tests, were run between the conditions and the groups.

An important differentiation in the total power between the two groups was observed as well as an amplification of the external stimulus frequency (20 Hz) and it's subharmonic (10 Hz) which is a clear indication of the brainwave entrainment that occurs. An important difference in the occipital alpha and central gamma electrodes was noticed, which where explained in the basis of the difference in experience and the resulting effectiveness of meditation between the two groups.

**Keywords :** meditation, electroencephalography, Himalayan Tradition, yoga, EEG, VEP, SSVEP, altered states of consciousness, brainwave entrainment, spectral analysis, independent component analysis



*γνῶθι σαύτόν*

*Αρχαιοελληνικός αφορισμός*

## Πρόλογος

Η διπλωματική αυτή εργασία αλλά και το σύνολο των προπτυχιακών σπουδών μου, το τέλος των οποίων συμβολίζει η παρουσίαση της εργασίας αυτής, ήταν για μένα ένα ταξίδι. Ένα ταξίδι μακρύ, όμορφο, αλλά και δύσκολο, που με γέμισε εμπειρίες. Ξεκίνησε με ένα ταξίδι στην έρημο της Αριζόνα και τελείωσε με ένα ταξίδι στην έρημο Σαχάρα. Και μέσα στα χρόνια που μεσολάβησαν, η διαρκής αλλαγή των σκηνικών στο θέατρο της πραγματικότητας με οδήγησε σε μοναχικά αλλά και συντροφικά ταξίδια στις ερημιές του νου.

Τα ταξίδια αυτά ήταν και ο καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή τόσο του θέματος της εργασίας αυτής όσο και για το ζήτημα το οποίο απασχολεί καθημερινά το νου μου. Η εξερεύνηση των ορίων της συνειδητότητας αποτελεί ένα στόχο για τον οποίο δεν αρκούν μόνα τους τα εργαλεία της φιλοσοφίας ή της επιστήμης. Πιθανόν να μην αρκεί ούτε η λογική και οι νοητικές ικανότητες καθενός εξ ημών ξεχωριστά ή και συλλογικά. Τα σημεία και οι καταστάσεις όπου τα όρια της λογικής σκέψης εκφυλίζονται και η προσπάθεια ερμηνείας αντικαθίσταται από τη συνειδητοποίηση της ύπαρξης αποτελούν τις καθοριστικές στιγμές για το άνοιγμα ενός παραθύρου στις αισθήσεις, το οποίο και επιτρέπει μια φευγαλέα μόνο ματιά στην πραγματικότητα.

Η πραγματική και σε βάθος κατανόηση των ζητημάτων αυτών προέρχεται μόνο από την προσωπική και άμεση εμπειρία. Γι' αυτό και υπήρξα τυχερός να αναρωτηθώ για τη φύση του νου και να επιδιώξω την απόκτηση της άμεσης εμπειρίας. Αυτό ίσως είναι και το σημαντικότερο αποτέλεσμα της προσπάθειας αυτής, αποτελώντας μια αφορμή και μια δικαιολογία για τη συνέχιση της προσωπικής μου αναζήτησης.

Εύχομαι αυτή η εργασία να δώσει το έναυσμα σε έστω και έναν άνθρωπο να ξεκινήσει το δικό του ταξίδι.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

Νικόλας Κάραλης



## Ευχαριστίες

Η λίστα των ανθρώπων που συνεισέφεραν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στην εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι μεγάλη. Αλλά ο ρόλος κάποιων εξ' αυτών ήταν καθοριστικός, τόσο στη διεκπεραίωση καθεαυτή της συγγραφής της εργασίας όσο και στην πνευματική υποστήριξη μου καθ' όλη την περίοδο αυτής της προσπάθειας.

Το βασικότερο ρόλο είχε η Δρ. Ειρήνη Καρανάσιου που ανέλαβε εξαρχής το δύσκολο εγχείρημα να οργανώσει την προσπάθεια αυτή και στάθηκε διαρκώς δίπλα μου τα τελευταία δύο χρόνια. Πίστεψε στη δυναμική της εργασίας αυτής αλλά και σε εμένα και συνεισέφερε τα μέγιστα στο τελικό αποτέλεσμα, συμμετέχοντας από την πρώτη σκέψη για το θέμα αυτό μέχρι και την τελευταία τελεία. Τα λόγια δεν είναι αρκετά για να εκφράσουν την ευγνωμοσύνη μου γι' αυτό και θα αρκεστώ στο να ευχηθώ ότι και άλλοι θα έχουν την ίδια τύχη με εμένα να συνεργαστούν με ανθρώπους αυτού του ήθους και ποιότητας. Για την τύχη αυτή θα πρέπει να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής Καθηγητή Νικόλαο Ουζούνογλου που μου έδωσε τη δυνατότητα να αναλάβω και να εργαστώ στη διπλωματική εργασία αυτή και μου προσέφερε την απόλυτη στήριξη σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής.

Κατά τα πρώτα χρόνια των σπουδών μου είχα την ευκαιρία να δουλέψω στο Εργαστήριο Φυσικής Υψηλών Ενεργειών του Τομέα Φυσικής. Ο Καθηγητής Θεόδωρος Αλεξόπουλος ήταν αυτός που με βοήθησε εξ' αρχής στη συμμετοχή μου στο εργαστήριο αυτό και μετέπειτα είχα την τιμή να διδαχθώ από αυτόν τόσο μέσα στις ακαδημαϊκές αίθουσες όσο και έξω από αυτές. Η τύχη το έφερε λοιπόν να αποτελέσει και μέλος της τριμελούς επιτροπής εξέτασης της διπλωματικής μου εργασίας. Έτσι με αυτό τον τρόπο κλείνει ένας μακροχρόνιος κύκλος συνεργασίας με αυτό τον αξιόλογο άνθρωπο.

Το έτος 2009, στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος ανταλλαγής φοιτητών Erasmus μου δόθηκε η ευκαιρία να μείνω για μερικούς μήνες στην Toulouse, όπου και είχα τη χαρά να εργαστώ υπό την καθοδήγηση του Dr. Arnaud Delorme. Αυτός ήταν και ο άνθρωπος που μου έδωσε τη δυνατότητα και το έναυσμα να δουλέψω πάνω στο ζήτημα του διαλογισμού, αλλά παράλληλα με βοήθησε να αποκτήσω την ικανότητα της ανάλυσης των δεδομένων αυτών και με έφερε σε πρώτη επαφή με το αντικείμενο αυτό.

Στα πλαίσια της εργασίας μου μαζί του είχα την ευτυχία να γνωρίσω και να εργαστώ με την Claire Braboszcz και τον Romain Grandchamp. Η Claire ανέλαβε την καταγραφή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στη μελέτη αυτή και τα οποία μοιράστηκε μαζί μου ανιδιοτελώς. Ο Romain ήταν αυτός που με στήριξε στη μελέτη μου καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής μου στη Γαλλία και χαίρομαι που μέσα από τη συνεργασία μας προέκυψε μια φιλία. Μιλώντας για μια συνεργασία που οδήγησε σε βαθιά φιλία, δεν μπορώ να αμελήσω την αναφορά του Δρ. Δημήτρη Ματθαίου ο οποίος από τη μέρα της γνωριμίας μας μέχρι και σήμερα έχει αποτελέσει έναν αξιόλογο δάσκαλο και φίλο.

Οι άνθρωποι που βρίσκονται διαρκώς δίπλα μου τα τελευταία χρόνια και με τους οποίους περάσαμε και περνάμε εύκολες και δύσκολες στιγμές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της προσπάθειας μου γι' αυτό και ευχαριστώ τους φίλους μου Κωνσταντίνο, Γιώργο, Βασιλική, Ζαχαρία και Μιχάλη με τους οποίους μοιραζόμαστε την ίδια καθημερινότητα αλλά κυρίως τα ίδια όνειρα για το μέλλον.

Το ενδιαφέρον μου για τη φύση και την επιστήμη δε θα μπορούσε να ξεκινήσει και να αναπτυχθεί χωρίς την καταλυτική παρουσία του θείου μου, Μιχάλη Αντωνόπουλου, ο οποίος και αποτέλεσε τη φιγούρα πρότυπο για την επιστημονική μου πρόοδο σε όλη τη διάρκεια της αναζήτησής μου, από την παιδική ηλικία μέχρι και την ολοκλήρωση των προπτυχιακών σπουδών μου.

Φυσικά οποιαδήποτε αναφορά στις σπουδές δεν έχει νόημα χωρίς πρώτα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Γεράσιμο και Φωτεινή, όπως και τον αδελφό μου Βασίλη, οι οποίοι με τη μακροχρόνια και άνευ όρων στήριξη τους σε κάθε πτυχή της ζωής μου αποτελούν τους στυλοβάτες της προσπάθειάς μου και τον καθοριστικότερο παράγοντα σε οποιαδήποτε επιτυχία. Σε αυτούς λοιπόν αφιερώνεται η εργασία αυτή με αμέριστη αγάπη και σεβασμό.

Με τη βοήθεια και τη στήριξη όλων των παραπάνω δε διαμορφώθηκε μόνο το περιεχόμενο της εργασίας αυτής αλλά και η προσωπικότητά μου. Αυτό μου δίνει την τιμή αλλά και την υποχρέωση να φροντίσω ώστε η συνεισφορά τους να αποτελέσει τα θεμέλιο για τη μετέπειτα πορεία μου στη ζωή και να συνεχίσει να ταξιδεύει στο χώρο και στο χρόνο.

## Acknowledgments

The list of people that contributed in one way or the other in the preparation of this thesis work is long. Some people though made a significant contribution, not only by helping me during the writing of this thesis but more importantly by showing their moral support during the long period that preceded the completion of this effort.

Dr. Irene Karanasiou is responsible for having the main role of both organizing this project and continuously supporting me during the last two years. She believed in the potential of this work and my ability to undertake this project and she contributed greatly to the final result. Her contribution is expressed in every aspect of this work, from the very first ideas to the very last words. There are no words available to express my gratitude for her help so I will just wish that other people will have the same luck as I did, to work with people of this quality and moral (ethos). For this luck I have to thank the thesis supervisor, Professor Dr. Nikolaos Ouzounoglou for allowing me the possibility to undertake and work on this thesis project and for providing all the support during the course of this effort.

During the first years of my studies I had the chance to work at the High Energy Physics Laboratory of the Physics department. Professor Dr. Theodoros Alexopoulos was the person who helped and supported me since my first days there and later I had the honor of being his student, both inside and outside of the academic lecture halls. Chance had it that he would be become one of the members of the tripartite examination committee of my thesis work. This acts symbolic completion of this part of my collaboration with this remarkable person.

In the year 2009, I had the chance to receive an Erasmus student exchange placement in Toulouse, France. There I was really content to work under the supervision of Dr. Arnaud Delorme. He was the one that gave me the chance and primed me to work on meditation and also helped me develop the abilities needed to processes these data. He is also the one responsible for me having the opportunity to work on these data and undertake this project.

During that period I was really fortunate to meet and work with Claire Braboszcz and Romain Grandchamp. Claire was responsible for recording the data which are used in this work and she selflessly shared those data with me. Romain helped me with my study during my stay in France and I am really happy for the friendship that resulted from our collaboration. Speaking of a collaboration that turned into a friendship, I should of course mention Dr. Dimitris Matthaiou who has been a remarkable teacher and friend for me during the first day that we met.

The people that are continuously beside me the last few years, and with whom we went and go through all sorts of tough or happy moments, are an integral part of my effort and thus I thank my friends Constantinos, Giorgos, Vasiliki, Zacharias and Michael with whom we share the days of our lives but most importantly the same dreams of the future.

The presence of my uncle, Michael Antonopoulos, was instrumental in the developing of my interest for nature and science. He acted as a figure model for my academic advance during all this period of my quest for knowledge, which began in my childhood and lasted till the completion of my undergraduate studies.

Of course mentioning my studies would be meaningless without first thanking and recognizing the efforts of my parents, Gerasimos and Fotini and my brother Basilis, who unconditionally and absolutely supported me during all these years and in every aspect of my life. They are the pillars of my every effort and they constitute the most important and crucial factor of any success. Thus, it naturally follows that this work is dedicated to them with immense love and respect.

With the help and support of all the people mentioned above, the content of this work was shaped just as much as my own personality. This fact, gives me the honor and obligation to make sure that their contribution will be the foundation for my future path in life and to make sure that this contribution will keep traveling with me through space and time.

# Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	I
ABSTRACT.....	III
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	V
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	VII
ACKNOWLEDGMENTS .....	IX
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	XI
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	XIII
ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ .....	XVII
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
<i>Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου.....</i>	<i>5</i>
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΔΙΑΛΟΓΙΣΜΟΣ .....</b>	<b>7</b>
<i>Τεχνικές διαλογισμού.....</i>	<i>9</i>
<i>Η παράδοση των Ιμαλαΐων.....</i>	<i>11</i>
<i>Τα βασικά χαρακτηριστικά της παράδοσης των Ιμαλαΐων .....</i>	<i>12</i>
<i>Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου.....</i>	<i>14</i>
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....</b>	<b>15</b>
<i>To σύστημα 10-20 .....</i>	<i>16</i>
<i>Ηλεκτρικός θόρυβος .....</i>	<i>17</i>
<i>Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων.....</i>	<i>18</i>
<i>Ηλεκτρόδιο αναφοράς .....</i>	<i>19</i>
<i>Φίλτρα.....</i>	<i>21</i>
<i>Απόρριψη και διόρθωση του θορύβου και των σφαλμάτων.....</i>	<i>22</i>
<i>Τεχνικές αφαίρεσης σφαλμάτων.....</i>	<i>25</i>
<i>Ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες (ICA) .....</i>	<i>26</i>
<i>Αφαίρεση γραμμής αναφοράς .....</i>	<i>28</i>
<i>Ανάλυση φάσματος.....</i>	<i>29</i>
<i>Ανάλυση χρόνου - συχνότητας .....</i>	<i>30</i>
<i>Επίλυση του αντίστροφου προβλήματος .....</i>	<i>30</i>
<i>Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου.....</i>	<i>31</i>

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>33</b>
Τα ηλεκτρόδια καταγραφής.....	35
Το πρωτόκολλο .....	36
Λογισμικό.....	38
Προεπεξεργασία.....	38
Απόρριψη και διόρθωση του θορύβου και των σφαλμάτων.....	42
Μεθοδολογία απόρριψης ανεξάρτητων συνιστωσών .....	45
Απόρριψη των ανεξάρτητων συνιστωσών.....	47
Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου.....	50
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>51</b>
Γενική περιγραφή της ανάλυσης .....	51
Ανάλυση φάσματος.....	53
Ανάλυση των μέσων φασμάτων.....	55
Εύρεση στατιστικών διαφορών μεταξύ σχεδιασμών .....	57
Συμπεράσματα.....	63
Επίλογος.....	67
Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου.....	68
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ .....</b>	<b>71</b>
Συναισθηματικές διαταραχές.....	72
Ρύθμιση των συναισθημάτων με χρήση τεχνικών διαλογισμού.....	73
Διεπαφή εγκεφάλου - υπολογιστή .....	74
Εφαρμογές των SSVEP σε BCI.....	75
Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου.....	78
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>79</b>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	I
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ .....	XIII
<i>Short term effects Of Himalayan Tradition Yoga meditation in a multi-subject SSVEP study.</i> .....	xv
<i>Effects of Himalayan Tradition meditation during a Steady-State Visual Evoked Potentials study .....</i>	xvi
<i>Short term effects of Vipassanā meditation in a single subject SSVEP study.</i> .....	xvii

## Πίνακας Εικόνων

<b>Εικόνα 1 :</b> Σχηματική αναπαράσταση των αποστάσεων μεταξύ των σημείων τοποθέτησης των ηλεκτροδίων στο διεθνές σύστημα 10 – 20.	
Πηγή εικόνας : [4] .....	16
<b>Εικόνα 2 :</b> Η διαφορά μεταξύ ενός ανοιγοκλεισίματος των ματιών και μιας τυχαίας απόκλισης μπορεί να παρατηρηθεί στη διαφορά πολικότητας του ηλεκτροδίου VEOG. Πηγή εικόνας : [8] .....	23
<b>Εικόνα 3 :</b> Μερικά είδη σφαλμάτων (artifacts) και η χαρακτηριστική κυματομορφή τους. Πηγή εικόνας : [4] .....	24
<b>Εικόνα 4 :</b> Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας του αλγορίθμου ICA και των ανεξάρτητων συνιστωσών στις οποίες διαχωρίζει το σήμα. Πηγή εικόνας : [14] .....	26
<b>Εικόνα 5 :</b> Μετά την ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες με τον αλγόριθμο ICA είναι δυνατόν να αφαιρεθούν τα ανεπιθύμητα σφάλματα, τα οποία επιλέγονται με κριτήριο τους κρανιακούς χάρτες (scalp maps) της δραστηριότητάς τους. Πηγή εικόνας : [14] .....	27
<b>Εικόνα 6 :</b> Η φασματική ανάλυση ενός εγκεφαλογραφήματος δίνει ένα γράφημα της ισχύος κάθε συχνότητας και για κάθε ηλεκτρόδιο, ενώ παράλληλα μπορεί να αποδώσει τη χωρική κατανομή της κάθε συχνότητας στην επιφάνεια του κρανίου.....	29
<b>Εικόνα 7 :</b> Δύο από τους συμμετέχοντες στα πειράματα.....	36
<b>Εικόνα 8 :</b> Τμήμα των δεδομένων πριν εφαρμοστεί η προεπεξεργασία. ..	39
<b>Εικόνα 9 :</b> Η απόκριση τόσο στο πεδίο των συχνοτήτων όσο και στη φάση, του βαθυπερατού φίλτρου που χρησιμοποιήθηκε.....	40
<b>Εικόνα 10 :</b> Η απόκριση τόσο στο πεδίο των συχνοτήτων όσο και στη φάση, του υψηπερατού φίλτρου που χρησιμοποιήθηκε.....	41
<b>Εικόνα 11 :</b> Το τμήμα των δεδομένων της Εικόνας 8 μετά την επεξεργασία και την αφαίρεση των καναλιών που παρουσιάζουν μη φυσιολογική δραστηριότητα.....	43
<b>Εικόνα 12 :</b> Η φασματική ανάλυση των δεδομένων της Εικόνας 8 . .....	44
<b>Εικόνα 13 :</b> Η φασματική ανάλυση των δεδομένων της Εικόνας 11.....	44
<b>Εικόνα 14 :</b> Οι τοπογραφικοί κρανιακοί χάρτες των διαφόρων συνιστωσών στις οποίες αναλύεται το σήμα. .....	45
<b>Εικόνα 15 :</b> Τρισδιάστατη αναπαράσταση μιας συνιστώσας που αντιστοιχεί σε ανοιγοκλείσιμο των ματιών (blinking).....	46
<b>Εικόνα 16 :</b> Χαρακτηριστικά παραδείγματα συνιστωσών που αντιστοιχούν σε διάφορα σφάλματα. Η συνιστώσα 4 αντιστοιχεί σε ανοιγοκλείσιμο των ματιών. Η συνιστώσες 10 και 14 σε σακκαδικές κινήσεις ενώ η συνιστώσα 32 σε μυϊκή σύσπαση. .....	46

<b>Εικόνα 17 : Οι κυματομορφές των συνιστωσών που προέκυψαν μετά την ανάλυση του σήματος με τη μέθοδο ICA. Οι κόκκινες γραμμές αντιστοιχούν στα γεγονότα.....</b>	47
<b>Εικόνα 18 : Η φασματική ανάλυση των συνιστωσών. ....</b>	47
<b>Εικόνα 19 : Οι κυματομορφές των ηλεκτροδίων μετά την αφαίρεση των συνιστωσών που αντιστοιχούν στα διάφορα σφάλματα.....</b>	48
<b>Εικόνα 20 : Η φασματική ανάλυση των καναλιών μετά την αφαίρεση των σφαλμάτων.....</b>	48
<b>Εικόνα 21 : Η φασματική ανάλυση των συνιστωσών που προκύπτουν μετά την αφαίρεση των σφαλμάτων και την εφαρμογή της ανάλυσης σε ανεξάρτητες συνιστώσες για τρίτη φορά. ....</b>	49
<b>Εικόνα 22 : Απεικόνιση τις ταξινόμησης των κυμάτων που παρατηρούνται κατά την εγκεφαλική λειτουργία.....</b>	52
<b>Εικόνα 23 : Οι θέσεις των ηλεκτροδίων σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10 - 20.....</b>	54
<b>Εικόνα 24 : Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας αναφοράς.....</b>	55
<b>Εικόνα 25 : Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας διαλογισμού. ....</b>	55
<b>Εικόνα 26 : Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας αναφοράς στην κατάσταση συγκέντρωσης.</b>	56
<b>Εικόνα 27 : Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας αναφοράς στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης.....</b>	56
<b>Εικόνα 28 : Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας διαλογισμού στην κατάσταση διαλογισμού (πάνω) και στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης (κάτω). ....</b>	57
<b>Εικόνα 29 : Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 1 - 4 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα . .....</b>	58
<b>Εικόνα 30 : Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 4 - 8 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα . .....</b>	58
<b>Εικόνα 31 : Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 8 - 12 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα . .....</b>	59
<b>Εικόνα 32 : Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 12 - 25 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα . .....</b>	59

<b>Εικόνα 33 :</b> Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 25 - 40 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα . .....	60
<b>Εικόνα 34 :</b> Ανάλυση της συχνότητας του εξωτερικού ερεθίσματος στα 20 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα . .....	60
<b>Εικόνα 35 :</b> Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 1 - 4 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις. ....	61
<b>Εικόνα 36 :</b> Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 4 - 8 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις. ....	61
<b>Εικόνα 37 :</b> Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 8 - 12 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις. ....	61
<b>Εικόνα 38 :</b> Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 12 - 25 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις. ....	62
<b>Εικόνα 39 :</b> Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 25 - 40 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις. ....	62
<b>Εικόνα 40 :</b> Ανάλυση της συχνότητας του εξωτερικού ερεθίσματος στα 20 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών ρ ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις. ....	62
<b>Εικόνα 41 :</b> Σχηματική παρουσίαση των εγκεφαλικών λοβών σύμφωνα με το βιβλίο ανατομίας του Gray.....	63
<b>Εικόνα 42 :</b> Τα SSVEP παρατηρούνται στο εγκεφαλογράφημα σαν άθροιση ημιτονοειδών σημάτων και τείνουν να έχουν τη συχνότητα του ερεθίσματος. Πηγή εικόνας: [12].....	76
<b>Εικόνα 43 :</b> Σε ένα σύστημα BCI – SSVEP τα εικονικά πλήκτρα πάλλονται με διαφορετική συχνότητα το καθένα, ενώ απέχουν ικανή απόσταση για την εκμετάλλευση του φαινομένου κεντρικής μεγέθυνσης. Πηγή εικόνας : [16] .....	77



## Μετάφραση Ορολογίας

- AC line - Κύρια γραμμή ρεύματος
- Acausal filter – Φίλτρο μη αιτιακού τύπου
- Alexithymia - Αλεξίθυμια
- Altered states of consciousness - Καταστάσεις τροποποιημένης συνειδητότητας
- Artifact – Σφάλμα
- Attention deficit hyperactivity disorder - Σύνδρομο ελλειμματικής προσοχής και υπερκινητικότητας
- Automatic channel rejection - Αυτόματη αφαίρεση καναλιών
- Average mastoid reference – Αναφορά μέσων μαστοειδών
- Average reference - Μέση αναφορά
- Awareness – Επίγνωση
- Background noise - Περιβάλλον θόρυβος
- Baseline removal - Αφαίρεση γραμμής αναφοράς
- Behavioral change - Συμπεριφορική αλλαγή
- Bilinear time-frequency distribution - Διγραμμική κατανομή χρόνου
- Blind source separation - Τυφλός διαχωρισμός πηγών
- Blinking - Ανοιγοκλείσιμο των ματιών
- Boundaries - Συνοριακά σημεία
- Brain-computer interface - Διεπαφή εγκεφάλου - υπολογιστή
- Brainwave entrainment – Συγχρονισμός εγκεφαλικής δραστηριότητας
- Central magnification effect - Φαινόμενο κεντρικής μεγέθυνσης
- Channel mean – Μέση τιμή καναλιού
- Cluster – Ομάδα
- Clustering - Ομαδοποίηση
- Common-mode rejection - Απόρριψη κοινής μεθόδου
- Continuous data – Συνεχή δεδομένα
- Control group - Ομάδα αναφοράς
- Cortex - Φλοιός
- Current flow - Ροή ηλεκτρικού ρεύματος
- Cutoff frequency - Συχνότητα αποκοπής
- Dataset – Σύνολο δεδομένων
- DC lights - Λάμπες συνεχούς ρεύματος
- DC offset – Μετατόπιση συνεχούς ρεύματος
- Deflection - Απόκλιση
- Discrete Fourier transformation - Διακριτός μετασχηματισμός Fourier
- Dissociative disorder - Διασχιστική διαταραχή
- Electrical gradient - Ηλεκτρική βαθμίδα
- Electrocardiogram - Ηλεκτροκαρδιογράφημα
- Electroencephalography - Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

- Electrooculogram - Ηλεκτροοφθαλμογράφημα
- Emotional avoidance - Συναισθηματική αποφυγή
- Fourth standardized moment – Τέταρτη κεντρική ροπή
- Frame – Πλαίσιο
- Frontal lobe – Μετωπιαίος λοβός
- Galvanic skin resistance - Ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος
- Ground electrode - Ηλεκτρόδιο γείωσης
- Harmonic frequency - Αρμονική συχνότητα
- High pass filter - Υψηπερατό φίλτρο
- Himalayan tradition - Παράδοση των Ιμαλαΐων
- Impedance - Ηλεκτρική αντίσταση
- Independent components analysis - Ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες
- Inion - Ινιακό οστό
- Insight – Διορατικότητα
- Interpolation – Παρεμβολή
- Intersample time – Χρόνος μεταξύ δύο δειγματοληψιών
- Joint probability - Από κοινού πιθανότητα
- Latency – Καθυστέρηση
- Linear trend removal – Αφαίρεση γραμμικών τάσεων
- Locked-in syndrome - Σύνδρομο αποκλεισμού
- Low pass filter - Βαθυπερατό φίλτρο
- Low resolution electromagnetic tomography - Μέθοδος ηλεκτρομαγνητικής τομογραφίας χαμηλής ανάλυσης
- Mind wandering – Νοητική περιπλάνηση
- Mindfulness – Ενσυνειδητότητα
- Nasion - Ριζορρίνιο
- Neural correlates – Νευρωνικές συνιστώσες
- Non stereotypical artifacts - Μη τυπικά σφάλματα
- Notch filter - Φίλτρο αποκοπής ζώνης
- Null hypothesis – Μηδενική υπόθεση
- Occipital lobe – Ινιακός λοβός
- Open-source software - Λογισμικό ανοιχτού κώδικα
- Paired statistics – Συσχετισμένες στατιστικές
- Parametric tests – Παραμετρικοί έλεγχοι
- Parietal lobe – Βρεγματικός λοβός
- Paroxysmal events- Παροξυσμικά γεγονότα
- Peak – Κορυφή
- Peak-to-peak amplitude measure - Μέτρο διαφοράς μεγίστου ελαχίστου
- Phase – Φάση
- Photic driving – Φωτική οδήγηση
- Photoplethysmograph - Φωτοπληθυσμογράφος
- Pre-auricular points - Κρόταφοι
- Primary visual cortex - Πρωτοταγής οπτικός φλοιός

- Principal components analysis - Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες
- Quantitative EEG Analysis - Ποσοτική ανάλυση  
ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος
- Random permutations statistics – Στατιστικές τυχαίων μεταθέσεων
- Reference electrode - Ηλεκτρόδιο αναφοράς
- Rereferencing - Εκ νέου αναφορά
- Respiration belt - Ζώνη αναπνοής
- Root mean square – Ρίζα της μέσης τετραγωνικής τιμής
- Saccade - Σακκαδική κίνηση
- Scalp map - Κρανιακός χάρτης
- Shaman practices – Σαμανικές πρακτικές
- Short-time Fourier transformation - Μετασχηματισμός Fourier σύντομου χρόνου
- Signal to noise ratio – Λόγος σήματος – θορύβου
- Simple amplitude threshold - Απλό κατώφλι πλάτους
- Skin potentials - Δερματικά δυναμικά
- Spectral analysis - Φασματική ανάλυση, Ανάλυση φάσματος
- Spectral band power - Ισχύς ζώνης συχνοτήτων
- Spectral power analysis - Φασματική ανάλυση ισχύος
- Spherical interpolation - Σφαιρική παρεμβολή
- State change - Αλλαγή κατάστασης
- Steady-state visual evoked potentials - Οπτικά προκλητά δυναμικά σταθερής κατάστασης
- Subharmonic frequency – Υποαρμονική συχνότητα
- Sub-gaussian component – Υπογκαουσιανή συνιστώσα
- T – test – Στατιστικός έλεγχος t
- Temporal lobe – Κροταφικός λοβός
- Threshold - Κατώφλι
- Time-locked - Χρονικά κλειδωμένα
- Topological scalp map – Τοπολογικός κρανιακός χάρτης
- Trait change - Αλλαγή χαρακτηριστικών
- Transcranial magnetic stimulation – Διακρανιακός μαγνητικός ερεθισμός
- Time - frequency analysis - Ανάλυση χρόνου - συχνότητας
- Transcendental meditation - Υπερβατικός διαλογισμός
- Unpaired statistics – Ασυσχέτιστες στατιστικές
- Visual evoked potentials - Οπτικά προκλητά δυναμικά
- Visual pathway - Οπτικό μονοπάτι
- Waveform - Κυματομορφές
- Wavelet transformation - Μετασχηματισμός κυματιδίου



*If the doors of perception were cleansed  
every thing would appear to man as it is, infinite.*

*Αν οι πύλες της αντίληψης καθαριστούν,  
ο άνθρωπος θα παρατηρήσει τα πάντα ως έχουν, άπειρα.*

*William Blake - The Marriage of Heaven and Hell (1793)*

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή

Η συνειδητότητα (consciousness) αποτελεί την πιο δυσνόητη αλλά ίσως και σημαντικότερη πτυχή της ανθρώπινης ύπαρξης. Μια έννοια η οποία δεν έχει σαφή ορισμό και αναφέρεται στην πιο σημαντική ίσως λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, την αντίληψη, τις αισθήσεις, την κατανόηση της ύπαρξης και του εγώ.

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει ως στόχο να συμβάλει σε μια ευρεία διεπιστημονική προσπάθεια για την κατάδειξη και την εξήγηση με τη χρήση επιστημονικών μεθόδων της δυνατότητας των ανθρώπων να ανακαλύψουν τα μυστικά του εγκεφάλου και να κατανοήσουν τις διάφορες πτυχές της συνειδητότητας με τη χρήση διαφορετικών πρακτικών. Η προσπάθεια αυτή είναι τόσο παλιά όσο και ο άνθρωπος. Η ανάπτυξη του πνεύματος πάντοτε είχε οδηγό την εγγενή περιέργεια του ανθρώπου καθώς και την αξιοποίηση των γνώσεων και της τεχνολογίας για την κατανόηση της φύσης αλλά και της συνειδητότητας, της πνευματικής δηλαδή φύσης του ανθρώπου.

Η ιστορία της θρησκευτικής πίστης και των διαφόρων τελετουργιών που οι διαφορετικές μορφές αυτής περιλαμβάνουν ξεκινάει σχεδόν με την ύπαρξη του ανθρώπου. Οι *Homo sapiens neanderthalensis* (300.000 - 50.000 π.Χ.) έθαβαν τους νεκρούς, σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα μαζί με διάφορα εργαλεία και άλλα αντικείμενα. Η τελετουργική ταφή των νεκρών θεωρείται ένδειξη θρησκευτικής δραστηριότητας, ήδη από τη Μέση Παλαιολιθική περίοδο. Η απαρχή της θρησκευτικής συμπεριφοράς θεωρείται ότι βρίσκεται στην Ανώτερη Παλαιολιθική περίοδο και αργότερα στην εποχή της Συμπεριφορικής Νεοτερικότητας κατά την οποία θεωρείται ότι οι *Homo Sapiens* είχαν αναπτύξει τη δυνατότητα συμβολικής σκέψης, η οποία συνδέεται με την απαρχή της γλώσσας [1][2][5][19].

Η κατανάλωση των προϊόντων της φύσης, η ταξινόμηση τους και η ανακάλυψη μεταξύ αυτών διαφόρων ψυχοτρόπων ουσιών που τροποποιούν προσωρινά τη λειτουργία του εγκεφάλου είναι χαρακτηριστικό όχι μόνο των ανθρώπων αλλά και άλλων ειδών και αποτελεί μια απόδειξη της διαρκούς αναζήτησης των ανθρώπων για την αλλαγή της φυσιολογικής κατάστασης του νου και της επιδίωξης καταστάσεων τροποποιημένης συνειδητότητας (*altered states of consciousness*). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η χρήση των φύλλων καπνού, η καλλιέργεια καφέ και το μάσημα φύλων κόκας στο Περού που υπολογίζεται ότι αποτελεί καθημερινή πρακτική από το 6.000 π. Χ., ενώ κάποια από τα πιο ενδιαφέροντα παραδείγματα χρήσης ψυχοτρόπων ουσιών αποτελούν οι σαμανικές πρακτικές (*shaman practices*) σε διάφορες φυλές όπου η κατανάλωση φυτών και περίπλοκων μιγμάτων που περιέχουν ψυχοτρόπες ουσίες αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των τελετών και αποτελούν τους θεμέλιους λίθους της κοινωνίας των φυλών αυτών και της προσπάθειας τους για την αρμονική συμβίωση με τη φύση [17][18][20][21].

Ο άνθρωπος σύντομα κατάλαβε ότι ο εγκέφαλος είναι το όργανο του σώματος στο οποίο κατοικεί η συνείδηση και η νοημοσύνη. Οι πρώτες προσπάθειες αξιοποίησης της γνώσης αυτής ξεκινούν ήδη από τη Νεολιθική περίοδο (9500 π. Χ.) με τη χρήση του τρυπανισμού, το άνοιγμα δηλαδή μιας τρύπας στο κρανίο για τη θεραπεία επιληπτικών κρίσεων, ημικρανιών καθώς και διαφόρων ψυχικών διαταραχών. Έκτοτε, συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με αμείωτη ένταση η προσπάθεια για την επιστημονική μελέτη του οργάνου αυτού και της λειτουργίας του καθώς και για τη θεραπεία των ασθενειών που σχετίζονται με τον εγκέφαλο με χρήση χειρουργικών μεθόδων. Τις τελευταίες δεκαετίες η γνώση για τον εγκέφαλο και η πρόοδος της κλινικής εφαρμογής της γνώσης αυτής είναι αλματώδης. Ταυτόχρονα όμως αυξάνεται και η κατανόηση του ανθρώπου για το πόσα λίγα γνωρίζει για τις θεμελιώδεις λειτουργίες του οργάνου αυτού αλλά και για την ίδια την πνευματική ύπαρξη του [5][19].

Παράλληλα με τη χρήση της διαλεκτικής αναπτύχθηκε η φιλοσοφία και μέσω αυτής η ψυχολογία σαν ξεχωριστός κλάδος ήδη από την εποχή των Αρχαίων Αιγυπτίων και των Αρχαίων Ελλήνων. Με αυτό τον τρόπο οι άνθρωποι προσπαθούν να φτάσουν στα βάθη της ανθρώπινης ψυχής και να εξερευνήσουν τα όρια της ανθρώπινης νόησης. Αν και η ψυχανάλυση και η ψυχοθεραπεία στην τυπική τους μορφή θεωρούνται σύγχρονες τεχνικές των τελευταίων αιώνων, τα χαρακτηριστικά τους και η ουσία τους περιέχονται στις φιλοσοφικές θεωρήσεις διαφόρων πολιτισμών εδώ και χιλιετίες [6][11].

Οι παραπάνω είναι κάποιοι μόνο από τους δρόμους που έχουν ακολουθήσει οι άνθρωποι για την εξερεύνηση και τη χαρτογράφηση των μυστικών του εγκεφάλου. Μιλώντας για την κατανόηση αυτών των μυστικών, κανείς οφείλει να είναι πολύ προσεκτικός καθώς η γνώση που δεν προέρχεται από την άμεση εμπειρία δεν μπορεί να προσφέρει ουσιαστικά στην αληθινή κατανόηση των φαινομένων της πνευματικότητας. Έτσι γίνεται εξαρχής κατανοητό ότι αυτή, όπως και οποιαδήποτε άλλη αμιγώς επιστημονική προσπάθεια, δεν μπορεί να δώσει μια απόλυτη εξήγηση για το αληθινό νόημα της συνειδητότητας παρά μόνο να προσπαθήσει να κατανοήσει και εξηγήσει, με τα τεχνικά και διανοητικά μέσα που είναι διαθέσιμα, τις σωματικές συνιστώσες των πνευματικών αυτών εμπειριών. Παραφράζοντας τον Aldous Huxley μπορεί να ειπωθεί ότι ο άνθρωπος που γυρίζει από ένα ταξίδι πνευματικής αναζήτησης δεν είναι ποτέ ο ίδιος με αυτόν που το ξεκίνησε. Και αυτό, όπως θα διαφανεί και παρακάτω, φαίνεται να είναι αληθινό τόσο στο διανοητικό και συναισθηματικό επίπεδο όσο και στο σωματικό, το επίπεδο δηλαδή των νευροφυσιολογικών αλλαγών, προσωρινών ή μακροπρόθεσμων που υφίσταται ο ανθρώπινος εγκέφαλος σαν συνέπεια της πνευματικής αυτής αναζήτησης [4][15][16][9].

Από το Νοῦς ύγιης ἐν σώματι ύγιεῖ του Θαλή (ή το Mens sana in corpore sano του Ρωμαίου ποιητή Juvenal) και τις διάφορες θρησκευτικές τεχνικές (νηστεία, προσευχή, χειραγώγηση των διαφόρων αισθήσεων, yoga και λοιπές σωματικές ασκήσεις) μέχρι την επίδραση των διαφόρων χημικών ουσιών στις λειτουργίες του εγκεφάλου και τη χρήση Διακρανιακού Μαγνητικού Ερεθισμού (Transcranial Magnetic Stimulation - TMS) για την επιλεκτική ενεργοποίηση περιοχών του εγκεφάλου που αυτή η τεχνική κάνει εφικτή, γίνεται ξεκάθαρη η άμεση συσχέτιση και αλληλεπίδραση σώματος και πνεύματος [3].

Η προσπάθεια να τεθεί η θρησκεία και η νευρολογία στο ίδιο πλαίσιο δεν είναι καινούρια. Ο William James, στα πλαίσια των διαλέξεων του Gilford το 1902 στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου, στην ομιλία του με τίτλο “The Varieties of Religious Experience” έθεσε τις βάσεις για τη σύνδεση των δύο αντικειμένων. Η ομιλία αυτή αποτέλεσε το εναρκτήριο σάλπισμα για μια πολύ μεγάλη ακολουθία ερευνών και μελετών πάνω στο ζήτημα της πνευματικότητας και των νευροφυσιολογικών συνιστώσων της [10][9][7][12][13].

Παράλληλα τα ερωτήματα επεκτάθηκαν και σε άλλους τομείς της πνευματικής αναζήτησης εκτός από τη θρησκεία, με σημαίνοντα ρόλο να έχουν οι έρευνες για τις ψυχοτρόπες ουσίες, τόσο στο επίπεδο της βιοχημικής δράσης αυτών όσο και στο επίπεδο της ψυχιατρικής και του θεραπευτικού ρόλου που μπορούν να έχουν οι ουσίες αυτές στην κλινική πρακτική. Οι έρευνες αυτές όμως μετά τη δεκαετία του 1970 και την κοινωνική αναδόμηση που ακολούθησε αυτής σε όλο σχεδόν το δυτικό κόσμο, πρακτικά εξέλειψαν και μόλις τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκίνησαν και πάλι κάποια ερευνητικά προγράμματα [8][14].

Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται σε ένα μικρό τμήμα της έρευνας και της ευρείας προσπάθειας εξερεύνησης των συνόρων μεταξύ του διαλογισμού και των νευροφυσιολογικών αλλαγών που συμβαίνουν στον εγκέφαλο εξαιτίας αυτού και μπορούν να παρατηρηθούν με την καταγραφή και ανάλυση του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Αποτελεί το γόνιμο καρπό μιας μεγάλης σειράς συμπτώσεων αλλά και της παραγωγικής συνεργασίας ανθρώπων που οι δρόμοι τους διασταυρώθηκαν πάνω στον κοινό άξονα της άσβεστης, φύση και θέση, περιέργειας για τη βαθύτερη κατανόηση της συνειδητότητας, τόσο μέσα από την προσωπική άμεση εμπειρία και πειραματισμό, όσο και με τη χρήση των μέσων που προσφέρει η σύγχρονη επιστήμη και τεχνολογία.

Συγκεκριμένα, επιδιώκεται η παρατήρηση των διαφορών στον τρόπο με τον οποίο ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιδρά στην παρουσία εξωτερικών οπτικών ερεθισμάτων, μεταξύ των καταστάσεων διαλογισμού ή απλής νοητικής περιπλάνησης, όπως και ανάμεσα σε άτομα με μεγάλη εμπειρία στο διαλογισμό και σε άτομα χωρίς αντίστοιχη εμπειρία. Η εργασία αυτή χωρίζεται σε έξι κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια περιγραφή των βασικών ιδεών της Βουδιστικής και Ινδουιστικής φιλοσοφίας με σκοπό να εισάγει τον αναγνώστη στις ιδέες πάνω στις οποίες βασίζονται οι σωματικές τεχνικές που εξετάζονται στα πλαίσια αυτής της έρευνας. Παράλληλα γίνεται μια προσπάθεια ταξινόμησης των βασικών πρακτικών διαλογισμού και παραδόσεων πάνω στη βάση των τεχνικών τους διαφοροποιήσεων και των χαρακτηριστικών τους.

Η μεθοδολογία της καταγραφής καθώς και οι διάφορες τεχνικές της προεπεξεργασίας και της ανάλυσης δεδομένων ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος παρατίθενται στο Κεφάλαιο 3. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το πείραμα και η διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων ενώ στο Κεφάλαιο 5 γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Η εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 6 και την παρουσίαση των κλινικών εφαρμογών που μπορεί να έχει μια παρόμοια μελέτη πάνω σε αυτό το ζήτημα καθώς και τη χαρτογράφηση των πιθανών μελλοντικών ερευνών που θα βοηθούσαν στη βελτίωση των εφαρμογών που παρουσιάζονται.

## **Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου**

1. Alper, Matthew. The "God" Part of the Brain. Sourcebooks, Inc, 2008.
2. Austin, James. Zen and the Brain. Cambridge: MIT Press, 1998.
3. Bennett, M R. "The Early History of the Synapse: From Plato to Sherrington." *Brain Res Bull* 50.2 (1999): 95-118.
4. Blake, William. The Marriage of Heaven and Hell. New York: Dover Publications, 1994.
5. Calvin, William. A Brief History of the Mind. Oxford Oxfordshire: Oxford University Press, 2004.
6. Geiger, John. Chapel of Extreme Experience. Soft Skull Press, 2003.
7. Harris, Sam, Jonas T Kaplan et al. "The Neural Correlates of Religious and Nonreligious Belief." *PLoS ONE* 4.10 (2009): e0007272.
8. Hofmann, Albert et.al. The Road to Eleusis. Richmond: North Atlantic Books, 2008.
9. Huxley, Aldous. The Doors of Perception and Heaven and Hell. Harper Perennial Modern Classics, 2009.
10. James, William. The Varieties of Religious Experience. CreateSpace, 2010.
11. Kandel, Eric. Psychiatry, Psychoanalysis, and the New Biology of Mind. American Psychiatric Publishing, Inc., 2005.
12. Kapogiannis, Dimitrios, Aron K Barbey et al. "Neuroanatomical Variability of Religiosity." *PLoS ONE* 4.9 (2009): e7180.
13. Kapogiannis, Dimitrios, Aron K Barbey et al. "Cognitive and Neural Foundations of Religious Belief." *Proc Natl Acad Sci USA* 106.12 (2009): 4876-81.
14. Kent, James. Psychedelic Information Theory. CreateSpace, 2010.
15. Leary, Timothy et.al. The Psychedelic Experience. New York: Citadel Press, 2007.
16. Leary, Timothy. Your Brain Is God. Berkeley: Ronin, 2000.
17. Mckenna, Terence. Food of the Gods. London: Rider, 1992.
18. Merlin, MD. "Archaeological Evidence for the Tradition of Psychoactive Plant Use in the Old World." *Econ Bot* 57.3 (2003): 295-323.
19. Mithen, Steven. The Prehistory of the Mind. London: Thames and Hudson, 1999.
20. Samorini, Giorgio et.al. Animals and Psychedelics. Rochester: Park Street Press, 2002.
21. Schultes, Richard et.al. Plants of the Gods. Rochester: Healing Arts Press, 2001.



*Sabbe sankhara anicca'ti.  
Yada pannaya passati,  
atha nibbindati dukkhe.  
Esa maggo visuddhiya.*

*Ta πάντα είναι παροδικά.  
Όταν κανείς το παρατηρήσει και το κατανοήσει  
τότε γλιτώνει από τη δυστυχία και σταματάει να υποφέρει,  
Αυτός είναι ο δρόμος για την κάθαρση.*

*Theragatha*

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Διαλογισμός

Κάθε πρακτική που σκοπό της έχει την εκπαίδευση του νου χρησιμοποιώντας τον έλεγχο της προσοχής και των συναισθημάτων μπορεί να θεωρηθεί μια μορφή διαλογισμού. Ο διαλογισμός αποτελεί ένα σύνολο εμπειρικών πρακτικών που εφαρμόζονται από τις περισσότερες θρησκευτικές και φιλοσοφικές παραδόσεις στην ιστορία του ανθρώπου.

Οι πνευματικές πρακτικές για την υπέρβαση της φυσιολογικής κατάστασης του νου εμφανίζονται στις ανθρώπινες κοινωνίες για πρώτη φορά κατά την Παλαιολιθική περίοδο οπότε και παρατηρούνται οι πρώτες σαμανικές πρακτικές και η παρουσία τους έκτοτε είναι συνεχής μέχρι και σήμερα.

Ο σκοπός της άσκησης στο διαλογισμό συνήθως είναι η επιδίωξη της κατανόησης της φύσης, του νου και του σύμπαντος ή η επικοινωνία με το άπειρο ή κάποια θεότητα, ανάλογα με το θρησκευτικό και φιλοσοφικό πλαίσιο γύρω από την πρακτική. Μετά από περιόδους έντονου και διαρκούς διαλογισμού συνήθως ο ασκούμενος επιτυγχάνει να βιώσει καταστάσεις τροποποιημένης συνειδητότητας (altered states of consciousness).

Για τη μελέτη του διαλογισμού από τη σκοπιά των νευροεπιστημών, η βασική υπόθεση που γίνεται είναι ότι διαφορετικές καταστάσεις συνειδητότητας συνοδεύονται από διαφορετική νευροφυσιολογική δραστηριότητα στον εγκέφαλο. Η υπόθεση αυτή επιτρέπει την παρατήρηση των αλλαγών που ο διαλογισμός επιφέρει, τόσο στο επίπεδο των αισθήσεων και της συμπεριφοράς όσο και στη λειτουργία του εγκεφάλου με τη χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών και συμπεριφορικών μελετών. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να χαρακτηριστούν είτε ως αλλαγές κατάστασης (state changes) αν συμβαίνουν και παρατηρούνται κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την άσκηση, είτε σαν αλλαγές χαρακτηριστικών (trait changes) όταν παρατηρούνται μακροπρόθεσμα και αφορούν μόνιμες αλλαγές στη συμπεριφορά και τη λειτουργία του εγκεφάλου. Με τη μελέτη των αλλαγών κατάστασης, γίνεται δυνατή η κατανόηση του μηχανισμού της συνειδητότητας και ο τρόπος με τον οποίο ο διαλογισμός επηρεάζει τον εγκέφαλο. Αντίθετα η μελέτη των αλλαγών χαρακτηριστικών βοηθάει στην παρατήρηση των μόνιμων αποτελεσμάτων που μπορεί να έχει ο διαλογισμός στην υγεία και συμπεριφορά των ανθρώπων.

Το πλήθος των διαφορετικών πρακτικών διαλογισμού και οι μεγάλες διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται μεταξύ τους τόσο στο φιλοσοφικό υπόβαθρο κάθε θρησκείας και φιλοσοφικής παράδοσης όσο και στο επίπεδο της τεχνικής καθιστά τη μελέτη του διαλογισμού, σαν ένα συμπαγές εννοιολογικό πλαίσιο, δύσκολη. Όμως ξεκινώντας από την ιδέα της ταξινόμησης με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε παράδοσης και το πώς αυτή αντιμετωπίζει το ζήτημα της νοητικής προσοχής, καθίσταται εφικτός ο διαχωρισμός τους σε δύο οικογένειες. Η πρώτη οικογένεια περιλαμβάνει τις πρακτικές συγκέντρωσης της προσοχής και η δεύτερη τις πρακτικές επίγνωσης ή ανοιχτής παρατήρησης [4][18].

Οι πρακτικές συγκέντρωσης απαιτούν την εστίαση της προσοχής στη παρατήρηση ενός αντικειμένου, όπως για παράδειγμα των αισθήσεων που προκαλούνται κατά την αναπνοή. Καθώς η προσοχή φεύγει ασυναίσθητα από το αντικείμενο της παρατήρησης, ο ασκούμενος καλείται να αντιληφθεί το γεγονός αυτό και να επιστρέψει την προσοχή του. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσονται οι ικανότητες της αντικειμενικότητας απέναντι στις αισθήσεις και της αταραξίας, αφού όταν, για παράδειγμα, η προσοχή ξεφύγει και οδηγηθεί σε κάποιο σημείο όπου εμφανίζεται η αίσθηση του πόνου, ο διαλογιζόμενος οφείλει να παρατηρήσει το γεγονός αυτό και παραμένοντας ατάραχος να το "αγνοήσει" επιστρέφοντας την προσοχή του στο αρχικό σημείο. Καθώς κανείς προοδεύει στην τεχνική, η διατήρηση της προσοχής σε κάθε σημείο γίνεται ευκολότερη, ενώ και η ικανότητα εστίασης σε μικρότερες περιοχές και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα όπως και η δυνατότητα επίγνωσης των στιγμών που η προσοχή αποσπάται βελτιώνονται διαρκώς.

Οι πρακτικές ανοιχτής παρατήρησης περιλαμβάνουν αρχικά την εξάσκηση της συγκέντρωσης για να ηρεμήσουν το νου και να μειώσουν τους περισπασμούς. Με την πρόοδο στην τεχνική αυτή ο ασκούμενος αποκτά την ικανότητα να παραμείνει μεγάλα χρονικά διαστήματα σε διαρκή επίγνωση στο χώρο της άμεσης εμπειρίας χωρίς να απαιτείται η συγκέντρωση σε κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο. Για την επίτευξη αυτού, ο ασκούμενος σταδιακά ελαττώνει την προσοχή του στο αντικείμενο που είχε επιλεγεί αρχικά και οδηγείται προς τη συνολική και ανοιχτή παρατήρηση. Η τεχνική αυτή επιτρέπει την καθαρότερη και ορθότερη παρατήρηση των συναισθημάτων και των σκέψεων αποφεύγοντας τις ανακλαστικές συναισθηματικές αντιδράσεις που αποτελούν τη συνηθισμένη αντίδραση του νου. Παράλληλα, η επιδίωξη της απάθειας και ουδετερότητας απέναντι στα αντικείμενα τόσο των αισθήσεων όσο και του νου προσφέρει πνευματική ηρεμία.

## Τεχνικές διαλογισμού

Αν και παραδόσεις διαλογισμού υπάρχουν παντού στον κόσμο και με πολλές διαφορετικές μορφές, το επίκεντρο σε αυτή τη μελέτη αποτελούν κάποιες από τις βασικότερες κατηγορίες διαλογισμού (κυρίως Ασιατικής προέλευσης) που έχουν μελετηθεί από τους Δυτικούς επιστήμονες.

Μια αναδρομή στην προέλευση της λέξης Zen αποτελεί παράλληλα και μια σύντομη περίληψη της ιστορίας της παράδοσης αυτής. Η πρακτική αυτή ξεκίνησε από τις αρχαίες τεχνικές της yoga. Στα Σανσκριτικά ο διαλογισμός λεγόταν dhyana. Όταν η πρακτική διαδόθηκε στην Κίνα το όνομα μετεξελίχθηκε σε Ch'an-Na και αργότερα σε Ch'an. Από εκεί το Ch'an διαδόθηκε στην Ιαπωνία όπου και η λέξη προφερόταν σαν Zen [1].

Ο διαλογισμός Soto Zen αποτελεί μετεξέλιξη της κινέζικης σχολής Ts'ao-tung (προέρχεται από σύμπτυξη των ονομάτων των ιδρυτών της Ts'ao-shan και Tung-shan). Στην Ιαπωνία το έφερε ο Dogen και προφέρεται Soto. Η παράδοση αυτή βασίζεται στο Shikantaza που σημαίνει "τίποτα περισσότερο από το να κάθεσαι σε zazen" (στη στάση δηλαδή που φαίνεται στις συνήθεις απεικονίσεις του Buddha), κοιτώντας προς τον τοίχο με ανοιχτά τα μάτια. Οι ασκούμενοι παρατηρούν τα αισθήματα και τις σκέψεις τους χωρίς όμως να εμπλέκονται σε ενεργή σκέψη. Κάθε φορά που το μυαλό ξεφεύγει, πρέπει να επιστρέφουν τη σκέψη τους στην παρούσα στιγμή και στη στάση zazen. Στο Zen ένα σημαντικό κομμάτι της πρακτικής περιλαμβάνει το διαλογισμό κατά το περπάτημα και την εκτέλεση διαφόρων εργασιών. Οι διαλογιζόμενοι επιδιώκουν να είναι "παρόντες" και να παρατηρούν το σώμα και της αισθήσεις σε κάθε στιγμή της ημέρας διατηρώντας πλήρη επίγνωση. Το 1984 την παράδοση αυτή ακολουθούσαν 7.1 εκατομμύρια άνθρωποι στην Ιαπωνία [2][3][9].

To Rinzai Zen είναι η έτερη μεγαλύτερη παράδοση στο Zen. Σε αυτήν, οι ασκούμενοι χρησιμοποιούν τα λεγόμενα koans, γρίφους που δεν μπορούν να λυθούν χρησιμοποιώντας τη γνώση ή τη σκέψη. Ένα δημοφιλές koan είναι η ερώτηση "Τι ήχο κάνει ένα χέρι που χειροκροτά;". Ο δάσκαλος δίνει στους μαθητές του ένα κατάλληλο koan και αυτοί με τη βοήθεια του διαλογισμού επιδιώκουν να βρουν τη λύση του. Η χρήση των γρίφων αυτών βοηθάει τους μαθητές να ξεφύγουν από το συνηθισμένο τρόπο σκέψης και συνειδητότητας.

Η Vipassana είναι μια τεχνική διαλογισμού προερχόμενη από τη Βιρμανία η οποία τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί ευρέως στη Δύση. Στη Vipassana οι μαθητές ξεκινούν με την Anapana, την παρατήρηση δηλαδή της αναπνοής και της περιοχής γύρω από τα ρουθούνια. Με αυτό τον τρόπο "ακονίζεται" ο νους στην παρατήρηση και ταυτόχρονα αδειάζει σταδιακά από τις σκέψεις. Έπειτα η παρατήρηση επεκτείνεται σε όλα τα σημεία του σώματος, συστηματικά και διαδοχικά. Η παρατήρηση πρέπει να γίνεται με αταραξία και αντικειμενικότητα. χωρίς δηλαδή οι μαθητές να αναπτύσσουν πόθο ή αποστροφή για κάποια από τα αισθήματα που νιώθουν σε κάθε σημείο. Καθώς ο μαθητής προοδεύει στην άσκηση της Vipassana, η παρατήρηση γίνεται πολύ πιο προσεκτική και οδηγεί σε καταστάσεις πρωτόγνωρων βιωμάτων όπως η "ελεύθερη ροή", μια κατάσταση συνεχούς και ανεμπόδιστης παρατήρησης κάθε σημείου στο σώμα ταυτόχρονα. Στο τέλος του διαλογισμού συνηθίζεται η άσκηση για λίγη ώρα στη metta, μια πρακτική στην οποία προσπαθεί κανείς να νιώσει στοργική αγάπη και καλοσύνη για όλα τα πλάσματα. Η metta είναι μία μόνο από τις πολλές πρακτικές αυτού του είδους, πολύ συνηθισμένες στο Θιβετιανό Βουδισμό. Η Vipassana είναι μια τεχνική διαλογισμού η οποία συνδυάζει τις τεχνικές συγκέντρωσης αλλά και ανοιχτής παρατήρησης και επίγνωσης [5][6][7][8].

Οι τεχνικές που περιλαμβάνουν την επανάληψη προσευχών ή mantras είναι παγκοσμίως οι πιο διαδεδομένες. Αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές, η βασική ιδέα είναι η ίδια πίσω από την ανάγνωση και επανάληψη των προσευχών, είτε πρόκειται για Βουδιστικά sutras και Χριστιανικές ή Μουσουλμανικές γραφές είτε για την επανάληψη του Hare Krishna ή άλλων mantras. Αν και αυτά συνήθως αναφέρονται σαν προσευχές, βασίζονται στη συγκέντρωση της προσοχής για την αργή ανάγνωση ή λεκτική επανάληψη των λέξεων και οδηγούν σε σκέψεις που παρακάμπτουν τη διαλεκτική. Σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρείται ότι η συχνότητα στην οποία πάλλονται οι φωνητικές χορδές κατά την επανάληψη των φράσεων υποβοηθά την επίτευξη του τελικού στόχου.

Πολλές πρακτικές περιλαμβάνουν και την κίνηση. Η yoga είναι ένα είδος διαλογισμού το οποίο συνδυάζει και την αντίληψη του σώματος, αξιοποιώντας συγκεκριμένες στάσεις του σώματος και διάφορες τεχνικές αναπνοής. Μια από τις βασικότερες παραδόσεις της yoga, η παράδοση των Ιμαλαΐων, θα μελετηθεί διεξοδικότερα στη συνέχεια.

## Η παράδοση των Ιμαλαϊών

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναλύθηκαν δεδομένα που αφορούν το διαλογισμό της μορφής yoga σύμφωνα με την παράδοση των Ιμαλαϊών (Himalayan Tradition). Παρακάτω αναπτύσσονται περιληπτικά κάποια από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της παράδοσης αυτής για λόγους πληρότητας, αλλά και για την κατανόηση του φιλοσοφικού υποβάθρου πίσω από την πρακτική. Η εξήγηση κάποιων εκ των όρων που αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό μπορεί να βρεθεί στο παράρτημα.

Η συστηματική άσκηση της Yoga έρχεται ιστορικά από τα αρχαία μοναστήρια των Ιμαλαϊών, στον τόπο που υποτίθεται κρύβεται το μυθικό βασίλειο της Shambala. Η γενεαλογία των δασκάλων αυτής της παράδοσης της yoga χάνεται στους αιώνες και φτάνει τουλάχιστον 5000 χρόνια πριν, στην εποχή των γραφών Vedic. Οι σοφοί έδιναν τη γνώση στους μαθητές τους, οι οποίοι με τη σειρά τους γινόντουσαν δάσκαλοι. Με αυτό τον τρόπο, αυτή η παράδοση διατηρήθηκε από δάσκαλο σε δάσκαλο μέχρι τη σημερινή εποχή. Χίλια διακόσια χρόνια πριν, ο Shankaracharya οργάνωσε τη διδασκαλία του σε πέντε κέντρα της περιοχής των Ιμαλαϊών. Η παράδοση που μελετάται σε αυτή την εργασία είναι αυτή που διδαχθήκε και αναπτύχθηκε σε ένα από τα πέντε και ονομάζεται Bharati που σημαίνει “εραστής της γνώσης” και απόλυτα απορροφημένος από το φως της. Μέσα στο πέρασμα όλων αυτών των αιώνων, η παράδοση έχει διατηρηθεί μέσω μιας αδιάσπαστης αλυσίδας δασκάλων και μαθητών και εκατοντάδες γενιές ανθρώπων έχουν ακολουθήσει το μονοπάτι αυτό [10][11].

Η γνώση και η κατανόηση της παράδοσης αυτής βρίσκεται μέσα στην ίδια την παράδοση και την άσκηση. Ο σκοπός της είναι η αφύπνιση του κάθε ανθρώπου και ο σκοπός του κάθε μαθητή είναι να γίνει δάσκαλος της παράδοσης με το να γνωρίσει και να κατανοήσει τον αληθινό του Εαυτό. Συνδυάζει τη σοφία των Yogasutras, τη φιλοσοφία και την πρακτική των Tantras και τις προφορικές οδηγίες και αφηγήσεις που έρχονται από την παράδοση των δασκάλων της yoga εδώ και χιλιάδες χρόνια. Δεν πρόκειται όμως για ένα θεωρητικό κατασκεύασμα που απλώς συνδυάζει τα τρία αυτά στοιχεία αλλά αποτελεί ένα ενιαίο και αδιάσπαστο σύστημα ιδεών [12][13][14].

Η τεχνική περιλαμβάνει βασικές αρχές των περισσότερων γνωστών συστημάτων διαλογισμού. Περιλαμβάνει την επίγνωση της αναπνοής και των αισθήσεων με σκοπό την απόκτηση ενσυειδητότητας (στοιχεία που περιλαμβάνονται στη Vipassana) αλλά και την επανάληψη mantras (στοιχεία που περιλαμβάνονται στον Υπερβατικό Διαλογισμό) καθώς και τη σωστή στάση του σώματος (στοιχεία της Hatha) [15][16][17].

# **Τα βασικά χαρακτηριστικά της παράδοσης των Ιμαλαΐων**

## **1) Κάθαρση από τις σκέψεις και τα συναισθήματα**

Για να αποφύγει κανείς τις διάφορες σκέψεις οι οποίες διαρκώς απασχολούν το νου, χρειάζεται να χρησιμοποιήσει διάφορες τεχνικές κάθαρσης. Οι τεχνικές αυτές αποτελούνται από τα πέντε yamas και τα πέντε niyamas, τα τέσσερα brahma-viharas καθώς και τα αντίδοτα (prati-paksha-bvavana) για τις σκέψεις που εναντιώνονται στα yamas, niyamas και brahma-viharas. Η εφαρμογή των αντιδότων αυτών οδηγεί στην ηθική συμπεριφορά, τη χαλάρωση των καρμικών δεσμών (bonds of karma), στην chitta-pra-sadana, την καθαρότητα δηλαδή και την κάθαρση του νου καθώς και στην sthiti-ni-bandhana, τη φυσική και πνευματική σταθεροποίηση και σταθερότητα στη ζωή και κατά τη διάρκεια του διαλογισμού. Εκτός των παραπάνω, για να επιτύχει κανείς την κάθαρση του νου από τις σκέψεις, πρέπει να καταφέρει να κυριαρχήσει πάνω στα εννιά viskhepa, τις ενοχλήσεις δηλαδή που μπαίνουν εμπόδιο στο δρόμο για την κάθαρση.

## **2) Ενσυνειδητότητα (Mindfulness)**

Σύμφωνα με τις Yoga Sutras η πρακτική της smrty-upa-sthana (satipatthana στο Βουδισμό) έχει διάφορες μορφές. Στην παράδοση των Ιμαλαΐων διδάσκεται η μέθοδος των asanas ταυτόχρονα με την επίγνωση όλου του σώματος, της αναπνοής και του νου.

## **3) Επίγνωση της αναπνοής**

Η επίγνωση της αναπνοής ξεκινά σαν ένα κομμάτι της ενσυνειδητότητας και αποτελεί το πρώτο και πολύ σημαντικό βήμα στην πρακτική του διαλογισμού. Η αναπνοή είναι διαφραγματική, με αργό, ομαλό και συνεχή τρόπο. Τα βασικά χαρακτηριστικά είναι :

- α) να αναπνέει κανείς ορθά με τρόπο τέτοιο ώστε να βοηθάει στο διαλογισμό
- β) να παρατηρεί τη ροή της αναπνοής
- γ) να αναπνέει για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλάζει την τεχνική και
- δ) να περιμένει για το kevala-kumbhaka να συμβεί φυσικά, όταν ο νους έρθει σε μια τέτοια κατάσταση μέσω της παρατήρησης της αναπνοής, που θα σταματήσει την κίνηση των μυών και θα σταματήσει την αναπνοή.

## **4) Japa**

Αυτή η τεχνική δεν περιλαμβάνει απλά την απομνημόνευση και απαγγελία mantra με μηχανικό τρόπο. Βασίζεται στην κατανόηση των ηχητικών δονήσεων που η κάθε φράση προκαλεί. Ο τελικός στόχος του japa είναι να οδηγηθεί κανείς στην απόλυτη σιωπή. Σύμφωνα με την παράδοση των Ιμαλαϊών υπάρχουν εννέα βασικά στάδια για την εξάσκηση των mantras όπως διδάσκονται στο ταντρικό σύστημα.

Κάποιες από τις διαφορετικές μεθόδους του japa είναι :

- α) Η χρήση των mantra έχοντας επίγνωση της ροής της αναπνοής.
- β) Η χρήση των mantra ενώ κάποιος καθημερινές δουλειές.
- γ) Το να ακούει κανείς τα mantra στο νου του.
- δ) Η χρήση των mantra με αναπνοή sumeru.

## **5) Shavasana**

Είναι μια τεχνική που σκοπό έχει να εισέλθει κανείς στα πιο εκλεπτυσμένα τμήματα του νου και του σώματος. Οι ασκήσεις αυτές είναι πολύ περίπλοκες και μπορούν να ασκηθούν στα επίπεδα annamaya kosha, pranamaya kosha και manomaya kosha. Το τελευταίο στάδιο αποτελεί και τη yoga-nidra. Η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεταξύ άλλων για να αντικαταστήσει τον ύπνο, για να θεραπεύσει κανείς τον εαυτό του, να μάθει γλώσσες, να λύσει προβλήματα φιλοσοφικής και προσωπικής φύσης, να μάθει την τέχνη του θανάτου και τέλος να μπει στο samadhi, ένα ανώτερο δηλαδή στάδιο διαλογισμού.

## **6) Dharana**

Αποτελούν τα διάφορα είδη συγκεντρώσεων. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνεται η εστίαση της προσοχής σε διάφορα σημεία του σώματος, η συγκέντρωση στα chakras, η συγκέντρωση στα tattvas κ.λπ.. Η Vijnana-bhairava Tantra αναφέρει εκατό διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί κανείς να εισέλθει σε καταστάσεις τροποποιημένης συνειδητότητας και η Malini-vijayottara-tantras αναφέρει σχεδόν χίλιους τριακόσιους τρόπους.

## **7) Dhyana**

Ο ορθός διαλογισμός. Όλα τα παραπάνω αποτελούν στάδια του διαλογισμού αλλά ο ορθός διαλογισμός ξεκινά στο επίπεδο του manomaya kosha. Κανείς μπορεί να εισέλθει στο επίπεδο του manomaya kosha με πολλούς τρόπους, όπως με την εξάσκηση της japa, τη βελτίωση της επίγνωσης της αναπνοής και τη βελτίωση της συγκέντρωσης.

## **Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου**

1. Austin, James. Zen and the Brain. Cambridge: MIT Press, 1998.
2. Austin, James. Selfless Insight. Cambridge: MIT Press, 2009.
3. Austin, James. Zen-Brain Reflections. Cambridge: The MIT Press, 2010.
4. Cahn, B Rael, and John Polich. "Meditation States and Traits: Eeg, Erp, and Neuroimaging Studies." *Psychol Bull* 132.2 (2006): 180-211.
5. Goenka, N., S. and William Hart. The Discourse Summaries. Vipassana Research Publications of America, 2000.
6. Goenka, S. Meditation Now. Independent Publishers Group, 2002.
7. Goenka, N., S. and Patrick Given-Wilson. Satipaṭṭhāna Sutta Discourses. Seattle: Vipassana Research Publications, 1998.
8. Hart, William. The Art of Living. San Francisco: Harper & Row, 1987.
9. Khoon San, Chan. Buddhism Course.
10. Norman, K. Elders' Verses: Theragatha, Luzac , 1969
11. O'Brien, Justin. Walking with a Himalayan Master. Saint Paul, MN: Yes
12. Snyder, David. The complete book of Buddha's Lists - Explained. Seattle: Vipassana Foundation, 2006
13. Swami Rama, Living With the Himalayan Masters. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1978.
14. Swami Rama, Meditation and Its Practice. Honesdayle, PA: Himalayan International Institute, 1992.
15. Swami Rama, The Path of Fire and Light II. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1988.
16. Swami Veda Bharati. Superconsciousness Meditation. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1974.
17. Swami Veda Bharati. Mantra and Meditation. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1981.
18. Travis, Fred, and Jonathan Shear. "Focused Attention, Open Monitoring and Automatic Self-Transcending: Categories to Organize Meditations From Vedic, Buddhist and Chinese Traditions." *Conscious Cogn* (2010)

*The endless cycle of idea and action,  
Endless invention, endless experiment,  
Brings knowledge of motion, but not of stillness;  
Knowledge of speech, but not of silence;  
Knowledge of words, and ignorance of the Word.*

...  
*Where is the Life we have lost in living?  
Where is the wisdom we have lost in knowledge?  
Where is the knowledge we have lost in information?*

*O ατέρμων κύκλος των ιδεών και της πράξης,  
Ατέρμονες ανακαλύψεις, ατέρμονοι πειραματισμοί,  
Κομίζουν τη γνώση της κίνησης, αλλά όχι της ακινησίας,  
Τη γνώση του λόγου άλλα όχι της σιωπής,  
Τη γνώση των λέξεων και την άγνοια της Λέξης.*

...  
*Πού είναι η Ζωή που χάσαμε ζώντας;  
Που είναι η σοφία που χάσαμε στη γνώση;  
Που είναι η γνώση που χάσαμε στην πληροφορία;*

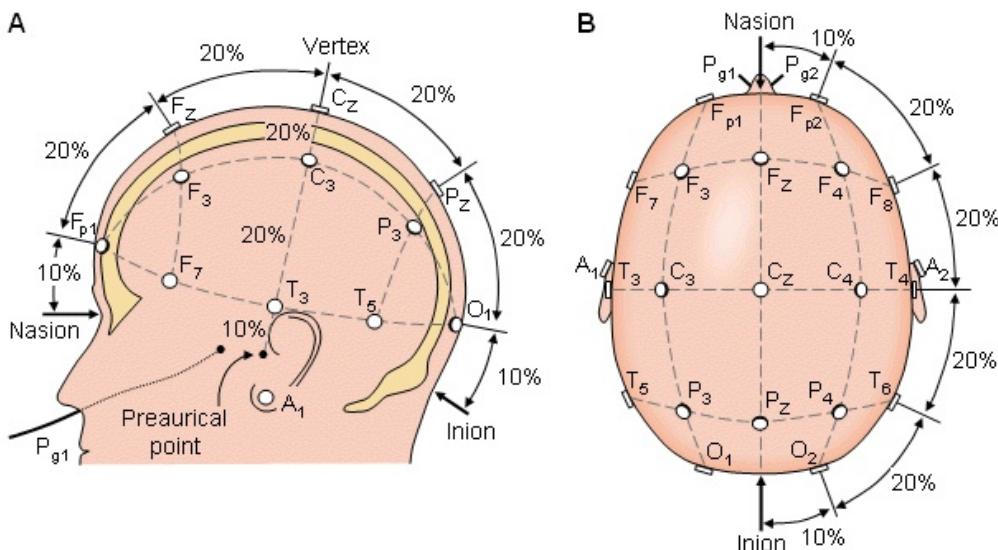
**T.S. Elliot - The Rock (1934)**

## **Κεφάλαιο 3º** **Μεθοδολογία καταγραφής** **και ανάλυσης**

Το πρώτο βήμα για τη διεξαγωγή ενός πειράματος μετά το σωστό σχεδιασμό του, αποτελεί η καταγραφή των δεδομένων. Για τη διεξαγωγή των καταγραφών ακολουθούνται καλά μελετημένες μέθοδοι που έχουν καθιερωθεί στη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Αυτές αποσκοπούν στη μείωση του θορύβου και την ολοκληρωμένη και ορθή, κατά το δυνατό, καταγραφή των δεδομένων. Το αμέσως επόμενο και εξίσου σημαντικό στάδιο αποτελεί η προεπεξεργασία των δεδομένων και η προετοιμασία τους για την ανάλυση, που αφορά κυρίως στον εντοπισμό και απαλοιφή των σφαλμάτων κατά τη διαδικασία της μέτρησης.

## Το σύστημα 10-20

Στα τέλη του 1950 η Διεθνής Ένωση Κλινικής Νευροψυχολογίας (International Federation of Clinical Neuropsychology) ανέπτυξε το σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων 10 - 20. Ονομάστηκε έτσι επειδή τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε αποστάσεις 10% και 20% μεταξύ τους και με βάση τους άξονες αναφοράς.



**Εικόνα 1 :** Σχηματική αναπαράσταση των αποστάσεων μεταξύ των σημείων τοποθέτησης των ηλεκτροδίων στο διεθνές σύστημα 10 – 20. Πηγή εικόνας : [4]

Αρχικά ορίζονται οι κεντρικοί άξονες. Ο ένας περνάει από το ριζορρίνιο (nasion) (το πρόσθιο τμήμα της μετωπορρινικής ραφής το οποίο αντιστοιχεί στο βαθιούλωμα στην κορυφή της μύτης, ανάμεσα από τα μάτια) το οποίο και συμβολίζεται με Nz και από το ινιακό οστό (inion) (ένα εξόγκωμα στο πίσω μέρος του κρανίου) το οποίο συμβολίζεται με Iz. Ο δεύτερος άξονας περνάει από τους κροτάφους (pre-auricular points) και τα δύο σημεία ονομάζονται A1 (αριστερός κρόταφος) και A2 (δεξής κρόταφος). Ο πρώτος άξονας χωρίζεται σε τμήματα που απέχουν μεταξύ τους 10% του συνολικού μήκους του άξονα αυτού. Τέλος, προστίθενται επιπλέον ομόκεντρες γραμμές οι οποίες χωρίζονται σε τμήματα μήκους 10% ή 20% και αυτά τα σημεία αποτελούν και τις θέσεις των ηλεκτροδίων. Το πλήθος των σημείων εξαρτάται από το πλήθος των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται [6].

Τα ονόματα των ηλεκτροδίων αποτελούνται από ένα ή δύο γράμματα που δείχνουν την περιοχή στην οποία τοποθετούνται και από ένα γράμμα το οποίο δείχνει την απόσταση του ηλεκτροδίου από τον κεντρικό άξονα. Όσο μεγαλώνει το νούμερο τόσο μεγαλύτερη γίνεται και η απόσταση ενώ τα σημεία πάνω στον άξονα συνοδεύονται από το γράμμα z. Τα γράμματα και οι περιοχές στις οποίες αυτά αντιστοιχούν είναι : Fp - frontal Pole, F - frontal, C - central, P - parietal, O - occipital, T - temporal.

## Ηλεκτρικός θόρυβος

Η διακυμάνσεις της ηλεκτρικής τάσης στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι πάρα πολύ μικρές (της τάξης των  $10^{-6}$  Volt). Για αυτό το λόγο απαιτείται να ενισχυθούν 50.000 - 100.000 φορές πριν μπορέσουν να μετρηθούν με ακρίβεια και να μελετηθούν. Σε ένα εργαστήριο υπάρχουν πολλές συσκευές που χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό των οποίων η λειτουργία θα μπορούσε να επηρεάσει την καταγραφόμενη τάση στα ηλεκτρόδια ή να επηρεάσει το σήμα στα καλώδια που οδηγούν στον ενισχυτή. Αν η αλλαγές αυτές ενισχυθούν μαζί με το σήμα από τον ενισχυτή μπορεί να γίνουν πολύ μεγάλες και να αλλοιώσουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Ειδικότερα, ο λόγος σήματος - θορύβου (SNR - signal to noise ratio) αυξάνεται συναρτήσει της τετραγωνικής ρίζας του πλήθους των δοκιμών. Σαν συνέπεια αυτού, ο διπλασιασμός του SNR απαιτεί τον τετραπλασιασμό του πλήθους των δοκιμών. Η προσοχή στα τεχνικά χαρακτηριστικά της καταγραφής μπορεί να αυξήσει το λόγο αυτό πολύ αποδοτικότερα από την αύξηση του πλήθους των δοκιμών. Αν και υπάρχει η δυνατότητα να μειωθούν κάπως τα αποτελέσματα του θορύβου αυτού, δεν υπάρχει υποκατάστατο για τα καλά και καθαρά δεδομένα, και έτσι είναι καλό να αποφευχθούν αυτές οι πηγές θορύβου με την προσεκτική και σωστή προετοιμασία του χώρου διεξαγωγής των μετρήσεων.

Οι δύο κυριότερες πηγές ηλεκτρικού θορύβου είναι η κύρια γραμμή ρεύματος (AC line noise) και οι οιθόνες. Η κύρια γραμμή ρεύματος αποτελείται από ημιτονοειδείς ταλαντώσεις συχνότητας 50 Hz (τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ινδία όπου και έγιναν οι μετρήσεις) και οι οιθόνες έχουν ρυθμό ανανέωσης συνήθως μεταξύ 60 Hz και 75 Hz και ο θόρυβος που προκαλούν είναι λιγότερο ημιτονοειδής και περισσότερο αιχμηρός, ενώ η κυματομορφή του θορύβου είναι ίδια σε κάθε δοκιμή (trial) καθώς τα ερεθίσματα είναι χρονικά κλειδωμένα και συγχρονισμένα με το ρυθμό ανανέωσης της οιθόνης. Επιπλέον, τα φώτα, ο κλιματισμός και οποιαδήποτε καλώδια μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές πηγές θορύβου οι οποίες πρέπει να εξαλειφθούν [8][14].

Η συνήθης πρακτική για τη μείωση του θορύβου είναι η χρήση των φίλτρων του ενισχυτή τα οποία κόβουν τις συχνότητες που δεν ενδιαφέρουν ή κόβουν συγκεκριμένα τη συχνότητα του ηλεκτρικού θορύβου (line filters). Μια καλή αλλά πιο περίπλοκη λύση είναι η χρήση ενός ηλεκτρικά μονωμένου δωματίου (Faraday room) στο οποίο στην ιδανική περίπτωση δεν πρέπει να περιέχεται καμία πηγή θορύβου. Για να γίνει αυτό πρέπει ο φωτισμός να γίνεται με λάμπες συνεχούς ρεύματος (DC lights), να τοποθετηθεί η οιθόνη σε κλωβό Faraday με ηλεκτρικά μονωμένο γυαλί στη μία πλευρά και να ελεγχθούν και αφαιρεθούν όλες οι υπόλοιπες πηγές θορύβου. Επιπλέον καλό θα ήταν ο ενισχυτής του EEG να λειτουργεί με τη χρήση (επαναφορτιζόμενων) μπαταριών και όχι με εναλλασσόμενο ρεύμα, ενώ είναι χρήσιμο να ενώνονται όλα τα καλώδια των ηλεκτροδίων σε μια δέσμη, μια τεχνική που μειώνει σημαντικά τον ηλεκτρικό θόρυβο [8].

## Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων

Ένα ηλεκτρόδιο είναι πρακτικά ένα αγώγιμο υλικό συνδεδεμένο με ένα καλώδιο. Τα περισσότερα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται είναι φτιαγμένα είτε από κασσίτερο είτε από άργυρο επικαλυψμένο με χλωριούχο άργυρο (Ag/AgCl). Η καλή ποιότητα των ηλεκτροδίων έχει πολλά πλεονεκτήματα και ένα από τα βασικότερα προτερήματά των καλής ποιότητας ηλεκτροδίων είναι η μείωση του DC offset, της μετακίνησης δηλαδή της κυματομορφής από το 0. Τα καλής ποιότητας ηλεκτρόδια προσφέρουν χρονική σταθερότητα και χαμηλές τιμές του DC offset.

Για να γίνει καλή ηλεκτρική επαφή με το δέρμα του κεφαλιού και να μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό η ηλεκτρική αντίσταση (impedance) μεταξύ του δέρματος και του ηλεκτροδίου χρησιμοποιείται ένα αγώγιμο gel.

Πριν την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι απαραίτητο να μειωθεί η αντίσταση του δέρματος σε τιμές μικρότερες των 5 KΩ. Για να γίνει αυτό πρέπει να αφαιρεθεί το εξωτερικό στρώμα των νεκρών κυττάρων από το δέρμα. Αυτό συνήθως γίνεται με μια βελόνα (ή με την άκρη ενός λεπτού ξύλου) με την οποία τρίβεται απαλά το δέρμα στο σημείο που θα ακουμπήσει το κάθε ηλεκτρόδιο (για το λόγο αυτό η διαδικασία αυτή γίνεται αφού τοποθετηθεί το σκουφάκι των ηλεκτροδίων αλλά πριν τοποθετηθούν τα ίδια τα ηλεκτρόδια). Οι βασικοί λόγοι για τους οποίους απαιτείται να μειωθεί η αντίσταση του δέρματος είναι δύο. Ο πρώτος είναι ότι μεγάλη αντίσταση συνεπάγεται και λιγότερο αποδοτική εφαρμογή της απόρριψης κοινής μεθόδου (common-mode rejection) και ο δεύτερος είναι ότι η μεγάλη αντίσταση αυξάνει τα δερματικά δυναμικά (skin potentials).

Απόρριψη κοινής μεθόδου ονομάζεται η δυνατότητα ενός ενισχυτή να αφαιρεί το θόρυβο από το περιβάλλον (το θόρυβο δηλαδή που καταγράφεται στο ηλεκτρόδιο γείωσης (ground electrode) και το θόρυβο που καταγράφει το κάθε ηλεκτρόδιο), καθώς η καταγραφόμενη τάση είναι η διαφορά της τάσης του ενεργού ηλεκτροδίου και του ηλεκτροδίου αναφοράς. Άλλα για το κάθε ένα από αυτά τα ηλεκτρόδια, η τάση που καταγράφεται είναι η διαφορά της τάσης τους από το ηλεκτρόδιο γείωσης. Αυτό μπορεί να εκφραστεί με τη σχέση :

$$\begin{aligned} V &= V_{active} - V_{reference} = \\ &= V_{active \text{ electrode}} - V_{ground \text{ electrode}} \\ &\quad - (V_{reference \text{ electrode}} - V_{ground \text{ electrode}}) = \\ &= V_{reference \text{ electrode}} - V_{active \text{ electrode}} \end{aligned}$$

Έτσι ο όρος  $V_{ground\ electrode}$  που περιέχει ένα μεγάλο κομμάτι του κοινού θορύβου εξαφανίζεται από τη σχέση. Αν όμως ένα από τα δύο σήματα εξασθενήσει, τότε η αφαίρεση αυτή δε γίνεται αποτελεσματικά και αυξάνεται ο θόρυβος [8].

Μεταξύ της επιφάνειας του δέρματος και των βαθύτερων στρωμάτων του δέρματος υπάρχει μια διαφορά τάσης. Όταν ο άνθρωπος στον οποίο γίνεται το εγκεφαλογράφημα ιδρώσει ή με κάποια κίνησή του προκαλέσει μια πολύ μικρή μετακίνηση κάποιου ηλεκτροδίου, η αντίσταση της επιφάνειας του δέρματος αλλάζει με αποτέλεσμα να αλλάξει και η διαφορά τάσης με τα βαθύτερα στρώματα του δέρματος. Αυτές οι διαφορές τάσης ονομάζονται δερματικά δυναμικά και αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πηγές θορύβου χαμηλής συχνότητας. Η μείωση της αντίστασης του δέρματος αποτελεί το βασικό τρόπο εξάλειψης αυτής της πηγής θορύβου [11].

## Ηλεκτρόδιο αναφοράς

Καθώς η τιμή που καταγράφεται σε κάθε ηλεκτρόδιο αποτελεί τη διαφορά τάσης μεταξύ του ηλεκτροδίου αυτού και του ηλεκτροδίου αναφοράς (reference electrode), γίνεται προσπάθεια να επιλεγεί σαν θέση του ηλεκτροδίου αναφοράς ένα όσο το δυνατό πιο ηλεκτρικά ουδέτερο σημείο. Όμως καθώς δεν υπάρχει κανένα σημείο στο ανθρώπινο σώμα που να είναι απολύτως ηλεκτρικά ουδέτερο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του σημείου και στην εξήγηση των αποτελεσμάτων, λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρόδιο αναφοράς [1].

Τα δύο πιο συνηθισμένα σημεία για την τοποθέτηση του ηλεκτροδίου αναφοράς είναι οι λοβοί των αυτιών και η μαστοειδής απόφυση (το κόκαλο του κρανίου που δημιουργεί μια προεξοχή πίσω από το αυτί). Αυτά τα σημεία έχουν το πλεονέκτημα της εύκολης τοποθέτησης του ηλεκτροδίου, σε ένα σημείο που δε δημιουργεί ενοχλήσεις ενώ η συχνή και συνηθισμένη χρήση τους από την επιστημονική κοινότητα κάνει εύκολη τη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά, έχουν ένα βασικό μειονέκτημα και αυτό είναι ότι με την επιλογή μίας εκ των δύο αποφύσεων ή λοβών σαν θέση του ηλεκτροδίου αναφοράς, οι καταγραφές επηρεάζονται από την επιλογή αυτή, καθώς το ηλεκτρόδιο βρίσκεται πιο κοντά στο αριστερό ή δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο. Σαν συνέπεια αυτού, οι τιμές που καταγράφονται στα ηλεκτρόδια που είναι τοποθετημένα πάνω από το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο επηρεάζονται διαφορετικά από τις τιμές των ηλεκτροδίων πάνω από το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Μία λύση για το πρόβλημα αυτό θα ήταν να συνδεθούν ηλεκτρικά τα δύο ηλεκτρόδια με ένα καλώδιο (linked mastoid/earlobe reference) ώστε να έχουν την ίδια τάση. Αυτό όμως δημιουργεί μια γέφυρα μηδενικής αντίστασης ανάμεσα στα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια, κάτι που επηρεάζει την κατανομή του ηλεκτρικού δυναμικού στο κρανίο και κάνει λιγότερο εμφανείς τις πιθανές ασυμμετρίες που υπάρχουν ανάμεσα στα δύο ημισφαίρια. Μια καλύτερη λύση είναι η καταγραφή των δεδομένων με χρήση του ενός εκ των δύο ηλεκτροδίων (Left mastoid - Lm ή Right Mastoid - Rm) σαν ηλεκτρόδιο αναφοράς και έπειτα ο μαθηματικός επαναπροσδιορισμός των τιμών της τάσης σε όλα τα ηλεκτρόδια με χρήση των “μαθηματικά συνδεδεμένων” Lm και Rm σαν ηλεκτρόδια αναφοράς, υπολογίζοντας τη μέσης τιμής αυτών και αφαιρώντας την από την τάση κάθε ηλεκτροδίου (average mastoid reference). Αυτό γίνεται αρκετά εύκολα με τη χρήση απλών αριθμητικών πράξεων και μετασχηματισμών [8].

Μια εναλλακτική λύση είναι η χρήση της λεγόμενης μέσης αναφοράς (average reference), δηλαδή ο υπολογισμός της τάσης σε κάθε ηλεκτρόδιο με την αναφορά να αποτελείται από τη μέση τιμή της τάσης όλων των ηλεκτροδίων. Με αυτό τον τρόπο αφαιρώντας τη μέση τιμή από την αρχική, προκύπτει η θεωρητικά απόλυτη τιμή της τάσης σε κάθε σημείο. Αυτό όμως βασίζεται στην υπόθεση ότι όλο το κεφάλι καλύπτεται από ηλεκτρόδια, γεγονός που δεν αντιστοιχεί στην πραγματικότητα αφού το πρόσωπο και ο λαιμός δεν επιτρέπουν την τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε περίπου το 40% της επιφάνειας του κεφαλιού. Για να είναι πρακτικά χρήσιμη και αξιοποιήσιμη η τεχνική αυτή, απαιτείται να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του κεφαλιού με πολύ πυκνή διάταξη ηλεκτροδίων.

Αντί της τάσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος (current flow) από το κρανίο, καθώς αυτό είναι ένα φυσικό μέγεθος που δεν επηρεάζεται από την επιλογή του σημείου αναφοράς. Για να υπολογιστεί η ροή αυτή, γίνεται ο υπολογισμός της δεύτερης παραγάγου της κατανομής της τάσης στο κρανίο. Με χρήση ενός επαρκώς πυκνού συνόλου ηλεκτροδίων είναι δυνατόν να γίνει ο υπολογισμός της ροής με σχετική ακρίβεια και χωρίς να χρειαστεί να καλυφθεί ένα πολύ μεγάλο τμήμα του κεφαλιού. Το βασικό μειονέκτημα της τεχνικής αυτής (scalp current density, SCD) είναι ότι επικεντρώνεται στα επιφανειακά ηλεκτρικά δίπολα και δεν επηρεάζεται από τα δίπολα που βρίσκονται βαθύτερα στον εγκέφαλο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ανιχνευθεί η ενεργοποίηση σημείων αρκετά μακριά από την επιφάνεια του κρανίου με τη μέθοδο αυτή [8].

## Φίλτρα

Η εφαρμογή των φίλτρων μπορεί να γίνει αναλογικά κατά την καταγραφή των δεδομένων και ψηφιακά κατά την προ-επεξεργασία των δεδομένων. Ένα σημαντικό σχετικό θεώρημα που βρίσκει εφαρμογή στη διαδικασία αυτή είναι το θεώρημα Nyquist - Shannon. Σύμφωνα με το θεώρημα αυτό είναι δυνατό να καταγραφεί ψηφιακά ολόκληρη η πληροφορία ενός αναλογικού σήματος αρκεί ο ρυθμός δειγματοληψίας να είναι δύο φορές μεγαλύτερος από την υψηλότερη συχνότητα που περιλαμβάνεται στο σήμα. Οι συχνότητες που είναι μεγαλύτερες από το μισό του ρυθμού δειγματοληψίας, εμφανίζονται σαν σφάλματα (artifacts) χαμηλών συχνοτήτων στο ψηφιοποιημένο σήμα. Συνεπώς για να εξασφαλιστεί ότι οι συχνότητες αυτές δεν εμφανίζονται στο σήμα, χρειάζεται να εφαρμοστεί ένα φίλτρο βαθυπερατού τύπου (low-pass filter). Καθώς ένα φίλτρο με συχνότητα αποκοπής  $n$  Hz εξασφαλίζει ότι η ισχύς του σήματος μειώνεται κατά 50% στη συχνότητα  $n$  Hz, πρακτικά χρειάζεται να εφαρμοστεί ένα φίλτρο τουλάχιστον τρεις φορές μικρότερο του ρυθμού δειγματοληψίας για την επαρκή ικανοποίηση των συνθηκών του θεωρήματος Nyquist – Shannon [14]. Εκτός από τη χρήση των βαθυπερατών φίλτρων για την ικανοποίηση του θεωρήματος Nyquist - Shannon, σε κάθε περίπτωση καλό είναι να εφαρμόζεται και ένα βαθυπερατό φίλτρο για την αποκοπή των συχνοτήτων μεγαλύτερων των 100 Hz οι οποίες συνήθως αποτελούν θόρυβο κυρίως μυϊκής φύσης. Ακόμα η αφαίρεση των συχνοτήτων μικρότερων των 0.01 Hz (αν κρίνεται ότι δεν αποτελούν κρίσιμο τμήμα των δεδομένων) με τη χρήση υψηπερατών (high-pass) φίλτρων, ενδέχεται να βοηθήσει στη μείωση του θορύβου προερχόμενου από αργά δερματικά δυναμικά που δεν εξαλείφθηκαν από τα αντίστοιχα φίλτρα του ενισχυτή. Η χρήση των φίλτρων αποκοπής ζώνης (notch filters) καλό είναι να αποφεύγεται καθώς συνήθως οδηγεί σε σημαντική αλλοίωση των δεδομένων. Για την αφαίρεση του ηλεκτρικού θορύβου, εκτός από τα απαιτούμενα μέτρα που καλό είναι να λαμβάνονται πριν και κατά τη διάρκεια της καταγραφής των δεδομένων, η χρήση ενός βαθυπερατού φίλτρου με συχνότητα αποκοπής τα 30 Hz μπορεί να βοηθήσει [14].

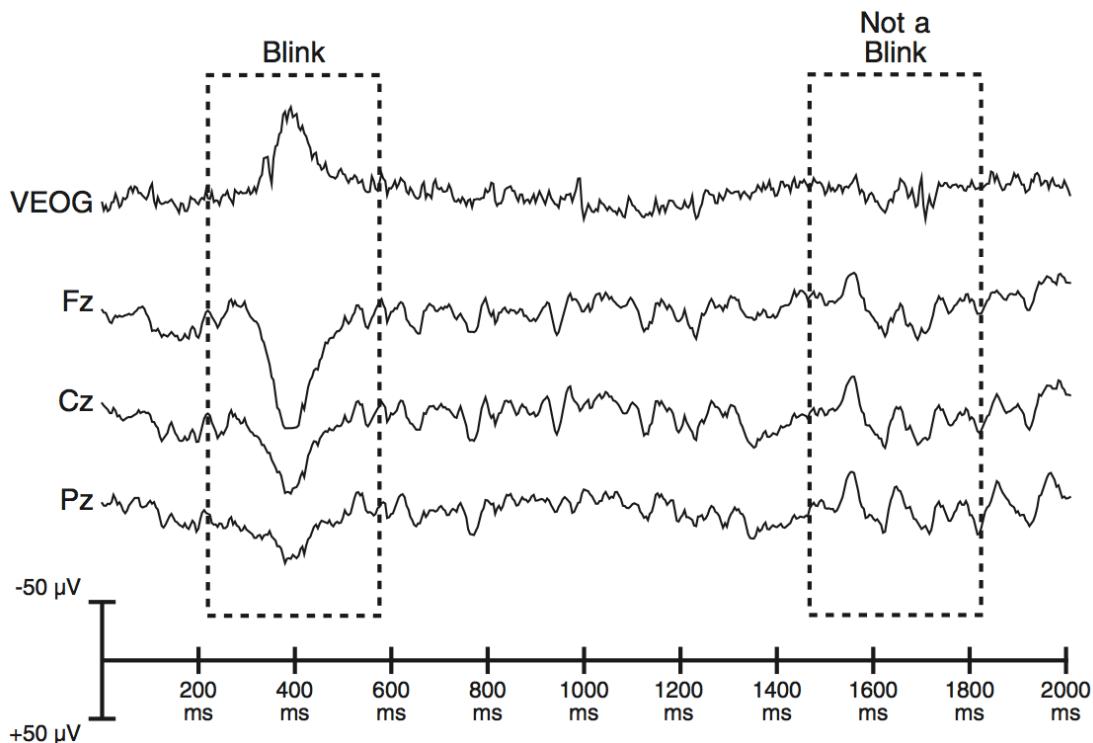
Καθώς με τη χρήση φίλτρων οι ζώνες συχνοτήτων του σήματος που περιέχουν τη σημαντική για το πείραμα πληροφορία γίνονται στενότερες, ο διαχωρισμός του σήματος από το θόρυβο γίνεται δυσκολότερος. Επιπλέον τα φίλτρα τροποποιούν το αρχικό σήμα και είναι δυνατόν να επηρεάσουν την ανάλυση και τα συμπεράσματα αυτής. Για αυτό και η εφαρμογή των φίλτρων πρέπει να γίνεται μόνο όπου κρίνεται απαραίτητο πριν την ψηφιοποίηση του σήματος. Ειδικότερα, η εφαρμογή αναλογικών φίλτρων προκαλεί αλλαγή στην καθυστέρηση (latency) και τη φάση του σήματος με διαφορετικό τρόπο για κάθε συχνότητα. Ένας βασικός κανόνας αναφορικά με τα φίλτρα είναι ότι η ακρίβεια στο πεδίο του χρόνου είναι αντιστρόφως ανάλογη της ακρίβειας στο πεδίο των συχνοτήτων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η χρήση φίλτρων για την απόρριψη συχνοτήτων, τόσο δυσκολότερος γίνεται ο χρονικός προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του σήματος.

## **Απόρριψη και διόρθωση του θορύβου και των σφαλμάτων**

Υπάρχουν πολλές μορφές σφαλμάτων (artifacts) που εμφανίζονται στα δεδομένα. Μεταξύ άλλων, σφάλματα θεωρούνται οι κινήσεις των ματιών, το ανοιγοκλείσιμο των ματιών (blinking), η μυϊκή δραστηριότητα και τα δερματικά δυναμικά. Τα σφάλματα αυτά συνήθως είναι πολύ μεγάλα σε σύγκριση με τα σήματα που ενδιαφέρουν για τα πειράματα, γεγονός που μειώνει σημαντικά το λόγο σήματος προς θόρυβο οδηγώντας σε υποβάθμιση της ποιότητας των δεδομένων. Εκτός αυτού, πολλές φορές τα σφάλματα δεν είναι τυχαία αλλά συστηματικά και συμβαίνουν σε κάποιες καταστάσεις περισσότερο απ' ότι σε άλλες ή είναι χρονικά κλειδωμένα (time-locked) σε κάποια ερεθίσματα. Αυτό κάνει ανέφικτη την εξάλειψή τους κατά τη διαδικασία του averaging. Για τον καθαρισμό των δεδομένων από την ύπαρξη σφαλμάτων χρησιμοποιούνται δύο βασικές μέθοδοι. Η πρώτη αποτελείται από την απόρριψη των τμημάτων των δεδομένων που περιέχουν σφάλματα (artifacts) ενώ η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στη διόρθωση των τμημάτων αυτών μέσω της αφαίρεσης της υπολογιζόμενης συνεισφοράς του σφάλματος στο τελικό σήμα.

Στο εσωτερικό των ματιών υπάρχει μια ηλεκτρική βαθμίδα (electrical gradient) με το θετικό πόλο να βρίσκεται στο εμπρόσθιο τμήμα του ματιού και τον αρνητικό στο οπίσθιο. Οι αυξομειώσεις της τάσης που παρατηρούνται κοντά στην περιοχή των ματιών προέρχονται από την κίνηση των βλεφάρων η οποία τροποποιεί την αγωγιμότητα του ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή. Συνήθως κατά το ανοιγοκλείσιμο των ματιών παρατηρείται μια απόκλιση (deflection) της τάξης των 50-100  $\mu$ V με τυπική διάρκεια 200-400 ms. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της απόκλισης αυτής είναι η ύπαρξη αντίθετης πολικότητας στα σημεία πάνω και κάτω από το μάτι. Αυτό κάνει ευκολότερο το διαχωρισμό μεταξύ των αποκλίσεων που προέρχονται από το ανοιγοκλείσιμο των ματιών και άλλων τυχαίων αποκλίσεων.

Με τη χρήση ενός μέτρου διαφοράς μεγίστου-ελαχίστου (peak-to-peak amplitude measure), το οποίο υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής της τάσης σε κάποιο χρονικό διάστημα και τη σύγκριση της διαφοράς αυτής με κάποια τιμή κατωφλιού, είναι εύκολο να ανιχνευθούν και να διαχωριστούν οι αποκλίσεις που προέρχονται από αυτή την κατηγορία σφαλμάτων.

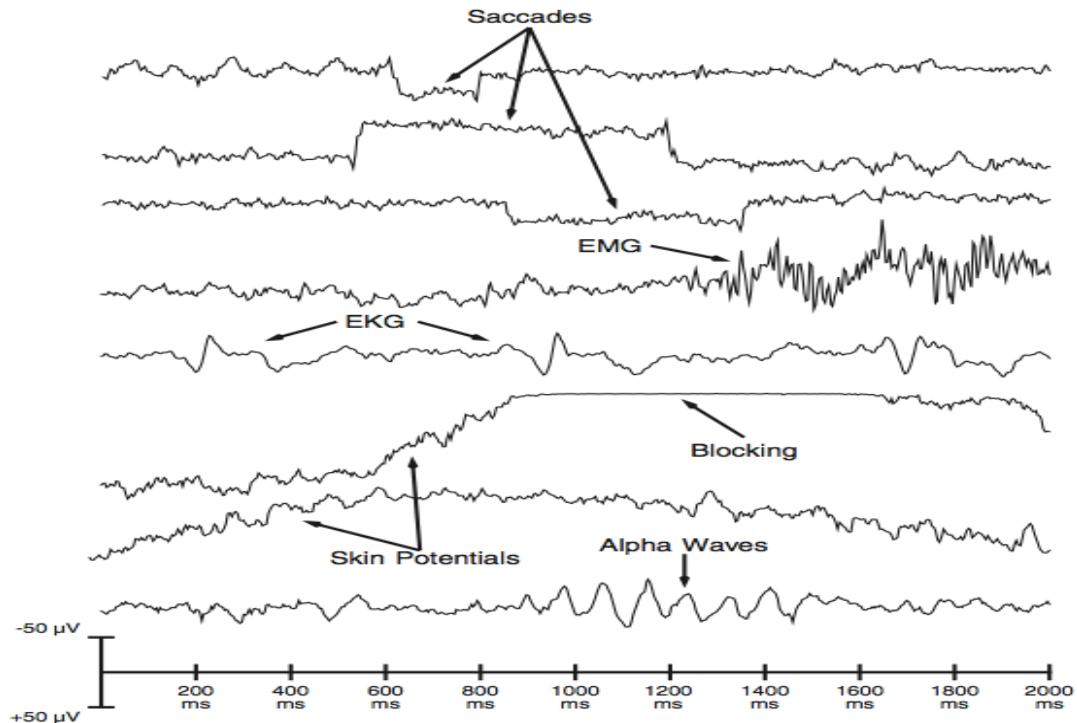


**Εικόνα 2 :** Η διαφορά μεταξύ ενός ανοιγοκλεισίματος των ματιών και μιας τυχαίας απόκλισης μπορεί να παρατηρηθεί στη διαφορά πολικότητας του ηλεκτροδίου VEOG. Πηγή εικόνας : [8]

Όταν τα μάτια είναι ακίνητα, το ηλεκτρικό δίπολο που υπάρχει δημιουργεί μια σταθερή τάση DC σε όλο το κρανίο η οποία εξαλείφεται από τα υψηπερατά (high-pass) φίλτρα του ενισχυτή. Όταν τα μάτια κινηθούν, η τάση αυτή αλλάζει και τείνει να γίνει μεγαλύτερη στην περιοχή προς την οποία κινήθηκαν τα μάτια. Εκτός της περίπτωσης στην οποία ο συμμετέχοντας παρατηρεί κινούμενα αντικείμενα, στις περισσότερες άλλες περιπτώσεις οι κινήσεις των ματιών θα είναι σακκαδικές, απότομες δηλαδή αλλαγές προς κάποια κατεύθυνση. Συνήθως μια σακκαδική κίνηση συνοδεύεται από μια αντίστοιχη σακκαδική κίνηση προς την αντίθετη κατεύθυνση καθώς το μάτι επιστρέφει στην αρχική του θέση. Αυτό οδηγεί σε ένα χαρακτηριστικό σχήμα (boxcar shape) στα δεδομένα.

Η αλλαγή της αντίστασης του δέρματος (impedance) προκαλεί αργές αλλαγές της τάσης. Καθώς υπάρχει μια μικρή τάση μεταξύ των επιφανειακών και των βαθύτερων στρωμάτων του δέρματος, αυτή η τάση αλλάζει καθώς αλλάζει η αντίσταση του δέρματος σύμφωνα με το νόμο του Ohm. Η εφίδρωση, όπως και η μετατόπιση των ηλεκτροδίων, προκαλεί τη μείωση της αντίστασης του δέρματος και αυτή με τη σειρά της οδηγεί στις αργές αλλαγές της τάσης που ονομάζονται δερματικά δυναμικά. Ο αποτελεσματικότερος τρόπος για τη μείωση των δερματικών δυναμικών είναι η ελαχιστοποίηση της αντίστασης του δέρματος κατά την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων. Με αυτό τον τρόπο η αύξηση της αντίστασης σε κάποιο σημείο δεν επηρεάζει πολύ το συνολικό αποτέλεσμα, καθώς το ρεύμα ακολουθεί την οδό της ελάχιστης αντίστασης.

Όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική αντίσταση, τόσο μεγαλύτερες είναι οι προκαλούμενες αλλαγές στην αντίσταση εξαιτίας της εφίδρωσης. Η χρήση ενός υψηπερατού φίλτρου κατά τη διαδικασία της καταγραφής μπορεί να μειώσει την εμφάνιση των δερματικών δυναμικών στο λαμβανόμενο σήμα.



**Εικόνα 3 : Μερικά είδη σφαλμάτων (artifacts) και η χαρακτηριστική κυματομορφή τους. Πηγή εικόνας : [4]**

Η τάση που δημιουργείται εξαιτίας της σύσπασης των μυών καλείται ηλεκτρομυογράφημα (EMG) και είναι πολύ υψηλή σε συχνότητα ( $> 100$  Hz). Για την ανίχνευση αυτών των δυναμικών χρησιμοποιείται ένας μετασχηματισμός κατά Fourier με χρήση του οποίου μπορεί να υπολογιστεί η ισχύς των πολύ υψηλών συχνοτήτων. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (EKG) αποτελεί ένα άλλο χαρακτηριστικό που παρατηρείται συνήθως στο εγκεφαλογράφημα. Συνήθως καταγράφεται από τα ηλεκτρόδια στις μαστοειδείς αποφύσεις. Αν τα ηλεκτρόδια αυτά χρησιμοποιηθούν σαν ηλεκτρόδια αναφοράς, τότε το ηλεκτροκαρδιογράφημα μπορεί να παρατηρηθεί σε αντεστραμμένη μορφή σε όλα τα ηλεκτρόδια. Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων αναφοράς λίγο ψηλότερα από τις μαστοειδείς αποφύσεις μπορεί να μειώσει το φαινόμενο αυτό, αλλά εν γένει δεν μπορεί να εξαλειφθεί ολοκληρωτικά. Καθώς το σήμα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος έχει περιοδικότητα, με περίοδο περίπου ένα δευτερόλεπτο, δεν είναι δυνατή η απόρριψη όλων των δοκιμών στις οποίες εμφανίζεται αυτό το σφάλμα. Καθώς δεν είναι σχεδόν ποτέ συστηματικό artifact, συνήθως απλά οδηγεί στη μείωση του συνολικού λόγου σήματος - θορύβου και δεν αποτελεί πολύ σημαντικό πρόβλημα.

## Τεχνικές αφαίρεσης σφαλμάτων

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες από τα δεδομένα δεν μπορούν να αφαιρεθούν τα σφάλματα με αλγορίθμικό τρόπο, χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές αφαίρεσης των τμημάτων των δεδομένων στα οποία αυτά εμφανίζονται [4]. Μερικές από τις τεχνικές αυτές καθώς και τα μέτρα (measures) που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των σφαλμάτων είναι :

- *Απλό κατώφλι πλάτους* : Μια θετική (ή αρνητική) τιμή τέτοια ώστε οτιδήποτε πάνω (ή κάτω) από αυτήν να θεωρείται c (artifact).
- *Κατώφλι ελαχίστου - μεγίστου* : Μια τιμή που ορίζει τη μέγιστη επιτρεπτή διαφορά μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης τιμής σε ένα διάστημα χρόνου. Στην ουσία αντιστοιχεί στο απλό κατώφλι πλάτους λαμβάνοντας όμως υπόψιν τις σχετικές και όχι τις απόλυτες τιμές.
- *Κριτήριο βαθμίδας* : Υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ των σημείων με αναφορά στο χρόνο μεταξύ δύο δειγματοληψιών (intersample time – μV/ms). Βρίσκει τμήματα των δεδομένων με απότομες αλλαγές.
- *Κριτήριο χαμηλής δραστηριότητας* : Θέτει ένα όριο για την ελάχιστη επιτρεπτή διαφορά μεταξύ των ελάχιστων και μέγιστων τιμών σε ένα διάστημα. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της δυσλειτουργίας κάποιου καναλιού.
- *Κατανομή φάσματος* : Υπολογίζει το φάσμα ενός διαστήματος και χαρακτηρίζει τα σφάλματα με βάση την κατανομή της ισχύος στις συχνότητες.
- *Τυπική απόκλιση* : Υπολογίζει έναν πίνακα με τις τιμές της τυπικής απόκλισης μεταξύ των διαφόρων σημείων των δεδομένων και χαρακτηρίζει τα σφάλματα με βάση τις τιμές αυτές.
- *Από κοινού πιθανότητα* : Υπολογίζει την πιθανότητα της εμφάνισης μια τιμής σε κάποιο κανάλι και σε κάθε χρονικό σημείο, σε σχέση με την ολική πιθανότητα. Χρησιμοποιείται για την εύρεση τμημάτων των δεδομένων με χαμηλή πιθανότητα.

## Ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες (ICA)

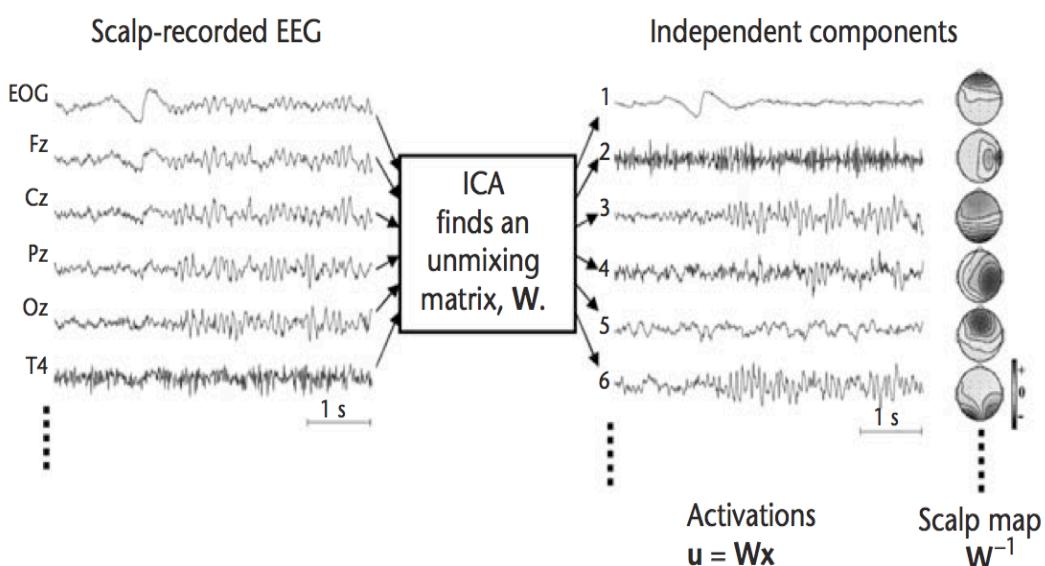
Η ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες (Independent Component Analysis - ICA) αποτελεί μια σχετικά νέα μέθοδο για τον τυφλό διαχωρισμό σε πηγές (blind source separation - BSS) η οποία αποτελεί βελτίωση της κλασικής ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες (principal components analysis - PCA). Η ICA υποθέτει την ύπαρξη n σημάτων τα οποία αποτελούν το γραμμικό μείγμα m άγνωστων ανεξάρτητων σημάτων πηγής και χρησιμοποιεί στατιστικά χαρακτηριστικά ανώτερων τάξεων για να διαχωρίσει τα δεδομένα, σε αντίθεση με την PCA που χρησιμοποιεί στατιστικές δεύτερης τάξεως. Η βασική υπόθεση της ICA είναι η χρονική ανεξαρτησία των πηγών. Αυτό σημαίνει ότι η συνάρτηση πυκνότητας της κοινής πιθανότητας μπορεί να γραφεί στη μορφή  $p(u) = \prod_{i=1}^N p_i(u_i)$ . Τη χρονική στιγμή t, το παρατηρούμενο n-διάστατο διάνυσμα  $\mathbf{x}(i) = [x(i)_1 \dots x(i)_n]^T$  δίνεται από το μοντέλο

$$x_k(i) = \sum_{j=1}^m a_{kj} s_j(i), \quad k = 1 \dots n$$

και

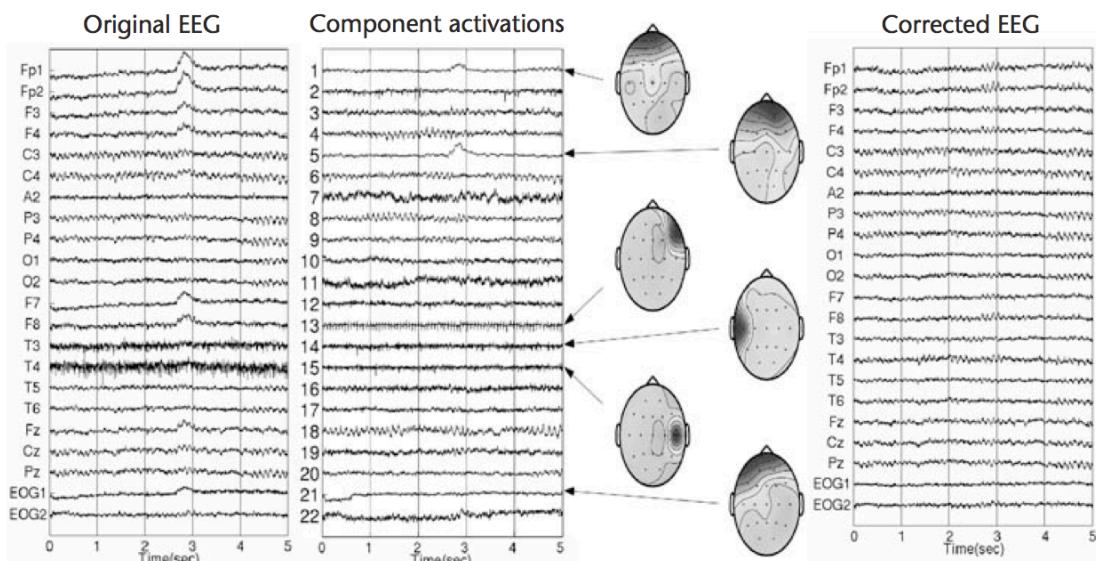
$$\mathbf{x}(i) = A\mathbf{s}_i$$

όπου τόσο τα ανεξάρτητα σήματα πηγής  $[s_1(i) \dots s_m(i)]^T$  όσο και ο πίνακας μίξης  $A = [a_{kj}]$  είναι άγνωστα. Επιπλέον, για την ύπαρξη λύσης απαιτείται  $n = m$  και το πολύ μια πηγή να είναι Γκαουσιανή. Υπό αυτές τις υποθέσεις, η ICA ψάχνει λύσεις της μορφής  $\hat{\mathbf{s}}(i) = B\mathbf{x}(i)$  όπου το B καλείται πίνακας διαχωρισμού.



**Εικόνα 4 :** Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας του αλγορίθμου ICA και των ανεξάρτητων συνιστωσών στις οποίες διαχωρίζει το σήμα. Πηγή εικόνας : [14]

Οι βασικές υποθέσεις της μεθόδου είναι ότι 1. η άθροιση των διαφορετικών σημάτων πηγής είναι γραμμική, 2. η καθυστέρηση της διάδοσης στο μέσο να είναι αμελητέα, 3. οι πηγές είναι στατιστικά ανεξάρτητες και 4. το πλήθος των ανεξάρτητων πηγών που χρησιμοποιούνται είναι ίδιο με το πλήθος των ηλεκτροδίων. Οι πρώτες δύο υποθέσεις ικανοποιούνται από τα υπάρχοντα βιοφυσικά μοντέλα για τον εγκέφαλο και το κρανίο. Η τέταρτη υπόθεση δεν μπορεί να ικανοποιηθεί με ασφάλεια, αλλά σε εξομοιώσεις που έχουν γίνει, όταν τα δεδομένα αποτελούνται από λίγες μεγάλες πηγές και πολλές μικρότερες, όπως περίπου συμβαίνει με ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, η ICA διαχωρίζει με ακρίβεια τις μεγάλες πηγές. Όσο αυξάνει το πλήθος των μικρών πηγών ή αυξάνει ο θόρυβος, τόσο μειώνεται η απόδοση της μεθόδου. Η τρίτη υπόθεση είναι και η πιο ενδιαφέρουσα καθώς είναι δύσκολο να εξασφαλισθεί ότι ικανοποιείται. Κυρίως στην ικανοποίηση αυτής της υπόθεσης βασίζεται και η επιτυχής εφαρμογή της μεθόδου. Για το λόγο αυτός και για να εξασφαλιστεί η ορθότητα των αποτελεσμάτων της μεθόδου αυτής πρέπει να γίνεται προσεκτική επιλογή των δεδομένων στα οποία θα εφαρμοστεί η ICA [7][8].



**Εικόνα 5 :** Μετά την ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες με τον αλγόριθμο ICA είναι δυνατόν να αφαιρεθούν τα ανεπιθύμητα σφάλματα, τα οποία επιλέγονται με κριτήριο τους κρανιακούς χάρτες (scalp maps) της δραστηριότητάς τους. Πηγή εικόνας : [14]

Πριν την εφαρμογή της ICA πρέπει να έχουν αφαιρεθεί από τα δεδομένα τα τμήματα που αφορούν μη τυπικά γεγονότα (non stereotypical events), όπως απότομες κινήσεις του συμμετέχοντα που οδηγούν σε πολύ έντονες κυματομορφές και οι οποίες δεν πληρούν τις απαιτήσεις για τη μέθοδο ICA και είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε λανθασμένα αποτελέσματα. Επιπλέον πρέπει να δοθεί προσοχή στο μέγεθος των δεδομένων. Αν είναι πολύ μικρής διάρκειας, πιθανόν να μην πληρούνται οι προϋποθέσεις για την ανεξαρτησία των συνιστωσών. Αν έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια, πιθανόν να αλλάζουν μέσα

στο χρόνο οι θέσεις των πηγών και η κατανομή τους, αν για παράδειγμα ο συμμετέχοντας αποκοινηθεί ή έχει κάποιου είδους κρίση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη λανθασμένη ανάλυση σε ανεξάρτητες πηγές καθώς παύει να υπάρχει η χρονική σταθερότητα.

Η μέθοδος ICA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση πολλών ειδών σφαλμάτων ενώ η χρήση της έχει αρχίσει να καθιερώνεται για την αφαίρεση της επίδρασης της κίνησης και του ανοιγοκλείσιματος των ματιών. Παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάλυση των δεδομένων, καθώς αποτελεί ένα σχετικά ακριβή προσδιορισμό της θέσης των πηγών δραστηριότητας [3][5].

Ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής αποτελεί η ανεξαρτησία της από την ύπαρξη “καθαρών” ηλεκτροδίων αναφοράς, καθώς διαχωρίζει το σήμα του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος σε ανεξάρτητες συνιστώσες βασιζόμενη μόνο στα χαρακτηριστικά των δεδομένων που είναι ανεξάρτητα από την επιλογή των ηλεκτροδίων αναφοράς. Παράλληλα, η δυνατότητα αφαίρεσης των ανεξάρτητων συνιστώσων που αντιστοιχούν στα σφάλματα δίνει τη δυνατότητα να αφαιρεθεί η επίδραση των σφαλμάτων αυτών χωρίς να απαιτείται η τροποποίηση των δεδομένων με την αφαίρεση μεγάλων τμημάτων ή πλήθους δοκιμών [9][10].

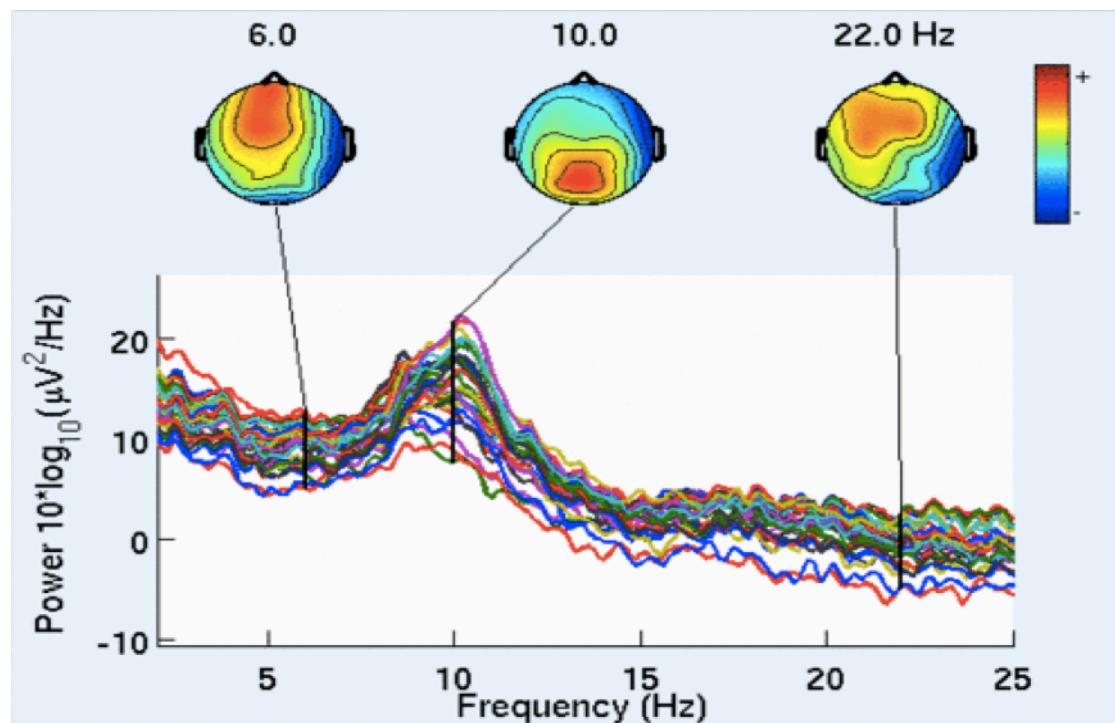
Για την επίλυση του προβλήματος του τυφλού διαχωρισμού σε πηγές χρησιμοποιούνται πολλοί διαφορετικοί αλγόριθμοι οι οποίοι υλοποιούν τη μέθοδο ICA. Μεταξύ αυτών οι FastICA, binica, runica, JADE και Information maximization [3].

## Αφαίρεση γραμμής αναφοράς

Μια συνηθισμένη πρακτική, τόσο στην ανάλυση προκλητών δυναμικών όσο και στην ανάλυση συνεχών δεδομένων, είναι η αφαίρεση της γραμμής αναφοράς (baseline removal), δηλαδή της μέσης τιμής ενός καναλιού από τα αρχικά δεδομένα. Αυτό γίνεται για την αφαίρεση του μέσου θορύβου, όπως υπολογίζεται στη μέση τιμή των δεδομένων στο τμήμα που αφορά την περίοδο πριν το ερέθισμα (average prestimulus voltage). Αυτό πρέπει να γίνεται με προσοχή καθώς στην περίπτωση που υπάρχει εξάρτηση των δεδομένων πριν το ερέθισμα με το ίδιο το ερέθισμα ή όταν ο θόρυβος διαφέρει στις περιόδους πριν το ερέθισμα ανάμεσα στις δοκιμές, η αφαίρεση της γραμμής αναφοράς μπορεί να οδηγήσει στην αλλοίωση των δεδομένων [2].

## Ανάλυση φάσματος

Η φασματική ανάλυση ισχύος (power spectral analysis) είναι μια από τις καθιερωμένες μεθόδους ποσοτικοποίησης των δεδομένων ενός εγκεφαλογραφήματος. Η φασματική πυκνότητα ισχύος (φάσμα ισχύος) κατοπτρίζει την κατανομή της ισχύος των συχνοτήτων που περιέχονται σε ένα σήμα. Κάποιες σημαντικές παράμετροι είναι η συνολική ισχύς καθώς και η ισχύς μιας ζώνης συχνοτήτων (spectral band power). Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιείται ο Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier (Discrete Fourier Transformation - DFT) με χρήση του οποίου το σήμα αναλύεται στις συχνότητες που το αποτελούν. Για κάθε μικρή ζώνη συχνοτήτων υπολογίζεται η ισχύς της. Επιπλέον, για τις συχνότητες για τις οποίες υπάρχει ενδιαφέρον να μελετηθούν, γίνεται ο υπολογισμός του τοπογραφικού χάρτη του κρανίου (scalp map) όπου και καθίσταται δυνατή η παρατήρηση των περιοχών στις οποίες η συγκεκριμένη συχνότητα έχει μεγαλύτερη ισχύ [13].



**Εικόνα 6 :** Η φασματική ανάλυση ενός εγκεφαλογραφήματος δίνει ένα γράφημα της ισχύος κάθε συχνότητας και για κάθε ηλεκτρόδιο, ενώ παράλληλα μπορεί να αποδώσει τη χωρική κατανομή της κάθε συχνότητας στην επιφάνεια του κρανίου.

Αυτή θα είναι και η βασικότερη προσέγγιση για την εξαγωγή συμπερασμάτων στη συγκεκριμένη ανάλυση. Συγκρίνοντας τις διάφορες κατανομές των συχνοτήτων ανάμεσα στις καταστάσεις και τους συμμετέχοντες γίνεται δυνατή η παρατήρηση των διαφορών στην ισχύ της κάθε ζώνης συχνοτήτων. Επιπλέον, η σύγκριση των κρανιακών χαρτών βοηθάει στην παρατήρηση των διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου στις οποίες εμφανίζεται ενεργοποίηση κατά τις διάφορες καταστάσεις.

## Ανάλυση χρόνου - συχνότητας

Κατά την αναπαράσταση ενός σήματος ως συνάρτηση του χρόνου, όλη η πληροφορία για τα χρονικά χαρακτηριστικά του σήματος είναι διαθέσιμη. Όταν το σήμα μετασχηματιστεί κατά Fourier, χάνεται η χρονική πληροφορία και αντικαθίσταται από την πληροφορία στο πεδίο των συχνοτήτων. Το κενό ανάμεσα στις δυο αυτές αναπαραστάσεις ενός σήματος έρχεται να καλύψει η ανάλυση χρόνου - συχνότητας (time - frequency analysis). Με το μετασχηματισμό του σήματος στο πεδίο χρόνου - συχνότητας, διατηρείται κάποια πληροφορία του σήματος για το χρόνο αλλά και για το περιεχόμενο σε συχνότητες. Η ανάλυση αυτή χρησιμοποιείται για σήματα των οποίων τα χαρακτηριστικά των συχνοτήτων αλλάζουν με το χρόνο. Για τον υπολογισμό του πεδίου χρόνου - συχνότητας χρησιμοποιούνται πολλές διαφορετικές τεχνικές, με την κάθε μια να δίνει μια ξεχωριστή κατανομή. Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν το μετασχηματισμό Fourier σύντομου χρόνου (short-time Fourier transformation), το μετασχηματισμό κυματιδίου (wavelet transformation), τη διγραμμική κατανομή χρόνου - συχνότητας (Bilinear time-frequency distribution) και το μετασχηματισμό Gabor - Wigner. Η κάθε μια από αυτές τις τεχνικές έχει ξεχωριστά χαρακτηριστικά και διαφορετική υπολογιστική πολυπλοκότητα και η επιλογή της καλύτερης βασίζεται στις λεπτομέρειες τις εκάστοτε εφαρμογής [8][14].

## Επίλυση του αντίστροφου προβλήματος

Το αντίστροφο πρόβλημα έγκειται στον υπολογισμό της θέσης στον εγκέφαλο, των ηλεκτρικών πηγών οι οποίες δύναται οδηγήσουν στην παρατηρούμενη κατανομή του ηλεκτρικού δυναμικού στην επιφάνεια του κρανίου. Η επίλυση του αντίστροφου προβλήματος έχει μεγάλη θεωρητική και πρακτική δυσκολία και για τον ακριβή υπολογισμό των θέσεων χρησιμοποιούνται ακριβή ανατομικά μοντέλα του κρανίου, ενώ η λύση δεν είναι μοναδική. Σαν αποτέλεσμα αυτού, υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι που δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα. Μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους είναι η μέθοδος ηλεκτρομαγνητικής τομογραφίας χαμηλής ανάλυσης (Low resolution electromagnetic tomography - LORETA) [11][12].

## Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου

1. Buzsaki, Gyorgy. Rhythms of the Brain. Oxford University Press, USA, 2006.
2. Drongelen, Wim van. Signal Processing for Neuroscientists: An Introduction to the Analysis of Physiological Signals. Academic Press, 2006.
3. Hyvärinen, A, and E Oja. "Independent Component Analysis: Algorithms and Applications." *Neural Netw* 13.4-5 (2000): 411-30.
4. Jaakko Malmivuo & Robert Plonsey: Bioelectromagnetism - Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields, Oxford University Press, New York, 1995.
5. Jung, T P, S Makeig et al. "Removing Electroencephalographic Artifacts By Blind Source Separation." *Psychophysiology* 37.2 (2000): 163-78.
6. Klem, G H, H O Lüders et al. "The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 52 (1999): 3-6.
7. Kropotov, Juri. Quantitative Eeg, Event-Related Potentials and Neurotherapy. Academic Press, 2008.
8. Luck, Steven J. An Introduction to the Event-Related Potential Technique (Cognitive Neuroscience). The MIT Press, 2005.
9. Makeig, Scott. "Independent Component Analysis of Simulated Erp Data." (2011): 1-24.
10. Makeig, Scott, Stefan Debener et al. "Mining Event-Related Brain Dynamics." *Trends in cognitive sciences* 8.5 (2004): 204-10.
11. Michel, Christoph M., Thomas Koenig et al. Electrical Neuroimaging. Cambridge University Press, 2009.
12. Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: A new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of Psychophysiology*, 18(1), 49-65
13. Sanei, Dr Saeid, and J. A. Chambers. Eeg Signal Processing. Wiley-Interscience, 2007.
14. Tong, Shanbao, and Nitish V. Thakor. Quantitative Eeg Analysis Methods and Clinical Applications (Engineering in Medicine & Biology). Artech House Publishers, 2009. Alper, Matthew. The "God" Part of the Brain. Sourcebooks, Inc, 2008.



*How all occasions do inform against me,  
 And spur my dull revenge! What is a man,  
 If his chief good and market of his time  
 Be but to sleep and feed? a beast, no more.  
 Sure, he that made us with such large discourse,  
 Looking before and after, gave us not  
 That capability and god-like reason  
 To fust in us unused. Now, whether it be  
 Bestial oblivion, or some craven scruple  
 Of thinking too precisely on the event,  
 A thought which, quarter'd, hath but one part wisdom  
 And ever three parts coward, I do not know  
 Why yet I live to say 'This thing's to do,'  
 Sith I have cause and will and strength and means To do't.*

*Πώς κάθε περιστατικό μιλάει ενάντιά μου  
 Και τον νωθρό μου γδικιωμό κεντάει! Τι 'ναι ο άνθρωπος  
 Αν μόνη του ευτυχία κι απασχόληση έχει  
 Φαΐ και ύπνο; Είναι ένα χτήνος, τίποτ' άλλο.  
 Σίγουρα Αυτός που τέτοια διάνοια πλατιά μας έχει δώσει,  
 που να βλέπει εμπρός και πίσω, αυτό το τάλαντο, τον λόγο αυτόν τον θείο,  
 δεν τα 'δωσε για να μουχλιάζουν έτσι μέσα μας. Όπως κι αν είναι,  
 είτε σαν χτήνος λησμονάω, είτε σαν άναντρος διστάζω,  
 επειδή σκέφτομαι πάρα πολύ, ψιλολογώντας τις συνέπειες,  
 - σκέψη που το ένα τέταρτο της είναι σύνεση,  
 και τ 'άλλα τρία δειλία, - δεν ξέω για ποιόν λόγο  
 να ζω κι όλο να λέω “έχω να κάμω αυτό”,  
 ενώ 'χω αιτία και θέληση και δύναμη και μέσα για να το κάμω.*

*William Shakespeare - The Tragedy of Hamlet, Prince of Denmark (1599)*

## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Καταγραφή και προεπεξεργασία των δεδομένων**

Τα δεδομένα που αναλύονται σε αυτή την εργασία αποτελούν ένα μικρό μόνο μέρος μιας συνεχιζόμενης διεθνούς σειράς πειραμάτων που στόχο έχει να ερευνήσει τις διάφορες καταστάσεις συνειδητότητας στις οποίες εισέρχονται οι άνθρωποι που ασκούν το διαλογισμό και προέρχονται από διάφορες Ινδουιστικές (Ramakrishna, Isha Foundation) και Βουδιστικές (Tibetan και Vipassana) παραδόσεις. Το πείραμα διεξάγεται στο Meditation Research Institute (MRI), ένα ερευνητικό κέντρο που ιδρύθηκε το 2005 από τον Swami Veda Bharati στο Swami Rama Sadhaka Grama (Χωριό για την Πνευματική Αναζήτηση) στο Rishikesh της Ινδίας.

Σκοπός της δημιουργίας του Meditation Research Institute είναι η συνεισφορά στην προσπάθεια για την κατανόηση των νευρωνικών συνιστωσών της συνειδητότητας και ειδικότερα των δυναμικών που προκαλούνται στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια του διαλογισμού. Ο σκοπός αυτός στηρίζεται στην ιδέα του διαλογισμού σαν μέσο μελέτης της συνειδητότητας με έναν εσωτερικό, υποκειμενικό τρόπο ενώ η επιστήμη μελετά τα φαινόμενα από την εξωτερική, αντικειμενική σκοπιά. Με τη σύζευξη των δύο αυτών πεδίων της ανθρώπινης νόησης, γίνεται δυνατή η εξερεύνηση νέων άγνωστων πτυχών της συνειδητότητας και της λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Το πρόγραμμα αυτό έχει ξεκινήσει από τον Dr. Arnaud Delorme (CERCO, Toulouse, France) σε συνεργασία με τον Dr. Rael Cahn (Psychiatry Department, University of California, San Diego, USA) Οι καταγραφές έγιναν από την Claire Braboszcz (Centre de Recherche Cerveau et Cognition - CERCO) - Université Toulouse III - Paul Sabatier, Toulouse France) και άλλους συνεργάτες του MRI.

Τμήματα της ανάλυσης των δεδομένων για αυτή την εργασία έγιναν στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), στο Κέντρο Έρευνας του Εγκεφάλου και της Συνείδησης (Centre de Recherche Cerveau et Cognition - CERCO) στο Université Toulouse III - Paul Sabatier στην Toulouse της Γαλλίας στα πλαίσια του προγράμματος Erasmus Mundus καθώς και στο Κέντρο Έρευνας για τη Σχιζοφρένεια (Schizophrenia Research Center) του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου του University of Pennsylvania στη Philadelphia των ΗΠΑ.

Εκτός από άτομα τα οποία ασκούν διαλογισμό yoga σύμφωνα με την πρακτική της παράδοσης των Ιμαλαΐων και οι οποίοι έχουν διάφορα επίπεδα εμπειρίας (ομάδα διαλογιζόμενων) χρησιμοποιήθηκαν σαν ομάδα αναφοράς και άνθρωποι χωρίς καθόλου εμπειρία στο διαλογισμό. Κατά τη διάρκεια των καταγραφών οι συμμετέχοντες και από τις δύο ομάδες εκτίθενται σε διάφορα οπτικά, ακουστικά και αισθητικά ερεθίσματα, τόσο σε κατάσταση διαλογισμού όσο και σε κατάσταση νοητικής περιπλάνησης (mind wandering).

Η κατάσταση νοητικής περιπλάνησης επιλέχθηκε ώστε να εξομοιώσει κατά το δυνατό τις φυσιολογικές καθημερινές συνθήκες υπό τις οποίες λειτουργεί ο νους. Σε αυτή την περίπτωση ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αφεθούν στην σκέψη συναισθηματικά ουδέτερων αυτοβιογραφικών μνημών. Στην ομάδα αναφοράς αντί για διαλογισμό ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να συγκεντρωθούν στην αναπνοή τους με επιδίωξη την όσο το δυνατόν εντονότερη και καθαρότερη επίγνωση της αναπνοής. Αυτό έγινε ώστε να οδηγηθούν σε μια κατάσταση συγκέντρωσης η οποία να αποτελεί μια λειτουργική εξομοίωση της κατάστασης διαλογισμού.

## Τα ηλεκτρόδια καταγραφής

Οι καταγραφές έγιναν με μια συσκευή εγκεφαλογραφημάτων (EEG device) Biosemi 64 + 8, με 72 συνολικά ηλεκτρόδια. Τα πρώτα 64 ηλεκτρόδια χρησιμοποιήθηκαν για την περιοχή του κρανίου και βρίσκονταν τοποθετημένα στο σκουφάκι ηλεκτροδίων (electrode cap) σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10 – 20. Τέσσερα τοποθετήθηκαν πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά από τα μάτια για την καταγραφή του ηλεκτροοφθαλμογραφήματος (electrooculogram - EOG) ενώ δύο τοποθετήθηκαν στις μαστοειδείς αποφύσεις για να λειτουργήσουν σαν ηλεκτρόδια αναφοράς και ένα προσαρμόστηκε στην κλείδα (collar bone) με σκοπό την καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, τους παλμούς δηλαδή της καρδιάς (electrocardiogram - ECG). Το όγδοο extra ηλεκτρόδιο χρησιμοποιήθηκε για αντικατάσταση του FP1 το οποίο ήταν κατεστραμμένο [4].

Επιπλέον, γίνεται η καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος (galvanic skin resistance - GSR), κάτι το οποίο ενδιαφέρει καθώς η αλλαγή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος προκαλείται από την αλλαγή του επίπεδου υγρασίας στο δέρμα, το οποίο ρυθμίζεται από τους ιδρωτοποιούς αδένες που ενεργοποιούνται από το συμπαθητικό νευρικό σύστημα. Μετρώντας λοιπόν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση του βαθμού ψυχολογικής ή φυσιολογικής έξαρσης. Η καταγραφή γίνεται με τις δύο άκρες ενός γαλβανόμετρου να ακουμπούν σε δύο διαδοχικά δάχτυλα και να μετρούν, παρέχοντας μια μικρή τάση, την αντίσταση μεταξύ των δύο αυτών σημείων. Το σήμα που στέλνεται πρέπει να είναι συγχρονισμένο με το ρυθμό του δείγματος του εγκεφαλογραφήματος προκειμένου να μην επηρεάσει τις μετρήσεις.

Παράλληλα, γίνεται καταγραφή της ακριβούς θερμοκρασίας σε κάθε στιγμή, της αναπνοής και της ροής του αίματος. Η αναπνοή καταγράφεται με χρήση μιας ζώνης (respiration belt) η οποία περιέχει ένα πιεζοηλεκτρικό υλικό το οποίο ανταποκρίνεται γραμμικά στις αλλαγές του μήκους του και μετράει τις αλλαγές στην περιφέρεια του θώρακα ή της κοιλιάς. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να υπολογισθεί ο ρυθμός της αναπνοής και το κάθε στάδιο της, καθώς και η δύναμη της αναπνοής, σε όρους όγκου εισπνοής και εκπνοής.

Η καταγραφή της ροής του αίματος γίνεται με τη χρήση ενός φωτοπληθυσμογράφου (photoplethysmograph). Αυτή η συσκευή είναι ένα κλιπ που τοποθετείται σε κάποιο δάχτυλο και αποτελείται από δύο LEDs, ένα κόκκινο και ένα υπέρυθρο, τα οποία τοποθετούνται απέναντι από μια φωτοδίοδο και ανάμεσα τους βρίσκεται το δάχτυλο. Η απορρόφηση σε αυτά τα μήκη κύματος αλλάζει σημαντικά ανάλογα με την αναλογία της οξυαιμογλοβίνης και της αποξυγονωμένης μορφής της στο αίμα. Έτσι, μετρώντας την απορρόφηση αυτή, μπορούμε να υπολογίσουμε την περιεκτικότητα του αίματος σε οξυγόνο καθώς και τη ροή αυτού.

Από όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, τελικά έγινε επιλογή των καταγραφών πέντε εθελοντών με διάφορα επίπεδα εμπειρίας στο διαλογισμό καθώς και πέντε εθελοντών χωρίς προηγούμενη εμπειρία, οι οποίοι και λειτουργούν σαν ομάδα αναφοράς (control group). Το πλήθος των δεδομένων επελέγη να είναι ίσο μεταξύ των δύο ομάδων. Η επιλογή των δεδομένων έγινε με κριτήριο την ποιότητα των καταγεγραμμένων ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων. Και οι δύο ομάδες περιείχαν τόσο γυναίκες όσο και άντρες. Οι εθελοντές ήταν Καυκάσιοι και Ινδοί στην εθνικότητα. Οι ηλικίες κυμαίνονταν από 31 έως 67 έτη με μέση τιμή ηλικίας τα 55.1 έτη και τυπική απόκλιση 11.9 έτη στους διαλογιζόμενους και από 24 έως 50 έτη με μέση τιμή ηλικίας τα 34.2 έτη και τυπική απόκλιση 9.1 έτη στην ομάδα αναφοράς. Η εμπειρία στο διαλογισμό (μόνο για την ομάδα των διαλογιζόμενων) κυμαινόταν από 15 έως 50 έτη με μέση τιμή 32.5 έτη και τυπική απόκλιση 11.5 έτη.

## Το πρωτόκολλο

Οι διεξαγωγή των καταγραφών έγινε σε ένα δωμάτιο στο χώρο του Meditation Research Institute, μέσα στο Ashram, σε ένα χώρο που δεν απαιτούσε από τους διαλογιζόμενους να απομακρυνθούν από το χώρο διαλογισμού. Το δωμάτιο ήταν μερικώς ηλεκτρικά και ηχητικά μονωμένο ενώ ο φωτισμός διατηρούνταν σε χαμηλά επίπεδα για να δημιουργήσει τις κατάλληλες για διαλογισμό συνθήκες.



**Εικόνα 7:** Δύο από τους συμμετέχοντες στα πειράματα.

Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος οι συμμετέχοντες βρίσκονταν καθισμένοι σε μια βολική για αυτούς στάση είτε σε καρέκλα είτε στο πάτωμα πάνω σε μαξιλάρι, σε μια απόσταση 70 cm από τη CRT οθόνη που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα. Η οθόνη επιλέχθηκε να είναι αυτού του τύπου καθώς η ταχύτητα αλλαγής της φωτεινότητας κάθε pixel γίνεται με κάποια καθυστέρηση στις οθόνες LCD, οι οποίες παράλληλα χρειάζονται περίπου 100 ms για να σβήσουν πλήρως (σκοτεινιάσουν).

Αυτά είναι κάποια προβλήματα που ανάλογα με την οθόνη και το είδος του πειράματος μπορούν να ξεπεραστούν ή και να μην επηρεάσουν, ενώ οι οθόνες LCD έχουν άλλα συγκριτικά πλεονεκτήματα που πιθανόν στο μέλλον να τις καθιερώσουν σαν τη συνήθη πρακτική, ειδικά για τα ERP πειράματα. Σε αυτή την περίπτωση όμως επιλέχθηκε να ακολουθηθεί η καθιερωμένη έως σήμερα χρήση της οθόνης CRT [6].

Μετά την επιτυχή σύνδεση όλων των ηλεκτροδίων και αφού είχαν γίνει οι απαραίτητες δοκιμές, οι συμμετέχοντες εκτελούσαν για 40 λεπτά την εργασία η οποία τους ζητήθηκε σε κάθε περίπτωση. Είτε δηλαδή βρίσκονταν σε κατάσταση διαλογισμού ή συγκέντρωσης στην αναπνοή στην περίπτωση της ομάδας αναφοράς, είτε άφηναν το νου τους ελεύθερο να παρασυρθεί σε συναισθηματικά ουδέτερες αυτοβιογραφικές μνήμες. Στην περίπτωση του διαλογισμού, τα πρώτα δέκα λεπτά οι συμμετέχοντες επικεντρώνονταν στην αναπνοή τους και για τα υπόλοιπα 30 λεπτά διαλογίζονταν. Μετά τη λήξη των 40 αυτών λεπτών άρχιζε η καταγραφή του εγκεφαλογραφήματος.

Μετά την καταγραφή των πρώτων 75 δευτερόλεπτων, η οθόνη άρχιζε να αναβοσβήνει σε διάφορες συχνότητες. Οι συχνότητες αυτές ήταν 4 Hz, 6 Hz, 8 Hz, 10 Hz, 14 Hz και 20 Hz και η εμφάνιση των ερεθισμάτων γινόταν με φθίνουσα σειρά (από την υψηλότερη στη χαμηλότερη). Για κάθε συχνότητα η οθόνη αναβόσβηνε για 20 δευτερόλεπτα με διάλειμμα δύο δευτερολέπτων ανάμεσα σε κάθε συχνότητα και 5 δευτερόλεπτα μετά το τέλος της εμφάνισης των ερεθισμάτων η καταγραφή τελείωνε. Η συνολική διάρκεια της καταγραφής ήταν 210 δευτερόλεπτα.

Το πρόγραμμα Psychtoolbox-3, ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα για το Matlab, χρησιμοποιήθηκε για τον ακριβή έλεγχο της εμφάνισης των ερεθισμάτων στην οθόνη. Το Psychtoolbox-3 προσφέρει τη δυνατότητα της παρουσίασης των ερεθισμάτων με πολύ μεγάλη χρονική ακρίβεια και ρυθμίζει τις λεπτομέρειες της σχεδίασης στην οθόνη.

Για κάθε συμμετέχοντα επιλέχθηκε τυχαία η πρώτη κατάσταση στην οποία θα γινόταν η καταγραφή (διαλογισμός ή ελεύθερη σκέψη). Αυτό έγινε ώστε κατά την ανάλυση να μπορέσει να γίνει έλεγχος για την επιρροή που μπορεί να έχει η επιλογή της σειράς των δύο καταστάσεων. Μετά από 10 λεπτά διαλείμματος, στα οποία είχαν τη δυνατότητα να σηκωθούν, ξεκινούσε το δεύτερο κομμάτι του πειράματος στο οποίο οι συμμετέχοντες βρίσκονταν στην εναλλακτική κατάσταση για την οποία οι χρόνοι προετοιμασίας και καταγραφής ήταν ακριβώς οι ίδιοι.

Την ημέρα πριν την καταγραφή, οι συμμετέχοντες επισκέπτονταν το χώρο διεξαγωγής των καταγραφών όπου και είχαν τη δυνατότητα να καθίσουν για 5-10 λεπτά στη στάση διαλογισμού που θα καθόντουσαν και την επόμενη μέρα, ενώ γινόταν η εξήγηση των λεπτομερειών του πειράματος και της καταγραφής.

## Λογισμικό

Όλες οι αναλύσεις έγιναν με χρήση του Matlab 2010b 64bit για Mac OS X 64 bit και των toolboxes EEGLAB, ERPLAB (EEGLAB plugin), statistics καθώς και την binica έκδοση του ICA αλγόριθμου. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η Python 2.6.1 και οι βιβλιοθήκες matplotlib, numpy και scipy καθώς και κομμάτια μιας νέας, υπό ανάπτυξη, βιβλιοθήκης για ανάλυση EEG που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας και θα είναι σύντομα διαθέσιμη [11].

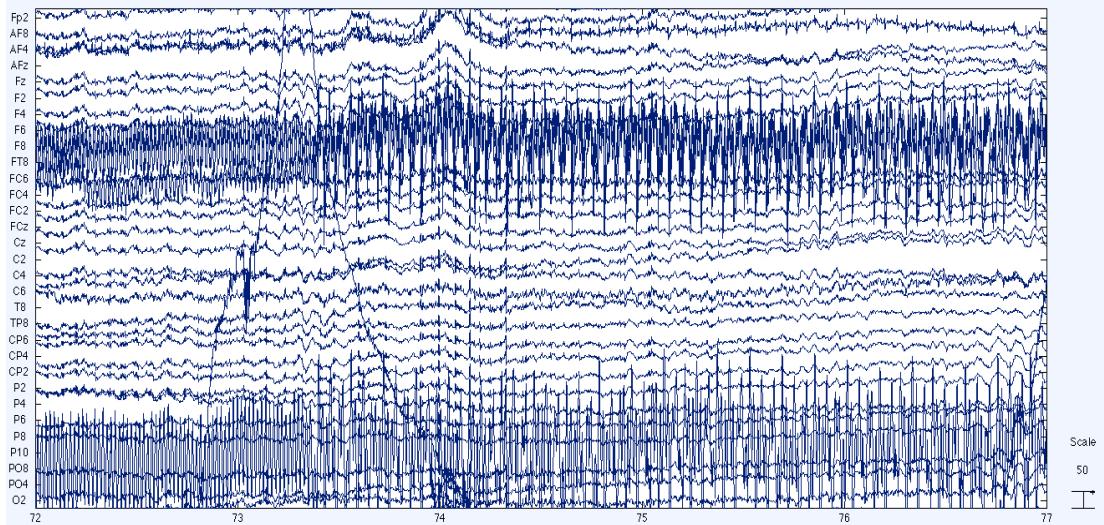
Το EEGLAB είναι μια ανοιχτού κώδικα (open source) βιβλιοθήκη λογισμικού για το Matlab. Έχει αναπτυχθεί από τους Arnaud Delorme και Scott Makeig και χρησιμεύει για την επεξεργασία και ανάλυση ηλεκτροφυσιολογικών δεδομένων, προσφέροντας διαδραστικές δυνατότητες και πολλές υλοποιήσεις χρήσιμων αλγορίθμων. Το ERPLAB είναι ένα ανοιχτού κώδικα plugin για το EEGLAB, το οποίο προσφέρει μια συλλογή συναρτήσεων για την επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων ERP. Η ανάπτυξη του κώδικα οργανώνεται από τους Steve Luck και Javier Lopez-Calderon στο UC-Davis Center for Mind & Brain [1][2][6].

Για την ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες (Independent Components Analysis) χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα binica, το οποίο αποτελεί την υλοποίηση από τον Scott Makeig (Salk Institute, CA) του αλγορίθμου logistic infomax των Bell και Sejnowski. Ο αλγόριθμος αυτός τρέχει περίπου 12 φορές ταχύτερα από τον αντίστοιχο του Matlab και γι' αυτό προτιμήθηκε, καθώς η ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες είναι μια ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία [1][2].

## Προεπεξεργασία

Τα δεδομένα αμέσως μετά την καταγραφή από το μηχάνημα ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος, βρίσκονται στη μορφή BDF (Biosemi Data Format). Η ανάγνωση των δεδομένων αυτών από το EEGLAB έγινε με χρήση του Biosemi BioSig toolbox. Μετά την ανάγνωση, χρησιμοποιήθηκε η export function του EEGLAB για να μετατραπούν τα δεδομένα σε ένα αρχείο κειμένου (.txt) το οποίο περιλαμβάνει πλήθος γραμμών ίσο με το πλήθος των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται και σε κάθε γραμμή υπάρχουν τόσα νούμερα όσο και το πλήθος των πλαισίων (frames), τα οποία ορίζονται σαν το γινόμενο του χρόνου καταγραφής επί τη συχνότητα της δειγματοληψίας. Το κάθε νούμερο αντιστοιχεί σε μια τιμή τάσης για το κάθε ηλεκτρόδιο στο συγκεκριμένο πακέτο και τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η μετατροπή αυτή έγινε ώστε να διατηρηθούν τα δεδομένα στην αρχική τους μορφή σε μια μορφή αρχείου που να κάνει εύκολη την επεξεργασία της και με άλλους τύπους, λιγότερο εξειδικευμένου λογισμικού.

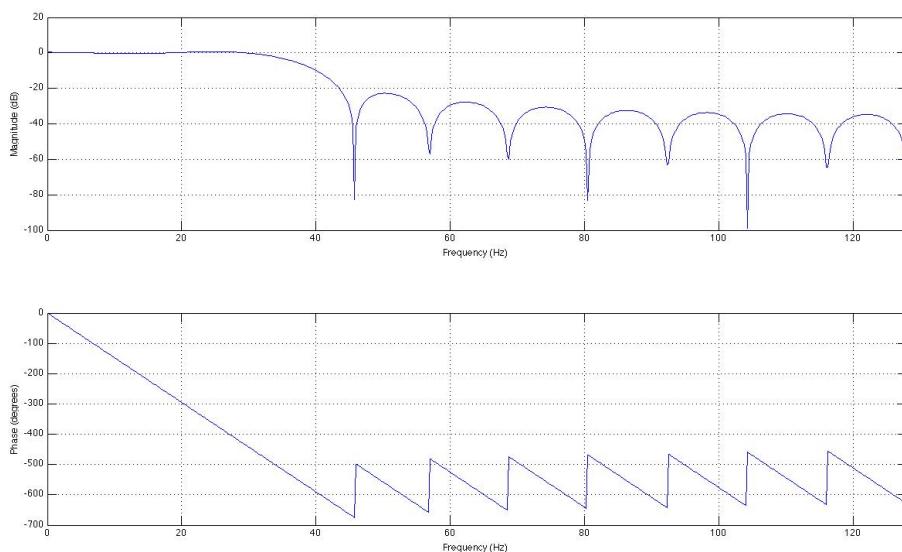
Εξαιτίας της εκ των προτέρων γνωστής δυσλειτουργίας του ηλεκτροδίου FP1, αυτό αντικαταστάθηκε με το ηλεκτρόδιο 72 και κατά την προεπεξεργασία ήταν απαραίτητη η αντικατάσταση των δεδομένων του ηλεκτροδίου αυτού στη θέση του FP1 και η αφαίρεση του επιπλέον ηλεκτροδίου. Παράλληλα, τα ηλεκτρόδια 72 έως 79 αφαιρέθηκαν από τα δεδομένα χρησιμοποιώντας την επιλογή no channel καθώς δεν χρειάζονται στα πλαίσια της ανάλυσης αυτής. Τελικά διατηρήθηκαν τα 64 βασικά ηλεκτρόδια, τα ηλεκτρόδια 65 έως 68 χρησιμοποιήθηκαν για το ηλεκτροοφθαλμογράφημα (EOG), τα 69 και 70 σαν ηλεκτρόδια αναφοράς τοποθετημένα στις μαστοειδείς αποφύσεις ενώ το ηλεκτρόδιο 71 ήταν τοποθετημένο στην κλείδα για την καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (EKG). Καθώς η καταγραφή έγινε με ηλεκτρόδιο αναφοράς στην αριστερή μαστοειδή απόφυση (ηλεκτρόδιο 70), κατά την ανάγνωση των δεδομένων επιλέχθηκε αυτό σαν ηλεκτρόδιο αναφοράς. Για λόγους που αναφέρθηκαν αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 3, επιλέχθηκε να γίνει εκ νέου αναφορά (referencing) όλων των ηλεκτροδίων ως προς τα ηλεκτρόδια M1 και M2 (69 + 70) προκειμένου να εξασφαλισθεί ισορροπία των μετρήσεων μεταξύ των δύο ημισφαιρίων [6].



**Εικόνα 8 :** Τμήμα των δεδομένων πριν εφαρμοστεί η προεπεξεργασία.

Πριν την εφαρμογή των φίλτρων, καλό είναι να εφαρμόζεται ο αλγόριθμος αφαίρεσης γραμμικών τάσεων (linear trend removal), η χρήση του οποίου επιδιώκει να μειώσει τα πιθανά σφάλματα που εισάγονται στο σήμα κατά την εφαρμογή των φίλτρων [5].

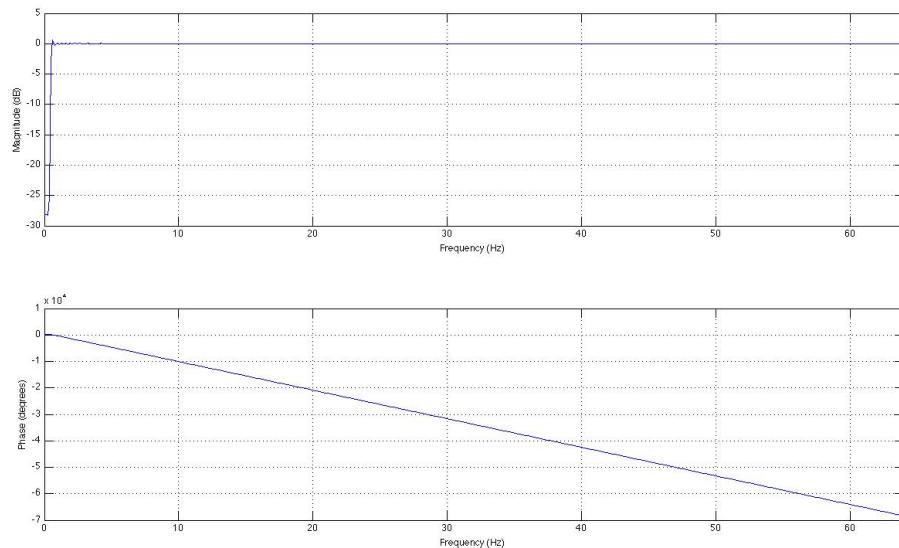
Το επόμενο βήμα αποτελείται από την εφαρμογή των απαραίτητων φίλτρων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ένα βαθυπερατό φίλτρο (low pass filter) τύπου FIR (finite impulse response) με συχνότητα αποκοπής τα 35 Hz για να εξαλείψει το θόρυβο που προκαλείται από το ηλεκτρικό ρεύμα (50 Hz). Τα 35 Hz αποτελούν τη συχνότητα για την οποία η ένταση έχει μειωθεί στο μισό. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί και στο διάγραμμα της απόκρισης συχνοτήτων (frequency response) του φίλτρου αυτού, τα 50 Hz εξαλείφονται αποτελεσματικά και μαζί με αυτά και όλες οι υπόλοιπες υψηλές συχνότητες οι οποίες δεν ενδιαφέρουν άμεσα. Αν και τα 30 Hz σαν συχνότητα αποκοπής θα ήταν μια ασφαλέστερη λύση, έγινε η επιλογή των 35 Hz η οποία κόβει αποτελεσματικά το θόρυβο των 50 Hz, επιτρέποντας παράλληλα την ικανοποιητική παρατήρηση των συχνοτήτων έως περίπου τα 35 Hz.



**Εικόνα 9 :** Η απόκριση τόσο στο πεδίο των συχνοτήτων όσο και στη φάση, του βαθυπερατού φίλτρου που χρησιμοποιήθηκε.

Έπειτα χρησιμοποιείται ένα υψηπερατό φίλτρο (high pass filter) τύπου FIR με συχνότητα αποκοπής 1 Hz για την εξάλειψη των χαμηλών συχνοτήτων. Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται για την αφαίρεση της μετατόπισης συνεχούς ρεύματος (DC offset) η οποία εμφανίζεται εξαιτίας του τρόπου καταγραφής των δεδομένων τύπου Biosemi και του τρόπου με τον οποίο τα επεξεργάζεται το EEGLAB. Το φίλτρο αυτό όμως είναι δυνατόν να εισάγει πολύ σημαντικά σφάλματα (artifacts) στο σήμα. Για την αφαίρεση των σφαλμάτων αυτών εφαρμόζεται η αφαίρεση της γραμμής αναφοράς (baseline removal) η οποία αφαιρεί τη μέση τιμή της τάσης κάθε καναλιού από την τάση κάθε σημείου [3].

Η εφαρμογή των φίλτρων αυτών γίνεται διαδοχικά και όχι ταυτόχρονα καθώς με την ταυτόχρονη εφαρμογή των φίλτρων προκαλείται πιθανή αλλοίωση των χαρακτηριστικών του σήματος. Επίσης, αποφεύγεται η εφαρμογή των φίλτρων ζώνης (notch filter) καθώς ένα τέτοιο φίλτρο αλλοιώνει σημαντικά τα δεδομένα. Όλα τα φίλτρα είναι μη αιτιακού τύπου (causal filter), καθώς εφαρμόζονται δύο φορές διαδοχικά, μία προς τα μπροστά στο χρόνο και μία προς τα πίσω. Με αυτό τον τρόπο διατηρείται η πληροφορία για την φάση του σήματος, εισάγοντας όμως πιθανά σφάλματα πολύ χαμηλής συχνότητας για τα οποία και χρησιμοποιήθηκε η αφαίρεση της γραμμής αναφοράς [8].



**Εικόνα 10 :** Η απόκριση τόσο στο πεδίο των συχνοτήτων όσο και στη φάση, του υψηπερατού φίλτρου που χρησιμοποιήθηκε.

Μετά την εφαρμογή των φίλτρων γίνεται η αλλαγή του ρυθμού δειγματοληψίας από 1024 Hz σε 256 Hz για την επίσπευση των μετέπειτα υπολογισμών καθώς μια τόσο υψηλή χρονική ανάλυση δεν εξυπηρετεί κανένα πρακτικό σκοπό στα πλαίσια της μελέτης αυτής. Μια σημαντική παρατήρηση αφορά το θεώρημα Shannon – Nyquist, όπως αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3. Η επιλογή του βαθυπερατού φίλτρου με συχνότητα αποκοπής 40 Hz ικανοποιεί το αίτημα της εφαρμογής ενός φίλτρου με συχνότητα αποκοπής τουλάχιστον το ένα τρίτο της συχνότητας δειγματοληψίας [7].

## **Απόρριψη και διόρθωση του θορύβου και των σφαλμάτων**

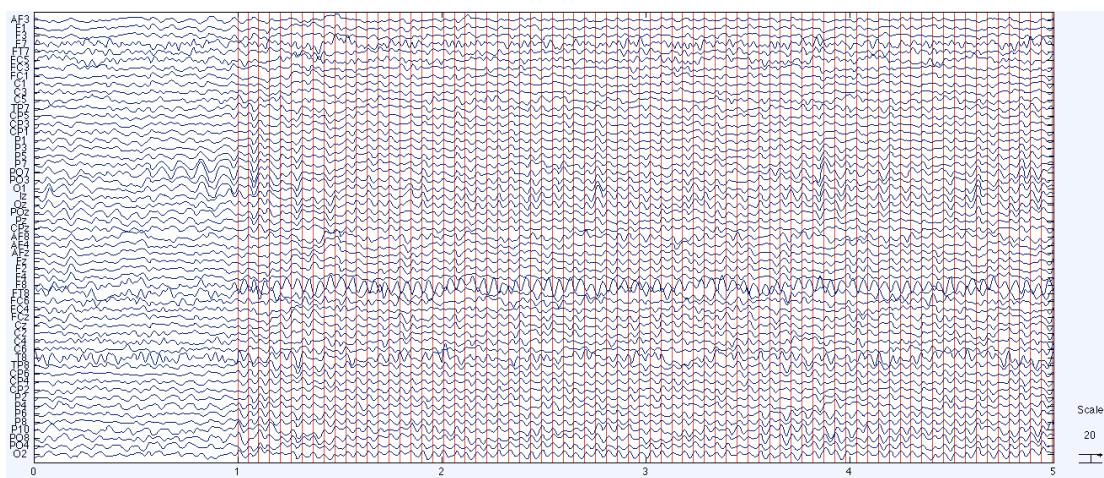
Μετά την προεπεξεργασία αλλά πριν την απόρριψη των καναλιών και των τμημάτων που παρουσιάζουν μη φυσιολογική και μη τυπική δραστηριότητα και την εφαρμογή της ανάλυσης σε ανεξάρτητες συνιστώσες απορρίφθηκαν τα πρώτα 5 δευτερόλεπτα όπως και τα τελευταία 3 δευτερόλεπτα κάθε καταγραφής καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρχε έντονος θόρυβος εξαιτίας των κινήσεων κατά την έναρξη της καταγραφής. Παράλληλα, γίνεται χωρισμός κάθε καταγραφής σε έξι τμήματα. Το κάθε τμήμα περιέχει το κομμάτι των δεδομένων που αντιστοιχεί στην κάθε συχνότητα του εξωτερικού ερεθίσματος. Με αυτό τον τρόπο, στον κάθε συμμετέχοντα στο πείραμα αντιστοιχούν δώδεκα σύνολα δεδομένων, έξι για την κατάσταση διαλογισμού και έξι για την κατάσταση νοητικής περιπλάνησης (mind wandering). Το κάθε κομμάτι αποτελείται από 22 δευτερόλεπτα καταγραφής. Τα 20 δευτερόλεπτα αντιστοιχούν στην εμφάνιση του ερεθίσματος της κάθε συχνότητας ενώ διατηρείται η καταγραφή ενός δευτερολέπτου πριν και ενός μετά την εμφάνιση.

Κατά την προεπεξεργασία εισάγονται στα ακραία και συνοριακά σημεία (boundaries) των δεδομένων πολύ μεγάλα σφάλματα. Προκειμένου να αποφευχθούν αυτά τα σφάλματα τα οποία θα κατέστρεφαν μεγάλο τμήμα των δεδομένων, επιλέχθηκε να γίνει ο χωρισμός των δεδομένων μετά την προεπεξεργασία. Η απόρριψη των τμημάτων δεδομένων γίνεται μετά το χωρισμό των δεδομένων αφού τότε δε δημιουργείται μεγάλο πρόβλημα με την εισαγωγή επιπλέον συνοριακών σημείων. Σε αυτό το στάδιο γίνεται και η απόρριψη των καναλιών καθώς και η αφαίρεση της γραμμής αναφοράς (baseline removal). Η αφαίρεση της γραμμής αναφοράς γίνεται για δεύτερη φορά τότε γιατί με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια ο περιβάλλον θόρυβος (background noise) που αφορά το συγκεκριμένο κομμάτι της καταγραφής.

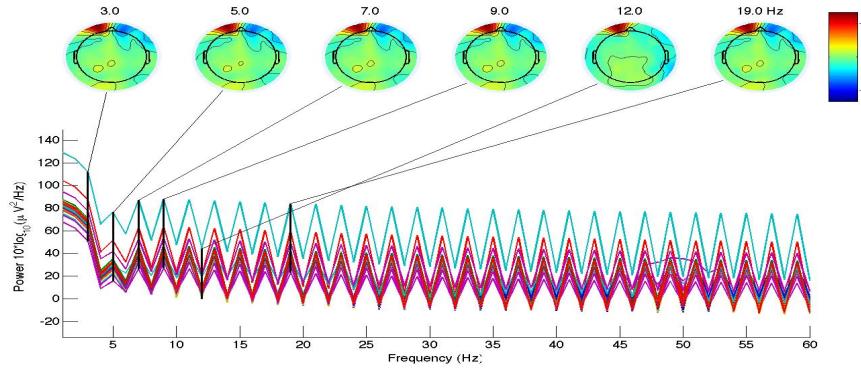
Η απόρριψη τμημάτων των δεδομένων με πολύ έντονα μη τυπικά σφάλματα (non stereotypical artifacts) και εμφανώς προβληματικά ηλεκτρόδια γίνεται με την προσεκτική οπτική παρατήρηση των δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται εύκολα αντιληπτή η εμφάνιση παροξυσμικών (paroxysmal) γεγονότων όπου ο συμμετέχοντας στο πείραμα πιθανόν να κουνήθηκε έντονα ή να άγγιξε κάποιο από τα ηλεκτρόδια. Με τον ίδιο τρόπο μπορούν να παρατηρηθούν και ηλεκτρόδια τα οποία δυσλειτουργούν καθώς και πολλές άλλες μορφές σφαλμάτων (artifacts). Στα πλαίσια αυτής της ανάλυσης επιδιώχθηκε να ελαχιστοποιηθούν οι παρεμβάσεις αυτού του τύπου στα δεδομένα με την αφαίρεση μόνο των παροξυσμικών γεγονότων και των προβληματικών ηλεκτροδίων.

Ο λόγος για την οπτική επιλογή των τμημάτων τα οποία περιέχουν μη τυπικά σφάλματα είναι η ικανότητα του ανθρώπινου ματιού στον αποτελεσματικό εντοπισμό αυτών των γεγονότων τα οποία δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν εύκολα ώστε να χρησιμοποιηθεί κάποιος αλγόριθμος με ασφάλεια. Η μη αφαίρεση αυτών των τμημάτων μπορεί να οδηγήσει σε λάθη τους αλγόριθμους που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τον καθαρισμό των δεδομένων από τα τυπικά σφάλματα. Τα υπόλοιπα artifacts αφέθηκαν για να αφαιρεθούν με χρήση άλλων μεθόδων.

Παράλληλα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο αυτόματης απόρριψης καναλιών (automatic channel rejection) του EEGLAB με χρήση των κανονικοποιημένων μέτρων της κύρτωσης και της πιθανότητας για την επιλογή των καναλιών που παρουσιάζουν μη φυσιολογικές τιμές και θα ήταν καλό να απορριφθούν. Το μέτρο της πιθανότητας υπολογίζει την πιθανότητα εμφάνισης ενός γεγονότος στα δεδομένα και θεωρητικά η εμφάνιση των σφαλμάτων αποτελεί ένα ενδεχόμενο με χαμηλή πιθανότητα. Το μέτρο της κύρτωσης χρησιμοποιεί την τέταρτη κεντρική ροπή (fourth standardized moment) ενός συνόλου δεδομένων και υπολογίζει την αιχμηρότητα της καμπύλης μιας κατανομής. Μια πολύ υψηλή τιμή είναι ενδεικτική μιας ιδιαίτερα αιχμηρής καμπύλης ενώ μια πολύ χαμηλή (αρνητική) τιμή αποτελεί ένδειξη μιας σχεδόν επίπεδης κατανομής, δηλαδή ενός προβληματικού ηλεκτροδίου. Η εφαρμογή των μέτρων αυτών έγινε δύο φορές για το κάθε μέτρο, ενώ η σειρά εφαρμογής ήταν εναλλασσόμενη. Αυτό γίνεται ώστε στην πρώτη εφαρμογή να χρησιμοποιηθεί μια υψηλότερη τιμή σαν κατώφλι ώστε να αφαιρεθούν τα κανάλια με τα πιο χονδρειδή σφάλματα ενώ στη δεύτερη εφαρμογή χρησιμοποιείται μια χαμηλότερη τιμή κατωφλιού η οποία βοηθάει στην εκλέπτυνση της απόρριψης. Σαν κατώφλι και για τα δύο μέτρα ορίστηκε το 6 (μονάδες τυπικής απόκλισης) κατά την πρώτη εφαρμογή και 4 κατά τη δεύτερη. Σαν γενικός κανόνας για την τελική επιλογή θεωρήθηκε η συμφωνία και των δύο μέτρων για την απόρριψη κάποιου καναλιού.

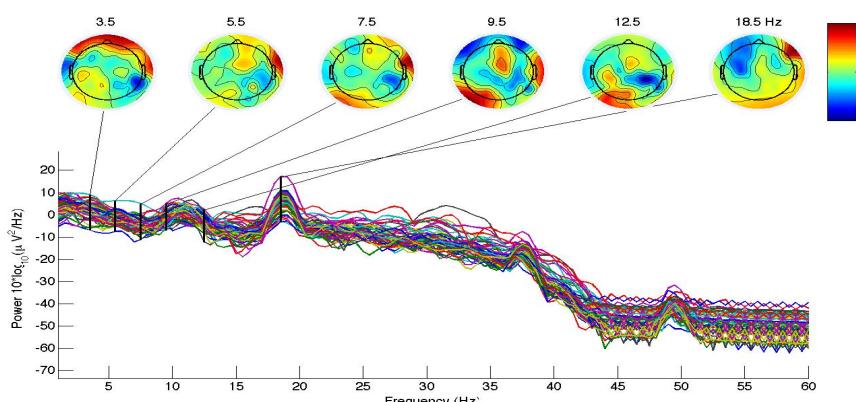


**Εικόνα 11 :** Το τμήμα των δεδομένων της Εικόνας 8 μετά την επεξεργασία και την αφαίρεση των καναλιών που παρουσιάζουν μη φυσιολογική δραστηριότητα.



**Εικόνα 12 :** Η φασματική ανάλυση των δεδομένων της Εικόνας 8.

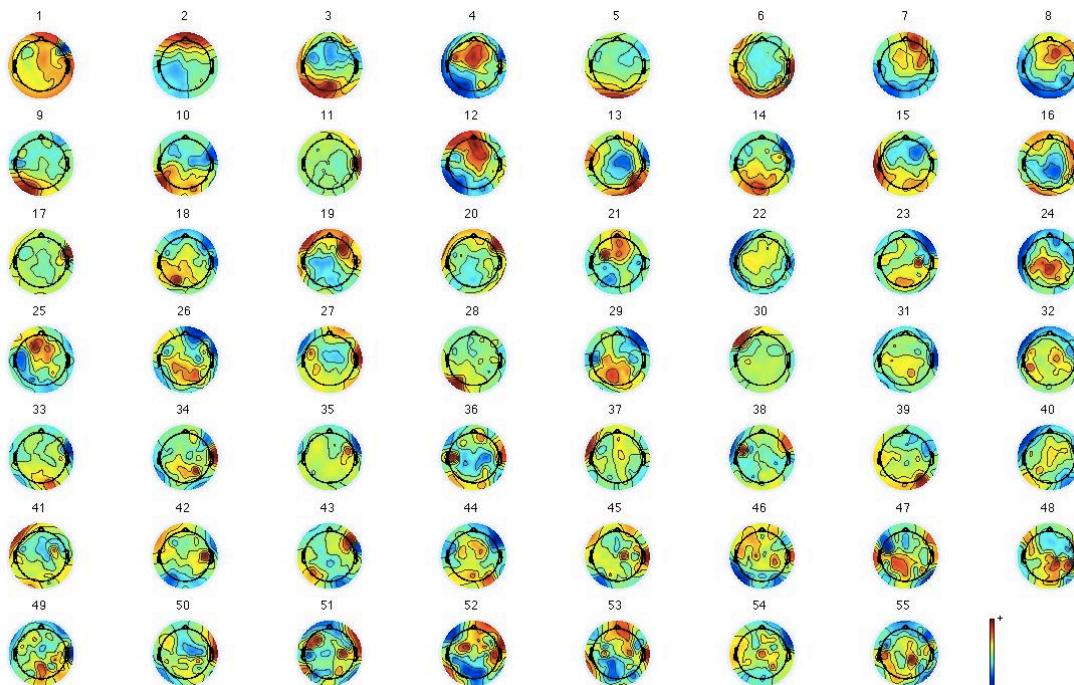
Με το χωρισμό αυτό επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη σιγουριά η χρονική ανεξάρτησία των ανεξάρτητων συνιστώσων, ενώ γίνεται και πιο ευδιάκριτη η διαφορά στο συγχρονισμό της εγκεφαλικής δραστηριότητας με το εξωτερικό ερέθισμα (brainwave entrainment). Σε κάθε ένα από αυτά τα τμήματα εφαρμόζεται η ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες (ICA) για την εύρεση και αφαίρεση των ανεξάρτητων συνιστώσων που αντιστοιχούν σε σφάλματα (artifacts). Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάλυση του εγκεφαλογραφήματος σε ένα πλήθος συνιστώσων ίδιο με το πλήθος των ηλεκτροδίων που έχουν μείνει μετά την εφαρμογή των προβληματικών καναλιών. Πρακτικά αυτό σημαίνει ένα μέσο πλήθος 58 συνιστώσων για κάθε καταγραφή. Εξ' αυτών επιλέχθηκαν για απόρριψη αυτές που αντιστοιχούν στα διάφορα σφάλματα και κυρίως στο ανοιγοκλείσιμο των ματιών, στις σακκαδικές κινήσεις, στη κίνηση των ματιών, στο ρυθμό της καρδιάς και στις μυϊκές συσπάσεις. Μετά την πρώτη απόρριψη, εκτελείται για δεύτερη φορά η ICA που αυτή τη φορά αναλύει με μεγαλύτερη ακρίβεια τις εναπομείνασες συνιστώσες και απορρίπτονται για δεύτερη φορά αυτές που αντιστοιχούν σε σφάλματα. Η ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες έγινε με το πρόγραμμα binica ενώ χρησιμοποιήθηκε η επιλογή extended για την εύρεση υπογκαουσιανών συνιστώσων (sub-gaussian components). Σαν κατώφλι (threshold) για την τελική αλλαγή βάρους που σταματάει τον αλγόριθμο επιλέχθηκε το  $10^{-7}$  [2][9].



**Εικόνα 13 :** Η φασματική ανάλυση των δεδομένων της Εικόνας 11.

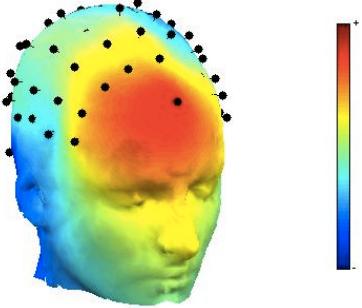
## Μεθοδολογία απόρριψης ανεξάρτητων συνιστωσών

Για να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη ελαχιστοποίηση της υποκειμενικότητας τόσο στα βήματα της προεπεξεργασίας όσο και στα βήματα της ανάλυσης, θεσπίστηκαν κάποιοι βασικοί κανόνες για την απόρριψη των ανεξάρτητων συνιστωσών. Μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου ανάλυσης σε ανεξάρτητες συνιστώσες, είναι δυνατή η οπτική επιλογή των συνιστωσών που θα απορριφθούν. Για την επιλογή χρησιμοποιούνται τόσο οι κρανιακοί χάρτες (scalp maps) με τη χωρική κατανομή της ισχύος κάθε συνιστώσας όσο και η φασματική ανάλυση ισχύος (power spectral analysis) κάθε συνιστώσας. Για τον αποτελεσματικότερο οπτικό έλεγχο των ανεξάρτητων συνιστωσών, χρησιμοποιούνται και τρισδιάστατα μοντέλα του κεφαλιού όπου απεικονίζεται ο κρανιακός χάρτης της κατανομής ισχύος της κάθε συνιστώσας. Μια ιδιαίτερα χρήσιμη αναπαράσταση είναι ο σχεδιασμός του φάσματος των συχνοτήτων για όλες τις συνιστώσες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 17. Με βάση την αναπαράσταση αυτή, είναι εύκολο να παρατηρηθούν ποιες συνιστώσες παρουσιάζουν μεγάλη δραστηριότητα χαμηλής συχνότητας, ενδεικτικό των οπτικών σφαλμάτων ή μεγάλη δραστηριότητα υψηλής συχνότητας, ενδεικτικό των σφαλμάτων που οφείλονται στη μυϊκή δραστηριότητα. Παράλληλα χρησιμοποιείται και η κυματομορφή κάθε συνιστώσας για τον επιπλέον έλεγχο των χαρακτηριστικών που ενδιαφέρουν. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι κρανιακοί χάρτες των ανεξάρτητων συνιστωσών για κάποια σύνολα δεδομένων (datasets). Με βάση τις εικόνες αυτές θα αναλυθεί η διαδικασία επιλογής των προς απόρριψη συνιστωσών [10][12].



**Εικόνα 14 :** Οι τοπογραφικοί κρανιακοί χάρτες των διαφόρων συνιστωσών στις οποίες αναλύεται το σήμα.

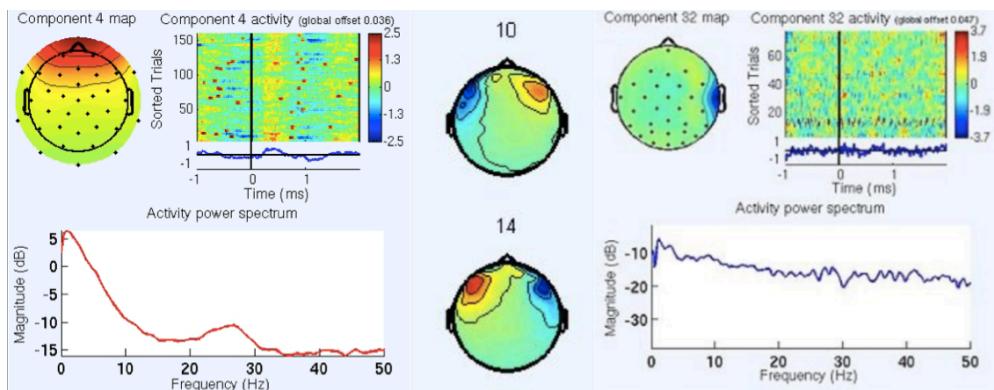
**Ανοιγοκλείσιμο των ματιών :** Στο παράδειγμα της Εικόνας 15 παρατηρείται μια χαρακτηριστική περίπτωση μιας συνιστώσας που προκαλείται από τα σφάλματα εξαιτίας του ανοιγοκλεισίματος των ματιών. Τα βασικά χαρακτηριστικά των συνιστωσών αυτού του τύπου είναι η έντονη δραστηριότητα που παρατηρείται στον κρανιακό χάρτη στο εμπρόσθιο τμήμα του κρανίου, η μεγάλη ισχύς των χαμηλών συχνοτήτων στο διάγραμμα της φασματικής ανάλυσης καθώς και η ομαλή μείωση της ισχύος του φάσματος όσο αυξάνονται οι συχνότητες.



**Εικόνα 15 :** Τρισδιάστατη αναπαράσταση μιας συνιστώσας που αντιστοιχεί σε ανοιγοκλείσιμο των ματιών (blinking).

**Σακκαδικές κινήσεις :** Οι συνιστώσες που αφορούν τις σακκαδικές κινήσεις συνήθως εμφανίζουν έντονη δραστηριότητα στη μια πλευρά του κρανίου (κόκκινο χρώμα στον κρανιακό χάρτη) και πολύ χαμηλή δραστηριότητα (μπλε χρώμα στον κρανιακό χάρτη) στην αντίθετη πλευρά. Εν γένει μοιάζουν με τις συνιστώσες που αφορούν το ανοιγοκλείσιμο των ματιών και καλό είναι να αφαιρούνται αν δεν αφορούν το συγκεκριμένο πείραμα.

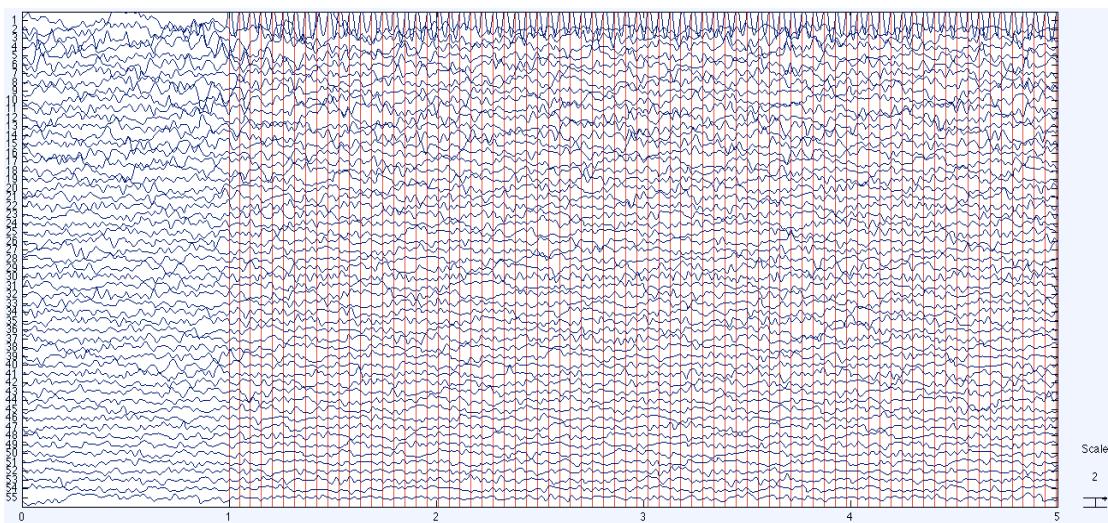
**Μνϊκές συσπάσεις :** Συνήθως παρατηρούνται σε συνιστώσες στις οποίες ο κρανιακός χάρτης παρουσιάζει χωρικά εντοπισμένη δραστηριότητα σε ένα ηλεκτρόδιο ή μια πολύ προσδιορισμένη περιοχή. Στη φασματική ανάλυση του σήματος των συνιστωσών αυτών παρατηρείται μεγάλη ισχύς στις υψηλές συχνότητες.



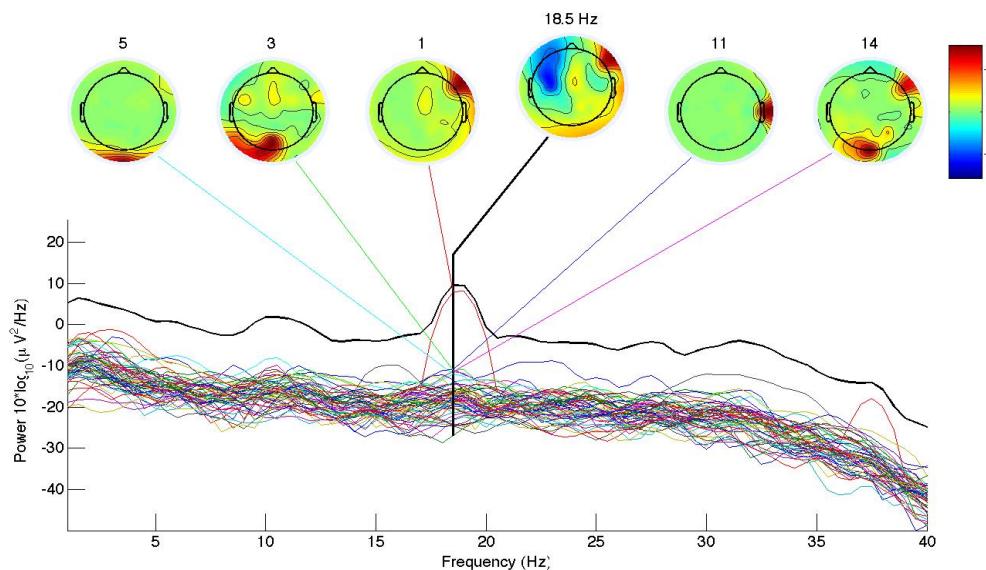
**Εικόνα 16 :** Χαρακτηριστικά παραδείγματα συνιστωσών που αντιστοιχούν σε διάφορα σφάλματα. Η συνιστώσα 4 αντιστοιχεί σε ανοιγοκλείσιμο των ματιών. Η συνιστώσα 10 και 14 σε σακκαδικές κινήσεις ενώ η συνιστώσα 32 σε μυϊκή σύσπαση.

## Απόρριψη των ανεξάρτητων συνιστωσών

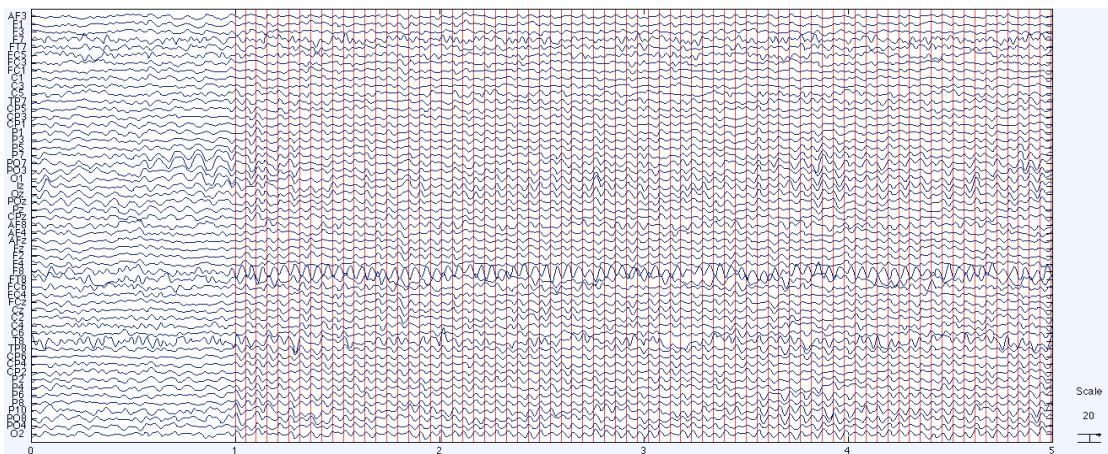
Στην Εικόνα 17, όπου απεικονίζονται οι κυματομορφές των ανεξάρτητων συνιστωσών του σήματος που αναλύθηκε, είναι εύκολο να παρατηρηθούν οι πρώτες συνιστώσες που είναι πολύ μεγαλύτερες σε πλάτος από τις υπόλοιπες. Αυτές συνήθως αφορούν το ανοιγοκλείσιμο των ματιών ή άλλα πολύ έντονα γεγονότα. Συνήθως κατά την ανάλυση οι συνιστώσες ταξινομούνται αυτόματα με βάση την ισχύ του σήματος που αντιστοιχεί στην κάθε μία, χωρίς όμως αυτό να είναι απόλυτο. Είναι χαρακτηριστική η διαφορά στο πλάτος μεταξύ των συνιστωσών και των ηλεκτροδίων. Συγκεκριμένα, ο σχεδιασμός στην Εικόνα 11 όπου εμφανίζονται οι κυματομορφές των ηλεκτροδίων η κλίμακα είναι 20 μV ενώ στην Εικόνα 17 η κλίμακα είναι 2 μV.



**Εικόνα 17 :** Οι κυματομορφές των συνιστωσών που προέκυψαν μετά την ανάλυση του σήματος με τη μέθοδο ICA. Οι κόκκινες γραμμές αντιστοιχούν στα γεγονότα.

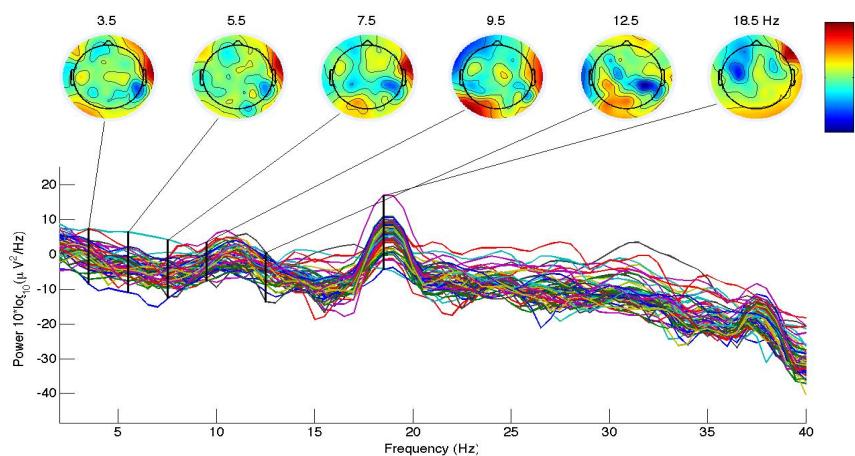


**Εικόνα 18 :** Η φασματική ανάλυση των συνιστωσών.

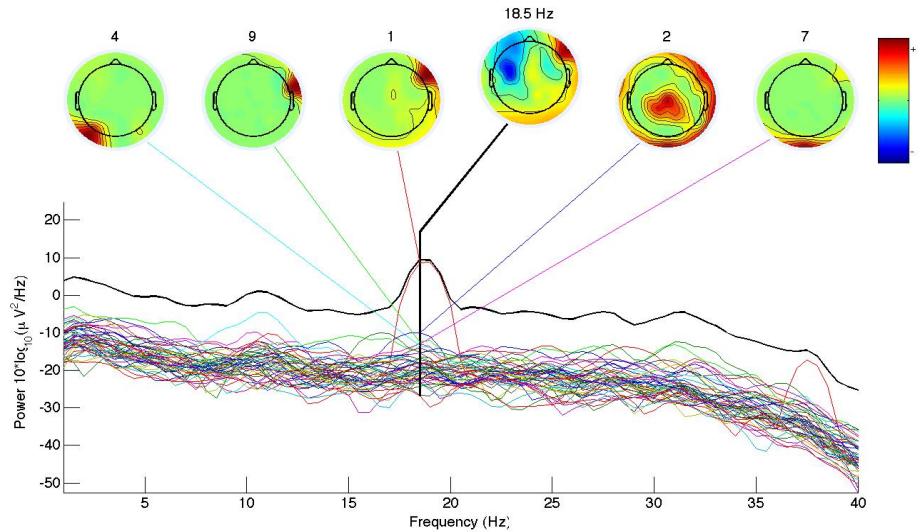


**Εικόνα 19 :** Οι κυματομορφές των ηλεκτροδίων μετά την αφαίρεση των συνιστωσών που αντιστοιχούν στα διάφορα σφάλματα.

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία που ορίστηκε παραπάνω, αφαιρούνται οι συνιστώσες που αφορούν τα διάφορα σφάλματα. Τελικά το σήμα αποκτά την τελική του μορφή με βάση την οποία θα γίνει η ανάλυση. Στην Εικόνα 19 απεικονίζονται οι κυματομορφές των ηλεκτροδίων μετά την αφαίρεση των σφαλμάτων και στην Εικόνα 20 η φασματική ανάλυση του σήματος η οποία μπορεί να συγκριθεί με τη φασματική ανάλυση της Εικόνας 13 πριν την αφαίρεση των συνιστωσών. Παράλληλα, ενδιαφέροντα συμπεράσματα μπορούν να προκύψουν από την ανάλυση των διαφορών ανάμεσα στη φασματική ανάλυση των συνιστωσών πριν την αφαίρεση των σφαλμάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 18 και στη φασματική ανάλυση των συνιστωσών μετά την αφαίρεση των συνιστωσών που αντιστοιχούν στα διάφορα σφάλματα και την εφαρμογή της ανάλυσης σε ανεξάρτητες συνιστώσες για τρίτη φορά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 21. Οι διάφορες απεικονίσεις του σήματος παρουσιάζονται για να τονιστεί η αναγκαιότητα αλλά και η σημαντική συνεισφορά της προεπεξεργασίας του σήματος και του καθαρισμού των διαφόρων σφαλμάτων πριν την ανάλυση των δεδομένων.



**Εικόνα 20 :** Η φασματική ανάλυση των καναλιών μετά την αφαίρεση των σφαλμάτων.



**Εικόνα 21 :** Η φασματική ανάλυση των συνιστωσών που προκύπτουν μετά την αφαίρεση των σφαλμάτων και την εφαρμογή της ανάλυσης σε ανεξάρτητες συνιστώσες για τρίτη φορά.

## **Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου**

1. Delorme, Arnaud, and Scott Makeig. "Eeglab: An Open Source Toolbox for Analysis of Single-Trial Eeg Dynamics Including Independent Component Analysis." *Journal of Neuroscience Methods* 134.1 (2004): 9-21.
2. Delorme, Arnaud, Terrence Sejnowski, and Scott Makeig. "Enhanced Detection of Artifacts in Eeg Data Using Higher-Order Statistics and Independent Component Analysis." *NeuroImage* 34.4 (2007): 1443-49.
3. Drongelen, Wim van. *Signal Processing for Neuroscientists: An Introduction to the Analysis of Physiological Signals*. Academic Press, 2006.
4. Klem, G H, H O Lüders et al. "The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 52 (1999): 3-6.
5. Kropotov, Juri. *Quantitative Eeg, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. Academic Press, 2008.
6. Luck, Steven J. *An Introduction to the Event-Related Potential Technique (Cognitive Neuroscience)*. The MIT Press, 2005.
7. Michel, Christoph M., Thomas Koenig et al. *Electrical Neuroimaging*. Cambridge University Press, 2009.
8. Sanei, Dr Saeid, and J. A. Chambers. *Eeg Signal Processing*. Wiley-Interscience, 2007.
9. Stone, James V. *Independent Component Analysis: A Tutorial Introduction* (Bradford Books). The MIT Press, 2004.
10. Tong, Shanbao, and Nitish V. Thakor. *Quantitative Eeg Analysis Methods and Clinical Applications (Engineering in Medicine & Biology)*. Artech House Publishers, 2009.
11. Wallisch, Pascal, Michael Lusignan et al. *Matlab for Neuroscientists: An Introduction to Scientific Computing in Matlab*. Academic Press, 2008.
12. Zhou, Weidong, Jin Zhou et al. "Removing Eye Movement and Power Line Artifacts From the Eeg Based on Ica." *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 6 (2005): 6017-20.

*Pakarena janati'ti panna.*

*Σοφία είναι το να γνωρίζει κανείς με διαφορετικούς τρόπους.*

**Atthasalini**

## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>**

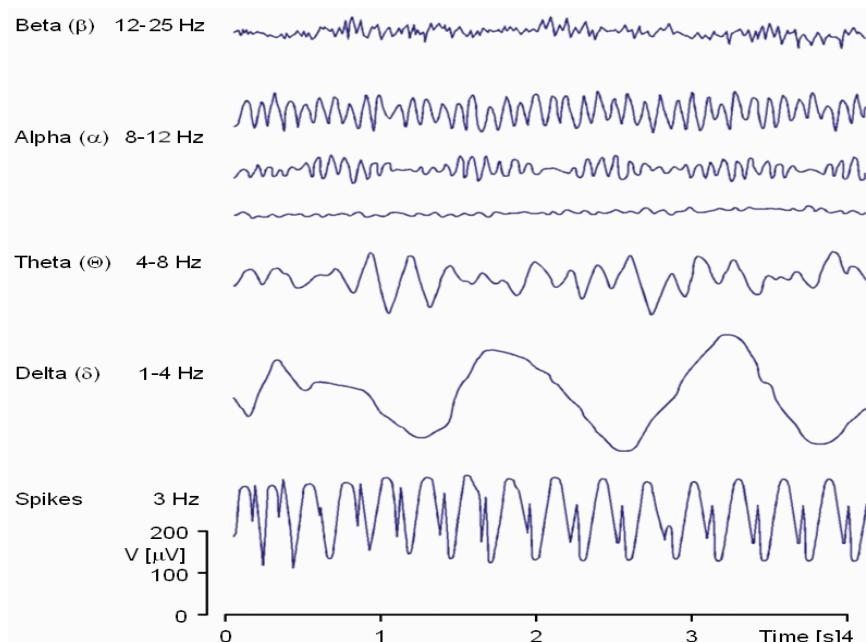
### **Αποτελέσματα και συμπεράσματα**

#### **Γενική περιγραφή της ανάλυσης**

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, κρίθηκε σκόπιμος ο διαχωρισμός των καταγραφών με βάση τη συχνότητα του εξωτερικού ερεθίσματος, όπως περιγράφεται στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η ανάλυση έγινε στα τμήματα των δεδομένων που αφορούσαν τη συχνότητα των 20 Hz. Ο λόγος επιλογής της συχνότητας αυτής έχει να κάνει με την αύξηση του αναμενόμενου πλάτους των εγκεφαλικών κυμάτων που αφορούν τις υψηλότερες συχνότητες εξωτερικού ερεθίσματος [26]. Συγκεκριμένα, όσο αυξάνει η συχνότητα του εξωτερικού οπτικού ερεθίσματος, τόσο πιο ευδιάκριτος είναι ο συγχρονισμός των εγκεφαλικών κυμάτων στη συχνότητα αυτή και τόσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος της ταλάντωσης ενώ αυξάνει και το πλάτος της ταλάντωσης της πρώτης αρμονικής και της πρώτης ημιαρμονικής της συχνότητας αυτής [15]. Παράλληλα, η συχνότητα αυτή βρίσκεται έξω από τις ζώνες συχνοτήτων στις οποίες θεωρήθηκε, με βάση προηγούμενες μελέτες, ότι είναι δυνατόν να υπάρχουν στατιστικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων καταστάσεων. Έτσι η επιλογή της συχνότητας αυτής δίνει τη δυνατότητα για την παρατήρηση των διαφορών τόσο μέσα σε μια στενή ζώνη γύρω από αυτή τη συχνότητα αλλά και στις άλλες ζώνες συχνοτήτων [14].

Στο πρώτο βήμα της ανάλυσης έγινε ο υπολογισμός της φασματικής ισχύος για κάθε ένα από τα σύνολα δεδομένων. Αυτή η ανάλυση αποτελεί και το μέτρο με βάση το οποίο διεξάγεται η στατιστική ανάλυση. Έπειτα έγινε εφαρμογή της μεθόδου ANOVA στο 2 x 2 σχεδιασμό του πειράματος για τη σύγκριση ανάμεσα στις δύο καταστάσεις (διαλογισμός ή νοητική περιπλάνηση) καθώς και ανάμεσα στις δύο ομάδες συμμετεχόντων (ομάδα διαλογιζόμενων ή ομάδα αναφοράς). Τόσο ανάμεσα στις δύο καταστάσεις όσο και ανάμεσα στις δύο ομάδες χρησιμοποιήθηκε συσχετισμένη στατιστική (paired statistics) καθώς τα σύνολα δεδομένων προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό και το πλήθος των συνόλων δεδομένων ανάμεσα στις δύο καταστάσεις ήταν το ίδιο [28].

Οι ζώνες συχνοτήτων που εξετάστηκαν είναι 1-4 Hz (κύματα δέλτα), 4-8 Hz (κύματα θήτα), 8 - 12 Hz (κύματα άλφα), 12-25 Hz (κύματα βήτα), 25-40 Hz (κύματα γάμμα) καθώς και η συχνότητα 20 Hz, η οποία αποτελεί τη συχνότητα του εξωτερικού ερεθίσματος. Τα κύματα γάμμα υπολογίστηκαν έως τα 40 Hz εξαιτίας των φίλτρων τα οποία έχουν εφαρμοστεί και καθιστούν τη μελέτη μεγαλύτερου εύρους άνευ ουσίας. Αυτές οι ζώνες συχνοτήτων αντιστοιχούν σε διαφορετικές περιοχές εγκεφαλικών σημάτων και με βάση την κατηγοριοποίηση αυτή και την παρατήρηση των στατιστικά σημαντικών διαφορών στα ηλεκτρόδια ανάμεσα στις καταστάσεις και τις ομάδες για κάθε μια από αυτές τις ζώνες εξάγονται τα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα υπολογίζονται τα ηλεκτρόδια στα οποία εμφανίζονται οι διαφορές αυτές όπως και ο τοπολογικός κρανιακός χάρτης (topological scalp map) για κάθε μια από αυτές τις ζώνες συχνοτήτων. Τα ηλεκτρόδια τα οποία εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, αναλύθηκαν περαιτέρω και έγινε στατιστική ανάλυση των χαρακτηριστικών τους [4][18].



**Εικόνα 22 :** Απεικόνιση τις ταξινόμησης των κυμάτων που παρατηρούνται κατά την εγκεφαλική λειτουργία.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων χρησιμοποιήθηκαν τόσο παραμετρικοί έλεγχοι (parametric tests) όσο και στατιστικές τυχαίων μεταθέσεων (random permutation statistics) στις οποίες η μηδενική υπόθεση (null hypothesis) είναι ότι δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των καταστάσεων. Η στατιστική σημαντικότητα εξετάστηκε με τιμές σημαντικότητα (p-values)  $p<0.01$  και  $p<0.05$  οι οποίες υπολογίζονται σε κάθε συχνότητα και για κάθε ηλεκτρόδιο [28].

Παράλληλα υπολογίστηκε η μέση τιμή (average) του φάσματος των συχνοτήτων για κάθε την κάθε κατάσταση σε κάθε ομάδα όπως και για την κάθε κατάσταση και κάθε ομάδα συνολικά και με βάση αυτό έγιναν συγκρίσεις για την ισχύ κάθε συχνότητας ανάμεσα στις ομάδες και τις καταστάσεις. Για τη διευκόλυνση των παρατηρήσεων χρησιμοποιήθηκε και η μέση τιμή των καναλιών σε κάθε συχνότητα. Επιπλέον, έγινε ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες η οποία χρησιμοποιήθηκε στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων αξιοποιώντας τις παρατηρήσεις των διαφορετικών συνιστωσών και την κατανομή αυτών [23].

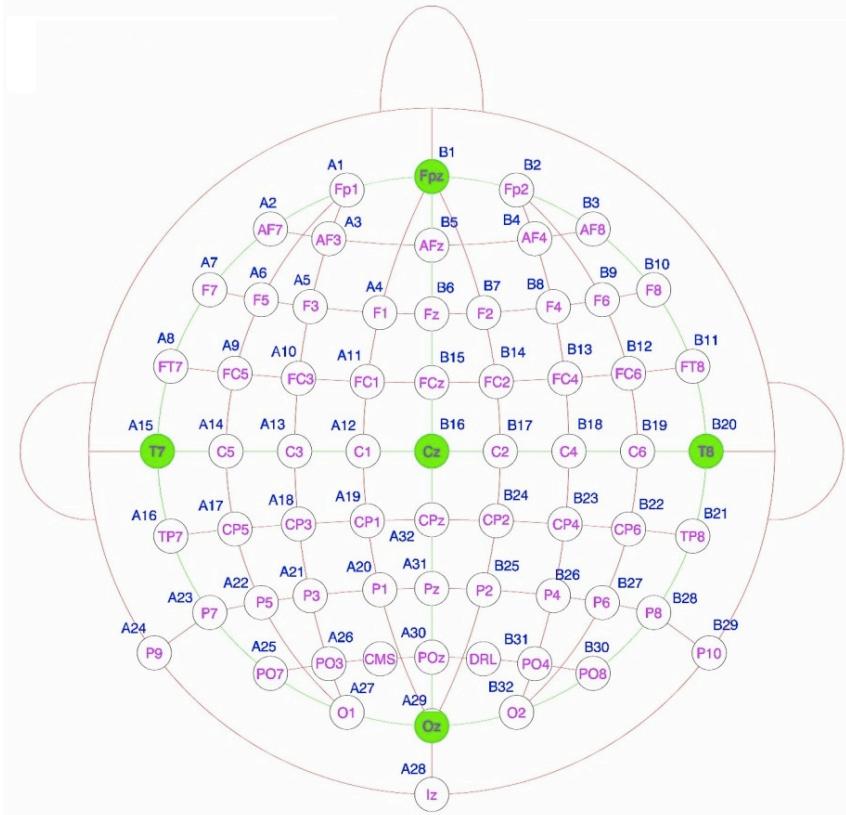
Με βάση την παραπάνω ανάλυση των δεδομένων και με αξιοποίηση της βιβλιογραφίας που αφορά τόσο παρόμοια πειράματα όσο και τη φασματική ανάλυση οπτικών προκλητών δυναμικών σταθερής κατάστασης (SSVEP) καθώς και συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από άλλες έρευνες για τις διάφορες τεχνικές διαλογισμού, εξήχθησαν τα συμπεράσματα τα οποία αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο [27].

## Ανάλυση φάσματος

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης έγινε φασματική ανάλυση και με βάση αυτήν υπολογίστηκαν οι τοπολογικοί κρανιακοί χάρτες. Η ανάλυση έγινε στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων τόσο ανάμεσα στις ομάδες όσο και στις καταστάσεις, με βάση το σχεδιασμό που επιλέχθηκε στην κάθε περίπτωση. Για τα ηλεκτρόδια στα οποία παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, εξετάστηκε η κατανομή τους και με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών έγινε η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είχε γίνει με βάση το διεθνές σύστημα 10-20. Για την εύρεση των θέσεων και των ονομάτων των ηλεκτροδίων που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές χρησιμοποιείται η απεικόνιση των θέσεων των ηλεκτροδίων σύμφωνα με το σύστημα αυτό όπως δίνεται από την εταιρία Biosemi, κατασκευάστρια του συστήματος των καταγραφών η οποία παρουσιάζεται στην Εικόνα 23.

Για την ανάλυση του φάσματος έγινε χρήση του συνόλου των δεδομένων (100%) για την εξασφάλιση της παρατήρησης όλων των χαρακτηριστικών του σήματος καθώς παρατηρήθηκε σημαντική σε ορισμένες περιπτώσεις διαφοροποίηση του σήματος στην περίπτωση της χρήσης μικρότερου ποσοστού των δεδομένων κατά τον υπολογισμό του φάσματος.



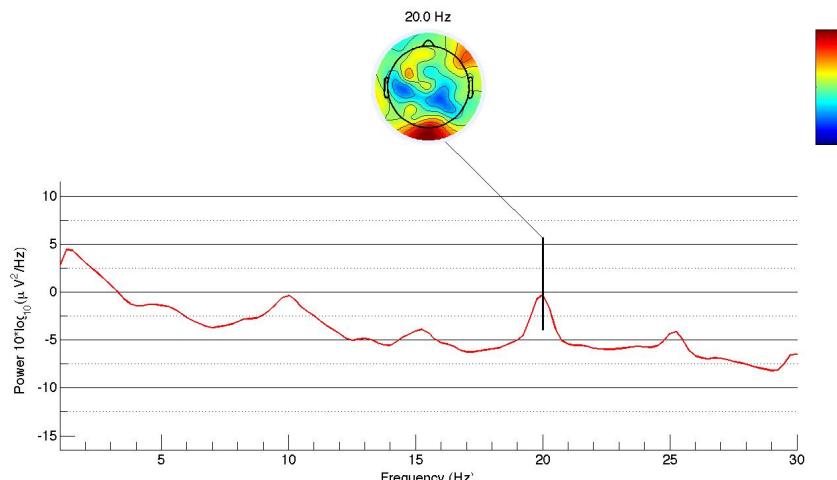
**Εικόνα 23 :** Οι θέσεις των ηλεκτροδίων σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10 – 20.

Για τον υπολογισμό των στατιστικών διαφορών ανάμεσα στα σύνολα δεδομένων έγινε παρεμβολή (interpolation) των ηλεκτροδίων που είχαν αφαιρεθεί κατά τη διαδικασία του καθαρισμού των δεδομένων. Η παρεμβολή είναι σφαιρικού τύπου (spherical interpolation) και η εκτέλεση της είναι χρήσιμη πριν τη στατιστική σύγκριση ώστε τα σύνολα δεδομένων να έχουν το ίδιο πλήθος ηλεκτροδίων. Στα πλαίσια της ανάλυσης έγιναν δοκιμές τόσο με τη χρήση παρεμβολής, όσο και απουσία αυτής και αποφασίστηκε η επιλογή της χρήσης της καθώς οδηγούσε σε ορθότερα και ασφαλέστερα αποτελέσματα.

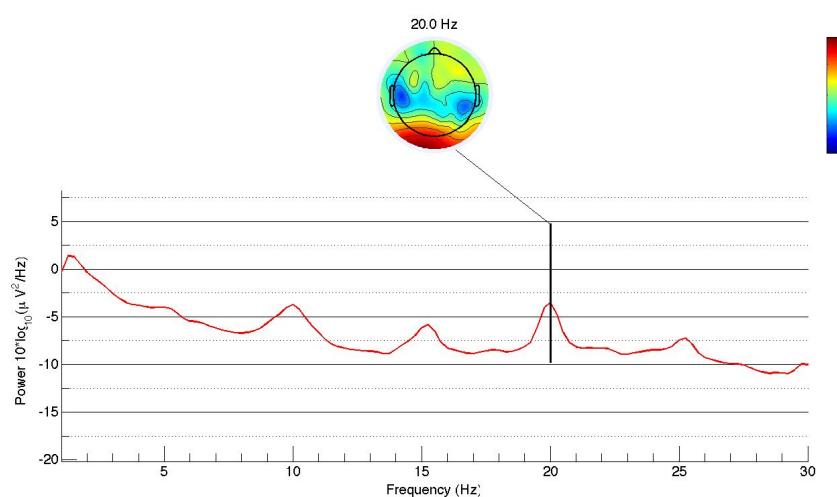
Επιπλέον, πριν τη στατιστική σύγκριση γίνεται σε κάθε σύνολο δεδομένων η αφαίρεση του μέσου φάσματος όλων των καναλιών του συνόλου αυτού. Αυτό γίνεται για να εξαλειφθούν, οι πολλές φορές μεγάλες, διαφορές στη συνολική ένταση κάθε συχνότητας ανάμεσα στα σήματα. Μετά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, εξαλείφονται οι πολύ μεγάλες διαφορές στην ένταση ανάμεσα στα σύνολα δεδομένων που δεν οφείλονται στις πραγματικές διαφορές εξαιτίας του πειράματος. Για το σχεδιασμό και τη στατιστική ανάλυση του σήματος γίνεται ο υπολογισμός της ρίζας της μέσης τετραγωνικής τιμής (root mean square - RMS) του σήματος σε κάθε κανάλι.

## Ανάλυση των μέσων φασμάτων

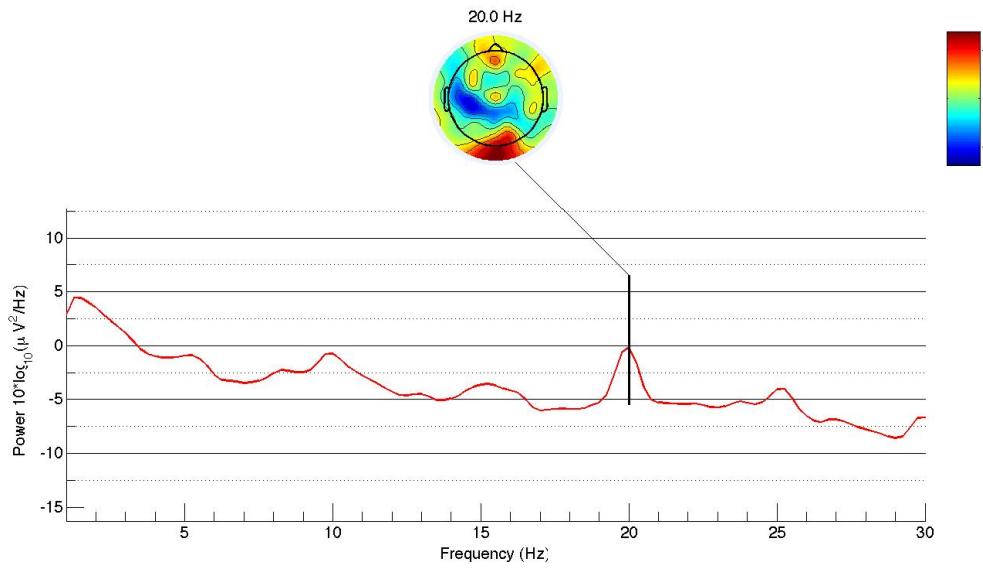
Κατά την ανάλυση των μέσων φασμάτων (average spectra analysis) υπολογίζεται η μέση τιμή της ισχύος κάθε συχνότητας για κάθε κανάλι, ανάμεσα στις διάφορες ομάδες δεδομένων η σύγκριση των οποίων επιδιώκεται. Με αυτό τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η παρατήρηση των χαρακτηριστικών των καναλιών σε κάθε συχνότητα, ενώ παράλληλα υπολογίζεται και η μέση τιμή των καναλιών (channel mean) σε κάθε συχνότητα και για κάθε ομάδα δεδομένων. Με αυτή την ανάλυση χάνεται η χωρική πληροφορία των δεδομένων που αφορά την ενεργοποίηση κάθε καναλιού προκειμένου να διευκολυνθεί η σύγκριση της κάθε ομάδας δεδομένων με βάση την ποσοτικοποίηση και την έκφραση της ισχύος κάθε συχνότητας με έναν αριθμό. Στα γραφήματα που παρουσιάζονται παρακάτω χρησιμοποιήθηκε η χωρική κατανομή των συχνοτήτων όπως υπολογίζεται πριν τον υπολογισμό της μέσης τιμής των καναλιών (channel mean) για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.



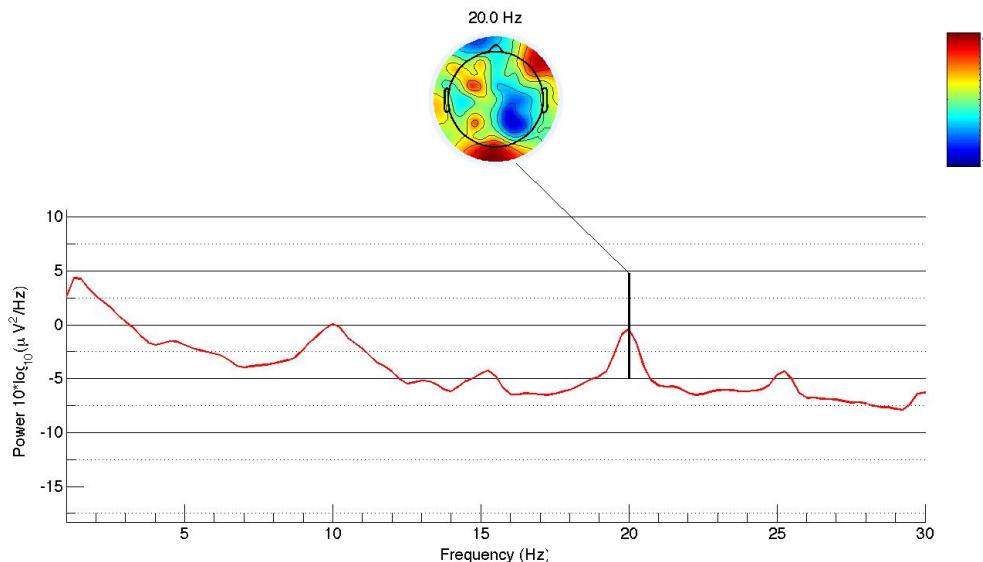
**Εικόνα 24 :** Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας αναφοράς.



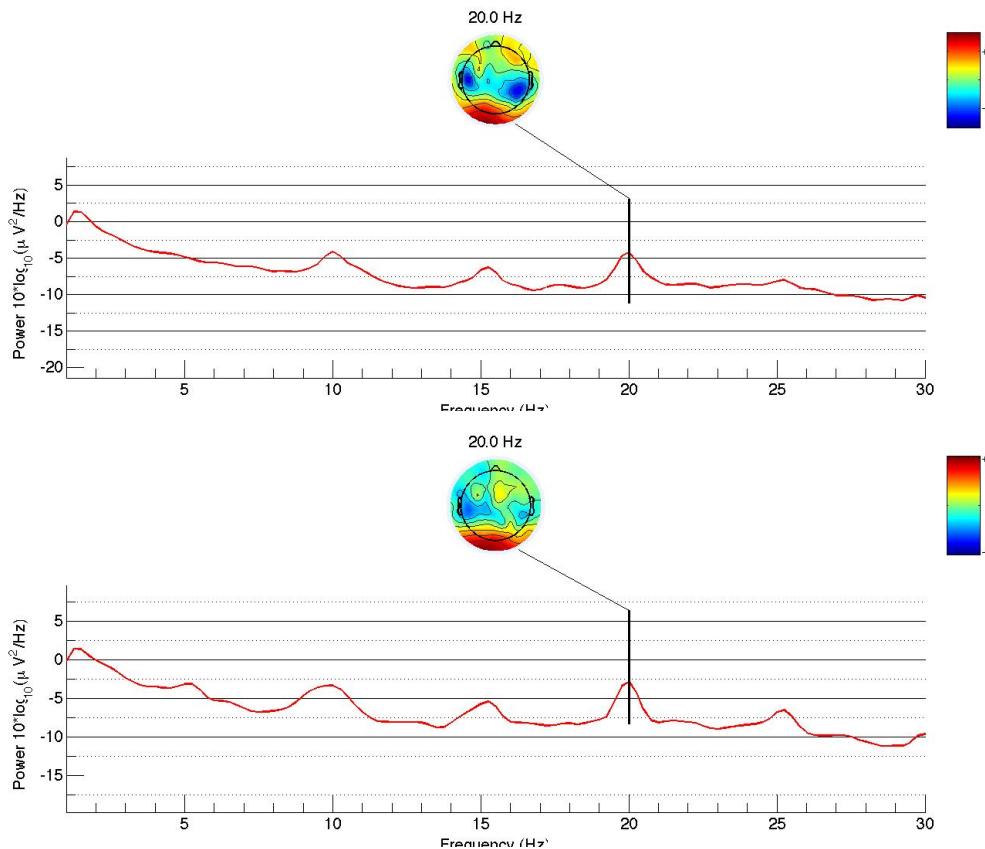
**Εικόνα 25 :** Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας διαλογισμού.



**Εικόνα 26 :** Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας αναφοράς στην κατάσταση συγκέντρωσης.



**Εικόνα 27 :** Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας αναφοράς στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης.

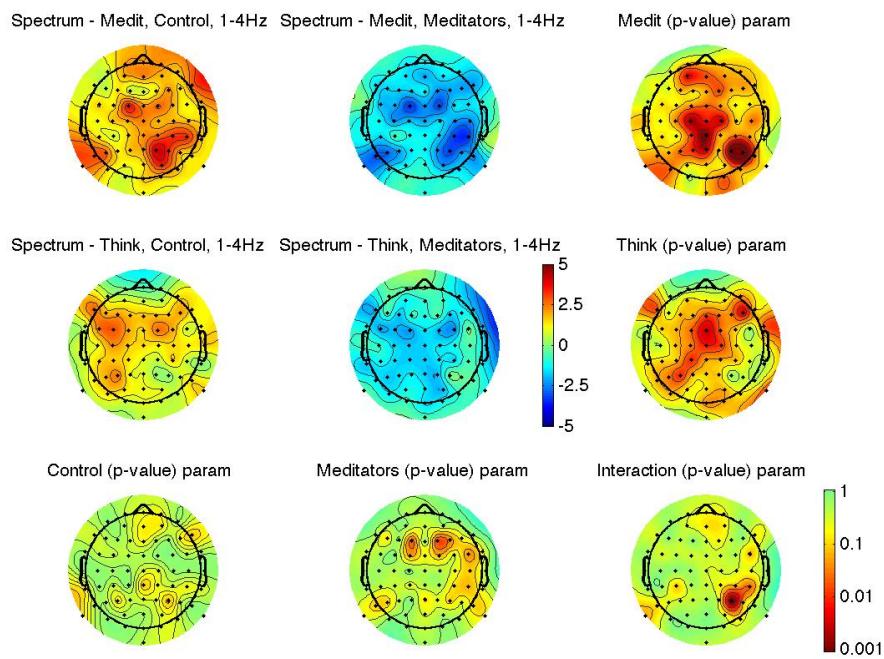


**Εικόνα 28 :** Η μέση τιμή όλων των ηλεκτροδίων του μέσου φάσματος των συμμετεχόντων της ομάδας διαλογισμού στην κατάσταση διαλογισμού (πάνω) και στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης (κάτω).

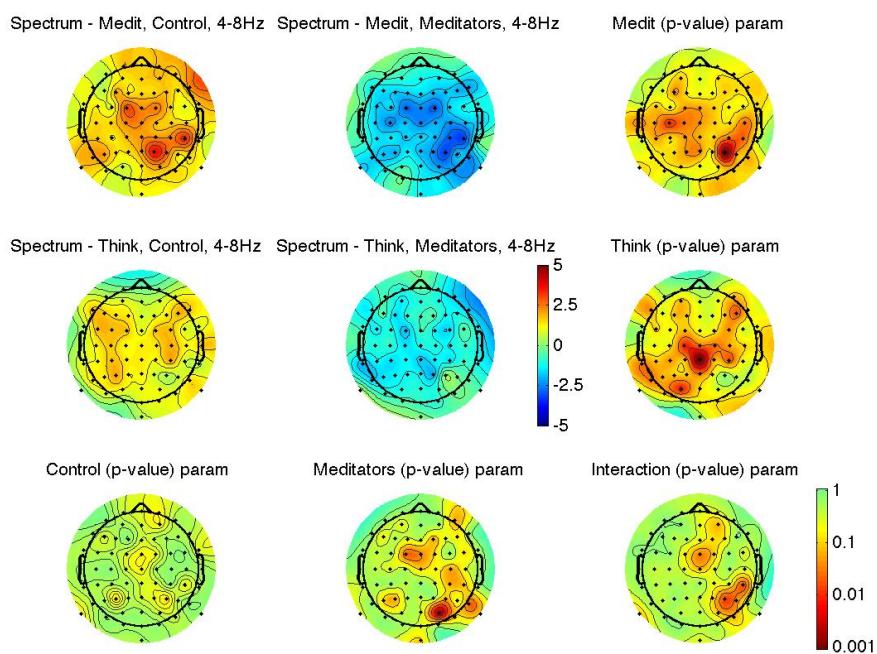
## Εύρεση στατιστικών διαφορών μεταξύ σχεδιασμών

Στην περίπτωση αυτή διεξήχθη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος t (t-test) με τιμές στατιστικής σημαντικότητας  $p < 0.01$  και  $p < 0.05$  για την εξαγωγή των συμπερασμάτων, ενώ στην περίπτωση των  $2 \times 2$  σχεδιασμών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ANOVA. Παράλληλα χρησιμοποιήθηκαν και μη παραμετρικοί στατιστικοί έλεγχοι με τη μέθοδο των τυχαίων μεταθέσεων. Η στατιστική σημαντικότητα που χρησιμοποιήθηκε και σε αυτή την περίπτωση για την εξαγωγή των συμπερασμάτων ήταν και πάλι  $p < 0.01$  και  $p < 0.05$  [28]. Τελικά υπολογίστηκε ο  $2 \times 2$  σχεδιασμός ανάμεσα στις δύο καταστάσεις και τις δύο ομάδες και ο  $1 \times 2$  σχεδιασμός ανάμεσα στις δύο ομάδες ανεξαρτήτως της κατάστασης. Για τον κάθε σχεδιασμό έγινε η στατιστική ανάλυση κάθε ζώνης συχνοτήτων που αφορά το πείραμα, όπως περιγράφεται παραπάνω.

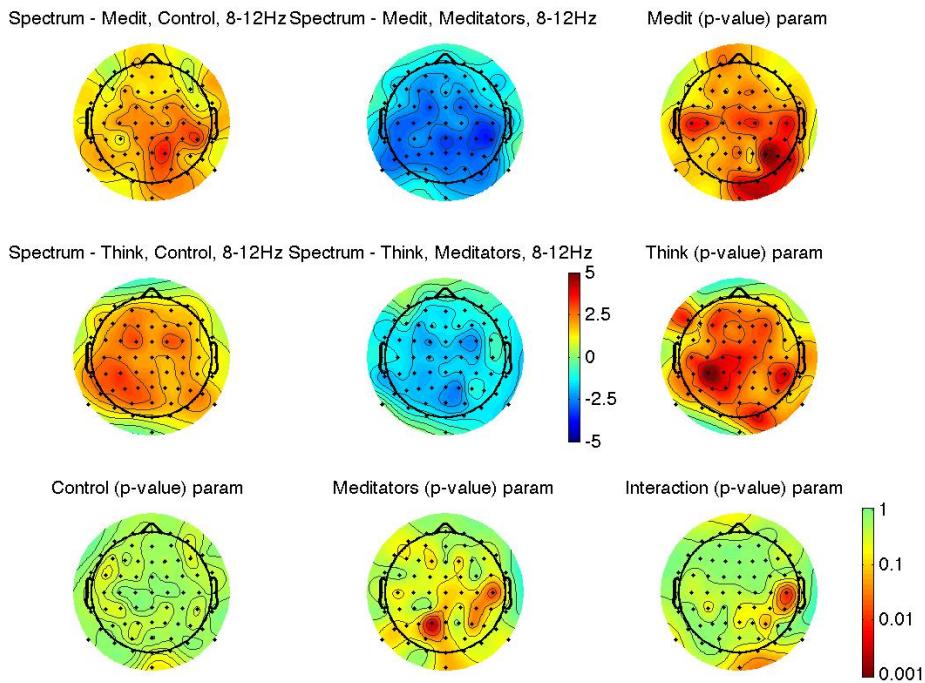
## 2 x 2 ANOVA ανάμεσα στις δύο καταστάσεις και τις δύο ομάδες



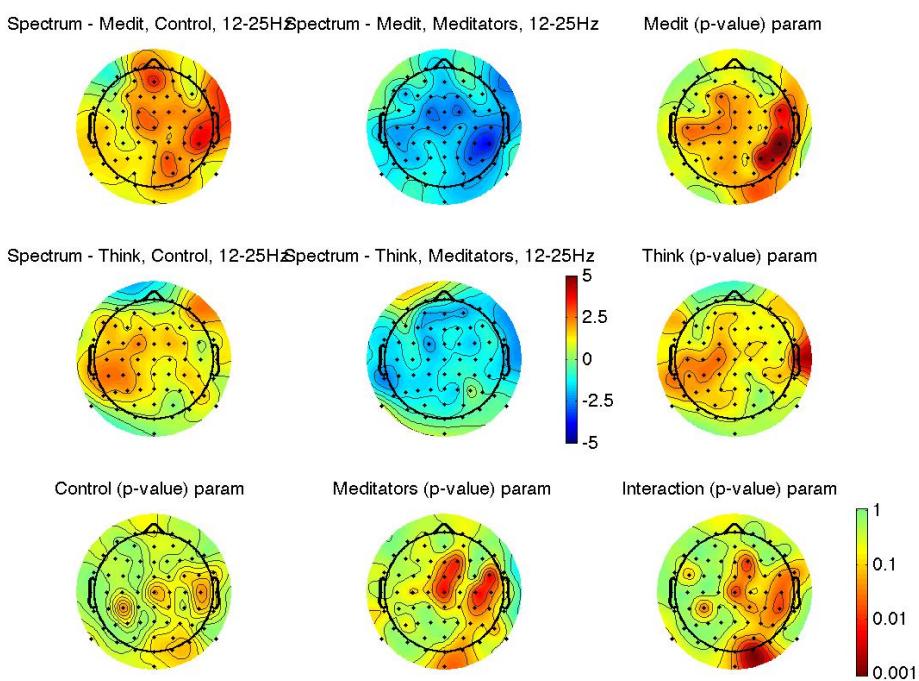
**Εικόνα 29 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 1 - 4 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα.



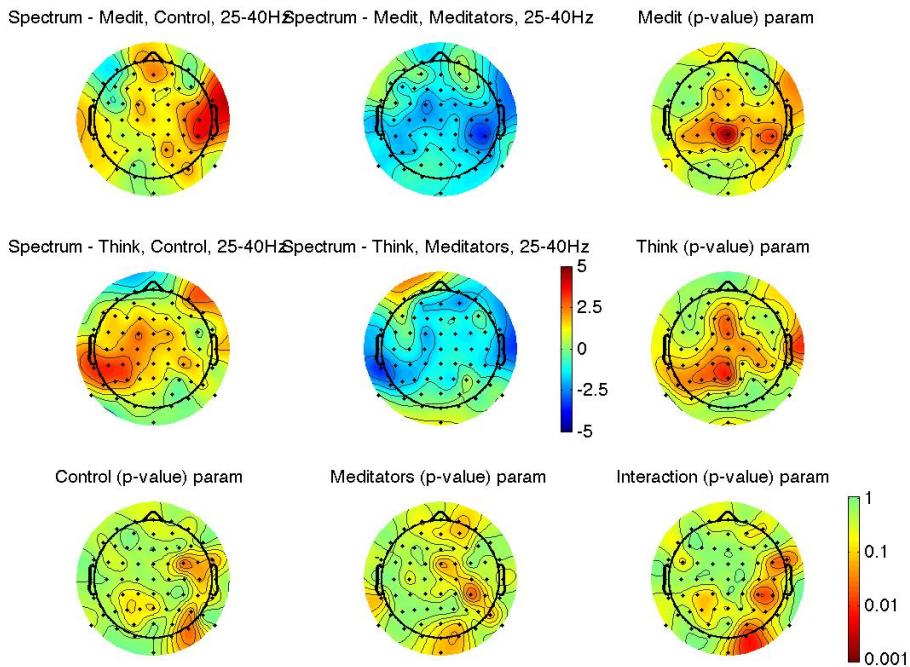
**Εικόνα 30 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 4 - 8 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα.



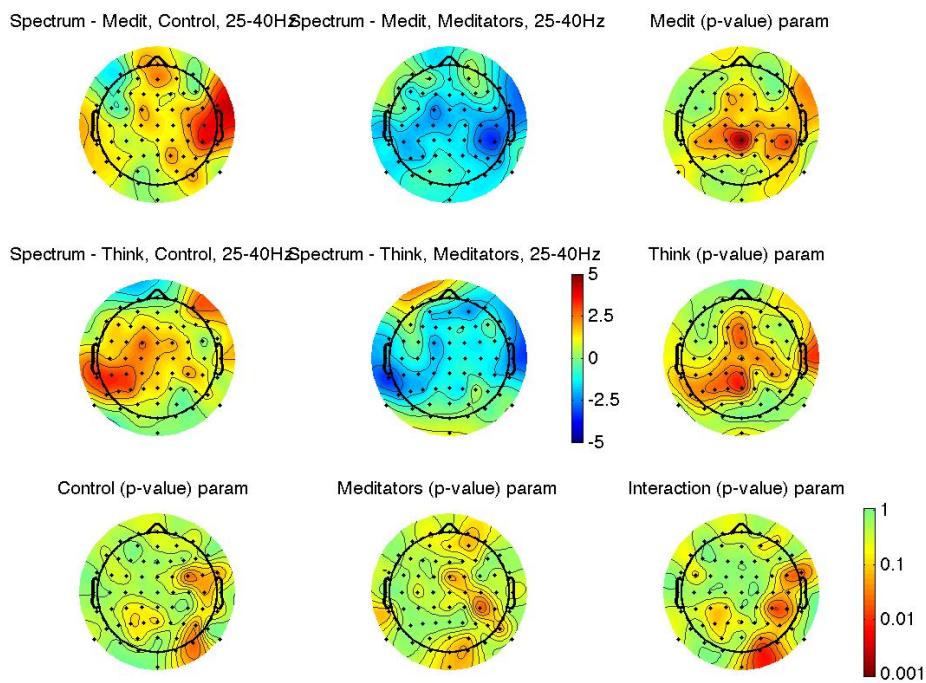
**Εικόνα 31 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 8 - 12 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα.



**Εικόνα 32 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 12 - 25 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα.

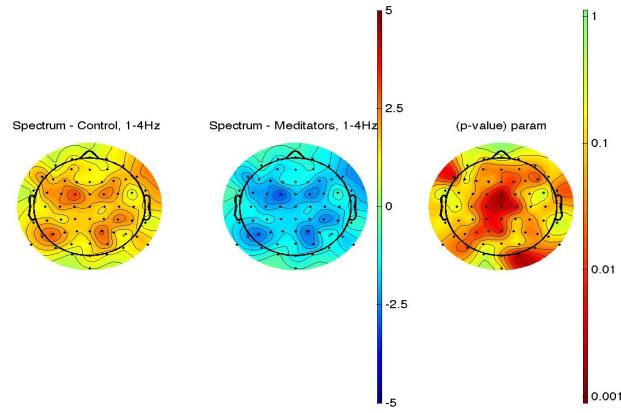


**Εικόνα 33 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 25 - 40 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα.

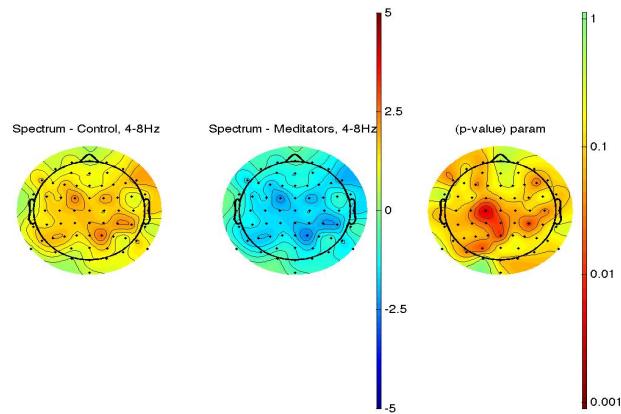


**Εικόνα 34 :** Ανάλυση της συχνότητας του εξωτερικού ερεθίσματος στα 20 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  για κάθε σύγκριση, τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες για κάθε κατάσταση όσο και ανάμεσα στις δύο καταστάσεις για κάθε ομάδα.

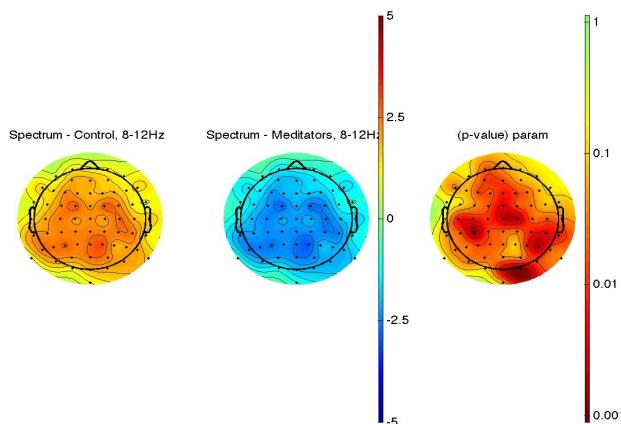
## Παραμετρικός έλεγχος ανάμεσα στις δύο ομάδες



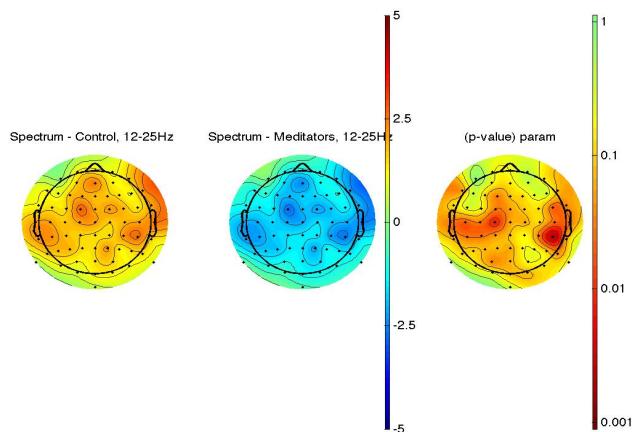
**Εικόνα 35 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 1 - 4 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών p ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις.



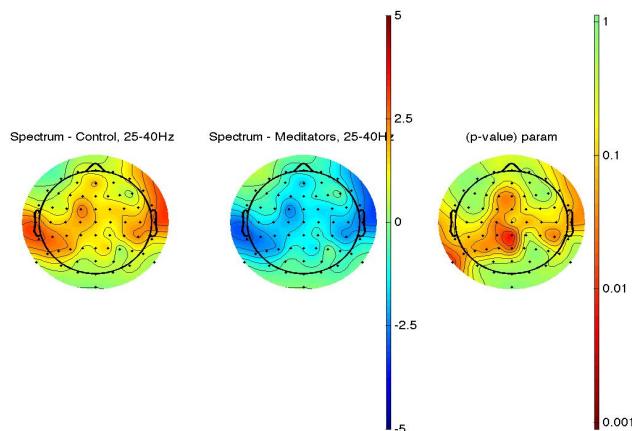
**Εικόνα 36 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 4 - 8 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών p ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις.



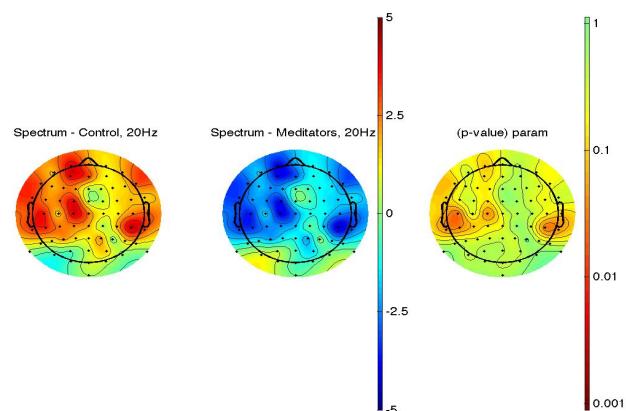
**Εικόνα 37 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 8 - 12 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών p ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις.



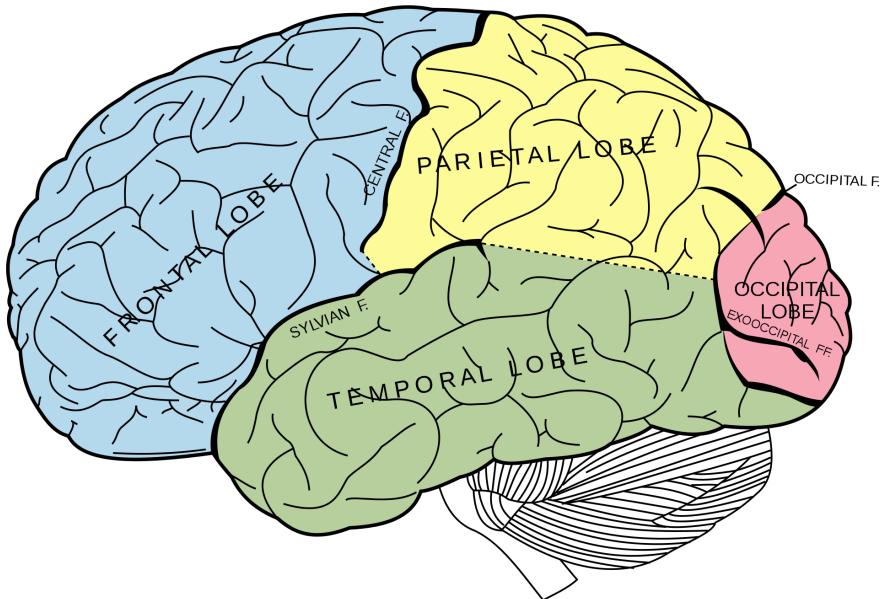
**Εικόνα 38 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 12 - 25 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις.



**Εικόνα 39 :** Ανάλυση της ζώνης συχνοτήτων 25 - 40 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις.



**Εικόνα 40 :** Ανάλυση της συχνότητας του εξωτερικού ερεθίσματος στα 20 Hz και σχεδιασμός των υπολογιζόμενων τιμών  $p$  ανάμεσα στις δύο ομάδες και για τις δύο καταστάσεις.



**Εικόνα 41 :** Σχηματική παρουσίαση των εγκεφαλικών λοβών σύμφωνα με το βιβλίο ανατομίας του Gray.

## Συμπεράσματα

Με βάση τους παραπάνω στατιστικούς ελέγχους έγινε επιλογή των ηλεκτροδίων που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάθε σχεδιασμό. Η στατιστική σημαντικότητα που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις για την εξαγωγή των συμπερασμάτων ήταν  $p<0.01$  και  $p<0.05$ . Τα ηλεκτρόδια αυτά εξετάστηκαν περαιτέρω και συνδυάζοντας τις παρατηρήσεις έγινε η επιλογή των περιοχών που παρουσιάζουν διαφοροποίηση στην κάθε ζώνη συχνοτήτων. Η αποτελεσματικότητα του συγχρονισμού (entrainment) της εγκεφαλικής δραστηριότητας με το εξωτερικό ερέθισμα επηρεάζεται τόσο από τη συχνότητα και την ένταση του ερεθίσματος, όσο και από τη δομή (σχήμα, χρώμα) του ερεθίσματος. Οι ιδιότητες αυτές τροποποιούν το πλάτος της ταλάντωσης και κατ' επέκταση την ισχύ της συχνότητας αλλά και τη φάση (phase) της ταλάντωσης. Οι αξονικές συνάψεις ανάμεσα στους νευρώνες έχουν ορισμένα χρονικά χαρακτηριστικά και σαν αποτέλεσμα αυτών η διαδοχική μετάδοση της κορυφής που ακολουθεί κάθε εκφόρτιση γίνεται με τον ίδιο ρυθμό. Αυτό πιθανόν και να αποτελεί ένα τμήμα της νευροφυσιολογικής εξήγησης για την επιλεκτικότητα που παρουσιάζει ο ανθρώπινος εγκέφαλος αναφορικά με την ένταση της ταλάντωσης για κάθε συχνότητα και την ανομοιομορφία στην αντίδραση για κάθε μια από αυτές. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί ο εξαιρετικά εντονότερος συγχρονισμός του οπτικού φλοιού σε συγκεκριμένες συχνότητες και η διαφορά που παρουσιάζει η ένταση της δραστηριότητας αυτής σε σύγκριση με άλλες. Οι συχνότητες 10 Hz, 20 Hz, 40 Hz και 80 Hz αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα του φαινομένου αυτού [14][15][30][26].

Χρησιμοποιώντας τόσο τη φασματική ανάλυση των συνόλων δεδομένων όσο και τη φασματική ανάλυση των μέσων είναι χαρακτηριστική η ύπαρξη μιας κορυφής (peak) στη συχνότητα ερεθισμού. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να υπολογιστεί με ακρίβεια η εξωτερική συχνότητα ειδικά στην περίπτωση της φασματικής ανάλυσης ενός συνόλου δεδομένων. Συγκεκριμένα, είναι δυνατός ο διαχωρισμός ανάμεσα σε δύο εξωτερικές συχνότητες που διαφέρουν κατά 0.2 Hz. Στα πειράματα αυτού του τύπου είναι χαρακτηριστική η ενίσχυση των αρμονικών της συχνότητας του ερεθίσματος. Ειδικά οι δύο πρώτες αρμονικές είναι σχεδόν πάντα ευδιάκριτες. Η ύπαρξη των ανώτερων αρμονικών στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υποδεικνύει κάποια ρυθμική δραστηριότητα κάποιας περιοχής του εγκεφάλου σε αυτή τη συχνότητα αλλά είναι αποτέλεσμα των επικαλυπτόμενων αποκρίσεων στην κύρια συχνότητα ερεθισμού. Συνήθως είναι καθαρά κυματικής φύσης και δεν παρέχουν κάποια συγκεκριμένη πληροφορία για την εγκεφαλική δραστηριότητα, χωρίς όμως αυτό να αποκλείεται. Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό που παρουσιάζουν ορισμένες συχνότητες είναι η ενίσχυση των υποαρμονικών (subharmonic). Αυτό είναι πιθανό να προκαλείται από την εικαζόμενη μη γραμμικότητα της λειτουργίας των νευροφυσιολογικών συνιστώσων που ενεργοποιούνται. Στην προκειμένη περίπτωση είναι εύκολα παρατηρήσιμη στα διαγράμματα των μέσων φασμάτων η ενίσχυση τόσο της συχνότητας του εξωτερικού ερεθίσματος στα 20 Hz όσο και της υποαρμονικής αυτής στα 10 Hz. Συγκεκριμένα η συχνότητα εξωτερικού ερεθίσματος 20 Hz παρουσιάζει μια πολύ έντονη ενίσχυση της πρώτης υποαρμονικής της στα 10 Hz. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται όπως είναι αναμενόμενο σε όλες τις καταστάσεις και σε όλες τις ομάδες [10][15][20].

Συνολικά παρατηρείται μια σημαντική διαφορά στην ισχύ όλων των συχνοτήτων μεταξύ των δύο ομάδων. Στην περίπτωση της ομάδας αναφοράς παρατηρείται θετική μετατόπιση της ισχύος όλων των συχνοτήτων κατά 3 dB. Καθώς οι τιμές που χρησιμοποιούνται στη σύγκριση αυτή αποτελούν το μέσο όρο των καταγραφών για τα μέλη της κάθε ομάδας και έχει γίνει κατά την προεπεξεργασία αφαίρεση της μέσης τιμής των καναλιών, εικάζεται ότι αυτή η διαφοροποίηση αφορά εγγενή χαρακτηριστικά των καταγραφών. Ακόμα, παρατηρήθηκαν πολύ έντονότερα σφάλματα εξαιτίας του ανοιγοκλεισμάτος και της κίνησης των ματιών τόσο κατά τον καθαρισμό όσο και κατά την ανάλυση, καθώς ο συσχετισμός της δραστηριότητας στη συχνότητα των 20 Hz με τις περιοχές που παρουσιάζονται τα σφάλματα αυτά κατέστησε δύσκολη την ολοκληρωτική εξάλειψη τους. Αυτό εκφράζεται και στην έντονότερη δραστηριότητα στις χαμηλές συχνότητες. Επιπλέον η συνολικά αυξημένη ένταση της ζώνης συχνοτήτων άλφα (8 - 12 Hz) υποδηλώνει την αυξημένη υπνηλία που παρατηρείται στην ομάδα αναφοράς. Η εμπειρία σε συνθήκες ακινησίας και χαλαρότητας των διαλογιζόμενων θεωρείται ο βασικός παράγοντας στην προκειμένη περίπτωση για τη διαφοροποίηση αυτή [3][6].

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που μπορεί να παρατηρηθεί στη φασματική ανάλυση των δύο ομάδων αποτελεί η μεγαλύτερη διαφοροποίηση στη συνολική ισχύ των συχνοτήτων που παρατηρείται ανάμεσα στις καταστάσεις στην ομάδα των διαλογιζόμενων. Αυτό πιθανόν να αποτελεί ένδειξη της αποτελεσματικότερης άσκησης στην κατάσταση του διαλογισμού σε σχέση με την ομάδα αναφοράς και συμφωνεί με τις υπόλοιπες παρατηρήσεις. Στην περίπτωση της ομάδας διαλογισμού, παρατηρήθηκε ακόμα ενίσχυση τόσο της συχνότητας των 20 Hz όσο και αυτής των 10 Hz όταν είχε προηγηθεί η κατάσταση νοητικής περιπλάνησης [19].

Η στατιστική σύγκριση ανάμεσα στις δύο καταστάσεις και τις δύο ομάδες και η ανάλυση των συγκρίσεων αυτών με βάση τη ζώνη συχνοτήτων που αφορούν, επιτρέπει την παρατήρηση των αποτελεσμάτων των εγκεφαλικών διεργασιών και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που έχουν παρατηρηθεί σε παρόμοιες μελέτες. Τα παρακάτω συμπεράσματα εξάγονται βασιζόμενα στις υπάρχουσες έρευνες πάνω στο ζήτημα του διαλογισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή είναι η πρώτη μελέτη που γίνεται στο συγκεκριμένο είδος διαλογισμού (yoga σύμφωνα με την παράδοση των Ιμαλαΐων) με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα επισφαλής η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη βιβλιογραφία και η εξαγωγή κάποιου σαφούς και ασφαλούς συμπεράσματος καθώς ο διαλογισμός σύμφωνα με αυτή την παράδοση συνδυάζει στοιχεία πολλών ξένων μεταξύ τους τεχνικών διαλογισμού. Οι έρευνες για τις νευρωνικές συνιστώσες άλλων τεχνικών διαλογισμού με χρήση οπτικών προκλητών δυναμικών σταθερής κατάστασης είναι ελάχιστες. Παράλληλα οι έρευνες που αφορούν τις άλλες τεχνικές και παραδόσεις, δεν κάνουν χρήση των οπτικών προκλητών δυναμικών σταθερής κατάστασης και επικεντρώνονται σε άλλα χαρακτηριστικά του σήματος, καθώς τα SSVEPs προκαλούν το συγχρονισμό στη συχνότητα του ερεθίσματος και κατά συνέπεια είναι δυνατόν να υπερκαλύψουν και να αποκρύψουν την ύπαρξη άλλων, λιγότερο έντονων χαρακτηριστικών.

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα οπτικά προκλητά δυναμικά για την παρατήρηση των διαφορών στο συγχρονισμό με το εξωτερικό ερέθισμα. Οι διαφορές αυτές είναι δυνατόν να προκαλούνται τόσο εξαιτίας βραχυπρόθεσμων αλλαγών κατάστασης (state changes) όσο και μακροπρόθεσμων αλλαγών στη δομή και τη λειτουργία του εγκεφάλου (trait changes). Παρακάτω αναφέρονται τόσο οι παρατηρήσεις για τις διάφορες συχνότητες όσο και τα βασικά αποτελέσματα και από τα δύο πεδία έρευνας, που αφορούν και τα οπτικά προκλητά δυναμικά και τις διάφορες τεχνικές διαλογισμού. Παράλληλα έγινε προσπάθεια για την επιλογή των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων από τη βιβλιογραφία τα οποία με σχετική ασφάλεια εικάζεται ότι ισχύουν και σε αυτές τις συνθήκες [2][11][12][16][25].

### **Λέλτα (4 - 8 Hz) :**

Ανάμεσα στις δύο ομάδες στην κατάσταση του διαλογισμού παρατηρείται έντονη ενεργοποίηση στα κεντρικά ηλεκτρόδια (central electrodes) με στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p<0.01$ ) να παρατηρείται στα ηλεκτρόδια Cz, C1, C2, Cpz, Pz, P1, P4, P6, ενώ στην περίπτωση της νοητικής περιπλάνησης στα ηλεκτρόδια Cz, FCz, CP1. Συνολικά παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες στα ηλεκτρόδια Cz, FCz, C1, C2, CP1, Pz. Η παρουσία ρυθμών δέλτα συνδέθηκε πρόσφατα με το διαλογισμό σε περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκε αύξηση των ρυθμών στην περίπτωση διαλογισμού στα εμπρόσθια (frontal) ηλεκτρόδια. Η ύπαρξη των ρυθμών αυτών εικάζεται ότι υποδηλώνει την αναστολή της λειτουργίας συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου [6][7][21].

### **Θήτα (4 - 8 Hz) :**

Κατά την κατάσταση διαλογισμού παρατηρήθηκε μια κεντρική (central) κατανομή των ρυθμών θήτα, χωρίς να παρατηρηθεί όμως κάποια έντονη διαφορά μεταξύ των καταστάσεων ή των ομάδων. Η αύξηση των ρυθμών θήτα συνδέεται με την ενίσχυση των μηχανισμών της προσοχής και έχει εντοπιστεί σύνδεση της έντονης εμπρόσθιας αύξησης των ρυθμών θήτα σε καταστάσεις διαλογισμού με συγκέντρωση της προσοχής [1][8][13][21].

### **Άλφα (8 - 12 Hz) :**

Παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων και στις δύο καταστάσεις. Στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p<0.01$ ) υπολογίζονται στην περίπτωση της κατάστασης διαλογισμού στα πίσω δεξιά ηλεκτρόδια ενώ στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης τα στατιστικά σημαντικά ηλεκτρόδια μετατοπίζονται αριστερά και πίσω. Η αύξηση των ρυθμών άλφα συνδέεται με την υπνηλία και την κούραση και η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ των ομάδων είναι χαρακτηριστική των ομάδων αναφοράς στα πειράματα που αφορούν το διαλογισμό. Οι διαλογιζόμενοι με μεγάλη εμπειρία εικάζεται ότι κλείνοντας τα μάτια, μπαίνουν ευκολότερα σε μια κατάσταση ημι-διαλογισμού και μπορούν ευκολότερα να διατηρηθούν στο στάδιο αυτό χωρίς να ξεφύγουν προς καταστάσεις ύπνου [5][9][20][29].

### **Βήτα (12 - 25 Hz) :**

Παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p<0.01$ ) στα ηλεκτρόδια FT8, T8, TP8, P8 και P6 μεταξύ των δύο ομάδων στην περίπτωση που έχει προηγηθεί διαλογισμός. Παράλληλα παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στα ηλεκτρόδια Cz, C4, FC6 μεταξύ των δύο καταστάσεων στην ομάδα διαλογισμού.

### **Γάμμα (25 - 40 Hz) :**

Παρατηρούνται κεντρικές (central) στατιστικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στα ηλεκτρόδια C1, CPz, CP1, CP3, C2, CP4, CP6 με στατιστική σημαντικότητα  $p < 0.05$  στην κατάσταση διαλογισμού και στα ηλεκτρόδια FCz, Fz, C2, CPz, Pz, CP1, CP3, P1, P3, P5 και P7 με στατιστική σημαντικότητα  $p < 0.05$  στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης. Η δραστηριότητα σε αυτές τις υψηλές συχνότητες έχει συνδεθεί με διάφορες πτυχές της αντίληψης και των προσωρινών περιεχομένων της συνειδητότητας [6][17][22][24].

### **Συχνότητα εξωτερικού ερεθίσματος 20 Hz :**

Στη συχνότητα του εξωτερικού ερεθίσματος όπως είναι αναμενόμενο παρατηρείται η πιο έντονη ενεργοποίηση. Στην ομάδα διαλογισμού παρατηρείται μείωση της ενεργοποίησης στα πίσω ηλεκτρόδια (occipital electrodes) στην κατάσταση που έχει προηγηθεί διαλογισμός. Επιπλέον παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0.01$ ) στα ηλεκτρόδια TP8 και P8 στην κατάσταση διαλογισμού μεταξύ των δύο ομάδων και στο ηλεκτρόδιο TP7 στην κατάσταση νοητικής περιπλάνησης.

## **Επίλογος**

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα και τα αποτελέσματα άλλων ερευνών σε παρόμοια ζητήματα, είναι σαφής η ύπαρξη τόσο βραχυπρόθεσμων όσο και μακροπρόθεσμων επιδράσεων του διαλογισμού στον ανθρώπινο εγκέφαλο και τη λειτουργία του. Η παρατήρηση διαφορών τόσο ανάμεσα στις δύο καταστάσεις εν γένει αλλά και ειδικότερα η εμφανής αποτελεσματικότητα στο διαλογισμό των έμπειρων διαλογιζόμενων σε σχέση με την ομάδα αναφοράς, αποτελεί μια ακόμη πειραματική απόδειξη της εμπειρικής γνώσης για το ζήτημα αυτό και για τη σημασία που έχει η καθημερινή άσκηση στο διαλογισμό.

## Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου

1. Baijal, S, and N Srinivasan. "Theta Activity and Meditative States: Spectral Changes During Concentrative Meditation." *Cogn Process* (2010)
2. Banquet, J P. "Spectral Analysis of the Eeg in Meditation." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 35.2 (1973): 143-51.
3. Braboszcz, Claire, and Arnaud Delorme. "Lost in Thoughts: Neural Markers of Low Alertness During Mind Wandering." *Neuroimage* 54.4 (2011): 3040-47.
4. Buzsaki, Gyorgy. *Rhythms of the Brain*. Oxford University Press, USA, 2006.
5. Chang, Kang-Ming, Chuan-Yi Liu, and Pei-Chen Lo,. "An Investigation of Inner Light During Zen Meditation Using Alpha-Suppressed Eeg and Vep." *Neural Engineering, 2005. Conference Proceedings. 2nd International IEEE EMBS Conference on* (2005): 656 - 659.
6. Cahn, B Rael, Arnaud Delorme, and John Polich. "Occipital Gamma Activation During Vipassana Meditation." *Cogn Process* 11.1 (2010): 39-56.
7. Cahn, B Rael, and John Polich. "Meditation (Vipassana) and the P3A Event-Related Brain Potential." *Int J Psychophysiol* 72.1 (2009): 51-60.
8. Cahn, B Rael, and John Polich. "Meditation States and Traits: Eeg, Erp, and Neuroimaging Studies." *Psychol Bull* 132.2 (2006): 180-211.
9. Cahn, Rael. "Neurophysiologic Correlates to Sensory and Cognitive Processing in Altered States of Consciousness." (2007): 1-311.
10. Ding, Jian, George Sperling, and Ramesh Srinivasan. "Attentional Modulation of Ssvep Power Depends on the Network Tagged By the Flicker Frequency." *Cereb Cortex* 16.7 (2006): 1016-29.
11. Dressler, O, G Schneider et al. "Awareness and the Eeg Power Spectrum: Analysis of Frequencies." *British Journal of Anaesthesia* 93.6 (2004): 806-09.
12. Fell, Juergen, Nikolai Axmacher, and Sven Haupt. "From Alpha to Gamma: Electrophysiological Correlates of Meditation-Related States of Consciousness." *Med Hypotheses* 75.2 (2010): 218-24.
13. Hebert, R, and D Lehmann. "Theta Bursts: An Eeg Pattern in Normal Subjects Practising the Transcendental Meditation Technique." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 42.3 (1977): 397-405.
14. Heinrich, Sven P. "Some Thoughts on the Interpretation of Steady-State Evoked Potentials." *Doc Ophthalmol* 120.3 (2010): 205-14.
15. Herrmann, CS. "Human Eeg Responses to 1-100 Hz Flicker: Resonance Phenomena in Visual Cortex and Their Potential Correlation to Cognitive Phenomena." *Experimental Brain Research* 137.3 (2001): 346-53.
16. Jacobs, Gregg D, and Richard Friedman. "Eeg Spectral Analysis of Relaxation Techniques." *Appl Psychophysiol Biofeedback* 29.4 (2004): 245-54.

17. Jaseja, Harinder. "Eeg Fast Oscillations and Epileptogenesis During Meditation: Corroborative Empirical Evidence." *Epilepsy Behav* 18.1-2 (2010): 133.
18. Jovanov, E. "On Methodology of Eeg Analysis During Altered States of Consciousness." (2010): 1-14.
19. Jovanov, E. "On Spectral Analysis of Heart Rate Variability During Very Slow Yogic Breathing." *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 3 (2005): 2467-70.
20. Keitel, Christian, Søren K Andersen, and Matthias M Müller. "Competitive Effects on Steady-State Visual Evoked Potentials With Frequencies in- and Outside the Alpha Band." *Exp Brain Res* 205.4 (2010): 489-95.
21. Lagopoulos, Jim, Jian Xu et al. "Increased Theta and Alpha Eeg Activity During Nondirective Meditation." *J Altern Complement Med* 15.11 (2009): 1187-92.
22. Lehmann, D, P L Faber et al. "Brain Sources of Eeg Gamma Frequency During Volitionally Meditation-Induced, Altered States of Consciousness, and Experience of the Self." *Psychiatry Res* 108.2 (2001): 111-21.
23. Liu, C, and P Lo. "Investigation of Spatial Characteristics of Meditation Eeg Using Wavelet Analysis and Fuzzy Classifier." *Proceedings of the fifth IASTED International ... ,2007*
24. Lutz, Antoine, Lawrence L Greischar et al. "Long-Term Meditators Self-Induce High-Amplitude Gamma Synchrony During Mental Practice." *Proc Natl Acad Sci USA* 101.46 (2004): 16369-73.
25. Manoilov, Plamen. "Eeg Power Spectrum Analysis During Mental Task Performance." (2006): 1-6.
26. Müller-Putz, Gernot R, Reinhold Scherer et al. "Steady-State Visual Evoked Potential (Ssvep)-Based Communication: Impact of Harmonic Frequency Components." *J. Neural Eng.* 2.4 (2005): 123-30.
27. Tatum, William O. *Handbook of Eeg Interpretation*. Demos Medical Publishing, 2007.
28. Wilcox, Rand R. *Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing*. San Diego: Academic Press, 2004.
29. Williams, P, and M West. "Eeg Responses to Photic Stimulation in Persons Experienced At Meditation." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 39.5 (1975): 519-22.
30. Wu, Zhenghua, and Dezhong Yao. "The Influence of Cognitive Tasks on Different Frequencies Steady-State Visual Evoked Potentials." *Brain Topogr* 20.2 (2007): 97-104. Alper, Matthew. *The "God" Part of the Brain*. Sourcebooks, Inc, 2008.



*Διαιτήμασί τε χρήσομαι ἐπ' ὠφελείῃ καμνόντων κατὰ δύναμιν  
καὶ κρίσιν ἐμὴν, ἐπὶ δηλήσει δὲ καὶ ἀδικίῃ εἴρξειν.  
Ἄγνῶς δὲ καὶ ὄσίως διατηρήσω βίον τὸν ἐμὸν καὶ τέχνην τὴν ἐμήν.*

*Θα χρησιμοποιώ τη θεραπεία για να βοηθήσω τους ασθενείς  
κατά τη δύναμη και την κρίση μου, αλλά ποτέ για να βλάψω ή να αδικήσω.  
Θα διατηρώ αγνή και ὄσπιλη και τη ζωή και την τέχνη μου.*

*Ορκος του Ιπποκράτη*

## **Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> Κλινικές εφαρμογές**

Τα ευεργετικά αποτελέσματα του διαλογισμού στην ψυχική υγεία έχουν παρατηρηθεί σε πολλές κλινικές πρακτικές, καθώς βοηθάει στην κατανόηση και εκτίμηση των αρνητικών συναισθημάτων. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι ο διαλογισμός βοηθάει στη μείωση της αλεξιθυμίας, την αδυναμία δηλαδή της έκφρασης και αναγνώρισης συναισθημάτων, μέσω της ανάπτυξης της συναισθηματικής νοημοσύνης και της επίγνωσης της συναισθηματικής λειτουργίας. Η εμφάνιση και η συμπερίληψη του διαλογισμού στην κλινική πρακτική συμπίπτει με το τρίτο κύμα της ψυχοθεραπείας σύμφωνα με το οποίο εκτός από τα συναισθήματα, ιδιαίτερη σημασία έχει και το πλαίσιο μέσα στο οποίο εμφανίζονται τα συναισθηματικά φαινόμενα. Σήμερα η ρύθμιση των συναισθημάτων θεωρείται η βάση για τη θεραπεία των ψυχικών διαταραχών και γίνεται σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο αποτελείται από την παρατήρηση των σωματικών συνιστωσών των συναισθημάτων, χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις. Στο δεύτερο στάδιο επιδιώκεται η αναγνώριση των συναισθημάτων και στο τρίτο στάδιο η αποδοχή του συναισθήματος με μη κριτικό τρόπο.

Τα συναισθήματα προκαλούν απόκριση τόσο στο σωματικό επίπεδο όσο και στο επίπεδο των σκέψεων [1][5]. Η σωστή λειτουργία των συναισθημάτων περιλαμβάνει και τα τρία προαναφερθέντα στάδια. Όταν ένα από αυτά τα στάδια λείπει, τα συναισθήματα χάνουν τη δύναμη τους και προκαλούν προβλήματα στο σώμα και στο νου. Η δυσλειτουργία ενός εξ αυτών των σταδίων οδηγεί σε μια από τις τρεις βασικές συναισθηματικές δυσλειτουργίες οι οποίες αποτελούν και τη βάση των ψυχικών διαταραχών και τις περισσότερες φορές είναι συνυφασμένες με αυτές [10].

## Συναισθηματικές διαταραχές

### 1. Διασχιστική διαταραχή

Όταν οι σκέψεις, οι αισθήσεις, τα συναισθήματα και οι άλλες νοητικές συνιστώσες που υπό κανονικές συνθήκες επεξεργάζονται μαζί απομονώνονται από τις υπόλοιπες, θεωρείται ότι ο ασθενής πάσχει από διασχιστική διαταραχή (dissociative disorder). Η πιο ακραία μορφή αυτών των διαταραχών είναι το σύνδρομο πολλαπλών προσωπικοτήτων. Οι ασθενείς με αυτού του είδους τις διαταραχές δε βρίσκονται σε σωστή επικοινωνία με τις αισθήσεις τους και δε νιώθουν έντονα τον πόνο και άλλες αισθήσεις όπως η αναπνοή και ο ρυθμός της καρδιάς. Δεν παρατηρούν τα πράγματα και ακούν συζητήσεις χωρίς να αντιλαμβάνονται τι ειπώθηκε. Δεν έχουν καλή μνήμη ακόμα και σημαντικών γεγονότων και ζουν αποκλειστικά στο επίπεδο του νου. Εμφανίζουν αδυναμία για την αίσθηση του εαυτού τους και δεν μπορούν να συγκεντρωθούν στην παρούσα στιγμή. Οι διαταραχές αυτές επηρεάζουν το 10% των ανθρώπων και συνδέονται με τη δυσκολία ελέγχου της παρορμητικότητας, το σύνδρομο χρόνιου πόνου και την ινομυαλγία. Παρατηρείται επίσης στους ασθενείς με ψυχικές διαταραχές όπως κατάθλιψη, άγχος, εθισμό, ανορεξία και βουλιμία, διαταραχή οριακής προσωπικότητας και σύνδρομο μετατραυματικού στρες.

### 2. Αλεξιθυμία

Σαν αλεξιθυμία ορίζεται η δυσκολία ή αδυναμία στην αναγνώριση των συναισθημάτων και προέρχεται από την αδυναμία έκφρασης των συναισθημάτων στους άλλους. Ο χωρισμός και τα διαζύγια είναι συχνότερα σε αυτό τον πληθυσμό. Υπολογίζεται ότι η αλεξιθυμία επηρεάζει το 15% των ανθρώπων και συνδέεται με διαταραχές προσωπικότητας, εθισμό σε ουσίες και διαταραχές της διατροφής όπως και με σωματικές διαταραχές.

### 3. Συναισθηματική αποφυγή

Η συναισθηματική αποφυγή (emotional avoidance) πρόκειται για μια διαταραχή κατά την οποία τα αρνητικά συναισθήματα γεννούν νέα αρνητικά συναισθήματα και οδηγούν σε ένα φαύλο κύκλο αρνητικών συναισθημάτων με αποτέλεσμα την κατάθλιψη και το χρόνιο πόνο. Εικάζεται ότι κρύβεται πίσω από τις περισσότερες ψυχικές διαταραχές.

## **Ρύθμιση των συναισθημάτων με χρήση τεχνικών διαλογισμού**

Οι κλινικές πρακτικές που ενσωματώνουν το διαλογισμό για την αντιμετώπιση της συναισθηματικής δυσλειτουργίας επικεντρώνονται στα πλεονεκτήματα της ανάπτυξης της αντίληψης των συναισθημάτων μέσω του σώματος και τη μετέπειτα αναγνώριση και αποδοχή των συναισθημάτων μέσω του διαλογισμού. Στη yoga για παράδειγμα, μια τεχνική που περιλαμβάνει την κίνηση, η παρατήρηση του σώματος, η συγκέντρωση και η αποδοχή αποτελούν τις οδούς ρύθμισης των συναισθημάτων, με την προσοχή να στρέφεται στις αισθήσεις και την έννοια της παροδικότητας να κυριαρχεί σαν πλαίσιο. Με αυτό τον τρόπο ο διαλογισμός βοηθάει στην αντιμετώπιση της διασχιστικής διαταραχής με την ανάπτυξη της επίγνωσης και της προσοχής. Παράλληλα βοηθάει στην αντιμετώπιση της αλεξιθυμίας, βελτιώνοντας τη συναισθηματική νοημοσύνη και τη συναισθηματική ανοχή, εκθέτοντας το άτομο σε μια ευρεία γκάμα συναισθημάτων. Τέλος, μπορεί να βοηθήσει με την αποδοχή των συναισθημάτων προσφέροντας μια εναλλακτική στον ασθενή ώστε να αποφύγει τη χρήση μέσων που οδηγούν στη συναισθηματική αποφυγή, όπως ο εθισμός σε ουσίες και λοιπές αυτοκαταστροφικές διέξοδοι [1][5][17].

Με την εφαρμογή διαφόρων κλινικών πρωτοκόλλων που περιλαμβάνουν τη χρήση του διαλογισμού, είναι δυνατό να αντιμετωπισθούν οι περισσότερες ψυχικές διαταραχές. Κάποια από τα πρωτόκολλα (meditation based stress reduction) περιλαμβάνουν τη χρήση του διαλογισμού σε συνδυασμό με την επικοινωνία των εμπειριών με το θεραπευτή (experiential feedback). Κάποια άλλα (meditation based cognitive therapy) συνδυάζουν το διαλογισμό με τη γνωστική θεραπεία (cognitive therapy), ενώ τέλος υπάρχουν πρωτόκολλα (meditation based emotion exposure) που με χρήση της επίγνωσης της αναπνοής συνδυάζουν όλα τα στοιχεία της συναισθηματικής ψυχοσωματικής διαδικασίας [5][10].

Εκτός των παραπάνω, ο διαλογισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία ατόμων με Σύνδρομο Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (Attention Deficit Hyperactivity Disorder - ADHD), για την υποβοήθηση ατόμων κατά την απεξάρτηση από ουσίες, την αντιμετώπιση χρόνιων πόνων, την αντιμετώπιση του στρες και την ψυχολογική υποστήριξη ασθενών με ασθένειες σε τελικό στάδιο. Καθώς οι διάφορες επιδράσεις του διαλογισμού ακόμα δεν έχουν κατανοηθεί σε μεγάλο βαθμό και μόλις τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει η εφαρμογή των τεχνικών αυτών σε κλινικά πρωτόκολλα, υπάρχει ακόμα μεγάλος δρόμος μέχρι την πλήρη κατανόηση του πώς ο διαλογισμός επηρεάζει τη συναισθηματική ανάπτυξη και βοηθάει στη θεραπεία. Η έρευνα γύρω από τις διαφορετικές πρακτικές και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που έχει η κάθε μία από αυτές, οδηγεί στην καλύτερη ανάπτυξη των θεωριών για την κλινική εφαρμογή των τεχνικών αυτών και μπορεί να βοηθήσει στην θεραπεία και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής εκατομμυρίων ανθρώπων [1][2][10].

## Διεπαφή εγκεφάλου - υπολογιστή

Οι εφαρμογές των διεπαφών εγκεφάλου – υπολογιστή (Brain Computer Interface - BCI) είναι πολλές και έχουν το δυναμικό να προσφέρουν στον άνθρωπο μια πρωτόγνωρη μέχρι σήμερα ικανότητα της επικοινωνίας με τις μηχανές χωρίς τη μεσολάβηση μηχανικών μερών. Μεταξύ των εφαρμογών αυτών διακρίνεται η χρήση τους για το χειρισμό τεχνητών μελών του ανθρωπίνου σώματος, για το χειρισμό αμαξιδίων και λοιπών συσκευών για άτομα με ειδικές ανάγκες, για την υποκατάσταση διαφόρων αισθήσεων όπως η όραση και η ακοή και για την παραγωγή του λόγου. Εκτός αυτών, έχει ήδη ξεκινήσει η εμπορική διάθεση πολλών προϊόντων και παιχνιδιών που βασίζονται σε τεχνικές BCI σαν μέσο επικοινωνίας με το χρήστη. Στο επίπεδο της κλινικής εφαρμογής, μερικές από τις πιο ενδιαφέρουσες εφαρμογές των BCI αφορούν τους ασθενείς με σύνδρομο αποκλεισμού (locked-in syndrome) κατά το οποίο ο ασθενής έχει πλήρη συνείδηση και διαύγεια χωρίς να μπορεί να κινήσει κανένα μέλος του σώματος του, εκτός ίσως των ματιών, εξαιτίας παράλυσης όλων σχεδόν των μυών του σώματος. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις συνδρόμου ολικού αποκλεισμού όπου ακόμα και τα μάτια δεν μπορούν να κινηθούν. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις οι διάφορες τεχνικές των BCI είναι η μοναδική λύση για την επικοινωνία του ασθενή με τον εξωτερικό κόσμο [3][11].

Σαν BCI ορίζεται η άμεση (μη μυϊκή) επικοινωνία μεταξύ εγκεφάλου και του υπολογιστή. Το BCI λαμβάνει τα εγκεφαλικά σήματα σε άμεσο χρόνο (real time/online) και αναλύοντας και ερμηνεύοντας τα δεδομένα αυτά οδηγεί στη λήψη των αποφάσεων στην εκάστοτε εφαρμογή. Οι μέθοδοι καταγραφής του εγκεφαλογραφήματος για τη χρήση του σε διεπαφές εγκεφάλου - υπολογιστή χωρίζονται στις επεμβατικές (invasive) και μη-επεμβατικές (noninvasive). Οι επεμβατικές απαιτούν την εγχείρηση και τοποθέτηση ηλεκτροδίων διαφόρων τύπων στον εγκεφαλικό φλοιό ή την καταγραφή της δραστηριότητας ενός, ή μιας μικρής ομάδας, νευρώνων. Αυτές οι τεχνικές έχουν μεγάλο βαθμό δυσκολίας καθώς και μεγάλο κόστος, αλλά ταυτόχρονα δίνουν τη δυνατότητα για εξαιρετικά λεπτομερείς και ακριβείς καταγραφές με ελάχιστο θόρυβο. Στον αντίποδα, οι μη επεμβατικές μέθοδοι βασίζονται στην καταγραφή του εγκεφαλογραφήματος με ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο κρανίο, όπως συμβαίνει και στα πλαίσια αυτής της εργασίας [12][16].

Η μέθοδος που βασίζεται στα οπτικά προκλητά δυναμικά σταθερής κατάστασης (steady-state visual evoked potentials) από τον οπτικό φλοιό (visual cortex) και η μέθοδος που βασίζεται στα σήματα από τον αισθητικό και κινητικό φλοιό (sensorimotor cortex) αποτελούν δύο από τις βασικότερες μεθόδους BCI που δοκιμάζονται αλλά και εφαρμόζονται σήμερα.

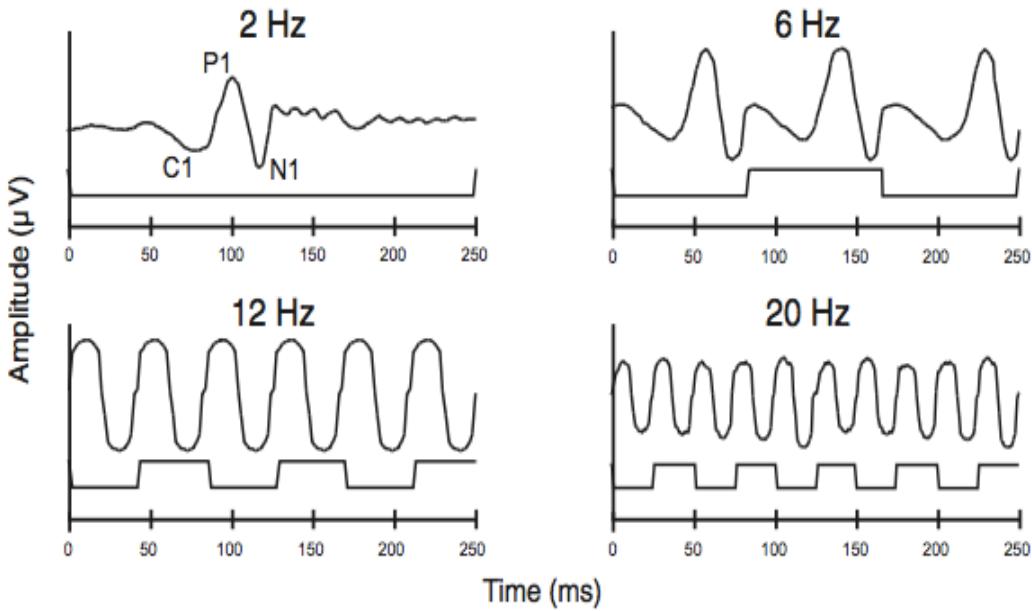
Μετά την καταγραφή των δεδομένων εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές ανάλυσης σήματος για να εξαχθούν τα χαρακτηριστικά του σήματος που ενδιαφέρουν. Για αυτό, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι ανάλογα με την εφαρμογή. Οι μέθοδοι αυτές κατηγοριοποιούνται σε τρία πεδία. Το χρονικό, το πεδίο των συχνοτήτων και το χώρο. Στο χρονικό πεδίο υπάρχουν τεχνικές όπως το P300 BCI που εξάγουν πληροφορίες με βάση τα προκλητά δυναμικά. Στο πεδίο των συχνοτήτων χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως η ανάλυση σε κυματίδια και η ανάλυση Fourier για να εξάγουν πληροφορίες για τις συχνότητες που περιέχονται στο σήμα. Τέλος, στο πεδίο του χώρου περιλαμβάνονται τεχνικές όπως χωρικά φίλτρα (spatial filters) και η ανάλυση σε ανεξάρτητες συνιστώσες (ICA) [6][9][12].

Χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά που εξάγονται από τις προηγούμενες μεθόδους, το νέο σύνολο δεδομένων προωθείται σε αλγορίθμους ανάλυσης και ταξινόμησης προτύπων. Αυτοί οι αλγόριθμοι κατατάσσουν τις διάφορες εγκεφαλικές καταστάσεις σε ομάδες και να δώσουν λογικές τιμές στις ομάδες των δεδομένων. Συνήθως γίνεται εκπαίδευση των αλγορίθμων πριν την εφαρμογή (offline training) και εφαρμόζονται σε πραγματικό χρόνο κατά τη χρήση της εφαρμογής [14][16].

## Εφαρμογές των SSVEP σε BCI

Τα οπτικά προκλητά δυναμικά (visual evoked potentials - VEP) προκαλούνται από την επεξεργασία της οπτικής πληροφορίας κατά μήκος του οπτικού μονοπατιού (visual pathway) και του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού (primary visual cortex). Τα δυναμικά που αντιστοιχούν στην ταχεία επανάληψη των ερεθισμάτων ονομάζονται οπτικά προκλητά δυναμικά σταθερής κατάστασης (steady-state visual evoked potentials - SSVEP) και αφορούν συνήθως συχνότητες μεγαλύτερες των 6 Hz. Η καταγραφή τους μπορεί να γίνει από ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο κρανίο και κυρίως πάνω από τον οπτικό φλοιό με μεγαλύτερη ένταση στην ινιακή περιοχή (occipital region) [4][8].

Καθώς η συχνότητα των ερεθισμάτων είναι μεγάλη και ο ρυθμός τους σταθερός, στο δυναμικό που προκαλείται από κάποιο ερέθισμα παρατηρείται μέρος του δυναμικού που προκλήθηκε από τα προηγούμενα ερεθίσματα. Σαν αποτέλεσμα αυτού, ο εγκέφαλος πρακτικά συγχρονίζεται με το συχνότητα των ερεθισμάτων (photic driving response). Έτσι, αυξάνεται χαρακτηριστικά η ισχύς της συγκεκριμένης συχνότητας και των αρμονικών αυτής, κυρίως της δεύτερης αρμονικής, και σαν συνέπεια αυτού είναι εύκολο να διαπιστωθεί η ύπαρξη του ερεθίσματος και να υπολογιστεί η συχνότητά του, μέσω της παρατήρησης της φασματικής ανάλυσης του εγκεφαλογραφήματος.

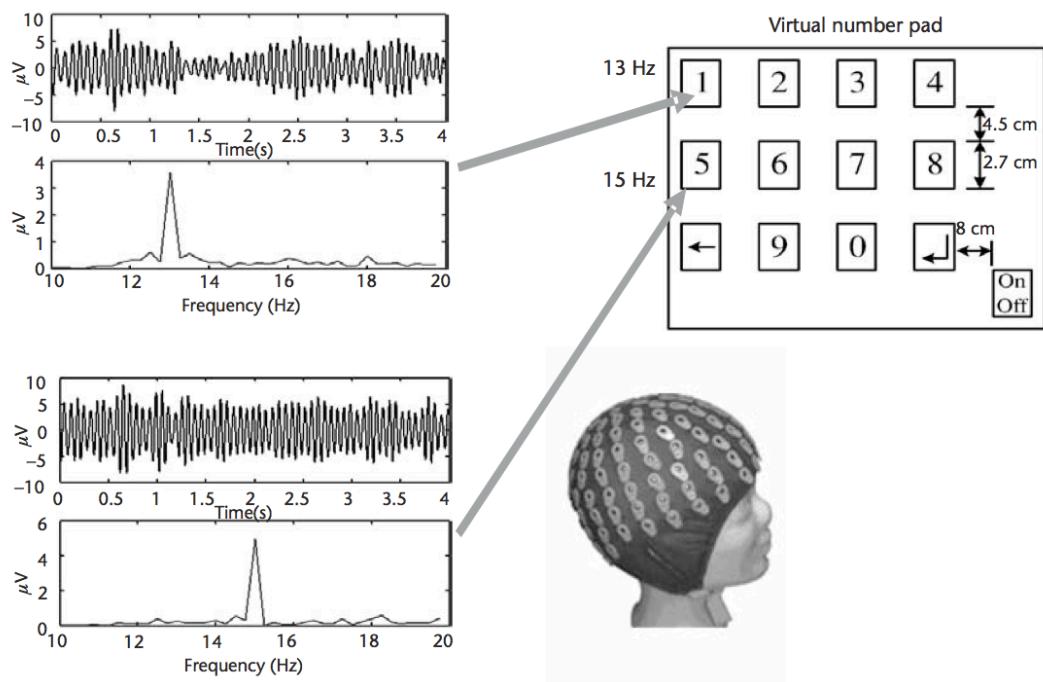


**Εικόνα 42 :** Τα SSVEP παρατηρούνται στο εγκεφαλογράφημα σαν άθροιση ημιτονοειδών σημάτων και τείνουν να έχουν τη συχνότητα του ερεθίσματος. Πηγή εικόνας: [12]

Το δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό των SSVEP είναι το φαινόμενο κεντρικής μεγέθυνσης (central magnification effect). Αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι μεγάλες περιοχές του οπτικού φλοιού κατανέμονται για την επεξεργασία του κέντρου του οπτικού πεδίου. Σαν συνέπεια αυτού, όταν το ερέθισμα μετακινείται προς το κέντρο του οπτικού πεδίου, το πλάτος των SSVEP αυξάνει εντυπωσιακά και η ισχύς της συχνότητας του εκάστοτε ερεθίσματος, αντίστοιχα [15].

Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η ανάπτυξη συστημάτων BCI που βασίζονται στα SSVEP. Τα διάφορα αντικείμενα στην οθόνη ενός υπολογιστή, μεταξύ των οποίων πρέπει να γίνει η επιλογή, αντιστοιχίζονται σε μια συχνότητα το καθένα και αρχίζουν να αναβοσβήνουν με τη συχνότητα αυτή. Καθώς ο χρήστης επικεντρώνει το βλέμμα του σε ένα από αυτά τα αντικείμενα, εξαιτίας του φαινομένου κεντρικής μεγέθυνσης, η ισχύς της συχνότητας του ερεθίσματος αυτού αυξάνει και κάνει δυνατή την ξεκάθαρη παρατήρηση στο φάσμα του σήματος [13].

Με τη σωστή ρύθμιση του συστήματος, μπορεί να επιτευχθεί μέσος ρυθμός μεταφοράς πληροφορίας της τάξης των 40 bit ανά δευτερόλεπτο, ρυθμός μεγαλύτερος από τα άλλα συστήματα BCI. Εκτός αυτού, τα συστήματα BCI που βασίζονται σε SSVEP απαιτούν μικρότερη εκπαίδευση του χρήστη πριν τη χρήση του συστήματος και μικρότερο χρόνο ρυθμίσεων πριν την κάθε χρήση, σε σχέση με τα άλλα συστήματα [7][16].



**Εικόνα 43 :** Σε ένα σύστημα BCI – SSVEP τα εικονικά πλήκτρα πάλλονται με διαφορετική συχνότητα το καθένα, ενώ απέχουν ικανή απόσταση για την εκμετάλλευση του φαινομένου κεντρικής μεγέθυνσης. Πηγή εικόνας : [16]

## **Βιβλιογραφικές αναφορές κεφαλαίου**

1. Braboszcz, C., Hahusseau, S., Delorme, A. "Meditation and Neuroscience: from basic research to clinical practice." In "Integrative Clinical Psychology, Psychiatry and Behavioral Medicine: Perspectives, Practices and Research". Editor: R. Carlstedt. Springer Publishing, 2010
2. Austin, James. Zen and the Brain. Cambridge: MIT Press, 1998.
3. Kandel, Eric. Psychiatry, Psychoanalysis, and the New Biology of Mind. American Psychiatric Publishing, Inc, 2005.
4. Kropotov, Juri. Quantitative Eeg, Event-Related Potentials and Neurotherapy. Academic Press, 2008.
5. Tong, Shanbao, and Nitish V. Thakor. Quantitative Eeg Analysis Methods and Clinical Applications (Engineering in Medicine & Biology). Artech House Publishers, 2009.
6. Luck, Steven J. An Introduction to the Event-Related Potential Technique (Cognitive Neuroscience). The MIT Press, 2005.
7. Green, Elmer and Alyce Green. Beyond Biofeedback. City: Knoll Pub Co, 1989.
8. Bauby, Jean-Dominique. The Diving Bell and the Butterfly. New York: Knopf, 1997.
9. Ochoa, Jorge Baztarrica. "Eeg Signal Classification for Brain Computer Interface Applications." (2002): 1-72.
10. Delorme, A, C Kothe et al. "Matlab-Based Tools for Bci Research."
11. Beverina, Fabrizio, Giorgio Palmas et al. "User Adaptive Bcis: Ssvep and P300 Based Interfaces." (2004): 1-24.
12. Garcia, G. "High Frequency Ssveps for Bci Applications." Computer-Human Interaction (2008)
13. Panicker, Rajesh C, Sadasivan Puthusserypady et al. "Asynchronous P300 Bci: Ssvep-Based Control State Detection." (2010): 1-5.
14. Müller-Putz, Gernot R, Reinhold Scherer et al. "Steady-State Visual Evoked Potential (Ssvep)-Based Communication: Impact of Harmonic Frequency Components." J. Neural Eng. 2.4 (2005): 123-30.
15. Ding, J, G Sperling, and R Srinivasan. "Attentional Modulation of Ssvep Power Depends on the Network Tagged By the Flicker Frequency." Cerebral Cortex 16.7 (2006): 1016.
16. Zelazo, Philip David, Morris Moscovitch, and Evan Thompson. The Cambridge Handbook of Consciousness (Cambridge Handbooks in Psychology). Cambridge University Press, 2007.
17. Baijal, S, and R Gupta. "Meditation-Based Training: A Possible Intervention for Attention Deficit Hyperactivity Disorder." ncbi.nlm.nih.gov

*Habe nun ach! Philosophie,  
Juristerei und Medizin,  
und leider auch Theologie! durchaus studiert mit heißem Bemühn.  
Da steh ich nun, ich armer Tor! und bin so klug als wie zuvor!  
Heiße Magister, heiße Doktor gar,  
und ziehe schon an die zehn Jahr  
herauf, herab und quer und krumm  
meine Schüler an der Nase herum –  
Und sehe, dass wir nichts wissen können!  
Das will mir schier das Herz verbrennen!*

*Αχ! σπούδασα φιλοσοφία,  
ιατρική και νομική  
και δυστυχώς θεολογία  
με ζήλο και επιμονή.  
Και να 'μαι εδώ με τόσα φώτα  
εγώ ο μωρός, όπως και πρώτα!  
Με λένε μάγιστρο, δόκτωρ προσέτι,  
και σέρνω δέκα τώρα έτη  
τους μαθητές μου εδώ και εκεί  
από τη μύτη με οργή.  
Αφού το βλέπω, δεν μπορεί  
κανείς τη γνώση να κατέχει!  
Και αυτό η καρδιά δεν το αντέχει!*

*Johann Wolfgang von Goethe – Faust (Erster Teil) (1808)*

## Παράρτημα



# Βιβλιογραφία

## Βιβλία

- Alper, Matthew. The "God" Part of the Brain. Sourcebooks, Inc, 2008.
- Austin, James. Zen and the Brain. Cambridge: MIT Press, 1998.
- Austin, James. Selfless Insight. Cambridge: MIT Press, 2009.
- Austin, James. Zen-Brain Reflections. Cambridge: The MIT Press, 2010.
- Barker, Roger, and Stephen Barasi. Neuroscience At a Glance. Wiley-Blackwell, 2008.
- Bauby, Jean-Dominique. The Diving Bell and the Butterfly. New York: Knopf, 1997.
- Blake, William. The Marriage of Heaven and Hell. New York: Dover Publications, 1994.
- Buzsaki, Gyorgy. Rhythms of the Brain. Oxford University Press, USA, 2006.
- Calvin, William. A Brief History of the Mind. Oxford Oxfordshire: Oxford University Press, 2004.
- Drongelen, Wim van. Signal Processing for Neuroscientists: An Introduction to the Analysis of Physiological Signals. Academic Press, 2006.
- Erowid. Erowid.org.
- Green, Elmer and Alyce Green. Beyond Biofeedback. City: Knoll Pub Co, 1989.
- Hart, William. The Art of Living. San Francisco: Harper & Row, 1987.
- Hofmann, Albert et.al. The Road to Eleusis. Richmond: North Atlantic Books, 2008.
- Huxley, Aldous. The Doors of Perception and Heaven and Hell. Harper Perennial Modern Classics, 2009.
- Huxley, Aldous. Island. Harper Perennial Modern Classics, 2009.
- Huxley, Aldous. The Perennial Philosophy: an Interpretation of the Great Mystics, East and West. Harper Perennial Modern Classics, 2009.
- Huxley, Aldous. The Art of Seeing. Creative Arts Book Co, 1982.
- Geiger, John. Chapel of Extreme Experience. Soft Skull Press, 2003.
- Goenka, N., S. and William Hart. The Discourse Summaries. Vipassana Research Publications of America, 2000.
- Goenka, S. Meditation Now. Independent Publishers Group, 2002.
- Goenka, N., S. and Patrick Given-Wilson. Satipaṭṭhāna Sutta Discourses. Seattle: Vipassana Research Publications, 1998.
- James, William. The Varieties of Religious Experience. CreateSpace, 2010.
- Kandel, E. Principles of Neural Science. Elsevier Science Publishing Company, INC., 1981.
- Kandel, Eric. Psychiatry, Psychoanalysis, and the New Biology of Mind. American Psychiatric Publishing, Inc., 2005.
- Kent, James. Psychedelic Information Theory. CreateSpace, 2010.
- Khoon San, Chan. Buddhism Course.
- Kropotov, Juri. Quantitative Eeg, Event-Related Potentials and Neurotherapy. Academic Press, 2008.
- Leary, Timothy. Your Brain Is God. Berkeley: Ronin, 2000.

- Leary, Timothy et.al. *The Psychedelic Experience*. New York: Citadel Press, 2007.
- Leary, Timothy. *Turn on, Tune in, Drop out*. Berkeley: Ronin, 1999.
- Leary, Timothy. *High Priest*. Berkeley: Ronin Pub, 1995.
- Leary, Timothy. *Psychedelic Prayers & Other Meditations*. Berkeley: Ronin, 1997.
- Longstaff, Alan. *Bios Instant Notes in Neuroscience*. Taylor & Francis, 2011.
- Luck, Steven J. *An Introduction to the Event-Related Potential Technique (Cognitive Neuroscience)*. The MIT Press, 2005.
- M.D, Walter Hendelman. "Atlas of Functional Neuroanatomy, Second Edition." 2005
- Martin, John. *Neuroanatomy: Text and Atlas*. McGraw-Hill Medical, 2003.
- Mckenna, Terence et.al. *The Invisible Landscape*. San Francisco: Harper, 1993.
- Mckenna, Terence. *Food of the Gods*. London: Rider, 1992.
- Michel, Christoph M., Thomas Koenig et al. *Electrical Neuroimaging*. Cambridge University Press, 2009.
- Mithen, Steven. *The Prehistory of the Mind*. London: Thames and Hudson, 1999.
- Noback, Charles R., David A. Ruggiero et al. *The Human Nervous System: Structure and Function (Human Nervous System (Noback))*. Humana Press, 2005.
- Norman, K. *Elders' Verses*: Theragatha, Luzac , 1969
- Nunez, Paul L., and Ramesh Srinivasan. *Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of Eeg*, 2nd Edition. Oxford University Press, USA, 2005.
- O'Brien, Justin. *Walking with a Himalayan Master*. Saint Paul, MN: Yes International Publishers, 1998.
- Purves, Dale, George J. Augustine et al. *Neuroscience, + Neurons in Action*. Sinauer Associates, 2008.
- Riedlinger, Thomas et.al. *The Sacred Mushroom Seeker*. Rochester: Park Street Press, 1997.
- Samorini, Giorgio et.al. *Animals and Psychedelics*. Rochester: Park Street Press, 2002.
- Sanei, Dr Saeid, and J. A. Chambers. *Eeg Signal Processing*. Wiley-Interscience, 2007.
- Schultes, Richard et.al. *Plants of the Gods*. Rochester: Healing Arts Press, 2001.
- Schultes, Richard and Siri Von Reis. *Ethnobotany*. Portland: Timber Press, Inc, 2008.
- Schultes, Richard and Robert Raffauf. *Vine of the Soul*. Oracle: Synergetic Press, 2004.
- Semmlow, John L. *Biosignal and Medical Image Processing, Second Edition (Signal Processing and Communications)*. CRC Press, 2008.
- Snyder, David. *The complete book of Buddha's Lists - Explained*. Seattle: Vipassana Foundation, 2006
- Sri Aurobindo's "Primary Works" Set,Us Edition 12 Vols.. Tokyo: Lotus Press, 1997

- Stone, James V. *Independent Component Analysis: A Tutorial Introduction* (Bradford Books). The MIT Press, 2004.
- Swami Rama, *Living With the Himalayan Masters*. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1978.
- Swami Rama, *Meditation and Its Practice*. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1992.
- Swami Rama, *The Path of Fire and Light II*. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1988.
- Swami Veda Bharati. *Superconsciousness Meditation*. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1974.
- Swami Veda Bharati. *Mantra and Meditation*. Honesdale, PA: Himalayan International Institute, 1981.
- Tatum, William O. *Handbook of Eeg Interpretation*. Demos Medical Publishing, 2007.
- Tong, Shanbao, and Nitish V. Thakor. *Quantitative Eeg Analysis Methods and Clinical Applications (Engineering in Medicine & Biology)*. Artech House Publishers, 2009.
- Wallisch, Pascal, Michael Lusignan et al. *Matlab for Neuroscientists: An Introduction to Scientific Computing in Matlab*. Academic Press, 2008.
- Zelazo, Philip David, Morris Moscovitch, and Evan Thompson. *The Cambridge Handbook of Consciousness (Cambridge Handbooks in Psychology)*. Cambridge University Press, 2007.

## **Αρθρα**

- Aftanas, L I, and S A Golocheikine. “Human Anterior and Frontal Midline Theta and Lower Alpha Reflect Emotionally Positive State and Internalized Attention: High-Resolution Eeg Investigation of Meditation.” *Neurosci Lett* 310.1 (2001): 57-60.
- Aftanas, L I, and S A Golocheikine. “Non-Linear Dynamic Complexity of the Human Eeg During Meditation.” *Neurosci Lett* 330.2 (2002): 143-46.
- Aftanas, Ljubomir, and Semen Golosheykin. “Impact of Regular Meditation Practice on Eeg Activity At Rest and During Evoked Negative Emotions.” *Int J Neurosci* 115.6 (2005): 893-909.
- Baijal, S, and R Gupta. “Meditation-Based Training: A Possible Intervention for Attention Deficit Hyperactivity Disorder.” *ncbi.nlm.nih.gov*
- Baijal, S, and N Srinivasan. “Theta Activity and Meditative States: Spectral Changes During Concentrative Meditation.” *Cogn Process* (2010)
- Baker, John R. “Psychedelic Sacraments.” *J Psychoactive Drugs* 37.2 (2005): 179-87.
- Banquet, J P. “Spectral Analysis of the Eeg in Meditation.” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 35.2 (1973): 143-51.
- Baron Short, E, S Kose et al. “Regional Brain Activation During Meditation Shows Time and Practice Effects: An Exploratory Fmri Study .” *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* 7.1 (2010): 121-27.

- Beauregard, Mario, Jérôme Courtemanche, and Vincent Paquette. “Brain Activity in Near-Death Experiencers During a Meditative State.” *Resuscitation* 80.9 (2009): 1006-10.
- Bem, Daryl J. “Feeling the Future: Experimental Evidence for Anomalous Retroactive Influences on Cognition and Affect.” (2010): 1-61.
- Bennett, M R. “The Early History of the Synapse: From Plato to Sherrington.” *Brain Res Bull* 50.2 (1999): 95-118.
- Berndt, S F, D Brachtel, and E Richter. “[Continuous Eeg Monitoring and Clinical Chemical Findings in Poisoning From Death Cap (Amanita Phalloides) (Author’s Transl)].” *EEG EMG Z Elektroenzephalogr Elektromyogr Verwandte Geb* 7.2 (1976): 87-91.
- Beverina, Fabrizio, Giorgio Palmas et al. “User Adaptive Bcis: Ssvep and P300 Based Interfaces.” (2004): 1-24.
- Bickford, R, Jacobson J, and Cody D.. “Nature of Average Evoked Potentials to Sound and Other Stimuli in Man.” *Ann N Y Acad Sci* 112 (1964): 204-23.
- Braboszcz, C., Hahusseau, S., Delorme, A. “Meditation and Neuroscience: from basic research to clinical practice.” In “Integrative Clinical Psychology, Psychiatry and Behavioral Medicine: Perspectives, Practices and Research”. Editor: R. Carlstedt. Springer Publishing, 2010
- Braboszcz, Claire, and Arnaud Delorme. “Lost in Thoughts: Neural Markers of Low Alertness During Mind Wandering.” *Neuroimage* 54.4 (2011): 3040-47.
- Bravo, G, and C Grob. “Shamans, Sacraments, and Psychiatrists.” *J Psychoactive Drugs* 21.1 (1989): 123-28.
- Bressloff, Paul C, and Jack D Cowan. “Spontaneous Pattern Formation in Primary Visual Cortex.” : 53.
- Brown, Christopher A, and Anthony K P Jones. “Meditation Experience Predicts Less Negative Appraisal of Pain: Electrophysiological Evidence for the Involvement of Anticipatory Neural Responses.” *Pain* (2010): .
- Brown, Richard P, and Patricia L Gerbarg. “Yoga Breathing, Meditation, and Longevity.” *Ann N Y Acad Sci* 1172 (2009): 54-62.
- Bærentsen, K, H Stødkilde-Jørgensen, and B Sommerlund. “An Investigation of Brain Processes Supporting Meditation.” *Cogn Process*
- Cahn, B Rael, Arnaud Delorme, and John Polich. “Occipital Gamma Activation During Vipassana Meditation.” *Cogn Process* 11.1 (2010): 39-56.
- Cahn, B Rael, and John Polich. “Meditation States and Traits: Eeg, Erp, and Neuroimaging Studies.” *Psychol Bull* 132.2 (2006): 180-211.
- Cahn, B Rael, and John Polich. “Meditation (Vipassana) and the P3A Event-Related Brain Potential.” *Int J Psychophysiol* 72.1 (2009): 51-60.
- Cahn, Rael. “Neurophysiologic Correlates to Sensory and Cognitive Processing in Altered States of Consciousness.” (2007): 1-311.
- Carneiro, Gustavo, Antoni B Chan et al. “Supervised Learning of Semantic Classes for Image Annotation and Retrieval.” *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 29.3 (2007): 394-410.
- Carson, Shelley H, Jordan B Peterson, and Daniel M Higgins. “Decreased Latent Inhibition is Associated With Increased Creative Achievement in High-Functioning Individuals.” *J Pers Soc Psychol* 85.3 (2003): 499-506.

- Chan, Agnes S, Yvonne M Y Han, and Mei-Chun Cheung. “Electroencephalographic (Eeg) Measurements of Mindfulness-Based Triarchic Body-Pathway Relaxation Technique: A Pilot Study.” *Appl Psychophysiol Biofeedback* 33.1 (2008): 39-47.
- Chang, Kang-Ming, Chuan-Yi Liu, and Pei-Chen Lo., “An Investigation of Inner Light During Zen Meditation Using Alpha-Suppressed Eeg and Vep.” *Neural Engineering, 2005. Conference Proceedings. 2nd International IEEE EMBS Conference on* (2005): 656 - 659.
- Chang, Kang-Ming, and Pei-Chen Lo. “Hurst Exponents and Linear Regression With an Application to Low-Power Beta Characterization in Meditation Eeg.” *Am J Electroneurodiagnostic Technol* 45.2 (2005): 130-38.
- Chiesa, A, and A Serretti. “A Systematic Review of Neurobiological and Clinical Features of Mindfulness Meditations.” *Psychol Med* 40.8 (2010): 1239-52.
- Chiesa, Alberto. “Zen Meditation: An Integration of Current Evidence.” *J Altern Complement Med* 15.5 (2009): 585-92.
- Chiesa, Alberto. “Vipassana Meditation: Systematic Review of Current Evidence.” *J Altern Complement Med* 16.1 (2010): 37-46.
- Coenen, A, O Zajachkivsky, and R Bilski. “In the Footsteps of Beck: The Desynchronization of the Electroencephalogram.” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 106.4 (1998): 330-35.
- Cohen, Debbie L, Nancy Wintering et al. “Cerebral Blood Flow Effects of Yoga Training: Preliminary Evaluation of 4 Cases.” *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 15.1 (2009): 9-14.
- Corby, J C, W T Roth et al. “Psychophysiological Correlates of the Practice of Tantric Yoga Meditation.” *Arch Gen Psychiatry* 35.5 (1978): 571-77.
- Delmonte, M M. “Electrocortical Activity and Related Phenomena Associated With Meditation Practice: A Literature Review.” *Int J Neurosci* 24.3-4 (1984): 217-31.
- Delorme, A, C Kothe et al. “Matlab-Based Tools for Bci Research.”
- Delorme, Arnaud, and Scott Makeig. “Eeg Changes Accompanying Learned Regulation of 12-Hz Eeg Activity.” (2003)
- Delorme, Arnaud, and Scott Makeig. “Eeglab: An Open Source Toolbox for Analysis of Single-Trial Eeg Dynamics Including Independent Component Analysis.” *Journal of Neuroscience Methods* 134.1 (2004): 9-21.
- Delorme, Arnaud, Terrence Sejnowski, and Scott Makeig. “Enhanced Detection of Artifacts in Eeg Data Using Higher-Order Statistics and Independent Component Analysis.” *NeuroImage* 34.4 (2007): 1443-49.
- Deshmukh, Vinod D. “Neuroscience of Meditation.” *Scientific World Journal* 6 (2006): 2239-53.
- Dillbeck, M C, and E C Bronson. “Short-Term Longitudinal Effects of the Transcendental Meditation Technique on Eeg Power and Coherence.” *Int J Neurosci* 14.3-4 (1981): 147-51.
- Ding, Jian, George Sperling, and Ramesh Srinivasan. “Attentional Modulation of Ssvep Power Depends on the Network Tagged By the Flicker Frequency.” *Cereb Cortex* 16.7 (2006): 1016-29.
- Dressler, O, G Schneider et al. “Awareness and the Eeg Power Spectrum: Analysis of Frequencies.” *British Journal of Anaesthesia* 93.6 (2004): 806-09.

- Dyck, Erika. "Flashback: Psychiatric Experimentation With Lsd in Historical Perspective." *Can J Psychiatry* 50.7 (2005): 381-88.
- Fairchild, M D, D J Jenden et al. "Eeg Effects of Hallucinogens and Cannabinoids Using Sleep-Waking Behavior as Baseline." *Pharmacol Biochem Behav* 12.1 (1980): 99-105.
- Fell, Juergen, Nikolai Axmacher, and Sven Haupt. "From Alpha to Gamma: Electrophysiological Correlates of Meditation-Related States of Consciousness." *Med Hypotheses* 75.2 (2010): 218-24.
- Ffytche, Dominic H. "The Hodology of Hallucinations." *Cortex* 44.8 (2008): 1067-83.
- Fried, I, C L Wilson et al. "Increased Dopamine Release in the Human Amygdala During Performance of Cognitive Tasks." *Nature Neuroscience* 4.2 (2001): 201-06.
- Garcia, G. "High Frequency Ssveps for Bci Applications." *Computer-Human Interaction* (2008)
- Garcia, Samuel, and Nicolas Fourcaud-Trocmé. "Openelectrophy: An Electrophysiological Data- and Analysis-Sharing Framework." *Front. Neuroinform.* 3 (2009): 14.
- Goldman, Nanna, Michael Chen et al. "Adenosine A1 Receptors Mediate Local Anti-Nociceptive Effects of Acupuncture." *Nature Neuroscience* 13.7 (2010): 883-88.
- Grandchamp, Romain, and Arnaud Delorme. "Neurotrip: A Framework for Bridging Between Open Source Software." (2010): 1-7.
- Gray, Marcus A, Ludovico Minati et al. "Physiological Recordings: Basic Concepts and Implementation During Functional Magnetic Resonance Imaging." *NeuroImage* 47.3 (2009): 1105-15.
- Griffiths, Rr, Wa Richards et al. "Mystical-Type Experiences Occasioned By Psilocybin Mediate the Attribution of Personal Meaning and Spiritual Significance 14 Months Later." *J Psychopharmacol (Oxford)* 22.6 (2008): 621-32.
- Gutkin, Boris, David Pinto, and Bard Ermentrout. "Mathematical Neuroscience: From Neurons to Circuits to Systems." *J Physiol Paris* 97.2-3 (2003): 209-19.
- Hagmann, Patric, Leila Camoun et al. "Mapping the Structural Core of Human Cerebral Cortex." *PLoS Biol* 6.7 (2008): e159.
- Halsband, U, S Mueller, and T Hinterberger .... "Plasticity Changes in the Brain in Hypnosis and Meditation." *Contemporary ...* (2009)
- Hankey, Alex. "Studies of Advanced Stages of Meditation in the Tibetan Buddhist and Vedic Traditions. I: A Comparison of General Changes." *Evid Based Complement Alternat Med* 3.4 (2006): 513-21.
- Harris, Sam, Jonas T Kaplan et al. "The Neural Correlates of Religious and Nonreligious Belief." *PLoS ONE* 4.10 (2009): e0007272.
- Haupt, S. "From Memory and Attention to Consciousness: Exploring Three Major Aspects of Cognitive Brain Functioning." *hss.ulb.uni-bonn.de* (2008)
- Hebert, R, and D Lehmann. "Theta Bursts: An Eeg Pattern in Normal Subjects Practising the Transcendental Meditation Technique." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 42.3 (1977): 397-405.
- Heilman, Kenneth M, Stephen E Nadeau, and David O Beversdorf. "Creative Innovation: Possible Brain Mechanisms." *Neurocase* 9.5 (2003): 369-79.

- Heinrich, Sven P. "Some Thoughts on the Interpretation of Steady-State Evoked Potentials." *Doc Ophthalmol* 120.3 (2010): 205-14.
- Herrmann, CS. "Human Eeg Responses to 1–100 Hz Flicker: Resonance Phenomena in Visual Cortex and Their Potential Correlation to Cognitive Phenomena." *Experimental Brain Research* 137.3 (2001): 346-53.
- Himelstein, Samuel. "Meditation Research: The State of the Art in Correctional Settings." *International journal of offender therapy and comparative criminology* (2010): .
- Hodgins, Holley S, and Kathryn C Adair. "Attentional Processes and Meditation." *Conscious Cogn* (2010): .
- Hopfinger, JB, SJ Luck, and SA Hillyard. "Selective Attention: Electrophysiological and Neuromagnetic Studies." *The cognitive neurosciences* 3 (2004)
- Huang, H-Y, and P-C Lo. "Eeg Dynamics of Experienced Zen Meditation Practitioners Probed By Complexity Index and Spectral Measure." *J Med Eng Technol* 33.4 (2009): 314-21.
- Hunt, H T, and C M Chefurka. "A Test of the Psychedelic Model of Altered States of Consciousness. The Role of Introspective Sensitization in Eliciting Unusual Subjective Reports." *Arch Gen Psychiatry* 33.7 (1976): 867-76.
- Hunter, M, R L L Smith et al. "The Australian Eeg Database." *Clin EEG Neurosci* 36.2 (2005): 76-81.
- Hyvärinen, A, and E Oja. "Independent Component Analysis: Algorithms and Applications." *Neural Netw* 13.4-5 (2000): 411-30.
- Jaakko Malmivuo & Robert Plonsey: Bioelectromagnetism - Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields, Oxford University Press, New York, 1995.
- Jacobs, Gregg D, and Richard Friedman. "Eeg Spectral Analysis of Relaxation Techniques." *Appl Psychophysiol Biofeedback* 29.4 (2004): 245-54.
- Jaseja, Harinder. "Eeg Fast Oscillations and Epileptogenesis During Meditation: Corroborative Empirical Evidence." *Epilepsy Behav* 18.1-2 (2010): 133.
- Josefsson, T, and A Broberg. "Meditators and Non-Meditators on Sustained and Executive Attentional Performance." *Mental Health* (2010)
- Jovanov, E. "On Spectral Analysis of Heart Rate Variability During Very Slow Yogic Breathing." *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 3 (2005): 2467-70.
- Jovanov, E. "On Methodology of Eeg Analysis During Altered States of Consciousness." (2010): 1-14.
- Jovanov, E, D Starcevic et al. "Perceptualization of Biomedical Data. An Experimental Environment for Visualization and Sonification of Brain Electrical Activity." *IEEE Eng Med Biol Mag* 18.1 (1999): 50-55.
- Jung, T P, S Makeig et al. "Removing Electroencephalographic Artifacts By Blind Source Separation." *Psychophysiology* 37.2 (2000): 163-78.
- Kable, Joseph W, and Paul W Glimcher. "The Neurobiology of Decision: Consensus and Controversy." *Neuron* 63.6 (2009): 733-45.
- Kapogiannis, Dimitrios, Aron K Barbey et al. "Neuroanatomical Variability of Religiosity." *PLoS ONE* 4.9 (2009): e7180.

- Kapogiannis, Dimitrios, Aron K Barbey et al. “Cognitive and Neural Foundations of Religious Belief.” *Proc Natl Acad Sci USA* 106.12 (2009): 4876-81.
- Kasamatsu, A, and T Hirai. “An Electroencephalographic Study on the Zen Meditation (Zazen).” *Folia Psychiatr Neurol Jpn* 20.4 (1966): 315-36.
- Keitel, Christian, Søren K Andersen, and Matthias M Müller. “Competitive Effects on Steady-State Visual Evoked Potentials With Frequencies in- and Outside the Alpha Band.” *Exp Brain Res* 205.4 (2010): 489-95.
- Khare, K C, and S K Nigam. “A Study of Electroencephalogram in Meditators.” *Indian J Physiol Pharmacol* 44.2 (2000): 173-78.
- Kinoshita, K. “[A Study on Response of Eeg During Zen Meditation--Alpha-Blocking to Name Calling (Author’s Transl)].” *Seishin Shinkeigaku Zasshi* 77.9 (1975): 623-58.
- Klem, G H, H O Lüders et al. “The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology.” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 52(1999):3-6.
- Klimesch, W. “Eeg Alpha and Theta Oscillations Reflect Cognitive and Memory Performance: A Review and Analysis.” *Brain Res Brain Res Rev* 29.2-3 (1999): 169-95.
- Knox, S S. “Effect of Passive Concentration as Instructional Set for Training Enhancement of Eeg Alpha.” *Percept Mot Skills* 51.3 Pt 1 (1980): 767-75.
- Kubota, Y, W Sato et al. “Frontal Midline Theta Rhythm is Correlated With Cardiac Autonomic Activities During the Performance of an Attention Demanding Meditation Procedure.” *Brain Res Cogn Brain Res* 11.2 (2001): 281-87.
- Lagopoulos, Jim, Jian Xu et al. “Increased Theta and Alpha Eeg Activity During Nondirective Meditation.” *J Altern Complement Med* 15.11 (2009): 1187-92.
- Langlitz, Nicolas. “The Persistence of the Subjective in Neuropsychopharmacology: Observations of Contemporary Hallucinogen Research.” *Hist Human Sci* 23.1 (2010): 37-57.
- Lee, M S, M H Pittler, and E Ernst. “Effects of Reiki in Clinical Practice: A Systematic Review of Randomised Clinical Trials.” *International Journal of Clinical Practice* 62.6 (2008): 947-54.
- Lehmann, D, P L Faber et al. “Brain Sources of Eeg Gamma Frequency During Volitionally Meditation-Induced, Altered States of Consciousness, and Experience of the Self.” *Psychiatry Res* 108.2 (2001): 111-21.
- Lin, Chin-Teng, Ruei-Cheng Wu et al. “Estimating Driving Performance Based on Eeg Spectrum Analysis.” *EURASIP Journal on Applied Signal Processing* 19 (2005): 3165-74.
- Litscher, G, G Wenzel et al. “Effects of Qigong on Brain Function.” *Neurol Res* 23.5 (2001): 501-05.
- Liu, C, and P Lo. “Investigation of Spatial Characteristics of Meditation Eeg Using Wavelet Analysis and Fuzzy Classifier.” *Proceedings of the fifth IASTED International ...* (2007)
- Lo, Pei-Chen, Ming-Liang Huang, and Kang-Ming Chang. “Eeg Alpha Blocking Correlated With Perception of Inner Light During Zen Meditation.” *Am J Chin Med* 31.4 (2003): 629-42.

- Lutz, A, H Slagter et al. “Attention Regulation and Monitoring in Meditation.” *Trends in cognitive sciences* (2008)
- Lutz, Antoine, Julie Brefczynski-Lewis et al. “Regulation of the Neural Circuitry of Emotion By Compassion Meditation: Effects of Meditative Expertise.” *PLoS ONE* 3.3 (2008): e1897.
- Lutz, Antoine, Lawrence L Greischar et al. “Long-Term Meditators Self-Induce High-Amplitude Gamma Synchrony During Mental Practice.” *Proc Natl Acad Sci USA* 101.46 (2004): 16369-73.
- Makeig, Scott. “Independent Component Analysis of Simulated Erp Data.” (2011): 1-24.
- Makeig, Scott, Stefan Debener et al. “Mining Event-Related Brain Dynamics.” *Trends in cognitive sciences* 8.5 (2004): 204-10.
- Makeig, Scott, Arnaud Delorme et al. “Electroencephalographic Brain Dynamics Following Manually Responded Visual Targets.” *PLoS Biol* 2.6 (2004): e176.
- Manna, Antonietta, Antonino Raffone et al. “Neural Correlates of Focused Attention and Cognitive Monitoring in Meditation.” *Brain Res Bull* 82.1-2 (2010): 46-56.
- Manoilov, Plamen. “Eeg Power Spectrum Analysis During Mental Task Performance.” (2006): 1-6.
- Mason, L I, C N Alexander et al. “Electrophysiological Correlates of Higher States of Consciousness During Sleep in Long-Term Practitioners of the Transcendental Meditation Program.” *Sleep* 20.2 (1997): 102-10.
- Mason, Oliver J, and Francesca Brady. “The Psychotomimetic Effects of Short-Term Sensory Deprivation.” *J Nerv Ment Dis* 197.10 (2009): 783-85.
- Merlin, MD. “Archaeological Evidence for the Tradition of Psychoactive Plant Use in the Old World.” *Econ Bot* 57.3 (2003): 295-323.
- Müller-Putz, Gernot R, Reinhold Scherer et al. “Steady-State Visual Evoked Potential (Ssvep)-Based Communication: Impact of Harmonic Frequency Components.” *J. Neural Eng.* 2.4 (2005): 123-30.
- Negrao, B L, and M Viljoen. “Neural Correlates of Consciousness.” *Afr J Psychiatry (Johannesbg)* 12.4 (2009): 265-69.
- Newberg, A, A Alavi et al. “The Measurement of Regional Cerebral Blood Flow During the Complex Cognitive Task of Meditation: A Preliminary Spect Study.” *Psychiatry Res* 106.2 (2001): 113-22.
- Newberg, A B, and J Iversen. “The Neural Basis of the Complex Mental Task of Meditation: Neurotransmitter and Neurochemical Considerations.” *Med Hypotheses* 61.2 (2003): 282-91.
- Newberg, Andrew B, Nancy Wintering et al. “Meditation Effects on Cognitive Function and Cerebral Blood Flow in Subjects With Memory Loss: A Preliminary Study.” *J Alzheimers Dis* 20.2 (2010): 517-26.
- Nichols, David E. “Hallucinogens.” *Pharmacol Ther* 101.2 (2004): 131-81.
- Ochoa, Jorge Baztarrica. “Eeg Signal Classification for Brain Computer Interface Applications.” (2002): 1-72.
- Pagnoni, Giuseppe, Milos Cekic, and Ying Guo. “Thinking About Not-Thinking”: Neural Correlates of Conceptual Processing During Zen Meditation.” *PLoS ONE* 3.9 (2008): e3083.
- Panicker, Rajesh C, Sadasivan Puthuserypady et al. “Asynchronous P300 Bci: Ssvep-Based Control State Detection.” (2010): 1-5.

- Panjwani, U, W Selvamurthy et al. “Effect of Sahaja Yoga Meditation on Auditory Evoked Potentials (Aep) and Visual Contrast Sensitivity (Vcs) in Epileptics.” *Appl Psychophysiol Biofeedback* 25.1 (2000): 1-12.
- Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M., & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: A new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of Psychophysiology*, 18(1), 49-65
- Piazza, Manuela, Philippe Pinel et al. “A Magnitude Code Common to Numerosities and Number Symbols in Human Intraparietal Cortex.” *Neuron* 53.2 (2007): 293-305.
- Qin, Zhen, Yi Jin et al. “A Forty-Five Year Follow-Up Eeg Study of Qigong Practice.” *Int J Neurosci* 119.4 (2009): 538-52.
- Raffone, A, and N Srinivasan. “The Exploration of Meditation in the Neuroscience of Attention and Consciousness.” *Cogn Process*
- Ranta-aho, PO, MT Tarvainen et al. “Single Trial Analysis of Event Related Potentials – Sensitivity of the Subspace Regularization Based Methods to the Value of Regularization Parameter.” (2010): 1-2.
- Santhosh, Jayashree, Gracee, Agrawal et al. “Spatio-Temporal Eeg Spectral Analysis of Shambhavi Maha Mudra Practice in Isha Yoga.” (2007): 1-6.
- Schjoedt, Uffe, Hans Stødkilde-Jørgensen et al. “The Power of Charisma-- Perceived Charisma Inhibits the Frontal Executive Network of Believers in Intercessory Prayer.” *Social Cognitive and Affective Neuroscience* (2010): .
- Selimbeyoglu, Aslihan, and Josef Parvizi. “Electrical Stimulation of the Human Brain: Perceptual and Behavioral Phenomena Reported in the Old and New Literature.” *Front. Hum. Neurosci.* 4 (2010): 46.
- Severtsen, B, and M A Bruya. “Effects of Meditation and Aerobic Exercise on Eeg Patterns.” *J Neurosci Nurs* 18.4 (1986): 206-10.
- Sheth, Bhavin R, Simone Sandkühler, and Joydeep Bhattacharya. “Posterior Beta and Anterior Gamma Oscillations Predict Cognitive Insight.” *J Cogn Neurosci* 21.7 (2009): 1269-79.
- Sim, M K, and W F Tsoi. “The Effects of Centrally Acting Drugs on the Eeg Correlates of Meditation.” *Biofeedback Self Regul* 17.3 (1992): 215-20.
- Slagter, Heleen A, Antoine Lutz et al. “Theta Phase Synchrony and Conscious Target Perception: Impact of Intensive Mental Training.” *J Cogn Neurosci* 21.8 (2009): 1536-49.
- Slotnick, Scott D. “High Density Event-Related Potential Data Acquisition in Cognitive Neuroscience.” *J Vis Exp* 38 (2010)
- Srinivasan, N, and S Baijal. “Concentrative Meditation Enhances Preattentive Processing: A Mismatch Negativity Study.” *Neuroreport* (2007)
- Stigsby, B, J C Rodenberg, and H B Moth. “Electroencephalographic Findings During Mantra Meditation (Transcendental Meditation). A Controlled, Quantitative Study of Experienced Meditators.” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 51.4 (1981): 434-42.
- Stuckey, David E, Robert Lawson, and Luis Eduardo Luna. “Eeg Gamma Coherence and Other Correlates of Subjective Reports During Ayahuasca Experiences.” *J Psychoactive Drugs* 37.2 (2005): 163-78.
- Subha, D Puthankattil, Paul K Joseph et al. “Eeg Signal Analysis: A Survey.” *J Med Syst* 34.2 (2010): 195-212.

- Tagini, Angela, and Antonino Raffone. “The ‘I’ and the ‘Me’ in Self-Referential Awareness: A Neurocognitive Hypothesis.” *Cogn Process* 11.1 (2010): 9-20.
- Takahashi, Tetsuya, Tetsuhito Murata et al. “Changes in Eeg and Autonomic Nervous Activity During Meditation and Their Association With Personality Traits.” *Int J Psychophysiol* 55.2 (2005): 199-207.
- Tallon, C, O Bertrand et al. “Gamma-Range Activity Evoked By Coherent Visual Stimuli in Humans.” *Eur J Neurosci* 7.6 (1995): 1285-91.
- Tallon-Baudry, C, O Bertrand et al. “Stimulus Specificity of Phase-Locked and Non-Phase-Locked 40 Hz Visual Responses in Human.” *J Neurosci* 16.13 (1996): 4240-49.
- Tambiev, A E, and S D Medvedev. “The Dynamics of the Spatial Synchronization of Brain Biopotentials in Conditions of Intense Attention in the Hypnotic State.” *Neurosci Behav Physiol* 35.6 (2005): 643-47.
- Tassi, P, and A Muzet. “Defining the States of Consciousness.” *Neurosci Biobehav Rev* 25.2 (2001): 175-91.
- Tei, Shisei, Pascal L Faber et al. “Meditators and Non-Meditators: Eeg Source Imaging During Resting.” *Brain Topogr* 22.3 (2009): 158-65.
- ter Meulen, B C, D Tavy, and B C Jacobs. “From Stroboscope to Dream Machine: A History of Flicker-Induced Hallucinations.” *Eur Neurol* 62.5 (2009): 316-20.
- Tononi, Giulio. “Consciousness as Integrated Information: a Provisional Manifesto.” *Biol.Bull.* 215 (2008): 216-42.
- Travis, F. “Autonomic and Eeg Patterns Distinguish Transcending From Other Experiences During Transcendental Meditation Practice.” *Int J Psychophysiol* 42.1 (2001): 1-9.
- Travis, Fred, David A F Haaga et al. “A Self-Referential Default Brain State: Patterns of Coherence, Power, and Eloreta Sources During Eyes-Closed Rest and Transcendental Meditation Practice.” *Cogn Process* 11.1 (2010): 21-30.
- Travis, Fred, and Jonathan Shear. “Focused Attention, Open Monitoring and Automatic Self-Transcending: Categories to Organize Meditations From Vedic, Buddhist and Chinese Traditions.” *Conscious Cogn* (2010): .
- Travis, Fred, Joe Tecce et al. “Patterns of Eeg Coherence, Power, and Contingent Negative Variation Characterize the Integration of Transcendental and Waking States.” *Biol Psychol* 61.3 (2002): 293-319.
- Urgesi, Cosimo, Salvatore M Aglioti et al. “The Spiritual Brain: Selective Cortical Lesions Modulate Human Self-Transcendence.” *Neuron* 65.3 (2010): 309-19.
- Vialatte, François B, Hovagim Bakardjian et al. “Eeg Paroxysmal Gamma Waves During Bhramari Pranayama: A Yoga Breathing Technique.” *Conscious Cogn* 18.4 (2009): 977-88.
- Vollenweider, Franz X, and Michael Kometer. “The Neurobiology of Psychedelic Drugs: Implications for the Treatment of Mood Disorders.” *Nat Rev Neurosci* 11.9 (2010): 642-51.
- West, M A. “Meditation and the Eeg.” *Psychol Med* 10.2 (1980): 369-75.
- Williams, P, and M West. “Eeg Responses to Photic Stimulation in Persons Experienced At Meditation.” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 39.5 (1975): 519-22.

- Wu, Zhenghua, and Dezhong Yao. “The Influence of Cognitive Tasks on Different Frequencies Steady-State Visual Evoked Potentials.” *Brain Topogr* 20.2 (2007): 97-104.
- Yamamoto, Shin, Yoshihiro Kitamura et al. “Medial Profrontal Cortex and Anterior Cingulate Cortex in the Generation of Alpha Activity Induced By Transcendental Meditation: A Magnetoencephalographic Study.” *Acta Med Okayama* 60.1 (2006): 51-58.
- Yuval-Greenberg, Shlomit, Orr Tomer et al. “Transient Induced Gamma-Band Response in Eeg as a Manifestation of Miniature Saccades.” *Neuron* 58.3 (2008): 429-41.
- Zeidan, Fadel, Susan K Johnson et al. “Mindfulness Meditation Improves Cognition: Evidence of Brief Mental Training.” *Conscious Cogn* 19.2 (2010): 597-605.
- Zhang, W, R Zheng et al. “An Observation on Flash Evoked Cortical Potentials and Qigong Meditation.” *Am J Chin Med* 21.3-4 (1993): 243-49.
- Zhou, Weidong, Jin Zhou et al. “Removing Eye Movement and Power Line Artifacts From the Eeg Based on Ica.” *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 6 (2005): 6017-20.

## **Δημοσιεύσεις**



# **Short term effects Of Himalayan Tradition Yoga meditation in a multi-subject SSVEP study.**

N.Karalis<sup>1</sup>, I.S.Karanasiou<sup>2</sup>, C.Braboscz<sup>3</sup>, N.K.Uzunoglu<sup>2</sup>

1. School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens
2. School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens
3. CERCO, French National Research Center (CNRS), Toulouse, France

**Presented at the Breaking Convention – A Multidisciplinary Conference on Psychedelic Consciousness.**

## **Abstract :**

Himalayan Tradition Yoga is a meditation technique including both mental and physical exercises. In this study a Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP) experiment was performed during meditation and control states. Data of 10 meditators and 10 control states were analyzed and the difference in power activation as well as scalp topography maps between the two states, were studied.

We conclude that there is a possible alteration of the sensory processing during and shortly after practicing meditation. Studies including meditators can be an important factor in understanding the brain's attentional functions and help improve the quality of the clinical Brain Computer Interface applications.

**Keywords :** meditation, Himalayan Tradition, SSVEP, altered states of consciousness, brainwave entrainment

# **Effects of Himalayan Tradition meditation during a Steady-State Visual Evoked Potentials study**

N.Karalis<sup>1</sup>, I.S.Karanasiou<sup>2</sup>, C.Braboszcz<sup>3</sup>, N.K.Uzunoglu<sup>2</sup>

1. School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens
2. School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens
3. CERCO, French National Research Center (CNRS), Toulouse, France

**Accepted as a poster presentation at the 2011 Meeting of the Society of Applied Neurosciences.**

## **Abstract :**

The study of the human brain during the altered states of consciousness induced by various techniques is an important tool in the search of man for the neural correlates of consciousness. Meditation is one of the most prominent and accessible paths to achieve entering these states of consciousness in a stable and gradual manner.

In the experiment presented herein, five long-term meditators and five control subjects with no prior experience with meditation were selected. They were instructed to either meditate for half an hour or let their mind wander freely in past neutral autobiographic memories, depending on the condition chosen in each trial, and following that they were exposed to a screen flickering in various frequencies. This flickering is inducing a response of the neurons in the visual cortex at the frequency of the stimuli.

The data recorded were subjected to automated and manual filtering and preprocessing. The artifact removal process included analyzing the channels into independent components and rejecting the components that corresponded to the various artifacts. Following the preprocessing, the data were split and the analysis was carried out for the 20 Hz frequency for the external stimulus. Spectral analysis was performed for different frequency bands and parametric statistics tests, as well as random statistics tests, were run between the conditions and the groups.

An important differentiation in the total power between the two groups was observed as well as a clear amplification of the external stimulus (20 Hz) and its subharmonic (10 Hz) which is an indication of the brainwave entrainment that occurs. An important difference in the occipital alpha and central gamma electrodes was noticed, which where explained in the basis of the difference in experience and the resulting effectiveness of meditation between the two groups.

**Keywords :** meditation, Himalayan Tradition, SSVEP, altered states of consciousness, brainwave entrainment

# Short term effects of Vipassanā meditation in a single subject SSVEP study

N.Karalis<sup>1</sup>, I.S.Karanasiou<sup>2</sup>, N.K.Uzunoglu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens

<sup>2</sup>School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens

E-mail: nikolaskaralis@gmail.com

## Abstract

Vipassanā, a Buddhist practice of meditation, is the base of the modern mindfulness meditation techniques used for stress relief and is gaining significant clinical value. In this study a Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP) experiment was performed during meditation and control states. Data of a single meditator were analyzed and a difference in power activation as well as scalp topography between the two states was observed. Nevertheless, larger datasets should be analyzed in order to assess any short term effects of meditation.

**Keywords :** Electroencephalography (EEG), Meditation, Vipassana, Altered States of Consciousness (ASC), Steady-State Visual Evoked Potentials (SSVEPs)

## 1. Introduction

Vipassanā is a Buddhist practice of meditation, with the name meaning insight into Śūnyatā and Dharmatā (simplistically translated as nothing and suchness). Vipassanā is one of the most ancient meditation techniques coming directly from Gautama Buddha. It is the base of the modern mindfulness meditation techniques used for stress relief and is gaining significant clinical value [1][2][3].

In this study, the practitioner was of the Theravāda tradition, taught in the tradition of S.N. Goenka (which taught in the tradition of the late Sayagyi U Ba Khin of Burma) [2][4]. In Theravāda tradition the practitioner is performing samadhi (concentration) in order to enter the Jhānas, the four meditative states, in which the Buddha

entered before passing away, after rising from the fourth Jhāna. In this case, the Ānāpānasati (mindfulness breathing) is used, as a fundamental form of meditation from the subject [1].

The practitioner develops greater awareness and reduced automatic reaction to external stimulation through focusing in the present and scanning the body from top to bottom continuously and focusing his attention in the various sensations of each part. He avoids reacting, mentally or emotionally to the experiences, acting as a passive and detached observer [2].

In this study a Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP) experiment was performed, in which the subject was seated in front of a monitor flashing in specific frequencies. This is usually done in order to achieve an effect in which the brain is hypothesized to have the tendency of changing its dominant frequency following the frequency of a dominant external stimuli [5][7][8].

The SSVEPs were estimated during two states; meditation and control states. Meditation was performed as previously discussed with the Vipassanā technique while the control state was one in which the mind was wandering freely in past memories, thus mimicking the normal everyday state of mind [2].

Based on the well documented but not systematically examined long term effects of the various meditation techniques and specifically the Vipassanā practice, which among others include enhanced awareness and reduced automatic reactivity, it was hypothesized that a short term effect could be observed, as a difference in brain activation between the meditation and the control state.

## 2. Methods

### 2.1. Description of the experiment

The experiment consisted of the subject sitting in his preferred posture on a cushion in front of a monitor (the distance to the monitor was 70 cm). Two recording sessions took place, with the meditator being in two different states.

In the control neutral thinking state, the subject was asked to let his mind wander freely and in order to avoid slipping into a meditative state, to think of emotionally neutral past events, thus being mentally active for 21 minutes.

In the meditation state, the meditator was asked to meditate using his preferred technique (Vipassanā) for 21 minutes. Afterwards, the monitor started flashing in 6 different frequencies starting after about a minute and lasting 20 seconds for each frequency. Between each frequency session, there were 2 seconds of no monitor activity.

In total each recording lasted about 3.5 minutes. The frequencies were : 18.66 Hz, 12.41 Hz, 9.32 Hz, 7.45 Hz, 5.35 Hz, 3.39 Hz. Between the two recording sessions, the subjects had the chance to stand and stretch.

### 2.2. Participants

The meditator was a 38 years old Indian male, practicing Vipassanā meditation for 28 years. The subject meditated in the first trial, and was thinking in the second. The recordings took place at the Meditation Research Institute in Rishikesh, Uttrakhand, India [9].

### 2.3. Recording conditions and setting

The recordings were performed in a partially electrically shielded and sound proof room. EEG was recorded with a 72-channel BioSemi Active-2 system at a sampling frequency of 1024 Hz. 64 electrodes were placed on the scalp. The electrode placement was based on the standard 10-5 system [9].

The two balanced linked earlobes were used as a reference, with the ground at the forehead.

For the eye movement (EOG) activity assessment, 4 electrodes were placed at the outer canthi and above/below the left eye in line with the pupil for vertical EOG monitoring using bipolar reference.



**Fig. 1** One of the subjects meditating during a recording session.

For the electrocardiogram (EKG), an electrode placed on the collar bone was used.

EEGLAB was used for the preprocessing and the data analysis [10].

The Matlab Psychophysics Toolbox was used to generate millisecond-precision auditory and visual stimuli [11][12][13].

### 2.2 Preprocessing

A high pass filter of 1 Hz was used to remove the DC offset and other low trends. A notch filter removed the 45-55 Hz frequencies to remove the line noise.

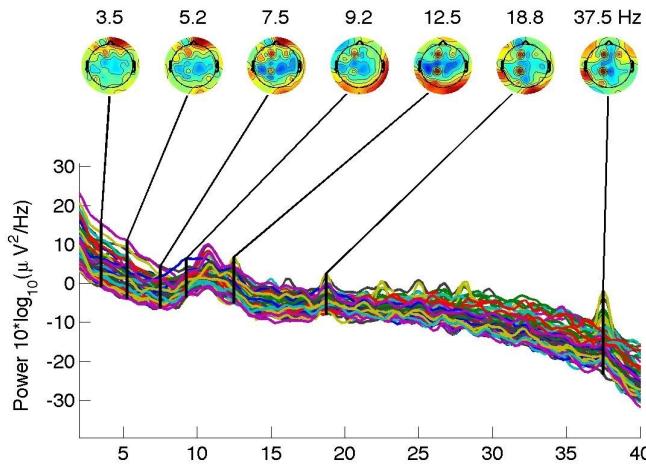
After applying the filters, the dataset was downsampled to 256 Hz.

For further artifact rejection, the ICA method was used, removing mainly the eye movement and blinks [14] [15][16].

## 3. Results

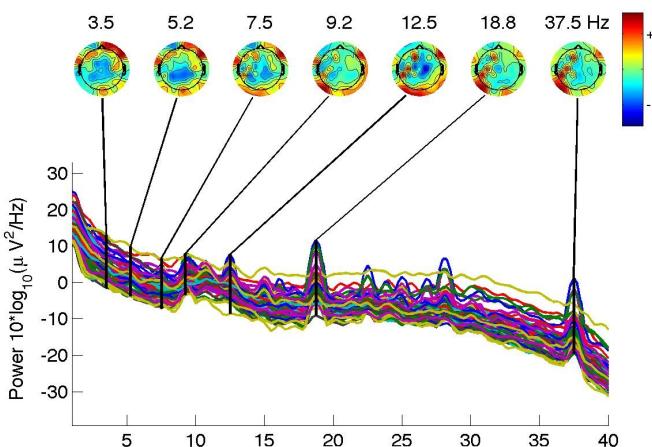
After performing spectrum analysis on all the electrodes and for both the meditation (Fig. 3) and the control states (Fig. 2), the peaks of the spectrum on the stimuli frequencies are observed in both cases.

Also, the scalp topographic maps were also calculated (Figs. 4 and 5). In the meditation state, the power of the signal of each electrode is much higher on those frequencies than in the control state, by comparing the power values at stimuli frequency peaks for both states.



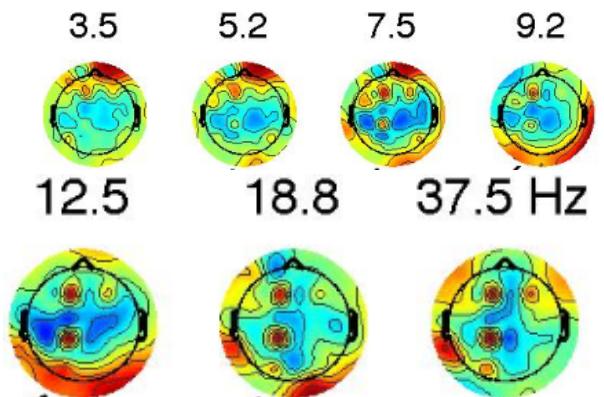
**Fig 2.** The power spectrum for all electrodes is displayed for the control state.

Another observation is the clear existence of many harmonics of the flash frequencies in the power spectrum, where they show high power gain. The above phenomenon becomes more intense as the frequencies become higher which is obvious for example in the case of the 37.5 Hz, which is the first harmonic of the 18.8 Hz frequency.

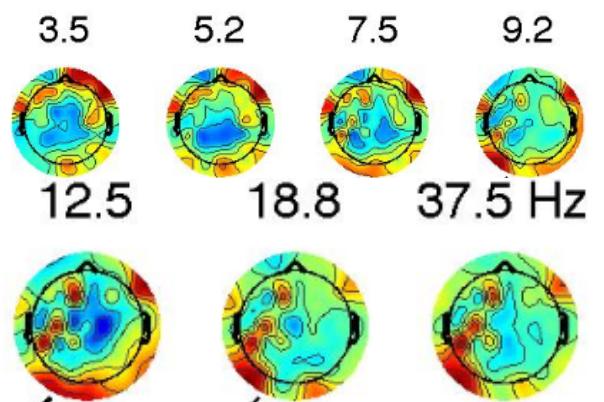


**Fig 3.** The power spectrum for all electrodes is displayed for the meditation state.

By observation of the corresponding scalp activation maps (Figs. 4, Fig. 5), it is concluded that occipital electrodes have large power peak values as expected. Large power values are also observed at frontal electrodes, mainly at the left side of the scalp at both states. Similar activation is observed at electrodes behind the centreline of the scalp on the left side once more. This is observed at both states. Nevertheless, the number of electrodes for the latter topology is increased for the meditation state showing activation at a larger scalp area, as frequency increases.



**Fig 4.** The scalp maps for each of the stimuli frequencies for the control state.



**Fig 5.** The scalp maps for each of the stimuli frequencies for the meditation state.

## 4. Discussions and Conclusions

The above results, show that there is a possible alteration of the sensory processing during and shortly after practicing meditation, which can be expected if we take into account past studies and the general hypothesis regarding the enhanced mental and stimuli awareness and the reduced automated reactivity which follows the practice of Vipassanā [4].

The analysis however was performed on a single subject, which makes the study prone to errors. A study with more subjects, including control non-meditators subjects, would be more helpful in showing clearly the short term effects of the Vipassanā meditation technic [17]. SSVEP is a technique widely used in the brain-computer interfaces (BCI) and relevant clinical applications. Studies including meditators can be an important factor in understanding the brain's attentional functions, which is the basis behind BCI applications [18][19].

## Acknowledgments

The data for this study where provided by Dr. Arnaud Delorme to whom the authors are grateful. We also thank Claire Braboszcz and Romain Grandchamp for their help and support.

## 5. References

- [1] Braboszcz, C., Hahusseau, S., Delorme, A. (2009) Meditation and Neuroscience: from basic research to clinical practice. In "Integrative Clinical Psychology, Psychiatry and Behavioral Medicine: Perspectives, Practices and Research". Editor: R. Carlstedt. Springer Publishing.
- [2] Cahn, R., Delorme, A., Polish, J. (2010) Occipital gamma activation during Vipassana meditation. Cognitive processing. 11(1):39-56.
- [3] "Vipashyana," by Reginald A. Ray. Buddhadharma: The Practitioner's Quarterly, Summer 2004
- [4] Hart W (1987) The art of living: Vipassana meditation as taught by Goenka SN New York: HarperOne
- [5] Williams and West. EEG responses to photic stimulation in persons experienced at meditation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol (1975) vol. 39 (5) pp. 519-22
- [6] Wu and Yao. The influence of cognitive tasks on different frequencies steady-state visual evoked potentials. Brain Topogr (2007) vol. 20 (2) pp. 97-104
- [7] Makeig et al. Electroencephalographic brain dynamics following manually responded visual targets. PLoS Biol (2004) vol. 2 (6) pp. E176
- [8] Makeig et al. Electroencephalographic brain dynamics following manually responded visual targets. PLoS Biol (2004) vol. 2 (6) pp. E176
- [9] <http://www.meditationresearchinstitute.org/>
- [10] Delorme and Makeig. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. Journal of Neuroscience Methods (2004) vol. 134 (1) pp. 9-21
- [11] Brainard, D. H. (1997) The Psychophysics Toolbox, Spatial Vision 10:433-436.
- [12] Pelli, D. G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, Spatial Vision 10:437-442.
- [13] Kleiner M, Brainard D, Pelli D, 2007, "What's new in Psychtoolbox-3?" Perception 36 ECPV Abstract Supplement.
- [14] Delorme et al. Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. NeuroImage (2007) vol. 34 (4) pp. 1443-9
- [15] Zhou et al. Removing eye movement and power line artifacts from the EEG based on ICA. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc (2005) vol. 6 pp. 6017-20
- [16] Jung et al. Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. Psychophysiology (2000) vol. 37 (2) pp. 163-78
- [17] Cahn and Polich. Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. Psychol Bull (2006) vol. 132 (2) pp. 180-211
- [18] Grandchamp and Delorme. NeuroTRIP: a framework for bridging between open source software. (2010) pp. 1-7
- [19] Huxley, A. (1954) The doors of perception/heaven and hell. New York: Harper & Row, 1963 edition.

# Short term effects of Vipassanā meditation in a single subject SSVEP study

N.Karalis<sup>1</sup>, I.S.Karanasiou<sup>2</sup>, N.K.Uzunoglu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Applied Mathematical and Physical Sciences

<sup>2</sup>School of Electrical and Computer Engineering

National Technical University of Athens

**Abstract**—Vipassanā, a Buddhist practice of meditation, is the base of the modern mindfulness meditation techniques used for stress relief and is gaining significant clinical value. In this study a Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP) experiment was performed during meditation and control states. Data of a single meditator were analyzed and a difference in power activation as well as scalp topography maps between the two states, were studied. Nevertheless, larger datasets should be analyzed in order to assess any short term effects of meditation.

## Introduction

Vipassanā is a Buddhist practice of meditation, with the name meaning insight into Śūnyatā and Dharmatā (simplistically translated as nothing and suchness). It is one of the most ancient meditation techniques coming directly from Gautama Buddha and the base of the modern mindfulness meditation techniques used for stress relief.



The practitioner develops greater awareness and reduced automatic reaction to external stimulation through focusing on the present and by scanning the body from top to bottom continuously and focusing his attention on the various sensations of each body part. He avoids reacting, mentally or emotionally to the experiences, acting as a passive and detached observer.

## Methods

In this study a Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP) experiment was performed, in which the subject was seated in front of a monitor flashing at specific frequencies. This is usually done in order to achieve an effect in which the brain is hypothesized to have the tendency of changing its dominant frequency following the frequency of a dominant external stimuli.

The SSVEPs were estimated during two states; meditation and control states. Meditation was performed as previously discussed with the Vipassanā technique while the control state was one in which the mind was wandering freely in past memories, thus mimicking the normal everyday state of mind.

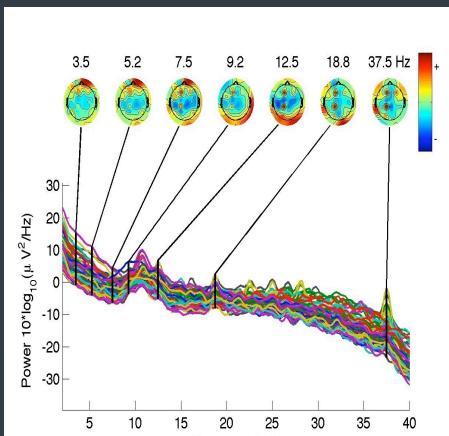


Fig.1 - Control state

## Results

After performing spectrum analysis on all the electrodes and for both the meditation and the control states, the peaks of the spectrum on the stimuli frequencies are observed in both cases (Fig.1, 2).

Also, the scalp topographic maps were calculated. In the meditation state, the power of the signal of each electrode is much higher at the flash frequencies compared to the control state, by comparing the power values at stimuli frequency peaks for both states.

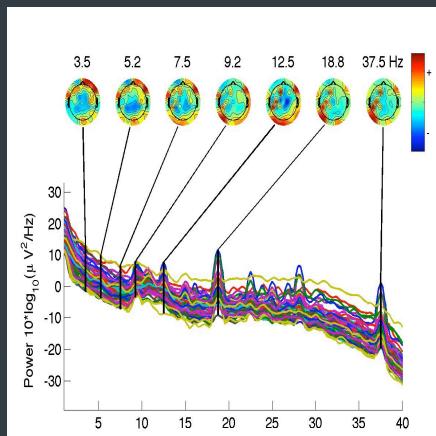


Fig.2 - Meditation state

Another observation is the existence of many harmonics of the flash frequencies in the power spectrum, where high power gain occurs. The above phenomenon becomes more intense as the frequencies become higher. By observation of the corresponding scalp activation maps, it is concluded that occipital electrodes have large power peak values as expected.

Large power values are also observed at frontal electrodes, mainly at the left side of the scalp at both states. Similar activation is observed at electrodes behind the centreline of the scalp on the left side once more. Nevertheless, the number of electrodes for the latter topology is increased for the meditation state showing activation at a larger scalp area, as frequency increases.

## Discussion and Conclusions

The above results, show that there is a possible alteration of the sensory processing during and shortly after practicing meditation, which can be expected if we take into account past studies and the general hypothesis regarding the enhanced mental and stimuli awareness and the reduced automated reactivity which follows the practice of Vipassanā.

SSVEP is a technique widely used in the brain-computer interfaces (BCI) and relevant clinical applications. Studies including meditators can be an important factor in understanding the brain's attentional functions, which is the basis behind BCI applications.