

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Πριοβόλου Ι. Χρυσή

**«Διαφυλική διαφοροποίηση και γνωστικές δεξιότητες σε
εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα»**

Διδακτορική διατριβή

Ιωάννινα 2014

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή

- 1 **Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 2 **Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 3 **Σπύρος Κονιτσιώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Ιατρικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**

Επταμελής εξεταστική επιτροπή

- 1 **Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 2 **Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 3 **Σπύρος Κονιτσιώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Ιατρικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 4 **Αναστάσιος Εμβαλωτής, Αναπληρωτής Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 5 **Δημήτριος Μαυρίδης, Λέκτορας Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων**
- 6 **Παναγιώτης Πιντέλας, Καθηγητής Τμήματος Μαθηματικών Πανεπιστημίου Πατρών**
- 7 **Αθανάσιος Τζιμογιάννης, Καθηγητής Τμήματος Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	7 σελ.
Abstract.....	9 σελ.
Ευχαριστίες.....	10 σελ.
Κεφάλαιο 1: Διαφυλικές διαφορές και γνωστικές δεξιότητες.....	13 σελ.
Εισαγωγή.....	13 σελ.
1.1 Ψυχολογικές- Συμπεριφορικές μελέτες.....	16 σελ.
1.2 Γνωστικές Διαφυλικές διαφορές με χρήση του ερευνητικού εργαλείου της Εικονικής Πραγματικότητας.....	28 σελ.
1.3 Βιοχημική – Ανατομική προσέγγιση.....	32 σελ.
1.4 Νευροαπεικονιστικές μελέτες.....	38 σελ.
Σύνοψη.....	55 σελ.
Κεφάλαιο 2: Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία.....	57 σελ.
Εισαγωγή.....	57 σελ.
2.1 Παραγωγή ηλεκτροεγκεφαλογραφίας και εγκεφαλική φυσιολογία.....	58 σελ.
2.2 Ηλεκτροεγκεφαλογραφία	64 σελ.
2.3 Τρόποι τοποθέτησης των ηλεκτροδίων.....	70 σελ.
2.4 Χαρακτηριστικά ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και ΗΕΓ ρυθμοί.....	73 σελ.
2.5 Η Χρησιμότητα του ΗΕΓ	80 σελ.
2.6 Προβλήματα στην εφαρμογή ΗΕΓ	81 σελ.
2.7 Προ- επεξεργασία και ποσοτική ανάλυση των ΗΕΓ σημάτων.....	86 σελ.
2.8 Χαρτογράφηση εγκεφάλου με χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.....	93 σελ.
2.9 Τοπολογική ανάλυση του ΗΕΓ.....	95 σελ.
Σύνοψη.....	96 σελ.

Κεφάλαιο 3: Γνωστικές διεργασίες και ΗΕΓ.....	97 σελ.
Εισαγωγή.....	97 σελ.
3.1 Ιστορικό πλαίσιο σύνδεσης γνωστικών διεργασιών και εγκεφαλικής δραστηριότητας.....	99 σελ.
3.2 Εγκεφαλικοί ρυθμοί και γνωστικές διεργασίες.....	102 σελ.
Σύνοψη.....	127 σελ.

Κεφάλαιο 4: Εκπαιδευτικά Εικονικά Περιβάλλοντα και Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Εισαγωγή.....	128 σελ.
4.1 Εγκεφαλική λειτουργία κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ.....	131 σελ.
4.2 ΗΕΓ, γνωστικές δεξιότητες και ΕΠ.....	136 σελ.
4.2.1 Οπτικές δεξιότητες.....	136 σελ.
4.2.2 Αντίληψη της κίνησης.....	139 σελ.
4.2.3 Χωρική αντίληψη.....	140 σελ.
4.2.4 Αίσθηση της παρουσίας.....	143 σελ.
4.2.5 Προσοχή.....	145 σελ.
4.2.6 Αφή.....	145 σελ.
4.3 Διαφορές και ομοιότητες της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την παρατήρηση εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων.....	146 σελ.
4.4 Δυσκολίες κατά τη χρήση της μεθόδου ΗΕΓ σε ΕΠ.....	148 σελ.
4.5 Νευροανάδραση, Διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή και ΕΠ.....	149 σελ.
Σύνοψη.....	153 σελ.

Κεφάλαιο 5: Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση

Εισαγωγή.....	154 σελ.
5.1 Εικονική Πραγματικότητα, Εκπαιδευτική διαδικασία και μάθηση	155 σελ.

Κεφάλαιο 6: Μεθοδολογία Έρευνας.....	176 σελ.
Εισαγωγή.....	176 σελ.
6.1 Πιλοτική μελέτη.....	177 σελ.
6.1.1 Στόχοι	177 σελ.
6.1.2 Δείγμα.....	177 σελ.
6.1.3 Διαδικασία.....	178 σελ.
6.1.4 Λογισμικό επεξεργασίας ΗΕΓ σημάτων.....	181 σελ.
6.1.5 Πειραματικά μέσα και συσκευές	181σελ.
6.1.6 Αποτελέσματα.....	182 σελ.
6.1.7 Συμπεράσματα.....	185 σελ.
Κεφάλαιο 7: Κύρια μελέτη.....	188 σελ.
7.1 Στόχος	188 σελ.
7.2 Δείγμα	188 σελ.
7.3 Πειραματικά μέσα και συσκευές	191 σελ.
7.4 Πειραματική διαδικασία	198 σελ.
7.5 Μεθοδολογία επεξεργασίας ΗΕΓ καταγραφών	205 σελ.
7.5.1 Πρωταρχικό στάδιο επεξεργασίας δεδομένων	205 σελ.
Σύνοψη	221 σελ.
Κεφάλαιο 8: Αποτελέσματα κύριας έρευνας.....	223 σελ.
Εισαγωγή	223 σελ.
8.1 Σύγκριση εγκεφαλικής λειτουργίας μεταξύ των δύο φύλων ανά περιβάλλον.....	223 σελ.
8.1.1 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος	223 σελ.

8.1.2 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος	240 σελ.
8.1.3 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος	255 σελ.
8.2 Σύγκριση εγκεφαλικής λειτουργίας κατά την αλλαγή διάταξης αντικειμένων ανά φύλο και περιβάλλον	270 σελ.
8.2.1 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο δυσδιάστατο εικονικό περιβάλλον	270 σελ.
8.2.2 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον	280 σελ.
8.2.3 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον	290 σελ.
8.3 Σύγκριση εγκεφαλικής λειτουργίας κατά την αλλαγή διάταξης αντικειμένων ανά περιβάλλον για κάθε φίλο ξεχωριστά	298 σελ.
8.3.1 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των ανδρών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο δισδιάστατο εικονικό περιβάλλον	298 σελ.
8.3.2 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των ανδρών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον.....	300 σελ.
8.3.3 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των ανδρών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο πραγματικό περιβάλλον	302 σελ.
8.3.4. Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των γυναικών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο δισδιάστατο εικονικό περιβάλλον	304 σελ.
8.3.5 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των γυναικών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον	306 σελ.
8.3.6 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των γυναικών Πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον.....	308 σελ.

8.4 Αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων του ερωτηματολογίου.....	310 σελ.
Σύνοψη	311 σελ.
Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα.....	322 σελ.
9.1 Συγκρίσεις εγκεφαλικών λειτουργιών των δύο φύλων ανά πειραματική συνθήκη.....	322 σελ.
9.2 Περιορισμοί έρευνας.....	325 σελ.
9.3 Προτάσεις για μετέπειτα έρευνα.....	326 σελ.
Σύνοψη.....	327 σελ.
Βιβλιογραφία.....	331 σελ.
Παράρτημα.....	404 σελ.

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή μελετά την εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και γυναικών ίδιας ηλικίας και μορφωτικού επιπέδου που δεν παρουσιάζουν οργανικές ή ψυχικές διαταραχές κατά τη διάρκεια αλληλεπίδρασής τους με τρία πανομοιότυπα ως προς το περιεχόμενο περιβάλλοντα. Πρόκειται για οπτικά ερεθίσματα οικείου περιεχομένου που διαφέρουν ως προς τη φύση τους και μόνο καθώς το ένα είναι πραγματικό περιβάλλον ενώ τα άλλα δύο είναι ψηφιακά και πρόκειται για απομιμήσεις του πραγματικού περιβάλλοντος με τη διαφορά ότι το ένα είναι δύο διαστάσεων (δισδιάστατο ΕΠ) και το άλλο τριών (τρισδιάστατο ΕΠ).

Στόχος της μελέτης αυτής είναι να εντοπιστούν μέσω των ΗΕΓ σημάτων των συμμετεχόντων οι γνωστικές διεργασίες που χρησιμοποιούν κατά την γνωστική επεξεργασία των ερεθισμάτων προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές διαφορές αλλά και ομοιότητες τόσο μεταξύ των διαφόρων ερεθισμάτων χωριστά για κάθε φύλο όσο και μεταξύ των δύο φύλων σε κάθε μορφής ερέθισμα.

Από την εκπόνηση της παρούσας διατριβής και πιο συγκεκριμένα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, από τη σύγκριση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων της πιλοτικής και κύριας μελέτης που συναποτελούν την παρούσα διατριβή παρατηρήθηκε ότι αν και τα δύο φύλα χρησιμοποίησαν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για την επεξεργασία των ερεθισμάτων, εντούτοις παρουσίασαν διαφορές στον τρόπο αντίληψης των ερεθισμάτων και στο επίπεδο επεξεργασίας τους. Συγκεκριμένα οι άνδρες φαίνεται ότι δείχνουν μικρότερη οπτική προσοχή και καταβάλλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια κατά την παρατήρηση και των τριών περιβαλλόντων (δυσδιάστατο εικονικό, τρισδιάστατο εικονικό και πραγματικό). Τα ευρήματα στοχεύουν στη σχεδίαση κατάλληλων εκπαιδευτικών μαθησιακών περιβαλλόντων, αλλά και στη βαθύτερη μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Ο απώτερος σκοπός της μελέτης δεν είναι μόνο η προσφορά γνώσης στην παγκόσμια βιβλιογραφία μέσω της μελέτης πτυχών που δεν έχουν ερευνηθεί διεξοδικά αλλά η πρακτική προσφορά των αποτελεσμάτων της στη μαθησιακή διαδικασία και στην ορθή χρήση των εκπαιδευτικών μέσων που προσφέρουν οι

νέες τεχνολογίες προκειμένου να επιτυγχάνονται αρτιότερα οι εκπαιδευτικοί στόχοι και να καλύπτονται οι διατομικές ανάγκες των εκπαιδευόμενων.

Λέξεις κλειδιά: εικονικά περιβάλλοντα, γνωστικές δεξιότητες, διαφυλικές διαφορές, ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Abstract

The present thesis studies the cerebral activity of men and women of same age and educative level who does not present organic or mental disturbances at their duration of interaction with three environments same in their contain but different in their technical features. The stimuli are optical with familiar content that differ as for their nature and only while the one are a real environment while the other two are digital. One of them is two dimensional (two dimensional virtual environment) and the other a three dimensional (three-dimensional virtual environment).

The aim of this study is to locate, via the EEG signals of participants, the cognitive activities that they use at the cognitive treatment of stimuli in order to detect differences **or similarities** between the various stimuli separately for each sex and also between the two sexes in each stimulus.

By the development of the present thesis, by the bibliographic review and by the comparison and interpretation of results the pilot and main study that comprise the present thesis it was more concretely observed that even if the two sexes used the same cognitive activities for the treatment of stimuli, nevertheless they presented differences in the way of perception of stimuli and in their level of treatment. Concretely the men appear that they show less optical attention and overwhelm smaller intellectual effort at the observation of also three environments (two-dimensional virtual, three-dimensional virtual and real). The results aim at the designing of suitable educational environments, but also in the deeper study of the human brain.

The final aim of study is not only the offer of knowledge in the world bibliography via the study of aspects that has not been searched yet at great length, but the practical offer of results in education and in the equitable use of educational tools that the new technologies offer so that are achieved more completely the educational objectives and are covered the interindividual needs.

Key Words: virtual environments, cognitive abilities, sexual differences, electroencephalography (EEG)

Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους που στάθηκαν στο πλευρό μου κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής κάθε ένας από το δικό του μετερίζι.

Πρώτα οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο, καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που με τίμησε με την εμπιστοσύνη του και μου έδωσε τη δυνατότητα να εργαστώ πλάι του, να προσφέρω τις όποιες γνώσεις είχα αποκτήσει κατά τη φοίτηση μου ως προπτυχιακή αλλά και μεταπτυχιακή φοιτήτρια στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, μου συμπαραστάθηκε σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπισα με καθοδηγούσε με υπομονή και επιμονή δημιουργώντας μου κάθε τόσο νέα κίνητρα να συνεχίσω την ερευνητική μου προσπάθεια. Η διδασκαλία του και οι πολύτιμες συμβουλές του συνετέλεσαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής σε συνάρτηση φυσικά με την παροχή του απαραίτητου εξοπλισμού που βρισκόταν στη διάθεση του Εργαστηρίου Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην εκπαίδευση του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων του οποίου και είναι διευθυντής.

Δε θα μπορούσα να παραλείψω να αναφέρω τη σπουδαιότητα των συμβουλών και προτροπών του καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Κωνσταντίνου Κώτση που ήταν στο πλευρό μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου καθώς και του Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Σπυρίδωνα Κονιτσιώτη, ως μέλη της τριμελούς μου επιτροπής αλλά και ως υποστηρικτές.

Επιπροσθέτως, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τις συμβουλές και τις επισημάνσεις τους.

κ. Αναστάσιο Εμβαλωτή, Αναπληρωτή Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

κ. Δημήτρη Μαυρίδη, Λέκτορα του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

κ. Παναγιώτη Πιντέλα, Καθηγητή του Τμήματος Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Πατρών

κ. Αθανάσιο Τζιμογιάννη, Καθηγητή του Τμήματος Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Ευχαριστώ θερμά και από καρδιάς τους συναδέλφους μου Ευάγγελο Τζίμα Διδάκτωρ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που αποτέλεσε με το επιστημονικό του έργο φωτεινό ερευνητικό παράδειγμα ενώ πάντα στεκόταν δίπλα μου με προθυμία ως σύμβουλος και συμπαραστάτης.

Επίσης οφείλω να εκφράσω τα ευχαριστήρια μου στο συνάδελφό μου δρ. Ζαχαρή Γεώργιο για την συμβολή του στην εκτέλεση της παρούσας μελέτης καθώς και στους συναδέλφους μου δρ. Νάτση Αντώνιο και δρ. Βρέλη Ιωάννη για την πολύτιμη βοήθειά τους σε τεχνικά ζητήματα που προέκυψαν κατά την εκτέλεση της παρούσας διατριβής.

Φυσικά, πολλά ευχαριστήρια οφείλω να εκφράσω και στους φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης που με εμπιστεύτηκαν και συμμετείχαν με προθυμία και καλή διάθεση σε όλη την πειραματική διαδικασία.

Το μεγαλύτερο όμως ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένειά μου που πάντα με στήριζε και με στηρίζει και ηθικά και οικονομικά σε κάθε μου βήμα, που συνετέλεσε ώστε να είμαι η προσωπικότητα που είμαι με το συγκεκριμένο πνευματικό, κοινωνικό και συναισθηματικό υπόβαθρο και χωρίς τους οποίους δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής. Τους ευχαριστώ όλους από καρδιάς και ελπίζω να ανταπεξήλθα και να εξακολουθώ να ανταπεξέρχομαι τόσο στις απαιτήσεις που είχαν εκείνοι από εμένα όσο κυρίως και αυτές που προσωπικά θέτω στον εαυτό μου.

Στην κόρη μου Κορίνα

Κεφάλαιο 1 Διαφυλικές διαφορές και γνωστικές δεξιότητες

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά οι επιστημονικές πλευρές από τις οποίες έχει μελετηθεί το θέμα των γνωστικών διαφυλικών διαφορών με έμφαση στη μελέτη σε επίπεδο εγκεφαλικής λειτουργίας με χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών.

Η μελέτη των διαφυλικών διαφορών των γνωστικών δεξιοτήτων έχει τις ρίζες της βαθιά μέσα στο χρόνο, καθώς τα πρώτα επιστημονικά βήματα εντοπίζονται στη δεκαετία 1950 – 1960 (Dow, 1953; Caffrey, 1955; King, 1959; Spearitt, 1962; Brimer & Dunn, 1968; Brimer, 1969).

Οι γνωστικές διαφυλικές διαφορές διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α. στις χωρικές δεξιότητες όπου σε γενικές γραμμές παρουσιάζονται να υπερέχουν οι άνδρες και β. στις λεκτικές δεξιότητες όπου κατά βάση παρουσιάζονται να υπερέχουν οι γυναίκες.

Εντούτοις οι δύο αυτές κατηγορίες γνωστικών δεξιοτήτων εμπεριέχουν πολλές επιμέρους γνωστικές δεξιότητες όπου δεν παρατηρείται πάντα το ίδιο πρότυπο διαφυλικών διαφορών (Hamilton, 2008; Kimura, 1999).

Πιο συγκεκριμένα ως χωρικές δεξιότητες ορίζονται οι δεξιότητες εκείνες για την πραγμάτωση των οποίων απαιτείται η χ[111]ρήση οπτικοχωρικών διεργασιών. Στις χωρικές δεξιότητες ενσωματώνονται οι ακόλουθες:

1. Νοητική περιστροφή (mental rotation)
2. Πλοήγηση (navigation)
3. Χωρικός προσανατολισμός (spatial orientation)
4. Στόχευση (targeting)
5. Χωρική μνήμη ή μνήμη χωρικής τοποθέτησης (spatial memory)
6. Χωρική οπτικοποίηση (spatial visualization).

Στις τέσσερις πρώτες η διαφυλική διαφορά παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλή στατιστική σημαντικότητα ενώ στις επόμενες τέσσερις μικραίνει η διαφορά μεταξύ των δύο φύλων. Πιο συγκεκριμένα, οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική

υπεροχή στο χωρικό προσανατολισμό, τη χωρική πλοήγηση και τη νοητική περιστροφή (Astur et al., 1998; Driscoll et al., 2005; Moffat et al., 1998; Rahman & Koerting, 2008; Saucier, 2002; Voyer et al., 1995; Kimura, 2002; Metzler and Sheperd, 1974; Linn and Petersen, 1985; Masters and Sanders, 1993; Sanders et al., 1982; Wilson and Vandenberg, 1978).

Παρά όμως τη γενική υπεροχή των ανδρών στις χωρικές δεξιότητες εντούτοις, σε κάποιες εκβάσεις τους παρουσιάζονται να υπερέχουν οι γυναίκες όπως στη χωρική μνήμη υπό συνθήκες (Eals & Silverman, 1994; Silverman & Eals, 1992; Voyer et al., 2007) και τη χωρική οπτικοποίηση μέσω της τοποθέτησης αντικειμένων στο χώρο και της νοητικής συγκράτησης των θέσεών τους. Αντίθετη είναι και η εικόνα που παρουσιάζεται στις λεκτικές δεξιότητες.

Ως λεκτικές ορίζονται οι δεξιότητες εκείνες για την πραγμάτωση των οποίων απαιτούνται διεργασίες παραγωγής, επεξεργασίας, ανάκλησης, κωδικοποίησης και γενικότερα χρήσης δομικών γλωσσικών στοιχείων (όπως λχ. των λέξεων που είναι το μικρότερο κομμάτι γλώσσας που περιέχει / μεταφέρει νόημα – σημασιολογία).

Κάποιες κύριες εκβάσεις λεκτικών δεξιοτήτων όπως αυτές παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία είναι:

1. Λεκτική ροή
2. Κωδικοποίηση λεκτικής πληροφορίας
3. Λεκτική μνήμη
4. Αντιληπτική ταχύτητα
5. Λεκτική ικανότητα ή ικανότητα παραγωγής λέξεων
6. Ακουόμενο λεξιλόγιο
7. Ροή ανάγνωσης
8. Χρήση γραμματικά ορθού λόγου
9. Μέγεθος παραγόμενων προτάσεων
10. Πλούτος λεξιλογίου
11. Σημασιολογική ανάλυση.

Εντούτοις, και εδώ παρατηρείται ότι παρά τη γενική υπεροχή των γυναικών στις λεκτικές δεξιότητες σε κάποιες εκβάσεις αυτών όπως λχ. στη λεκτική ροή και τη λεκτική μνήμη υπό συνθήκες παρουσιάζονται να υπερέχουν οι άνδρες.

Πέραν όμως των δύο μεγάλων αυτών κατηγοριών γνωστικών δεξιοτήτων (χωρικές και λεκτικές) υπάρχουν και άλλες γνωστικές δεξιότητες που έχουν μελετηθεί και έχουν αναφερθεί διαφυλικές διαφορές. Οι εν λόγω δεξιότητες μόνο αυθαίρετα θα μπορούσαν να ενταχθούν στις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες. Κάποιες από τις δεξιότητες αυτές είναι:

1. Κινητικές δεξιότητες
2. Μαθηματικός συλλογισμός
3. Ταχύτητα εκτέλεσης μαθηματικής πράξης
4. Νοητική επίλυση μαθηματικού προβλήματος
5. Αναγνώριση προσώπων
6. Αντιληπτική ταχύτητα (στη βιβλιογραφία συχνά συναντάται ως έκβαση λεκτικής δεξιότητας)
7. Συναισθηματική αντίληψη.

Αρχικά για τη μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών στο ανθρώπινο είδος, με το οποίο κατ' αποκλειστικότητα ασχολείται η παρούσα εργασία εφαρμόστηκαν ψυχολογικές μέθοδοι τόσο συμπεριφοριστικές όσο και ψυχομετρικές μέσω χρήσης σταθμισμένων ψυχομετρικών τεστ. Η χρήση των μεθόδων αυτών είναι απόρροια της αρχικής ενασχόλησης με το επιστημονικό αυτό ζήτημα, των επιστημόνων από τον κλάδο της ψυχολογίας.

Στη συνέχεια αφού πλέον είχαν επισημανθεί οι βασικές διαφορές των δύο φύλων ως προς τις γνωστικές δεξιότητες, το ενδιαφέρον στράφηκε στη μελέτη πιθανών βιοχημικών καθώς και ανατομικών νευρολογικών διαφορών που παρατηρήθηκε ότι συνδέονται με μία μορφή αιτιακής σχέσης με τις γνωστικές διαφυλικές διαφορές που ήδη είχαν επισημανθεί.

Τέλος, τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχοντας πλέον μελετήσει σε βάθος τη σχέση που συνδέει τις γνωστικές δεξιότητες και την εγκεφαλική οργάνωση και λειτουργία το επιστημονικό ενδιαφέρον στράφηκε στη μελέτη της σχέσης αυτής μέσω της χρήσης νευροαπεικονιστικών τεχνικών όπως ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG), λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI), μαγνητοεγκεφαλογραφία (MEG), τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και προκλητά δυναμικά (ERP).

Στο παρόν κεφάλαιο επιλέχθηκε να παρουσιαστούν τα δεδομένα όχι διακρίνοντάς τα στις διάφορες γνωστικές δεξιότητες που μελετήθηκαν και διαπιστώθηκαν διαφυλικές διαφορές αλλά διαχωρίζοντάς τα σύμφωνα με τη μέθοδο με την οποία μελετήθηκαν, στις εξής κατηγορίες:

1. Ψυχολογικές- Συμπεριφοριστικές μελέτες
2. Γνωστικές Διαφυλικές διαφορές με χρήση περιβαλλόντων Εικονικής Πραγματικότητας
3. Βιοχημικές – Ανατομικές μελέτες
4. Νευροαπεικονιστικές μελέτες
5. Γνωστικές διαφυλικές διαφορές, Εγκεφαλική δραστηριότητα και Εικονική Πραγματικότητα.

1.1. Ψυχολογικές- Συμπεριφοριστικές μελέτες

Δύο ήταν τα βασικά εργαλεία των ερευνητών που ασχολήθηκαν αρχικά με τη μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών στους ανθρώπους. Τα εργαλεία αυτά ήταν η παρατήρηση των συμπεριφορικών αντιδράσεων των δύο φύλων σε διάφορες γνωστικές δοκιμασίες και τα ψυχομετρικά τεστ που αποτελούν ένα αξιόπιστο εργαλείο μέτρησης των γνωστικών δεξιοτήτων.

Έχοντας ως εργαλείο τους την συστηματική παρατήρηση εύκολα οι ερευνητές κατέληξαν στην άποψη ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν μία γενική υπεροχή σε σύγκριση με τους άνδρες σε δεξιότητες λεκτικές.

Οι διαφορές αυτές παρατηρήθηκαν από πολύ νεαρές ηλικίες όπου διαπιστώθηκε συστηματικά ότι τα κορίτσια ομιλούσαν πολύ πιο γρήγορα και πιο καθαρά από τα αγόρια ενώ ήταν σε θέση να διαμορφώνουν μεγάλες και ορθές συντακτικά και γραμματικά προτάσεις (Maccoby, 1966; Kimura, 1999). Ως απόρροια της πρωιμότερης ικανότητας των κοριτσιών για ομιλία παρουσίαζαν και πιο πλούσιο λεξιλόγιο (working vocabulary) στην καθημερινή τους επικοινωνία, ενώ η γλωσσική αυτή υπεροχή τους συνοδεύονταν και από ορθή χρήση και εφαρμογή των γραμματικών κανόνων (ορθογραφία). Μία άλλη φυσική απόρροια της λεκτικής υπεροχής των κοριτσιών ήταν η υψηλότερη ευχέρεια στην ανάγνωση.

Οι παρατηρήσεις αυτές γέννησαν στους ερευνητές την επιθυμία να μελετήσουν κατά πόσο οι διαφορές αυτές παραμένουν, εξαφανίζονται ή μειώνονται με το πέρασμα της ηλικίας. Για τη μελέτη αυτού του επιστημονικού ερωτήματος κατασκευάστηκαν και εφαρμόστηκαν δοκιμασίες που εξέταζαν τις λεκτικές δεξιότητες ποσοτικοποιώντας τις (ψυχομετρικά τεστ).

Μία από τις βασικότερες λεκτικές δεξιότητες όπου παρουσιάζονται να υπερέχουν οι γυναίκες είναι η λεκτική ροή (verbal fluency). Η λεκτική ροή είναι μία γνωστική δεξιότητα για την οποία έχουν διατυπωθεί αντιφατικές επιστημονικές απόψεις για το κατά πόσο παρουσιάζονται να υπερέχουν οι γυναίκες.

Τον όρο λεκτική ροή οι ψυχολόγοι έχει επικρατήσει να τον χρησιμοποιούν τυπικά για να αναφερθούν σε δοκιμασίες κατά τις οποίες οι συμμετέχοντες καλούνται να παράγουν λέξεις ή προτάσεις με συγκεκριμένους περιορισμούς και μέσα σε καθορισμένο χρόνο. Κάποια παραδείγματα τέτοιων δοκιμασιών είναι: η παραγωγή όσο το δυνατόν περισσότερων λέξεων που να ξεκινούν από ένα συγκεκριμένο γράμμα ή να τελειώνουν σε μία συγκεκριμένη κατάληξη ή ακόμη και η παραγωγή λέξεων που να ανήκουν σε μία συγκεκριμένη ομάδα αντικειμένων (δηλ. να φέρουν ένα κοινό σημασιολογικό χαρακτηριστικό όπως κοινό υλικό κατασκευής, κοινή χρήση), κα.

Αυτού του είδους οι δοκιμασίες λόγω του ότι επιδέχονται ως ορθές μεγάλο αριθμό εναλλακτικών απαντήσεων και όχι μία όπως είθισται να συμβαίνει στα ψυχομετρικά τεστ, έχει επικρατήσει στους επιστημονικούς κλάδους να αποκαλούνται «δοκιμασίες εναλλακτικής παραγωγής» (tasks of divergent production).

Όπως ήδη αναφέρθηκε ένα μεγάλο μέρος των ερευνών που είχαν ως αντικείμενό τους τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών ως προς τη δεξιότητα της λεκτικής ροής παρουσιάζονται να φέρουν αντιφατικά συμπεράσματα ως προς την ύπαρξη αλλά και το μέγεθος τους γεγονός το οποίο καλείται ως 'μικρό μέγεθος δυναμικότητας' (small effect size).

Ιστορικά λοιπόν παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες δοκιμασίες που εφαρμόστηκαν στο παρελθόν από διάφορους ερευνητές καθώς και τα αποτελέσματα αυτών με σκοπό τη μελέτη της ικανότητας της λεκτικής ροής στα δύο φύλα.

Χαρακτηριστική είναι η μελέτη των Maccoby et al. (1974) όπου έλαβε χώρα σε ένα δείγμα αγοριών και κοριτσιών εφηβικής ηλικίας τα αποτελέσματα της οποίας ενίσχυσαν την άποψη περί υπεροχής των κοριτσιών κατά την εφηβική ηλικία στις λεκτικές δεξιότητες γενικά καθώς και στη λεκτική ροή που συγκαταλέγεται σύμφωνα με τους ερευνητές σε χαμηλού επιπέδου λεκτικές διεργασίες (Hyde, 1988; Herlitz et al., 1997; Maitland et al., 2004). Η μελέτη της λεκτικής ροής πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικασίας παραγωγής όσο το δυνατόν περισσότερων λέξεων σε συγκεκριμένο χρόνο λίγων λεπτών που να φέρουν την κατάληξη '-ιον'. Λίγα χρόνια αργότερα οι Sherman et al. (1978) επανεξέτασαν αυτό το αποτέλεσμα αναφέροντας ότι: 'Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε από την έρευνα είναι ότι πιθανότατα τα κορίτσια έχουν ένα προβάδισμα έναντι των αγοριών στις λεκτικές δεξιότητες και πιο συγκεκριμένα τα κορίτσια αλλά και οι γυναίκες διατηρούν την υπεροχή τους αυτή στις λεκτικές δεξιότητες περιλαμβάνοντας το λεκτικό συλλογισμό και το λεξιλόγιο καθώς και τη λεκτική ροή'. Τη θέση αυτή αντέκρουσε με δημοσίευμα που ακολούθησε την ίδια χρονιά ο Briere (1978) ο οποίος υπογράμμισε ότι είναι πιθανό τα αποτελέσματα αυτά να είναι απόρροια της αυτοεκπληρούμενης προφητείας (self-fulfilling prophecy) που επιδρά ποικιλοτρόπως στην εξαγωγή συμπερασμάτων περί υπεροχής των γυναικών στις λεκτικές δεξιότητες.

Μία άλλη μορφή δοκιμασίας που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της λεκτικής ροής στα δύο φύλα είναι αυτή που εφάρμοσαν το 1983 ο Harshman και οι συνεργάτες του όπου ζητούσαν από τους συμμετέχοντες να κατονομάσουν όσα περισσότερα αντικείμενα μπορούσαν που να φέρουν την ιδιότητα του να είναι στρογγυλά ή να είναι κατασκευασμένα από μέταλλο. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής ήρθαν σε αντίθεση με αυτά των προαναφερθεισών ερευνών που παρουσίαζαν μία υπεροχή των γυναικών στη λεκτική ροή, καθώς ο αριθμός των λέξεων που παρήγαγαν οι άνδρες ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος από αυτό των γυναικών.

Διαφωτιστική ήταν η έρευνα της Kimura που έλαβε χώρα το 1994 με σκοπό τη μελέτη της ικανότητας της λεκτικής ροής. Χρησιμοποίησε την ίδια δοκιμασία με τη διαφορά ότι άλλαξε το πλαίσιο των περιορισμών ζητώντας από τους συμμετέχοντες να αναφέρουν αντικείμενα που φέρουν ένα συγκεκριμένο κάθε φορά χρώμα λχ.

αντικείμενα λευκά ή κόκκινα. Στη δοκιμασία αυτή η υπεροχή των γυναικών ήταν στατιστικά σημαντική.

Ενδεικτικά από τα αποτελέσματα των ερευνών που αναφέρθηκαν, γίνεται εμφανές ότι ο αριθμός στην παραγωγή λέξεων που ανήκουν σε κατηγορία που δεν σχετίζεται με φώνημα και κάποιες φορές συναντάται με τον όρο 'ροή ιδεών' (ideational fluency) και παρουσιάζει άμεση εξάρτηση από το είδος των περιορισμών που τίθενται κάθε φορά.

Τα αποτελέσματα της μελέτης του Harshman (1983) ερμηνεύτηκαν ως απόρροια της λεκτικής υπεροχής των ανδρών σε αντικείμενα που χρησιμοποιούνται ως εργαλεία, είναι μεταλλικά και φέρουν συγκεκριμένα σχήματα. Τα αποτελέσματα από τη μελέτη που πραγματοποίησε η Kimura (1994) ερμηνεύτηκαν από την υπεροχή των γυναικών έναντι των ανδρών στο να διακρίνουν, να κατονομάζουν, να ομαδοποιούν και να διαβάζουν τα χρώματα, υπεροχή που παρατηρείται ήδη από την εφηβική ηλικία (Denckla et al., 1974; Dubois, 1939; Brown, 1915). Το ότι για την ταχύτερη ανάγνωση οφείλεται το είδος των ερεθισμάτων πχ. τα χρώματα φάνηκε όταν επαναλήφθηκαν οι ίδιες δοκιμασίες με άλλα ερεθίσματα (πχ. γράμματα και αριθμοί) και δεν παρατηρήθηκε η ύπαρξη κάποιας διαφυλικής διαφοράς (Woodworth, 1911; Kimura et al., 1996).

Είναι το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν αμέσως παραπάνω περί διαφυλικών διαφορών ως προς τη λεκτική ροή παρουσιάζουν κοινό πρότυπο σε όλες τις φυλές ενώ δεν έχουν σημειωθεί μεταβολές των προτύπων αυτών με το χρόνο (Colom et al., 1999; Boyle, 1987; Carroll, 1969; Lynn, 2005).

Όπως αναφέρεται (Kimura, 1992) η λεκτική υπεροχή των γυναικών πέραν της λεκτικής ροής έχει εντοπιστεί στην ταχύτητα ομιλίας, στην παραγωγή συνώνυμων (Hines, 1990), στο μέγεθος των προτάσεων, στο γραμματικά ορθό λόγο, στην ανάγνωση (Neisser, 1996; Hedges, 1995) αλλά και στην πιο καθαρή άρθρωση.

Η υπεροχή των γυναικών ως προς την άρθρωση του προφορικού λόγου μπορεί να εξηγηθεί από την καλύτερη εγκεφαλική αναπαράσταση μεμονωμένων ήχων αλλά και τμημάτων λέξεων δηλ. των φωνημάτων που ερμηνεύει τα συμπεριφοριστικά δεδομένα περί γενικής λεκτικής υπεροχής των γυναικών.

Μία από τις λεκτικές δεξιότητες που έχει συγκεντρώσει μεγάλο όγκο του επιστημονικού ενδιαφέροντος είναι η λεκτική μνήμη, όπου παρουσιάζονται

ξεκάθαρα να υπερέχουν οι γυναίκες. Ως λεκτική μνήμη έχει οριστεί (Kimura, 1992) η ικανότητα συγκράτησης και ανάκλησης λεκτικής πληροφορίας.

Πρίν την ιστορική αναφορά των επιστημονικών δεδομένων σκόπιμο είναι για την καλύτερη παρακολούθηση των αναφερόμενων να διευκρινιστεί το γεγονός ότι σε πολλές επιστημονικές μελέτες η λεκτική μνήμη συγχέεται με τη συμπτωματική αλλά και τη σκόπιμη μνήμη. Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται στη λογοτεχνία οι όροι λεκτική, σκόπιμη και συμπτωματική μνήμη θα γίνει σαφής από τη ροή παρουσίασης των δεδομένων.

Από την ανασκόπηση των δεδομένων αναφέρεται η ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς ως προς τη λεκτική μνήμη με υπεροχή των γυναικών έναντι των ανδρών (McGuinness, 1990; Maccoby & Jacklin, 1974; Duggan, 1950; Bleeker Bolla- Wilson and Meyes, 1988; Bromley, 1958; Jensen, 1983; Stumpf, 1994; Kramer Delis and Daniel, 1988; Owen and Lynn, 1993; Mann Sasanuma and Sakuma Masaki, 1990) ενώ σύμφωνα με τους Maccoby & Jacklin (1974) το πλεονέκτημα των γυναικών σε δοκιμασίες λεκτικής ανάκλησης είναι ένα από τα πιο αξιόπιστα ευρήματα στην έρευνα των διαφυλικών διαφορών.

Το πλεονέκτημα των γυναικών στη λεκτική μνήμη έχει αναφερθεί τόσο σε νεαρές ηλικίες όσο και σε μεγαλύτερες. Μία μέθοδος μέτρησης της λεκτικής μνήμης είναι η απλή ανάκληση λιστών λέξεων μη σχετισμένων μεταξύ τους ή και αριθμών ενώ σε κάποιες μελέτες ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες η ανάκληση ολόκληρων παραγράφων (Duggan, 1950; McGuinness Olson, 1990; Bleecken Bolla, 1988; Bromley, 1958). Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών στην πλειονότητα τους έδειξαν υπεροχή των γυναικών τόσο ποσοτική (μεγαλύτερος αριθμός ανακαλούμενων αντικειμένων / λέξεων) όσο και ως προς την μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανάκληση.

Μία σημαντική διάκριση της μνημονικής ικανότητας είναι αυτή μεταξύ συμπτωματικής και σκόπιμης μνήμης. Ως συμπτωματική μνήμη ορίζεται η ικανότητα ανάκλησης αντικειμένων, λέξεων, αριθμών χωρίς να έχει προηγουμένως σκόπιμα ζητηθεί η απομνημόνευση αυτών από τους συμμετέχοντες. Ως σκόπιμη ορίζεται η ικανότητα ανάκλησης αντικειμένων, λέξεων, αριθμών η απομνημόνευση και κωδικοποίηση των οποίων είχε προηγουμένως ζητηθεί από τους συμμετέχοντες.

Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν αναφέρει πλεονέκτημα των γυναικών σε δοκιμασίες συμπτωματικής μνήμης (Ernest & Paivio, 1971; Iman, 1973; McGuinness, Olson & Charman, 1990; Myers, 1913). Εντούτοις αμφιβολίες έχουν διατυπωθεί από κάποια μέλη της επιστημονικής κοινότητας για το αν πρόκειται για υπεροχή των γυναικών εν γένει στην ικανότητα συμπτωματικής μνήμης ή απόρροια της λεκτικής φύσης των ερεθισμάτων που συνήθως χρησιμοποιούνται και στα οποία παρουσιάζει υπεροχή το γυναικείο φύλο (Kramer, Delis & Daniel, 1988; Maccoby & Jacklin, 1974; Mann Sasanuma Sakuna, 1990; Stumpf & Jackson, 1994).

Ακολούθησε μία σειρά ερευνών για τη μελέτη της συμπτωματικής μνήμης στα δύο φύλα και τα αποτελέσματά τους ήταν πολλές φορές αντιφατικά ανάλογα με το ερέθισμα που χρησιμοποιούνταν. Η μελέτη των αποτελεσμάτων αυτών οδήγησε μία μεγάλη μερίδα του επιστημονικού κοινού στο συμπέρασμα ότι το γυναικείο πλεονέκτημα παρατηρήθηκε και σε συμπτωματικές και σε σκόπιμες συνθήκες.

Ιστορικά αναφέρονται συνοπτικά κάποιες μελέτες. Με σκοπό λοιπόν να μελετήσουν τη συμπτωματική μνήμη στα δύο φύλα οι Ernest & Paivio (1971) έδωσαν στους συμμετέχοντες μία λίστα με λέξεις ή γραμμικά σχέδια και τους ζητήθηκε να γράψουν το όνομα του κάθε αντικειμένου. Σε μετέπειτα χρόνο και χωρίς να το περιμένουν οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να καταγράψουν σε ένα χαρτί όσα περισσότερα ονόματα αντικειμένων μπορούσαν να θυμηθούν, καθώς και τα γραμμικά σχήματα που τους είχαν παρουσιαστεί και αυτό που παρατηρήθηκε ήταν μία γενική υπεροχή των γυναικών.

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσίασαν αρμονία με αυτά των μελετών του Meinke (1969) και του Hines (1920) που είχαν προηγηθεί και στα οποία είχε ζητηθεί από τους συμμετέχοντες να διαβάσουν μία λίστα με λέξεις να τις απομνημονεύσουν και στη συνέχεια να παράγουν τα συνώνυμά τους.

Προς την κατεύθυνση αυτή κινήθηκαν και άλλες μελέτες οι οποίες στην προσπάθειά τους να εξακριβώσουν αν η υπεροχή αυτή των γυναικών οφείλονταν στη φύση των ερεθισμάτων πραγματοποίησαν μετρήσεις σε δύο ή περισσότερες συνθήκες.

Ο McGuinness (1976) ανέφερε σε μελέτη του που έλαβε χώρα σε μία ομάδα μαθητών αγοριών και κοριτσιών ότι τα κορίτσια ανακάλεσαν περισσότερες λέξεις από τα αγόρια σε μία λίστα που τους δόθηκε ενώ δεν σημειώθηκε διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στη συνθήκη ανάκλησης γραμμικών σχημάτων. Άποψη η οποία

ενισχύθηκε και από άλλες μελέτες που ακολούθησαν (Capitani and Laiacona, 1991; Grossi Orsini, 1979).

Η διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών στην λεκτική μνήμη μπορεί να είναι ισχυρότερη στην ανάκληση ενός κειμένου με νόημα ή μιας παραγράφου, διαφορά η οποία παρατηρείται να ισχύει σε πολλές διαφορετικές κοινωνίες (Owen & Lynn, 1993; Mann Sasanuma, 1990).

Μία άλλη μορφή μνήμης που έχει συχνά συνδεθεί στην επιστημονική βιβλιογραφία με τη λεκτική μνήμη είναι αυτή της μνήμης εργασίας. Συνοπτικά αναφέρεται ότι η μνήμη είναι μία γνωστική λειτουργία η οποία μελετάται από το 1960-70. Τρεις είναι οι πιο σπουδαίες θεωρίες για τη μνήμη η θεωρία των δύο λειτουργιών (Atkinson & Shiffrin, 1968), η θεωρία των επιπέδων επεξεργασίας (Craik & Lockhart, 1972) και τέλος η θεωρία της μνήμης εργασίας (Baddley & Hitch, 1974) που είναι πιο κοντά σε όσα πιστεύουμε τώρα για τη μνήμη.

Στη βραχύχρονη μνήμη ή μνήμη εργασίας όπως έχει επικρατήσει να αναφέρεται αποθηκεύονται μόνο περιορισμένες αναπαραστάσεις (executive attentional components) των εκάστοτε ερεθισμάτων για χρονικό διάστημα περίπου 18 δευτερολέπτων. Από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν έχει υποστηριχθεί ότι η χωρική ικανότητα της μνήμης εργασίας υπολογίζεται στα 7 ± 2 τμήματα πληροφορίας (chung).

Για τη μνήμη εργασίας ο μεγαλύτερος όγκος ερευνών βασίζεται στην εφαρμογή σταθμισμένων ψυχομετρικών τεστ όπως είναι η κλίμακα νοημοσύνης Weschler και δεν έχουν αναφέρει κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων. Εντούτοις ένας μικρός αριθμός ερευνών παρουσιάζει τους άνδρες να υπερέχουν έναντι των γυναικών σε δοκιμασίες και αντιληπτική οργάνωση ενώ οι γυναίκες παρουσιάζονται να υπερέχουν ως προς την αντιληπτική ταχύτητα (Sluis S. et al., 2006; Dolan et al., 2005) αποτελέσματα τα οποία εμφανίζονται σε διάφορους πληθυσμούς, φυλές και κουλτούρες.

Μία άλλη εκδοχή της λειτουργίας της μνήμης είναι αυτή της οπτικής μνήμης (visual memory) όπου έχει σημειωθεί υπεροχή των γυναικών έναντι των ανδρών (Harshman et al., 1983; Galea, 1993; Galea & Kimura, 1993; Duggan, 1950). Μία ιδιαίτερη μορφή μνήμης η λεγόμενη χωρική μνήμη η παρουσιάζεται αναλυτικά

παρακάτω σχετικά με τον εντοπισμό των διαφυλικών διαφορών στις χωρικές δεξιότητες.

Όπως αναφέρθηκε παρά τη γενική υπεροχή των γυναικών στις λεκτικές δεξιότητες, υπάρχουν και μορφές λεκτικών δεξιοτήτων στις οποίες παρουσιάζονται να υπερέχουν οι άνδρες, όπως είναι το ακουστικό λεξιλόγιο (listening vocabulary). Αρκετές είναι οι μελέτες εκείνες που έχουν δείξει την υπεροχή αυτή των ανδρών (Dow, 1953; Caffrey, 1955; King, 1959; Spearritt, 1962). Η υπεροχή αυτή των ανδρών παρουσιάζει σταθερότητα και εμφανίζεται από μικρή ηλικία. Χαρακτηριστική είναι μία έρευνα που για τη μελέτη της διαφυλικής αυτής διαφοράς που έκανε εφαρμογή του τυποποιημένου τεστ English Picture Vocabulary σε παιδιά ηλικίας 5-7 ετών όπου και διαπιστώθηκε η υπεροχή των αγοριών. Τα αποτελέσματα αυτά μελετήθηκαν και επανεξετάστηκαν από μία ακολουθία άρθρων όπως των Brimer (1969) & Carroll (1969) ενισχύοντας την επιστημονική θέση περί διαφυλικών διαφορών και υπεροχής των ανδρών σε διάφορες κοινωνίες.

Πρίν περάσουμε στην ιστορική ανασκόπηση και μελέτη των διαφυλικών διαφορών στις χωρικές δεξιότητες που αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο στη μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών ολοκληρώνεται το τμήμα αυτό των αναφορών υπογραμμίζοντας κάποιες δευτερεύουσες γνωστικές δεξιότητες στις οποίες έχει αναφερθεί η ύπαρξη διαφυλικών διαφορών.

Κατά την εκτέλεση κάποιων τμημάτων ψυχομετρικών τεστ έχει παρατηρηθεί ότι σε δοκιμασίες που απαιτούσαν κίνηση, οι άνδρες παρουσίαζαν υπεροχή σε δοκιμασίες που απαιτούσαν αδρές κινήσεις ενώ οι γυναίκες σε δοκιμασίες που απαιτούσαν λεπτές κινήσεις ακριβείας όπου παρουσιάστηκαν πιο εύστοχες (Kimura, 1994).

Άλλες δοκιμασίες στις οποίες έχουν παρουσιάσει υπεροχή οι γυναίκες είναι τα τεστ αντιληπτικής ταχύτητας (ταίριασμα όμοιων εικόνων, διάκριση και συνδυασμός χρωμάτων και αρωμάτων) (Kimura, 1993) ενώ οι άνδρες παρουσίασαν έντονη υπεροχή στην ικανότητα αντιληπτικής οργάνωσης (διάκριση σχημάτων κρυμμένων μέσα σε πολύπλοκες γκραβούρες).

Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι οι γυναίκες είναι καλύτερες στη σύνδεση αντικειμένων με τα ονόματά τους γεγονός το οποίο συμβάλλει στην ταχύτερη και ορθότερη ανάκλησή τους ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τη σύνδεση προσώπων και ονομάτων (Kimura, 1999; McGivern et al., 1997; Silverman & Eals, 1992; Mc Givern, 1997).

Μία άλλη γνωστική δεξιότητα όπου παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δύο φύλων είναι ο μαθηματικός συλλογισμός όπου οι άνδρες παρουσιάζουν υπεροχή σε όλες τις κοινωνίες (Chirpman & Kimura, 1998; McGlone & Davidson, 1973; Sluis et al., 2006; Marosi et al., 1993; Harshman, 1983; Kimura, 1993; 1983; 1969) αλλά και ο μαθηματικός υπολογισμός όπου οι γυναίκες παρουσιάζονται να υπερέχουν σε ταχύτητα εκτέλεσης (Kimura, 1994; Stanley, 1994).

Έχει επίσης παρατηρηθεί η ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς ως προς την αντίληψη αρνητικών συναισθημάτων όπου οι γυναίκες παρουσιάζουν υψηλότερες επιδόσεις (Glass, 1968).

Έχοντας ολοκληρώσει στο σημείο αυτό με την επισκόπηση των αποτελεσμάτων διαφόρων ψυχομετρικών μελετών ως προς την ύπαρξη ή όχι διαφυλικών διαφορών στις λεκτικές δεξιότητες καθώς και σε δευτερεύουσες γνωστικές δεξιότητες, περνάμε στην επισκόπηση του μεγαλύτερου όγκου δεδομένων που εντοπίζεται στη μελέτη των διαφυλικών διαφορών στις χωρικές δεξιότητες.

Όπως έχει υπογραμμιστεί σε προηγούμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου στατιστικά σημαντικές διαφυλικές διαφορές έχουν αναφερθεί από πολλούς ερευνητές ως προς τις χωρικές δεξιότητες στις οποίες εν γένει παρουσιάζουν υπεροχή οι άνδρες.

Η γενική αυτή υπεροχή των ανδρών στις χωρικές δεξιότητες εντοπίζεται σε όλες τις φυλές (βλέπε WAIS III Voyer, 1995) ολλανδοί, Ισπανοί και Κινέζοι) ενώ δεν παρουσιάζει φθορά με το πέρασ της ηλικίας όπως ίσως αναμενόταν.

Ο όρος χωρικές δεξιότητες είναι πολύ γενικός καθώς περικλείει στον ορισμό του πλειάδα διαφορετικών γνωστικών δεξιοτήτων.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τη μέτρηση των χωρικών δεξιοτήτων χρησιμοποιούνται δοκιμασίες ταύτισης σχημάτων, διάκρισης σχημάτων από φόντο, χωρικού προσανατολισμού, πλοήγησης σε πραγματικά και εικονικά περιβάλλοντα, εκμάθησης χάρτη, μέτρησης επιπέδων νερού, ανάκλησης διαφόρων χαρακτηριστικών ενός περιβάλλοντος και των θέσεών τους (χωρική και οπτική μνήμη) κ.α. Οι δοκιμασίες αυτές διαφέρουν ως προς τις γνωστικές απαιτήσεις τους ενώ κάποιες εμπεριέχουν ή απαιτούν τη χρήση άλλων δεξιοτήτων (Galea, 1993) όπως λχ η ικανότητα πλοήγησης απαιτεί χωρική μνήμη και νοητική περιστροφή.

Οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες μελέτης των διαφυλικών διαφορών στους ανθρώπους χρησιμοποίησαν δοκιμασίες χαρτιού και μολυβιού καθώς και υποτεστ (subtest) από αναγνωρισμένα σταθμισμένα ψυχομετρικά τεστ.

Η νοητική περιστροφή ενδείκνυται για τη μελέτη των χωρικών δεξιοτήτων στους ανθρώπους όπου και έχει αναφερθεί μία καθολική και στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών (Astur, 1998; Driscoll, 2003). Οι περισσότερες από τις μελέτες που έλαβαν χώρα τις τρεις προηγούμενες δεκαετίες και ερευνούσαν τις χωρικές δεξιότητες συμπεριλαμβάνοντας τη νοητική περιστροφή χρησιμοποιούσαν δοκιμασίες χαρτιού και μολυβιού (McGee, 1979; Sanders, 1982; Vanderberg, 1978).

Η χωρική δεξιότητα της νοητικής περιστροφής περιλαμβάνει τη δημιουργία και το χειρισμό εσωτερικών εικόνων απαιτώντας υψηλού επιπέδου γνωστικές δεξιότητες. Ο πιο απλός και συνηθισμένος τρόπος μελέτης της ικανότητας της νοητικής περιστροφής είναι η σύγκριση και ταυτοποίηση δύο εικόνων δυσδιάστατων ή τρισδιάστατων που αναπαριστούν το ίδιο αντικείμενο (συνήθως κάποιο απροσδιόριστο γεωμετρικό σχήμα παρουσιασμένο περιστρεμμένο σε τυχαίες κατευθύνσεις και κλίσεις διαφορετικές σε κάθε απεικόνιση) (Shepard, 1971; Just, 2001; Harris, 2000; Corballis, 1997).

Χαρακτηριστική είναι η έρευνα των Colom et al. (1999) που πραγματοποιήθηκε σε ένα μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων (4.177 συμμετέχοντες εκ των οποίων 2.611 γυναίκες και 1.566 άνδρες). Η έρευνα αυτή έλαβε χώρα σε Ισπανούς πολίτες που έφεραν κοινά βασικά χαρακτηριστικά όπως μορφωτικό επίπεδο, επίπεδο νοητικής ανάπτυξης και κατάσταση υγείας. Στους συμμετέχοντες εφαρμόστηκαν οι εξής δοκιμασίες: “Differential Aptitude Test” όπου σημειώθηκε υπεροχή ανδρών στις χωρικές σχέσεις και “Primary Mental Abilities Test” όπου επίσης σημειώθηκε υπεροχή των ανδρών στην ικανότητα νοητικής περιστροφής.

Από αντίστοιχες μελέτες που έλαβαν χώρα σε διάφορους πολιτισμούς (Roberto Colom, 1999) εξάγεται το συμπέρασμα ότι η υπεροχή των ανδρών εντοπίζεται σε οπτικοχωρικές και χωροχρονικές δοκιμασίες (Colom, 1999; Law, Pellegrino & Hunt, 1993) με κυριαρχία στη νοητική περιστροφή (Linn & Petersen, 1985; Petrusic et al., 1978; Sanders et al., 1982; Tapley et Bryden, 1977; Sheppard & Metzler, 1971; Allen, 1974).

Όπως είναι γνωστό και από συμπεριφοριστικές παρατηρήσεις αλλά και από βιοχημικές και νευροαπεικονιστικές μελέτες όλες οι γνωστικές δεξιότητες παρουσιάζουν φθορά με το πέρασ της ηλικίας. Αρκετές ήταν οι μελέτες εκείνες που εστίασαν το ενδιαφέρον τους στη χωρική δεξιότητα της νοητικής περιστροφής όπου είχε σημειώσει σημαντική υπεροχή το ανδρικό φύλο, προκειμένου να ελέγξουν αν οι διαφυλικές διαφορές ως προς τη νοητική περιστροφή εξακολουθούν να υφίστανται και σε μεγαλύτερες ηλικίες. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών επιβεβαιώνουν την υπεροχή των ανδρών στη χωρική δεξιότητα της νοητικής περιστροφής και σε μεγαλύτερες ηλικίες παρά τη γενικότερη έκπτωση των γνωστικών δεξιοτήτων, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η υπεροχή τους εξακολουθεί να υφίσταται παρά την όποια φθορά λόγω φυσιολογικής γήρανσης (Driscoll, 2005).

Μία άλλη χωρική δεξιότητα που παρουσιάζει σταθερά στατιστικά σημαντικές διαφυλικές διαφορές είναι η ικανότητα πλοήγησης.

Η έλλειψη σαφούς ορισμού του όρου 'πλοήγηση' έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σύγχυσης για την έννοια του όρου, για τις μεθόδους μελέτης του καθώς και την παρουσία του φαινομένου ύπαρξης αντιφατικών αποτελεσμάτων των διαφόρων ερευνών.

Οι κύριες μέθοδοι μελέτης της ικανότητας πλοήγησης είναι η εκμάθηση δρόμων ή ολόκληρων χαρτών και η πλοήγηση σε εικονικά περιβάλλοντα που παρουσιάζεται σε ξεχωριστό υποκεφάλαιο. Αν και οι μέθοδοι αυτοί φαντάζουν απλοί, εντούτοις είναι πολυδιάστατοι γεγονός που θα γίνει αντιληπτό από την παρουσίαση των δεδομένων που ακολουθούν.

Αρκετές είναι οι έρευνες που αναφέρουν διαφυλικές διαφορές στην ικανότητα εκμάθησης διαδρομής τόσο σε πραγματικά περιβάλλοντα όσο και σε δυσδιάστατους χάρτες.

Παράδειγμα μελέτης διαφυλικών διαφορών με χρήση της μεθόδου εκμάθησης χαρτών είναι η έρευνα του Galea (1993) όπου παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες ένας χάρτης και τους ζητήθηκε να τον μελετήσουν και στη συνέχεια να αναφέρουν διάφορα σημεία που παρατήρησαν τόσο πάνω στη διαδρομή όσο και έξω από αυτή στον περιβάλλοντα χώρο (ικανότητα οπτικής / χωρικής μνήμης). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες των δύο φύλων ακολουθούν

διαφορετικές στρατηγικές για την εκμάθηση κάποιας διαδρομής. Πιο συγκεκριμένα οι άνδρες χρησιμοποιούν γεωμετρική στρατηγική, δηλ. ότι στηρίζονται στη χρήση ευκλείδειων χαρακτηριστικών του χάρτη και σχετικών παραμέτρων όπως είναι η κατεύθυνση, η απόσταση, και στοιχεία προσανατολισμού (ανατολή, δύση, βοράς, νότος). Από την άλλη μεριά οι γυναίκες στην συντριπτική πλειονότητά τους κάνουν χρήση της στρατηγικής των σημαδιών (δηλ. απομνημόνευση διαφόρων αντικειμένων του περιβάλλοντος).

Παρά το γεγονός της σχεδόν ομοφωνίας των ερευνών ως προς τη διαφορά στρατηγικής που χρησιμοποιούν τα δύο φύλα για την εκμάθηση κάποιας διαδρομής (Kimura, 1993; Moffat, 1998) διάφορες μελέτες χαρτών έχουν αποδώσει και αμφίσημα αποτελέσματα. Οι Mc Guinness & Sparks (1983), Galea (1993) ανέφεραν ότι οι γυναίκες αυτόματα απεικονίζουν περισσότερα σημάδια σε ένα χάρτη οικείου περιβάλλοντος (του πανεπιστημίου στο οποίο φοιτούσαν), ενώ οι Miller & Santoni (1986) δεν ανέφεραν διαφυλικές διαφορές στην αναφορά σημαδιών κατά τη λεκτική καθοδήγηση.

Σε μεταγενέστερη έρευνα οι Holding (1989) ανέφεραν ότι οι άνδρες ήταν καλύτεροι από τις γυναίκες στην ακρίβεια κατεύθυνσης μετά την παρατήρηση φωτογραφικών διαφανειών ενός δρομολογίου, ενώ οι Miller & Santoni (1986) συμπέραναν ότι οι άνδρες χρησιμοποιούσαν πρωτεύουσες πληροφορίες του χάρτη και έκαναν χρήσιμες εκτιμήσεις της διαδρομής. Οι Kirasic, Allen & Siegel (1984) υπογράμμισαν ότι οι άνδρες ήταν καλύτεροι ως προς την ακρίβεια των οδηγιών των δρομολογίων αλλά οι γυναίκες ήταν καλύτερες όχι μόνο στην απομνημόνευση των σημαδιών αλλά και στην εκτίμηση των αποστάσεων μεταξύ των σημαδιών (Mc Guinness & Sparks, 1983).

Οι έρευνες που χρησιμοποίησαν μεθόδους εκμάθησης χαρτών μέσω δοκιμασιών χαρτιού και μολυβιού παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα. Το σημαντικότερο είναι ότι επρόκειτο για δοκιμασίες που απέχουν πολύ από τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής των ανθρώπων ενώ συγχρόνως τα αποτελέσματα μπορούν να επηρεαστούν σε πολύ μεγάλο ποσοστό από τα χαρακτηριστικά της δοκιμασίας δηλ. από το αν περιλαμβάνει σημάδια αλλά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά ώστε να ευνοεί τόσο τη στρατηγική που ακολουθούν οι άνδρες όσο και τη στρατηγική που ακολουθούν οι γυναίκες καθώς και από τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται διότι όταν ζητείται

προφορική περιγραφή της διαδρομής εμπλέκεται και η ικανότητα επικοινωνίας και λεκτικής ροής στην οποία παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες όπως ήδη έχει σημειωθεί.

Δεδομένου ότι η μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών ξεκίνησε από τα ζώα και συγκεκριμένα από διάφορα είδη θηλαστικών και κυρίως ποντικών όπου παρατηρήθηκε ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς ως προς την ικανότητα πλοήγησης, όταν το επιστημονικό ενδιαφέρον στράφηκε στο ανθρώπινο είδος επιλέχθηκε για τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών της ικανότητας πλοήγησης η χρήση κυρίως περιβαλλόντων που είχαν θεωρηθεί αξιόπιστες και αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησής της κατά τη μελέτη του ζωικού βασιλείου.

Μία από τις πλέον αποδεκτές μεθόδους μέτρησης της χωρικής ικανότητας πλοήγησης στα ζώα είναι η χρήση λαβυρίνθων με σκοπό την πλοήγηση και την απομνημόνευση διαδρομών. Οι πιο συνηθισμένες μορφές λαβυρίνθων που χρησιμοποιήθηκαν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται στη μελέτη των διαφυλικών διαφορών είναι ο λαβύρινθος water morris καθώς και ο arena maze.

Προκειμένου να αποφευχθεί το πρόβλημα της ασυμβατότητας των δοκιμασιών χαρτιού και μολυβιού με τις καθημερινές εμπειρίες που είναι συνήθως πολυσύνθετες καθώς και η δυσκολία εφαρμογής μιας πειραματικής δοκιμασίας σε πραγματικές συνθήκες, οι επιστήμονες τις τελευταίες δεκαετίες εκμεταλλευόμενοι τις δυνατότητες που τους παρέχουν τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα, επέλεξαν να δημιουργήσουν τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα των διαφόρων λαβυρίνθων που είχαν προηγουμένως εφαρμοστεί σε πειραματικές μελέτες σε ζώα και είχαν θεωρηθεί αξιόπιστα καθώς και προσομοιώσεις πραγματικών περιβαλλόντων. Τα δεδομένα των μελετών αυτών παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο που ακολουθεί.

1.2 Γνωστικές Διαφυλικές διαφορές με χρήση του ερευνητικού εργαλείου της Εικονικής Πραγματικότητας

Τα εικονικά περιβάλλοντα (ΕΠ) χρησιμοποιούνται για να μελετήσουν τυχόν διαφυλικές διαφορές κυρίως ως προς τη δεξιότητα της πλοήγησης και του χωρικού

προσανατολισμού (Moffat, Hampson, & Hatzipantelis, 1998; Lawton & Morrin, 1999; Sandstrom, Kaufman & Huettel, 1998; Waller et al., 2001).

Η πλοήγηση είναι μία δεξιότητα που έχει μελετηθεί αρκετά, και από την πλειονότητα των μελετών έχει αναφερθεί ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς με τους άνδρες να υπερέχουν έναντι των γυναικών ενώ έχει υπογραμμιστεί και η υιοθέτηση διαφορετικών στρατηγικών πλοήγησης από τα δύο φύλα (O'Keefe, Nadel, 1978; Moffat et al., 1998; Astur et al., 1998; Sandstrom et al., 1998) που αναφέρθηκε και στη δοκιμασία εκμάθησης χάρτη.

Προκειμένου να αποφευχθεί το πρόβλημα της ασυμβατότητας των δοκιμασιών χαρτιού και μολυβιού με τις καθημερινές εμπειρίες που είναι συνήθως πολυσύνθετες ερευνητές εκμεταλλευόμενοι τις δυνατότητες που τους παρέχουν τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα, επέλεξαν να δημιουργήσουν τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα των διαφόρων λαβυρίνθων που είχαν προηγουμένως εφαρμοστεί σε πειραματικές μελέτες σε ζώα και είχαν θεωρηθεί αξιόπιστα καθώς και προσομοιώσεις πραγματικών περιβαλλόντων. Τέτοια περιβάλλοντα πρόσφατα έχει φανεί ότι είναι εύκολα στη πλοήγηση και πλησιάζουν τις ρεαλιστικές μορφές (Abu-Ghazze, 1996; Aguirre et al., 1997; Aguirre et al., 1996; Astur et al., 1997; Maguire et al., 1997). Ο υγρός λαβύρινθος Morris (μια πισίνα με ένα κρυφό βατήρα που καλείται ο εξεταζόμενος να ανακαλύψει) είναι η βασική μέθοδος για τη μελέτη της χωρικής μάθησης στα ζώα και κυρίως στα ποντίκια και εμφανίζεται να εξαρτάται πολύ από την λειτουργία και την πλαστικότητα του υποκάμπιου κυκλώματος (Morris et al., 1982; Zhang et al., 2004; Lawton, C. A., & Morrin, K. A. 1999).

Μία έκδοση του εικονικού λαβυρίνθου Morris κατασκευάστηκε (Astur et al., 1998; Hamilton and Sutherland, 1999; Hamilton et al., 2002) και αποδείχθηκε πολύ χρήσιμος στη μελέτη διαφυλικών διαφορών στη χωρική ικανότητα (Astur et al., 1998; Driscoll et al., 2003).

Μελέτες που χρησιμοποίησαν για τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών στην πλοήγηση υπολογιστικά περιβάλλοντα αποκάλυψαν μεγάλες και σημαντικές διαφορές μεταξύ ενήλικων ανδρών και γυναικών (Astur, 1998; Astur et al., 1998; Driscoll et al., 2003; Hamilton and Sutherland, 1999; Moffat and Resnick, 2002; Moffat et al., 1998; Shore et al., 2001; Sandstrom et al., 1998).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων ερευνών πραγματοποίησε ο Astur και οι συνεργάτες του (Astur, 1998) που χρησιμοποίησαν ένα εικονικό λαβύρινθο Morris και βρήκαν σε ένα δείγμα μαθητών κολεγίου πως οι γυναίκες ήταν λιγότερο αποδοτικές από τους άνδρες στο να βρουν τον βατήρα του λαβυρίνθου όταν αυτή κρυβόταν στο νερό σε σύγκριση με τους άνδρες, παρά το γεγονός ότι και οι δύο ομάδες είχαν την ίδια προετοιμασία. Οι γυναίκες επίσης ξόδευαν λιγότερο χρόνο στο σωστό τεταρτημόριο της πισίνας όταν ήταν κρυμμένος ο βατήρας και έκαναν περισσότερα λάθη. Ένα μειονέκτημα της μελέτης των Astur et al. ήταν το ότι δεν είχε εξετάσει την εμπειρία των συμμετεχόντων σε ηλεκτρονικά παιχνίδια ως παρόμοια περιβάλλοντα.

Σε έρευνα που πραγματοποίησαν την ίδια χρονιά οι Moffat et al. (1998) εξέτασαν απόφοιτους κολεγίου σε ένα εικονικό λαβύρινθο που δεν επέτρεπε μια αλλοκεντρική στρατηγική καθώς δεν υπήρχαν επιπλέον εξωτερικά ορατά σημάδια. Παρόλα αυτά εντοπίστηκαν σημαντικές διαφυλικές διαφορές στο χρόνο αλλά και τον αριθμό των λαθών μεταξύ των δύο φύλων με τους άνδρες να υπερέχουν έναντι των γυναικών στην ταχύτητα εκτέλεσης παρουσιάζοντας ταυτόχρονα περιορισμένο αριθμό λαθών.

Επιπλέον μελέτες που πραγματοποίησε ο Astur (2004) έδειξαν ότι η εκτέλεση χωρικής πλοήγησης σε εικονικό λαβύρινθο συνδέεται με τις γνωστές διαφυλικές διαφορές στη νοητική περιστροφή αντικειμένων που ενδεχομένως σημαίνει ότι είναι οι ίδιες γνωστικές διαδικασίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της δοκιμασίας του λαβυρίνθου, ενώ μελέτες σε ανθρώπους με βλάβη στον ιππόκαμπο σε εικονικό λαβύρινθο Morris (Astur, 2002) έδειξαν ότι η εκτέλεση της δοκιμασίας του κρυμμένου λαβυρίνθου εξαρτάται σημαντικά από τη λειτουργία του ιππόκαμπου.

Καθώς όμως όπως αναφέρεται και σε άλλο υποκεφάλαιο που παρόντος κεφαλαίου έχει αναφερθεί από πλήθος επιστημόνων ότι οι γοναδικές στερόλες επιδρούν κατά την περίοδο της εφηβείας στις γνωστικές δεξιότητες χαρίζοντας στα αγόρια πλεονέκτημα σε χωρικές δοκιμασίες, εξετάστηκε από τους Newhouse et al. (2007) εάν οι διαφυλικές διαφορές υπάρχουν και κατά την προεφηβική ηλικία στα παιδιά. Για το λόγο αυτό παιδιά ηλικίας από 8-10 ετών υποβλήθηκαν σε μια δοκιμασία εικονικού υγρού λαβυρίνθου Morris, στον οποίο είχε παρουσιαστεί ισχυρή

διαφυλική διαφορά στους ενήλικες. Οι Newhouse et al. (2007) παρατήρησαν ότι τα αγόρια έδειξαν καλύτερη εκτέλεση από τα κορίτσια καθώς έκαναν μικρότερες διαδρομές για να βρουν την πλατφόρμα και παρουσίασαν ισχυρότερη προτίμηση στην περιοχή γύρω από το βατήρα κατά τη διάρκεια της περιήγησης στο λαβύρινθο όταν ο βατήρας ήταν κρυμμένος στο νερό. Αυτά τα αποτελέσματα υποθέτουν την ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς στη χωρική μάθηση και Πρίν την εφηβεία, είναι σε συμφωνία με αυτά προηγούμενων μελετών σε ενήλικες (Astur et al., 1998; Moffat et al., 1998) ενώ δεν ενισχύουν την υπόθεση περί επίδρασης των ορμονών καταλυτικά στις γνωστικές διαφυλικές διαφορές. Εντούτοις όμως οι διαφορές αυτές δεν αποκλείουν το ενδεχόμενο να αντανakλούν επιδράσεις ορμονών προ και περιγεννητικά στον υπόκαμπο καθώς ούτε και το ενδεχόμενο επιρροής τους από τη χρήση διαφορετικών στρατηγικών πλοήγησης των δύο φύλων.

Σε ένα πείραμα (Shelley et al., 2006) χρησιμοποιήθηκαν δύο λαβύρινθοι ο υγρός λαβύρινθος morris καθώς και ο arena οι οποίοι αναπαρίσταντο με τη μορφή εικονικών περιβαλλόντων και καλούνταν οι συμμετέχοντες άνδρες και γυναίκες να πλοηγηθούν. Το καινοτόμο χαρακτηριστικό της έρευνας αυτής ήταν ότι στο λαβύρινθο morris χρησιμοποιήθηκαν μόνο περιφερικά σημάδια που σύμφωνα με την βιβλιογραφία χρησιμοποιούν κυρίως οι γυναίκες για την πλοήγησή τους ενώ στο λαβύρινθο arena χρησιμοποιήθηκαν τόσο περιφερικά όσο και κεντρικά σημάδια. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι στο λαβύρινθο arena οι άνδρες σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις από τις γυναίκες γεγονός που επιβεβαιώνει την άποψη ότι οι γυναίκες συνηθίζουν να χρησιμοποιούν περιφερικά κυρίως σημάδια ενώ οι άνδρες κεντρικά.

Επιπροσθέτως, άξια λόγου είναι και μία άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους (Ross, Skelton, & Mueller, 2006) με σκοπό τη μελέτη των φυλετικών διαφορών σε δύο εικονικά περιβάλλοντα, ένα λαβύρινθο Morris και ένα λαβύρινθο Arena που περιείχαν τόσο κοντινά όσο και περιφερειακά σημάδια. Ο στόχος όμως της έρευνας αυτής δε σταματούσε εδώ αλλά επεκτεινόταν στη μελέτη του κατά πόσο τα αποτελέσματα αυτά έχουν ισχύ και σε συνθήκες πραγματικού κόσμου - ερώτημα κείριο και για την παρούσα έρευνα αλλά και για την επέκταση και εξέλιξή της.

Για τη μελέτη του κρίσιμου αυτού ερωτήματος χρησιμοποιήθηκαν τρεις πειραματικές συνθήκες. Στην πρώτη παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες η

χαρτογράφηση ενός τμήματος του πανεπιστημίου τους, στη δεύτερη μία φωτογραφία του ίδιου τμήματος και στην τρίτη ένα εικονικό περιβάλλον όπου αναπαρίστατο με υψηλή ακρίβεια το ίδιο τμήμα. Και στις τρεις συνθήκες τους ζητούνταν να εκτελέσουν κάποιες δοκιμασίες πλοήγησης και προσανατολισμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο σχεδιασμός του εικονικού περιβάλλοντος μπορεί να επηρεάσει το μέγεθος της διαφοράς μεταξύ των δύο φύλων καθώς και ότι για τη μειωμένη επίδοση των γυναικών έναντι των ανδρών δεν οφείλεται η εικονική φύση της δοκιμασίας καθώς η μαθημένη χωρική πληροφορία σε ένα εικονικό ή πραγματικό περιβάλλον εύκολα μεταφέρεται κατ' αντιστοιχία σε ένα πραγματικό ή εικονικό περιβάλλον. Επιπλέον στην έρευνα των Ross et al. 2006 χρησιμοποιήθηκε και ένας λαβύρινθος που αντικατόπτριζε ένα πραγματικό τμήμα του πανεπιστημίου και ζητήθηκε από συμμετέχοντες και των δύο φύλων να πλοηγηθούν μέσα στο περιβάλλον και στη συνέχεια τους ζητήθηκε να πλοηγηθούν και στο πραγματικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα από τη μελέτη αυτή έδειξαν την ύπαρξη διαφυλικών διαφορών καθώς και ότι είναι δυνατόν η πληροφορία που μαθαίνεται στο εικονικό περιβάλλον να δύναται να εφαρμοστεί στο πραγματικό και αντίστροφα.

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα των προαναφερθεισών μελετών το πιο σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι οι κατασκευαστές ΕΠ θα πρέπει να τα διαμορφώνουν λαμβάνοντας υπόψη όλες τις γνωστικές διαφυλικές διαφορές που έχουν αναφερθεί ώστε να αποφεύγεται το ενδεχόμενο επίδρασης των χαρακτηριστικών του εκάστοτε περιβάλλοντος στα αποτελέσματα της μελέτης.

1.3. Βιοχημική – Ανατομική προσέγγιση

Ο καθορισμός του φύλου είναι αποτέλεσμα επίδρασης πολυάριθμων νευροβιολογικών παραγόντων. Και τα δύο φύλα φέρουν 46 χρωμοσώματα, 44 από αυτά είναι κοινά και ευθύνονται για τον καθορισμό βασικών σωματικών λειτουργιών και τα υπόλοιπα δύο είναι αυτά που καθορίζουν και το φύλο μας. Ο φυλετικός καθορισμός συντελείται στους ανθρώπους κατά την 6^η εβδομάδα της κύησης, οπότε τα βρέφη που φέρουν δύο X χρωμοσώματα είναι τα θηλυκά ενώ εκείνα που έχουν ένα X και ένα Y είναι τα αρσενικά.

Αν και δεν είναι γνωστός ο ακριβής τρόπος με τον οποίο οι διαφορετικοί γενετικοί κώδικες επιδρούν στη μορφολογία και τη φυσιολογία του άνδρα και της γυναίκας, είναι γενικά αποδεκτή η άποψη ότι τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του φύλου βρίσκονται υπό τον έλεγχο των γοναδικών ορμονών, στις οποίες εκτιθέμεθα από πολύ νωρίς κατά την ενδομήτρια περίοδο. Σαν πρωτογενή όργανα αναπαραγωγής οι ανδρικές γονάδες δηλαδή οι όρχεις παράγουν σπέρμα και οι γυναικείες δηλαδή οι ωοθήκες παράγουν ωάρια. Επιπλέον, οι γονάδες παράγουν και σεξουαλικές ορμόνες. Οι όρχεις παράγουν ανδρογόνα και κυρίως τεστοστερόνη και οι ωοθήκες οιστρογόνα και προγεστερόνη. Οι γοναδικές αυτές ορμόνες προσδιορίζουν τα βοηθητικά όργανα αλλά και τα δευτερογενή σεξουαλικά χαρακτηριστικά.

Εντούτοις, η ορμονική διαφοροποίηση δεν είναι τέλεια καθώς οι άνδρες παράγουν κάποια χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων και προγεστερόνης και οι γυναίκες αντίστοιχα ανδρογόνων. Συνεπώς, η διαφοροποίηση των δύο φύλων είναι περισσότερο ποσοτική παρά ποιοτική, με το κλάσμα ανδρογόνα προς οιστρογόνα- προγεστερόνη μεγαλύτερο στους άνδρες.

Η εξέλιξη της αρρενοποίησης και της θηλεοποίησης απαντά σε διαφορετικές βιοχημικές αλλαγές καθώς η τεστοστερόνη μπορεί να μετατραπεί είτε σε οιστρογόνο είτε σε διυδροτεστοστερόνη (DHT). Αυτή που προκαλεί την 'αρρενοποίηση' του εγκεφάλου είναι η δράση των οιστρογόνων ως αποτέλεσμα της αρωματοποίησης της τεστοστερόνης. Ο θηλυκός εγκέφαλος προστατεύεται από την 'αρρενοποίηση' που επιφέρει η δράση των οιστρογόνων, μέσω της ύπαρξης της άλφα- φετοπρωτεΐνης (Nydorg, 1983; 1984; 1988; 1990).

Δεδομένα από ποικίλες έρευνες σε ζώα έδειξαν ότι η πρόωρη έκθεση σε φυλετικές ορμόνες έχει ισόβια επιρροή στον οργανισμό προκαλώντας σταθερά και δεδομένα αποτελέσματα στο φυλετικό διμορφισμό του εγκεφάλου, της συμπεριφοράς και των γνωστικών ικανοτήτων.

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών εστίασε στους εσωτερικούς καθορισμούς των διαφυλικών διαφορών στην ανθρώπινη γνωστική λειτουργία. Το 19^ο αιώνα οι επιστήμονες πίστεψαν ότι ο μικρότερος θηλυκός εγκέφαλος κάνει τις γυναίκες λιγότερο έξυπνες (Gould, 1981) εντούτοις η άποψη αυτή δεν επιβεβαιώθηκε (Lyph,

1994). Πιο πρόσφατα το πλεονέκτημα των ανδρών στις χωρικές δεξιότητες υποτέθηκε ότι έχει γενετικές ή ορμονικές βάσεις.

Το 1970 θεωρούσαν ότι το υποδεκτικό γονίδιο χ επηρεάζει τη χωρική δεξιότητα (Maccoby, 1974). Αρκετές μελέτες υποθέτουν ένα διασταυρούμενο φυλετικό πρότυπο συσχετίσεων για τις χωρικές δεξιότητες μεταξύ γονέων και παιδιών (Bock, 1973; Hartlage, 1970; Connor, 1943; Stafford, 1965). Τα σκορ των αγοριών εμφανίστηκαν να σχετίζονται με αυτά των μανάδων τους αλλά όχι των πατεράδων τους ενώ τα σκορ των κοριτσιών εμφανίστηκαν να συσχετίζονται περισσότερο με των πατεράδων απ' ότι των μανάδων. Ιδιαίτερες εκτιμήσεις για το πρότυπο που παρουσιάζουν οι άνδρες και οι γυναίκες σχετίζεται με τα γονίδια και οι άνδρες παρουσιάζονται να έχουν κατά 50% ανεπτυγμένες τις χωρικές δεξιότητες και οι γυναίκες κατά 25% (Bock, 1973). Μελέτες που ακολούθησαν περιλαμβάνοντας μεγαλύτερα δείγματα δεν βρήκαν διασταυρούμενα φυλετικά πρότυπα συσχετίσεων ερχόμενα σε αντίθεση με την υπόθεση σύνδεσης με το χρωμόσωμα Χ (Ashton, 1987; Jardine, 1983; Loehlin, 1978). Έχει συνεπώς φανεί ότι οι γοναδικές ορμόνες είναι πιο σημαντικές για τον καθορισμό νευρωνικών και συμπεριφορικών διαφυλικών διαφορών στα θηλαστικά απ' ότι τα φυλετικά χρωμοσώματα. Σύμφωνα με τη άποψη αυτή οι έρευνες μετατοπίστηκαν από τις γενετικές εξηγήσεις των γνωστικών διαφυλικών διαφορών στις ορμονικές εξηγήσεις. Αρκετοί ερευνητές δεν έχουν αμφιβολία ότι οι γοναδικές ορμόνες επηρεάζουν την ανθρώπινη γνώση (Hampson et al., 2003; Kimura, 1999).

Προκειμένου να μελετηθεί και να διευκρινιστεί η σχέση αυτή των ορμονών και των γνωστικών δεξιοτήτων στα δύο φύλα στο ανθρώπινο είδος έλαβαν χώρα αρκετές έρευνες ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των οποίων παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή.

Δεδομένων των διαφυλικών διαφορών των γνωστικών δεξιοτήτων όπως αυτές παρουσιάστηκαν από ψυχολογικές και συμπεριφοριστικές μελέτες ο κύριος όγκος των βιοχημικών και ανατομικών ερευνών εστίασε στις δύο μεγάλες κατηγορίες των γνωστικών δεξιοτήτων, τις λεκτικές και τις χωρικές οι οποίες και σημείωσαν τις στατιστικά σημαντικότερες διαφορές.

Παρά το γεγονός ότι έχει δειχθεί η υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών στις χωρικές δεξιότητες τόσο στους ανθρώπους όσο και σε άλλα είδη θηλαστικών,

παραμένουν ζήτημα προς μελέτη τα αίτια αυτής της διαφοροποίησης. Η μελέτη των διαφυλικών διαφορών στη χωρική κατανόηση ενέπλεξε ερωτήσεις για τις βιολογικές βάσεις του φυλετικού διμορφισμού της χωρικής συμπεριφοράς. Ως μία σημαντική αιτία έχει παρουσιαστεί η διαφορά στις τρέχουσες ορμόνες (Choi & Silverman, 2002; Christiansen & Knissmann, 1987; Silverman, 1999). Παρατηρήθηκε ότι οι στεροειδής ορμόνες μπορεί να επηρεάσουν τις χωρικές δεξιότητες ενώ αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα μικρότερου αριθμού ερευνών που έχει ασχοληθεί με την επίδραση που ασκούν οι ορμόνες στις λεκτικές δεξιότητες όπου παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες αν και τα αποτελέσματα πολλών μελετών παρουσιάζονται αντιφατικά (Collaer & Hines, 1995; Halpern, 2000; Hines, 2004).

Ένα από τα πιο σημαντικά άρθρα που πραγματεύονται τη μελέτη της σχέσης αυτής είναι του Maccoby (1966) ο οποίος ανέφερε ότι η υψηλότερη χωρική δεξιότητα συνδέεται με χαμηλότερα επίπεδα τεστοστερόνης προγεννητικά από τον ομφάλιο λώρο. Η θέση του αυτή είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα μίας μελέτης που είχε πραγματοποιήσει Πρίν χρόνια το 1966 όπου παρατήρησε ότι τα αγόρια που παρουσίασαν χαμηλές επιδόσεις στις χωρικές δεξιότητες έφεραν λιγότερο αρρενωπά μορφολογικά χαρακτηριστικά (τριχοφυΐα κτλ) .

Αρκετές είναι οι μελέτες εκείνες οι οποίες έχουν αναφέρει σύνδεση των επιπέδων της τρέχουσας τεστοστερόνης και των χωρικών δεξιοτήτων. Πιο συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί ότι όσο υψηλότερα είναι τα επίπεδα της τρέχουσας τεστοστερόνης (όπως αυτή μετράται στο αίμα ή στο σάλιο των συμμετεχόντων στην εκάστοτε πειραματική διαδικασία) τόσο υψηλότερα είναι και τα σκορ στις χωρικές δεξιότητες (Driscoll et al., 2005; Cherrier et al., 2001). Παρά όμως το γεγονός ότι τα βιοδιαθέσιμα επίπεδα τεστοστερόνης έχει παρατηρηθεί ότι μειώνονται με την ηλικία και συνδέονται με αλλαγές στην ικανότητα κατανόησης εντούτοις η υπεροχή των ανδρών σε διάφορες χωρικές δεξιότητες όπως νοητική περιστροφή τρισδιάστατων αντικειμένων, πλοήγηση σε εικονικό υγρό λαβύρινθο morris αν και παρουσίασε κάποια φθορά με το πέρασ της ηλικίας εντούτοις εξακολουθούσε να υπάρχει σε σχέση με τις γυναίκες (Driscoll et al., 2005; Linn and Petersen, 1985; Masters and Sanders, 1993; Sanders et al., 1982; Wilson and Vandenberg, 1978; Shore et al., 2001; Driscoll et al., 2003).

Ο Petersen (1976) ανέφερε ότι σε υγιείς γυναίκες ένας πιο αρρενωπός τύπος σώματος συνδέθηκε με υψηλότερα χωρικά σκορ ενώ η λεκτική ροή ήταν ανεπηρέαστη. Στους άνδρες ένας πιο αρρενωπός τύπος σώματος συνδέθηκε με υψηλότερα χωρικά από ότι λεκτικά σκορ και ένας λιγότερο φυσικός αρρενωπός τύπος σώματος συνδέθηκε με υψηλότερη λεκτική ροή από ότι χωρικές δεξιότητες. Παρόμοια κάποιες μελέτες ανέφεραν ότι υψηλότερα επίπεδα κυκλοφορούσας τεστοστερόνης συνδέθηκαν με χαμηλότερη χωρική ικανότητα στους άνδρες (Gouchie & Kimura, 1991; Shute, Pellegrino, Hubert, & Reynolds, 1983) ενώ οι Broverman et al., 1968 & 1969) ανέφεραν ότι οι άνδρες με πιο αρρενωπή εμφάνιση συνδέθηκαν με ένα πρότυπο υπεροχής στις λεκτικές δοκιμασίες και λιγότερο αναπτυγμένο στις χωρικές (Driscoll et al., 2005; Broverman & Klaiber, 1969; Broverman, Klaiber, Kobayashi, & Vogel, 1968; Klaiber, Broverman, Vogel, Abraham, & Stenn, 1971; Mackenberg, Broverman, Vogel, & Klaiber, 1974).

Ισχυροποίηση της επιστημονικής θέσης περί σύνδεσης των ορμονών με τις γνωστικές δεξιότητες στους ανθρώπους επέρχεται και από σειρά μελετών που έδειξαν ότι υπάρχουν αλλαγές στις γνωστικές δεξιότητες στις διάφορες φάσεις του εμμηνορροϊκού κύκλου στις γυναίκες (Beatty, 1979 & 1992; Halpern, 1992; Collaer and Hines, 1995).

Όπως όμως είναι πλέον γνωστό από βιοχημικές και νευροεπιστημονικές μελέτες και αναφέρθηκε και στις πρώτες παραγράφους του παρόντος υποκεφαλαίου, οι ορμόνες ήδη από την προγεννητική περίοδο κατά τη διάρκεια δηλαδή της κύησης επιδρούν πρωτίστως στην επιλογή του φύλου και στα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά που τη συνοδεύουν (ηβικά χαρακτηριστικά τριχοφυΐα, τόνος φωνής, ηβική κώμη κτλ) ενώ δευτερευόντως επιδρούν και σε μορφολογικά χαρακτηριστικά που δεν είναι τόσο άμεσα συνυφασμένα με το φύλο. Κάποια παραδείγματα τέτοιων επιδράσεων είναι το μήκος των δακτύλων (Burton et al. (2005)) το ύψος που θα αναπτύξει κάθε υποκείμενο το οποίο πέραν των γονιδίων επηρεάζεται και από τα ποσοστά μιας ορμόνης που καλείται αυξητική ορμόνη ενώ τα επίπεδα των γοναδικών ή γενετικών ορμονών (τόσο της μητέρας όσο και του ίδιου του εμβρύου) έχει παρατηρηθεί ότι επιδρούν ήδη από την προγεννητική περίοδο στη μορφολογία του εγκεφάλου.

Ο Klaiber et al. (1971) βρήκαν ότι καλύτερη εκτέλεση σε μία ακολουθία δοκιμασίας αφαίρεσης συνδέθηκε με ενδιάμεσα επίπεδα διαχειριζόμενης τεστοστερόνης ενώ φτωχότερη βρέθηκε σε υψηλότερα και χαμηλότερα επίπεδα. Σε μία ομάδα προικισμένων παιδιών (Ostatnikona, Laznibatova & Dohnanyiova, 1996) υψηλότερος χωρικός συλλογισμός συνδέθηκε με χαμηλότερα επίπεδα τεστοστερόνης στο σάλιο και η επίδραση ήταν ισχυρότερη στα αγόρια. Τα προικισμένα παιδιά σκόραραν καλύτερα στο τεστ χωρικού συλλογισμού από ότι μία ομάδα μη προικισμένων παρά το ότι οι προικισμένοι είχαν χαμηλότερα επίπεδα τεστοστερόνης. Το μήκος των δακτύλων στα δύο φύλα παρατηρήθηκε τα τελευταία χρόνια ότι διέφερε από την ηλικία των δύο ετών και μετά όπου βρέθηκε μικρότερος λόγος του δευτέρου προς το τέταρτο στους άνδρες (Burton et al., 2005) διαφυλικές διαφορές βρέθηκαν και στο λόγο του δευτέρου προς το πέμπτο και του τρίτου προς το τέταρτο όπου ο λόγος στις γυναίκες παρουσιάστηκε μεγαλύτερος (Burton et al., 2005). Αυτές οι διαφυλικές διαφορές στο λόγο των μηκών πιστεύεται ότι αντανακλούν επιδράσεις των ορμονών.

Οι λόγοι των μηκών των δακτύλων διαμορφώνονται προγεννητικά (Burton et al 2005) και ο λόγος της διαφοράς έχει αναφερθεί από μικρές ηλικίες. Τα ευρήματα συμφωνούν με όλες τις προηγούμενες μελέτες περί λόγων μήκους δακτύλων και υπεροχής των ανδρών στις χωρικές δεξιότητες και των γυναικών στη λεκτική ροή.

Οι Geschwind & Galaburda (1987) πιστεύουν ότι τα προγεννητικά ανδρογόνα έδειξαν αριστερή εγκεφαλική ημισφαιρική ανάπτυξη επιτρέποντας στις χωρικές δεξιότητες του δεξιού ημισφαιρίου να πάρουν τα ινία, ενώ ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα ανδρογόνων έδειξαν ανάπτυξη και των δύο ημισφαιρίων.

Η επίδραση των ορμονών στις γνωστικές διαδικασίες εδραιώνεται μέσω της παρατήρησης και μελέτης περιστατικών διαταραχών τόσο προγεννητικά όσο και μεταγεννητικά.

Δεδομένου ότι για λόγους ηθικούς δεν εκτελούνται επεμβατικά πειράματα σε ανθρώπους (αλλαγή επιπέδων των ορμονών) προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση τους στις γνωστικές ικανότητες, στρεφόμαστε στα καλούμενα «φυσικά πειράματα» των οποίων οι συμμετέχοντες έχουν εκτεθεί για κάποιο λόγο (π.χ. ασθένεια) σε ασυνήθιστα ορμονικά επίπεδα προγεννητικά, περιγεννητικά και/ή μεταγεννητικά.

Οι διαφυλικές διαφορές σε πολλές γνωστικές δεξιότητες έχουν υπογραμμιστεί κατά καιρούς (Kimura 1992, Maccoby & Jacklin, 1974) με υπεροχή κυρίως των γυναικών στις λεκτικές και γλωσσικές δεξιότητες (Halpern, 1986; McGlone, 1980) και των ανδρών στις χωρικές (Halpern, 1996; Hyde, 1981; McGee, 1979; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995; Hausmann et al., 1999). Αυτές οι δεξιότητες παρουσιάζουν πλευρίωση και κυρίως οι λεκτικές οι οποίες εστιάζονται στο αριστερό ημισφαίριο (Beaumont, 1982) αντίθετα με τις χωρικές που εστιάζονται / εδράζονται στο δεξιό (Kimura, 1966). Είναι εντούτοις κατανοητό ότι διαφυλικές διαφορές σε λεκτικές και χωρικές δεξιότητες σχετίζονται με συγκεκριμένες διαφορές στο φύλο και στην οργάνωση των εγκεφαλικών ασυμμετριών για τις λεκτικές και χωρικές δεξιότητες (Voyer, 1996). Λειτουργικές ασυμμετρίες εγκεφάλου για την ικανότητα ομιλίας και αντίληψης του λόγου (Corballis & Sidey, 1993; Waber, 1982), το χωρικό προσανατολισμό και την αναγνώριση προσώπου (Borod, Koff, & White, 1983; Rizzolatti & Buchtel, 1977) φαίνονται να εξαρτώνται από το φύλο στους ανθρώπους. Εντούτοις υπάρχουν και αντίθετες απόψεις (Ashton & McFarland, 1991; Boucher & Bryden, 1997; Kimura & Harshmann, 1984). Η πλειονότητα των δεδομένων δείχνει ότι η πλευρίωση αυτών των διαδικασιών είναι πιο έκδηλη στους άνδρες ενώ το πρότυπο πλευρίωσης τείνει να είναι πιο συμμετρικό στις γυναίκες (Corballis & Sidey, 1993; Halpern, 1996; Hausmann et al., 1998; Hough, Daniel, Snow, O'Brien, & Hume, 1994; Inglis, Ruckman, Lawson, MacLean & Monga, 1982; Juarez & Corsi-Cabrera, 1995; Rasmjoui, Hausmann & Güntürkün, 1999; Shaywitz et al., 1995). Οι άνδρες τείνουν να εκδηλώνουν λεκτικά ελλείμματα μετά από βλάβη στο αριστερό ημισφαίριο και μη λεκτικά ελλείμματα μετά από βλάβη στο δεξί ημισφαίριο ενώ τα ελλείμματα είναι λιγότερο ειδικευμένα στα ημισφαίρια για τις γυναίκες (McGlone, 1977; 1978; Wechsler, 1955). Αυτά τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με την άποψη περί μικρότερης ασυμμετρικής οργάνωσης στις γυναίκες.

1.4. Νευροαπεικονιστικές μελέτες

Η ανάγκη κατανόησης και ερμηνείας της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των αιτιών που την προκαλούν οδήγησε αιώνες Πρίν στην ανάγκη μελέτης της σχέσης που συνδέει την 'ψυχή' με το σώμα.

Αρχικά με τη μελέτη της σχέσης αυτής ασχολήθηκε ο κλάδος της φιλοσοφίας στους κόλπους του οποίου είχε δημιουργήσει έντονες διαφωνίες η μελέτη της σχέσης του δίπολου σώμα- ψυχή που αργότερα με τα χρόνια μεταφράστηκε σε εγκέφαλος και νους.

Το 19^ο αιώνα η μελέτη της νοητικής δραστηριότητας μεταφέρθηκε στον επιστημονικό κόλπο της ψυχολογίας όπου ανάλογα με τις μεθόδους μελέτης που χρησιμοποιήθηκαν διαμορφώθηκαν διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι.

Πρώτα εμφανίστηκε ο συμπεριφορισμός που αποτελεί μία αυστηρή έκφραση της αντικειμενικής ψυχολογίας. Κύριος εκφραστής της ήταν ο Watson ενώ η θέση που πρέσβευε ήταν ότι είναι δυνατόν η συμπεριφορά να μελετηθεί με την ίδια αυστηρότητα με την οποία εξετάζονται οι φυσικές επιστήμες μόνο αν οι μελέτες της συμπεριφοράς επικέντρωναν την προσοχή τους σε παρατηρήσιμες όψεις της συμπεριφοράς και εγκατέλειπαν την εικολογία για μη παρατηρήσιμες νοητικές δράσεις.

Στη συνέχεια γύρω στο 1960 έκανε την εμφάνισή του ένας άλλος κλάδος της ψυχολογίας που πραγματεύτηκε και αυτός το θέμα της νοητικής δραστηριότητας, η γνωστική ψυχολογία. Κύρια θέση του ήταν ότι η αντίληψη διαμορφώνει τη συμπεριφορά και ότι η ίδια η αντίληψη είναι μία δημιουργική διεργασία η οποία εξαρτάται όχι μόνο από τις πληροφορίες που περιέχει ένα ερέθισμα αλλά κι από τη νοητική συγκρότηση του ατόμου που αντιλαμβάνεται το ερέθισμα. Ο κλάδος της γνωστικής ψυχολογίας συνδέεται στενά με αυτόν της γνωστικής νευροεπιστήμης που πρεσβεύει ότι οι γνωστικές διεργασίες υλοποιούνται με βάση μια ταχύτατη συνεργασία τεράστιων σε πλήθος ευρέως κατανεμημένων αλληλεπιδρώντων κυτταρικών σχηματισμών του εγκεφάλου.

Υπάρχουν βέβαια πολλά παράδοξα ακόμη σε αυτή την προσπάθεια σύνδεσης των γνωστικών λειτουργιών με τη βιολογική τους βάση. Για παράδειγμα ενώ η ανατομία του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι πολύ καλά γνωστή, εντούτοις οι μηχανισμοί που οργανώνουν την επεξεργασία της πληροφορίας είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστοι. Επιπλέον εξακολουθεί να υπάρχει ένας μεθοδολογικός διϋσμός ανάμεσα στους ερευνητές που εστιάζουν περισσότερο στον εντοπισμό λειτουργιών και σε άλλους που εστιάζουν κυρίως στη χρονική πλευρά των ίδιων των φαινομένων.

Η εμφάνιση του κλάδου της γνωστικής νευροεπιστήμης λαμβανομένης υπόψη και την κύρια θέση που αυτή πρεσβεύει συνοδεύτηκε από ραγδαία εξέλιξη των μεθόδων απεικόνισης του εγκεφάλου προκειμένου να καλύψουν τις ιδιαίτερες ερευνητικές της ανάγκες.

Αρχικά η μελέτη της λειτουργίας αλλά και της ανατομίας του εγκεφάλου πραγματοποιούνταν με μεταθανάτια μελέτη της ανατομίας του εγκεφάλου ασθενών που είχαν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο ή τραυματισμό και συνδέοντας τα ανατομικά αυτά χαρακτηριστικά με τα συμπεριφορικά που είχαν συλλεγεί όσο ο ασθενής ήταν εν ζωή.

Η μελέτη ωστόσο των εγκεφαλικών βλαβών ως ερευνητική μέθοδος, σύντομα αντιμετώπισε και τα πρώτα της μεθοδολογικά προβλήματα: Οι ερευνητές δεν μπορούσαν να ελέγξουν το μέγεθος και να οριοθετήσουν επακριβώς τη βλάβη που γίνεται. Γι' αυτό και συχνά κατέφευγαν σε πειράματα σε ζώα καταστρέφοντας τεχνητά διάφορες εγκεφαλικές περιοχές και παρατηρώντας τις αλλαγές στη συμπεριφορά που προκαλούσαν οι βλάβες αυτές.

Μία πιο εκλεπτυσμένη μέθοδος που εφευρέθηκε και εφαρμόστηκε αργότερα είναι η τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε συγκεκριμένα σημεία του εγκεφαλικού φλοιού. Εντούτοις η μέθοδος αυτή παρουσίαζε κάποια βασικά μειονεκτήματα όπως το ότι πρόκειται για μία επεμβατική μέθοδος που κατ' επέκταση για ηθικούς λόγους δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε υγιείς ανθρώπους και δεύτερον τα αποτελέσματα της όταν αυτή εφαρμόζονταν σε ασθενείς κατά τη διάρκεια επεμβάσεων (κυρίως σε επιληπτικούς ασθενείς Wilder Penfield) είναι αμφισβητήσιμα καθώς δεν είναι ξεκάθαρο αν οι δηλώσεις των εμπειριών των ασθενών είναι πραγματικές ή αποκυήματα της φαντασίας.

Τις τελευταίες δεκαετίες με την εξέλιξη του κλάδου των νευροεπιστημών και την ανατολή του κλάδου της γνωσιακής επιστήμης έχουν αναπτυχθεί νέες μη επεμβατικές τεχνικές που καθιστούν δυνατή τη μελέτη της οργάνωσης και της λειτουργίας του εγκεφάλου κατά την διάρκεια πραγμάτωσης συγκεκριμένων νοητικών διεργασιών. Οι τεχνικές αυτές συμβάλουν όχι μόνο στον εντοπισμό βλαβών σε κλινικές περιπτώσεις αλλά και στην κατανόηση πολύπλοκων νευρωνικών δικτύων που αποτελούν τις βιολογικές βάσεις των νοητικών διεργασιών.

Η μελέτη λοιπόν της δομής και της φυσιολογίας των γνωστικών διεργασιών απαιτεί συνδυασμό δεδομένων και παρατηρήσεων αιματικής ροής ή οξυγόνωσης, χημικών διεργασιών και ηλεκτρομαγνητικής δραστηριότητας ολόκληρου του εγκεφάλου. Οι βασικότερες από τις τεχνικές αυτές αναφέρονται παρακάτω.

Υπολογιστική Αξονική Τομογραφία (Computerized Axial Tomography /CAT/CT). Η τεχνική αυτή κάνει χρήση μικρών ποσοτήτων ακτινοβολίας για να λάβει εικόνες από διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου και να συνθέσει μέσω υπολογιστή μία ενιαία εικόνα.

Τομογραφία Μαγνητικού Συντονισμού και Λειτουργική Μαγνητική Τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging /MRI & functional Magnetic Resonance Imaging /fMRI). Είναι μία πιο σύγχρονη τεχνική που χρησιμοποιεί μαγνητικά πεδία και υπολογιστές για να συνθέσει εικόνες του εγκεφάλου ανιχνεύοντας τα τμήματα εκείνα του εγκεφάλου που παρουσιάζουν κάθε φορά μεγαλύτερη οξυγόνωση δηλαδή είναι σε λειτουργία.

Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (Positron Emission Tomography /PET). Η τεχνική αυτή κάνει χρήση ραδιενεργών ουσιών που απορροφούνται επιλεκτικά από κύτταρα που είναι εκείνη τη στιγμή ενεργοποιημένα, προσφέροντας πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του ενεργού εγκεφάλου.

Ηλεκτροεγκεφαλογραφία (Electroencephalography / EEG). Βασίζεται στο γεγονός ότι τα ηλεκτρικά σήματα του εγκεφάλου τροποποιούνται όταν συμβαίνουν αισθητηριακά και κινητικά γεγονότα, όταν εμφανίζονται απαιτήσεις για προσοχή καθώς και κατά τη διάρκεια συναισθηματικών ή γνωστικών εγκεφαλικών λειτουργιών. Από ηλεκτρικής και ηλεκτρομαγνητικής άποψης εστιάζεται στους ρυθμούς του εγκεφάλου και τις αλλαγές που υφίστανται κατά την ενασχόληση του υποκειμένου με εργασίες που απαιτούν νοητική προσπάθεια.

Ο όγκος των ερευνών που έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη των γνωστικών διαφυλικών διαφορών κάνοντας χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών είναι περιορισμένος σε σχέση με τις συμπεριφοριστικές μελέτες. Εντούτοις οι πληροφορίες που μας παρέχουν είναι βαρύνουσας σημασίας καθώς συντελούν στην καλύτερη γνώση της λειτουργίας και της οργάνωσης του ανθρώπινου εγκεφάλου παρέχοντας συγχρόνως μία πιο σφαιρική και ολοκληρωμένη εικόνα για τη δομή, οργάνωση και λειτουργία του ανθρώπινου σώματος.

Και στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται έρευνες που μελέτησαν τις διαφυλικές διαφορές ως προς τις λεκτικές δεξιότητες κάνοντας χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών και ακολουθούν δεδομένα ως προς άλλες γνωστικές δεξιότητες και ιδίως τις χωρικές δεξιότητες.

Όπως ήδη έχει υπογραμμιστεί από ένα μεγάλο όγκο συμπεριφορικών δεδομένων είναι πλέον ευρύτατα αποδεκτό από τους επιστημονικούς κλάδους ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν μία γενικότερη υπεροχή στην εκτέλεση λεκτικών δεξιοτήτων.

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Wirth et al. (2006) κάνοντας χρήση της μεθόδου των προκλητών δυναμικών κατά την ανάγνωση λέξεων από τους συμμετέχοντες, βρέθηκε ότι οι γυναίκες και οι άνδρες διαφέρουν επιλεκτικά στο διάστημα ερεθισμού – αντίδρασης και στη διάρκεια επίδρασης του δυναμικού N400 σε παρόμοια ενεργοποιημένα δίκτυα. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα φύλα διαφέρουν στο βαθμό της υψηλά σημασιολογικής επεξεργασίας και ολοκλήρωσης των πληροφοριών. Αυτά τα αποτελέσματα υποθέτουν ότι τα φύλα διαφέρουν στην ελεγχόμενη επεξεργασία του νοήματος και στη χρήση του περιεχομένου του μηνύματος στην παθητική ανάγνωση λέξης. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής επιβεβαιώνουν συμπεριφορικές μελέτες που έκαναν λόγο για διαφυλικές διαφορές σε υψηλού επιπέδου γλωσσικές λειτουργίες.

Μία άλλη μορφή λεκτικής δεξιότητας είναι και η λεκτική μνήμη αλλά και αναπαραγωγή της αποθηκευμένης λεκτικής πληροφορίας. Ένας αριθμός μελετών ασχολήθηκε με την έρευνα των διαφυλικών διαφορών ως προς τις εν λόγω δεξιότητες κάνοντας χρήση διάφορων νευροαπεικονιστικών μεθόδων.

Στην πλειονότητά τους οι μελέτες αυτές ανέφεραν την ύπαρξη διαφυλικών διαφορών κατά τη διάρκεια αναπαραγωγής της αποθηκευμένης λεκτικής πληροφορίας όπου οι άνδρες παρουσίασαν υψηλότερη συνάφεια των ρυθμών άλφα1 και άλφα2 στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο, ενώ πλευρικές διαφορές στην αντίδραση διαφλοιϊκής συνάφειας παρατηρήθηκε μόνο στις γυναίκες καθώς σημειώθηκε μείωση της συνάφειας αλληλεπιδράσεων στο δεξί ημισφαίριο και αύξησή τους στο αριστερό (Volf, 2004). Τα ευρήματα αυτά είναι σε απόλυτη συμφωνία με αυτά άλλων ερευνών που ανέφεραν μία γενική διαφορά στην αναπάρσταση των κινητικών και λεκτικών δεξιοτήτων στα δύο φύλα παρουσιάζοντας τους άνδρες να 'αναπαριστούν' τις λειτουργίες αυτές στο αριστερό

εγκεφαλικό τους ημισφαίριο με πιο διάχυτο τρόπο σε σύγκριση με τις γυναίκες (Wirth, 2007; Ross, 2006; Blanch, 2004; Moffat, 1998). Οι διαφορές αυτές στη λειτουργική οργάνωση του εγκεφάλου μπορεί να υπογραμμίζουν τις διαφυλικές διαφορές στη λεκτική μνήμη όπου έχει αναφερθεί μία γενικότερη υπεροχή των γυναικών (Colom, 1999; Driscoll, 2005; Sandstrom, 1998; Galea, 1993).

Όπως έχει φανεί από ηλεκτροφυσιολογικές και τομογραφικές μελέτες (Alcañiz, 2009; Maguire, 1999) η απομνημόνευση λεκτικής πληροφορίας συνοδεύεται από αλληλεπίδραση ευρέως κατανεμημένων νευρωνικών συνόλων, ενώ κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της απομνημόνευσης οι γυναίκες διαφέρουν από τους άνδρες παρουσιάζοντας μεγαλύτερη αύξηση της συνολικής συνάφειας των ηλεκτροεγκεφαλογραφικών σημάτων για τις συχνότητες θήτα₁, θήτα₂, άλφα₁ και άλφα₂ στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο (Astur, 1998).

Επιπροσθέτως, τομογραφική έρευνα της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια απομνημόνευσης αλλά και αναπαραγωγής της λεκτικής πληροφορίας ανέφερε ασυμμετρική ενεργοποίηση στις μετωπιαίες περιοχές κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης και της ανάσυρσης στην επεισοδιακή μνήμη (Rescher (1999)) ενώ έχει επανειλημμένως επισημανθεί ότι υπάρχει διαφορετική συμπερίληψη των δύο ημισφαιρίων και πιο συγκεκριμένα των μετωπιαίων περιοχών τους κατά τη διαδικασία ανάσυρσης κάποιας πληροφορίας από την επεισοδιακή ή τη σημασιολογική μνήμη (Marosi, 1993; Wada, 1996; Corsi-Cabrera, 1997).

Τα δεδομένα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα δεδομένα της έρευνας των Volf and Razumnikova (2004) όπου ζητούνταν από τους συμμετέχοντες να διαβάσουν μία λίστα λέξεων και να προσπαθήσουν να τις απομνημονεύσουν και στη συνέχεια αφού τους δίδονταν το χρονικό διάστημα του ενός λεπτού τους ζητούνταν να αναπαραγάγουν νοητικά όσες περισσότερες λέξεις από αυτές μπορούσαν και στη συνέχεια να τις αναφέρουν λεκτικά στον ερευνητή. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής όλων των φάσεων της πειραματικής διαδικασίας οι ερευνητές κατέγραφαν την εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων (ανδρών και γυναικών) με τη χρήση 14 ηλεκτροδίων. Η ανάλυση των σημάτων έδειξε πως παρά το ότι κατά την νοητική αναπαραγωγή των λεκτικών πληροφοριών δεν σημειώθηκε κάποια διαφυλική διαφορά καθώς και οι δύο ομάδες (άνδρες και γυναίκες) παρουσίασαν μία αύξηση του ρυθμού θήτα 1 στις μετωπιαίες περιοχές και των δύο ημισφαιρίων και μία

μείωση στους ρυθμούς άλφα1 και άλφα 2 στις οπίσθιες περιοχές των ημισφαιρίων, εντούτοις η ομάδα των γυναικών παρουσίασε μεγαλύτερη μείωση της ισχύς του ρυθμού θήτα 2 στις οπίσθιες εγκεφαλικές περιοχές σε σχέση με τους άνδρες. Μία πιο έντονη διαφορά παρατηρήθηκε κατά την λεκτική αναπαραγωγή των απομνημονευμένων λεκτικών πληροφοριών όπου η συνάφεια των σημάτων θήτα 2 κατά τη διάρκεια αναπαραγωγής λέξης ήταν υψηλότερη στους άνδρες στο δεξί ημισφαίριο ενώ οι γυναίκες παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση στη συνάφεια των ρυθμών άλφα 1 και άλφα2 στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο. Οι διαφυλικές αυτές διαφορές συνάδουν με τα δεδομένα προηγούμενων ερευνών όπως αυτά αναφέρθηκαν παραπάνω ενώ τονίζεται ότι στη μελέτη αυτή δεν εντοπίστηκαν διαφυλικές διαφορές ως προς την πλευρίωση κατά τη διάρκεια της νοητικής αναπαραγωγής όπως είχαν αναφερθεί σε ένα σημαντικό αριθμό ηλεκτροφυσιολογικών και τομογραφικών μελετών (Marosi, 1993; Wada, 1996; Corsi-Cabrera, 1997; Sluis, 2006; Chirpman, 1998). Η διαφορά αυτή των αποτελεσμάτων είναι πολύ πιθανό να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες που έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζουν την εγκεφαλική λειτουργία όπως είναι η ηλικία του δείγματος, πιθανές διαφορές στο βαθμό δυσκολίας των διαφόρων πειραματικών δοκιμασιών ή και διαφορές στις νοητικές λειτουργίες που απαιτούνταν να εκτελέσουν οι συμμετέχοντες.

Οι διαφυλικές διαφορές που εντοπίστηκαν στη μελέτη των Volf και Razumnikova (2004) αλλά και άλλες έρευνες που είχαν προηγηθεί αυτής καθώς και σε σύγκριση με τα αποτελέσματα συμπεριφορικών μελετών έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι αντανακλούν διαφορετικές στρατηγικές στην αναπαραγωγή αλλά και κωδικοποίηση των λεκτικών πληροφοριών όπου έχει αναφερθεί ότι οι άνδρες συνηθίζουν να κάνουν χρήση της επεισοδιακής μνήμης ενώ οι γυναίκες της σημασιολογικής.

Όπως έχει αναφερθεί κατά την παρουσίαση των δεδομένων των συμπεριφοριστικών μελετών για τις διαφυλικές διαφορές ως προς τις λεκτικές δεξιότητες, έντονες αντιθέσεις έχουν αναφερθεί για την ύπαρξη ή όχι διαφυλικών διαφορών ως προς τη νοητική δεξιότητα της μνήμης εργασίας. Λαμβανομένου υπόψη του γεγονότος ότι για τη μελέτη της μνήμης εργασίας συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται ως ερεθίσματα λέξεις ή αντικείμενα που μπορούν να

εκφραστούν λεκτικά για το λόγο αυτό σε πολλά άρθρα συναντάται και με τον όρο λεκτική μνήμη εργασίας και συγκαταλέγεται στις λεκτικές δεξιότητες.

Μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Goldstein et al. (2005) όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να εκτελέσουν μία σειρά δοκιμασιών που ελέγχουν τη μνήμη εργασίας ενώ παράλληλα καταγράφονταν η εγκεφαλική δραστηριότητα τους με τη χρήση της τεχνικής της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των διαφόρων δοκιμασιών οι γυναίκες παρουσίασαν εντονότερη δραστηριότητα στο μέσο, πρόσθιο και πλάγιο προμετωπιαίο φλοιό σε σχέση με τους άνδρες.

Η νευροανατομία της μνήμης εργασίας όπως έχει οριστεί από πολλές μελέτες με χρήση διαφόρων μεθόδων δείχνει ότι η μνημονική διαδικασία εμπλέκει τη λειτουργία στις εξής εγκεφαλικές περιοχές: πλαγιοραχιαίο (dorsolateral) και πρόσθιο προμετωπιαίο φλοιό, έλικα του προσαγωγίου, βρεγματικό φλοιό, τη νήσο του εγκεφάλου και το θάλαμο (Fuster, 1989; Goldman-Rakic, 1987) ενώ διαφυλικές διαφορές έχουν σημειωθεί και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών (Filipek, Richelme, Kennedy & Caviness, 1994; Rabinowicz, Dean, Petetot & de Courten-Myers, 1999; Witelson, Glezer & Kigar, 1995).

Τα αποτελέσματα της μελέτης των Goldstein et al. (2005) πέρα από την όποια σύνδεση παρουσιάζουν με τα δεδομένα των συμπεριφοριστικών ερευνών αλλά και των νευροανατομικών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο παρουσιάζουν συμφωνία και με άλλες μελέτες που έκαναν χρήση είτε της τεχνικής της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας είτε της εκπομπής ποζιτρονίων (Goldstein et al., 2001; Gur et al., 1999; Witelson et al., 1995) που σημείωσαν επίδραση του φύλου στη μνήμη εργασίας με αποτέλεσμα σημαντικές διαφυλικές διαφορές στην πρόσθια έλικα του προσαγωγίου και στο σωματισθητικό φλοιό εξαρτώμενες από τη φύση της δοκιμασίας και τη δυσκολία της, ενώ κάποιες μελέτες έχουν αναφέρει και διαφορά ως προς την πλευρίωση στα δύο φύλα κατά τη φωνολογική επεξεργασία (Goldstein et al., 2005). Η επίδραση αυτή του φύλου που σημειώθηκε στο πρότυπο και την ένταση των αλλαγών του σήματος κατά τη διάρκεια δοκιμασίας που απαιτούσε συμμετοχή της μνήμης εργασίας, παρά τα συγκρίσιμα αποτελέσματα των δύο ομάδων οι γυναίκες γενικά ήταν πιο εύκολο να δείξουν σημαντικά μεγαλύτερες ενεργοποιήσεις στις προμετωπιαίες περιοχές που

εμπλέκονται στην κωδικοποίηση και ανάσυρση οπτικοχωρικής σημασιολογικής και φωνολογικής πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα οι διαφυλικές διαφορές που εντοπίστηκαν στη μελέτη των Goldstein et al. (2005) περιορίζονται τόσο σε περιοχές που έχουν συνδεθεί με μνημονικές διαδικασίες όσο και σε περιοχές που έχουν συνδεθεί με λεκτικές δεξιότητες. Οι γυναίκες λοιπόν έδειξαν σημαντικά μεγαλύτερη ενεργοποίηση αμφίπλευρα στην περιοχή BA46 που σχετίζεται με ανάσυρση σε σχέση με τους άνδρες, ενώ σημαντικά μεγαλύτερη ήταν η ενεργοποίηση που παρουσίασαν στο αριστερό ημισφαίριο το οποίο έχει συνδεθεί με το λόγο.

Επιδράσεις του φύλου παρατηρήθηκαν και σε πλάγιες ενεργοποιήσεις στις περιοχές Broca (BA 44 & BA45) όπου η BA 44 ενεργοποιήθηκε και στα δύο ημισφαίρια για τις γυναίκες ενώ οι άνδρες παρουσίασαν σημαντική ενεργοποίηση στην αριστερή περιοχή BA45 στην οποία οι γυναίκες παρουσίαζαν ενεργοποίηση στο δεξιό τμήμα της. Τα ευρήματα είναι σε συμφωνία με άλλες μελέτες που έκαναν χρήση των μεθόδων τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων PET και λειτουργικής μαγνητικής τομογραφία fMRI (Goldstein et al., 1998; Gur et al., 2000; Shaywitz et al., 1995; Collaer & Hines, 1995).

Συμπεριφορικές μελέτες έχουν δείξει διαφυλική διαφορά σε υψηλά στάδια λεκτικά βασισμένων επεξεργασιών. Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι γυναίκες είναι πιο πιθανό να χρησιμοποιούν μία επεξηγηματική διαδικασία του λεκτικού νοήματος ή της λεκτικής κωδικοποίησης της πληροφορίας όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους (Hampson and Kimura, 1992; Hyde and Linn, 1988). Αυτό έχει δειχθεί σε δοκιμασίες όπου δεν υπερτερεί ένα συγκεκριμένο στυλ επεξεργασίας (Meyers-Levy and Tybout, 1989; Meyers-Levy and Maheswaran, 1991).

Η βιολογική βάση εντούτοις με βάση αυτές τις γνωστικές διαφορές δεν έχει εντοπιστεί. Έχει υποστηριχθεί όμως ότι οι γυναίκες διαφέρουν από τους άνδρες στη νευρωνική οργάνωση των λεκτικών δεξιοτήτων δηλαδή στην πλευρίωση.

Μία άλλη γνωστική δεξιότητα στην οποία έχει αναφερθεί η ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς είναι αυτή της διάκρισης διαφόρων εκφράσεων προσώπου όπου παρουσίασαν μία υπεροχή οι γυναίκες.

Για την αντίληψη των εκφράσεων προσώπου απαιτούνται τα εξής στάδια σύμφωνα με την Mc Carthy (2000): 1) Αντιληπτικές και μνημονικές διαδικασίες 2) αναγνώριση του εκάστοτε παρουσιαζόμενου προσώπου και 3) ανάλυση εκφράσεων προσώπου.

Μία έρευνα που έλαβε χώρα τα τελευταία χρόνια από τους Guntekin & Basar (2007) και μελέτησε την ύπαρξη διαφυλικής διαφοράς ως προς την ικανότητα διάκρισης εκφράσεων προσώπου κάνοντας χρήση της λειτουργικής απεικονιστικής μεθόδου της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Πρόκειται για μία έρευνα που έλαβε χώρα σε 26 συμμετέχοντες (13 άνδρες και 13 γυναίκες) στους οποίους παρουσιάστηκαν ασπρόμαυρες φωτογραφίες που απεικονίζονταν τα πρόσωπα τριών γυναικών καθένα φέροντας τρεις διαφορετικές εκφράσεις (ουδέτερο, θυμωμένο, χαρούμενο). Τα ερεθίσματα ήταν παρμένα από τη μελέτη των Ekman (1976). Μετά το πέρας της δοκιμασίας ζητούνταν από τους συμμετέχοντες να εκφράσουν σε βαθμιαία κλίμακα την συναισθηματική τους εμπλοκή στη διαδικασία καθώς και να βαθμολογήσουν την αντίδρασή τους στα ερεθίσματα. Για κάθε συμμετέχοντα παρατηρήθηκε ότι μόνο οι απαντήσεις στο ρυθμό βήτα παρουσίασαν την καλύτερη αντιστοιχία με τη συναισθηματική αντίδραση στις εκφράσεις χαράς και θυμού.

Ανάλυση των αποτελεσμάτων επιβεβαίωσε όμως ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόκριση συχνότητας βήτα ρυθμού από ότι οι άνδρες στις ινιακές περιοχές, ενισχύοντας τη θέση ότι οι ταλαντώσεις βήτα παρουσιάζονται να έχουν σημαντικό ρόλο σε δοκιμασίες διάκρισης εκφράσεων προσώπου (Guntekin, 2006; Ozgoren et al., 2005). Σε προηγούμενες μελέτες που πραγματοποίησαν ο Guntekin (2007) για τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών κατά τη διάρκεια βασικής οπτικής αντίληψης, παρουσιάστηκε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στο ρυθμό βήτα στις ινιακές περιοχές. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών είναι σε γενικές γραμμές σύμφωνα με αυτά αντίστοιχων ερευνών που είχαν προηγηθεί κάποια δείγματα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω.

Ο Proverbio (2006) χρησιμοποιώντας προκλητά δυναμικά κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας παρουσίασης σε νεογέννητα χαρούμενων και θλιμμένων εκφράσεων ανέφερε ότι η P110 πλάγια ινιακή απόκριση ήταν πολύ μεγαλύτερη στις γυναίκες από ότι στους άνδρες δείχνοντας μία διαφυλική διαφορά στην πρώιμη οπτική επεξεργασία που είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Guntekin & Basar (2007).

Σε αντίστοιχη μελέτη ο Oronzo (1998) ανέφερε ότι η P450 εμφανίστηκε και στα χαρούμενα και στα θλιμμένα πρόσωπα και ήταν μεγαλύτερη και καθυστερημένη

στις γυναίκες δείχνοντας επίσης ότι η επεξεργασία των προσώπων είναι διαφορετική στους άνδρες και τις γυναίκες.

Σε αντίθεση έρχονται τα αποτελέσματα της μελέτης των Balconi et al. (2006) που ανέφεραν αποσυγχρονισμό στις άλφα και βήτα ταλαντώσεις κατά την παρουσίαση όλων των τύπων ερεθισμάτων. Αυτοί οι συγγραφείς δεν παρατήρησαν διαφορές στην εγκεφαλική ενεργοποίηση μεταξύ των διαφόρων εκφράσεων προσώπου, ενώ ανέφεραν μετωπιαίο θήτα συγχρονισμό κατά τη διάρκεια παρουσίασης συναισθηματικά φορτισμένων ερεθισμάτων και μέγιστο δέλτα συγχρονισμό στις οπίσθιες περιοχές σε όλους τους τύπους ερεθισμάτων. Από την προηγούμενη μελέτη παρατηρήθηκε εμπλοκή του παράγοντα συναίσθημα κατά τη διαδικασία διάκρισης των διαφόρων εκφράσεων προσώπου.

Αρκετές έρευνες έχουν λάβει χώρα για τη μελέτη των συναισθηματικών μεταπτώσεων, τη συναισθηματική επεξεργασία και τις διαφυλικές διαφορές (Meyers & Smith, 1986; Morita et al., 2001; Wildgruber et al., 2002; Del Parigi et al., 2002; George et al., 1996; Pardo et al. 1993; Pendergrass et al. 2003; Schneider et al., 2000; George et al., 1996; Pardo et al., 1993). Αυτές υποθέτουν ότι οι διαφυλικές διαφορές κατά την επεξεργασία οπτικών συναισθηματικών ερεθισμάτων σχετίζονται με αρκετές νευρωνικές δομές όπως η νήσος του εγκεφάλου, ο προμετωπιαίος και ο βρεγματικός φλοιός, περιοχές αμφίπλευρης οπτικής επεξεργασίας, ο θαλαμικός πυρήνας, η αμυγδαλή, ο ουραίος, το κέλυφος φακοειδούς πυρήνα και η γέφυρα, η οπίσθια κεντρική και η παραιπποκάμπια έλικα κατά τη διάρκεια.

Μία μελέτη που έλαβε χώρα από τους Kemp et al. το 2004 προσπάθησε κάνοντας χρήση της τεχνικής των προκλητών δυναμικών να μελετήσει τις διαφυλικές διαφορές ως προς την ικανότητα διάκρισης των συναισθημάτων. Στη μελέτη αυτή έλαβαν χώρα 30 συμμετέχοντες (15 γυναίκες και 15 άνδρες) στους οποίους παρουσιάστηκαν 75 συναισθηματικά φορτισμένες εικόνες σύμφωνα με το διεθνές συναισθηματικό σύστημα εικόνων (IAPS). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι συνολικά παρατηρήθηκαν ηλεκτροφυσιολογικές διαφορές στην επεξεργασία ευχάριστων και δυσάρεστων ερεθισμάτων μεταξύ ανδρών και γυναικών παρά το ότι δεν σημειώθηκαν διαφορές στη διάθεση των υποκειμένων σε ευχάριστες, ουδέτερες και δυσάρεστες εικόνες.

Αυτά τα αποτελέσματα υποθέτουν ότι υπάρχουν διαφυλικές διαφορές στην επεξεργασία οπτικών συναισθηματικών ερεθισμάτων. Η κύρια διαφυλική διαφορά που σημειώθηκε σε σχέση με την επεξεργασία δυσάρεστων ερεθισμάτων είναι η παρουσία μειώσεων των ταλαντώσεων των εγκεφαλικών σημάτων στη μετωπιαία περιοχή στις γυναίκες ενώ στους άνδρες δεν σημειώθηκε αντίστοιχη συμπεριφορά. Δοκιμασίες που περιλαμβάνουν περισσότερο την βίωση συναισθήματος από τους συμμετέχοντες (Iaccino, 1993; Levy & Heller, 1992; McGlone, 1986) ανέφεραν πιο έντονες διαφυλικές διαφορές. Για παράδειγμα οι υγιείς γυναίκες παρατηρήθηκε ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη δραστηριότητα από ότι οι υγιείς άνδρες στις πρόσθιες μεταιχμιακές δομές όπως ο κάτω μετωπιαίος, ο κογχικός και προμετωπιαίος φλοιός κατά τη διάρκεια βίωσης του συναισθήματος της θλίψης (George et al., 1996; George et al., 1996; Schneider et al., 2000). Αυτές οι μελέτες έχουν δείξει ότι οι γυναίκες έχουν πιο αμφίπλευρη ενεργοποίηση χωρίς ασυμμετρίες κατά τη διάρκεια παραγόμενης θλίψης. Για παράδειγμα σε σειρά μελετών που περιλάμβαναν μόνο γυναίκες, αυξήσεις στη δραστηριότητα αναφέρθηκαν μέσα στο θάλαμο και το μέσο προμετωπιαίο φλοιό (Iaccino, 1993; Levy and Heller 1992; McGlone, 1986). Οι Pardo et al. (1993) παρατήρησαν αριστερή ενεργοποίηση στον κάτω μετωπιαίο και κογχικομετωπιαίο φλοιό στους άνδρες ενώ αμφίπλευρη ενεργοποίηση αυτών των περιοχών αναφέρθηκε στις γυναίκες (Davidson et al. 2003). Διάφορες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για τη μελέτη της συναισθηματικής αντίληψης άλλες δεν ανέφεραν διαφυλικές διαφορές (Meyers and Smith, 1986) ενώ άλλες ανέφεραν μόνο λεπτές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών ((Morita et al., 2001, Wildgruber et al., 2002), ή διαφορές ως προς την εγκεφαλική ενεργοποίηση για κάθε φύλο (Killgore & Yurgelun-Todd, 2001; Lee et al., 2002). οι μελέτες που έχουν λάβει χώρα έχουν αναφέρει πολλές φορές και αντιφατικά αποτελέσματα.

Για παράδειγμα ο George (1996) ανέφερε ότι οι γυναίκες ενεργοποιούν μεγαλύτερο τμήμα του μεταιχμιακού τους συστήματος από ότι οι άνδρες κατά τη διάρκεια αιφνίδιας θλίψης, ενώ οι Schneider et al. (2000) ανέφεραν ότι επεξεργασία της θλίψης είναι πιο εστιασμένη και υποφλοιϊκή στους άνδρες. Μειώσεις και αυξήσεις στη δραστηριότητα έχουν αναφερθεί για την ευτυχία (George et al., 1995; Lane et al., 1997). Διαφυλικές διαφορές στην προσωρινή χαρά μπορεί να είναι πιο λεπτές.

Αυτό έχει υποτεθεί από προηγούμενες μελέτες που ανέφεραν μικρές ή καθόλου διαφορές στη χαρά (George et al., 1996; Schneider et al., 2000).

Οι μελέτες εγκεφαλικής απεικόνισης έχουν εφαρμοστεί σε μία ποικιλία παραδειγμάτων. Αυτά συμπεριλαμβάνουν ανάμνηση θλιβερών γεγονότων (Pardo et al., 1993), αντίληψη και έκφραση ανθρώπινων μη λεκτικών ήχων (Meyers & Smith, 1986; Smith et al., 1995) ανάμνηση γεγονότων συναισθηματικά φορτισμένων (George et al., 1996) προσώπων με χαρούμενες ή θλιμμένες εκφράσεις (Schneider et al., 2000) ώστε να βοηθούν την αναγνώριση συναισθηματικά φορτισμένων προσώπων (Kesler-West et al., 2001; Killgore & Yurgelun-Todd, 2001; Lee et al., 2002; Morita et al., 2001), την επεξεργασία συναισθηματικά φορτισμένων εικόνων (Canli et al., 2002; Pendergrass et al., 2003), την ανίχνευση συναισθηματικών κυματισμών της φωνής (Wildgruber et al., 2002) και την έκφραση θυμού και κορεσμού (Del Parigi et al., 2002).

Μία έρευνα που έλαβε χώρα το 1976 από τους Davidson et al. οι οποίοι χρησιμοποίησαν διαφορετικής φύσεως ερεθίσματα από αυτά που συνήθως χρησιμοποιούνται. Πραγματοποίησαν τρεις διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες για τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών στις γνωστικές δεξιότητες. Στο πρώτο πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε 14 άτομα, ζητούνταν από τους συμμετέχοντες Πρίν ξεκινήσουν τη δοκιμασία να αναφέρουν τρία αγαπημένα τους τραγούδια που γνώριζαν τα λόγια και έπειτα τους ζητούσαν ή να σφυρίξουν τη μελωδία τους ή να απαγγείλουν τους στίχους ή να τραγουδήσουν το τραγούδι. Κατά τη διάρκεια των προσπαθειών οι συμμετέχοντες είχαν τα μάτια κλειστά ενώ πραγματοποιούταν αμφίπλευρη καταγραφή των ηλεκτρικών σημάτων στις ινιακές περιοχές. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική ασυμμετρία μεταξύ σφυρίγματος και συνθηκών ομιλίας μόνο για υποκείμενα χωρίς οικεία αριστεροχειρία και μέσα στην ομάδα αυτή μόνο για τις γυναίκες και όχι για τους άνδρες. Στο δεύτερο πείραμα συμμετείχαν 12 άνδρες και 8 γυναίκες. Το πείραμα αποτελούταν από δύο φάσεις ίσης διάρκειας. Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης τα υποκείμενα εργάστηκαν σε μία δοκιμασία βιοανάδρασης σε καρδιακό ρυθμό. Η επόμενη φάση ήταν από μία 2x2 παραγοντική στο σχεδιασμό φάση όπου οι συμμετέχοντες έπρεπε να δημιουργήσουν κρυφές συναισθηματικές και μη συναισθηματικές καταστάσεις. Κατά τη διάρκεια των μισών μη συναισθηματικών προσπαθειών τα υποκείμενα

έπρεπε να σκεφτούν μία τυπική μέρα χρησιμοποιώντας λεκτικές ή οπτικές στρατηγικές. Όλες οι προσπάθειες πραγματοποιήθηκαν με μάτια κλειστά. Οι γυναίκες έδειξαν μεγαλύτερη ασυμμετρία μεταξύ προσπαθειών με συναίσθημα και χωρίς συναίσθημα ενώ οι άνδρες δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές. Στο τρίτο πείραμα οι συμμετέχοντες ήταν 20 μαθητές και υπήρχαν δύο φάσεις. Η πρώτη φάση ήταν αντιγραφή του πρώτου πειράματος με διαφορετική μέθοδο ποσοτικοποίησης των σημάτων, και η δεύτερη αποτελούταν από τρία μπλοκ προτύπων βιοανάδρασης που περιείχαν 12 προσπάθειες του ενός λεπτού. Οι συμμετέχοντες έπρεπε ακούγοντας τον τόνο να καταλάβουν τι ήταν. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της διαδικασίας πραγματοποιούταν αμφίπλευρη καταγραφή ηλεκτρικών σημάτων. Κάθε τόνος αναπαρίστατο από διαφορετικό πρότυπο ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας. Μετά το πέρας της διαδικασίας οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο για το ποια στρατηγική ακολούθησαν. Τα αποτελέσματα και των τριών πειραμάτων έδειξαν ότι όταν ζητηθεί σε δεξιόχειρες συμμετέχοντες ή σε συμμετέχοντες χωρίς διαγνωσμένη αριστεροχειρία να συμμετάσχουν σε αυτοπαραγόμενες δοκιμασίες σχεδιασμένες να ενεργοποιούν το ένα ή το άλλο ημισφαίριο, οι γυναίκες δείχνουν μεγαλύτερη ασυμμετρία στην εγκεφαλική δραστηριότητα (εξαρτημένη από τη δοκιμασία) από ότι οι άνδρες. Πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι η έρευνα αυτή περιέχει πολλές δυσκολίες στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων και λόγω της φύσης των ερεθισμάτων (μελωδία, στίχοι) που εμπλέκουν διαφορετικές νοητικές διαδικασίες και διαφορετικές εγκεφαλικές περιοχές, όπως έχει αναφερθεί από μελέτες που ακολούθησαν αλλά και λόγω της πολυπλοκότητας των δοκιμασιών (έντονη εμπλοκή λεκτικών στοιχείων).

Έχοντας ολοκληρώσει με την παρουσίαση των γνωστικών δεξιοτήτων που είθισται να παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες, παρουσιάζονται τα δεδομένα ερευνών που πραγματεύτηκαν τη μελέτη των διαφυλικών διαφορών στις χωρικές δεξιότητες με χρήση τεχνικών απεικόνισης της λειτουργίας του εγκεφάλου.

Μία από τις πιο μελετημένες μορφές χωρικών δεξιοτήτων που έχουν σημειωθεί διαφυλικές διαφορές είναι αυτή της νοητικής περιστροφής.

Μία έρευνα που μελετούσε τις διαφυλικές διαφορές στη δεξιότητα της νοητικής περιστροφής με χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος είναι αυτή των Rescher &

Rappelsberger (1999). Το δείγμα αποτέλεσαν συμμετέχοντες ηλικίας 20 – 30 ετών οι οποίοι υποβλήθηκαν σε ένα τεστ IQ Leistungsprufsystem (LPS) που κατασκευάστηκε από τον Horn (1962). Οι οπτικοχωρικές δεξιότητες εξετάστηκαν με ένα τεστ νοητικής περιστροφής όπου έξι εικόνες παρουσιάστηκαν με τυχαία σειρά σε κάθε εικόνα υπήρχε ένα ζευγάρι τρισδιάστατων σχημάτων σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. Τρία ζευγάρια ήταν ίδια και τρία διαφορετικά. Τα υποκείμενα κοιτούσαν τα ζευγάρια και έπρεπε μετά από 20 δευτερόλεπτα να απαντήσουν αν ήταν ίδια. Συνολικά ο αριθμός των σωστών απαντήσεων ήταν 50%. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις σωστές απαντήσεις μεταξύ ανδρών και γυναικών. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων εξήχθησαν εν συντομία τα εξής συμπεράσματα. 1) Στους άνδρες μειώθηκε η συνάφεια μεταξύ των οπίσθιων περιοχών του αριστερού ημισφαιρίου στο ρυθμό θήτα, μείωση που δεν παρατηρήθηκε να συμβαίνει στις γυναίκες. Οι διαφορές στη θήτα συχνότητα μπορεί να οφείλονται στον τρόπο με τον οποίο οι άνδρες και οι γυναίκες εκτελούν τη δοκιμασία. 2) Διαπιστώθηκε επίσης και μείωση της συνάφειας για τη βήτα 1 συχνότητα στο αριστερό ημισφαίριο στις γυναίκες αλλά όχι στους άνδρες διαφορά η οποία οδηγεί στο συμπέρασμα ύπαρξης πιο εξειδικευμένου ρόλου των αριστερών κροταφικών και μετωπιαίων περιοχών στις γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες κατά την εκτέλεση νοητικής περιστροφής. 3) Αύξηση συνάφειας στη βήτα 1 συχνότητα και στις δύο ομάδες έδειξε τάση πλευρίωσης του δεξιού ημισφαιρίου. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι το δεξί ημισφαίριο σχετίζεται με χωρικές λειτουργίες και είναι ανεξάρτητο από το φύλο. Το αριστερό ημισφαίριο είναι πιο απασχολημένο στις γυναίκες από ότι στους άνδρες. 4) Οι οπίσθιες περιοχές στις γυναίκες δείχνουν συμμετρική αύξηση της συνάφειας στις συχνότητες θήτα, βήτα1 και βήτα2. Αυτό μπορεί να σημαίνει διαημισφαιρική μεταφορά πληροφορίας ισχυρότερη στις γυναίκες από ότι στους άνδρες.

Οι διαφορές μεταξύ γυναικών και ανδρών ήταν διαφορές ως προς τις εγκεφαλικές συχνότητες και όχι ως προς τις εγκεφαλικές περιοχές που σημείωσαν δραστηριότητα καθώς και τα δύο φύλα παρουσίασαν εγκεφαλική δραστηριότητα αμφίπλευρα στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές. Το αριστερό ημισφαίριο μοιάζει να σχετίζεται με την εκχώρηση μιας χωρικής σχέσης, ενώ το δεξί με την αναπαράσταση θέσεων.

Η λειτουργία κάθε ημισφαιρίου κατά τη διάρκεια χωρικών επεξεργασιών επίσης ερευνήθηκε σε κλινικές μελέτες (Rescher & Rappelsberger, 1999). Το αριστερό τμήμα μοιάζει να επιδρά στο θήτα ρυθμό στους άνδρες σε κεντρικές κροταφικές, μετωπιαίες και βρεγματικές περιοχές. Έχει παρατηρηθεί πως ο θήτα ρυθμός είναι υπεύθυνος και για μνημονικές διαδικασίες (Klimesch. et al. 1994; Sarnthein et al. 1998). Ίσως η ενεργοποίηση του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου να οφείλεται σε επιπλέον μνημονικές ικανότητες για επίλυση προβλήματος και να μην αντανακλά διαδικασία περιστροφής, αλλά ενεργοποίηση υποσυστημάτων που είναι πιο σημαντικά για την επίλυση προβλημάτων στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες. Ίσως η διαφυλική αυτή διαφορά να σχετίζεται και με τον τρόπο που οι άνδρες και οι γυναίκες λύνουν τα προβλήματα. Και στα δύο φύλα μία δεύτερη επίδραση πλευρίωσης που βρέθηκε στο δεξί ημισφαίριο (Rescher & Rappelsberger 1999) στην περιοχή κοντά στο T6 μοιάζει να παίζει σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της νοητικής περιστροφής.

Οι Farah et al. (1989) ανέφεραν ότι η νοητική περιστροφή εξαρτάται πρωτίστως από τις δομές οπίσθιων τμημάτων του δεξιού ημισφαιρίου. Κυρίως ο βήτα ρυθμός βρέθηκε να παίζει σπουδαίο ρόλο στην επεξεργασία υψηλών γνωστικών λειτουργιών (Rescher, 1992 & 1996; Rescher & Rappelsberger, 1996; Petsche & Etlinger, 1998). Τα αποτελέσματά αυτά ενισχύουν ακόμη περισσότερο αυτά των Rescher & Rappelsberger (1999) ενώ η υψηλή ασυμμετρία αλλαγών συνάφειας στους άνδρες τονώνει την άποψη περί ειδίκευσης του δεξιού ημισφαιρίου για χωρικές λειτουργίες στους άνδρες παρά στις γυναίκες (McGlone & Kertesz, 1973).

Οι διαφυλικές διαφορές που έχουν σημειωθεί τόσο στη μελέτη των Farah (1989) όσο και αυτή των Rescher & Rappelsberger (1999) μπορεί να είναι και αποτέλεσμα των διαφορών στη στρατηγική επίλυσης των δοκιμασιών καθώς και των γενικότερων ικανοτήτων των υποκειμένων στην εκτέλεση χωρικών δεξιοτήτων. Η άποψη αυτή συνάδει με τα αποτελέσματα της έρευνας των Ray et al. (1981) που μελέτησαν την ηλεκτροεγκεφαλική ασυμμετρία για υψηλές και χαμηλές χωρικές δεξιότητες σε άνδρες και γυναίκες. Οι άνδρες με υψηλή χωρική ικανότητα έδειξαν μία σχετικά μεγαλύτερη ενεργοποίηση στο δεξί ημισφαίριο συνδεδεμένη με επιτυχή εκτέλεση. Η αντίθετη σχέση βρέθηκε στους άνδρες με χαμηλή χωρική ικανότητα.

Επιπροσθέτως, στη μελέτη του Ornstein (1980) σε υγιείς ανθρώπους εκτελέστηκαν έξι χωρικές δοκιμασίες και μια λεκτική. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα καταγράφηκε αμφίπλευρα από τις κεντρικές και βρεγματικές περιοχές. Στις χωρικές δοκιμασίες το δεξί ημισφαίριο ήταν πιο ενεργοποιημένο από ότι κατά τη διάρκεια των λεκτικών. Μόνο στη δοκιμασία της νοητικής περιστροφής τα πρότυπα EEG ήταν όμοια με της λεκτικής δοκιμασίας και έδειξαν υψηλή συμμετοχή του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι τα υποκείμενα χρησιμοποίησαν αναλυτικές στρατηγικές για να εκτελέσουν τη δοκιμασία νοητικής περιστροφής .

Μία σειρά μελετών έχει πραγματοποιηθεί για τη διερεύνηση πιθανών διαφυλικών διαφορών ένδο- και διαημισφαιρικής συνάφειας κατά την εκτέλεση διάφορων γνωστικών δεξιοτήτων.

Σε μία μελέτη των Corsi-Cabrera et al. (1997) που πραγματοποιήθηκε το 1997 η ένδο και διαημισφαιρική συσχέτιση της ηλεκτροεγκεφαλογραφικής δραστηριότητας μεταξύ ανδρών και γυναικών ηλικίας 17 -21 ετών με μεγάλο βαθμό χωρικής δεξιότητας που εκτιμήθηκε από το υποτεστ των χωρικών συσχετίσεων του τεστ διαφορικών δεξιοτήτων (Differential Aptitudes Test) παρατηρήθηκε ότι οι γυναίκες έδειξαν σημαντικά υψηλότερη ενδοημισφαιρική συσχέτιση στην άλφα 1 ρυθμό μεταξύ αριστερών και δεξιών κεντρικών περιοχών και χαμηλότερη διαημισφαιρική συσχέτιση στις δεξιές μετωπιαίες και δεξιές κεντρικές περιοχές καθώς και χαμηλότερη ενδοημισφαιρική συσχέτιση στο αριστερό παρά στο δεξί ημισφαίριο. Υποκείμενα με υψηλές χωρικές δεξιότητες δείχνουν χαμηλότερη ενδοημισφαιρική συσχέτιση μεταξύ αριστερών και δεξιών μετωπιαίων πηγών και υψηλότερη διαημισφαιρική συσχέτιση μεταξύ μετωπιαίων και βρεγματικών και μεταξύ κεντρικών και βρεγματικών περιοχών και των δύο ημισφαιρίων.

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν διαφορετική δια και ενδοημισφαιρική λειτουργική οργάνωση στους άνδρες και στις γυναίκες με υψηλή και χαμηλή χωρική ικανότητα. Ο παράγοντας φύλο αλληλεπίδρασε με τη χωρική δεξιότητα στη διαημισφαιρική συσχέτιση της άλφα συχνότητας μεταξύ των αποτελεσμάτων δείχνοντας μία διαφορετική ενδο- και διαημισφαιρική λειτουργική οργάνωση στους άνδρες και στις γυναίκες και σε συμμετέχοντες με υψηλή αλλά και με χαμηλή χωρική ικανότητα.

Η αύξηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας είναι ένα πολύπαραγοντικό προϊόν που περιλαμβάνει ιδιαίτερη οργάνωση του νευρολογικού δικτύου, τοπικά κυκλώματα, ανασταλτικά και διεγερτικά στοιχεία, αρνητική ανάδραση εντός των νευρώνων και τα προσαγωγά εισερχόμενα περιλαμβάνοντας αυτά από υποφλοιϊκούς παράγοντες αισθητηριακές προσαγωγές και διαφλοιϊκά μακρινές και κοντινές συνδέσεις (Corsi-Cabrera et al. (1997)) συνεπώς υψηλά επίπεδα συνάφειας μπορεί να είναι αποτέλεσμα ενός από αυτούς τους παράγοντες ή και όλων αυτών.

Υψηλές ενδοημισφαιρικές συσχετίσεις στις γυναίκες παρά στους άνδρες δείχνουν μία διαφορετική φλοιϊκή οργάνωση σε κάθε φύλο και υποθέτουν ένα χαμηλότερο επίπεδο διαφοροποίησης και/ ή υψηλότερη συνεργασία μεταξύ των ημισφαιρίων στις γυναίκες και υψηλή τοπική διαφοροποίηση και/ ή χαμηλή συνεργασία στους άνδρες. Αυτό συμφωνεί με τα χαμηλότερα επίπεδα ημισφαιρικής ειδίκευσης που αναφέρθηκαν για τις γυναίκες σε αντίθεση με τους άνδρες (McGlone, 1980) σε μελέτες χρησιμοποιώντας οπτικά (Lake & Bryden, 1976; Wexler & Lipman, 1988) ή ακουστικά ερεθίσματα (Levy and Reid, 1978; McGee, 1979; Bowers & LaBarba, 1988) ή μέτρησης ασυμμετρίας σημάτων (Beaumont et al., 1978; Trotman & Hammond, 1979; Ray et al., 1981; Corsi-Cabrera et al., 1993).

Αυτά τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με προηγούμενα ευρήματα υψηλότερης ενδοημισφαιρικής συσχέτισης στις γυναίκες παρά στους άνδρες μεταξύ αριστερών και δεξιών κεντρικών παραγωγών (Kimura, 1987). Επίσης είναι σε συμφωνία με όσα αναφέρθηκαν από τους Beaumont (1978) και Glor (1987) που παρατήρησαν υψηλότερη ενδοημισφαιρική συνάφεια στις γυναίκες παρά στους άνδρες και είναι ανταγωνιστικές με μεγαλύτερη ημισφαιρική ειδίκευση που αναφέρεται για τους άνδρες και σχετικά αμφίπλευρη οργάνωση που αναφέρεται για τις γυναίκες. Διαφυλικές διαφορές παρατηρήθηκαν και για κάθε ημισφαίριο χωριστά. Η διαημισφαιρική συνάφεια μεταξύ φλοιϊκών περιοχών του ίδιου ημισφαιρίου ήταν χαμηλότερη στο αριστερό παρά στο δεξί ημισφαίριο στις γυναίκες ενώ οι άνδρες δεν είχαν ασυμμετρία στη διαημισφαιρική συσχέτιση. Αυτό ενισχύει την άποψη ότι ο αριστερό ημισφαίριο είναι πιο ειδικευμένο από ότι το δεξί στις γυναίκες και μπορεί να σχετίζεται με υψηλότερη λεκτική ικανότητα και χαμηλότερη χωρική.

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία προσπάθεια συλλογής και παρουσίασης των αποτελεσμάτων και των πορισμάτων ερευνών πάνω στο θέμα της μελέτης των διαφυλικών διαφορών των γνωστικών δεξιοτήτων που αποτελεί βασικό τμήμα της παρούσας διατριβής. Οι διαφυλικές γνωστικές διαφορές έχουν μελετηθεί από τρεις διαφορετικές επιστημονικές οπτικές. Αρχικά με τις γνωστικές δεξιότητες ασχολήθηκε η ψυχολογία με χρήση συμπεριφοριστικών κατά βάση πειραματικών μεθόδων και ψυχομετρικών τεστ ενώ στη συνέχεια ασχολήθηκαν οι επιστήμες υγείας πρώτα σε ένα μακροεπίπεδο ανατομίας, και στη συνέχεια σε μικροεπίπεδο νευρωνικής δομής και λειτουργίας. Τέλος, τα τελευταία χρόνια σε συνεργασία με γνωστικούς επιστήμονες και νευροεπιστήμονες, γίνεται προσπάθεια μελέτης των γνωστικών διαφορών σε επίπεδο εγκεφαλικής λειτουργίας και οργάνωσης με χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι τα δύο φύλα χρησιμοποιούν διαφορετικές γνωστικές δεξιότητες για να επεξεργαστούν τα ίδια γνωστικά ερεθίσματα ενώ οι άνδρες υπερέχουν σε γνωστικές δεξιότητες που εδράζονται στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο (κυρίως χωρικές δεξιότητες) ενώ οι γυναίκες υπερέχουν έναντι των ανδρών σε δεξιότητες που εδράζονται κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο (κυρίως γλωσσικές δεξιότητες).

Κεφάλαιο 2 Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Εισαγωγή

Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία είναι η πιο παλιά τεχνική απεικόνισης της λειτουργίας του εγκεφάλου (Sorenson, 1987). Αντανακλά την ηλεκτρική δραστηριότητα που εμφανίζεται στην επιφάνεια ενός εν λειτουργία εγκεφάλου και τα δεδομένα από την καταγραφή αυτής καλούνται ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ). Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι η αναπαράσταση των εγκεφαλικών ηλεκτρικών δυναμικών (συχνά μετρώνται σε microvolt) τα οποία καταγράφονται έντυπα ή ψηφιακά.

Ο εγκέφαλος αποτελείται από δισεκατομμύρια κύτταρα. Το καθένα από αυτά παράγει και μεταδίδει απειροελάχιστα ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία αθροιζόμενα με εκείνα των άλλων νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου κάνουν τα σήματα εντονότερα και την καταγραφή τους ευκολότερη. Η καταγραφή των ηλεκτρικών σημάτων του εγκεφάλου πραγματοποιείται με χρήση ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στην επιφάνεια του κρανίου. Επομένως, αυτό που καταγράφεται στο ΗΕΓ είναι ηλεκτρικά σήματα από τον φλοιό του εγκεφάλου (αφού αυτός είναι πιο κοντά στο κρανίο σε σχέση με άλλες δομές στο εσωτερικό του εγκεφάλου).

Μόλις τον 17^ο αιώνα άρχισαν να μελετώνται οι σχέσεις των ηλεκτρικών σημάτων στα διάφορα έμβια όντα. Το 1789 στην Ιταλία, ο Luigi Galvani καθηγητής του Πανεπιστημίου της Βολογνα ανακάλυψε ότι τα «νεύρα» των ζώων έχουν μία εγγενή μορφή ηλεκτρισμού. Κάποια χρόνια αργότερα το 1848 ο Du Bois-Raymont βρήκε ότι η δραστηριότητα των νεύρων αλλά και των μυών χαρακτηρίζονταν από μετρήσιμες μεταβολές του ηλεκτρικού δυναμικού.

Εντούτοις μόλις στο τέλος του 18ου αιώνα το 1875 ο Richard Caton ένας άγγλος φυσιολόγος ανακάλυψε χρησιμοποιώντας γαλβανόμετρο ότι ο εγκέφαλος των ζώων παράγει ηλεκτρική δραστηριότητα. Την ίδια χρονική περίοδο ο Danilevsky δημοσιεύει την «Έρευνα στη φυσιολογία του εγκεφάλου» που υποστηρίζει και προχωρά ένα βήμα πιο πέρα την εργασία του Caton. Το 1890 ο Beck παρατήρησε ρυθμική ηλεκτρική δραστηριότητα στον εγκέφαλο κουνελιών και σκύλων προκαλούμενη από φωτεινά ερεθίσματα. Στις αρχές του 20ού αιώνα, το 1914 ο

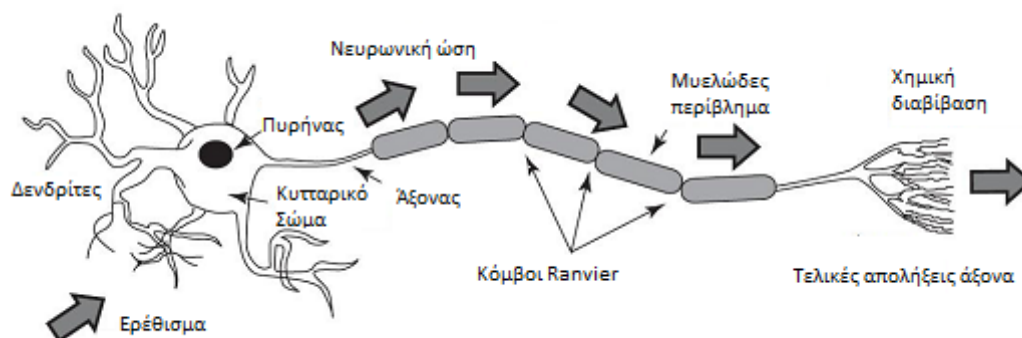
Cybulski μέσω ηλεκτρικού ερεθισμού του εγκεφάλου ενός σκύλου κατάφερε να προκαλέσει επιληπτική κρίση. Στα επόμενα χρόνια αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν με την παρατήρηση ηλεκτρικών φαινομένων στο νευρικό σύστημα των ζώων (Niedermeyer, 1999; Brazier, 1961; Swartz & Goldensohn, 1998). Έπειτα το 1924 ο Hans Berger ένας Γερμανός φυσιολόγος βασισμένος στην έρευνα του Caton, κατέγραψε το πρώτο ανθρώπινο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Χρησιμοποιώντας επεμβατικές τεχνικές και καταγραφές κυρίως από τα ίδια του τα παιδιά, τα δεδομένα του αποκάλυπταν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος παράγει ημιτονοειδή ταλάντωση σε κατάσταση διέγερσης αλλά και χαλάρωσης με μάτια κλειστά (Tong et al., 2009). Στις καταγραφές του υπολόγισε και τη συχνότητα του σήματος στους 10 κύκλους ανά δευτερόλεπτο, και τα σήματα αυτά τα ονόμασε «άλφα κύματα» από το πρώτο γράμμα του Ελληνικού αλφάβητου. Ο Berger πραγματοποίησε χιλιάδες εγκεφαλογραφήματα στα οποία παρατήρησε αλλαγές σχετιζόμενες με τον ύπνο, με τη γενική αναισθησία, με κρανιακές κακώσεις και με επιληψία ενώ απέτυχε να εντοπίσει διαφορές σε πολλές άλλες ασθένειες (όπως σχιζοφρένεια, μελαγχολία, κ.λπ.). Δυστυχώς πήρε πάνω από δέκα χρόνια στην επιστημονική κοινότητα να δεχτεί ότι οι ταλαντώσεις που είχαν καταγραφεί από το ανθρώπινο δέρμα κρανίου αντανακλούν αληθινά εγκεφαλικά σήματα και δεν είναι θόρυβος ή αρμονικές του καρδιακού παλμού ή επιδερμικά ρεύματα.

Για δεκαετίες το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα χρησιμοποιούνταν κυρίως από κλινικούς για τη διάγνωση αλλά και τη θεραπεία νευροφυσιολογικών διαταραχών. Τώρα εκτός από τον κλινικό σκοπό η ηλεκτροεγκεφαλογραφία εφαρμόζεται στις νευροεπιστήμες και σε άλλα επιστημονικά πεδία. Την τελευταία δεκαετία η ηλεκτροεγκεφαλογραφία χρησιμοποιείται και για εμπορικούς στόχους όπως έλεγχο ηλεκτρονικών παιχνιδιών αλλά και σε πολλά άλλα πεδία, εφαρμόζοντας τεχνικές αλληλεπίδρασης εγκεφάλου - υπολογιστή (brain computer interface (BCI)).

2.1 Παραγωγή ΗΕΓ και εγκεφαλική φυσιολογία

Ο νευρώνας είναι μία βασική λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος. Ο ενήλικος ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται περίπου από 100 δισεκατομμύρια νευρικά κύτταρα ή νευρώνες. Ένας τυπικός νευρώνας αποτελείται από το κυτταρικό

σώμα, από μικρές διακλαδούμενες ίνες τους δενδρίτες και μία μακριά προβολή τον άξονα (Σχήμα 2.1.1). Οι νευρώνες είναι αλληλοσυνδεόμενοι μέσω συνάψεων σε νευρικά δίκτυα. Η 'επικοινωνία' μεταξύ των νευρώνων συντελείται όταν ένας νευρώνας παίρνει από έναν άλλο νευρικά σήματα, τα ενισχύει και τα μεταβιβάζει σε άλλους νευρώνες. Κάθε νευρώνας μπορεί να διαθέτει 1000 συνδέσεις, ενώ μπορεί να δέχεται πληροφορία από περισσότερους από 1000 άλλους νευρώνες (Σαββάκη, 1997). Όλες οι λειτουργίες του εγκεφάλου που έχουν σχέση με μετάδοση σημάτων πραγματοποιούνται από συνδεόμενα δίκτυα νευρώνων



Σχήμα 2.1.1 Απεικόνιση δομής ενός τυπικού νευρώνα και της λειτουργίας του (Kandel 2003)

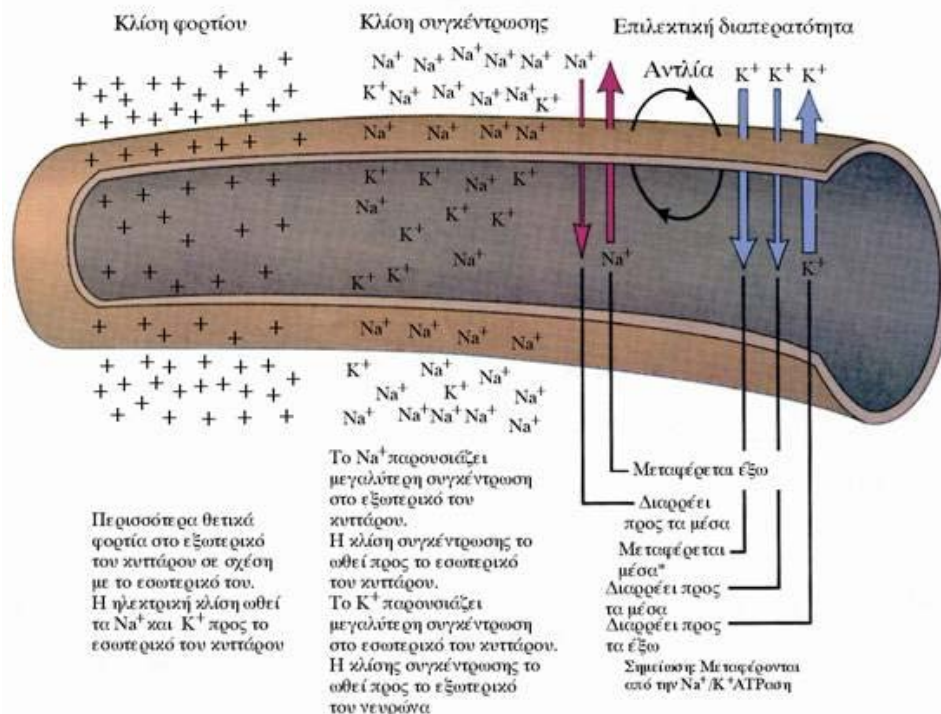
Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία είναι μια τεχνική καταγραφής ένας ασθενούς ηλεκτρικού δυναμικού που είναι αποτέλεσμα δραστηριοτήτων ποικίλων ομάδων νευρώνων από διάφορες εγκεφαλικές περιοχές. Όταν οι νευρώνες διεγείρονται, τοπικά ρεύματα παράγονται μέσα στους δενδρίτες. Η συνισταμένη ένταση παράγει ένα ηλεκτρικό πεδίο πάνω στην επιφάνεια του κρανίου που είναι μετρήσιμη από ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφο.

Τα νευρικά κύτταρα έχουν διαρκώς ηλεκτρική δραστηριότητα. Ακόμη και όταν είναι σε κατάσταση ηρεμίας είναι ηλεκτρικά πολωμένα, καθώς υπάρχει ηλεκτρική διαφορά δυναμικού μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού της κυτταρικής μεμβράνης που κυμαίνεται συνήθως από -90mV μέχρι -50mV . Η διαφορά δυναμικού είναι αποτέλεσμα της συγκέντρωσης θετικών ιόντων νατρίου (Na^+) στον εξωκυττάριο χώρο και αρνητικών ιόντων χλωρίου (Cl^-) στο εσωτερικό του κυττάρου, καθώς και ιόντων καλίου (K^+) αλλά και άλλων οργανικών ανιόντων που μεταφέρονται λόγω της επιλεκτικής διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης στα ιόντα K και Na (Attwood, 1989). Η διαφορά δυναμικού που έχει το νευρικό κύτταρο

σε κατάσταση ηρεμίας, ονομάζεται δυναμικό ηρεμίας και μπορεί να διαταραχθεί εύκολα εξαιτίας της λειτουργίας των διαύλων ιόντων της κυτταρικής μεμβράνης.

Οι ιοντικοί διάλυοι είναι ενσωματωμένες πρωτεΐνες που διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη, υπάρχουν σε όλα τα κύτταρα του σώματος, έχουν την ιδιότητα να άγουν συγκεκριμένα ιόντα και να ανοίγουν και να κλείνουν ανταποκρινόμενοι σε ηλεκτρικά, μηχανικά ή χημικά σήματα.

Οι διάλυοι που έχουν σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση της ηλεκτρικής συμπεριφοράς των νευρικών κυττάρων είναι οι διάλυοι K^+ και Na^+ (Kandel et al., 2003). Υπό κανονικές συνθήκες μία αντλία K^+/Na^+ διατηρεί χαμηλή τη συγκέντρωση του Na^+ στο εσωτερικό του κυττάρου και υψηλή τη συγκέντρωση του K^+ (Σχήμα 2.1.2).



Σχήμα 1.1.2 Διάλυοι νατρίου – καλίου και λειτουργία κυτταρικής μεμβράνης (Kandel 2003)

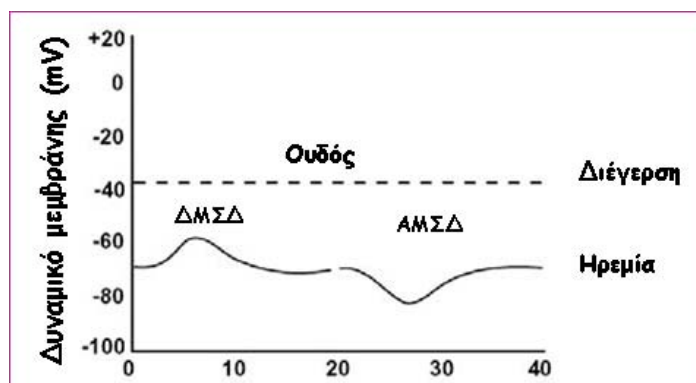
Η αντλία Νατρίου-Καλίου είναι μια διαμεμβρανική πρωτεΐνη που συνδυάζει την είσοδο ιόντων καλίου με την έξοδο ιόντων νατρίου από το κύτταρο. Η άντληση αυτή γίνεται με την υδρόλυση ATP σε ADP. Η αντλία δουλεύει κυκλικά (Kandel, 2003).

Το νάτριο προσδένεται στην αντλία σε θέσεις που εκτίθενται ενδοκυττάρια ενεργοποιώντας την αντλία. Το ATP υδρολύεται και απελευθερώνεται ADP και μια φωσφορική ομάδα η οποία μεταφέρεται στην αντλία, όπου συνδέεται με ένα δεσμό

υψηλής ενέργειας, συνεπώς η αντλία φωσφορυλιώνεται. Η φωσφορυλίωση συμβάλλει στη στεροδιάταξη της αντλίας έτσι ώστε το νάτριο να απελευθερωθεί εξωκυττάρια και θέσεις σύνδεσης του καλίου εκτίθενται στην ίδια πλευρά. Η πρόσδεση του καλίου προκαλεί αποφωσφορυλίωση, δηλαδή απομάκρυνση της φωσφορικής ομάδας. Η αποφωσφορυλίωση οδηγεί στη μετάπτωση της αντλίας στην αρχή μορφή της και η άντληση μπορεί να ξαναρχίσει. Ο κύκλος διαρκεί 10 χιλιοστά του δευτερολέπτου.

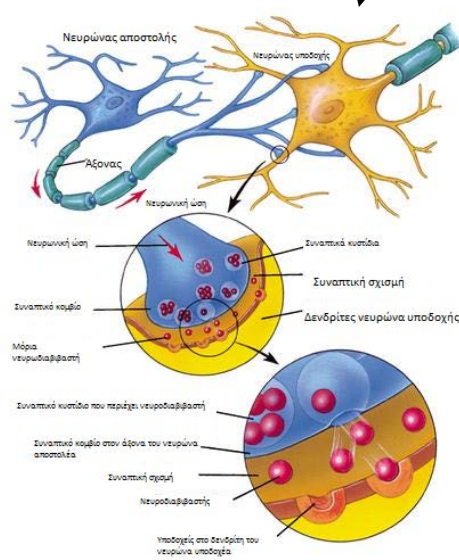
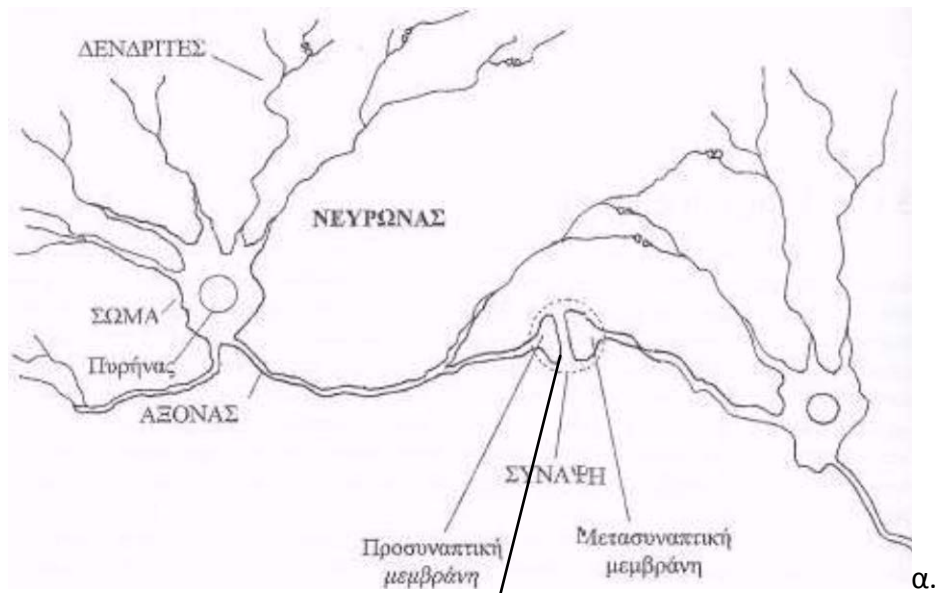
Αυτή η αντλία παίζει κεντρικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας στο κύτταρο, καθώς υπολογίζεται ότι ευθύνεται τουλάχιστον για το 30% της συνολικής κατανάλωσης ATP. Η αντλία λειτουργεί ασταμάτητα για να αποβάλλει το Na⁺ που εισέρχεται στο κύτταρο μέσω άλλων πρωτεϊνών φορέων και ιοντικών διαύλων. Η μεταφορά νατρίου γίνεται στη μεγάλη ηλεκτροχημική βαθμίδωσή του, με αποτέλεσμα η συγκέντρωση νατρίου στο κυτταροδιάλυμα να είναι 30 με 40 φορές χαμηλότερη από αυτή του εξωκυττάριου υγρού.

Ανάλογα με τις συνθήκες ενεργοποιείται για πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα ένας μηχανισμός της αντλίας K⁺ / Na⁺, ο οποίος επιτρέπει τη μετακίνηση ιόντων διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης με αποτέλεσμα να αλλάζει η ηλεκτρική ισορροπία του κυττάρου σε σχέση με το περιβάλλον του. Αυτά τα δυναμικά του νευρικού κυττάρου αθροίζονται μέχρι να φθάσουν (βάσει της αρχής «όλο ή τίποτα») το κατώφλι (ουδό) δημιουργίας του δυναμικού ενέργειας (Εικόνα 1), οπότε ο νευρώνας εκπολώνεται. Αυτό το δυναμικό ενέργειας εφαρμόζεται κατά μήκος του νευράξονα μέχρι τη σύναψη όπου ο νευράξονας συναντά τους επόμενους νευρώνες. Στη συναπτική σχισμή πραγματοποιείται η μεταβίβαση της πληροφορίας από τον ένα νευρώνα στον άλλο είτε με ηλεκτρικό τρόπο είτε με χημικό τρόπο, με την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστών, δηλαδή χημικών ουσιών που προκαλούν στο κύτταρο-υποδοχέα ηλεκτρική διέγερση ή αναστολή.



Σχήμα 2.1.3 Αναπαράσταση γραφική της λειτουργίας του δυναμικού της μεμβράνης

Στη γενική περίπτωση που ενεργοποιείται ένα δίκτυο νευρώνων (το οποίο πιθανόν αντιστοιχεί τελικά σε κάποια συμπεριφορά) δημιουργούνται σταδιακά σε κάθε νευρώνα που συμμετέχει τέσσερις τύποι σημάτων σε διαφορετικά σημεία του κυττάρου: το σήμα εισόδου, το σήμα εκκίνησης, το σήμα αγωγής και το σήμα εξόδου. Το σήμα εκκίνησης προκύπτει όταν το δυναμικό ηρεμίας του νευρώνα μεταβάλλεται σημαντικά στις περισσότερες περιπτώσεις από την επίδραση ενός άλλου νευρώνα. Η μεταβολή αυτή προκαλεί την έναρξη του δυναμικού ενέργειας, που μεταδίδεται εν συνεχεία κατά μήκος του άξονα του νευρώνα και αποτελεί το σήμα αγωγής του. Το δυναμικό ενέργειας αναγεννάται κατά μήκος του άξονα στους κόμβους Ranvier και έτσι διατηρεί το εύρος του μέχρι την περιοχή απόληξης του νευράξονα όπου προκύπτει το σήμα εξόδου το οποίο είναι συνήθως χημικό και συνίσταται στην απελευθέρωση ενός χημικού διαβιβαστή στη συναπτική σχισμή (Kandel, 2003). Η ποσότητα του διαβιβαστή που απελευθερώνεται είναι διαβαθμισμένη και εξαρτάται από το ρυθμό και τη συχνότητα των δυναμικών ενέργειας που φτάνουν στο σημείο. Έπειτα, ο διαβιβαστής διαχέεται μέσω της συναπτικής σχισμής στα μόρια του υποδοχέα στην κυτταρική μεμβράνη του επόμενου μετασυναπτικού κυττάρου και προκαλούν το ηλεκτρικό σήμα εισόδου στο μετασυναπτικό κύτταρο ενώ το συναπτικό δυναμικό μπορεί να είναι είτε διεγερτικό είτε ανασταλτικό, ανάλογα με το είδος των υποδοχέων στο μετασυναπτικό κύτταρο (Εικόνα 2.1.1 α,β).



β.

Εικόνα 2.1.1 Απεικόνιση δομής και λειτουργίας του νευρώνα καθώς και της λειτουργίας της σύναψης στη χημική διαβίβαση (Kandel, 2003)

Όπως έχει υπογραμμιστεί οι νευρώνες αποτελούν το δομικό λίθο του νευρικού συστήματος που αποτελείται από το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) και το περιφερικό νευρικό σύστημα (ΠΝΣ). Το ΚΝΣ αποτελείται από τον εγκέφαλο που βρίσκεται στην κρανιακή κοιλότητα και τον νωτιαίο μυελό μέσα στην σπονδυλική στήλη. Οι επτά ανατομικές περιοχές του ΚΝΣ είναι:

1) Ο *νωτιαίος μυελός* μεταφέρει με τη συνδρομή του ΠΝΣ πληροφορίες από τους αισθητηριακούς υποδοχείς προς τον εγκέφαλο.

2) Ο *προμήκης μυελός* περιλαμβάνει κέντρα όπως το εγκεφαλικό στέλεχος (brain stem) - ρυθμίζουν ζωτικές αυτόνομες λειτουργίες για ακούσιες λειτουργίες όπως οι κυρκάδιοι ρυθμοί, οι παλμοί της καρδιάς, η πέψη και η αναπνοή (Nunez (1995)).

3) Η *γέφυρα* μεταφέρει πληροφορίες σχετικές με την κίνηση από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια προς την παρεγκεφαλίδα.

4) Η *παρεγκεφαλίδα* (cerebellum) ελέγχει τις εκούσιες κινήσεις των μυών, διατηρεί την ισορροπία, τροποποιεί τη δύναμη και το εύρος της κίνησης και διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην εκμάθηση των κινητικών δεξιοτήτων.

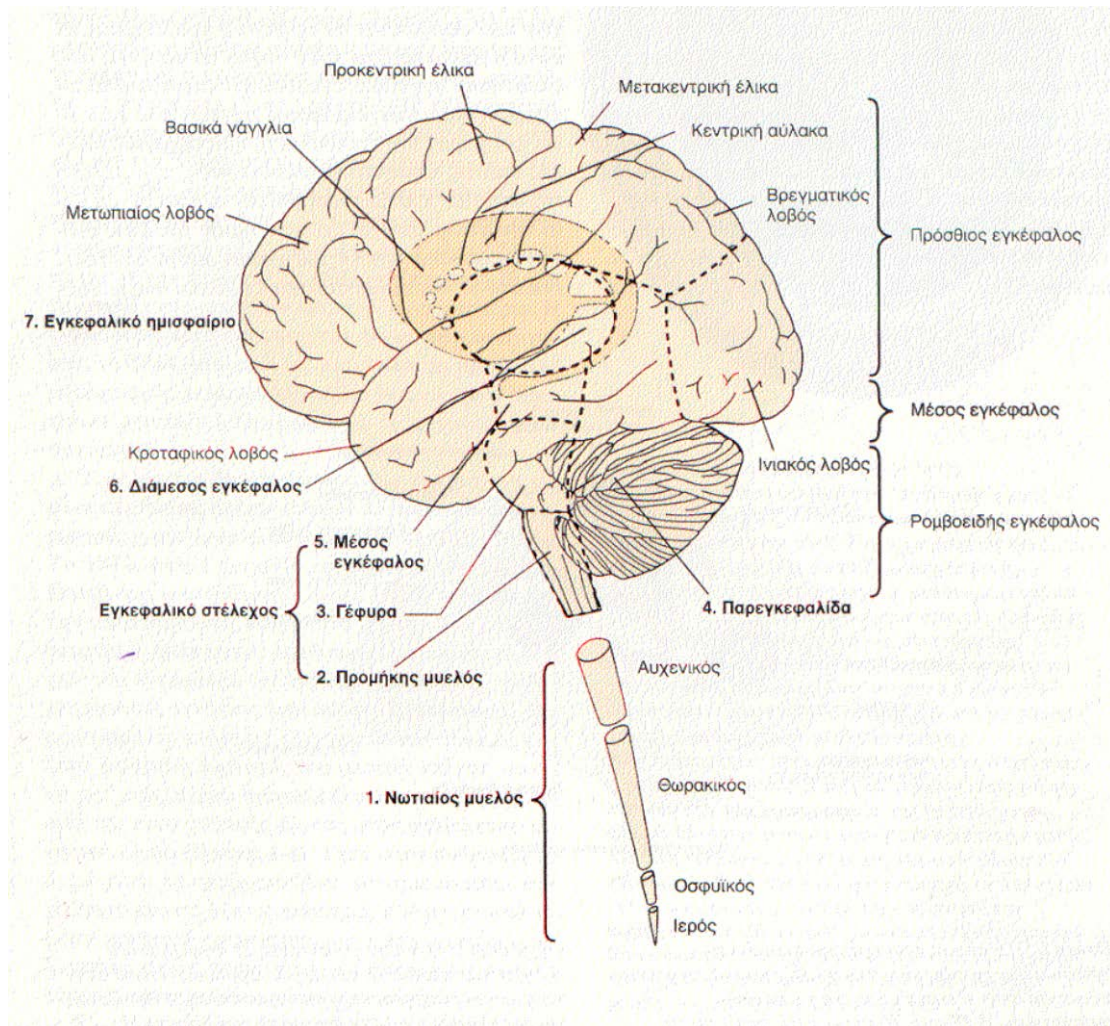
5) Ο *μέσος εγκέφαλος* ελέγχει πολλές αισθητικές και κινητικές λειτουργίες.

6) Ο *διάμεσος εγκέφαλος* που αποτελείται από τον θάλαμο που επεξεργάζεται τις περισσότερες πληροφορίες από αυτές που φτάνουν στα εγκεφαλικά ημισφαίρια και ο υποθάλαμος που ρυθμίζει αυτόνομες ενδοκρινικές και σπλαχνικές λειτουργίες.

7) Τα *δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια*, ένα σε κάθε πλευρά συνδέονται με το μεσολόβιο, υπεύθυνο για την επικοινωνία των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Ο εγκέφαλος (cerebrum) στο σύνολό του (δηλαδή τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια) είναι υπεύθυνος για ρύθμιση υψηλότερων γνωστικών και συναισθηματικών λειτουργιών, αποτελούνται από τον φλοιό των ημισφαιρίων και εν τω βάθει τα βασικά γάγγλια, τον ιππόκαμπο και την αμυγδαλή (Gerrig et al., 2002).

Στην εικόνα (Εικόνα 2.1.2) που ακολουθεί παρουσιάζεται παραστατικά το κεντρικό νευρικό σύστημα.

Σε κάθε ημισφαίριο ο φλοιός έχει τέσσερις ανατομικά ανεξάρτητους λοβούς. Ο *μετωπιαίος λοβός* είναι στο μπροστινό τμήμα και είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της κίνησης και τον προγραμματισμό της μελλοντικής δράσης συνδέεται με τη μνήμη εργασίας, και την κοινωνική και σεξουαλική συμπεριφορά (Stuss et al., 2002). Ο *βρεγματικός λοβός* σχετίζεται με την αίσθηση της αφής, την απεικόνιση του σώματος και περιλαμβάνει επεξεργασία απτικής αισθητηριακής πληροφορίας (Macdonald, 1953). Ο *ινιακός* είναι στο οπίσθιο τμήμα του εγκεφάλου και συνδέεται με ένωση οπτικών ερεθισμάτων και πληροφοριών έχει δηλαδή σχέση με την λειτουργία της όρασης. Ο *κροταφικός λοβός* συνδέεται με το οπίσθιο τμήμα του εγκεφάλου είναι σημαντικός για τις αισθητηριακές απαντήσεις, τη διερμηνεία ήχων και γλωσσών, είναι υπεύθυνος για την ακοή, τη μνήμη και τη μάθηση (Larry et al., 2007).



Εικόνα 2.1.2 Απεικόνιση της δομής του ΚΝΣ (Kandel, 2003)

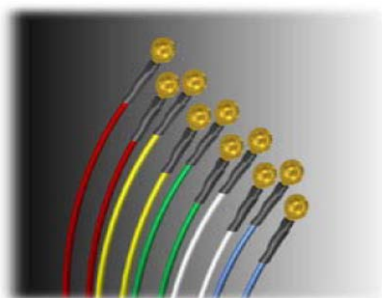
Οι αισθητικές πληροφορίες που εισέρχονται στο νωτιαίο μυελό από την αριστερή πλευρά του σώματος μεταφέρονται πρώτα στο δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο και αντίστοιχα οι πληροφορίες του δεξιού μέρους του σώματος μεταφέρονται πρώτα στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο.

2.2 Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Ένα τυπικό σύστημα ψηφιακού ΗΕΓ αποτελείται από τα εξής τμήματα: α. Ένα υπολογιστή με λογισμικό καταγραφής και επεξεργασίας ΗΕΓ σημάτων, β. Ηλεκτρόδια, γ. πολυκαναλικό σύστημα για λήψη, ενίσχυση, φιλτράρισμα και ψηφιοποίηση του ΗΕΓ σήματος, δ. περιφερειακές συσκευές ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης (λχ. εκτυπωτές, κάμερες, μικρόφωνα κ.α).

Πρωταρχικό στάδιο για τη λήψη και καταγραφή ΗΕΓ σημάτων είναι η τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής σε καθορισμένες θέσεις ανάλογα με τις περιοχές που μελετώνται κάθε φορά.

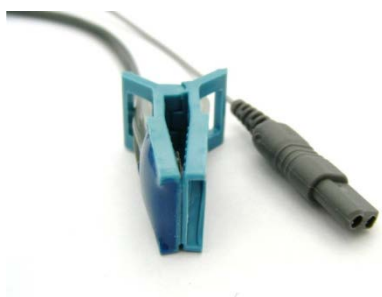
Τα ηλεκτρόδια είναι αισθητήρες διαμέτρου 3-10mm κατασκευασμένοι είτε από χρυσό ή από λευκόχρυσο ή από κασσίτερο ή από άργυρο (Ag) είτε από χλωριούχο άργυρο (AgCl), είναι υλικά με μικρή ηλεκτρική αντίσταση που δεν αντιδρούν με τους ηλεκτρολύτες που περιέχουν οι αγώγιμες κρέμες που χρησιμοποιούνται. Τα ηλεκτρόδια προσλαμβάνουν και μετατρέπουν το ιοντικό ρεύμα από το εξωτερικό του κρανίου (εγκεφαλικό φλοιό) σε ρεύμα ηλεκτρονίων μέσα στο καλώδιο (μεμονωμένα για το κάθε ηλεκτρόδιο), το οποίο με τη σειρά του και καταγράφεται από τον εγκεφαλογράφο μέσω του μετατροπέα A/D και του ενισχυτή, με σκοπό τη μετέπειτα επεξεργασία του. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτροδίων που απεικονίζονται στο Σχήμα 2.2.1.



α.



β.



γ.

Σχήμα 2.2.1 α. Επικολλώμενα ηλεκτρόδια καμπανοειδή που χρησιμοποιούνται κυρίως στο EOG, β. Βιδωτά ηλεκτρόδια που εφαρμόζουν σε ειδική κουκούλα, γ. Ηλεκτρόδια με κλιπ χρησιμοποιούνται κυρίως ως ηλεκτρόδια αναφοράς

Άλλοι τύποι ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται σε εξειδικευμένες περιπτώσεις είναι τα ηλεκτρόδια σε μορφή βελόνας που τοποθετούνται υποδόρια, τα ρινοφαρυγγικά και σφηνοειδή τα προσκεφαλοειδή ηλεκτρόδια που αποτελούνται από μια ράβδο αργύρου στην άκρη της οποίας τοποθετείται ένα μαξιλαράκι εμποτισμένο με χλωριούχο νάτριο και για τη στήριξή τους χρησιμοποιούνται μάντες (Fisch, 2003), ενώ μία ιδιαίτερη κατηγορία ηλεκτροδίων είναι τα ενδοκρανιακά ηλεκτρόδια που τοποθετούνται εσωτερικά του κρανίου χρησιμοποιούνται για κλινικούς λόγους μόνο σε παθολογικές καταστάσεις, παρουσιάζουν πολύ ισχυρά ηλεκτρικά δυναμικά αφού μηδενίζονται οι αντιστάσεις των οστών και του δέρματος και μειώνεται στο ελάχιστο ο αριθμός των παρασίτων. Στα σημεία όπου τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια, το δέρμα καθαρίζεται καλά με οινόπνευμα για να απομακρυνθούν νεκρές στοιβάδες δέρματος, λιπώδης ιστός, ιδρώτας ή άλλες πρόσθετες ουσίες που μπορεί να τροποποιήσουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα της περιοχής και να επιτευχθεί χαμηλή αντίσταση επαφής, κάτω από 5KΩ. Προκειμένου να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη η επαφή των ηλεκτροδίων με το δέρμα της κεφαλής γίνεται χρήση αγώγιμων υλικών όπως είναι ειδικές κρέμες, αλάτι κ.α. ώστε να είναι δυνατή η κίνηση των ιόντων του "ορίου" ηλεκτροδίου-ηλεκτρολύτη-επιφάνεια κεφαλής. Με τη διαδικασία αυτή έχουμε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο φορτισμένων στρωμάτων στις δύο πλευρές ηλεκτροδίου-ηλεκτρολύτη εμφανίζοντας έτσι μια διαφορά δυναμικού που εμποδίζει τη συνέχιση της κίνησης των ιόντων, αλλά παρουσιάζει σημαντική ευαισθησία στις μεταβολές των συγκεντρώσεων των ιόντων. Όταν συνεπώς παρουσιαστεί κάποιο ηλεκτρικό σήμα (ροή ιόντων) στον εγκεφαλικό φλοιό, αυτό θα προκαλέσει μεταβολή της ιοντικής συγκέντρωσης και κατά συνέπεια και μεταβολή της διαφοράς δυναμικού των στρωμάτων και της ροή ηλεκτρονίων στο αγώγιμο ηλεκτρόδιο.

Στόχος είναι η τάση μεταξύ ηλεκτροδίου-ηλεκτρολύτη να επηρεάζεται μόνο από τα ιοντικά ρεύματα που προέρχονται από το τριχωτό της κεφαλής και όχι από θερμοκρασιακές μεταβολές ή από πιθανές μηχανικές μετακινήσεις των ηλεκτροδίων.

Όταν τοποθετηθούν όλα τα ηλεκτρόδια και Πρίν αρχίσει η διαδικασία καταγραφής, ελέγχεται η ηλεκτρική αντίσταση του τελικού κυκλώματος (κεφαλής ηλεκτρολύτη

και ηλεκτροδίου) ενώ επανέλεγχος πραγματοποιείται και στο τέλος της καταγραφής χωριστά για κάθε ηλεκτρόδιο. Οι αποδεκτές τιμές είναι μικρότερες από 5 ΚΩ ή 20 ΚΩ ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε καταγραφής. Πολύ μικρές τιμές ή μεγάλες διακυμάνσεις στις αντιστάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων, μπορεί να είναι αιτίες διαστρεβλωμένης καταγραφής. Ενώ δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που αν και οι συνθήκες καταγραφής μοιάζουν με τις επιθυμητές εντούτοις συντελείται παραποίηση των αποτελεσμάτων λόγω πιθανής πόλωσης μεταξύ ηλεκτροδίων και ιστών. Στην μετρίαση του φαινομένου αυτού σημαντικό ρόλο παίζει η μεγάλη αντίσταση εισόδου των ενισχυτών που χρησιμοποιεί ο καταγραφέας.

Πέραν όμως των εγκεφαλικών περιοχών προς μελέτη χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια και σε άλλες περιοχές. Απαραίτητα είναι ένα ηλεκτρόδιο γείωσης που τοποθετείται στο μέσο του μετώπου ή σε έναν από τους μαστοειδείς καθώς και ένα ή περισσότερα ηλεκτρόδια αναφοράς, σε σύγκριση με τα οποία θα μετρηθούν οι διαφορές δυναμικού των υπόλοιπων ηλεκτροδίων.

Χωρίς ένα σημείο αναφοράς καθίσταται απαραίτητη η χρήση πολλαπλών συνδυασμών – μετρήσεων προκειμένου να εκτιμηθεί η δραστηριότητα σε ένα ηλεκτρόδιο. Τοποθετείται σε ένα σημείο του σώματος του συμμετέχοντα – εξεταζόμενου με χαμηλό δυναμικό καθώς το ιδανικό μηδενικό δυναμικό είναι αδύνατον να επιτευχθεί σε οποιοδήποτε σημείο του ανθρώπινου σώματος. Τα σημεία του ανθρώπινου σώματος που φέρουν χαμηλά δυναμικά και προτιμώνται για την εφαρμογή των ηλεκτροδίων αναφοράς είναι τα εξής:

Αναφορά με χρήση δύο ηλεκτροδίων στους λοβούς των αυτιών. Πρόκειται για την προτεινόμενη μέθοδο για μονοπολικές καταγραφές δηλαδή για καταγραφές όπου το μετρούμενο σήμα είναι αποτέλεσμα διαφοράς δυναμικού ενός ηλεκτροδίου ενεργής περιοχής και ενός ηλεκτροδίου ανενεργής περιοχής. Στην περίπτωση αυτή καθώς οι λοβοί των αυτιών είναι σχετικά ουδέτεροι ηλεκτρικά με μικρή πιθανότητα να εμφανίσουν εκφορτίσεις από τις κροταφικές περιοχές προτιμώνται για την εφαρμογή των ηλεκτροδίων αναφοράς.

Αναφορά με χρήση ηλεκτροδίου στη μύτη. Επίσης πρόκειται για μία επιλογή για μονοπολικές καταγραφές, με κίνδυνο όμως να επηρεαστεί από δυναμικά της καρδιάς.

Αναφορά στην κορυφή του κρανίου (ηλεκτρόδιο Cz). Πρόκειται για μία επιλογή για μονοπολικές καταγραφές.

Αναφορά κοινού μέσου όρου (common average reference). Χρησιμοποιείται ως αναφορά κατά την καταγραφή οποιαδήποτε μέθοδος όπως οι προαναφερθείσες και στη συνέχεια επαναπροσδιορίζεται το ηλεκτρόδιο αναφοράς ως ο αλγεβρικός μέσος όρος που προκύπτει από όλα τα ηλεκτρόδια μαζί. Η μέθοδος αναφοράς του κοινού μέσου όρου έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανεξάρτητη του δυναμικού του ηλεκτροδίου αναφοράς, ακόμη κι αν επρόκειτο για «ενεργό» ηλεκτρόδιο.

Αναφορά τοπικού μέσου όρου (Laplacian derivation). Είναι μια μέθοδος επαναπροσδιορισμού των δυναμικών των ηλεκτροδίων όπως και η προηγούμενη, αλλά ο τρόπος υπολογισμού της νέας τιμής είναι πιο πολύπλοκος καθώς απαιτεί μετασχηματισμό Laplace και εφαρμόζεται τοπικά σε γειτονικά ηλεκτρόδια. Αυτή η μέθοδος αποδίδει πολύ καλούς χάρτες ΗΕΓ, αλλά έχει ως βασική της υπόθεση τη μη ρεαλιστική παραδοχή ότι το κρανίο παρουσιάζει το ίδιο πάχος και την ίδια αγωγιμότητα παντού (Gevins et al., 1999). Σαν μία λύση του μειονεκτήματος αυτού εφαρμόζεται η μέθοδος της ομαλοποίησης πεπερασμένων σημείων (finite element deblurring).

Τέλος σε αρκετές περιπτώσεις χρήσιμο είναι να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια και σε άλλες περιοχές του σώματος των συμμετεχόντων όπου παράγονται ηλεκτρικά δυναμικά που επηρεάζουν τα ΗΕΓ σήματα. Τέτοιες περιοχές είναι οι περιοχές γύρω από τα μάτια, ο θώρακας, περιοχές του προσώπου καθώς και περιοχές που μπορεί να επηρεαστούν από τη φύση και τη μεθοδολογία της εκάστοτε μελέτης. Στόχος των ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στις περιοχές αυτές είναι η ανίχνευση και η διόρθωση των επιδράσεων αυτών είναι απαλοιφή παρασίτων από το σύνολο της ΗΕΓ καταγραφής.

Στην παρούσα διατριβή έγινε χρήση οφθαλμικών ηλεκτροδίων τόσο στις δύο εξωτερικές γωνίες των οφθαλμών όσο και στα δύο κάθετα άκρα προκειμένου να απομακρυνθεί από το δείγμα (ΗΕΓ καταγραφή) κάθε τμήμα επηρεασμένο εμφανώς από παράσιτα που προκαλούν οι οφθαλμικές κινήσεις (αντανακλαστικές και μη) που συμπαρασύρουν τα ΗΕΓ σήματα -κυρίως των κοντινών στους οφθαλμούς- εγκεφαλικών περιοχών.

2.3 Τρόποι τοποθέτησης των ηλεκτροδίων

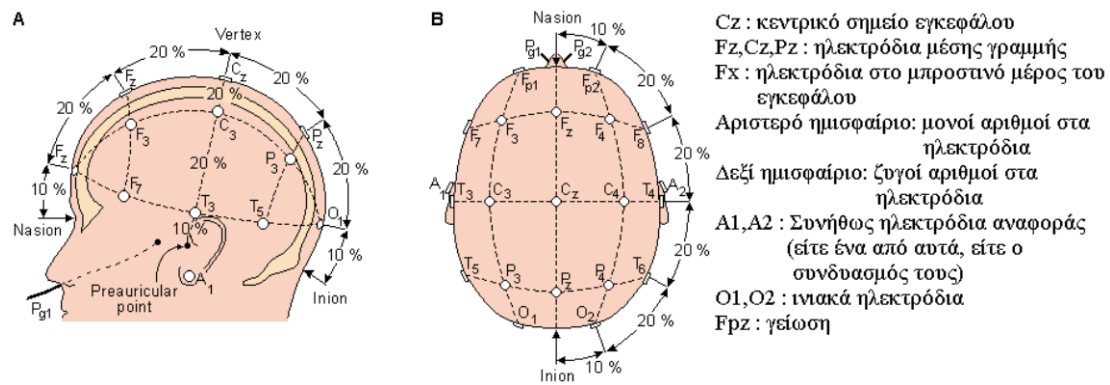
Για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής αλλά και τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων ηλεκτροδίων έχουν προταθεί διάφορα πρότυπα- θέσεις με δημοφιλέστερο και κοινώς αποδεκτό από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας Σύστημα 10-20 (Jasper, 1958) που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διατριβή.

Το διεθνές Σύστημα 10-20 πήρε το όνομά του από την επιλογή του 20% της αποστάσεως μεταξύ των δύο αυτιών ως την απόσταση ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε ηλεκτρόδια και επίσης στην επιλογή του 10% της αποστάσεως μεταξύ των δύο αυτιών ως την απόσταση που πρέπει να υπάρχει από το εκάστοτε αυτί στο κοντινότερο του ηλεκτρόδιό. Στο διεθνές Σύστημα 10-20 συνεπώς οι θέσεις των ηλεκτροδίων είναι πάντα σε συνάρτηση με τις διαστάσεις του κρανίου (Donchin, 1969).

Στο διεθνές Σύστημα 10-20 χρησιμοποιούνται τουλάχιστο 19 ή 21 ηλεκτρόδια ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί και 32 ή 64 ή 75 ή και 128 ηλεκτρόδια. Ο ελάχιστος αριθμός καταγραφικών ηλεκτροδίων δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι μικρότερος από 16, ενώ καταγραφές με περισσότερα από 128 ηλεκτρόδια έχει παρατηρηθεί ότι δεν παρέχουν περισσότερες πληροφορίες (Lehman, 1989).

Τα ηλεκτρόδια παίρνουν την ονομασία τους σύμφωνα με τη θέση που έχουν πάνω στο κρανίο: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2 όπου τα γράμματα μπροστά μας δείχνουν την εγκεφαλική περιοχή που βρίσκεται το κάθε ηλεκτρόδιο και η κωδικοποίηση είναι η εξής: F: μετωπιαία ή μετωπική (frontal), T: κροταφική (temporal), C: κεντρική (central), P: βρεγματική (parietal), O: ινιακή (occipital) ενώ οι αριθμοί που ακολουθούν δηλώνουν με το εγκεφαλικό ημισφαίριο στο οποίο είναι τοποθετημένα τα ηλεκτρόδια. Οι περιττοί αριθμοί ενημερώνουν ότι το ηλεκτρόδιο είναι τοποθετημένο στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο ενώ οι άρτιοι στο δεξί. Το γράμμα z πληροφορεί ότι το ηλεκτρόδιο είναι τοποθετημένο σε κεντρικές περιοχές του κρανίου (Ray & Oathes, 2003) ενώ τα σύμβολα A1 και A2 υποδηλώνουν τα ηλεκτρόδια αναφοράς που όπως τοποθετούνται συνήθως στους λοβούς των αυτιών ή στους μαστοειδείς. Οι ονομασίες αυτές των ηλεκτροδίων είναι κοινές για όλα τα πρότυπα θέσης

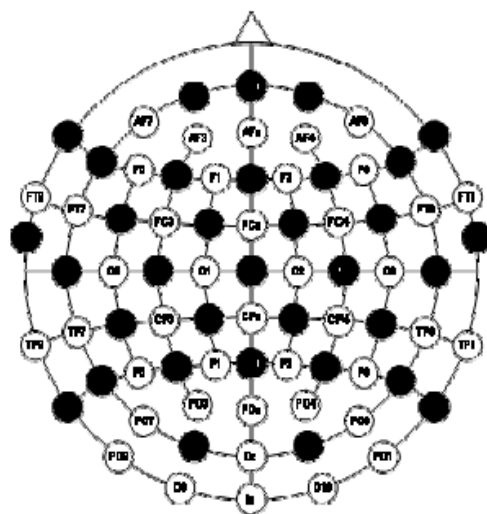
ηλεκτροδίων ενώ ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των θέσεων αυτών στο διεθνές Σύστημα 10-20 παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.3.1.



Σχήμα 2.3.1 Αναπαράσταση των θέσεων των ηλεκτροδίων στο σύστημα 10-20

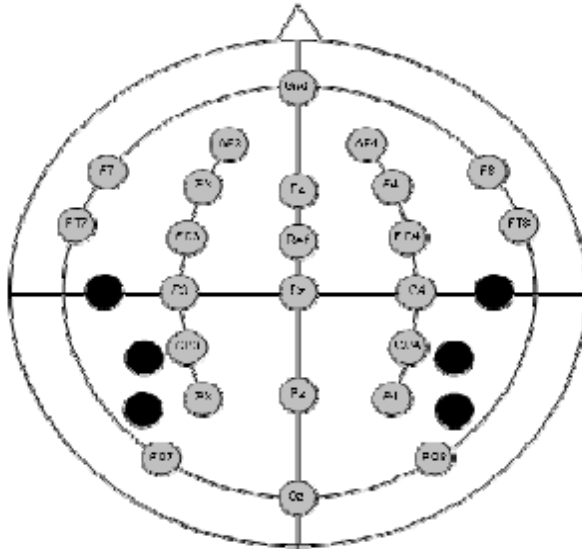
Πέραν του διεθνούς συστήματος 10-20 υπάρχουν και άλλα συστήματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούνται σε εξειδικευμένες εφαρμογές. Κάποια από τα συστήματα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά.

Το σύστημα *BESA 32-Ch-Arrangement* το οποίο εισήγαγαν οι Scherg και Heidelberg χρησιμοποιείται κυρίως για την μελέτη της επιληψίας ενώ οι θέσεις των ηλεκτροδίων είναι σύμφωνες με το Σχήμα 2.3.2.



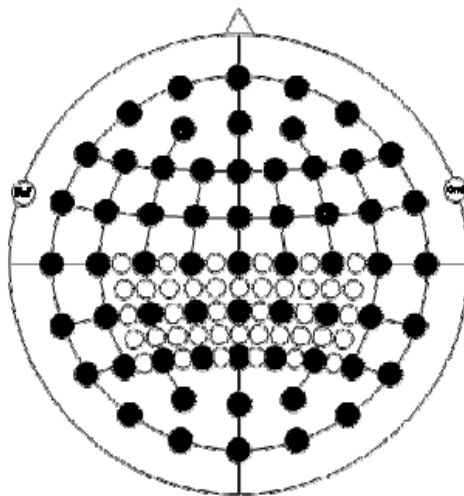
Σχήμα 2.3.2 Σύστημα BESA 32-Ch-Arrangement

Το σύστημα *Left-Temporo-Parietal/Right-Temporo-Parietal Electrode Placement (LTP-RTP)* ή *Wernicke-Left/Wernicke-Right-Electrode Placement (WL/WR) 29-Channel Arrangement* χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές που σχετίζονται με τη μελέτη της γλώσσας και οι θέσεις των ηλεκτροδίων στο κρανίο παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.3.3



Σχήμα 2.3.3 Σύστημα (WL/WR) 29-Channel Arrangement

Το *Kombi-Montage* και οι θέσεις των ηλεκτροδίων του φαίνονται στο Σχήμα 2.3.4:



Σχήμα 2.3.4 Σύστημα Kombi-Montage

Το σύστημα *Queen square* (Halliday et al., 1977)

Το σύστημα Queen Square έχει προταθεί ως πρότυπο για την καταγραφή του τρόπου διεξαγωγής των προκλητών δυναμικών. Στο σύστημα αυτό στην ενδιάμεση ινιακή περιοχή τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται 5 cm πάνω από το ινιο στον άξονα συμμετρίας και σε ύψος 5 cm από την εν λόγω πλευρική θέση για την πλευρική ινιακή ηλεκτρόδια. Οι θέσεις Queen Square, περαιτέρω από τη μεσαία γραμμή, είναι σε καλύτερη θέση πλευρίωσης των ανωμαλιών, όπως όταν χρησιμοποιεί τη διέγερση του ημιπεδίου.

2.4 Χαρακτηριστικά ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και ΗΕΓ ρυθμοί

Τα ΗΕΓ σήματα είναι συνεχόμενες μη ομοιόμορφες χρονοσειρές τιμών ηλεκτρικής τάσης που διακρίνονται με βάση κάποια χαρακτηριστικά τους.

Η ερμηνεία ενός ΗΕΓ βασίζεται σε ορισμένους κανόνες και κριτήρια. Το κυριότερο κριτήριο είναι η συχνότητα των δυναμικών που περιέχονται στο διάγραμμα ώστε να είναι σαφές ότι περιορίζονται στα φυσιολογικά και δεν περιλαμβάνονται επιδράσεις από παράσιτα. Όμως αν και υπάρχουν σαφή κριτήρια, ένα διάγραμμα μπορεί να ευρίσκεται στα όρια ανάμεσα στο φυσιολογικό και στο παθολογικό. Ως φυσιολογικό θεωρείται το ΗΕΓ ενήλικα που βρίσκεται σε εγρήγορση και δεν εμφανίζει οργανική ή λειτουργική διαταραχή του εγκεφάλου. Η οποιαδήποτε φύσεως ΗΕΓ δραστηριότητα, η οποία συνίσταται από μια σειρά ημιτονοειδών κυμάτων με περίπου σταθερή συχνότητα μέσα στο φάσμα, ονομάζεται ρυθμική (Διαμαντάκη 2009). Όταν η περίοδος δεν είναι σταθερή η ΗΕΓ δραστηριότητα ονομάζεται άρρυθμη. Όταν η ΗΕΓ δραστηριότητα σε δύο ομόλογες περιοχές του εγκεφάλου είναι του ίδιου τύπου, έχει την ίδια συχνότητα και το ίδιο ύψος, λέγεται συμμετρική, διαφορετικά λέγεται ασύμμετρη.

Ένα από τα πρωταρχικά χαρακτηριστικά των ΗΕΓ σημάτων είναι η κυματομορφή τους. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες κυματομορφών.

Τα κανονικά κύματα είναι επαναλαμβανόμενα ημιτονοειδούς τύπου ΗΕΓ σήματα. Υπάρχουν και κυματομορφές που δεν είναι κανονικού τύπου και είτε απουσιάζει

πλήρως η ρυθμικότητα είτε έχουν μικτή ρυθμικότητα. Τέτοια είναι, οι ομάδες *ρυθμικών κυμάτων* (spindles) που βαθμιαία αυξάνουν το πλάτος τους και στη συνέχεια το μειώνουν, είναι τα *οξεία κύματα* (sharp waves) κορυφές που φέρουν σημαντικά μεγαλύτερο πλάτος σε σχέση με το υπόλοιπο καταγεγραμμένο σήμα. Τα οξεία κύματα που έχουν μικρή διάρκεια από 20 έως 70 msec καλούνται αιχμές ή κορυφές γιατί αναπαρίστανται γραφικά σαν κορυφές με μεγάλη κλίση.

Πέραν όμως των βασικών αυτών κυματομορφών σε ένα συνεχές ΗΕΓ σήμα εμφανίζονται άλλες διαφορετικές μορφές όπως είναι ένας συνδυασμός των βασικών αυτών κυματομορφών ή ακόμη και κάποιες απότομες εκφορτίσεις που εμφανίζονται ξαφνικά και ξεχωρίζουν από το υπόλοιπο σήμα λόγω του μεγάλου πλάτους τους.

Το χαρακτηριστικό των κυματομορφών των ΗΕΓ σημάτων φέρει κάποια βασικά μεγέθη που παρέχουν χρήσιμη πληροφορία.

Η *φάση των κυματομορφών* που αναφέρεται στο χρονισμό και την πολικότητα των σημάτων διαφορετικών ηλεκτροδίων. Σήματα είναι σε φάση όταν οι κορυφές και οι κοιλίες σημάτων από διαφορετικά ηλεκτρόδια συμβαίνουν ταυτόχρονα.

Τα ΗΕΓ σήματα μπορούν επίσης να τα χαρακτηρίσουν και από τον *ταυτόχρονο συγχρονισμό των κυματομορφών* τους (simultaneous ή synchronous), που θεωρείται ότι λαμβάνει χώρα όταν δύο γεγονότα (ίδια μορφής διαταραχές του σήματος ΗΕΓ ή ίδια πρότυπα) εμφανίζονται την ίδια χρονική στιγμή σε διαφορετικά ηλεκτρόδια. Ο όρος «συγχρονισμός» αναφέρεται στην ακριβή σύμπτωση φάσης κυματομορφών που εμφανίζονται ταυτόχρονα στα δυο εγκεφαλικά ημισφαίρια. Οι κυματομορφές που εμφανίζονται χωρίς σταθερή χρονική συσχέτιση ονομάζονται «ασύγχρονες» (asynchronous) καθώς παρά το γεγονός ότι παρουσιάζονται την ίδια χρονική στιγμή σε διαφορετικές περιοχές, δεν χαρακτηρίζονται από σύμπτωση φάσης ή ίδια συχνότητα. Αντίστοιχα οι κυματομορφές που παρουσιάζονται σε μια εγκεφαλική περιοχή τη μια χρονική στιγμή και ξαναπαρουσιάζονται σε άλλες περιοχές μια άλλη χρονική στιγμή ονομάζονται «ανεξάρτητες» (independent). Η *διάρκεια των κυματομορφών* δηλώνει πόσο συχνά και για πόσο χρονικό διάστημα εμφανίζεται μια κυματομορφή σε κάποιο χρονικό διάστημα (persistence).

Ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό των ΗΕΓ σημάτων είναι το *πλάτος* τους που κυμαίνεται μεταξύ 10 μV και 100 μV αν και στους φυσιολογικούς ενήλικες συνήθως

εντοπίζεται μεταξύ 10 μV και 50 μV (Basar, 1998; Niedermeyer, 1999). Όπως συμβαίνει με τις κυματομορφές έτσι και με βάση τα πλάτη για πρακτικούς κυρίως λόγους έχει επικρατήσει να διακρίνονται τα κύμματα σε τρεις κατηγορίες. *Μικρού πλάτους* κύματα είναι αυτά που το πλάτος τους είναι μικρότερο από 20 μV , *μεσαίου πλάτους* κύματα είναι αυτά που το πλάτος τους κυμαίνεται μεταξύ 20 και 50 μV , *μεγάλου πλάτους* κύματα είναι αυτά που το πλάτος τους είναι μεγαλύτερο από 50 μV .

Εντούτοις η μελέτη και μόνο του πλάτους δεν είναι ένα ασφαλές κριτήριο για την ερμηνεία ενός ΗΕΓ σήματος καθώς πρόκειται για ένα ευαίσθητο χαρακτηριστικό οι τιμές του οποίου είναι δυνατό να επηρεαστούν από την εκάστοτε πειραματική μεθοδολογία όπως είναι για παράδειγμα ο χρησιμοποιούμενος συνδυασμός ηλεκτροδίων ή ακόμη και ο τρόπος που εφάπτονται τα ηλεκτρόδια στο τριχωτό της κεφαλής ενώ δε θα πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός της μείωσης του πλάτους του πρωτογενούς ΗΕΓ σήματος το οποίο προέρχεται από την επιφάνεια του εγκεφαλικού φλοιού και μετράται στην επιφάνεια του κρανίου (Niedermeyer, 1999).

Το *εύρος των συχνοτήτων* που περιέχεται σε ένα ΗΕΓ εκτείνεται από 0,1Hz μέχρι 70Hz. Συγκεκριμένες αρμονικές ταλαντώσεις συχνά καλούνται ρυθμοί και μπορεί να παρατηρούνται στο ανθρώπινο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Διακρίνονται σε αργά κύματα με συχνότητα μικρότερη από 7 Hz, μεσαία με συχνότητες 8 – 13 Hz, γρήγορα κύματα με συχνότητες 14 – 30 Hz και σε πολύ γρήγορα κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη των 30 Hz (Niedermeyer, 1999). Οι ρυθμοί είναι ταξινομημένοι σε πέντε βασικές κατηγορίες ανάλογα με το εύρος της συχνότητας.

Δέλτα ρυθμός «δ» (delta) συχνότητες κάτω από 4 Hz.

Θήτα ρυθμός «θ» (theta) συχνότητες μεταξύ 4 και 7.5 Hz ή 4 και 8 Hz.

Άλφα ρυθμός «α» (alpha) συχνότητες μεταξύ 7.5 και 12.5 Hz ή 8 και 13 Hz. Διακρίνεται σε «κατώτερος-1 άλφα» (*lower-1 α*) (8-10 Hz), «ανώτερος-2 άλφα» (11-12 Hz) και «ανώτερος άλφα» (Klimesh, 1999) ή απλώς σε «κατώτερο άλφα» και «ανώτερο άλφα».

Βήτα ρυθμός «β» (beta), είναι συχνότητα πάνω από 13 Hz (βήτα-1: 13-15.5 Hz, βήτα-2: 16-19.5 Hz, βήτα-3: 20-31.5 Hz) με χαμηλό δυναμικό.

Γάμα ρυθμός «γ» (*gamma*) είναι χαμηλού δυναμικού με συχνότητα 30 – 70 Hz (ή 30 – 100 Hz) αλλά κύρια γύρω στα 40 Hz (Pfurtscheller et al. 1994).

Τα όρια των ρυθμών έχουν οριστεί με βάση την ηλεκτρική δραστηριότητα των φυσιολογικών ενήλικων ατόμων που δεν έχουν περάσει στη γεροντική ηλικία ενώ είναι γεγονός ότι τα ηλεκτρικά εγκεφαλικά σήματα των βρεφών και των παιδιών κάτω των 20 ετών είναι πολύ διαφορετικά.

Τα προαναφερθέντα όρια των ρυθμών είναι αποδεκτά από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας με μικρές μόνο αποκλίσεις της τάξεως του 0.5 Hz.

Ως βασικός ρυθμός ονομάζεται η συνεχής ΗΕΓ δραστηριότητα, που κυριαρχεί σε ένα διάγραμμα και στο μέσο φυσιολογικό άνθρωπο συμπίπτει με το ρυθμό άλφα.

Ρυθμός δέλτα

Ο ρυθμός δέλτα «δ» (*delta*) ορίζεται ο ρυθμός που έχει συχνότητες μεταξύ 0.1 και 4Hz με ύψος από 10 έως 300μV. Πρώτη φορά αναφέρθηκε βιβλιογραφικά από τον Walter το 1936. Γενικά συναντάται σπάνια κατά τη φάση της εγρήγορσης. Η μορφολογία του δεν είναι συγκεκριμένη και ποικίλλει ανάλογα με το ύψος του. Ο ρυθμός δέλτα στους ενήλικες έχει συνδεθεί με παθολογικές καταστάσεις και με περιπτώσεις βαριάς εγκεφαλικής βλάβης ενώ είναι συνήθης και φυσιολογικός στα μικρά παιδιά στον ύπνο και κατά την υπέρπνοια (Summler, 2007; Γαλάνης, 2008; Διαμαντάκη, 2009).

Ρυθμός Θήτα

Θήτα ρυθμός «θ» (*theta*) ορίζεται ο ρυθμός που έχει συχνότητα μεταξύ 4 και 8Hz και φαίνεται να προέρχεται από τη νευρωνική δραστηριότητα κυρίως του θαλάμου από όπου και πήρε το όνομά του αλλά και του ιππόκαμπου. Βιβλιογραφικά πρώτος αναφέρθηκε στο ρυθμό θήτα ο Walter. Έχει συνδεθεί σε αρκετές περιπτώσεις με παθολογική ΗΕΓ δραστηριότητα ανεξαρτήτου αιτιολογίας, εντούτοις στα παιδιά ηλικίας 5-6 ετών αποτελεί τη βασική ΗΕΓ δραστηριότητα και θεωρείται φυσιολογικός. Η εστιακή καταγραφή αιχμηρού ρυθμού θήτα σε ενήλικα μπορεί να είναι εκδήλωση ερεθιστικής βλάβης που οφείλεται είτε σε οργανική βλάβη είτε σε υποφλοιώδη επιληπτική εκφόρτιση ενώ συναντάται και σε περιπτώσεις υπνηλίας. Ο

ρυθμός θήτα έχει ημιτονοειδή μορφολογία και το ύψος του κυμαίνεται από 50-150μV.

Ρυθμός Άλφα

Ρυθμός άλφα «α» (alpha) ορίζεται η ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου σε εγρήγορση που έχει συχνότητα 8-13Hz (Berger, 1929) και η οποία καταγράφεται καλύτερα με τα μάτια κλειστά. Ο άλφα ρυθμός έχει διακριθεί μεταγενέστερα σε κατώτερο-άλφα ή α1 ρυθμό (7.9 – 10 Hz) και σε ανώτερο-άλφα ή α2 ρυθμό (10.1 – 12.9 Hz). Ο άλφα ρυθμός φαίνεται να προέρχεται από νευρικά δίκτυα μεταξύ φλοιωδών συστημάτων (cortico-cortical) και θαλαμο-φλοιωδών συστημάτων (thalamus-cortical) και εμφανίζεται κυρίως πάνω από τα πίσω τμήματα του κεφαλιού συνήθως συμμετρικά. Πολλές φορές παρατηρείται διαφορά μεταξύ των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων καθώς το φαινόμενο αυτό συνδέεται με τη δεξιοχειρία ή αριστεροχειρία του συμμετέχοντα (Kilo et al. 1972). Μείωση του ρυθμού άλφα μπορεί να οφείλεται σε λήψη φαρμάκων, κατάχρηση ουσιών ή σε ποικίλης αιτιολογίας εγκεφαλοπάθειες. Ο ρυθμός άλφα παρατηρείται στα περισσότερα άτομα της τρίτης ηλικίας ενώ αύξησή του έχει παρατηρηθεί σε άτομα που πάσχουν από υπερθυρεοειδισμό. Το ύψος του ρυθμού άλφα είναι δυνατόν να φτάσει μέχρι τα 150μV, συνήθως όμως κυμαίνεται μεταξύ 20-60μV. Ανάμεσα στα δύο ημισφαίρια η συχνότητα του ρυθμού άλφα είναι περίπου ίδια ενώ σε περίπτωση που παρατηρηθεί διαφορά μεγαλύτερη από 1Hz μεταξύ τους, αυτό είναι ένδειξη παθολογικής κατάστασης. Επιπλέον βασικό χαρακτηριστικό του ρυθμού άλφα είναι ότι η μορφολογία του είναι σχεδόν ημιτονοειδής (Klimesch, 1999).

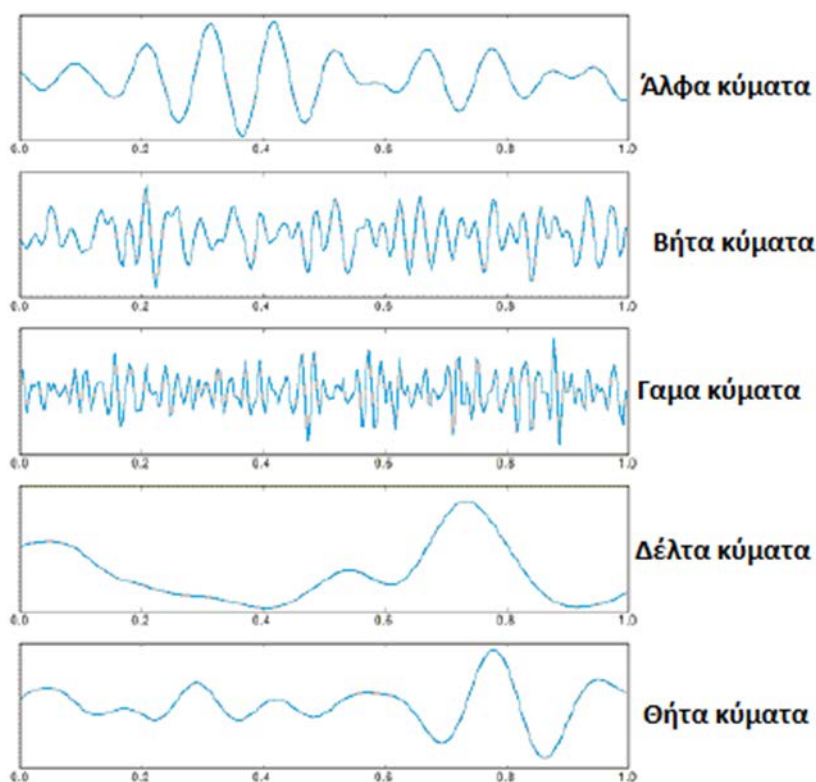
Ρυθμός Βήτα

Βήτα «β» (beta) ορίζεται ο ρυθμός με συχνότητα από 13 μέχρι 35Hz και φαίνεται να προέρχεται κυρίως από τον κινητικό φλοιό. Ονομάστηκε έτσι από τον Berger το 1929 και αρχικά περιλάμβανε όλες τις συχνότητες πάνω από τα 13 Hz. Ο ρυθμός βήτα συναντάται λίγο ως πολύ σε όλους τους ενήλικες και περισσότερο στις γυναίκες, καθώς και σε άτομα που είναι σε εγρήγορση και έχουν την προσοχή τους στραμμένη σε εξωτερικά ερεθίσματα ή καταβάλλουν συγκεκριμένη πνευματική προσπάθεια ή είναι σε αγχώδη συναισθηματική κατάσταση. Μία άλλη περίπτωση

που συναντάται ο βήτα ρυθμός είναι κατά τη διάρκεια βαθύ ύπνου και ύπνου REM, όταν δηλαδή τα μάτια κινούνται δεξιά -αριστερά. Ο βήτα ρυθμός είναι συνήθως ρυθμικός και στους περισσότερους ανθρώπους το ύψος του είναι της τάξεως των 5-20μV, ενώ η μορφολογία του αν και ποικίλει από άτομο σε άτομο, είναι σχεδόν ημιτονοειδής.

Ρυθμός γάμα

Ο γάμα ρυθμός καλύπτει συχνότητες από 30 έως 70 Hz (ή 30 – 100 Hz) και φαίνεται να διαθέτει ένα πολυπλοκότερο και ευρύτερο δίκτυο προέλευσης. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τους Jasper και Andrews το 1938, αλλά στη συνέχεια εγκαταλείφθηκε για να επανέλθει στη δεκαετία του 1990.



Σχήμα 2.4.1: Χαρακτηριστικές κυματομορφές βασικών ρυθμών εγκεφαλογραφήματος

Πέραν όμως των πέντε βασικών ρυθμών που αξιοποιούνται σε ένα εγκεφαλογράφημα αναγνωρίζονται και άλλοι όπως οι παρακάτω.

Ο *φι*, «*phi*», «*phi complex*» που χαρακτηρίζεται από συχνότητα περίπου 10 Hz, συναντάται σε κεντρικές-βρεγματικές περιοχές και σχετίζεται με κοινωνική συμπεριφορά.

Ο ρυθμός *μι* «*mu*», «*mu*», «κεντρικός άλφα» κινείται στις ίδιες συχνότητες με του άλφα, εμφανίζεται στις κεντρικές περιοχές, είναι ένα φυσιολογικό εύρημα και καταγράφεται από τα ηλεκτρόδια C3, C4 του συστήματος 10-20 τα οποία βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του κεφαλιού. Ο ρυθμός αυτός είναι πιο ευδιάκριτος όταν ο μετρούμενος νυστάζει και όταν έχει ανοιχτά τα μάτια.

Ο ρυθμός *λάμδα* «*lambda*», «*lambda*» είναι συνήθως συμμετρικά κύματα που καταγράφονται από τα ινιακά ηλεκτρόδια και είναι άνω των 35 Hz. Εμφανίζονται όταν ο άνθρωπος του οποίου παρακολουθούμε την εγκεφαλική δραστηριότητα στρέφει την προσοχή του σε μια εικόνα με ενδιαφέρον περιεχόμενο ή λεπτομέρειες.

Ο ρυθμός «*ταυ*», «*third*», «*tau*» ή «*κροταφικός άλφα*» περιέχει συχνότητες στην άλφα αλλά και στην περιοχή άνω θήτα κυμαίνεται περίπου μεταξύ 8 και 10 Hz (Krause (2006)) και εμφανίζεται στις κροταφικές περιοχές.

Ο «*σίγμα*», «*sigma*» κυμαίνεται μεταξύ 12.5 και 15 Hz ενώ παρατηρείται κυρίως στον ύπνο (Klimesch, 1999; Nakamura et al., 2003).

Ο ρυθμός «*ρω*», «*rho*» είναι γρήγορα κύματα με μεγαλύτερη συχνότητα από το ρυθμό γάμα με συχνότητα που κυμαίνεται περίπου μεταξύ 55 και 118 Hz.

Ο «*κάπα*», «*kappa*» κυμαίνεται στις ίδιες συχνότητες με τον άλφα ρυθμό αλλά παρουσιάζει μετωπο-κροταφική εξάπλωση.

Ο κροταφικός ρυθμός άλφα «*α*» που παρουσιάζεται στις κροταφικές περιοχές από όπου και παίρνει το όνομά του και δεν μπορεί να καταγραφεί από ένα τυπικό σύστημα ΗΕΓ.

Τέλος, τα «*κάπα συμπλέγματα*», «*kappa-complex*» είναι υψηλού δυναμικού κύματα στην περιοχή του δέλτα ρυθμού.

Ο όρος *κύμα* στο ΗΕΓ που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τους ρυθμούς του ΗΕΓ, δεν θα πρέπει να συγχέεται με την έννοια της κυματικής καθώς έχει διευρυνθεί προκειμένου να συμπεριλαμβάνει και μη ρυθμικά πρότυπα ΗΕΓ σήματος ή

σύντομες διαταραχές που δεν αποδίδονται τιμές στα μεγέθη της συχνότητας ή της περιόδου τους και που συνήθως χαρακτηρίζονται ως «κύματα».

Το χαρακτηριστικό της συχνότητας δεν αρκεί πάντα για να αναγνωριστεί ένας ΗΕΓ ρυθμός. Είναι εξίσου βασικό για ένα ερευνητή να γνωρίζει και άλλα βασικά χαρακτηριστικά όπως είναι η μορφή του, το πλάτος του, την τοπολογία του αλλά και τον τρόπο με τον οποίο κατανέμεται στην επιφάνεια του κρανίου.

Μέχρι σήμερα έχουν διατυπωθεί πολλές υποθέσεις και ερμηνείες σχετικά με την τοπογραφία παραγωγής των ρυθμών.

Από τη δεκαετία του 90 μέχρι σήμερα υπερισχύει η ερμηνεία των νοητικών λειτουργιών σύμφωνα με τις μεταβολές της ηλεκτροεγκεφαλογραφικής δραστηριότητας (Niedermeyer, 1999; Basar & Bullock, 1992).

2.5 Η Χρησιμότητα του ΗΕΓ

Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία (ΗΕΓ) είναι από τις πιο ευρύτατα χρησιμοποιούμενες τεχνικές απεικόνισης της εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Με την ηλεκτροεγκεφαλογραφία εξάγονται συμπεράσματα για την σωστή εξέλιξη του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ) ενός ανθρώπου από τη γέννησή έως την ενηλικίωση. Λαμβάνονται πληροφορίες για τη διάγνωση και την πρόληψη σε παθολογικές καταστάσεις εγκεφαλοπαθειών όπως της νόσου Jacobs-Kreutzfeldt, Alzheimer αλλά και σε περιπτώσεις επιληψίας (παρατηρούνται αιχμές και βραχεία κύματα υψηλής συχνότητας, με διάρκεια από 20-70 msec και 70-200 msec αντίστοιχα), όγκων (καθώς η ηλεκτρική δραστηριότητα μειώνεται στην περιοχή που υπάρχει ο όγκος), στον νόμιμο ορισμό του θανάτου (εγκεφαλικός θάνατος), στη μελέτη κρανιοεγκεφαλικών κακώσεων, κώματος κ.α.

Βασικά πλεονεκτήματα της ΗΕΓ μεθόδου είναι ότι αποτελεί μια τεχνική φθηνή, με άριστη χρονική ανάλυση της τάξης των msec στην οποία πραγματοποιούνται οι ηλεκτρικές νευρωνικές δραστηριότητες του εγκεφάλου, απλή στην εφαρμογή της και ανώδυνη – μη επεμβατική αφού δε χορηγείται στον οργανισμό κάποια ουσία ούτε υποβάλλεται ο συμμετέχοντας σε κάποια ακτινοβολία. Επιπλέον η ΗΕΓ είναι η

μοναδική από τις τεχνικές απεικόνισης εγκεφαλικής δραστηριότητας που δύναται να εφαρμοστεί όχι μόνο σε ερευνητικά περιορισμένα και ελεγχόμενα περιβάλλοντα (λχ εργαστήρια και νοσοκομεία) αλλά και στο φυσικό περιβάλλον του εκάστοτε ερευνούμενου υποκειμένου. Τη δυνατότητα αυτή παρέχει τόσο η τεχνική της τηλεμετρικής λήψης (ενσύρματος ή και ασύρματος ηλεκτροεγκεφαλογράφος), η οποία εντούτοις θέτει κάποιους χωρικούς περιορισμούς, όσο και η τεχνική της πολύωρης καταγραφής για την οποία χρησιμοποιείται φορητή συσκευή που εύκολα προσαρμόζεται στο σώμα του συμμετέχοντα, ενώ τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται είναι επικολλώμενα και παραμένουν σταθερά.

2.6 Προβλήματα στην εφαρμογή ΗΕΓ

Πέραν των σημαντικών πλεονεκτημάτων που έχει η τεχνική ΗΕΓ, έχει και μειονεκτήματα.

Κάποια από τα μειονεκτήματα αυτά είναι ότι η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι μία χρονοβόρα διαδικασία, το ΗΕΓ καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα εκατομμυρίων ομάδων νευρώνων, έχει μειωμένη δυνατότητα χωρικού εντοπισμού καθώς το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από τον εγκέφαλο εκτός από τη μείωση που υφίσταται στην έντασή του λόγω της αποστάσεώς του από το ηλεκτρόδιο, υφίσταται και μία σχετική διάχυση στην κρανιακή επιφάνεια, και λόγω της φύσης του (ασθενές ηλεκτρικό σήμα) παρουσιάζει σημαντική ευαισθησία σε κινήσεις και παράσιτα (artifacts).

Ως παράσιτα ορίζονται τα ηλεκτρικά δυναμικά που καταγράφονται από ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο κρανίο του συμμετέχοντα και δεν προέρχονται από τον εγκέφαλο αλλά από άλλες πηγές.

Η κυματομορφή του ΗΕΓ παραμορφώνεται εύκολα από την παρεμβολή αυτών των μη εγκεφαλικών σημάτων που μπορεί να είναι ψηλότερα από εκείνα που επιθυμούνται να καταγραφούν.

Τα παράσιτα διακρίνονται σε φυσιολογικά (που είναι αυτά που έχουν ως πηγή τους κάποια σωματική δραστηριότητα), σε μη φυσιολογικά (που είναι αυτά που έχουν ως πηγή τους κάποιο εξωγενή τεχνικό παράγοντα) και σε μία ιδιαίτερη κατηγορία

παρασίτων που καλούνται θόρυβος και μπορεί να προέρχεται από διάφορες πηγές του περιβάλλοντος διεξαγωγής της μελέτης.

Μη φυσιολογικά ή τεχνικά παράσιτα

Παράσιτα ηλεκτροδίων: Αυτά είναι συνήθως τα πιο ενοχλητικά για τον ερευνητή. Προκαλούνται όταν για κάποιο λόγο κινηθούν τα καλώδια που συνδέουν τα ηλεκτρόδια που έχουν τοποθετηθεί στο κρανίο του συμμετέχοντα με το μηχάνημα. Η μετακίνηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή της ηλεκτροχημικής ισορροπίας μεταξύ ηλεκτροδίων και δέρματος που είναι το σημείο μετατροπής του ιοντικού ρεύματος (που προέρχεται από τον εγκέφαλο του συμμετέχοντα) σε ρεύμα ηλεκτρονίων και την παραγωγή αλλαγών δυναμικού που ο εγκεφαλογράφος αντιλαμβάνεται ως σήμα. Αυτά σε συνδυασμό με άλλα παράσιτα έχουν ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των ΗΕΓ σημάτων. Ένα άλλο παράσιτο που έχει ως πηγή τα ηλεκτρόδια είναι αυτό που οφείλεται στην κακή εφαρμογή του ηλεκτροδίου στο κρανίο και μεταβάλλει την ηλεκτρική αντίσταση. Το παράσιτο αυτό φέρει τη μορφή απλών ή πολλαπλών απότομων κάθετων διακυμάνσεων σε ένα ή και περισσότερα ηλεκτρόδια, πρόκειται για μεγάλες, αλλά βραδείας μεταβολής, αλλαγές δυναμικού που επηρεάζουν τη γραμμή βάσης του ΗΕΓ και είναι δυνατόν να οφείλονται ακόμη και στην εφίδρωση του κεφαλιού.

Ηλεκτρική και μαγνητική παρεμβολή από γειτονικά ρεύματα: Από τα πιο συνηθισμένα τεχνικά παράσιτα είναι αυτό που οφείλεται στην ηλεκτρική καλωδίωση και στο εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα των 50 Hz ή 60 Hz. Αν ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο (220V, 50Hz) περνά σε μικρή απόσταση από τον συμμετέχοντα, τότε το μονωμένο σώμα του καθώς είναι μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο αποκτά ένα δυναμικό που μπορεί να φτάνει σε υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα δυναμικά του ΗΕΓ με αποτέλεσμα την παραγωγή σημάτων που υπεισέρχονται στο ΗΕΓ. Σε περίπτωση που το καλώδιο διαρρέεται από ρεύμα χαμηλής έντασης, δημιουργεί στον γύρω χώρο του ένα μαγνητικό πεδίο που σύμφωνα με το νόμο Biot- Savart οι μαγνητικές αυτές παρεμβολές προκαλούν ασθενή παράσιτα. Για την απομάκρυνση των παρασίτων αυτών τα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα ηλεκτρο-εγκεφαλογραφίας διαθέτουν έτοιμα φίλτρα αν και πολλοί ερευνητές για

λόγους ασφαλείας προτιμούν να μη μελετούν καθόλου συχνότητες 50 ± 1 Hz (Fitzgibbon et al., 2004). Καλό είναι σε μελέτες που γίνεται χρήση ΗΕΓ καταγραφής να αποφεύγεται η ταυτόχρονη χρήση άλλων ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούν ακτινοβολίες υψηλών συχνοτήτων όπως τα κράνη εικονικής πραγματικότητας ή οι οθόνες υπολογιστών η συχνότητα σάρωσης των οποίων μπορεί να προκαλέσει παράσιτα όταν είναι πολύ κοντά στα ηλεκτρόδια του εγκεφαλογράφου. Μία άλλη πηγή παραγωγής ηλεκτροστατικών παρασίτων μπορεί να είναι η παρουσία ατόμων κοντά στο σύστημα καταγραφής κατά τη διάρκεια καταγραφής του ΗΕΓ.

Παράσιτα από πεδία υψηλής συχνότητας Όταν ένα καλώδιο διαπερνάται από υψίσυχο ρεύμα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που διαδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις όπως για παράδειγμα είναι η κεραία ενός ραδιοφωνικού σταθμού, ο σπινθήρας που παράγεται κατά τη διακοπή κάποιου ηλεκτρικού ρεύματος ακόμη και η κεραία των κινητών τηλεφώνων. Τα πεδία ραδιοφωνικών συχνοτήτων που προέρχονται από ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς πομπούς έχουν μικρή ένταση και τα παράσιτά τους εξαλείφονται εύκολα με χρήση βαθυπερατού φίλτρου. Σε περίπτωση όμως που ο πομπός είναι κοντά στον χώρο όπου πραγματοποιείται η ΗΕΓ καταγραφή, το ηλεκτροφυσιολογικό όργανο είναι δυνατόν να δεχθεί υψηλά υψίσυχνα σήματα.

Φυσιολογικά παράσιτα

Δυναμικά από την καρδιά: Η λειτουργία της καρδιάς παράγει ισχνά ηλεκτρικά δυναμικά στο δέρμα και συνεπώς και στο δέρμα της κεφαλής. Εντούτοις, η απόσταση μεταξύ καρδιάς και κεφαλής είναι μεγάλη και το σήμα που παίρνουν τα ηλεκτρόδια είναι πολύ μικρό. Σε περίπτωση που το καρδιακό σήμα δίνει στο ΗΕΓ οξείες αιχμές με περιοδικότητα 0,8 sec (λχ. στην περίπτωση ενός εμφυτευμένου βηματοδότη) τότε η παρεμβολή που προκαλείται στο ΗΕΓ είναι ισχυρότερη και δύσκολο να επαλειφθεί. Για μέτρηση της δραστηριότητας του καρδιακού μυ χρησιμοποιούνται συνδυαστικές τοποθετήσεις ηλεκτροδίων στο λαιμό και στο στήθος, ενώ η χρήση ηλεκτροδίων αναφοράς στους λοβούς των δύο αυτιών συμβάλει σημαντικά στη μείωση της εμφάνισης του παράσιτου αυτού. Συχνό είναι

το φαινόμενο παρουσίας καρδιακών παρασίτων στα πρόσθια τμήματα των κροταφικών λοβών από όπου περνούν αιμοφόρα αγγεία που μεταφέρουν αίμα από την καρδιά στον εγκέφαλο και είναι δυνατόν να ανιχνευτούν από το αντίστοιχο στην περιοχή ηλεκτρόδιο.

Δυναμικά από τα μάτια: Πρόκειται για τα πιο συχνά και τα πιο ισχυρά φυσιολογικά παράσιτα που είναι αποτέλεσμα την αυτοματοποιημένης κίνησης του βλεφαρισμού των ματιών. Οι οφθαλμοί είναι ηλεκτρικά πολωμένοι καθώς υπάρχει διαφορά μεταξύ του πρόσθιου (αμφιβληστροειδής) και του οπίσθιου (κερατοειδής) τμήματος του ματιού της τάξης των 100mV. Αυτό το δίπολο δίνει ρεύματα η συχνότητα των οποίων κινείται στην περιοχή του δέλτα ρυθμού 1 - 4 Hz αλλά με μεγαλύτερο πλάτος. Τα ρεύματα αυτά μέσω των ιστών μεταφέρονται στο δέρμα της κεφαλής και το μεταβάλλουν σε κάθε βλεφαρισμό ή κίνηση του ματιού. Τα οφθαλμικά παράσιτα διαδίδονται στην επιφάνεια του κρανίου και επηρεάζουν τις ΗΕΓ καταγραφές κυρίως στις πρόσθιες κρανιακές περιοχές (Fp1, Fp2, F3 , F4, F7, F8, και Fz).

Μεγαλύτερη ευαισθησία στα οφθαλμικά παράσιτα παρουσιάζουν οι ΗΕΓ ρυθμοί θήτα και δέλτα και λιγότερο οι άλφα και βήτα (Hagemann & Naumann, 2001). Καθώς ο άλφα είναι ο πιο σημαντικός ρυθμός στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα τα παράσιτα από το ανοιγόκλειμα των ματιών μειώνουν την ακρίβεια ταξινόμησης των δεδομένων (Niedermeyer et al., 1999).

Για την αντιμετώπιση της επίδρασης των οφθαλμικών παρασίτων στα ΗΕΓ σήματα εφαρμόζονται δύο μέθοδοι αυτή της απομάκρυνσης (artifact rejection) και της διόρθωσης (artifact correction). Και οι δύο χρησιμοποιούν επικολλωμένα ηλεκτρόδια σε θέσεις γύρω από τα μάτια (στις δύο εξωτερικές γωνίες των ματιών για την ανίχνευση των οριζόντιων κινήσεων αλλά και πάνω και κάτω από το μάτι για την ανίχνευση των κάθετων κινήσεων και των βλεφαρισμών) με σκοπό την καταγραφή της πρωτογενούς ηλεκτρικής δραστηριότητας που παράγουν προκειμένου να είναι δυνατή η ανίχνευση και η απομάκρυνση της επίδρασής τους στην ΗΕΓ καταγραφή. Ως πιο αξιόπιστη θεωρείται η μέθοδος απομάκρυνσης των αποσπασμάτων που παρουσιάζουν παράσιτα με κίνδυνο όμως την απώλεια χρήσιμης πληροφορίας. Η μέθοδος διόρθωσης απαιτεί την εφαρμογή πολύ καλής

βαθμονόμησης του εκάστοτε συμμετέχοντα Πρίν την καταγραφή (Croft & Barry 2000a; 2000b; Picton et al., 2000).

Δυναμικά προερχόμενα από το δέρμα: Παράσιτα δημιουργούνται και από το δέρμα της κεφαλής κυρίως κατά την εφίδρωση ή από συμπαθητικές δερματικές αντιδράσεις, ή ακόμη και από αιματώματα ή τραυματισμούς του δέρματος του κρανίου. Πρόκειται για αργά κύματα (1-2 Hz) διάρκειας 2 δευτερολέπτων.

Δυναμικά προερχόμενα από την αναπνοή: Πρόκειται για σήματα ισχνά, ρυθμικά κάποιες φορές αργά και κάποιες φορές οξεία που συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη καθώς ασκούν μικρή επιρροή στα ΗΕΓ σήματα εκτός από κάποιες μελέτες οι συνθήκες των οποίων το απαιτούν. Για τη μελέτη των εν λόγω παρασίτων χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια του σώματος που κινούνται κατά την εισπνοή και εκπνοή όπως είναι ο θώρακας.

Δυναμικά προερχόμενα από κινήσεις του κεφαλιού και του σώματος: Πρόκειται για τα καλούμενα και ως μυϊκά παράσιτα που προκαλούνται από την κίνηση διαφόρων μυών του σώματος, έχουν συχνότητα 40 – 60 Hz ενώ υπάρχουν και παράσιτα που προέρχονται από την κίνηση του κεφαλιού και έχουν μικρή συχνότητα της τάξης των 1 – 7.5 Hz. Τα μυϊκά παράσιτα γίνονται αντιληπτά τόσο με τη χρήση ηλεκτροδίου στο κέντρο του μυός του κινούμενου μέλους όσο και σε συνδυασμό με παρατήρηση της συμπεριφοράς του συμμετέχοντα κατά τη διάρκεια της ΗΕΓ καταγραφής.

Δυναμικά προερχόμενα από τις κινήσεις της γλώσσας, των δοντιών και του στόματος: Αναφέρονται σε ομιλία, κατάποση, μάσημα, βήχα, λόξυγκα, τρίξιμο δοντιών, γέλιο, κινήσεις και εκφράσεις του προσώπου κ.α. Πρόκειται για σήματα με συχνότητα 60-120 Hz που μπορεί να είναι είτε συνεχόμενα είτε διακοπτόμενα ενώ συνήθως παρουσιάζουν εξάπλωση στην περιοχή του κρανίου. Συνοδεύουν οποιαδήποτε κίνηση ενεργοποιεί τα αντίστοιχα όργανα του σώματος. Οι κινήσεις αυτές στο μεγαλύτερο μέρος τους εύκολα γίνονται αντιληπτές με απλή παρατήρηση της συμπεριφοράς του συμμετέχοντα.

Θόρυβος

πρόκειται για δυναμικά μεγάλης διάρκειας που παραμορφώνουν το ΗΕΓ σήμα, μπορεί να προέρχονται από διάφορες πηγές όπως τη διαδικασία δειγματοληψίας και την μετατροπή του αρχικού αναλογικού σήματος, τις καλωδιώσεις, την ηλεκτρική αντίσταση των ηλεκτροδίων με το δέρμα της κεφαλής, την παράλληλη λειτουργία άλλων ηλεκτρικών συσκευών κατά τη διάρκεια της καταγραφής κ.α και είναι δύσκολο να ανιχνευτούν. Σημαντικά παράσιτα είναι ο θόρυβος γραμμικής ισχύος AC και DC, θόρυβος που μπορεί να παραμορφώσει τα ηλεκτροεγκεφαλογραφικά σήματα. Γραμμικός θόρυβος ισχύος AC (50 ή 60Hz) προέρχεται από την ηλεκτρική τροφοδοσία. Το αντιστάθμισμα DC μπορεί επίσης να παρατηρηθεί συχνά στο καταγεγραμμένο ΗΕΓ. Αυτός ο θόρυβος είναι αποτέλεσμα διαφόρων συσκευών. Εφαρμογή εξελιγμένης επεξεργασίας σημάτων -όπως είναι η μείωση της ευαισθησίας του ενισχυτή εισόδου -μπορεί να βοηθήσει στην ανάλυση και τη διάκριση των σωστών κυματομορφών που προκύπτουν από το ΗΕΓ αν και σε αρκετές περιπτώσεις ο θόρυβος παραμένει μια σημαντική συνιστώσα στο τελικό σήμα (Schlögl et al., 2002). Αυτό όμως προκαλεί μια ανεπιθύμητη μείωση του λόγου σήματος προς θόρυβο. Άλλες παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων του ΗΕΓ είναι: οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των δειγμάτων (που δείχνουν τα παράσιτα που προκαλούνται από την ευαισθησία του ενισχυτή), η διασπορά, η λοξότητα, η κύρτωση (που δείχνουν την απόκλιση από την κανονική κατανομή), η εντροπία (που δείχνει την ποσότητα της πληροφορίας των εγκεφαλικών διαδικασιών που μπορούν να παρατηρηθούν από το σήμα ΗΕΓ) και τα διαγράμματα ιστογράμματος (που δείχνουν πόσα δείγματα παρουσιάζουν συγκεκριμένη τιμή διαφοράς δυναμικού).

2.7 Προ-επεξεργασία και ποσοτική ανάλυση των ΗΕΓ σημάτων

Η φασματική ανάλυση των ΗΕΓ σημάτων περιέχει πολλαπλές διεργασίες της νευρωνικής δραστηριότητας (Baillet, 2010). Κατά την καταγραφή, διάφοροι εξωγενείς θόρυβοι και παράσιτα μπορούν να παρεισφρήσουν στα ΗΕΓ δεδομένα.

Βασικό αντικείμενο της ΗΕΓ επεξεργασίας είναι να προβάλλει τα σήματα που ενδιαφέρουν τον ερευνητή και να εξασθενήσει τα ενοχλητικά στοιχεία.

Ένα από τα πρώτα στάδια επεξεργασίας του συνεχόμενου ΗΕΓ σήματος για την εκκαθάρισή του από ανεπιθύμητα, παρασιτικά σήματα και θορύβους είναι το φιλτράρισμα.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενο υποκεφάλαιο (Ηλεκτροεγκεφαλογραφία και Λειτουργία των ηλεκτροδίων), η διαδικασία καταγραφής του ΗΕΓ σήματος πραγματοποιείται με τη μεταφορά του ιοντικού ρεύματος της επιφάνειας του κρανίου που λαμβάνεται από το ηλεκτρόδιο. Το κάθε σήμα που ενισχύεται στο ΗΕΓ είναι η διαφορά μεταξύ των δυναμικών που ανά πάσα στιγμή παρουσιάζουν δύο ηλεκτρόδια μεταξύ τους και οδηγείται σε ενισχυτές που ενισχύσουν το εισερχόμενο σήμα από μV σε V , δηλαδή ενίσχυση της τάξης του 10^6 ώστε να μπορεί να μετρηθεί. Η πρώτη βαθμίδα ενίσχυσης, η προενίσχυση, αποτελείται από ενισχυτές χαμηλού θορύβου. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται κυκλώματα με συνδυασμούς διαφορικών ενισχυτών, ώστε ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος (common mode rejection ratio-CMRR) να είναι στο επίπεδο των 120dB. Κατόπιν τα αναλογικά σήματα μέσω πολυπλεξίας οδηγούνται στο μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα ((Analog to Digital Converter)) όπου τα ψηφιακά πλέον σήματα καταμετρώνται σε ηλεκτρονικό βολτόμετρο. Στη συνέχεια, γίνεται ψηφιακή επεξεργασία και απεικόνιση του σήματος, είτε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (online), είτε σε υστερότερο χρόνο εφόσον αποθηκευτεί το σήμα (offline) (Γκιάξη, 2008). Στον ψηφιακό μετατροπέα εκτός από τη μετατροπή του σήματος πραγματοποιείται το φιλτράρισμα του και το φιλτράρισμα πραγματοποιείται με τη βοήθεια αναλογικών φίλτρων έργο των οποίων είναι η απομάκρυνση σημάτων με πολύ υψηλή ή πολύ χαμηλή συχνότητα. Τα βασικότερα είδη φίλτρων ΗΕΓ σήματος είναι α) φίλτρα αποκοπής ζώνης (notch filter), που αφαιρούν από το συνεχόμενο ΗΕΓ σήμα τις συχνότητες των 50 και 60 Hz που όπως ήδη έχει αναφερθεί αποτελεί μία από τις πιο συνηθισμένες μορφές θορύβου, β) φίλτρα αποκοπής χαμηλών συχνοτήτων (low frequency filters), που αφαιρούν από το συνεχόμενο ΗΕΓ σήμα τις υψηλές συχνότητες και γ) φίλτρα αποκοπής υψηλών συχνοτήτων (high frequency filters), που αφαιρούν από το συνεχόμενο ΗΕΓ σήμα τις χαμηλές συχνότητες (Τζίμας, 2010). Μετά το φιλτράρισμα του σήματος ακολουθεί η μετατροπή του σε ψηφιακό

σήμα η οποία και συντελείται με βάση κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τόσο του σήματος (αριθμός ψηφιακών σημείων ανά δευτερόλεπτο του αναλογικού σήματος- ρυθμός δειγματοληψίας) όσο και του ίδιου του μετατροπέα (εύρος αλλά και πλάτος διαφοράς δυναμικού που μπορεί να επεξεργαστεί και να αναλύσει).

Σύμφωνα με το νόμο του Nyquist (Sanei, 2007) ο ρυθμός δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι διπλάσιος της συχνότητας του κύματος. Παρά το γεγονός ότι η εφαρμογή του νόμου Nyquist κατά την ψηφιοποίηση του ΗΕΓ σήματος συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό της παραμόρφωσης του ΗΕΓ σήματος καθώς συντελεί στην αποφυγή τόσο της φασματικής επικάλυψης όσο και της φασματικής αναδίπλωσης εντούτοις κρύβει και μία παγίδα καθώς αν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι μικρότερη της μεγαλύτερης συχνότητας του ΗΕΓ σήματος, τότε υπάρχει κίνδυνος η αναπαράσταση του ψηφιακού σήματος να απέχει σημαντικά από αυτή του πρωταρχικού αναλογικού οδηγώντας ακόμη και σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Λόγω αυτού του σημαντικού κινδύνου οι περισσότεροι ερευνητές ΗΕΓ σημάτων έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούν υψηλότερες συχνότητες δειγματοληψίας από αυτή του νόμου Nyquist και συνήθως κυμαίνονται μεταξύ των 256 Hz, 512 Hz (όπως στην παρούσα έρευνα) ή 2048 Hz.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας τους φιλτραρίσματος του ΗΕΓ σήματος σειρά έχει η ανάλυση του ψηφιακού πλέον σήματος.

Σημαντικό τμήμα αποτελεί η ποσοτική ανάλυση του ψηφιακού ΗΕΓ σήματος. Σημαντικό πλεονέκτημα των ψηφιακών ΗΕΓ καταγραφών είναι η δυνατότητά τους να καταγράφουν και να επεξεργάζονται διεργασίες της τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου καθώς και η δυνατότητα που παρέχει στον ερευνητή να καθορίζει τόσο τη περιοχή του συνεχόμενου ΗΕΓ που επιθυμεί να εξετάσει όσο και τα ηλεκτρόδια –εγκεφαλικές περιοχές που ενδιαφέρεται να μελετήσει.

Μία από τις μεθόδους ανάλυσης του ψηφιακού ΗΕΓ σήματος είναι η μέθοδος ανάλυσης φάσματος ισχύος (power spectra analysis) (Τζίμας, 2010). Η μέθοδος αυτή είναι βασισμένη στο μετασχηματισμό Fourier. Εφαρμόζεται σε περιοδικές συναρτήσεις, με ασυνέχειες που δεν μπορούν να αποδοθούν από μία και μόνη αναλυτική έκφραση αλλά θα πρέπει να ορίζονται κατά τόπους. Η εφαρμογή της συνάρτησης Fourier στα ΗΕΓ σήματα έχει ως αποτέλεσμα την ανάλυση ενός σήματος σε ένα άθροισμα απλών ημιτονοειδών σημάτων συγκεκριμένων πλατών

και συχνοτήτων που είναι οι ρυθμοί. Το ΗΕΓ σήμα απεικονίζεται με δύο διαφορετικούς τρόπους: στο πεδίο του χρόνου γνωρίζοντας την τιμή του σήματος κάθε χρονική στιγμή, και στο πεδίο των συχνοτήτων γνωρίζοντας το πλάτος του ημιτονοειδούς σήματος της κάθε συχνότητας. Στη δεύτερη περίπτωση τα πλάτη που αντιστοιχούν σε κάθε συχνότητα του σήματος υπολογίζονται αφού το ψηφιακό ΗΕΓ σήμα υποστεί μετασχηματισμό Fourier (Fourier Transform, FT).

Ο μετασχηματισμός Fourier (FT) μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μη περιοδικό αναλογικό σήμα και πραγματώνεται μέσω της μαθηματικής έκφρασης (1):

$$X(F) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi Ft} dt \quad (1)$$

Με το $X(F)$ αναπαρίσταται ο μετασχηματισμός Fourier, με το $x(t)$ το αρχικό ΗΕΓ σήμα, με το t ο χρόνος και με το F η συχνότητα του ΗΕΓ σήματος.

Στην περίπτωση που έχουμε σήματα διακριτού χρόνου (διακριτό σήμα είναι το αποτέλεσμα της επεξεργασίας ενός αναλογικού σήματος με χρήση της μεθόδου της δειγματοληπτικής μείωσης), τότε εφαρμόζεται η μέθοδος του Διακριτού Μετασχηματισμού Fourier (Discrete Fourier Transform, DFT) που δίδεται από την ακόλουθη σχέση (2):

$$F_x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\frac{2\pi}{N}kn} \quad (2)$$

Με το σύμβολο $F_x(k)$ αναπαρίσταται το μετασχηματισμένο σήμα στο πεδίο των συχνοτήτων όπου $k=0\dots N-1$ είναι οι δείκτες των συχνοτήτων από τις οποίες αποτελείται το $F_x(k)$ και με το $x(n)$ αναπαρίσταται το αρχικό σήμα στο πεδίο του χρόνου όπου $n=0\dots N-1$ είναι οι χρονικές στιγμές εμφάνισής του.

Η συνάρτηση φασματικής πυκνότητας ισχύος (power spectral density ή PSD) προκύπτει ως το τετράγωνο του μετασχηματισμού Fourier που δίδεται από τη σχέση (3):

$$P(k) = |F_x(k)|^2 \quad (3)$$

Αυτό που παρουσιάζει επιστημονικό ενδιαφέρον και αποτελεί χρήσιμη πληροφορία είναι οι συχνότητες του ΗΕΓ στις οποίες παρουσιάζονται κορυφές (Peak frequency) στο φάσμα ισχύος καθώς παρέχει πληροφορίες σχετικές με την εγκεφαλική δραστηριότητα του συμμετέχοντα και είναι ένα καλό δείγμα μελέτης ύπαρξης πιθανών παρασίτων (συνάρτηση PSD) (Chorpin, 2000; Τζίμας, 2010).

Ένα βασικό πλεονεκτήματα του μετασχηματισμού Fourier είναι ότι πρόκειται για ένα εύκολα υλοποιήσιμο σε υπολογιστή μαθηματικό εργαλείο που προσφέρει μια καλή εικόνα του ΗΕΓ σήματος στην περιοχή της συχνότητας.

Στην περίπτωση όμως των στατικών σημάτων που δεν μεταβάλλουν τη συχνότητα τους με το χρόνο, ενδιαφέρουσα είναι μόνο η γνώση των συχνοτήτων που περιέχονται στο σήμα δηλαδή το πώς οικοδομείται το σήμα από τις συχνοτικές του συνιστώσες. Ο μετασχηματισμός Fourier αποτελεί μια καλή μέθοδο για την επίτευξη αυτού του σκοπού, ενώ εφαρμόζοντας την αντίστροφη διαδικασία μπορούμε από την περιοχή της συχνότητας να επιστρέψουμε στην περιοχή του χρόνου και να αναπαράξουμε το αρχικό σήμα.

Υπάρχουν εντούτοις σήματα που είναι μη στατικά δηλαδή οι διάφορες συχνότητές τους δεν εμφανίζονται στο σήμα ταυτόχρονα αλλά σε χρονική ακολουθία. Στις περιπτώσεις αυτές ενδιαφέρον έχει μια ταυτόχρονη απεικόνιση χρόνου και συχνότητας. Μια λύση στην περίπτωση αυτή αποτελεί ο Βραχύς Μετασχηματισμός Fourier (Short Fourier Transform). Στο Βραχύ Μετασχηματισμό Fourier, το σήμα χωρίζεται σε διαδοχικά τμήματα όπου οι συχνότητες του σήματος θεωρούνται αμετάβλητες και το κάθε τμήμα μετασχηματίζεται κατά Fourier. Το αποτέλεσμα μετράται σε $\mu V^2/Hz$, ενώ ο τεμαχισμός του σήματος γίνεται με τη μέθοδο των παραθύρων. Τα παράθυρα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι τα εξής:

1. Ορθογωνικό ή ομοιόμορφο παράθυρο, με συνάρτηση που δίδεται από τη σχέση (4):

$$w(t) = \begin{cases} 1 & -t_1 \leq t \leq t_1 \\ 0 & \text{αλλου} \end{cases} \quad (4)$$

2. Παράθυρο Hamming και Hanning, που δίδεται από τη συνάρτηση (5)

$$w(t) = \left\{ a + (1 - a) \cos(2\pi t/t_1) \right\}, -t_1 \leq t \leq t_1 \quad (5)$$

όπου για $\alpha=0.54$ έχουμε το παράθυρο Hamming, ενώ για $\alpha=0.50$ έχουμε το παράθυρο Hanning και

3. Γκαουσιανό παράθυρο, με συνάρτηση (6)

$$w(t) = Ae^{-at^2} \quad (A, a > 0) \quad (6)$$

Όταν όμως το αρχικό σήμα είναι διακριτό όπως συνήθως συμβαίνει στα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα ΗΕΓ, τότε χρησιμοποιείται ο διακριτός μετασχηματισμός Fourier και ο αντίστοιχος βραχύς μετασχηματισμός Fourier (STFT) με την ψηφιακή μορφή των παραπάνω συναρτήσεων παραθύρου.

Ο βραχύς μετασχηματισμός Fourier (STFT) διακριτού σήματος δίδεται από τη σχέση (7):

$$X[n, k] = \sum_{m=0}^{L-1} x[n+m] w[m] e^{-j\frac{2\pi}{N}mk} \quad (7)$$

όπου με $x[n]$ και $w[n]$ συμβολίζονται οι ακολουθίες του σήματος με $n=0\dots N-1$ τις χρονικές στιγμές και του παραθύρου αντίστοιχα, με το L συμβολίζεται το μήκος του παραθύρου ενώ με το k οι δείκτες των συχνοτήτων.

Πέραν των πλεονεκτημάτων της μεθόδου βραχέως μετασχηματισμού Fourier (STFT) υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα.

Η παραθυροποίηση ενός σήματος είναι μια διαδικασία πολλαπλασιασμού του σήματος στην περιοχή του χρόνου με τη συνάρτηση του παραθύρου και κατ' επέκταση στο πεδίο της συχνότητας δηλαδή στο φάσμα του παραθυροποιημένου σήματος, θα εμφανίζονται και οι συχνότητες του παραθύρου. Σημαντικό μειονέκτημα του STFT είναι ότι χρησιμοποιεί σταθερό μήκος παραθύρου στο οποίο θεωρεί ότι το σήμα παρουσιάζει σταθερή συχνοτική συμπεριφορά και κατά συνέπεια έχει την ίδια αναλυτικότητα παντού. Παρά το γεγονός της ύπαρξης αυτών των μειονεκτημάτων, ο γρήγορος διακριτός μετασχηματισμός Fourier (Fast discrete Fourier Transform ή FFT) στο ψηφιακό ΗΕΓ μέχρι σήμερα αποτελεί βασική μέθοδο περιγραφής του φάσματος συχνοτήτων του ηλεκτροεγκεφαλικού σήματος (Τζίμας, 2010).

Η μέθοδος της φασματικής κατανομής των πλατών ή της ισχύος του ΗΕΓ σήματος παρέχει τη δυνατότητα να μελετηθεί παραμέτρους και χαρακτηριστικά του ΗΕΓ σήματος που μπορεί να του παρέχουν σημαντικές πληροφορίες παρακάμπτοντας μειονεκτήματα της ανάλυσης μετασχηματισμού Fourier. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η απόλυτη ισχύς και το πλάτος των διαφόρων συχνοτήτων (absolute band power), η σχετική ισχύς ή το πλάτος των ρυθμών (relative band power), τιμές μέγιστου πλάτους και μέγιστης ισχύος κ.α.

Κατά την ανάλυση του ΗΕΓ σήματος με τη μέθοδο του γρήγορου διακριτού μετασχηματισμού Fourier (FFT) η επιλογή του ΗΕΓ αποσπάσματος που θα αναλυθεί πραγματοποιείται σύμφωνα με δύο παραμέτρους: α. να είναι αρκετά μικρό ώστε να ισχύει η υπόθεση για τη στασιμότητα του σήματος και β. να είναι αρκετά μεγάλο για να έχουμε το επιθυμητό επίπεδο ανάλυσης (τη διαφορά από τη μια στάθμη συχνοτήτων στην επόμενη). Σύμφωνα με τη δεύτερη παράμετρο, το μέγιστο βήμα Δf δίδεται από τον τύπο: $\Delta f = 1 / T$ όπου T είναι το μέγεθος του αποσπάσματος ΗΕΓ σε sec.

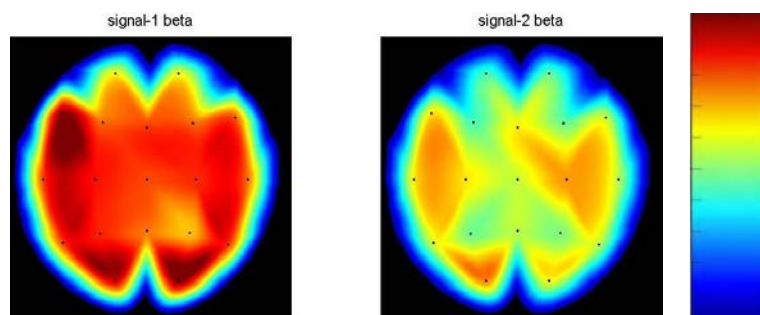
Από στατιστικής άποψης η εκτίμηση ενός σημείου συχνότητας σε ένα απόσπασμα ΗΕΓ (EEG epoch) έχει κατανομή χ^2 με δύο βαθμούς ελευθερίας που πρέπει να αυξηθούν και η διασπορά της εκτίμησης να μειωθεί. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με 'μεσοποίηση' πολλών αποσπασμάτων ή με τεχνικές παράθυρου συχνότητας και ομαλοποίηση των επιμέρους συχνοτήτων (Τζίμας, 2010). Έχουν προταθεί τουλάχιστον 60 βαθμοί ελευθερίας (Vos, 1975), που σημαίνει ότι απαιτούνται τουλάχιστον 30 ΗΕΓ αποσπάσματα.

Κατά το μετασχηματισμό Fourier των λαμβανόμενων ΗΕΓ διαστημάτων στο πεδίο των συχνοτήτων πραγματοποιείται η «μεσοποίηση» των φασμάτων μέσω της οποίας κατασκευάζεται ένα πιο αντιπροσωπευτικό φάσμα της εγκεφαλικής δραστηριότητας του συμμετέχοντα κατά την πειραματική διαδικασία. Η εξαγωγή συνεπώς του μέσου όρου παρέχει το πλεονέκτημα ότι μειώνει την επίδραση τυχαίας δραστηριότητας (εγκεφαλικής ή μη) και κυρίως σε περιπτώσεις που πραγματοποιούνται συγκρίσεις με άλλες καταγραφές. Στη σωστή διαδικασία της μεσοποίησης συμβάλει σημαντικά η διατήρηση κοινής συμπεριφοράς τόσο από τον ίδιο το συμμετέχοντα σε όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας όσο και

μεταξύ των συμμετεχόντων, προκειμένου το ΗΕΓ σήμα να θεωρείται σταθερό (Ζαχαρής, 2012).

2.8 Χαρτογράφηση εγκεφάλου με χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος

Μία μορφή ανάλυσης και επεξεργασίας του ΗΕΓ σήματος που μπορεί να παράσχει σημαντικές πληροφορίες για την εγκεφαλική δραστηριότητα είναι η γραφική αναπαράσταση των πολυκάναλων σημάτων ΗΕΓ είτε στην οθόνη ενός υπολογιστή είτε σε χαρτί. Η γραφική αυτή αναπαράσταση συνήθως καλείται χάρτης ΗΕΓ. Το γράφημα βασίζεται σε ένα πίνακα δύο ή τριών διαστάσεων, που οι συντεταγμένες αντιστοιχούν σε σημεία του κρανίου και οι τιμές αντιστοιχούν στις τιμές του χαρακτηριστικού του ΗΕΓ σήματος που μελετάται. Το τελικό γράφημα εμφανίζει αυτές τις τιμές σαν αριθμούς, σαν ισοϋψείς καμπύλες, ή σαν χρωματισμένες περιοχές πάνω σε μια εποπτική αναπαράσταση του κρανίου. Η χρωματική αναπαράσταση χρησιμοποιεί χρωματική κλίμακα με διαβαθμίσεις όπου τα «θερμά» χρώματα (κόκκινο) αντιστοιχούν σε υψηλότερες και τα «ψυχρά» (κυανό) σε χαμηλότερες τιμές του μετρούμενου κάθε φορά μεγέθους (Εικόνα 2.8.1).



Εικόνα 2.8.1: Παράδειγμα Φασματικών χαρτών απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα δύο διαφορετικών ομάδων ως προς τον εγκεφαλικό ρυθμό βήτα. Στη Χρωματική κλίμακα που ακολουθείται στους χάρτες τα «θερμά» χρώματα (καφέ, κόκκινο) αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές ισχύος, ενώ τα «ψυχρά» (μπλε) στις χαμηλές.

Συνήθως οι χάρτες ΗΕΓ με χρωματική κλίμακα, ανάλογα με την επιθυμητή ανάλυση της αναπαράστασης, περιέχουν πολλές τιμές, αν και οι πραγματικές μετρήσεις είναι μερικές δεκάδες, όσα δηλαδή είναι και τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιήθηκαν. Οι υπόλοιπες τιμές υπολογίζονται είτε με μαθηματικό τρόπο με κάποια μέθοδο παρεμβολής σύμφωνα με την απόσταση από τα γειτονικά συνήθως ηλεκτρόδια είτε

με κάποια μέθοδο στατιστικής εκτίμησης που βασίζεται στα μοντέλα διάδοσης ηλεκτρικών ρευμάτων στο κρανίο. Στους χάρτες χαρτογραφείται τελικά η στατιστική και όχι η ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου (Chiappa, 1985; Τζίμας, 2010).

Εντούτοις, όσο αυξάνεται ο αριθμός των καταγραφικών ηλεκτροδίων, εγκυμονεί ο κίνδυνος τόσο οι διακυμάνσεις του ΗΕΓ σήματος κοντά σε ένα καταγραφικό ηλεκτρόδιο να εμφανίζονται στο χάρτη τοπολογικά ευρύτερες από την πραγματική τους έκταση όσο και οι περιορισμένες αλλαγές μακριά από τα ηλεκτρόδια να αγνοούνται εντελώς.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα των δυσδιάστατων ΗΕΓ χαρτών είναι ότι κάθε δισδιάστατη μεταφορά περιέχει κάποιο ποσό παραμόρφωσης καθώς το σήμα μπορεί να είναι αποτέλεσμα σε περισσότερο βάθος εγκεφαλικής δραστηριότητας. Το μειονέκτημα αυτό εξαλείφεται στους τρισδιάστατους χάρτες και σε μοντέλα οπτικοποίησης σε πραγματικό χρόνο (Samardzic, 1996). Τα συστήματα αυτά έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ ώστε να επιτευχθεί ένας «φυσικός» ρυθμός αλλαγής των εικόνων, που είναι εικόνες υψηλής ανάλυσης και επιπλέον χρησιμοποιούν τεχνικές τρισδιάστατων γραφικών για την αναπαράσταση και προσφέρουν μία ρεαλιστική εικόνα του ανθρώπινου κρανίου (Samardzic, 2000).

Στην κατασκευή ΗΕΓ χαρτών δεν υπάρχουν γενικά αποδεκτές βάσεις δεδομένων που να ακολουθούν ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο όπως σε άλλες μεθόδους απεικόνισης. Μια αξιόλογη τέτοια βάση η BEAM (Brain Electrical Activity Mapping) αναπτύχθηκε από τον F. H. Duffy για κλινικές εφαρμογές (1981).

Το φυσικό μέγεθος που αναπαρίσταται με ένα χάρτη μπορεί να είναι οποιοδήποτε χαρακτηριστικό του ΗΕΓ σήματος και συνεπώς μπορούν να κατασκευαστούν διάφορα είδη χαρτών ανάλογα με το μελετούμενο κάθε φορά χαρακτηριστικό. Κάποιες κατηγορίες τέτοιων χαρτών είναι:

Οι χάρτες πλάτους ή στιγμιαίας διαμόρφωσης δυναμικού (σε $\mu V / sec$)

Οι χάρτες ισχύος, όπου αναπαρίσταται η φασματική ανάλυση ισχύος (σε $\mu V^2 / Hz$)

Οι χάρτες πλάτους (*Fast discrete Fourier Transform FFT*), οι οποίοι αναπαριστούν τη φασματική ανάλυση πλάτους (τετραγωνική ρίζα της ισχύος ανά συχνότητα, σε $\mu V / Hz$).

Οι χάρτες συνοχής και χάρτες φάσης, οι οποίοι παρουσιάζουν τη σχέση μεταξύ σημάτων από διαφορετικά ηλεκτρόδια

Οι χάρτες στατιστικής σημαντικότητας (Duffy, 1981), όπου συγκρίνονται οι τιμές που μετρήθηκαν με τις αντίστοιχες μέσες τιμές της ομάδας ελέγχου.

Η βασική προσφορά των ΗΕΓ χαρτών που παρουσιάζουν το φάσμα των υπό μελέτη σημάτων είναι η ανάδειξη διαφοροποίησης μεταξύ των εγκεφαλικών περιοχών ως προς το συγκεκριμένο μέγεθος, η συσχέτιση με καταστάσεις και ερεθίσματα και πιθανώς η σύγκριση με τα αντίστοιχα ΗΕΓ δεδομένα από ομάδες ελέγχου ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε μελέτης.

Αρχικά οι φασματικοί χάρτες χρησιμοποιήθηκαν για κλινικούς λόγους καθώς αποτέλεσαν ένα σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο στα χέρια των ιατρών για παθήσεις που σχετίζονται με την εγκεφαλική λειτουργία ενώ τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιούνται και από άλλους επιστημονικούς κλάδους (νευροεπιστήμες, ψυχολογία) για τη μελέτη των νοητικών και γνωστικών διεργασιών.

2.9 Τοπολογική ανάλυση του ΗΕΓ

Μία άλλη μορφή ανάλυσης του ΗΕΓ σήματος στο χώρο είναι η τοπολογική ανάλυση που δεν συμβάλει τόσο στη μορφή της αναπαράστασης, αλλά στην εξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων σχετικά με την κατανομή των ΗΕΓ σημάτων στην επιφάνεια του κρανίου. Για την τοπολογική ανάλυση του ΗΕΓ χρησιμοποιούνται μεθοδολογίες όπως η ανάλυση ετεροσυσχέτισης, η ανάλυση συνοχής και φάσης (cross-spectral analysis) και η πολυμεταβλητή στατιστική ανάλυση. Σημαντική είναι η προσφορά της τοπολογικής ανάλυσης ΗΕΓ στη μελέτη της γνωστικής δραστηριότητας, καθώς αναδεικνύεται ο βαθμός της λειτουργικής αλληλεξάρτησης στις διάφορες εγκεφαλικές περιοχές.

Σύνοψη

Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία αποτελεί ένα παλαιό αλλά συνάμα πολύ χρήσιμο εργαλείο πολλών διαφορετικών κλάδων (ιατρική, ψυχολογία, εκπαίδευση). Παράσχει πληροφορίες για την εγκεφαλική λειτουργία του ανθρώπινου είδους.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο βασικός ρόλος της ΗΕΓ επεξεργασίας που είναι η προβολή των σημάτων που ενδιαφέρουν τον ερευνητή, απαραίτητη είναι η χρήση φίλτρων κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων ώστε να απομακρύνονται τυχόν παράσιτα. Μετά την ολοκλήρωση του φιλτραρίσματος σειρά έχει η μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό. Σημαντικό πλεονέκτημα της επεξεργασίας και της ποσοτικής ανάλυσης του ψηφιακού σήματος είναι η υψηλή χρονική ακρίβεια. Η πλέον αποδεκτή και ακριβέστερη μέθοδος ανάλυσης του ψηφιακού σήματος – που εφαρμόστηκε και στην παρούσα μελέτη- είναι αυτή που βασίζεται στο μετασχηματισμό Fourier. Ο μετασχηματισμός Fourier εφαρμόζεται τόσο σε περιοδικά αναλογικά σήματα που υφίστανται μεταβάσεις στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας καθώς και σε μη στατικά σήματα που οι συχνότητες παρουσιάζονται με χρονική ακολουθία (βραχύς μετασχηματισμός Fourier) όπου τα σήματα χωρίζονται σε τμήματα συχνοτήτων με χρήση παραθύρων όπως είναι το Hamming. Πρόκειται για διαδικασία πολλαπλασιασμού του σήματος στην περιοχή του χρόνου στο πεδίο όπου εμφανίζονται οι συχνότητες του παραθύρου. Παρά το μειονέκτημα του σταθερού παραθύρου, είναι η βασική μέθοδος περιγραφής φάσματος συχνοτήτων καθώς παρέχει τη δυνατότητα μελέτης πληροφορίας με χαρακτηριστικά του ΗΕΓ σήματος όπως απόλυτη ισχύς, πλάτος ρυθμού, κορυφές κ.α. Επιπλέον κατά την εφαρμογή του μετασχηματισμού Fourier πραγματοποιείται μεσοποίηση των φασμάτων ώστε να μειώνεται η επίδραση πιθανής τυχαίας δράσης και να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερη η εγκεφαλική απεικόνιση.

Κεφάλαιο 3 Γνωστικές διεργασίες και ΗΕΓ

Εισαγωγή

Με την εξέλιξη και ανάπτυξη των διαφόρων τεχνικών απεικόνισης της εγκεφαλικής λειτουργίας (EEG, MRI, PET, ERP κα) το όραμα που εξέφρασε με δισταγμό ο Sherrington (1966) για την οπτικοποίηση της λειτουργίας του νευρικού συστήματος σε μεγάλη κλίμακα γίνεται πραγματικότητα.

Στο παρόν κεφάλαιο - το οποίο σε ένα σημαντικό τμήμα του συνεπικουρεί στο περιεχόμενο του κεφαλαίου γνωστικές διαφυλικές διαφορές- σύντομα και περιεκτικά θα αναφερθούν δεδομένα ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί σε φυσιολογικούς ανθρώπους με στόχο να τεκμηριωθεί ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διατριβή σαν εργαλείο μέτρησης και ερμηνείας τις γνωστικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων η μέθοδος της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο προέρχονται κατά κύριο λόγο από μελέτες που χρησιμοποίησαν σαν εργαλείο το συνεχόμενο ΗΕΓ και δευτερευόντως κάποιες που χρησιμοποίησαν σαν εργαλείο τους τα προκλητά δυναμικά (ERPs).

Σημειώνεται ότι τα γνωστικά πρότυπα των εγκεφαλικών λειτουργιών που θα αναφερθούν είναι απόρροια παρατήρησης και μελέτης της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων (κινητική, γνωστική, αισθητηριακή) που ερμηνεύεται είτε με βάση την λειτουργική ειδίκευση (functional specialization) που βασίζεται στην εξαγωγή διαφόρων προτύπων νευρωνικής δραστηριότητας που παρατηρείται κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων γνωστικών δραστηριοτήτων και μεταφράζεται ως νευρωνικό σύστοιχο της εν λόγω γνωστικής δραστηριότητας, είτε ερμηνεύεται με βάση τη «λειτουργική ολοκλήρωση» (functional integration) εξειδικευμένων εγκεφαλικών περιοχών (Friston, 1997) η οποία κάνει λόγο για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ εξειδικευμένων νευρωνικών πληθυσμών και τον τρόπο που αυτές εξαρτώνται από το κιναισθητικό ή γνωστικό πλαίσιο. Οι δυο αυτές μέθοδοι

χρησιμοποιούνται συνδυαστικά καθώς δρουν συμπληρωματικά η μία στην άλλη με αποτέλεσμα την επαύξηση της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων.

Η θεώρηση της λειτουργικής ειδίκευσης πρακτικά σημαίνει την ταυτοποίηση τοπικά προσδιορισμένων επιδράσεων που συνδέονται με κάποια μεταβαλλόμενα ερεθίσματα. Από την άλλη πλευρά η θεώρηση της λειτουργικής ολοκλήρωσης μελετά πιθανούς συσχετισμούς εγκεφαλικής δραστηριότητας συγκεκριμένων περιοχών καθώς επίσης ερμηνεύει την δραστηριότητα (ηλεκτρική στην προκειμένη περίπτωση) συσχετίζοντάς τη με αντίστοιχη δραστηριότητα που παρατηρείται σε άλλες εγκεφαλικές περιοχές.

Ένας κλάδος που εμφανίστηκε την τελευταία δεκαετία και έδωσε μεγάλη ώθηση στη μελέτη της εγκεφαλικής λειτουργίας και των γνωστικών διεργασιών είναι η γνωστική νευροεπιστήμη ή γνωσιοεπιστήμη. Πρόκειται για σύμπραξη πολλών επιστημών (ψυχολογία, βιολογία, τεχνητή νοημοσύνη, φιλοσοφία) με κοινό παρονομαστή τη θέση ότι οι γνωστικές διεργασίες υλοποιούνται με βάση μια ταχύτατη συνεργασία τεράστιων σε πλήθος, ευρέως κατανεμημένων αλληλεπιδρώντων κυτταρικών σχηματισμών του εγκεφάλου που συνδέονται άμεσα με τις ανώτερες γνωστικές διεργασίες. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η θέση αυτή είναι ότι δεν μπορεί να είναι απόλυτα ασφαλής η σύνδεση των γνωστικών λειτουργιών με τη βιολογική τους βάση διότι η μεν ανατομία και λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου έχουν μελετηθεί επαρκώς η δε επεξεργασία των πληροφοριών και η διαδικασία εκτέλεσης των ανώτερων γνωστικών δεξιοτήτων παραμένουν σε ένα μεγάλο τμήμα τους άγνωστες.

Έντονες διαφορές έχουν παρατηρηθεί μεταξύ των ερευνητών για την ενδεικνυόμενη μεθοδολογία που θα πρέπει να ακολουθηθεί προκειμένου να είναι όσο το δυνατόν ασφαλέστερη και αντικειμενική η όποια αντιστοιχία μεταξύ γνωστικών διεργασιών και των νευρωνικών συστοίχων τους. Κάποιοι ισχυρίζονται ότι ο παράγοντας χρόνος είναι πολύ βασικός και αποδέχονται ως πιο αξιόπιστο εργαλείο μέτρησης της εγκεφαλικής λειτουργίας την ηλεκτροεγκεφαλογραφία και τα προκλητά δυναμικά. Άλλοι ισχυρίζονται ότι πιο σημαντικός είναι ο παράγοντας της χωρικής ακρίβειας – χωρικού εντοπισμού και προσανατολίζονται στη χρήση μεθόδων μαγνητοεγκεφαλογραφίας (MRI, fMRI).

Καθώς στην παρούσα διατριβή ως εργαλείο για τη μελέτη της εγκεφαλικής λειτουργίας έχει επιλεγεί η μέθοδος της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας έχει υιοθετηθεί η θέση ότι η ηλεκτρομαγνητική δραστηριότητα του εγκεφάλου, όπως αυτή παρατηρείται και αναλύεται σε μια μεγάλη περιοχή συχνοτήτων και εγκεφαλικών περιοχών καθώς και όπως εξελίσσεται χρονικά είναι ικανή να παρέχει το κατάλληλο χωροχρονικό πλαίσιο με βάση το οποίο ο εγκέφαλος οργανώνει, αποθηκεύει και γενικά επεξεργάζεται όλες τις πληροφορίες, από τις πιο «απλές» αισθητηριακές λειτουργίες (λχ όσφρηση) μέχρι τις «υψηλότερες» λειτουργίες της ανθρώπινης σκέψης (αντίληψη, συναίσθημα και λοιπές συνειρμικές γνωστικές δεξιότητες) (Niedermeyer, 1999; Krause, 2006; Basar et al., 2001a; Jensen & Lisman, 1996; Klimesch, 1999).

Το χωροχρονικό πλαίσιο στο οποίο κινείται η μέθοδος της ΗΕΓ σε συνδυασμό με ηλεκτρικές ταλαντώσεις σε διάφορες ζώνες συχνοτήτων (βλέπε κεφάλαιο Ηλεκτροεγκεφαλογραφία) θεωρείται στις μέρες μας ένας πολλά υποσχόμενος μηχανισμός για την ερμηνεία των γνωστικών λειτουργιών ως δίκτυο επικοινωνίας επιμέρους εγκεφαλικών δομών (Krause, 2002 & 2006).

Δεδομένου του θεωρητικού πλαισίου και των στόχων της παρούσας διατριβής, επιλέχθηκε στο παρόν κεφάλαιο να παρουσιαστούν όσο το δυνατό λιγότερα ανατομικά ή φυσιολογικά δεδομένα του ανθρώπινου εγκεφάλου και να δοθεί βαρύτητα αποκλειστικά στην παρουσίαση δεδομένων που συνδέουν την ηλεκτρική εγκεφαλική δραστηριότητα με ανώτερες, γνωστικές διεργασίες.

3.1 Ιστορικό πλαίσιο σύνδεσης γνωστικών διεργασιών και εγκεφαλικής δραστηριότητας

Η μελέτη του εγκεφάλου ανάγεται ιστορικά στους χρόνους των αρχαίων Αιγύπτιων που χρησιμοποίησαν και για πρώτη φορά τη λέξη εγκέφαλος στον διάσημο πάπυρο του Edwin Smith Πρίν από 4000 χρόνια περίπου (περιέχει περιγραφή 48 περιπτώσεων ασθενών με τραύματα στο κρανίο και τον εγκέφαλο καθώς και κάποιες πρώτες προσπάθειες εντοπισμού κάποιων λειτουργιών στο φλοιό του εγκεφάλου και μεταφράστηκε το 1930 (Breasted, 1930).

Ως γενέθλιο ημερομηνία των νευροεπιστημών έχει οριστεί από τους θεωρητικούς και ιστορικούς της επιστήμης η 18^η Απριλίου του 1861 που ο Γάλλος ιατρός και ανατόμος Pierre Paul Broca προκάλεσε έκπληξη και αναστάτωση τους επιστημονικούς κλάδους με την ανακοίνωση της πιο επαναστατικής για την εποχή θεωρίας σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου. Χαρακτηριστικά ανέφερε: «Μιλάμε με το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο». Στη διατύπωση αυτής της θεωρίας κατέληξε μετά από το θάνατο ενός ασθενούς του γνωστού και ως ‘ταν-ταν’ ο οποίος έπειτα από μία σοβαρή εγκεφαλική βλάβη έχασε την ικανότητα ομιλίας του ενώ διατηρούσε όλες τις άλλες γνωστικές του δεξιότητες (αντίληψη, όραση, ακοή, κτλ) και το μόνο που ήταν σε θέση να προφέρει ήταν η λέξη ‘ταν’ σε διάφορους συνδυασμούς απόχρωσης και έντασης. Μετά το θάνατό του κυρίου ‘Ταν’ ο Broca σε ανατομική μελέτη του εγκεφάλου του ασθενούς εντόπισε την υπεύθυνη για τη λεκτική ανεπάρκεια βλάβη στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο του ασθενούς, και πιο συγκεκριμένα στον πόδα της τρίτης μετωπιαίας έλικας του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου, περιοχή που έκτοτε είναι γνωστή με το όνομα ‘κέντρο του Broca’ ή ‘κινητικό κέντρο του λόγου’ όπου βλάβη στη συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο της αφασίας Broca (Broca, 1865).

Για αρκετές δεκαετίες μετά τη διατύπωση της θέσης του Broca ακολούθησε μεγάλη έκρηξη στην επιστημονική ενασχόληση με την εγκεφαλική λειτουργία σε σημείο που είχαν αρχίσει να διατυπώνονται οι πρώτες επιστημονικές θεωρίες αρκετές εκ των οποίων εξακολουθούν ακόμη και στις μέρες μας να κατευθύνουν την έρευνα αλλά και την ερμηνεία διαφόρων ευρημάτων όπως είναι η θεωρία του Wernicke - Cajal για την ύπαρξη στον εγκέφαλο ξεχωριστών περιοχών ή κέντρων που είναι υπεύθυνες για συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες ενώ η μεταξύ τους συνεργασία έχει ως συνέπεια την εκδήλωση σύνθετων συμπεριφορών.

Λίγα χρόνια μετά τη διατύπωση της θεωρίας του Broca άρχισε να μελετάται επισταμένως το νευρικό σύστημα (ΝΣ) όπου ανήκει ο εγκέφαλος. Στην ιατρική πολύ νωρίς ανακαλύφθηκαν και μελετήθηκαν τα ηλεκτρικά φαινόμενα που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων. Πιο συγκεκριμένα το 1791 ο Galvani πρώτος δημοσίευσε την ιδέα ότι τα «νεύρα» περιέχουν μία εγγενή μορφή ηλεκτρισμού. Αρκετά χρόνια μετά το 1848, ο Du Bois - Reymond ανακάλυψε ότι η

δραστηριότητα των περιφερειακών νεύρων συνοδευόταν από μετρήσιμες μεταβολές του ηλεκτρικού δυναμικού. Η ανακάλυψη αυτή έδωσε σημαντική ώθηση στην επιστημονική κοινότητα να ερευνήσει για μεταβολές της ηλεκτρικής δραστηριότητας που θα οφείλονταν στο νευρικό σύστημα και θα ήταν ενδεικτικές της λειτουργίας του.

Το 1877 ο R. Catton έδειξε πως υπάρχει σχέση μεταξύ εξωτερικών ερεθισμάτων και ηλεκτρικής δραστηριότητας στον εγκέφαλο κουνελιών και πιθήκων. Ανέφερε μάλιστα ότι ήταν δυνατή η καταγραφή ασθενών ρευμάτων από ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του τριχωτού της κεφαλής. Η πρώτη εντούτοις, εμπειριστατωμένη αναφορά για μέτρηση διαφορών δυναμικού από το τριχωτό της κεφαλής ανθρώπου προέρχεται από τον Hans Berger το 1929, γεγονός το οποίο οριοθέτησε και την έναρξη της μελέτης των λειτουργιών του εγκεφάλου μέσω της μεθόδου της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας (ΗΕΓ).

Η αρχική άποψη ότι η ηλεκτροεγκεφαλογραφία και η διανοητική λειτουργία δεν σχετίζονται βασίστηκε κυρίως στην άποψη ότι «εφόσον η άλφα και βήτα δραστηριότητα παρουσιάζονται να είναι στοιχειώδης δραστηριότητα στο νευρωνικό δίκτυο» η ΗΕΓ δεν θα πρέπει να προσδοκάται να σχετίζεται με πολύπλοκες και φυλογενετικά νέες νοητικές λειτουργίες (Ellingson, 1956; 1966).

Η υπόθεση αυτή αντικρούστηκε αρχικά από τους Vogel & Broverman (1964 & 1966), που διατύπωσαν την άποψη ότι η σπανιότητα της απόδειξης σύνδεσης του ΗΕΓ με πολύπλοκες νοητικές συμπεριφορές οφείλεται σε αποτυχία να βρεθούν σχέσεις παρά σε αποτυχία της ίδιας της έρευνας. Κάποιες μελέτες για τη σχέση ΗΕΓ και ευφυΐας που διεξήχθησαν αρχικά, εμποδίστηκαν επίσης από μία αυστηρή εμμονή σε παραδοσιακές μεθόδους προσέγγισης. Για παράδειγμα προηγούμενες μελέτες τυπικά συνέκριναν την ευφυΐα κάνοντας εκτιμήσεις σε μετρήσεις ΗΕΓ κατά τη διάρκεια ξεκούρασης ενώ οι Vogel & Broverman (1964) διατύπωσαν τη θέση ότι οι ΗΕΓ μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια ενεργών διανοητικών προσπαθειών είναι πολύ πιθανό να σχετίζονται με γνωστικές μετρήσεις.

Επίσης επίμαχη είναι η ερώτηση του τι είναι πιο πιθανό να σχετίζεται με τις ΗΕΓ μετρήσεις: γενική διανοητική ικανότητα ή συγκεκριμένες μορφές διανοητικής

ικανότητας. Ο Vogel & Broverman (1964) διατύπωσαν την άποψη ότι εφόσον αρκετοί ανεξάρτητοι παράγοντες της ευφυΐας είναι γνωστοί, είναι πιο ουσιώδες να ερευνηθεί η σχέση του ΗΕΓ με συγκεκριμένες νοητικές δεξιότητες παρά με κάποιους σύνθετους δείκτες γενικής ευφυΐας.

Προς την κατεύθυνση αυτή κινήθηκε μία πληθώρα επιστημονικών ερευνών τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται συνοπτικά και ανά εγκεφαλικό ρυθμό.

3.2 Εγκεφαλικοί ρυθμοί και γνωστικές διεργασίες

Ο μεγαλύτερος όγκος δεδομένων αφορά τους βασικούς εγκεφαλικούς ρυθμούς που εξετάζονται και στην παρούσα διατριβή και είναι: ο «άλφα» /«alpha» (7.5 – 12.5 Hz ή 8 - 13 Hz και έχει διακριθεί σε «άλφα-1» (7.6-9.4 Hz), «άλφα-2» (9.6-11.4 Hz) και «άλφα-3» (11.6-13.4 Hz) (Tanaka et al., 1997), ο «θήτα»/ «theta» (4 – 7.5 Hz), ο «βήτα»/ «beta» (13- 30 Hz) και ο «γάμα»/ «gamma» (πάνω από 30 ή κοντά στα 40 Hz).

Ρυθμός θήτα

Ο θήτα ρυθμός είναι αργός ρυθμός που έχει παρατηρηθεί ότι παίζει σημαντικό ρόλο κατά τη βρεφική αλλά και παιδική ηλικία όπως επίσης και σε καταστάσεις της υπνηλίας αλλά και ύπνου σε όλες τις ηλικίες. Παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος και κανονικότερη κυματοειδή κυματομορφή στις μετωπικές και κεντρικές περιοχές, ηλεκτρόδια Fz, Cz και Pz (Basar et al., 2001a & 2001b) ενώ λόγω του ότι επρόκειτο για ένα αργό ρυθμό οι διαφοροποιήσεις του αρκετές φορές υπερκαλύπτονται από άλλους υψηλότερους ρυθμούς λχ τον άλφα ρυθμός (Basar et al., 2001a) καθιστώντας δύσκολο τον εντοπισμό του.

Ύπνωση, ή στέρηση ύπνου, μειωμένη επαγρύπνηση

Ο θήτα ρυθμός έχει συνδεθεί έντονα με καταστάσεις ύπνωσης ή στέρησης ύπνου ή ακόμη και με μειωμένη επαγρύπνηση. Οι περισσότερες έρευνες για το θήτα ρυθμό προέρχονται από την μελέτη υπναγωγικών καταστάσεων, όπου οι συμμετέχοντες είναι νυσταγμένοι και έχουν μειωμένη συνειδητοποίηση του περιβάλλοντος και της πειραματικής δοκιμασίας. Ο Schacter (1997) για παράδειγμα παρατήρησε ότι η

θήτα δραστηριότητα στην περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται από χαμηλού δυναμικού ακανόνιστες κυματομορφές και από διάχυτη εξάπλωση στην περιοχή του κρανίου ενώ υποστηρίζει ότι η δραστηριότητα θήτα που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της υπναγωγικής περιόδου είναι ενδεικτική ενός χαμηλού επιπέδου επαγρύπνησης που συνοδεύεται από εξασθετισμένη δυνατότητα του συμμετέχοντα να επεξεργαστεί και να ανταποκριθεί στις πληροφορίες και τα ερεθίσματα της εκάστοτε δοκιμασίας.

Η κατάσταση ύπνου και κατ' επέκταση η μειωμένη επαγρύπνηση που έχει συνδεθεί με το θήτα ρυθμό, έχει παρατηρηθεί ότι οδηγεί με τη σειρά της σε εκδήλωση αδυναμίας επιτυχούς επεξεργασίας των εξωτερικών ερεθισμάτων (Beatty et al., 1974; Daniel, 1967).

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Caldwell et al. (2003) σε νυσταγμένα υποκείμενα που προσπαθούν να παραμείνουν σε εγρήγορση, παρατήρησαν αύξηση στο θήτα ρυθμό στη μετωπιαία περιοχή της μέσης γραμμής.

Συναισθηματικές καταστάσεις

Ο θήτα ρυθμός έχει συνδεθεί έντονα με συναισθηματικές καταστάσεις. Ήδη από πολύ νωρίς (1938) είχε γίνει προσπάθεια να συσχετιστούν οι χαμηλές (< 8 Hz) συχνότητες του ΗΕΓ με συναισθηματικά φαινόμενα (Hoagland et al., 1938a; 1938b).

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Walter et al. (1949) παρατήρησαν ότι υγιείς ενήλικες που βρισκόταν σε κατάσταση χαλάρωσης και παρουσίασαν αυξημένο θήτα ρυθμό, χαρακτηρίζονταν ψυχολογικά ως «ανώριμα» ή «αθώα» άτομα ενώ οι ερευνητές συνέδεσαν τη θήτα δραστηριότητα και με το «συναισθηματικό άγχος» που είχε προκληθεί από την πειραματική δοκιμασία.

Σε έρευνα που πραγματοποίησαν λίγα χρόνια αργότερα οι Walter et al. (1953) παρατήρησαν ότι ξαφνική διακοπή ευχάριστων συναισθημάτων προκαλούσε στους συμμετέχοντες ένα παροδικό ξέσπασμα θήτα κυμάτων στα 6 Hz, με αρκετές όμως διαφορές από άτομο σε άτομο. Σύμφωνα με αυτά τα ευρήματα διατύπωσαν την άποψη ότι ο θήτα ρυθμός εμπλέκεται στην ανίχνευση συναισθημάτων ευχαρίστησης και κατ' επέκταση η αύξηση του θήτα ρυθμού παρουσιάζεται καθώς το αίσθημα ευχαρίστησης των συμμετεχόντων εξασθενεί.

Συσχέτιση του θήτα ρυθμού έχει γίνει και με συναισθηματικές καταστάσεις όπως η απογοήτευση, η διάψευση ελπίδας και η ευχαρίστηση στα παιδιά. Maulsby (1971). Οι παρατηρήσεις αυτές μπορεί να επεκταθούν στους ενήλικες.

Με καταστάσεις άγχους είχαν συνδέσει το θήτα ρυθμό οι Nowak & Marczynski (1981), Grillon & Buchsbaum (1987) και Derryberry & Rothbart (1988) σε έρευνα που έθεταν τους συμμετέχοντες σε στρεσογόνες καταστάσεις και παρατήρησαν εκδήλωση θήτα δραστηριότητας (5 – 6 Hz) κυρίως στις ινιακές εγκεφαλικές περιοχές.

Προσοχή

Ο παράγοντας της προσοχής αποτελεί επίσης μια ψυχολογική μεταβλητή που έχει συσχετιστεί σε αρκετές έρευνες με τον θήτα εγκεφαλικό ρυθμό οι περισσότερες εκ των οποίων εντοπίζουν την αύξηση του, κυρίως στις μετωπιαίες περιοχές, ενώ σε μία μικρότερη μερίδα μελετών θήτα ρυθμός έχει εντοπιστεί στην έσω προμετωπιαία και τη βρεγματική εγκεφαλική περιοχή (Basar et al., 2001a; Grent-'t-Jong et al., 2006; Ishihara & Yoshii, 1972) κατά τη διάρκεια εστίασης της προσοχής.

Για παράδειγμα οι Grent-'t-Jong et al. (2006) σε έρευνα που πραγματοποίησαν και απαιτούνταν από τους συμμετέχοντες εκδήλωση επιλεκτικής οπτικής-χωρικής προσοχής των χρωμάτων παρατήρησαν μεγάλη μεταβλητότητα μεταξύ των συμμετεχόντων στις αλλαγές του θήτα ρυθμού, μεταβλητότητα που επεκτείνεται και στην τοπολογική συνιστώσα των παρατηρούμενων δυναμικών καθώς κάποιοι συμμετέχοντες παρουσίασαν αύξηση του ρυθμού στην ινιακή εγκεφαλική περιοχή ενώ άλλοι στη μετωπιαία-κεντρική.

Η δυσκολία στη μελέτη της νοητικής διεργασίας της προσοχής εστιάζεται στο ότι δεν μπορεί εύκολα να διαχωριστεί από άλλες ψυχολογικές μεταβλητές κατά την εξέλιξη ενός πειράματος. Για παράδειγμα σε μια εξηντάλεπτη έρευνα ακουστικής επαγρύπνησης των Paus et al. (1997) αναφέρθηκε προοδευτική αύξηση στο θήτα ρυθμό. Οι ερευνητές υποστήριξαν, στηριζόμενοι στα δεδομένα του ΗΕΓ αλλά και στην εγκεφαλική ροή αίματος, ότι το δεξιό ημισφαίριο και ειδικά ο μετωπικός και ο βρεγματικός φλοιός, παίζουν σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες προσοχής και

συνεπώς οι αυξήσεις στο θήτα ρυθμό θα μπορούσαν να ερμηνευθούν ως συνέπεια της αυξανόμενης υπνηλίας. Ένας άλλος παράγοντας που θεωρήθηκε ότι μπορεί να δυσκολεύει την ακριβή ερμηνεία της αύξησης του θήτα ρυθμού στην έρευνα αυτή είναι ο φόρτος εργασίας κατά την εξέλιξη του πειράματος σε συνδυασμό με την προσπάθεια των συμμετεχόντων να διατηρήσουν την προσοχή τους στο ερέθισμα.

Νεότερες μελέτες επίσης υποδεικνύουν τον θήτα συγχρονισμό σε απομακρυσμένες εγκεφαλικές περιοχές ως χαρακτηριστικό διαδικασιών τύπου «από πάνω προς τα κάτω» (διαδικασία κατά την οποία η αντίληψη σχηματίζεται και εξαρτάται από τις γνώσεις που έχουμε καταχωρημένες στη μνήμη μας), ενώ ο γάμα συγχρονισμός μεταξύ πιο κοντινών περιοχών αντανακλά διαδικασίες τύπου «από κάτω προς τα πάνω» (διαδικασία, κατά την οποία η αντίληψη σχηματίζεται και εξαρτάται από τα πληροφοριακά ερεθίσματα που διεγείρουν τα αισθητήρια όργανα) (von Stein et al., 2000; Kahana et al., 2001).

Γενικά, ο προκαλούμενος από συμβάντα συγχρονισμός ή αποσυγχρονισμός του θήτα ρυθμού λειτουργεί αντίστροφα με τον άλφα συγχρονισμό και συσχετίζεται με γνωστικές λειτουργίες γενικά και κυρίως με την επιλεκτική προσοχή (Basar et al., 1999).

Επίλυση προβλημάτων

Από πολύ νωρίς είχε γίνει προσπάθεια να συσχετιστεί η θήτα δραστηριότητα με την επίλυση προβλημάτων (Arellano & Schwab, 1950; Ford, 1954; Mundy-Castle, 1951; Arellano & Schwab 1950; Kennedy et al., 1949a; 1949b; 1948). Εντούτοις, οι παλαιότερες έρευνες που δεν χρησιμοποιούσαν υπολογιστές, παρουσίαζαν αδύνατα σημεία στον διαχωρισμό των ρυθμών. Το κύριο εύρημά αυτών των ερευνών ήταν ο εντοπισμός αξιοσημείωτων διαφοροποιήσεων της εγκεφαλικής λειτουργίας που παρατηρήθηκαν μόνο στο θήτα ρυθμό σε συνδυασμό με αύξηση των θήτα κυμάτων στην μετωπο-κεντρική εγκεφαλική περιοχή κατά την εκτέλεση διανοητικής δραστηριότητας από τους συμμετέχοντες (Legewie et al., 1969).

Το 1971 ο Brown συσχέτισε τη θήτα δραστηριότητα με μια σειρά καταστάσεων που συνδέονται με την επίλυση προβλημάτων, όπως την απομνημόνευση

προβλημάτων, το σχεδιασμό μελλοντικών κινήσεων, την επίλυση μηχανικών και οικονομικών προβλημάτων, την αβεβαιότητα στη λήψη αποφάσεων και την αφηρημάδα.

Ένα χρόνο μετά οι Ishihara και Yoshii (1972), παρατήρησαν αύξηση της θήτα δραστηριότητας στις κεντρικές περιοχές (Fz, Cz) κατά την εκτέλεση απαιτητικής γνωστικής προσπάθειας ενώ η δοκιμασία που απαιτούσε από τους συμμετέχοντες τη μικρότερη γνωστική προσπάθεια, παρουσίασε σημαντική μείωση του θήτα ρυθμού στις ίδιες περιοχές. Σε επόμενη έρευνά τους οι ίδιοι ερευνητές συσχέτισαν την εμφάνιση μέσου μετωπιαίου θήτα με το βαθμό της συγκέντρωσης των συμμετεχόντων (Ishihara & Yoshii, 1973).

Σε όλες τις προαναφερθείσες έρευνες, ελλοχεύει ο κίνδυνος της διάκρισης των πραγματικών ρυθμών από τα οφθαλμικά παράσιτα τόσο στην πρόσθια θήτα δραστηριότητα (αφού η μετωπική περιοχή είναι ευαίσθητη σε τέτοιου είδους παράσιτα) όσο και στον «κάπα» ρυθμό που μοιάζει με το οφθαλμικό παράσιτο (Harlan et al. 1958). Η θέση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι σε αρκετές έρευνες παρατηρήθηκε κάπα ρυθμός κατά την επίλυση προβλημάτων παράλληλα με την εμφάνιση θήτα ενώ σε κάποιους συμμετέχοντες κυριαρχούσε ο ένας ρυθμός και σε άλλους ο άλλος, με τον θήτα να εμφανίζεται συχνότερα (Chapman et al., 1962, Ishihara & Yoshii, 1972).

Οι Dolce και Waldeier (1974) συνέκριναν διεργασίες όπως άνοιγμα ματιών, νοερή αριθμητική και ανάγνωση σε καταστάσεις χαλάρωσης με κλειστά μάτια. Ο θήτα ρυθμός αυξήθηκε με το άνοιγμα των ματιών μόνο στο αριστερό ημισφαίριο και παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση και στις δύο γνωστικές διεργασίες. (Dolce & Waldeier, 1974) .

Ο Schacter (1977) σχολιάζοντας τις σχετικές έρευνες Πρίν το 1977 διατυπώνει την υπόθεση ότι ο θήτα και ο «κάπα» ρυθμός που εμφανίζονται κατά την επίλυση προβλημάτων μπορεί να αποτελούν διαφορετικούς δείκτες μιας κοινής ελλοχεύουσας διαδικασίας.

Μία άλλη δυσκολία που προκύπτει στις προαναφερθείσες έρευνες είναι η συσχέτιση της ενίσχυσης του θήτα ρυθμού με γνωστικές διαδικασίες που

συνοδεύουν την επίλυση προβλημάτων και όχι με την πιθανή αύξηση της επαγρύπνησης του συμμετέχοντα Πρίν το ερέθισμα ή με εξειδικευμένες λειτουργίες εξαρτώμενες από τη συγκεκριμένη διεργασία. Για να μειώσουν την επίδραση της αυξημένης επαγρύπνησης Πρίν το ερέθισμα ή την ικανότητα πρόβλεψης των υποκειμένων οι Legewie et al. (1969) και Inshihara et al. (1972) χρησιμοποίησαν τυχαία σειρά και χρονική κατανομή των ερεθισμάτων. Επιπλέον οι ίδιοι ερευνητές σημειώνουν ότι δεν παρατήρησαν αντίστοιχες αλλαγές στις άλφα και βήτα συχνότητες που αντανακλούν την προετοιμασία των υποκειμένων για τις διεργασίες του πειράματος. Ωστόσο, ο Schacter (1977) προτείνει ότι η αύξηση του θήτα ρυθμού κατά την επίλυση προβλημάτων πρέπει να αποδοθεί σε ένα συνδυασμό από επιλεκτικές – εστιασμένες λειτουργίες και εντατική διανοητική προσπάθεια.

Μνήμη

Όπως συμπεραίνουμε από την έως τώρα παρουσίαση των δεδομένων στον άνθρωπο η αύξηση της ισχύος του θήτα ρυθμού συνδέεται με μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών δραστηριοτήτων (Schacter, 1977). Οι Klimesch & Doppelmayr (1996) και (1997) απομόνωσαν κάποιους παράγοντες, όπως απαιτήσεις προσοχής, δυσκολία ή νοητικό φόρτο της εργασίας, και συμπέραναν ότι ο συγχρονισμός του θήτα ρυθμού συσχετίζεται με την κωδικοποίηση νέων πληροφοριών στη μνήμη επεισοδίων. Ο θήτα συγχρονισμός στη μελέτη αυτή αφορά σε μια περιορισμένη περιοχή συχνοτήτων κοντά στη συχνότητα που ο ρυθμός εμφανίζει τη μέγιστη τιμή στο φάσμα ισχύος και όχι σε μια διευρυμένη περιοχή συχνοτήτων του θήτα ρυθμού που εμφανίζεται στον ύπνο και μάλλον σχετίζεται με την αντίστροφη λειτουργία όπου η δυνατότητα για κωδικοποίηση νέας πληροφορίας μειώνεται ή σχεδόν εξαφανίζεται (Klimesch, 1999).

Όταν ο θήτα ρυθμός είναι περιορισμένος τοπολογικά στις μετωπιαίες περιοχές σχετίζεται με την επεισοδιακή μνήμη (Klimesch et al., 1994) και με την σωστή κωδικοποίηση ή ανάκτηση λέξεων (Klimesch et al., 1997). Επίσης η αύξηση στη αριστερή μετωπιαία θήτα δραστηριότητα έχει συνδεθεί έντονα με την αύξηση του μνημονικού φόρτου (Gundel & Wilson, 1992; Gevins et al., 1988).

Οι Wilson et al. (1999) ερευνώντας συσχετίσεις ΗΕΓ μετρήσεων με διαφορετικά επίπεδα μνημονικού φόρτου παρατήρησαν αύξηση του θήτα ρυθμού ανάλογη με την αύξηση του μνημονικού φόρτου μόνο σε σταθμισμένες πειραματικές συνθήκες (και όχι σε τυχαίες). Έτσι οι ερευνητές αμφισβήτησαν τον ισχυρισμό του Klimesch (1999) ότι η αύξηση του θήτα ρυθμού είναι μια απλή συνάρτηση του μνημονικού φόρτου και επιπλέον επεσήμαναν το παράδοξο του θήτα ρυθμού να αυξάνει με υπναγωγικές καταστάσεις αλλά και με αυξημένες απαιτήσεις μνήμης Wilson et al. (1999). Οι Onton et al. (2005) επίσης συμφώνησαν με την άποψη ότι ο θήτα ρυθμός στη μετωπιαία περιοχή της μέσης γραμμής αυξάνει με τον μνημονικό φόρτο και συνέδεσαν την παρατήρησή τους με προηγούμενες έρευνες που συσχετίζουν την αύξηση του θήτα ρυθμού στη μετωπιαία περιοχή της μέσης γραμμής με την αύξηση γενικά του γνωστικού φόρτου (Aftanas & Golosheikine, 2001; Burgess & Gruzelier, 1997; Gevins et al., 1997; Ishii et al., 1999; Jensen & Tesche, 2002; Kahana et al., 1999; Laukka et al., 1995; Lazarev, 1998; Mizuki et al., 1982; Pardo et al., 1990; Sasaki et al., 1996; Smith et al., 1999; Mecklinger et al., 1992).

Όσον αφορά τη σχέση που παρουσιάζει ο θήτα ρυθμός με τη μακρόχρονη μνήμη και τη μνήμη εργασίας οι Sarnthein et al. (1998) ανέφεραν σημαντικό ρόλο της συνοχής ανάμεσα σε οπίσθιες περιοχές (που σχετίζονται περισσότερο με τη μνήμη μακράς διάρκειας) και πρόσθιες περιοχές (που σχετίζονται με τη μνήμη εργασίας). Επίσης, οι Sauseng et al. (2002) υποστηρίζουν ότι υπάρχει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάμεσα στη μνήμη εργασίας και την μακρόχρονη μνήμη, στηριζόμενο σε σήματα κωδικοποιημένα κυρίως στους άλφα και θήτα ρυθμούς. Οι ερευνητές ερμηνεύουν τη «μετακίνηση» της θήτα δραστηριότητας από πρόσθιες προς οπίσθιες εγκεφαλικές περιοχές ως μεταφορά πληροφοριών από την μνήμη εργασίας στην μακρόχρονη μνήμη, ενώ το αντίστροφο φαινόμενο συνδέεται με την ανάκληση των πληροφοριών (Sauseng et al., 2002).

Σε διεργασίες που ερευνούσαν την μακρόχρονη μνήμη επεισοδίων (longer-term episodic memory) παρατηρήθηκε αύξηση τόσο στην ισχύ όσο και στο βαθμό του συγχρονισμού του θήτα ρυθμού στις επιτυχείς μνημονικές κωδικοποιήσεις. Το ίδιο παρατηρήθηκε και κατά την αναγνώριση στοιχείων που είχαν μελετηθεί νωρίτερα από τους συμμετέχοντες (Klimesch et al., 2006). Αυτή η τελευταία παρατήρηση έχει

συνδεθεί στενά με την περιοχή του αριστερού βρεγματικού φλοιού (Kahana, 2006; Klimesch et al., 1996; Weiss & Rappelsberger, 2000; Sederberg et al., 2003).

Χωρική αντίληψη

Ο θήτα ρυθμός τα τελευταία κυρίως χρόνια έχει συνδεθεί έντονα και με τη νοητική διεργασία της χωρικής αντίληψης. Οι περισσότερες μελέτες που συνέδεσαν το θήτα ρυθμό με τη χωρική αντίληψη πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τους την τεχνολογία της ΕΠ.

Ο Benham και οι συνεργάτες του (1997) έβαζαν τους συμμετέχοντες να ακούν ιστορίες με ζωηρές σκηνές από δεινόσαυρους επιτιθέμενους σε ανθρώπους και τους ζητούσαν όποτε αισθάνονταν ότι μετείχαν ενεργά στην ιστορία να πιέσουν ένα κουμπί. Παρατήρησαν λοιπόν αύξηση στην περιοχή συχνοτήτων 4-8 Hz και απέδωσαν αυτή την αύξηση του θήτα ρυθμού σε διαδικασίες οπτικοποίησης της ιστορίας. Τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατό να ερμηνευτούν και με διαφορετικό τρόπο αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι αύξηση του θήτα ρυθμού κυρίως στις μετωπιαίες περιοχές συνάδει με αύξηση του γνωστικού φόρτου ή της προσοχής. Είναι εξίσου πιθανό να αποδοθεί λοιπόν και σε αυτή τη δοκιμασία η αύξηση του θήτα ρυθμού σε αύξηση της προσοχής τη δεδομένη χρονική στιγμή (Scerbo et al., 2001).

Οι Araujo et al. (2001) που πραγματοποίησαν μελέτη που απαιτούσε από τους πλοήγηση σε ΕΠ με χρήση μαγνητοεγκεφαλογραφίας παρατήρησαν σημαντική αύξηση της θήτα δραστηριότητας στις βρεγματικές περιοχές κατά την πλοήγηση σε εικονικό λαβύρινθο, ενώ δεν συνέβη το ίδιο όταν οι συμμετέχοντες εκτελούσαν νοητικούς υπολογισμούς ή όταν παθητικά παρακολουθούσαν την πλοήγηση. Αντίστοιχα οι Carlan et al. (2003) σε πείραμα που εκτέλεσαν σε εικονικό περιβάλλον παρατήρησαν ότι η αυξημένη δραστηριότητα θήτα σε πολλές περιοχές του φλοιού παρατηρούταν όταν οι συμμετέχοντες κινούνταν σε αντίθεση με περιόδους που ήταν ακίνητοι. Επιπλέον σε έρευνα με ενδοκρανιακά ηλεκτρόδια (iEEG) που πραγματοποίησαν οι Ekstrom et al. (2005) παρατήρησαν αύξηση του

θήτα ρυθμού στην περιοχή του ιππόκαμπου και το νεοφλοιό όταν τα υποκείμενα κινούνταν μέσα σε μία εικονική πόλη.

Σε άλλο πείραμα που πραγματοποίησαν οι Nishiyama και Yamaguchi (2001) με χρήση εικονικού λαβύρινθου, εντόπισαν δύο περιοχές με υψηλή θήτα δραστηριότητα. Στη μετωπιαία περιοχή που πιθανόν συνδέεται με τη χωρική μνήμη εργασίας και στην κροταφοβρεγματική περιοχή. Οι ερευνητές προτείνουν την ύπαρξη συνδέσεων μεταξύ του ιππόκαμπου, του προμετωπιαίου φλοιού και του βρεγματικού φλοιού.

Οι τρεις έρευνες που περιγράφηκαν συνδέουν τη συχνότητα αλλά και το πλάτος του θήτα ρυθμού με το βαθμό δυσκολίας της πλοήγησης. Οι Bischof και Boulanger (2003) αναφέρουν σε σχετική μελέτη που πραγματοποίησαν με χρήση εικονικού λαβυρίνθου ότι θήτα κύματα εμφανίζονται όταν ένας νέος διάδρομος παρουσιάζεται ή όταν ο συμμετέχων αντιλαμβάνεται ότι έχει κάνει λάθος (όπως το να έχει βρεθεί σε αδιέξοδο διάδρομο) και προτείνουν τη θήτα δραστηριότητα ως ένα πρόσθετο δείκτη για την αξιολόγηση των εικονικών περιβαλλόντων, μαζί με άλλους συμπεριφοριστικούς δείκτες (όπως τον αριθμό λαθών, τον χρόνο εκμάθησης, κ.α.).

Εντούτοις, μία ομάδα ερευνητών παρουσιάζονται επιφυλακτικοί στο ρόλο του θήτα ρυθμού στους εικονικούς λαβύρινθους. Επειδή στους περισσότερους λαβυρίνθους οι συμμετέχοντες μαθαίνουν να κινούνται ακολουθώντας κυρίως λεκτικές οδηγίες για στροφές αριστερά και δεξιά (Kirschen et al., 2000) είναι δύσκολο να εξάγουμε ισχυρά συμπεράσματα για το ρόλο του θήτα ρυθμού στη χωρική επεξεργασία. Ο Kahana (2006) για να ξεπεράσει το πρόβλημα αυτό έβαλε τους συμμετέχοντες να πραγματοποιούν με εικονικό ταξί μεταφορές επιβατών από ένα σημείο σε ένα άλλο μέσα σε μια εικονική πόλη όπου η γνώση των διαδρομών αυξάνονταν προοδευτικά με την πλοήγηση στον εικονικό κόσμο. Επιπλέον οι Carlan et al. (2001) σε μελέτη με χρήση εικονικού λαβυρίνθου, παρατήρησαν ότι η γάμα δραστηριότητα και όχι η θήτα, αυξήθηκε με την αύξηση της δυσκολίας των επιλογών (δηλαδή αύξηση των εναλλακτικών διαδρομών). Ισχυρίστηκαν επίσης ότι η επίδραση του μήκους του λαβύρινθου στο θήτα ρυθμό δεν απεικονίζει την αυξανόμενη δυσκολία της κωδικοποίησης ή της ανάκτησης όταν οι συμμετέχοντες καλούνται να επιλέξουν

κάποια διαδρομή (λχ. διασταυρώσεις), αλλά πιθανόν απεικονίζει μια συνολική διαφορά μεταξύ των μεγάλων και των μικρών λαβυρίνθων.

Επιπλέον πληροφορίες σε περιβάλλοντα εικονικής οδήγησης προκύπτουν από μετρήσεις της θήτα δραστηριότητας. Για παράδειγμα οι Laukka et al. (1995) πραγματοποιώντας ΗΕΓ μετρήσεις σε περιβάλλον βιντεο-παιχνιδιού όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να βρουν το σωστό δρόμο, παρατήρησαν αύξηση της θήτα δραστηριότητας κατά τη λήψη σωστών επιλογών καθώς και κατά την εκμάθηση του περιβάλλοντος.

Εκτός όμως από τα δεδομένα μελετών που έχουν λάβει χώρα σε εικονικά περιβάλλοντα, υπάρχει και μία ομάδα διαφορετικών ερευνών που συνδέουν το θήτα ρυθμό με οπτικο-χωρική αντίληψη (Rugg & Dickens, 1982; Cochin et al., 2001). Ένα παράδειγμα είναι η μελέτη των Barcelo et al. (1995) οι οποίοι εξέτασαν την απόλυτη τιμή της ΗΕΓ ισχύος σε διεργασίες οπτικού προσανατολισμού χρησιμοποιώντας ποικίλα ως προς τον αριθμό και την πολυπλοκότητα ερεθίσματα. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματά τους αλλαγές στο ΗΕΓ παρατηρήθηκαν σε όλες τις ζώνες συχνοτήτων, αλλά ιδιαίτερα αξιοσημείωτη ήταν μια οξεία αύξηση του ινιακού θήτα κατά τα τρία πρώτα δευτερόλεπτα της παρουσίασης των ερεθισμάτων. Η πολυπλοκότητα δεν είχε σημαντικές διαφοροποιήσεις, ενώ ο αριθμός των ερεθισμάτων προκάλεσε μείωση της άλφα και βήτα ισχύος αλλά όχι της θήτα. Οι ερευνητές ερμηνεύοντας τα αποτελέσματά τους συσχέτισαν τον ινιακό και όχι τον μετωπιαίο θήτα με την οπτικοχωρική αντίληψη (Scerbo, 2001).

Αντίληψη και νοητικός φόρτος

Οι Vidulich et al. (1994) στην προσπάθειά τους να συνδέσουν διαφορετικές φυσιολογικές μετρήσεις με μεταβολές στη διανοητική προσπάθεια και στη περιστασιακή συνειδητοποίηση σε διεργασίες εξομίωσης νυχτερινής πτήσης παρατήρησαν αύξηση στην ισχύ του θήτα ρυθμού και ταυτόχρονη μείωση στον άλφα, η οποία αντανακλά αυξημένες γνωστικές απαιτήσεις ώστε να διατηρηθεί η περιστασιακή συνειδητοποίηση. Εντούτοις, οι ερευνητές εξέφρασαν την αδυναμία τους να διαχωρίσουν τη συσχέτιση των ΗΕΓ μεγεθών με τη διανοητική προσπάθεια και την περιστασιακή συνειδητοποίηση.

Η Fournier (1999) σε μελέτη που πραγματοποίησε με ακουστικά ερεθίσματα διατύπωσε την άποψη ότι η αύξηση του θήτα ρυθμού σε μερικές βρεγματικές, κεντρικές και δεξιές μετωπιαίες περιοχές κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας επικοινωνίας εμπλέκεται σε γνωστικές διεργασίες που σχετίζονται με την ερμηνεία του ακουστικού μηνύματος. Γενικότερα η αύξηση των απαιτήσεων σε νοητικές και συμπεριφοριστικές διεργασίες συνδέεται με αύξηση της θήτα δραστηριότητας.

Ρυθμός άλφα

Το μεγαλύτερο πλήθος ερευνών αναφέρονται στον άλφα ρυθμό (7.5–13 Hz), του οποίου η ισχύς συνδέεται γενικότερα με αντιστρόφως ανάλογη σχέση με τη καταβολή νοητικής προσπάθειας (Glass, 1964; Butler & Glass, 1976; Donchin et al., 1977; Gutierrez & Corsi-Cabrera, 1988; Nunez, 1995; Pfurtscheller, 1996; Burgess & Gruzelier, 1997; Klimesch et al., 1996; 1997a; 1997b; Klimesch, 1997; 1999). Η μείωση εντούτοις του πλάτους του ρυθμού («alpha blocking» ή «alpha desynchronization» ή ERD) έχει συνδεθεί με πλήθος γνωστικών διεργασιών, όπως οι νοεροί αριθμητικοί υπολογισμοί, διεργασίες που προέρχονται από τεστ νοημοσύνης και προβλήματα δημιουργικότητας (creative problems) (Gerlic & Jaušovec, 2001; Martindale, 1999; Gutierrez & Corsi-Cabrera, 1988; Nunez, 1995; Martindale et al. 1984; Butler & Glass, 1976; Donchin et al., 1977; Glass, 1964). Ο άλφα ρυθμός παρατηρείται σε όλες τις ηλικίες και περισσότερο στους ενήλικες, εμφανίζεται και στις δύο πλευρές του εγκεφάλου, αλλά συνήθως έχει ελαφρώς υψηλότερο πλάτος στο μη κυρίαρχο ημισφαίριο, κυρίως στους δεξιόχειρες.

Γενικά ο οπίσθιος άλφα συνδέεται με καταστάσεις χαλάρωσης όπως έχει δειχθεί σε περιπτώσεις ασθενών και ψυχωτικών ή κατατονικών ατόμων αλλά και φυσιολογικών συμμετεχόντων (Ray, 1990; Ray & Cole, 1985) ενώ η καταστολή του ρυθμού υποδηλώνει αισθητήριο ερεθισμό ή νοητική δραστηριότητα (Gremades et al., 2004; Shaw, 1996).

Ο Klimesch και οι συνεργάτες του προτείνουν έναν ευρύτερο ρόλο στην άλφα δραστηριότητα, εμπλέκοντάς την σε πολλές γνωστικές διεργασίες συμπεριλαμβανόμενων των λειτουργιών της προσοχής και της μνήμης, όπου η

δραστηριότητα αυτών των λειτουργιών προκαλεί αποσυγχρονισμό του άλφα ρυθμού (Klimesch, 1999). Επιπλέον διατυπώνουν την άποψη ότι ο άλφα συγχρονισμός μπορεί να αποτελέσει ένα δείκτη για διαδικασίες αναστολής. Όσο αυξάνουν οι απαιτήσεις της εργασίας στα αντίστοιχα δίκτυα, αυξάνει και η ανάγκη αναστολής και ταυτόχρονα έχουμε άλφα συγχρονισμό.

Φαίνεται ότι η άλφα δραστηριότητα δεν είναι ένας απλός δείκτης της αδράνειας του φλοιού, αλλά μέτρο μιας ενεργού διαδικασίας απαραίτητης για εσωτερικά κατευθυνόμενες νοητικές λειτουργίες. Ο Cooper και οι συνεργάτες του παρατήρησαν αυξημένα άλφα πλάτη κατά την εκτέλεση εσωτερικών διεργασιών σε σχέση με εργασίες εξωτερικής προσοχής κατά τη διάρκεια οπτικών, ακουστικών αλλά και απτικών εξετάσεων. Επίσης σημείωσαν αύξηση του πλάτους όσο αυξάνονταν οι απαιτήσεις των δραστηριοτήτων στις εργασίες εισόδου αισθητήριας πληροφορίας αλλά και στις εργασίες εσωτερικά κατευθυνόμενης προσοχής. Ωστόσο, σε μερικές μελέτες δεν επαληθεύτηκαν οι προηγούμενες παρατηρήσεις. Παράδειγμα αποτελεί η μελέτη των Cole και Ray (1985) οι οποίοι ερευνώντας διαφορές σε εργασίες που απαιτούν «είσοδο» αισθητηριακών πληροφοριών και εξωτερικά κατευθυνόμενη προσοχή σε σχέση με εργασίες που απαιτούν εσωτερικά κατευθυνόμενη προσοχή (όπως λχ. νοερή αριθμητική, νοητική απεικόνιση και μνημονικές ασκήσεις), παρατήρησαν στη δεύτερη περίπτωση αύξηση της ισχύος στην άλφα περιοχή και κυρίως στις πλευρικές περιοχές, φαινόμενο το οποίο ονομάστηκε άλφα παραδοξότητα.

Όπως έχει αναφερθεί ο άλφα ρυθμός διακρίνεται περεταίρω σε ανώτερο και κατώτερο υπορυθμό ή στους α_1 , α_2 . Οι υπορυθμοί αυτοί έχουν πλέον διαχωριστεί και ως προς τη λειτουργικότητά τους και τη σύνδεσή τους με νοητικές λειτουργίες. Ο «ανώτερος άλφα» υπορυθμός (11 – 13 Hz) έχει συνδεθεί με την κωδικοποίηση του ερεθίσματος, ενώ ο «κατώτερος άλφα» υπορυθμός (8 – 10 Hz) με την γνωστική επεξεργασία και τους μηχανισμούς της νοητικής προσπάθειας. Μεγάλη ισχύς στην «κατώτερη άλφα» περιοχή μπορεί να σημαίνει την προσπάθεια του υποκειμένου να αυξήσει την προσοχή και την επαγρύπνησή του δηλαδή τη νοητική του απόδοση.

Ο Jausovec (2000) χρησιμοποιώντας λίγο διαφορετική διατύπωση συσχετίζει τον ανώτερο άλφα ή α2 ρυθμό (11 – 13 Hz) με σημασιολογικές λειτουργίες της μνήμης καθώς ανταποκρίνεται επιλεκτικά στις σημασιολογικές απαιτήσεις της μακροπρόθεσμης μνήμης και στην κωδικοποίηση του ερεθίσματος. Τον κατώτερο άλφα ή α1 ρυθμό (8 – 10 Hz) τον συνέδεσε κυρίως με την γνωστική επεξεργασία και τους μηχανισμούς της νοητικής προσπάθειας (Jausovec, 2000), και την προσοχή (Jausovec, 1996). Οι δύο κατώτερες άλφα ζώνες σύμφωνα με παρατηρήσεις μελετών απεικονίζουν τους διαφορετικούς τύπους απαιτήσεων προσοχής και τοπογραφικά εξαπλώνονται σε ολόκληρο το φλοιό (Jausovec, 2001)

Ο Surwillo (1971) υποστηρίζει ότι η συχνότητα του άλφα ρυθμού είναι συσχετισμένη με την ταχύτητα επεξεργασίας της πληροφορίας μετρώντας τη με γνώμονα το χρόνο αντίδρασης του συμμετέχοντα στο προβαλλόμενο ερέθισμα. Συμμετέχοντες που επέδειξαν υψηλή συχνότητα του άλφα ρυθμού παρουσίασαν και χαμηλό χρόνο αντίδρασης (Klimesch et al., 1996). Η παρατήρηση αυτή φαίνεται να συμφωνεί και με το γεγονός της αύξησης της νοητικής ικανότητας από την παιδική ηλικία μέχρι την ενηλικίωση και της μείωσής της στα γηρατειά.

Μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις οπτικο-χωρικές διεργασίες με χρήση ΗΕΓ και είχε ως άξονα μελέτης τα βιντεοπαιχνίδια, υπογράμμισε μεγαλύτερη καταστολή του άλφα ρυθμού στο δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο σε σχέση με το αριστερό, δραστηριότητα που ερμηνεύτηκε ως αυξημένη ενεργοποίηση του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου (Gremades et al., 2004).

Όπως ήδη αναφέρθηκε η μείωση του πλάτους του ρυθμού α («alpha blocking» ή «alpha desynchronization» ή ERD) συνδέεται με πλήθος γνωστικών διεργασιών, όπως οι νοεροί υπολογισμοί, διεργασίες που προέρχονται από τεστ νοημοσύνης και προβλήματα δημιουργικότητας (Gerlic & Jausovec, 2001; Martindale, 1999; Gutierrez & Corsi-Cabrera, 1988; Nunez, 1995; Martindale et al., 1984; Kutas & McCarthy, 1977; Butler & Glass, 1976; Glass, 1964). Εδώ παρουσιάζεται η αρχική προσπάθεια σύνδεσης της ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας με τη ευφυΐα γενικά και όχι με κάποιες συγκεκριμένες νοητικές λειτουργίες.

Η παρατήρηση αυτή στηρίζει την υπόθεση ότι άτομα με υψηλότερο δείκτη νοημοσύνης (IQ) δεν χρειάζεται να καταβάλλουν μεγάλη νοητική προσπάθεια για την επίλυση προβλημάτων. Η θέση αυτή στηρίχθηκε και από ΗΕΓ μετρήσεις (Neubauer, 2000; Jausovec, 1996; 1997; 1998; Vitouch et al., 1997; Neubauer et al., 1995; Krause, 1992), στις οποίες η μεγαλύτερη ισχύς που εμφανίζεται στην περιοχή του άλφα ρυθμού (ανώτερος άλφα 10 -12 Hz) στους συμμετέχοντες με υψηλό δείκτη νοημοσύνης (IQ), ερμηνεύεται ως μειωμένη νοητική δραστηριότητα (Gerlic & Jausovec, 2001; Jausovec, 2000a; 2000b). Επιπροσθέτως, ΗΕΓ έρευνες με χρήση της μεθόδου της συνάφειας έδειξαν ότι τα ευφυέστερα παιδιά παρουσίασαν μειωμένη συνοχή διαφορετικών εγκεφαλικών περιοχών, ή με άλλα λόγια περιορισμένη συνεργασία απομακρυσμένων περιοχών (Gasser, 1987; Thacher, 1983). Αυτά τα ευρήματα ερμηνεύτηκαν με τον όρο της νευρωνικής αποδοτικότητας (neural efficiency) κατά τον οποίο τα πιο ευφυή άτομα χαρακτηρίζονται από μια αποδοτικότερη χρήση του εγκεφάλου τους και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, πιθανώς επειδή χρησιμοποιούν μόνο μια περιορισμένη ομάδα νευρωνικών κυκλωμάτων (Haier et al., 1992a). Εντούτοις όμως ο Jausovec (2000) παρατήρησε ότι τα ευφυή άτομα, κατά την επίλυση καλά καθορισμένων και μη προβλημάτων με διάφορους βαθμούς πολυπλοκότητας, έδειξαν αυξημένη συνεργασία περιοχών κυρίως στο δεξιό ημισφαίριο.

Στο πλαίσιο της αντιστρόφως ανάλογης σχέσης του άλφα ρυθμού με τις γνωστικές δεξιότητες στον άνθρωπο κατατάσσεται η πιο γνωστή περίπτωση καταστολής του άλφα ρυθμού η καταστολή που παρατηρείται στις ινιακές περιοχές ως εγκεφαλική αντίδραση σε οπτικά ερεθίσματα και έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές από την εποχή του Berger.

Σε σχετική βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποίησε ο Pfrutsceller αναφέρεται επίσης άλφα καταστολή στις αισθητηριακές και κινητικές περιοχές κατά τη διάρκεια κινητικών και σωματοαισθητηριακών εργασιών. Ωστόσο, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι Ruggenti et al. (2001) αναφέρουν παροδικές αυξήσεις του άλφα ρυθμού σε υποκείμενα που εκτελούν οπτικές δραστηριότητες. Οι αλλαγές αυτές ερμηνεύθηκαν ως σύντομες καταστάσεις χαλάρωσης από την εξωτερική οπτική επεξεργασία.

Η καταστολή του άλφα έχει επίσης συνδεθεί και με την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί ότι είναι εντονότερη όσο οι αριθμητικές πράξεις γίνονται δυσκολότερες. Ωστόσο είναι δυνατό και απλές αριθμητικές πράξεις να επιτύχουν καταστολή του άλφα, όταν το υποκείμενο επιδεικνύει αυξημένη ενεργοποίηση προσπαθώντας να ευχαριστήσει τον εξεταστή. Ο Wilson και οι συνεργάτες του μάλιστα προτείνουν δύο άλφα μηχανισμούς. Έναν που συνδέεται με τη συμμετοχή του υποκειμένου στην εκτελούμενη δραστηριότητα και έναν που συσχετίζεται με τις απαιτήσεις γνωστικού φόρτου (Jausovec et al., 2000).

Ο άλφα ρυθμός εμφανίζει αποσυγχρονισμό σε σχετικά ευρεία τοπολογία σε αισθητηριακές και μνημονικές λειτουργίες καθώς και στη λήψη αποφάσεων. Αύξηση της πολυπλοκότητας ή της προσοχής έχει σαν αποτέλεσμα αύξηση του αποσυγχρονισμού (Pfurtscheller, 1993). Ο αποσυγχρονισμός γενικότερα του άλφα ρυθμού σχετίζεται με τη δυσκολία της εργασίας. Όσο πιο απαιτητική είναι η εργασία και όσο περισσότερη η προσήλωση του συμμετέχοντα, τόσο περισσότερος είναι ο βαθμός του άλφα αποσυγχρονισμού (Klimesch, 1999).

Η τοπική ενδυνάμωση ή συγχρονισμός του άλφα (και του κατώτερου βήτα ρυθμού) συνδυάζεται με κατάσταση αδράνειας, δηλαδή μειωμένη φλοιϊκή δραστηριότητα. Επίσης έχει αναφερθεί άλφα συγχρονισμός κατά την αναμονή Πρίν την εμφάνιση ερεθίσματος. Η βασική παραδοχή στην υπόθεση της αδράνειας είναι ότι πάντα υπάρχουν εγκεφαλικές περιοχές που εμφανίζουν συγχρονισμό και άλλες που εμφανίζουν αποσυγχρονισμό την ίδια χρονική στιγμή με ένα ερέθισμα, ή με άλλα λόγια περιοχές του φλοιού που «δεν εργάζονται» και άλλες που «εργάζονται».

Γενικά ο άλφα αποσυγχρονισμός είναι μεγαλύτερος στις ινιακές περιοχές σε οπτικο-χωρικές διεργασίες (Pfurtscheller & Aranibar, 1977), στις κροταφικές σε πειράματα με ακουστική διάκριση στόχων (Kaufman et al., 1991) και στις κεντρικές-βρεγματικές περιοχές όταν το υποκείμενο πραγματοποιεί κινήσεις (Pfurtscheller & Aranibar, 1979).

Η καταστολή της κατώτερης άλφα περιοχής συχνοτήτων προκύπτει ως αντίδραση σε μια ποικιλία παραγόντων απουσία ερεθίσματος ή απουσία εργασίας που

καλύπτουν γενικά την έννοια της προσοχής. Τοπογραφικά εξαπλώνεται σε ολόκληρο το κρανίο και πιθανώς αντανακλά γενικές απαιτήσεις για εργασία και ενεργοποίηση της προσοχής. Ομοίως αποσυγχρονισμός του κατώτερου άλφα ή «άλφα 1» (περίπου 8-10 Hz) ρυθμού έχει παρατηρηθεί σχεδόν σε κάθε είδους εργασία και σχετίζεται με την επαγρύπνηση.

Από την άλλη πλευρά, η καταστολή γενικά της «ανώτερης άλφα» περιοχής είναι τοπογραφικά περιορισμένη, κυρίως στο αριστερό ημισφαίριο, και παρουσιάζεται να λαμβάνει χώρα κατά την επεξεργασία αισθητηριακής – σημασιολογικής πληροφορίας (Klimesch et al., 1992; 1994; 1996; 1997a; 1997b; 1997c). Σχετίζεται δηλαδή με κάποιο ερέθισμα και με διαδικασίες αισθητηριακής – κινητικής επεξεργασίας και πιθανώς με σημασιολογική κωδικοποίηση (Pfurtscheller, 1988; Klimesch et al., 1992; 1996; Krause et al., 1994). Στην περίπτωση της οπτικής πληροφορίας εμφανίζεται στις πλευρικο-ινιακές περιοχές. Σε επεξεργασία ακουστικής πληροφορίας και/ή κατά την κωδικοποίηση ενός μηνύματος επικοινωνίας (φωνητικές εντολές) εμφανίζεται «άλφα 2» αποσυγχρονισμός στις δεξιές μετωποκροταφικές και κεντρικές περιοχές και περιστασιακά στον αριστερό κροταφικό λοβό (Fournier et al., 1999).

Ο βαθμός του αποσυγχρονισμού είναι στενά συνδεδεμένος με τη λειτουργία της σημασιολογικής μνήμης. Ο Klimesch παρατήρησε ότι ο κατώτερος άλφα αποσυγχρονισμός είναι σημαντικά μεγαλύτερος σε άτομα με καλή απόδοση μνήμης κατά τη διάρκεια εργασιών που απαιτούσαν σημασιολογική κωδικοποίηση λέξεων. Η εξήγηση που έδωσε ήταν ότι κατά την κωδικοποίηση απαιτείται υψηλότερο επίπεδο προσοχής και ενεργοποίησης (Klimesch, 1996a; Sterman et al., 1996).

Αποσυγχρονισμός και στις δύο άλφα υποπεριοχές παρατηρείται και κατά τη διενέργεια ακουστικών μνημονικών εργασιών στις κεντρικές βρεγματικές περιοχές (Krause et al., 1996) και μπορεί να συνδεθεί με διαδικασίες μνημονικής εξέτασης.

Η μνημονική κωδικοποίηση και η ανάκτηση είναι δυο διαφορετικές λειτουργίες στον ανθρώπινο εγκέφαλο που συσχετίζονται και με διαφορετικά πρότυπα ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας. Από τα μέχρι τώρα πειραματικά ευρήματα φαίνεται ότι δραστηριότητες με παρόμοιες μνημονικές απαιτήσεις αλλά

διαφορετική αναπαράσταση των ερεθισμάτων (οπτική ή ακουστική) προκαλούν διαφορετικές συμπεριφορές στον άλφα ρυθμό, οι οποίες είναι τουλάχιστον μερικώς εξαρτώμενες από τη μορφή του ερεθίσματος.

Περισσότερες πληροφορίες για τη λειτουργία των μνημονικών συστημάτων λαμβάνουμε από το σχετικό με γεγονότα συγχρονισμό από αποσυγχρονισμό των ρυθμών του ΗΕΓ. Κατά τη μνημονική επεξεργασία ακουστικών ερεθισμάτων παρατηρείται άλφα συγχρονισμός στη φάση της κωδικοποίησης, ενώ άλφα αποσυγχρονισμός εμφανίζεται κατά τη φάση της ανάκτησης μιας αποθηκευμένης πληροφορίας. Ο άλφα ρυθμός μειώθηκε με την αύξηση του μνημονικού φόρτου μόνο στο αριστερό ημισφαίριο (στις θέσεις P3, Pz, T3, T5 και C3) ανεξάρτητα από τις πειραματικές συνθήκες.

Φαίνεται επίσης ο τύπος και η μορφή να έχουν σημαντική επίδραση στην ισχύ και στις τοπογραφικές διαφοροποιήσεις του άλφα ρυθμού (Wilson et al., 1999; Krause, 2006; Ray & Cole, 1985; Pfurtscheller & Aranibar, 1977).

Οι Sauseng et al. (2002) υποστηρίζουν ότι υπάρχει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάμεσα στη μνήμη εργασίας και την μακρόχρονη μνήμη, που στηρίζεται σε σήματα κωδικοποιημένα στον άλφα ρυθμό. Οι ερευνητές ερμηνεύουν τη «μετακίνηση» της θήτα δραστηριότητας από πρόσθιες προς οπίσθιες εγκεφαλικές περιοχές ως μεταφορά πληροφοριών από την μνήμη εργασίας στην μακρόχρονη μνήμη, ενώ το αντίστροφο φαινόμενο συνδέεται με την ανάκληση των πληροφοριών. Ταυτόχρονα ο άλφα ρυθμός λειτουργεί με αντίστροφη φορά, ενώ ο χρόνος αλλαγής κατεύθυνσης σχετίζεται αρνητικά με την απόδοση μνήμης.

Ο ίδιος ερευνητής σε μεταγενέστερη έρευνά του χρησιμοποιεί την ανάλυση φάσης του ΗΕΓ μαζί με τη φασματική ισχύ του σήματος στις περιοχές συχνοτήτων του κατώτερου άλφα υπορυθμού (7.9 – 10 Hz) και του ανώτερου άλφα (10.1 – 12.9 Hz), για τη μελέτη της επίλυσης προβλημάτων διαφορετικού τύπου και διαφορετικής δυσκολίας. Στα καλά καθορισμένα προβλήματα οι διαφορές ως προς το βαθμό πολυπλοκότητας των προβλημάτων στο φάσμα ισχύος και στις μετρήσεις συνοχής ήταν μικρές. Στα προβλήματα που απαιτούσαν δημιουργική σκέψη οι διαφορές στο φάσμα ισχύος συσχετίστηκαν κυρίως με τον τύπο αναπαράστασης των

προβλημάτων (οπτικό ή λεκτικό), ενώ η συνάφεια συσχετίστηκε με το βαθμό δημιουργικότητας που απαιτούνταν. Η μελέτη της συνάφειας στην περίπτωση αυτή ανέδειξε ενδο- και δια-ημισφαιρική συνεργασία μεταξύ απομακρυσμένων κυρίως περιοχών στα διαλεκτικά παρουσιαζόμενα δημιουργικά προβλήματα. Ο Jausovec υποστηρίζει ότι η δημιουργική σκέψη απαιτεί μεταφορά και επεξεργασία πληροφορίας μεταξύ διαφόρων εγκεφαλικών περιοχών, η οποία παρέχεται με μεγάλη συμμετοχή και απομακρυσμένων φλοιϊκών (cortico-cortical) συστημάτων, κάτι που δικαιολογεί τις αλλαγές συνάφειας σε αυτές τις περιοχές.

Ρυθμός βήτα

Ο ρυθμός βήτα αρχικά περιελάμβανε όλες τις συχνότητες άνω των 13 Hz, ενώ μέχρι τις μέρες μας το ανώτατο όριο του δεν είναι σταθερό και μπορεί να εξαρτάται από το αντικείμενο της εκάστοτε έρευνας, αν και συνήθως έχει επικρατήσει να κυμαίνεται μεταξύ 50 και 100 Hz. Γύρω στη δεκαετία του 90 οπότε και άρχισε να μελετάται πιο επισταμένως και ο γάμα ρυθμός, οριοθετήθηκε ο βήτα ρυθμός ώστε το ανώτατο όριο των συχνοτήτων του να μη ξεπερνάει τα 30 Hz ή 35 Hz, και το πλάτος του τα 30 μ V. Ο βήτα ρυθμός παρατηρείται σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και εντοπίζεται κυρίως στις πρόσθιες και στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές, παρουσιάζει μικρό πλάτος και είναι συνήθως συμμετρικός.

Πρόκειται για ένα ευαίσθητο εγκεφαλικό ρυθμό που μπορεί να επηρεαστεί από τη χρήση φαρμακευτικών σκευασμάτων που περιέχουν τα βαρβιτουρικά και οι βενζοδιαζεπίνες και προκαλούν αύξησή του (μεταξύ των άλλων είναι και αυτός ένας από τους λόγους που στις μελέτες που χρησιμοποιούν ως ερευνητικό τους εργαλείο το ΗΕΓ αποκλείονται περιπτώσεις συμμετεχόντων που κάνουν λήψη οποιασδήποτε φαρμακευτικής ή άλλης εξαρτησιογόνου ουσίας).

Περνώντας στην παρουσίαση ΗΕΓ δεδομένων για τον βήτα ρυθμό και τη σύνδεσή του με διάφορες γνωστικές δεξιότητες αναφέρεται ότι γενικότερα αύξηση του βήτα ρυθμού στις πρόσθιες περιοχές (Fp1, Fp2) συνδέεται με τη νοητική εργασία (Kirov Warsawska, & Voynov, 1996; Oken & Salinsky, 1992; Markand, 1990; Ray & Cole, 1985).

Οι Macaulay και Edmonds (2004) μέτρησαν την πρόσθια βήτα δραστηριότητα σε κατάσταση χαλάρωσης και κατά την εκτέλεση εργασιών μάθησης σε θέματα Ιστορίας, ζητώντας από τους συμμετέχοντες τόσο να ανακαλέσουν κάποιες πληροφορίες όσο και να δημιουργήσουν κάποιες νοητικές εικόνες από αυτές. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν προγενέστερες παρατηρήσεις που συσχέτιζαν την πρόσθια βήτα δραστηριότητα με τη νοητική εργασία αλλά και με καταστάσεις άγχους ή νευρικότητας. Πιο συγκεκριμένα ανέφεραν συσχετισμό (μείωση) της μετωπιαίας βήτα δραστηριότητας και του αισθήματος ανησυχίας, κατά τη διάρκεια περιόδων ανάπαυσης (όταν δεν εκτελείται καμία προφανής γνωστική διεργασία), ενώ δεν παρατήρησαν κανένα συσχετισμό κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης γνωστικών διεργασιών.

Η αύξηση του βήτα ρυθμού στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές (ηλεκτρόδια Fr1, Fr2) έχει συνδεθεί με αύξηση του άγχους ή μείωση του βαθμού χαλάρωσης (Jacobs et al., 1996; Field et al., 1996; Oken & Salinsky, 1992; Markand, 1990; Mundy-Castle, 1951; Petruzzello & Landers, 1994). Ένα πρόβλημα που προκύπτει σε τέτοιου είδους μελέτες είναι η δυσκολία να διαχωριστεί η ανεξάρτητη μεταβλητή που επηρεάζει την πρόσθια βήτα δραστηριότητα, δεδομένου ότι δεν είναι δυνατόν να θεωρηθεί ως ανεξάρτητη η νοητική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα σε καταστάσεις μάθησης, από τις ψυχολογικές συνιστώσες (άγχος, νευρικότητα) που δημιουργούνται και συνυπάρχουν την ίδια χρονική στιγμή.

Σε βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποίησε ο Chorpin (2000) συνοψίζοντας αποτελέσματα από προηγούμενες έρευνες ανέφερε ότι η επίδραση του συναισθήματος στην ΗΕΓ καταγραφή αφορά την αύξηση του ρυθμού βήτα σε σχέση με την άλφα δραστηριότητα στο μετωπικό λοβό καθώς και αύξηση στη βήτα δραστηριότητα στην περιοχή του βρεγματικού εγκεφαλικού λοβού.

Ένα μεγάλο τμήμα άλλων ερευνών έχει υποστηρίξει τη θέση ότι μια γενική αύξηση της βήτα δραστηριότητα (ανεξάρτητα από το ημισφαίριο) συνδέεται άμεσα με βίωση τόσο θετικών όσο και αρνητικών συναισθημάτων από τους συμμετέχοντες (Crawford et al., 1996; F.L. da Silva, 1991 & 2000; Davidson, 1992; Dawson, 1994; Pascalis, 1998; Davidson & Irwin, 1999; Jacobs et al. 1996; Mundy-Castle, 1951; Oken & Salinsky, 1992). Παράδειγμα αποτελούν οι μελέτες των Schellberg et al. (1990)

και Stenberg (1992) που ανέφεραν ότι υψηλότερη κροταφική βήτα δραστηριότητα στο δεξί ημισφαίριο σχετίζεται με τα θετικά σε σχέση με τα αρνητικά συναισθήματα. Επιπροσθέτως, ο Chorpin σε σχετική μελέτη του (2000) ανέφερε αυξανόμενη βήτα συνοχή μεταξύ αριστερών και δεξιών βρεγματο-ινιακών εγκεφαλικών λοβών, την οποία, σε συνδυασμό με την παρατήρηση των Lang et al. που είχε προηγηθεί (1998), ανέφερε συσχετισμό του ινιακού φλοιού με τη συναισθηματική διέγερση, την ερμήνευσε σύμφωνα με την συμπληρωματική λειτουργία του ινιακού και του βρεγματικού εγκεφαλικού φλοιού. Το συναίσθημα της χαράς συνοδεύτηκε στους περισσότερους συμμετέχοντες με αυξημένη συνοχή μεταξύ των βρεγματικών ηλεκτροδίων στις συχνότητες 27.5-30 Hz και από αύξηση της ισχύος της ίδιας ζώνης συχνοτήτων στο δεξιό βρεγματικό φλοιό συνδέοντάς τη με εκδήλωση συναισθηματικού φόρτου.

Ο ρυθμός βήτα εκτός από τις συναισθηματικές καταστάσεις έχει συνδεθεί και με πλήθος γνωστικών διεργασιών, όπως λχ. με τη προσοχή (da Silva, 1991 & 2000). Αύξηση του βήτα ρυθμού (25-30 Hz) στην περιοχή του βρεγματικού εγκεφαλικού λοβού σε συμμετέχοντα που βρίσκεται σε συναισθηματική φόρτιση είναι δυνατό να αποδοθεί και σε εκτέλεση δευτερογενών διαδικασιών διέγερσης και προσοχής.

Ο βήτα ρυθμός επίσης έχει συνδεθεί και με τη λειτουργία της μνήμης. Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Wilson et al. (1999) και ζητούσαν από τους συμμετέχοντες να απομνημονεύσουν στόχους διαφορετικού μεγέθους παρατηρήθηκε ότι η ισχύς του «βήτα 2» υπορυθμού (16.2 – 24.9 Hz) αυξήθηκε για τα μικρότερα σύνολα μνημονικών στόχων, ενώ μειώθηκε για τα μεγαλύτερα. Ενώ μελέτη των Gevins et al. (1998) που είχε προηγηθεί είχε επισημάνει ότι ο βήτα ρυθμός ήταν υψηλότερος στις κροταφικές εγκεφαλικές περιοχές, αλλά μειώνονταν ως συνάρτηση του μνημονικού φόρτου μόνο στο κεντρικό ηλεκτρόδιο Cz.

Εντός των παρασίτων που προκαλεί το άνοιγμα και το κλείσιμο των ματιών στην ΗΕΓ καταγραφή, επίδραση ασκούν και στην εικόνα του βήτα ρυθμού. Σε μελέτη που πραγματοποίησαν πρώτοι οι Dolce και Waldeier (1974) και συνέκριναν διεργασίες όπως το άνοιγμα ματιών, τη νοερή αριθμητική και ανάγνωση με καταστάσεις χαλάρωσης σε συμμετέχοντες που είχαν κλειστά μάτια, παρατηρήθηκε ότι ο βήτα

ρυθμός αυξήθηκε με το άνοιγμα των ματιών και την ανάγνωση, όχι όμως κατά την εκτέλεση νοερής αριθμητικής.

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν αρκετά χρόνια αργότερα οι Gross et al. (2004) βρήκαν ότι ο συγχρονισμός των ταλαντώσεων στη βήτα περιοχή (περίπου 15 Hz) ανάμεσα σε πλευρικές, μετωπιαίες και ινιακές εγκεφαλικές περιοχές είναι εντονότερος κατά τη διάρκεια εργασιών που απαιτούν προσοχή σε οπτικό ερέθισμα ενώ όσο μεγαλύτερος ήταν ο συγχρονισμός τόσο καλύτερες ήταν και οι επιδόσεις των συμμετεχόντων στην δοκιμασία.

Ο βήτα ρυθμός έχει επίσης συνδεθεί και με παράσιτα που προκαλούνται από τη χρήση κράνους ΕΠ στην εκτέλεση πειραμάτων με τρισδιάστατα περιβάλλοντα όπου τα παράσιτα που προκαλούνται επιδρούν κυρίως στην περιοχή του «βήτα 2» ρυθμού (18 -20 Hz) και μπορεί να είναι απόρροια του βάρους που φέρει το κράνος (Strickland & Chartier, 1997).

Ρυθμός γάμα

Ο γάμα ρυθμός περιλαμβάνει την ηλεκτρική δραστηριότητα στην περιοχή συχνοτήτων γύρω από τα 40 Hz και παρατηρείται τόσο στον ανθρώπινο εγκέφαλο όσο και σε άλλα είδη. Το πλάτος του ρυθμού είναι μικρότερο από το πλάτος των άλφα και θήτα ρυθμών, και αυτό είναι αιτία συχνά να υπερκαλύπτεται από αυτούς. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο Niedermeyer (1999) υποστηρίζει πως δεν πρόκειται για αυθόρμητο ρυθμό, αλλά ότι σχετίζεται με προκλητό συγχρονισμό μικρής προϋπάρχουσας κινητικής δραστηριότητας.

Ο Basar και οι συνεργάτες (1996) του έχουν συσχετίσει το γάμα ρυθμό με διαφορετικές λειτουργίες και συμπεριφορικές αντιδράσεις, που παρατηρούνται σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές σαν απάντηση σε ποικίλα αισθητηριακά και γνωστικά ερεθίσματα και διατύπωσαν τη θέση ότι οι αλλαγές στον γάμα ρυθμό αναπαριστούν ένα καθολικό κώδικα επικοινωνίας στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Σε αντίθεση με τον άλφα, ο γάμα ρυθμός αντανακλά μια κατάσταση ενεργητικής επεξεργασίας πληροφοριών. Φαίνεται μάλιστα ότι προϋπόθεση για την εμφάνιση του γάμα ρυθμού είναι ο αποσυγχρονισμός του άλφα. Διαφορετική είναι και η τοπογραφική εξάπλωση των δύο ρυθμών με τον γάμα να εμφανίζει φαινόμενα

συγχρονισμού σε πολλές εγκεφαλικές περιοχές, ακόμη και σε διαφορετικά ημισφαίρια.

Ο ρυθμός γάμα έχει συνδεθεί με την οπτική αντίληψη αντικειμένων αλλά και την προσοχή. Οι Crick και Koch (1990a,b) διατύπωσαν την υπόθεση ότι φαινόμενα συγχρονισμού του γάμα ρυθμού στον οπτικό κυρίως φλοιό παίζουν καθοριστικό ρόλο στην οπτική επίγνωση, άποψη την οποία υποστήριξαν και οι Tallon et al. λίγα χρόνια μετά (1995) διευρύνοντας το ρόλο του γάμα ρυθμού στη σύνδεση οπτικών χαρακτηριστικών στατικών αντικειμένων.

Οι Engel και Singer έκαναν μια συγκριτική μελέτη (2001) χρησιμοποιώντας καταγραφή συνεχόμενου ΗΕΓ κατά τη διεξαγωγή οκτώ διεργασιών (οπτική στόχευση, ανάγνωση κειμένου, αριθμητική αφαίρεση, ακρόαση μουσικής, απομνημόνευση λέξεων, ανάκληση, αναμονή οπτικού ερεθίσματος) σε σχέση με διάστημα ελέγχου όπου οι συμμετέχοντες χαλάρωναν με τα μάτια ανοιχτά. Παρατήρησαν αύξηση της γάμα ισχύος σε όλες τις διεργασίες, με μοναδική εξαίρεση την οπτική στόχευση.

Λίγα χρόνια Πρίν οι Rodriguez et al. (1999) σε μελέτη που είχαν πραγματοποιήσει όπου παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες κάποιες διφορούμενες ασπρόμαυρες εικόνες, είχαν καταγράψει αύξηση της γάμα ισχύος όταν οι συμμετέχοντες αναγνώριζαν πρόσωπα στις προβαλλόμενες εικόνες σε σχέση με την παρουσίαση των ίδιων εικόνων με τέτοιο τρόπο ώστε να μην σχηματίζονται πρόσωπα.

Τα δεδομένα αυτά ενίσχυσαν οι Müller et al. (2000) προσθέτοντας σύνδεση του γάμα ρυθμού και με αντιληπτικούς μηχανισμούς προσοχής. Πιο συγκεκριμένα, υποστήριξαν ότι ο επαγόμενος γάμα ρυθμός συνδέεται στενά με την επεξεργασία οπτικών πληροφοριών αλλά και με αντιληπτικούς μηχανισμούς προσοχής. Τη θέση τους ισχυροποίησαν με έρευνα για τη χωρική επιλεκτική προσοχή. Παρατήρησαν πως όταν οι συμμετέχοντες έστρεφαν την προσοχή τους σε ένα ορισμένο ερέθισμα, η φασματική ισχύς του γάμα ρυθμού αυξάνονταν σε σύγκριση με τη δραστηριότητα των συμμετεχόντων που αγνόησαν το ίδιο ερέθισμα. Δεδομένα τα οποία είναι σε συμφωνία με αυτά μελετών που χρησιμοποίησαν σαν μεθοδολογικά εργαλεία τις απεικονιστικές μεθόδους PET (Positron Emission Tomography) και fMRI (functional

Magnetic Resonance Imaging) που κατέγραψαν αύξηση της αιματικής ροής στις περιοχές του οπτικού φλοιού που αντιστοιχούν σε οπτικά ερεθίσματα που τραβούν ;την προσοχή των υποκειμένων (Corbetta et al., 1995; Beauchamp et al., 1997).

Επίσης οι Gruber et al. (2005) σε έρευνα για την οπτική επιλεκτική προσοχή εντόπισαν διαφοροποίηση στο γάμα ρυθμό (35 – 51 Hz) καθώς η ισχύς του αυξήθηκε όταν οι συμμετέχοντες έστρεφαν την προσοχή τους σε ένα κινούμενο οπτικό ερέθισμα σε σχέση τους συμμετέχοντες που το αγνόησαν. Η μετατόπιση αυτή της οπτικής χωρικής προσοχής είτε στο αριστερό είτε στο δεξιό οπτικό πεδίο συνοδεύτηκε από μια μετατόπιση της γάμα δραστηριότητας προς το ετερόπλευρο εγκεφαλικό ημισφαίριο κυρίως στις βρεγματο-ινιακές περιοχές. Εκτός από την αναμενόμενη συμμετοχή βρεγματο-ινιακών περιοχών που σχετίζονται άμεσα με την οπτική λειτουργία, παρατηρήθηκε μικρή αύξηση της γάμα ισχύος στις μετωπιαίες περιοχές που αποδόθηκε στη λειτουργία της επιλεκτικής προσοχής. Τα ευρήματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με αυτά άλλων ερευνών που έχουν συνδέσει τη γάμα δραστηριότητα με από επάνω προς τα κάτω επεξεργασίες προσοχής και αντίληψης αντικειμένων (Tiitinen et al., 1993; Kiel et al., 1999; Rodriguez et al., 1999; Debunker et al., 2003; Gruber and Muller 2005).

Αξιοσημείωτο είναι πώς αντίστοιχα ήταν και τα ευρήματα σε συγκριτικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε εικονικά περιβάλλοντα όπου η παρατήρηση στερεοσκοπικών εικόνων είχε ως αποτέλεσμα αύξηση του ινιακού γάμα ρυθμού στις τρισδιάστατες αναπαραστάσεις σε σχέση με τις δισδιάστατες (Revonsuo et al. 1997).

Χαρακτηριστική της δράσης και του ρόλου του γάμα ρυθμού είναι η θέση που διατύπωσε η Basar-Eroglu ότι σύμφωνα με μια γενικευμένη θεώρηση του εγκεφάλου ως κατανεμημένο σύστημα παράλληλης επεξεργασίας, σε ένα ευρύ πλαίσιο μετρήσεων σε διάφορα είδη, εγκεφαλικές δομές και πειραματικές συνθήκες, ο ρυθμός γάμα έχει σημαντική, καθολική δράση στη λειτουργία του εγκεφάλου. Ισχυρίζεται πως αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό κώδικα επικοινωνίας μέσω του οποίου ανταλλάσσουν πληροφορίες οι εγκεφαλικές δομές μεταξύ τους (Basar-Eroglu et al., 1996). Η άποψη αυτή ενισχύεται και από τη θέση ότι η γάμα ζώνη φαίνεται κατάλληλη για γρήγορο συγχρονισμό μεταξύ απομακρυσμένων

χωρικά εγκεφαλικών περιοχών που είχε διατυπώσει ο Singer (Singer, 1993), τον ισχυρισμό των Desmedt και Tomberg (1994) που σε σχετική μελέτη που ερμήνευσαν τον επιλεκτικό συγχρονισμό του γάμα ρυθμού μεταξύ προμετωπιαίων και βρεγματικών εγκεφαλικών περιοχών ως ένδειξη μίας προσωρινής μεταβατικής σύνδεσης γνωστικών χαρακτηριστικών.

Επιπροσθέτως, ως ενισχυτική των θέσεων αυτών εμφανίζεται οι άποψη των Engel και Singer (2001) που ενισχύθηκε και από ευρήματα άλλων μελετών και υποστηρίζει ότι ο γάμα ρυθμός τόσο στους ανθρώπους όσο και στα ζώα αποτελεί μέσο και μέτρο σύνδεσης και κατανομής των πληροφοριών μεταξύ κατανεμημένων νευρωνικών υποδικτύων σε πλήθος εγκεφαλικών λειτουργιών, ακουστικών (Joliot et al., 1994), σωματοαισθητικών (Sauve et al., 1998) αισθητικοκινητικών (Aoki et al. 1999), στη λειτουργία και αντίληψη της στερεοσκοπίας (Revonsuo et al., 1997), στη μνημονική λειτουργία (Tallon-Baudry et al., 1998) και γενικά σε όλες τις αισθητικές διεργασίες (Keil et al., 1999).

Η δραστηριότητα γάμα έχει επίσης συνδεθεί από αρκετούς ερευνητές με το μνημονικό φόρτο σε διεργασίες της μνήμης εργασίας (Howard et al., 2003). Πιο συγκεκριμένα κάποιοι ερευνητές υποστήριξαν τη θέση ότι η λειτουργία της μνήμης εργασίας πιθανόν πραγματοποιείται με αλλαγές στον γάμα ρυθμό κυρίως όταν απαιτείται πολύ γρήγορη προσπέλαση (Jensen & Lisman, 1998) ή όταν η επεξεργασία είναι προσανατολισμένη σε κάποιο συγκεκριμένο ερέθισμα-στόχο (Elliott et al., 2000). Καινοτόμα και συμπληρωματική είναι η άποψη που διατύπωσαν οι Conci et al. ότι η δραστηριοποίηση της οπτικής βραχύχρονης μνήμης συνδέεται με εμφάνιση γάμα δραστηριότητας για περισσότερα από 300 msec μετά την προβολή του οπτικού ερεθίσματος και εμπλέκει προμετωπιαία και ινιακά νευρικά κυκλώματα που επικοινωνούν μεταξύ τους (2004).

Μία άλλη νοητική διεργασία με την οποία έχει συνδεθεί ο γάμα ρυθμός είναι το συναίσθημα. Οι Müller et al. (2000) διαπίστωσαν ότι η επεξεργασία συναισθηματικά φορτισμένων εικόνων επιφέρει αλλαγές στον γάμα ρυθμό που είναι ανάλογες με την ένταση του ερεθίσματος. Οι αλλαγές αυτές, δηλαδή η αύξηση της ισχύος του γάμα ρυθμού, ήταν εντονότερες γύρω στα 40 Hz και τοπογραφικά παρατηρήθηκαν σε πρόσθιες αλλά και οπίσθιες περιοχές του κροταφικού λοβού.

Στις ουδέτερες συναισθηματικά εικόνες το κέντρο της γάμα δραστηριότητας παρατηρήθηκε σε βρεγματο-ινιακά ηλεκτρόδια, που υποδεικνύουν δραστηριότητα σχετική με την οπτική επεξεργασία πληροφοριών. Σε γενικές γραμμές η παρουσία του συναισθήματος συνοδεύτηκε με σημαντική αύξηση της ισχύος του γάμα ρυθμού κυρίως εστιασμένης στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο για τις ευχάριστες εικόνες ενώ για τις δυσάρεστες στο αριστερό.

Επιπλέον αρκετοί ερευνητές είναι εκείνοι που υποστηρίζουν την άποψη ότι υψηλότερη αυθόρμητη δραστηριότητα είναι πιθανό να φέρνει τους νευρώνες πιο κοντά σε ένα κατώτατο όριο ενεργοποίησης, διευκολύνοντας κατά συνέπεια την ανίχνευση των αδύνατων ερεθισμάτων, ενώ η πολύ υψηλή αυθόρμητη δραστηριότητα έχει έναν ρόλο φραγμού που αποτρέπει την πρόσβαση σε άλλα εξωτερικά ερεθίσματα. Υπό αυτό το πρίσμα προσωρινές περιόδους συγχρονισμένων ταλαντώσεων γάμα με αυξανόμενο εύρος στο συνεχόμενο ΗΕΓ θεωρήθηκε από τους ερευνητές ότι οδηγούν σε διευκόλυνση της αισθητήριας επεξεργασίας και επομένως αντιστοιχούν σε κατάσταση αυξημένης επαγρύπνησης. Η σύνδεση του γάμα ρυθμού με την κατάσταση της αυξημένης επαγρύπνησης οδηγεί και σε μία άλλη σύνδεση του με την αυξημένη προσοχή. Οι αυξήσεις στο γάμα ρυθμό και κυρίως στις βρεγματικές περιοχές, συσχετίζονται με αλλαγές στην προσοχή που έχουν παρατηρηθεί τόσο σε ανθρώπους όσο και σε μαϊμούδες (Gruber et al., 1999; Shibata et al., 1999; Tallon-Baudry, 2004). Η Basar-Eroglou et al. (1996) αναφέρει αρκετές έρευνες για συσχετισμό του γάμα ρυθμού με καταστάσεις προσοχής και κινήτρων στον άνθρωπο όπου το πλάτος του γάμα ρυθμού φέρεται να αυξάνει καθώς ο συμμετέχων αυξάνει την προσοχή του (Bouyer et al. 1987). Παρόμοια συμπεράσματα αλλά για επιλεκτική προσοχή και ακουστικά κυρίως ερεθίσματα έχουν αναφερθεί και από τους Tiitinen et al. (1993) και Basar et al. (1996).

Μία άλλη σύνδεση του γάμα ρυθμού έχει αναφερθεί από τον Pfurtscheller που ανέφερε ότι προκλητός αποσυγχρονισμός στην περιοχή συχνοτήτων 38 – 40 Hz δείχνει το ακριβές σημείο για κινήσεις του αριστερού και δεξιού δείκτη, του δεξιού δάχτυλου του ποδιού ενώ έχει σχετιστεί και με κινήσεις της γλώσσας (Pfurtscheller et al., 1994; Pfurtscheller, 1992).

Τέλος, μία μικρή μερίδα επιστημόνων έχει συνδέσει την εμφάνιση του γάμα ρυθμού με παράσιτα της φασματικής ανάλυσης του συνεχόμενου ΗΕΓ άποψη που όμως δεν είναι ευρύτατα αποδεκτή (Jürgens, 1995; Rösler, 1995).

Σύνοψη

Από τη βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο παρόν κεφάλαιο παρατηρείται ότι σύμφωνα με μεγάλο όγκο επιστημονικών μελετών οι εγκεφαλικοί ρυθμοί συνδέονται με πλήθος γνωστικών διεργασιών. Εντούτοις πρέπει να τονιστεί ότι οι εγκεφαλικοί ρυθμοί είναι πολυπαραγοντικές και ευαίσθητες μετρήσεις και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολία μελέτης τους καθώς και εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων για την σχέση τους με τη λειτουργία του εγκεφάλου.

Παρά την εκτενή μελέτη των ρυθμών αυτών μέχρι και σήμερα και την πληθώρα κοινών αποτελεσμάτων είναι δύσκολο να γίνει λόγος για αιτιακή σχέση μεταξύ εγκεφαλικών ρυθμών και εγκεφαλικών λειτουργιών αν και έχει παρατηρηθεί σε πολλές περιπτώσεις η ύπαρξη σταθερά επαναλαμβανόμενων χρονικών ακολουθιών συγκεκριμένων γνωστικών διεργασιών και συγκεκριμένων ΗΕΓ ρυθμών. Παραδείγματα τέτοιων συνδέσεων είναι ο χαμηλός ΗΕΓ ρυθμός θήτα (4 -7 Hz) που έχει συνδεθεί με καταστάσεις ύπνωσης, μειωμένης επαγρύπνησης καθώς και με τη λειτουργία του γνωστικού μηχανισμού της μνήμης εργασίας. Ο ρυθμός άλφα έχει συνδεθεί με πλήθος γνωστικών διεργασιών (ο άλφα-1 ρυθμός έχει συνδεθεί με τη γνωστική διεργασία της ετοιμότητας και της επαγρύπνησης, ο άλφα-2 με τη λειτουργία της προσοχής και ο ανώτερος άλφα με μνημονικές διεργασίες). Ο βήτα ρυθμός (Hz) έχει συνδεθεί με την παρατήρηση, εκτέλεση αλλά και τη νοητική επεξεργασία κινήσεων ενώ ο γάμα ρυθμός (40 Hz) έχει συνδεθεί με αναπαράσταση καθολικού κώδικα επικοινωνίας στο ΚΝΣ και με καταστάσεις ενεργητικής επεξεργασίας πληροφοριών (λχ οπτική αντίληψη, προσοχή κ.α). Συνοπτικά, οι ανώτεροι ΗΕΓ ρυθμοί έχουν ταυτιστεί με γνωστικές διεργασίες επεξεργασίας αισθητηριακών ερεθισμάτων ενώ οι κατώτεροι ΗΕΓ ρυθμοί με γνωστικές διεργασίες που εκτελούνται σε γρήγορους ρυθμούς.

Κεφάλαιο 4 Εκπαιδευτικά Εικονικά Περιβάλλοντα και Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μία προσπάθεια παρουσίασης της σχέσης που συνδέει την ΗΕΓ μέθοδο απεικόνισης με τη χρήση της τεχνολογίας της ΕΠ για εκπαιδευτικούς σκοπούς ενώ υπογραμμίζεται και η προσφορά χρήσης της εν λόγω απεικονιστικής μεθόδου εν γένει συνδυαστικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας της ΕΠ. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται είναι αποτέλεσμα βιβλιογραφικής επισκόπησης.

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας καθώς και η εξέλιξη συγκεκριμένα της τεχνολογίας της ΕΠ, παρέχει σημαντικές δυνατότητες μελέτης σε πολλούς και διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους. Εκτός όμως από τις υψηλές δυνατότητες της τεχνολογίας της ΕΠ υπάρχουν και κάποιοι κίνδυνοι. Οι πιο συνηθισμένοι κίνδυνοι είναι η αισθητηριακή και νοητική υπερφόρτωση των ατόμων λόγω έκθεσής τους σε εξαιρετικά εμπλουτισμένα ΕΠ που σε αρκετές περιπτώσεις προκαλεί ακόμη και συναισθήματα δυσαρέσκειας και απόσπασης προσοχής από το προβαλλόμενο ερέθισμα (Pugnetti et al., 1996).

Συνεπώς πολλή μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στο σχεδιασμό ενός ΕΠ καθώς τόσο το περιεχόμενο όσο και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη συναισθηματική, γνωστική και νευρολογική συμπεριφορά του υποκειμένου. Έχει παρατηρηθεί ότι έκθεση των υποκειμένων σε μη οικεία ως προς το περιεχόμενο και τη φύση ΕΠ είναι δυνατόν να προκαλέσουν γνωστική και συναισθηματική δυσφορία καθώς ο εγκέφαλος έρχεται αντιμέτωπος με νέες τεχνικά παραγόμενες μορφές αισθητηριακών αναπαραστάσεων που καλείται να επεξεργαστεί όπως συμβαίνει και στην ασθένεια του κυβερνοχώρου (Cartwright & Zanni, 1996).

Δεδομένης της έντονης πλαστικότητας που χαρακτηρίζει τον ανθρώπινο εγκέφαλο κάποιοι επιστήμονες ερευνητές θέλησαν να μελετήσουν τη συμπεριφορά του ανθρώπινου εγκεφάλου κατά την έκθεση και εξοικείωσή του με διάφορες

εφαρμογές της ΕΠ. Από την ανάγκη αυτή να ερευνηθεί η σχέση της εγκεφαλικής λειτουργίας και της εφαρμογής της τεχνολογίας της ΕΠ δημιουργήθηκε μια σειρά επιστημονικών ερωτημάτων που ζητούν απάντηση όπως είναι τα εξής:

Μπορεί να προσδιοριστεί η νευρική βάση της κατάστασης που βιώνεται από κάποιο υποκείμενο κατά την έκθεσή του σε ένα ΕΠ;

Μπορούν να αξιολογηθούν με χρήση τεχνικών απεικόνισης της εγκεφαλικής λειτουργίας οι παράμετροι επίδρασης κατά την αλληλεπίδραση ενός ατόμου με ένα ΕΠ;

Απαιτούνται οι ίδιες εγκεφαλικές δραστηριότητες για να επεξεργαστούν τα άτομα πανομοιότυπα ερεθίσματα στον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο;

Για την απάντηση των ερωτημάτων αυτών χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι απεικόνισης της εγκεφαλικής λειτουργίας καθώς και της λειτουργίας του ΚΝΣ εν γένει.

Η καταγραφή και η μέτρηση των αντιδράσεων του κεντρικού και περιφερειακού νευρικού συστήματος μπορεί να αποδειχθεί σημαντική πληροφορία κατά τη διάρκεια κατασκευής και εφαρμογής ενός ΕΠ. Μελέτες με τη μέθοδο της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, των προκλητών δυναμικών και της παρατήρησης των ψυχολογικών μεταβολών κατά την έκθεση σε ΕΠ αν και είναι ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο και έχουν δώσει ήδη θετικά αποτελέσματα, απομένει μεγάλος όγκος δεδομένων που πρέπει να μελετηθούν προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα εξαγωγής πρακτικά χρήσιμων συμπερασμάτων. Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία πέραν των ΕΠ έχει εφαρμοστεί και συνδυαστικά με τη χρήση πολυμέσων για εκπαιδευτικούς και όχι μόνο σκοπούς. Τα αποτελέσματα από τις μελέτες αυτές λειτούργησαν σαν προπομπός για την περαιτέρω εφαρμογή της ΗΕΓ και στα ΕΠ.

Στα πλαίσια των αναγκών αυτών, αρκετές έρευνες έλαβαν χώρα εντούτοις ελάχιστες από αυτές έκαναν παράλληλη χρήση κάποιας μεθόδου απεικόνισης εγκεφαλικής λειτουργίας προκειμένου να δουν ποιες γνωστικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια αλληλεπίδρασης των συμμετεχόντων με τα πολυμέσα.

Μια από τις πρώτες προσπάθειες καταγραφής της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την αλληλεπίδραση με περιβάλλοντα πολυμέσων εκπαιδευτικού περιεχομένου αποτελεί η μελέτη των Gerlic και Jaušovec (1999) οι οποίοι χρησιμοποίησαν περιβάλλοντα κειμένου, εικόνας και βίντεο ενώ παράλληλα κατέγραφαν την εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων χρησιμοποιώντας την απεικονιστική μέθοδο της ΗΕΓ. Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι κατά την επεξεργασία του απλού κειμένου οι συμμετέχοντες απαιτείται να καταβάλλουν τη μικρότερη νοητική προσπάθεια (υψηλή άλφα εγκεφαλική δραστηριότητα στις κροταφικο- ινιακές εγκεφαλικές περιοχές και χαμηλή στις μετωπιαίες εγκεφαλικές περιοχές) σε σύγκριση με τα άλλα δύο περιβάλλοντα που είναι σε συμφωνία και με αποτελέσματα ερευνών που είχαν προηγηθεί (Petrides et al., 1993; Dunbar & Sussman, 1995). Παράλληλα διατυπώθηκε η θέση ότι ως απόρροια των πολυμεσικών αναπαραστάσεων οι συμμετέχοντες προβαίνουν σε τεχνικές νοερής απεικόνισης, ενώ ξεχωριστή επεξεργασία της εγκεφαλικής δραστηριότητας ευφών συμμετεχόντων που έλαβαν χώρα στη μελέτη έδειξε πως τα περισσότερο προικισμένα υποκείμενα εμφάνισαν λιγότερη νοητική προσπάθεια σε όλες τις διεργασίες και κυρίως στις πολυμεσικές διεργασίες επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα άλλων μελετών (Jaušovec, 1996; 1997; Neubauer et al., 1995; Haier et al., 1992).

Οι ίδιοι ερευνητές λίγα χρόνια μετά ορμώμενοι από τα αποτελέσματα αυτά προέβησαν σε μια άλλη έρευνα χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία (Gerlic και Jaušovec, 2001) ενώ ως εκπαιδευτικά εργαλεία χρησιμοποίησαν ένα κείμενο σε χαρτί και ένα περιβάλλον πολυμέσων. Τα αποτελέσματα της μελέτης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι οι συμμετέχοντες καταβάλλουν εντονότερη νοητική προσπάθεια για την επεξεργασία πολυμεσικών μαθησιακών περιβαλλόντων κλονίζοντας την μέχρι τότε επικρατούσα άποψη ότι η χρήση πολυμεσικών εφαρμογών στην εκπαίδευση μειώνει το νοητικό φόρτο των σπουδαστών. Ενώ η μελέτη των χαρτών συνάφειας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι κατά την επεξεργασία ενός πολυμεσικού περιβάλλοντος αρκετές εγκεφαλικές περιοχές λειτούργησαν διαχωρισμένες στον κατώτερο άλφα ρυθμό, ενώ στην επεξεργασία του κειμένου προκλήθηκαν

μεγαλύτερες τιμές συνάφειας και επομένως μεγαλύτερη συνεργασία ενδο-ημισφαιρικών και δια-ημισφαιρικών περιοχών.

4.1 Εγκεφαλική λειτουργία κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ

Για τη μελέτη της εγκεφαλικής λειτουργίας των υποκειμένων κατά την παρατήρηση ΕΠ έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες απεικονιστικές τεχνικές όπως είναι οι μετρήσεις ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας που χρησιμοποιεί η παρούσα μελέτη και αποτελούν κεντρικό άξονα της καθώς και αιμοδυναμικές μετρήσεις (όπως είναι η Λειτουργική Μαγνητική Τομογραφία fMRI) που προσφέρουν επιπλέον χρήσιμες πληροφορίες καθώς παρουσιάζουν δραστηριότητα κατά την αλληλεπίδραση με συγκεκριμένα ΕΠ και δεν εστιάζουν αποκλειστικά στις φλοιϊκές εγκεφαλικές περιοχές όπως ισχύει με τις μετρήσεις της ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Πέραν των πλεονεκτημάτων της η μέθοδος των αιμοδυναμικών μετρήσεων έχει και κάποια μειονεκτήματα που σχετίζονται με βασικά χαρακτηριστικά της. Πιο συγκεκριμένα, οι μέθοδοι αυτοί δεν επιτρέπουν την πραγματοποίηση κινήσεων από τα υποκείμενα, απαιτούν ακριβό εξοπλισμό ενώ επηρεάζονται από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγονται από τον εξοπλισμό προβολής ΕΠ όπως είναι οι στερεοσκοπικές οθόνες, το κράνος εμβύθισης, συσκευές ήχου, συσκευές μαγνητοφώνησης κ.α (Mraz et al. 2003; Hoffman et al., 2003b; 2003c).

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά μόνο στις μελέτες που χρησιμοποίησαν μετρήσεις ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ. Πρίν όμως γίνει αναλυτική βιβλιογραφική παρουσίαση, ίσως η πρώτη ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί όταν επιχειρείται σύνδεση των ψυχοφυσιολογικών καταγραφών με ένα σύστημα ΕΠ είναι το εάν είναι πιθανό να υπάρξουν βιοηλεκτρικά σήματα σε τέτοια περιβάλλοντα.

Όπως συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο, έτσι και στα ΕΠ, το ζητούμενο είναι να εντοπιστούν τα σύστοιχα των ΗΕΓ μεγεθών των ψυχολογικών μεταβλητών (διέγερση, προσοχή, γνωστικό φορτίο, συναισθηματική κατάσταση κ.ά.) κατά την αλληλεπίδραση υποκειμένων και ΕΠ.

Αρχικά οι επιστήμονες που πραγματεύτηκαν το ζήτημα αυτό με εφαρμογές σε πραγματικά περιβάλλοντα είχαν διατυπώσει επιφυλάξεις για τη δυνατότητα εντοπισμού των εν λόγω συστοίχων καθώς αυτές οι μεταβλητές είναι πολυδιάστατες και είναι δύσκολο να τυποποιηθούν δεδομένου ότι στις ΗΕΓ καταγραφές εμπλέκονται πολλοί παράμετροι που πρέπει να συνυπολογιστούν τόσο στο σχεδιασμό της πειραματικής δοκιμασίας όσο και στην επεξεργασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Scerbo et al., 1998). Τα δεδομένα αυτά εξηγούν και τη μεγαλύτερη δυσκολία που αντιμετωπίζεται στην προσπάθεια ανίχνευσης νευρωνικών συστοίχων κατά την αλληλεπίδραση ανθρώπου με ΕΠ.

Οι περισσότερες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε αυτό το πλαίσιο, χρησιμοποίησαν τη μέθοδο του συνεχούς ΗΕΓ εστιάζοντας κυρίως στη μελέτη του άλφα ρυθμού για την ανίχνευση και ερμηνεία της σχέσης εγκεφάλου και συμπεριφοράς κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ.

Το 1993 οι Eberhart και Kizakevich πραγματοποίησαν πείραμα σε υγιείς εθελοντές για να μελετήσουν τις ψυχολογικές και φυσιολογικές επιδράσεις από τη χρήση ΕΠ εκτελώντας μία ποικιλία γνωστικών δοκιμασιών σε δυσδιάστατα και τρισδιάστατα ΕΠ (Eberhart & Kizakevich, 1993). Βασικό μειονέκτημα στην εκτέλεση της εν λόγω πειραματικής δοκιμασίας ήταν ότι κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής της οι συμμετέχοντες φορούσαν κράνος εμβύθισης ενώ στο χώρο διεξαγωγής του πειράματος επικρατούσαν έντονος μαγνητικός και ηλεκτρικός θόρυβος (διακόπτες, μαγνητικά πεδία κ.α) που επιδρούσε στην καταγραφή των σημάτων.

Ένα χρόνο αργότερα οι Vidulich et al. (1994) πραγματοποίησαν μία πειραματική μελέτη με χρήση τρισδιάστατου περιβάλλοντος εξομοίωσης νυχτερινής πτήσης με σκοπό να συσχετίσουν διαφορετικές φυσιολογικές μετρήσεις με μεταβολές στη νοητική προσπάθεια και στη περιστασιακή συνειδητοποίηση και παρατήρησαν αύξηση στην ισχύ του θήτα και μείωση του άλφα ρυθμού, που συνδέεται με αυξημένες γνωστικές απαιτήσεις και διατήρηση εγρήγορσης και συνείδησης.

Οι Puggnetti και οι συνεργάτες του (Puggnetti & Mendozzi, 1994; Puggnetti et al., 1995; Puggnetti, Mendozzi, Barbieri, Rose, & Attree 1996) πραγματοποίησαν μελέτες με χρήση συνεχούς ΗΕΓ όσο και αυτής των προκλητών δυναμικών (ERP)

χρησιμοποιώντας προϋπάρχουσες εικονικές νευροψυχολογικές δοκιμασίες (the Wisconsin Card Sorting Test). Ο αρχικός τους σκοπός ήταν να παράσχουν μια απόδειξη ότι η ψυχοφυσιολογική καταγραφή ήταν δυνατή όταν οι συμμετέχοντες αλληλεπιδρούσαν με το ΕΠ μέσω κράνους εμπύθισης, απέχοντας δύο μέτρα από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τον οποίο ήταν συνδεδεμένο το κράνος. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι καταγραφής ΗΕΓ σημάτων ένας με 8 κανάλια, που επέτρεπε στους συμμετέχοντες να σηκώνονται και να κινούνται χρησιμοποιώντας ένα ανιχνευτή κίνησης και ένα σταθερό κλινικό πολύγραφο (polygraph headbox) με 18 κανάλια ΗΕΓ καταγραφής που επέτρεπε στους συμμετέχοντες να κάθονται σε περιστρεφόμενη καρέκλα και να περιστρέφονται 360 μοίρες αλλά όχι να κινηθούν μπροστά ή πλάγια. Οι μελέτες έλαβαν χώρα σε ηχητικά και ηλεκτρομαγνητικά μονωμένο περιβάλλον που δεν ήταν όμως σχεδιασμένο ειδικά για καταγραφές υψηλής ποιότητας χωρίς θόρυβο. Εντούτοις, οι ερευνητές έδειξαν ότι η χρήση καλής ποιότητας εξοπλισμού σχεδιασμένου για κλινικούς σκοπούς ήταν επαρκής να επιφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Λίγα χρόνια μετά ο Cobb και οι συνεργάτες του (1999), σε μία συγκριτική μελέτη που πραγματοποίησαν σε εικονικό και πραγματικό περιβάλλον χρησιμοποίησαν φορητό σύστημα καταγραφής ΗΕΓ δραστηριότητας με 4 μόνο ηλεκτρόδια. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 4 συμμετέχοντες που είχαν ελευθερία κινήσεων δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο περιβαλλόντων. Τα αποτελέσματα αυτά ήρθαν σε αντιδιαστολή με εκείνα της μελέτης των Pugnetti et al. (1996) που πραγματοποιήθηκε λίγα χρόνια νωρίτερα και παρατηρήθηκε αυξημένη άλφα δραστηριότητα στους συμμετέχοντες που είχαν κάνει τα λιγότερα λάθη και το μικρότερο χρόνο αλληλεπίδρασης με το προβαλλόμενο ΕΠ που ήταν ένα δωμάτιο. Η ίδια ερευνητική ομάδα κάποια χρόνια μετά σε επόμενη μελέτη της (Pugnetti et al., 2000) παρατήρησε σταδιακή αύξηση της άλφα ισχύος σε κάποιους συμμετέχοντες όσο μεγάλωνε ο αριθμός των ορθών επιλογών σε νοητικές εργασίες κατά την αλληλεπίδρασή τους με το ΕΠ χωρίς εμπύθιση. Τα αποτελέσματα ερμηνεύτηκαν από τους ερευνητές σαν μία ένδειξη της χρησιμότητας καταγραφής του συνεχούς ΗΕΓ στην μελέτη της προσαρμογής ή και εκμάθησης του εγκεφάλου κατά την αλληλεπίδρασή του με ένα νέο γι αυτόν περιβάλλον.

Ένα χρόνο μετά η ίδια ερευνητική ομάδα (Pugnetti et al., 2001) σε μελέτη που πραγματοποίησε σε ΕΠ όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να ταξινομήσουν κάποιες κάρτες ενώ παράλληλα καταγράφονταν η ΗΕΓ δραστηριότητά τους παρατήρησαν άλφα συγχρονισμό κυρίως στις βρεγματικές εγκεφαλικές περιοχές κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δευτερολέπτων που ακολούθησαν ένα εικονικό συμβάν σε σύγκριση με τα προηγηθέντα του συμβάντος τέσσερα δευτερόλεπτα, ενώ δεν παρατηρήθηκε αντίστοιχο φαινόμενο όταν το ίδιο συμβάν δε συνδέθηκε με συγκεκριμένη γνωστική απαίτηση.

Άλλος ερευνητής που έχει καταγράψει ΗΕΓ μετρήσεις Πρίν καθώς και μετά την προβολή του ΕΠ προκειμένου να εντοπίσει επιδράσεις που επιφέρει στην εγκεφαλική λειτουργία είναι ο Cole (1995) που πραγματοποίησε μία κλινική έρευνα χρησιμοποιώντας πραγματικά αλλά και εικονικά δελφίνια σε ΕΠ εμπύθισης με σκοπό τη μελέτη διαχείρισης του άγχους των συμμετεχόντων ενώ παράλληλα πραγματοποιούσε ΗΕΓ μετρήσεις Πρίν και μετά την προβολή του ΕΠ. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι κάποιοι συμμετέχοντες έδειξαν μείωση στις αιχμές του φάσματος και αύξηση της δια-ημισφαιρικής συνοχής όταν αλληλεπιδρούσαν με πραγματικά δελφίνια, γεγονός που ερμηνεύθηκε ως αυξημένη χαλάρωση κατά την αλληλεπίδραση με το πραγματικό περιβάλλον. Στην ίδια κατεύθυνση εργάστηκαν και οι Strickland και Chartier (1997), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τόσο πραγματικά περιβάλλοντα όσο και ΕΠ εμπύθισης προκειμένου να μελετήσουν τις διαδικασίες επεξεργασίας εικόνων που εκτελούν οι συμμετέχοντες κατά την παρατήρηση και αλληλεπίδρασή τους με τα εν λόγω περιβάλλοντα. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων σημειώθηκε μείωση της άλφα δραστηριότητας που συνδέθηκε με αυξημένες απαιτήσεις γνωστικής επεξεργασίας κατά την αλληλεπίδραση με το νέο οπτικό ερέθισμα ενώ ταυτόχρονα παρατηρήθηκε αύξηση της θήτα και «βήτα 1» (13 Hz – 20 Hz) δραστηριότητας που ερμηνεύθηκαν ως μία διαδικασία συμβολικού τύπου επεξεργασίας του ερεθίσματος για την κατανόησή του όπως αυτό προβάλλεται στο συμμετέχοντα μέσω του κράνους εμπύθισης το οποίο προκάλεσε παράσιτα στη συχνότητα του «βήτα 2» ρυθμού (18 -20 Hz) που εντοπίστηκαν και απομακρύνθηκαν.

Σύγκριση μεταξύ των εγκεφαλικών λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα κατά την αλληλεπίδραση με ένα εικονικό και ένα παρόμοιο πραγματικό περιβάλλον έχει πραγματοποιήσει ο Μίκοροουλος (2001) και τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η προσοχή των συμμετεχόντων ήταν αισθητά πιο αυξημένη κατά την παρατήρηση του στερεοσκοπικού εικονικού περιβάλλοντος έναντι του πραγματικού.

Επίσης στην έρευνα που πραγματοποίησαν την ίδια χρονιά η Mima και οι συνεργάτες της (2001) παρατηρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες στους οποίους προβλήθηκαν οπτικά ερεθίσματα που είχαν χωριστεί σε ουσιώδη και μη, κατά την προβολή των ουσιωδών οπτικών ερεθισμάτων οι συμμετέχοντες παρουσίασαν αύξηση του α ρυθμού στην κροταφικο-νιακή περιοχή, ενώ κατά την παρουσίαση των μη σημαντικών οπτικών ερεθισμάτων παρατηρήθηκε πτώση του α ρυθμού στην ίδια εγκεφαλική περιοχή.

Πολλές μελέτες έχουν ως επίκεντρο τον α ρυθμό. Από τα αποτελέσματα τους έχει παρατηρηθεί ότι όταν οι συμμετέχοντες είναι σε διαδικασία αναμονής ενός ερεθίσματος - στόχου σε συγκεκριμένο σημείο, η τοπογραφία του α ρυθμού εστιάζεται χωρικά σε συγκεκριμένη εγκεφαλική περιοχή και αντανακλά γνωστικές διεργασίες προσοχής και οπτικής εστίασης (Worden et al., 2000; Yamagishi et al., 2003; Sauseng et al., 2005; Thut et al., 2006).

Ο Hanslmayr και οι συνεργάτες του (2007) μελέτησαν τις διαφορές της εγκεφαλικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων που μπορούσαν να διακρίνουν μεταξύ 4 σύντομων ερεθισμάτων και εκείνων που αδυνατούσαν και τις διαφορές της εγκεφαλικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων που ολοκλήρωσαν την πειραματική δοκιμασία και εκείνων που δεν κατάφεραν να την ολοκληρώσουν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσοι συμμετέχοντες αντιλήφθηκαν τα ερεθίσματα παρουσίασαν μικρότερη α ισχύ από εκείνους που δεν τα αντιλήφθηκαν, ενώ η αντίληψη ενός ερεθίσματος συνδέθηκε με την παρουσία υψηλής βήτα και γάμα, ενώ η αίσθηση της αντίληψης είναι δυνατόν να καταγραφεί από τη συσχέτιση των ρυθμών α , βήτα και γάμα. Φαίνεται ότι οι ρυθμοί α , βήτα και γάμα σχετίζονται με την κατάσταση προσοχής ενός υποκειμένου κατά την εκτέλεση μιας δοκιμασίας.

Η μέθοδος ΗΕΓ σε συνεργασία με άλλες φυσιολογικές μετρήσεις (αγωγιμότητα δέρματος, καρδιακοί παλμοί, κτλ) μπορεί να φέρει στην επιφάνεια ατομικές διαφορές, να προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες για την ψυχοσυναισθηματική κατάσταση του υποκειμένου ή ακόμη και να προβλέψει τη θεραπευτική έκβαση κάποιων μορφών ψυχοπαθολογίας. Στηριζόμενοι και στις δύο μεθόδους οι Wiederhold και Wiederhold (2000) πραγματοποίησαν μία μελέτη με χρήση ΕΠ εμβύθισης όπου φοβικοί συμμετέχοντες καλούνταν να εκτελέσουν μία δοκιμασία εξομοίωσης εικονικής πτήσης. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε μείωση στις συχνότητες των 8-12 Hz, 13-15 Hz και 16-21 Hz στους συμμετέχοντες που είχαν δηλώσει αυξημένη διέγερση, ενώ παρατηρήθηκε αύξηση στο θήτα ρυθμό (4 – 7 Hz) στους συμμετέχοντες που είχαν δηλώσει μειωμένη διέγερση γεγονός που ερμηνεύθηκε ως αυξημένη γνωστική δέσμευση.

Οι Bayliss και Ballard (2000a; 2000b; 1998b) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο των προκλητών δυναμικών για το χειρισμό των φρένων του εικονικού οχήματος στα φανάρια κυκλοφορίας. Επίσης μελέτησαν και συνέκριναν τα σήματα συμμετεχόντων που πραγματοποίησαν τη δοκιμασία σε θορυβώδες περιβάλλον και συμμετεχόντων που εκτέλεσαν τη δοκιμασία σε ήσυχο περιβάλλον. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν αυτά των προηγούμενων ερευνών και έδειξαν ότι τα σήματα που λήφθηκαν ήταν 'καθαρότερα' όταν οι συμμετέχοντες εργάζονταν κοντά σε περισσότερες οθόνες παρά όταν εργάζονταν σε μία μόνο οθόνη 17 ιντσών.

Επίσης, οι Mager et al. (2000) παράλληλα με προκλητά δυναμικά μελέτησαν και την αυθόρμητη ΗΕΓ δραστηριότητα κατά την εκτέλεση διάφορων νοητικών διεργασιών σε εικονικά περιβάλλοντα εμβύθισης, και παρατήρησαν μείωση της ισχύος του άλφα ρυθμού και αύξηση του θήτα στο ΕΠ σε σύγκριση με τη δραστηριότητα στα άλλα περιβάλλοντα.

4.2 ΗΕΓ, γνωστικές δεξιότητες και ΕΠ

4.2.1 Οπτικές δεξιότητες

Η λειτουργία της όρασης είναι βασική γνωστική εγκεφαλική λειτουργία και ίσως η σημαντικότερη αισθητήρια οδός κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ.

Η όραση συνδέεται στενά με τις γνωστικές διεργασίες της αντίληψης και της κατανόησης. Ως οπτική επίγνωση ορίζεται η οπτική πρόσληψη και επεξεργασία εξωτερικών ερεθισμάτων και η μετέπειτα σύνδεση αυτών με ήδη υπάρχουσες πληροφορίες μέσω της λειτουργίας των συνειρμικών εγκεφαλικών περιοχών.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της όρασης είναι η ικανότητα αντίληψης των τριών διαστάσεων που καλείται 'στερεοσκοπία' και είναι υπεύθυνη για την οπτικοχωρική δεξιότητα της αίσθησης του βάθους, της θέσης των αντικειμένων καθώς και του ίδιου του υποκειμένου στο χώρο (Arsenault & Ware, 2004). Η στερεοσκοπία παρέχει την ικανότητα αντίληψης της αίσθησης του βάθους σαν αποτέλεσμα της διοφθάλμιας παράλλαξης δηλ. των δύο διαφορετικών εικόνων που δημιουργούνται στον αμφιβληστροειδή σύμφωνα με τις εικόνες που βλέπει ο κάθε οφθαλμός.

Η αρχική γνωστική επεξεργασία των οπτικών σημάτων πραγματοποιείται στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό (V1, V2) παράγοντας αντίστοιχη ΗΕΓ δραστηριότητα ενώ καθώς η λειτουργία της όρασης στηρίζεται και σε μυϊκές κινήσεις, ΗΕΓ δραστηριότητα παρατηρείται και στις επιδερμικές περιοχές γύρω από τους οφθαλμούς που αποτελεί και σημαντική πηγή παρασίτων στην ΗΕΓ καταγραφή.

Η οπτική λειτουργία έχει συνδεθεί με την παρουσία εγκεφαλικού ρυθμού άλφα στην περιοχή του ινιακού φλοιού καθώς και με τον εγκεφαλικό ρυθμό βήτα.

Έχει παρατηρηθεί αύξηση στην ινιακή γ δραστηριότητα κατά την παρατήρηση τρισδιάστατων αναπαραστάσεων, σε σύγκριση με την παρατήρηση δυσδιάστατων (Revonsuo et al., 1997).

Μεταβολές όλου του εύρους συχνοτήτων παρατηρήθηκαν σε δραστηριότητα οπτικού προσανατολισμού σε πολύπλοκα προβαλλόμενα ερεθίσματα (Barcelo et al., 1995). Όπως σε όλες τις οπτικές δραστηριότητες έτσι και κατά την παρατήρηση τρισδιάστατων ΕΠ παρατηρείται μια αντίστροφη δράση των ρυθμών άλφα και γάμα καθώς ο άλφα παρουσιάζει μείωση στην περιοχή κυρίως του ινιακού και βρεγματικού λοβού ενώ ο ρυθμός γάμα παρουσιάζει σχεδόν ανάλογη αύξηση

(Singer & Gray, 1995). Το φαινόμενο αυτό έχει ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα του γεγονότος ότι η αναγνώριση ενός αντικειμένου είναι μια σύνθετη διαδικασία που συνδυάζει αισθητηριακές, μνημονικές και συναισθηματικές πληροφορίες (Crick & Koch, 1990; Klimesh, 1999; Tallon-Baudry & Bertrand 1999; Gruber et al., 1999; Shibata et al., 1999; Milner & Goodale 1995; Corbetta & Shulman, 2002) στη διεργασία της οπτικής αντίληψης σημαντικό ρόλο δεν παίζουν μόνο τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε προβαλλόμενου αντικειμένου (Moore & Engel 2001; Moosmann et al., 2003; Martinez-Montes et al., 2004; De Munck et al., 2007) αλλά και γνωστική κατάσταση του υποκειμένου (Kastner et al., 1999; Muller et al., 2003). Προσοχή προτείνεται να δοθεί στην ρύθμιση της διοφθάλμιας παράλλαξης που επιλέγεται κατά την κατασκευή ενός στερεοσκοπικού ΕΠ καθώς είναι δυνατόν να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα τον ερευνητή διότι προκαλεί κόπωση στο συμμετέχοντα και μεταβάλλει κατ' επέκταση την ΗΕΓ δραστηριότητά του (Kim et al., 2011).

Η στερεοσκοπία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο κατά την παρατήρηση ενός ΕΠ. Σύμφωνα και με τη μελέτη της ΗΕΓ δραστηριότητας κατά την παρατήρηση ενός ΕΠ και ενός πανομοιότυπου πραγματικού έχει παρατηρηθεί ότι οι συμμετέχοντες δείχνουν μεγαλύτερη προσοχή κατά την παρατήρηση του ΕΠ (Thompson et al., 2007; Mikropoulos, 2004; Ζαχαρής, 2010).

Η οπτική χωρική αντίληψη κατά την παρατήρηση ενός ΕΠ έχει συνδεθεί με εγκεφαλική ΗΕΓ δραστηριότητα στις έσω ινιακές έλικες, στις πλευρικές και έσω βρεγματικές περιοχές, στην περιοχή του οπίσθιου προσαγωγίου και την παραϊπποκάμπια έλικα (Gron et al., 2000).

Η λειτουργία της όρασης είναι ο βασικός πυλώνας στήριξης της εξερεύνησης του χώρου καθώς και της γνωστικής λειτουργίας του χωρικού προσανατολισμού και κατ' επέκταση της πλοήγησης που είναι βασική γνωστική διεργασία κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ (Gron et al., 2000; Abrahams et al., 1999; Maguire et al., 1998; Bohbot et al., 1998). Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν προς αυτή την κατεύθυνση έδειξαν ότι κατά την πραγμάτωση των γνωστικών διεργασιών της οπτικής αντίληψης, του χωρικού προσανατολισμού και της χωρικής πλοήγησης σε

ένα ΕΠ παρατηρείται αυξημένη ΗΕΓ δραστηριότητα στις ιπποκάμπιες και παραϊπποκάμπιες εγκεφαλικές δομές (Gron et al., 2000).

4.2.2 Αντίληψη της κίνησης

Μελέτες για την αντίληψη της κίνησης σε εικονικό περιβάλλον έχουν στηριχθεί σε αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών από το 1960 που ανέφεραν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος επεξεργάζεται με διαφορετικό τρόπο την κάθε μορφή κίνησης εμπλέκοντας και διαφορετικές εγκεφαλικές περιοχές (Fredman & Hardy, 1989; Kolers, 1964; Peterhans & Hydt, 1999; Rebert et al., 1984; Brazier & Casby, 1952; Barlow, 1993; Osaka, 1984; Mundy-Castle, 1951 & 1957). Οι χωρικές δεξιότητες εδράζονται πρωτίστως στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο όπου εντάσσονται και οι οπτικοχωρικές διεργασίες αντίληψης της κίνησης (Chua et al., 1992; Decety, 1996). Εντούτοις έχει σημειωθεί ότι και ο οπίσθιος αριστερός εγκεφαλικός λοβός είναι υπεύθυνος για την αντίληψη προσανατολισμένων κινήσεων και γενικά για τη γνωστική λειτουργία του χωρικού προσανατολισμού και της αντίληψης πρόθεσης κίνησης (Nobre et al., 1997; Andersen et al., 1997).

Σε μελέτες που έχουν συγκρίνει την εγκεφαλική δραστηριότητα κατά την αντίληψη μιας κίνησης σε ένα πραγματικό και σε ένα ΕΠ διαπιστώθηκε ότι και στις δύο περιπτώσεις ο ανθρώπινος εγκέφαλος χρησιμοποιεί τις ίδιες περιοχές για να επεξεργαστεί το ερέθισμα καθώς παρατηρήθηκε κροταφική δραστηριότητα κατά την παρατήρηση και των δύο περιβαλλόντων (Decety et al., 1997) σε αντίθεση με την παρατήρηση δισδιάστατων ΕΠ όπου παρατηρήθηκε διαφορετικό πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας (Janssen et al., 2000a; 2000b; Cartwright & Zanni, 1996).

Μία περίπτωση αντίληψης κίνησης είναι η αντίληψη κινήσεων άλλων ομοειδών όντων. Σε έρευνες για τη μελέτη της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την παρατήρηση κινήσεων χεριού εκτελούμενες τόσο από πραγματικούς ανθρώπους όσο και από εικονικούς αναφέρθηκε ότι κατά την παρατήρηση κινήσεων που εκτελούνται από άλλο άτομο παρουσιάζεται εγκεφαλική δραστηριότητα σε εγκεφαλικές περιοχές που ενεργοποιούνται και κατά την εκτέλεση κινήσεων από τον ίδιο το συμμετέχοντα (Grafton et al., 1996). Από τη σύγκριση των δύο συνθηκών

(πραγματικό και ΕΠ) εντοπίστηκαν τόσο ομοιότητες όσο και διαφορές. Συγκεκριμένα οι εγκεφαλικές περιοχές που παρουσίασαν ίδια δραστηριότητα στις δύο συνθήκες ήταν εστιασμένες πρωτίστως στο αριστερό ημισφαίριο και κυρίως στον συνειρμικό οπτικό φλοιό ενώ διαφορές εντοπίστηκαν στη δραστηριότητα του δεξιού ημισφαίριου (Perani et al., 2001). Πέραν όμως της αντίληψης των απλών κινήσεων υπάρχει και η συνειδητή αντίληψη πολύπλοκων κινήσεων σε εικονικά αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα όπως αυτά των ηλεκτρονικών παιχνιδιών που απαιτεί υψηλή συγκέντρωση της προσοχής.

Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για να μελετήσουν την εγκεφαλική δραστηριότητα υποκειμένων κατά την αντίληψη κίνησης ενός εικονικού ειδώλου (avatar) ανέφεραν αυξημένη εγκεφαλική δραστηριότητα στο κάτω δεξιό βρεγματικό λοβό (Spence et al., 1997; Ruby & Decety, 2001; Farrer & Frith, 2002).

4.2.3 Χωρική αντίληψη

Η περισσότερο μελετημένη γνωστική δεξιότητα κατά την αλληλεπίδραση με ΕΠ είναι αυτή της χωρικής αντίληψης. Πρόκειται για μια πολύπλοκη γνωστική διεργασία που εξαρτάται από πολλούς και διαφορετικούς τύπους αισθητηριακής πληροφορίας (οπτική, ακουστική, κ.α) και αποτελεί βασικό κρίκο για την αλληλεπίδραση συμμετέχοντα – ΕΠ κυρίως όταν απαιτούνται δεξιότητες πλοήγησης. Για το λόγο αυτό όταν οι αισθητήριες πληροφορίες που παρέχει ένα περιβάλλον είναι περιορισμένες, δημιουργούνται συνθήκες που δυσκολεύουν το συμμετέχοντα ενώ αυξάνεται ο κίνδυνος παραπλανήσεων κατά τη μελέτη και ερμηνεία των ΗΕΓ σημάτων του (Sherrick & Cholewiak, 1986). Την άποψη αυτή δεν συμμερίζονται όλοι οι ερευνητές που μελετούν την δεξιότητα της χωρικής πλοήγησης καθώς αρκετοί είναι εκείνοι οι οποίοι θεωρούν ότι όσο πιο αδρό είναι το περιβάλλον τόσο πιο εύκολο είναι για το συμμετέχοντα να πλοηγηθεί (Durlach & Mavor, 1995; Bliss et al., 1997; Ruddle et al., 1996; Satalich, 1995; Tlauka & Wilson, 1994; Witmer et al., 1996).

Μία μελέτη των Pine et al. (2002) που μελετούσε τη χρήση αλλοκεντρικών μεθόδων προσανατολισμού και δεξιοτήτων χωρικής μνήμης για την πλοήγηση σε ΕΠ

λαβυρίνθου ενώ παράλληλα καταγράφονταν η εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων με τη μέθοδο της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας ανέφερε ενεργοποίηση των μετωπιαίων και πρόσθιων εγκεφαλικών περιοχών του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου, των εσωτερικών κροταφικών εγκεφαλικών περιοχών αμφίπλευρα, ενώ στους πιο νεαρής ηλικίας συμμετέχοντες δραστηριότητα παρατηρήθηκε κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στις συνειρμικές περιοχές (κροταφικό και βρεγματικό) καθώς και στην παρεγκεφαλίδα.

Ένα χρόνο αργότερα το 2003 έλαβε χώρα μία έρευνα που πραγματοποίησαν οι Mraz et al. (2003) όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να πλοηγηθούν σε μία εικονική πόλη και παράλληλα καταγράφονταν η εγκεφαλική τους δραστηριότητα με τη χρήση της μεθόδου της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι κατά την πλοήγηση οι συμμετέχοντες παρουσίασαν δραστηριότητα στις παραϊπποκάμπιες περιοχές οι οποίες έχουν συνδεθεί με τη γνωστική διεργασία της πλοήγησης και στους ανθρώπους αλλά και στα πρωτεύοντα θηλασικά ενώ μειωμένη δραστηριότητα παρατηρήθηκε στις προμετωπιαίες εγκεφαλικές περιοχές που ερμηνεύτηκε ως μειωμένη χωρική κωδικοποίηση οφειλόμενη στην εξοικείωση των συμμετεχόντων με τη διαδρομή.

Καθώς τα περιβάλλοντα λαβυρίνθου έχουν συνδεθεί με τη μελέτη των χωρικών δεξιοτήτων όπως η μελέτη της χωρικής δεξιότητας της πλοήγησης πρωτίστως στα ζώα (λχ ποντίκια) και δευτερευόντως στους ανθρώπους, αρκετές είναι οι μελέτες που χρησιμοποίησαν περιβάλλοντα εικονικών λαβυρίνθων για να μελετήσουν την ικανότητα πλοήγησης στους ανθρώπους ενώ παράλληλα καταγράφονταν η εγκεφαλική τους δραστηριότητα.

Το 2001 οι Nishiyama και Yamaguchi υπέβαλλαν συμμετέχοντες σε δοκιμασία πλοήγησης μέσα σε ένα εικονικό λαβύρινθο. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε υψηλή θήτα δραστηριότητα στις μετωπιαίες εγκεφαλικές περιοχές αμφίπλευρα (περιοχές που έχουν συνδεθεί με τη γνωστική δεξιότητα της χωρικής μνήμης εργασίας) αλλά και αμφίπλευρα στις κροταφικές και βρεγματικές περιοχές.

Παρά την σύνδεση της θήτα δραστηριότητας κυρίως στις βρεγματικές περιοχές με τη γνωστική δεξιότητα της πλοήγησης υπάρχουν αρκετοί ερευνητές οι οποίοι

διατυπώνουν την άποψη ότι δεν είναι ξεκάθαρη η σύνδεση του θήτα ρυθμού με τη δεξιότητα της πλοήγησης σε ΕΠ καθώς η εγκεφαλική δραστηριότητα δέχεται σημαντικές επιδράσεις τόσο από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε περιβάλλοντος, το βαθμό ελευθερίας στην πλοήγηση, όσο και από το τρόπο και τη μέθοδο που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν προκειμένου να πλοηγηθούν (Kirschen et al., 2000).

Προκειμένου να μελετήσουν τη σχέση της θήτα συχνότητας και της δεξιότητας της πλοήγησης σε ΕΠ ο Kahana (2006) και οι Carlan et al. (2001) χρησιμοποίησαν κλιμακούμενες συνθήκες πλοήγησης (βαθμός δυσκολίας και εκμάθηση διαδρομών) σε εικονικά περιβάλλοντα (λαβύρινθος και εικονική πόλη). Παρατήρησαν αύξηση της γάμα και όχι της θήτα δραστηριότητας κατά την κορύφωση της δυσκολίας αλλά και της κλιμάκωσης της διαδρομής. Από τα αποτελέσματα αυτά συμπέραναν ότι ο θήτα ρυθμός δεν σχετίζεται με το βαθμό δυσκολίας στην πλοήγηση αλλά με το μέγεθος της διαδρομής στους λαβυρίνθους.

Μία άλλη μέθοδος για τη μελέτη των χωρικών δεξιοτήτων σε ΕΠ είναι η έρευνα της οδηγικής ικανότητας, δηλαδή της δυνατότητας του υποκειμένου να ελέγχει και να κατευθύνει ένα όχημα. Η δεξιότητα αυτή απαιτεί το συγχρονισμό αρκετών γνωστικών δεξιοτήτων, σχεδιασμό, κινητικό έλεγχο, οπτικο-χωρικές ικανότητες καθώς και συμμετοχή μνημονικών λειτουργιών που συνδέονται με την γνωστική δεξιότητα της προσοχής (Shinar, 1993). Για τη μελέτη της πολύπλοκης αυτής δεξιότητας χρησιμοποιούνται εξομοιωτές ενώ αρκετοί ερευνητές έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους στη μελέτη αποκλειστικά του άλφα και βήτα ρυθμού. Ο λόγος εστίασης του ενδιαφέροντος στους ρυθμούς αυτούς είναι ότι ο αποσυγχρονισμός του άλφα ρυθμού έχει συνδεθεί με αυξημένη προσοχή ενώ η βήτα δραστηριότητα αντίστροφα από την άλφα, αυξάνει όταν αυξάνουν οι απαιτήσεις της εργασίας (Paranikolaou et al., 1986).

Σε μία έρευνα που πραγματοποίησε ο Miller (1995) όπου οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 10.000 ώρες οδήγησης σε 80 συμμετέχοντες χρησιμοποιώντας παράλληλα ΗΕΓ καταγραφές παρατήρησε έντονη δραστηριότητα των μετωπιαίων λοβών καθώς και γενικά του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με αυτά άλλων ερευνών (Mesulam, 1986; Schier, 2000;

Deutsch et al., 1987) ενώ σε μελέτη που πραγματοποίησε ο Laukka και οι συνεργάτες του (1995) σε περιβάλλον βιντεο-παιχνιδιού όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να βρουν το σωστό δρόμο, αναφέρθηκε αύξηση θήτα δραστηριότητας στις σωστές επιλογές καθώς και κατά την εκμάθηση του περιβάλλοντος.

4.2.4 Αίσθηση της παρουσίας

Τα περιβάλλοντα ΕΠ λόγω της φύσης τους υπερβαίνουν τους συνηθισμένους τρόπους αλληλεπίδρασης του χρήστη με ένα σύστημα και του παρέχουν την αίσθηση ότι συμμετέχει στο παρουσιαζόμενο προσομοιούμενο περιβάλλον.

Εκ φύσεως ο άνθρωπος είναι ικανός να διατηρεί παράλληλα αρκετές αντιλήψεις της πραγματικότητας καθιστώντας δυνατή τη βίωση μιας εικονικής χωρικής αναπαράστασης παρά το γεγονός ότι φυσικά παρευρίσκεται σε ένα άλλο χώρο. Η ικανότητα αυτή του ανθρώπου καλείται 'virtualization' και του παρέχει την ικανότητα να έχει την αίσθηση ότι ταυτόχρονα παρευρίσκεται φυσικά σε ένα ΕΠ και ένα φυσικό περιβάλλον (Ellis, 1995).

Στους όρους της ΕΠ η λέξη παρουσία έχει την έννοια της αναστολής της δυσπιστίας που μας επιτρέπει να μπούμε σ' ένα εικονικό χώρο. Η αίσθηση της παρουσίας σε έναν ΕΠ προέρχεται από το αίσθημα ότι το υποκείμενο υπάρχει μέσα σ' αυτόν τον κόσμο ως ξεχωριστή οντότητα. Η Heeter (1992), έχει διακρίνει τρία διαφορετικά είδη παρουσίας:

α. την *προσωπική παρουσία* που αναφέρεται στο βαθμό με τον οποίο κάποιος αισθάνεται ότι είναι μέσα ενός ΕΠ

β. την *κοινωνική παρουσία*, που αναφέρεται στο βαθμό ότι και άλλα όντα υπάρχουν στο εικονικό περιβάλλον και μάλιστα αναγνωρίζουν την ύπαρξή του

γ. την *περιβαλλοντική παρουσία* που αναφέρεται στο βαθμό με τον οποίο το ίδιο περιβάλλον φαίνεται να γνωρίζει ότι βρίσκεσαι εκεί και αλληλεπιδρά μαζί σου.

Η αίσθηση της παρουσίας είναι τόσο ευαίσθητη διεργασία που μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες όπως είναι η υφές, οι σκιές, ο φωτορεαλισμός, η διοφθάλμια παράλλαξη, ο χρόνος απόκρισης στις

αντιδράσεις του υποκειμένου κ.α. (O'Brien et al., 1998; Schubert et al., 1999; Στρουμπούλης & Μικρόπουλος, 2002).

Τα τελευταία χρόνια επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η εγκεφαλική δραστηριότητα στη μελέτη της αίσθησης της παρουσίας κατά την αλληλεπίδραση με ένα ΕΠ.

Ο βαθμός εμπλουτισμού του περιβάλλοντος και ο βαθμός ευκολίας αλληλεπίδρασης παράγοντες της βίωσης της αίσθησης της παρουσίας. Μελετώντας την ΗΕΓ δραστηριότητα συμμετεχόντων που πλοηγούνταν σε ένα ΕΠ οι Bischof και Boulanger (2003) συμπέραναν ότι η παρουσία εγκεφαλικού ρυθμού θήτα κατά την αλληλεπίδραση υποκειμένου – ΕΠ είναι ένας σημαντικός δείκτης βίωσης της αίσθησης της παρουσίας.

Προγενέστερη μελέτη που έλαβε χώρα και ερεύνησε την εγκεφαλική δραστηριότητα των υποκειμένων κατά την αλληλεπίδρασή τους με δύο διαφορετικά ΕΠ όπου το μεν ένα αποτελούταν από αντικείμενα διαφόρων υφών ενώ το άλλο από ένα κενό περιεχομένου δωμάτιο, έδειξε ότι στο πρώτο περιβάλλον οι συμμετέχοντες παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση στη δεξιά παραϊπποκάμπια έλικα ενώ στο λιγότερο εμπλουτισμένο περιβάλλον παρατηρήθηκε αμφίπλευρη δραστηριότητα στον ινιακό λοβό, στις εσωτερικές βρεγματικές περιοχές καθώς και αμφίπλευρα στις ινιακο-κροταφικές (Maguire et al., 1998). Στηριζόμενοι οι ερευνητές σε αυτές τις παρατηρήσεις κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εγκεφαλική δραστηριότητα κατά την αλληλεπίδραση των υποκειμένων με το εμπλουτισμένο περιβάλλον συνδέεται άμεσα με την αίσθηση της παρουσίας.

Στα ερευνητικά αυτά πλαίσια κινήθηκε μεταγενέστερα μια έρευνα που πραγματοποίησαν οι Mikropoulos, Tzimas και Dimou (2004) όπου πραγματοποιούταν ΗΕΓ καταγραφή των σημάτων του εγκεφάλου υποκειμένων που αλληλεπιδρούσαν με τα εξής ΕΠ: α. κενό εικονικό δωμάτιο, β. εικονικό δωμάτιο με αντικείμενα χωρίς υφές (αδρά) και γ. εικονικό δωμάτιο με αντικείμενα με υφές (εμπλουτισμένο). Η μελέτη της ΗΕΓ δραστηριότητας έδειξε ότι το πιο εμπλουτισμένο περιβάλλον συνδέθηκε με χαμηλότερη άλφα ισχύ, ενώ η γάμα ισχύς

παρουσιάστηκε αυξημένη κατά την παρατήρηση ΕΠ με υφές. Αυτά τα αποτελέσματα ερμηνεύτηκαν ως καταβολή μεγαλύτερης προσοχής και οπτικής αντίληψης κατά την παρατήρηση εμπλουτισμένων ΕΠ που σημαίνει και αυξημένη αίσθηση της παρουσίας.

4.2.5 Προσοχή

Η προσοχή είναι μία γνωστική διεργασία που δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερος κατά την αλληλεπίδραση υποκειμένων με ΕΠ. Λιγιστές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν προς αυτή την κατεύθυνση διατύπωσαν το συμπέρασμα ότι η διατήρηση της προσοχής επιτυγχάνεται πολύ πιο εύκολα κατά την παρατήρηση ενός ΕΠ έναντι ενός πραγματικού καθώς οι συμμετέχοντες εστιάζουν την προσοχή τους στην καινούρια διαφορετική εμπειρία και δεν αποσπώνται από εξωτερικά ερεθίσματα.

Μία μελέτη που έλαβε χώρα το 2003 από το Μικρόπουλο όπου εξετάστηκε η ΗΕΓ δραστηριότητα υποκειμένων που παρακολουθούσαν προβαλλόμενο ΕΠ παρατηρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια παρατήρησής του οι συμμετέχοντες εκτελούσαν έντονες οφθαλμικές κινήσεις ενώ οι διακυμάνσεις των εγκεφαλικών ρυθμών άλφα και βήτα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι οι συμμετέχοντες καθ' όλη τη διάρκεια παρατήρησης του ΕΠ βρισκόταν σε κατάσταση τεταμένης προσοχής.

4.2.6 Αφή

Αν και πρόκειται για μία αίσθηση που δύσκολα μπορεί να βιωθεί κατά την αλληλεπίδραση με ένα ΕΠ, δεδομένης και της εξέλιξης της τεχνολογίας, η αίσθηση της αφής πλέον καθίσταται δυνατή με απτικά συστήματα με ανάδραση.

Σχετική έρευνα πραγματοποίησαν οι Mraz et al. (2003) όπου υπέβαλλαν συμμετέχοντες στη δοκιμασία αίσθησης της αφής τόσο σε ένα πραγματικό όσο και σε ένα ΕΠ με χρήση ειδικού γαντιού ενώ κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της δοκιμασίας μελετούνταν η εγκεφαλική τους δραστηριότητα (μέθοδο λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας). Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων που έδειξαν ίδιο πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας και στα δύο περιβάλλοντα (ΕΠ και πραγματικό) με τη διαφορά ότι κατά τη βίωση της αίσθησης της αφής στο ΕΠ οι συμμετέχοντες παρουσίασαν ενεργοποίηση και σε ινιακές εγκεφαλικές περιοχές καθώς και σε βρεγματικές περιοχές αλλά σε αντίθετα εγκεφαλικά ημισφαίρια,

φάνηκε ότι ο εγκέφαλος δεν αντιλαμβάνεται ως οικεία την εικονική αίσθηση της αφής.

4.3 Διαφορές και ομοιότητες της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την παρατήρηση εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων

Χαρακτηριστική είναι η μελέτη που πραγματοποίησαν οι Decety et al. (1996) και ανέφεραν αυξημένη κροταφική δραστηριότητα κατά την παρατήρηση και των δύο περιβαλλόντων (εικονικού και πραγματικού) που συσχετίστηκε με την αντίληψη και τη γνωστική αναπαράσταση των κινήσεων ενώ αντίστοιχη εγκεφαλική δραστηριότητα έχει αναφερθεί και κατά την παρατήρηση δυσδιάστατων περιβαλλόντων.

Οι Bischof & Boulangier (2003) σε μελέτη που πραγματοποίησαν και κατέγραψαν την εγκεφαλική δραστηριότητα συμμετεχόντων κατά την πλοήγησή τους σε εικονικούς λαβυρίνθους, παρατήρησαν αυξημένη θήτα (4 - 8 Hz) δραστηριότητα κατά την πλοήγηση ενώ αύξηση του ρυθμού παρατηρήθηκε και όταν οι συμμετέχοντες πλοηγούνταν σε σημεία του λαβυρίνθου με έντονη πολυπλοκότητα.

Λίγα χρόνια αργότερα ο Pfurtscheller (2007) σε μελέτη που πραγματοποίησε σε περιβάλλον ΕΠ όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να παρακολουθούν πότε ένα κινούμενο και πότε ένα ακίνητο εικονικό χέρι ενώ παράλληλα καταγράφονταν η εγκεφαλική τους δραστηριότητα, παρατήρησε ότι κατά την παρακολούθηση του κινούμενου εικονικού χεριού οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντικότερο αποσυχρονισμό των κεντρικών ρυθμών (α , β , γ), σε σύγκριση με τη συνθήκη παρατήρησης ενός ακίνητου χεριού. Τα αποτελέσματα αυτά έδωσαν άλλη μία διάσταση στο σχεδιασμό των ΕΠ προκειμένου αυτά να καθίστανται όσο το δυνατόν πιο χρήσιμα εργαλεία.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2001 (Μικροπουλος, 2001) και εφαρμόστηκε σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων της εγκεφαλικής δραστηριότητας ανδρών και γυναικών (ΗΕΓ στο μετωπιαίο φλοιό, βασική περιοχή οπτικής επεξεργασίας και χωρικής μνήμης) κατά την παρατήρηση ενός εικονικού και ενός πανομοιότυπου πραγματικού περιβάλλοντος τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά για την

χρησιμότητα της τεχνολογίας της ΕΠ εν γένη αλλά και συγκεκριμένα στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς σημειώθηκε αύξηση της προσοχής των συμμετεχόντων κατά την παρατήρηση του ΕΠ (υψηλός άλφα ρυθμός στη δράση των ανδρών στο πραγματικό περιβάλλον και μείωση του βήτα και θήτα ρυθμού στο ΕΠ). Στο ΕΠ οι γυναίκες παρουσίασαν αυξημένη οφθαλμική δραστηριότητα λόγω της μικρής εξοικείωσης τους στη χρήση των συσκευών της ΕΠ.

Μία άλλη μελέτη έλαβε χώρα στο ίδιο εργαστήριο από τον Ζαχαρή και τους συνεργάτες του (2010) και πραγματοποιήθηκε σύγκριση της εγκεφαλικής δραστηριότητας γυναικών κατά την παρατήρηση τριών πανομοιότυπων ως προς το περιεχόμενο εκπαιδευτικών περιβαλλόντων ενός στερεοσκοπικού ΕΠ ενός δυσδιάστατου ΕΠ και ενός πραγματικού. Η μελέτη οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το μεν πραγματικό περιβάλλον ίσως λόγω της οικειότητας που αισθάνονται οι συμμετέχοντες δεν προκαλεί νοητικό φόρτο σε αντίθεση με τα ΕΠ ενώ από την σύγκριση των δύο ΕΠ μεταξύ τους παρατηρήθηκε ότι η επεξεργασία του δυσδιάστατου ΕΠ προκαλεί πιο έντονο νοητικό φόρτο σε σχέση με το τρισδιάστατο.

Το 2010 με τη χρήση της μεθόδου της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας (21 ηλεκτρόδια) εκτέλεσαν μία συγκριτική μελέτη μεταξύ των εγκεφαλικών σημάτων που παράγουν συμμετέχοντες του αντίθετου φύλου με τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά (μορφωτικό επίπεδο, ηλικία κτλ) κατά τη διάρκεια αλληλεπίδρασής τους με τρία πανομοιότυπα ως προς το περιεχόμενο περιβάλλοντα ένα πραγματικό (REAL), ένα δυσδιάστατο ΕΠ (2D) και ένα τρισδιάστατο στερεοσκοπικό ΕΠ (3D). Το περιεχόμενο των περιβαλλόντων αποτελούταν από μία λευκή επιφάνεια γραφείου όπου πάνω της ήταν τοποθετημένα κάποια γεωμετρικά στερεά (σφαίρα, κώνος, κύβος και πυραμίδα). Οι συμμετέχοντες έπρεπε να παρατηρούν τα αντικείμενα -τα οποία άλλαζαν θέσεις - στις τρεις πειραματικές συνθήκες (REAL, 2D και 3D). Η μελέτη των αποτελεσμάτων έδειξε ότι παρά το ότι και τα δύο φύλα χρησιμοποίησαν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για την επεξεργασία των ερεθισμάτων, εντούτοις παρουσίασαν διαφορές στον τρόπο αντίληψης των ερεθισμάτων και στο επίπεδο επεξεργασίας τους. Συγκεκριμένα, οι άνδρες φαίνεται ότι επέδειξαν λιγότερη οπτική προσοχή και κατέβαλαν μικρότερη νοητική προσπάθεια κατά την παρατήρηση και των τριών περιβαλλόντων. Οι γυναίκες παρουσιάστηκαν να φέρουν περισσότερο

έντονη την αντίληψη της στερεοσκοπίας στη 3D συνθήκη από ότι οι άνδρες, οι οποίοι φάνηκε να δείχνουν λιγότερη οπτική προσοχή από ότι οι γυναίκες και να καταβάλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια, ενώ η έντονη δραστηριότητα που παρουσίασαν οι άνδρες στις πλευρικές περιοχές και στα τρία περιβάλλοντα παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι προβαίνουν σε νοερή απεικόνιση του εξωτερικού ερεθίσματος πιο έντονα από τις γυναίκες.

4.4 Δυσκολίες κατά τη χρήση της μεθόδου ΗΕΓ σε ΕΠ

Πέραν των μειονεκτημάτων που γενικά συνοδεύουν τη μέθοδο της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας και έχουν ήδη αναφερθεί (χαμηλή χωρική ακρίβεια, ευαισθησία σε εξωτερικές ηλεκτρικές και μαγνητικές επιδράσεις) υπάρχει και μία σειρά παραγόντων που λειτουργούν ως ανασταλτικός παράγοντας για τη χρήση της εν λόγω μεθόδου παράλληλα με τη χρήση περιβαλλόντων ΕΠ.

Για την προβολή ενός ΕΠ απαραίτητη είναι η χρήση περιφερειακών ηλεκτρονικών συσκευών (οθόνη, στερεοσκοπικά γυαλιά, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, κράνος εμπύθισης, κτλ) που είναι δυνατό αν δεν υπάρξει σωστός σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας να επηρεάσουν τα ΗΕΓ σήματα (Bayliss & Ballard, 1998; Pugnetti & Mendozzi, 1994; Pugnetti et al., 1995; Pugnetti et al., 1996; Strickland και Chartier, 1997; Eberhart & Kizakevich, 1993; Pugnetti et al., 2000; Meehan et al., 2000).

Προσοχή θα πρέπει να δίδουν οι ερευνητές και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ΕΠ που κατασκευάζουν και τις πειραματικές συνθήκες που επιλέγουν καθώς σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχει αναφερθεί ότι η ποιότητα των γραφικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και προβολή ενός ΕΠ, οι βαθμοί ελευθερίας κίνησης και το οπτικό πεδίο των συμμετεχόντων είναι δυνατόν να επιδράσει στα ΗΕΓ σήματα (Ζαχαρής, 2012; Μικρόπουλος, 2009).

Η φύση των ερεθισμάτων είναι ασυνήθιστα για τους περισσότερους συμμετέχοντες με αποτέλεσμα να τους δημιουργεί συναισθηματικό φόρτο (άγχος, δυσκολία προσαρμογής, ανοιγοκλείσιμο ματιών κτλ) και συμπεριφορικές αντιδράσεις που

επιδρούν και αλλοιώνουν τα εγκεφαλικά σήματα (Pugnetti et al., 2001; Nicholas et al., 2000).

Προκειμένου να αποφευχθούν πιθανά λάθος δεδομένα από τα παράσιτα που μπορεί να προκληθούν από τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο στήσιμο και το σχεδιασμό της πειραματικής διαδικασίας ώστε να αποφευχθούν με μετρήσεις όλα τα πιθανά παράσιτα που μπορεί να προκληθούν από τη λειτουργία περιφερειακών συσκευών, από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ΕΠ ή ακόμη και από τις συνθήκες εκτέλεσης της πειραματικής συνθήκης (φωτισμός, ηχητικά ερεθίσματα, οπτικό πεδίο, συναισθηματική κατάσταση συμμετεχόντων κτλ). Μία άλλη μέθοδος αποφυγής της πιθανότητας εξαγωγής εσφαλμένων αποτελεσμάτων από ύπαρξη παρασίτων στα εγκεφαλικά σήματα είναι σύμφωνα με μία ομάδα ερευνητών (Pugnetti et al., 2001; Cobb et al., 1999) η εφαρμογή ΗΕΓ μετρήσεων στους συμμετέχοντες και Πρίν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή και απαλοιφή πιθανών παρασίτων από ελεγχόμενους παράγοντες ή και από αστάθμητους.

4.5 Νευροανάδραση, Διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή και ΕΠ

Η Νευροανάδραση είναι μια διαδικασία, κατά την οποία ένα άτομο μπορεί να εκπαιδευτεί να μεταβάλλει τη δραστηριότητα του εγκεφάλου του. Κλινικές έρευνες που χρονολογούνται από το 1929 έδειξαν ότι ο εγκέφαλος του ανθρώπου διαθέτει την ικανότητα όταν λάβει μια άμεση και ακριβή πληροφόρηση, να βελτιώσει την απόδοσή του και να ρυθμίζει την λειτουργικότητά του. Η νευροανάδραση εκμεταλλεύεται αυτή την ικανότητα του ανθρώπου και τον εκπαιδεύει να κατανοεί την διαδικασία αυτή της αυτορρύθμισης του εγκεφάλου ενώ σταδιακά τον καθιστά ικανό να ελέγχει και να ρυθμίζει τις λειτουργίες του. Ο έλεγχος των λειτουργιών επιτυγχάνεται μέσω των οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων που δέχεται το άτομο κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, ενώ κλινικές έρευνες έχουν δείξει θεαματικά αποτελέσματα σε περιπτώσεις : μαθησιακών δυσκολιών, διαταραχής ελλειμματικής προσοχής (ADD), υπερκινητικότητας (ADHD), διαταραχών ύπνου, κατάθλιψης, ημικρανιών, διαταραχής λόγου, επιληψίας, άγχους, αλκοολισμού κ.α (Othmer & Kaiser, 2000; Wiederhold & Wiederhold, 2000).

Οι ακριβείς διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη μέθοδο της νευροανάδρασης σε νευροφυσιολογικό επίπεδο δεν είναι εύκολα ακόμη κατανοητές παρά το ότι οι πρώτες σχετικές αναφορές πραγματοποιήθηκαν το 2000 (Thatcher, 2000).

Η ανάπτυξη συσκευών ελέγχου εισερχόμενων βιοσημάτων μπορεί να θεωρηθεί σαν μία περιοχή εφαρμογής βασικής ψυχοφυσιολογικής έρευνας. Τα ΕΠ έχουν συνδεθεί με συγκεκριμένο εξοπλισμό που είναι ικανός να συλλέγει τα βιοσήματα και να αλληλεπιδρά με αυτά. Αυτή είναι μια μόνο και όχι η βασική χρήση αυτού του τύπου τεχνολογίας.

Η εφαρμογή των εξελιγμένων συστημάτων νευροανάδρασης και διεπαφής έχει συνδεθεί με την τεχνολογία της ΕΠ παίζει και έχει πραγματοποιηθεί σειρά ερευνητικών εργασιών την τελευταία δεκαετία (Budzynsky, 1995; Caudell, 1997; Pugnetti et al., 1997; Othmer & Kaiser, 2000; Wiederhold & Wiederhold, 2000).

Επιπροσθέτως, η τεχνολογία της ΕΠ που έχει αναπτυχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια και έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητικών κλάδων λόγω των θετικών πρώτων αποτελεσμάτων, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι δύναται να συμβάλει στην αποτελεσματικότητα της θεραπείας καθώς και στην αύξηση παροχής κινήτρων, την κατανόηση, τη συμμετοχή και την υπομονετικότητα των συμμετεχόντων.

Μία μέθοδος που συνδέει την εγκεφαλική λειτουργία με της νέες τεχνολογίες είναι η διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή (BCI), που αναπτύσσεται την τελευταία δεκαετία. Πρόκειται για ένα σύστημα επικοινωνίας που μετατρέπει την εγκεφαλική δραστηριότητα σε εντολές εφαρμόσιμες από ένα υπολογιστή ή άλλη ηλεκτρονική συσκευή. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει στους χρήστες της να αλληλεπιδρούν χρησιμοποιώντας μόνο τη δραστηριότητα του εγκεφάλου, χωρίς τη δραστηριότητα άλλων μυϊκών ή περιφερειακών νευρικών κυττάρων (Berg, Junker, Rothman, & Leininger, 1998).

Σε μία έρευνα που πραγματοποίησαν χρόνια Πρίν ο Lin και οι συνεργάτες του (2009), προσπάθησαν να μάθουν συμμετέχοντες να χρησιμοποιούν τη μέθοδο της ΗΕΓ προκειμένου να ελέγχουν τρισδιάστατες κινήσεις. Οι συμμετέχοντες έμαθαν να χρησιμοποιούν τον άλφα και τον βήτα εγκεφαλικό ρυθμό καθώς και τις αλλαγές

αυτών προκειμένου να εκτελούν εικονικές κινήσεις του αριστερού ή δεξιού χεριού ή κινήσεις του ποδιού. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος ΗΕΓ μπορεί να υποστηρίξει τον έλεγχο κινήσεων σε τρισδιάστατο περιβάλλον γεγονός που παρέχει σημαντικές ελπίδες σε άτομα με κινητικές δυσκολίες τα οποία μπορεί να δουν σημαντική βελτίωση μέσω της χρήσης συστημάτων BCI.

Στο πλαίσιο αυτό κινήθηκαν τα τελευταία χρόνια κάποιες έρευνες προκειμένου να διασαφηνίσουν και να καταδείξουν τη σχέση που συνδέει την ηλεκτρική εγκεφαλική δραστηριότητα με την τεχνολογία της ΕΠ. Ένα παράδειγμα αποτελεί η έρευνα του Rozengurt και των συνεργατών του (2010) που προσπάθησαν να εκπαιδεύσουν ένα αριθμό υγιών ενήλικων στο να εκτελούν μία διαδοχική κίνηση των δακτύλων του εικονικού χεριού. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε ως εξής: οι συμμετέχοντες διαχωρίστηκαν σε τρεις διαφορετικές ομάδες ανάλογα με τον ερευνητικό στόχο. Στη μία ομάδα ο στόχος ήταν η αύξηση της θήτα δραστηριότητας η οποία σύμφωνα με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών σχετίζεται με τη μνημονική δεξιότητα, στη δεύτερη ομάδα στόχος ήταν η αύξηση της βήτα δραστηριότητας ενώ στην τρίτη ομάδα οι ερευνητές ζήτησαν την διακοπή εκτέλεσης της δοκιμασίας για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Οι δοκιμασίες όλες πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση της μεθόδου ΗΕΓ ενώ τα αποτελέσματα έδειξαν την ύπαρξη σημαντικής βελτίωσης στην εκμάθηση εκτέλεσης της εν λόγω κίνησης κυρίως στην ομάδα αύξησης του θήτα ρυθμού και όχι τόσο στις άλλες δύο ερευνητικές ομάδες. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά προηγούμενων ερευνών οδήγησε τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι η αύξηση του θήτα ρυθμού συνδέεται με τη γνωστική διαδικασία της μάθησης.

Επιπρόσθετη πληροφορία και υποθέσεις για τις υπάρχουσες βοηθητικές συσκευές μέσω βιοσηματικής αλληλεπίδρασης ανέφεραν οι Lipson, Warner, and Chang (1999). Μια αναφορά σχετίζεται με την πλοήγηση σε ΕΠ (Nelson et al., 1997) όπου συμμετέχοντες χρησιμοποιούν συστήματα αλληλεπίδρασης για να πλοηγηθούν ή να πετάξουν εικονικά χρησιμοποιώντας μεγάλες οθόνες που παρείχαν ευρύ οπτικό πεδίο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τέτοιες συσκευές μπορούν να διασφαλίσουν

ένα διαφορετικό έλεγχο χεριών για την εκτέλεση πλοήγησης σε ένα άξονα σε ΕΠ και σχετικές δοκιμασίες.

Άτομα συνεπώς με αναπηρίες και νευρολογικές διαταραχές μπορούν να ωφεληθούν από αυτή την τεχνολογία, εντούτοις πρόσθετη έρευνα πρέπει να πραγματοποιηθεί για να βελτιωθεί η προσαρμοστικότητά της στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του εκάστοτε υποκειμένου.

Σε αυτό το πλαίσιο προτάθηκε η δημιουργία μίας καινούριας εργαλειοθήκης που θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη ρου ρόλου των ηλεκτροφυσιολογικών μετρήσεων στην αλληλεπίδραση ανθρώπου και υπολογιστή και θα συνδυάζει την ικανότητα να συνδέεται με οποιαδήποτε οθόνη του εμπορίου που υποστηρίζει προβολή τρισδιάστατων περιβαλλόντων (Allanson, Rodden, & Mariani, 1999). Η κατασκευή αυτής της εργαλειοθήκης ως στόχο της είχε να υλοποιήσει την αλληλεπίδραση ελεύθερων χεριών σε συνθήκες υψηλής υπεροφόρτωσης και κινητού υπολογισμού, ώστε να βοηθηθούν άτομα με δυσκολίες απεικονίζοντας παράλληλα τις φυσιολογικές απαντήσεις τους στις εκάστοτε απαιτήσεις του περιβάλλοντος.

Σύνοψη

Από τη βιβλιογραφική επισκόπηση παρατηρείται ότι η ΗΕΓ μέθοδος ως εργαλείο μελέτης συνδυαστικά με την χρήση εφαρμογών ΕΠ παρέχει πληροφορίες για τις εγκεφαλικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται κατά τη γνωστική επεξεργασία συγκεκριμένων εκπαιδευτικών ερεθισμάτων τρισδιάστατα προβαλλόμενων αν και είναι ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο οι μελέτες.

Η συνδιαστική χρήση ΗΕΓ και ΕΠ συνετέλεσε και στη βελτίωση της κατασκευής ΕΕΠ που σκοπό έχουν να χρησιμοποιηθούν ευρύτατα στην εκπαιδευτική διαδικασία και να συντελέσουν στην διευκόλυνση πρόσληψης και επεξεργασίας πληροφοριών από τους μαθητές.

Αν και η μελέτη του εν λόγω αντικειμένου είναι ακόμη σε πρωταρχικό στάδιο εντούτοις τα πρώτα αποτελέσματα είναι αισιόδοξα, ενώ φέρονται να έχουν πρακτική χρησιμότητα στην κατασκευή μελλοντικών ΕΕΠ προκειμένου να

καθίσταται ευκολότερα γνωσιακά επεξεργάσιμο το εκάστοτε ΕΕΠ και να παρέχονται στα χέρια των εκπαιδευτικών σημαντικά εργαλεία επίτευξης των μαθησιακών στόχων τους. Επιπροσθέτως, η γνώση που μας παρέχουν οι επιστημονικές αυτές μελέτες συνεισφέρουν στη γνωστική χαρτογράφηση του εγκεφάλου.

Κεφάλαιο 5 Εικονική Πραγματικότητα και εκπαίδευση

Εισαγωγή

Ο όρος Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠ) είναι η απόδοση στην ελληνική γλώσσα του όρου Virtual Reality (VR) που εισήγαγε το 1989 ο Jaron Lanier ορίζοντάς την ως «ένα αλληλεπιδραστικό, τρισδιάστατο περιβάλλον, φτιαγμένο από υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κανείς να εμβυθιστεί».

Καθώς ο ίδιος ο όρος Εικονική Πραγματικότητα εμπεριέχει μία έντονη νοηματική αντίφαση αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση διαφωνιών για τον ορισμό του με αποτέλεσμα την ανυπαρξία ενός συγκεκριμένου αυστηρού ορισμού κοινώς αποδεκτού από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας.

Κάποιοι από τους επικρατέστερους ορισμούς της Εικονικής Πραγματικότητας είναι οι εξής ακόλουθοι:

«Η Εικονική Πραγματικότητα είναι τα κατασκευασμένα σε υπολογιστή, τρισδιάστατα ή και δισδιάστατα περιβάλλοντα τα οποία απαντώνται σε πραγματικό χρόνο (real-time), καθώς τα διαχειρίζεται ο χρήστης.» (Mills S., Noyes J. 1999)

«Ένα μέσο το οποίο αποτελείται από αλληλεπιδραστικές δοκιμασίες με υπολογιστή, οι οποίες 'αισθάνονται' την θέση και τις ενέργειες του χρήστη, και αντικαθιστούν ή επαυξάνουν την ανάδραση σε μία ή παραπάνω αισθήσεις, δίνοντας το αίσθημα της πνευματικής εμβύθισης ή παρουσίας στην εξομοίωση (ένας εικονικός κόσμος).» Sherman, W. R., Craig, A., B. (2003)

«Εικονική Πραγματικότητα είναι το σύνολο των τεχνολογιών που υποστηρίζουν τη δημιουργία συνθετικών, υψηλά αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων περιβαλλόντων, που αναπαριστούν πραγματικές ή μη καταστάσεις» (Mikropoulos & Bellou, 2006).

Τόσο ο όρος Εικονική Πραγματικότητα όσο και ο όρος Εικονικό Περιβάλλον χρησιμοποιούνται από ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων (Πληροφορική, αρχιτεκτονική, Ψυχολογία, Εκπαίδευση, κ.α) αλλά και από το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο.

Το ευρύ κοινό μέχρι Πρίν λίγα χρόνια ακούγοντας για τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας σχημάτιζε την εικόνα ενός ατόμου καλωδιωμένου με διάφορες

συσκευές (κράνος, γυαλιά, γάντια, κλπ) ή ευρισκόμενου σε ένα κατάλληλα εξοπλισμένο και ελεγχόμενο χώρο όπου όλες οι αισθήσεις από την ερευνήτρια.

Η εσφαλμένη αυτή άποψη άρχισε να μεταβάλλεται την τελευταία πενταετία περίπου αρχικά με αφορμή τα ηλεκτρονικά παιχνίδια που χρησιμοποιούν την τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας, και πολύ περισσότερο με τις τρισδιάστατα προβαλλόμενες ταινίες στο κινηματογράφο και την είσοδο στην αγορά των οικονομικών τρισδιάστατων τηλεοράσεων που συνετέλεσαν στην απομυθοποίηση και την απόκτηση οικειότητας του ευρύ κοινού με την τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας.

Η ΕΠ είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία που στηρίζεται σε προϋπάρχουσες τεχνολογίες, σε εφαρμογές προσομοίωσης και αλληλεπίδρασης ανθρώπου, εμπύθισης και τηλεπαρουσίας.

5.1 Εικονική Πραγματικότητα, Εκπαιδευτική διαδικασία και μάθηση

Η ΕΠ είναι ένα πολύ ισχυρό μέσο οπτικοποίησης που μπορεί να ενσωματωθεί αποδοτικά στη μαθησιακή διαδικασία (Κωστάκης, 2000). Πρόκειται για ένα εργαλείο που μπορεί να παρέχει στους μαθητές εμπειρίες πρώτου προσώπου.

Τα εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα (ΕΕΠ) μπορεί να περιλαμβάνουν προσομοιώσεις με αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας άμεση εμπειρία και δυνατότητα ελεύθερης πλοήγησης χώρων που δεν είναι προσιτοί με άλλους τρόπους. Σημαντικό χαρακτηριστικό των ΕΕΠ είναι ότι καθιστούν δυνατές αλληλεπιδράσεις των χρηστών είτε μεταξύ τους είτε με το ΕΠ μέσα από πολλαπλά κανάλια αισθήσεων, προσφέροντας έτσι πολλές και διαφορετικές εμπειρίες που ξεπερνούν τα όρια των συνηθισμένων.

Τα ΕΠ τείνουν να μιμούνται τις ιδιότητες και τις λειτουργίες του πραγματικού κόσμου, μιμούμενα τον τρόπο που ο άνθρωπος συμπεριφέρεται και μαθαίνει στον πραγματικό κόσμο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των εξής ιδιοτήτων που παρέχει στους χρήστες του: πολλές διαφορετικές οπτικές γωνίες, άμεση αλληλεπίδραση με τα αντικείμενα, ενεργή συμμετοχή, κ.α. Με τον τρόπο αυτό λοιπόν τα ΕΠ κατορθώνουν να διευκολύνουν το άτομο να αποκτήσει πολλαπλές δομές αναφοράς

και ενισχύουν η κατανόηση της σημασίας των πολυδιάστατων φαινομένων συμβάλλοντας στην κατάκτηση ποιοτικής γνώσης και κατανόησης βασικών εννοιών (Νικολού, 1998).

Τα ΕΕΠ συνεπώς είναι ένα ισχυρό περιβάλλον όπου μπορούμε να ελέγξουμε το χρόνο, την κλίμακα, και τους φυσικούς νόμους παρέχοντας τοιούτοτρόπως στους χρήστες πρωτοφανής εμπειρίες όπως τη δυνατότητα να πετάξουν και να παρατηρήσουν το περιβάλλον από διαφορετική οπτική πρόκειται δηλαδή για εξελικτικά ευέλικτα διεπιστημονικά μαθησιακά περιβάλλοντα.

Η προσφορά λοιπόν της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία στηρίζεται στις εξής δυνατότητές της :

Εξερεύνηση υπαρκτών αντικειμένων και χώρων στους οποίους δεν είναι δυνατή η πρόσβαση από τους μαθητές λόγω μεγάλων αποστάσεων

Δημιουργία και χειρισμός αφηρημένων αναπαραστάσεων

Μελέτη πραγματικών αντικειμένων τα οποία είναι αδύνατο να μελετηθούν και να κατανοηθούν διαφορετικά εξαιτίας του μεγέθους της θέσης και των ιδιοτήτων τους
λχημικά μόρια, κύτταρα κ.α

Αλληλεπίδραση χρηστών με χρήση φυσικών και μη συμπεριφορών που είναι σε απομακρυσμένες φυσικές θέσεις και αλληλεπιδρούν σε εικονικούς τόπους.

Κάποια ΕΠ που έχουν κατασκευαστεί και χρησιμοποιηθεί για διδακτικούς με μαθησιακούς σκοπούς και περιλαμβάνουν τόσο επιτραπέζια ΕΕΠ όσο και ΕΕΠ εμβύθισης . Η διάκρισή τους αυτή σε επιτραπέζια και ΕΠ εμβύθισης είναι σύμφωνα με τη διάκριση που πραγματοποίησε ο Ζαχαρής (Ζαχαρής, 2012)

Επιτραπέζια Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα

Το Project LAKE:

Στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, αναπτύχθηκε το ΕΠ «LAKE»(Mikropoulos et al., 1998), το οποίο απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου και πραγματεύεται το θέμα του ευτροφισμού των λιμνών. Σε ένα κέντρο περιβαλλοντικής ενημέρωσης, αφού ο χρήστης πάρει πληροφορίες για το φαινόμενο του ευτροφισμού από διάφορα μέσα (διαφάνειες, κόμικς), εισέρχεται σε 3 εικονικά περιβάλλοντα όπου εξερευνά το βυθό μιας λίμνης και βλέπει την κατάσταση που επικρατεί όταν υπάρχει

διαφορετικού επιπέδου μόλυνση. Οι ιδιότητες της ΕΠ που αξιοποιεί είναι η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η φυσική σημαντική, η αυτονομία και η παρουσία. Η αξιολόγηση του Project έδειξε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Ενώ το θέμα του ευτροφισμού των λιμνών προσεγγίστηκε μέσω της βιωματικής μάθησης και της οικοδόμησης της γνώσης.

Το Project 450 π.Χ.

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε για τη στήριξη της διδασκαλίας της ιστορίας στη μέση εκπαίδευση. Η σχεδίαση και η φωτορεαλιστική απόδοση του ψηφιακού υλικού έγινε με λογισμικό τύπου 3D. Για την προβολή του χρησιμοποιήθηκε λογισμικό QuickTime VR(qtvr), που δύναται να αποδώσει πανοραμικές εικόνες καθώς και περιστρεφόμενα περί τους άξονές τους αντικείμενα. Η εφαρμογή κινήθηκε σε 2 άξονες: α. την ξενάγηση του χρήστη βάση βιντεοσκοπημένων διαδρομών που τον οδηγούσαν σε κομβικά σημεία του ΕΠ και β. την περιήγηση κατά την οποία ο χρήστης μετακινείται στον τρισδιάστατο εικονικό χώρο ενώ παράλληλα παρακολουθεί σε δυσδιάστατη απεικόνιση στο χάρτη του αρχαιολογικού χώρου το σημείο και τη γωνία θέασης. Στόχος λοιπόν του ΕΕΠ ήταν η βαθιά κατανόηση των χαρακτηριστικών της εκάστοτε ιστορικής χρονικής περιόδου που μελετούσε το βιβλίο της ιστορίας. Στόχος του ΕΠ ήταν να αποκτήσουν οι μαθητές μια ολοκληρωμένη αντίληψη για τα βασικά λειτουργικά στοιχεία μιας αρχαίας ελληνικής πόλης και να οικοδομήσουν γνώσεις για τη συγκεκριμένη ιστορική εποχή (Κωστάκης κ.α. 2002). Αξιοποιεί τις ιδιότητες της ελεύθερης πλοήγησης με περιορισμούς, της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου και της φυσικής σημαντικής. Η αξιολόγησή του έδειξε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και κίνητρο για ενασχόληση των μαθητών με την ιστορία.

Η εφαρμογή ΕΙΚΩΝ

Πρόκειται για ένα πιλοτικό εκπαιδευτικό λογισμικό για την υποστήριξη της διδασκαλίας του μαθήματος της Τεχνολογίας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με διαθεματική προσέγγιση στα γνωστικά αντικείμενα της γεωγραφίας, φυσικής,

χημείας, βιολογίας και οικολογίας. (Pintelas et. al., 1999). Αποτελείται από ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον στο οποίο ο εκπαιδευτικός διαχειρίζεται το πλαίσιο αλλά και το περιεχόμενο των πληροφοριών τις οποίες πραγματεύεται κάθε φορά ο μαθητής. Ο εκπαιδευτικός διαχειρίζεται την τάξη και επιτρέπει την πρόσβαση στο μαθητή σε συγκεκριμένους κόσμους, ανάλογα με τους εκπαιδευτικούς του στόχους. Ο μαθητής εξερευνά το εικονικό περιβάλλον, αναγνωρίζει γεωργικές εκτάσεις, εργαλεία και μηχανές, συναρμολογεί γεωργικά μηχανήματα, ολοκληρώνει διεργασίες. Έχει επίσης τη δυνατότητα της συνεργασίας με άλλους μαθητές μέσα από το δίκτυο, ώστε να ολοκληρώσουν συγκεκριμένες ομαδικές εργασίες. (Μικρόπουλος, Κατσίκης, Εμβαλωτής, Νικολού, Χαλκίδης, Πιντέλας, Καμέας). Η παιδαγωγική προσέγγιση είναι η οικοδόμηση της γνώσης και της βιωματικής μάθησης. Οι ιδιότητες που ενσωματώνει είναι η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η φυσική σημαντική, η κλίμακα χώρου και χρόνου, η πραγμάτωση και η αυτονομία. Η αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς χαρακτηρίζεται θετική ως προς τη σχεδίαση, την ευχρηστία και τη λειτουργικότητα που προσφέρει (Εικόνα 5.1.1).



Εικόνα 5.1.1 Οθόνη του περιβάλλοντος ΕΙΚΟΝ

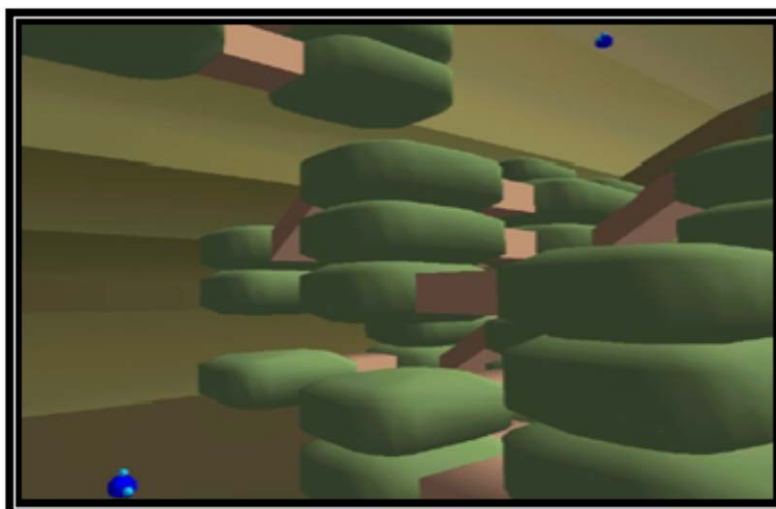
Το project PLANT CELL

Η δομή του λογισμικού αποτελείται από τέσσερις αλληλοσυνδεόμενες εικονικές λίμνες διαφορετικού βαθμού ευτροφισμού. Για κάθε λίμνη υπήρχαν διαθέσιμες 15 οπτικές γωνίες εκκίνησης της ελεύθερης πλοήγησης (μέσα και έξω από τη λίμνη, παρακολούθηση ή οδήγηση ψαριού, οθόνες πληροφοριών και βοήθειας, προκαθορισμένες αυτόματες περιηγήσεις). Σχετικά με την αληθοφάνεια των αναπαραστάσεων, επιλέχθηκε η μεγαλύτερη δυνατή φυσικότητα (που επέτρεπε η τότε παρεχόμενη υπολογιστική ισχύς των προσωπικών υπολογιστών) για γνωστά αντικείμενα (ψάρια, φυτά). Νικολού κα., 1999.

PLANT CELL

Στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, αναπτύχθηκε το PLANT CELL, είναι ένα προκατασκευασμένο εικονικό περιβάλλον για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση και πραγματεύεται το θέμα της δομής του φυτικού κυττάρου και της διαδικασίας της

φωτοσύνθεσης (Mikropoulos et al., 2003). Η εφαρμογή αποτελείται από δύο τμήματα. Στο πρώτο ο χρήστης εισέρχεται μέσα σε ένα εικονικό φυτικό κύτταρο, και εξερευνά τη δομή του, πλοηγούμενος στο εσωτερικό του. Βλέπει τη δομή των οργανιδίων στο χώρο, εισέρχεται στο εσωτερικό τους και μπορεί να παρατηρήσει τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτά. Στο δεύτερο τμήμα, εισέρχεται στο εσωτερικό ενός χλωροπλάστη, βρίσκει τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και καλείται να την ολοκληρώσει μόνος του. Στόχος του ΕΠ είναι η οικοδόμηση της γνώσης και η αξιοποίηση των ιδιοτήτων της ελεύθερης πλοήγησης, της φυσικής σημαντικής, της κλίμακας χώρου και χρόνου, της πραγμάτωσης και της παρουσίας. Η αξιολόγηση από εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έδειξε διαφορά στην κατανόηση εννοιών, ενώ δηλώθηκε ότι ένιωσαν το αίσθημα της παρουσίας.



Εικόνα 5.1.2 Εικόνα από το εσωτερικό ενός χλωροπλάστη

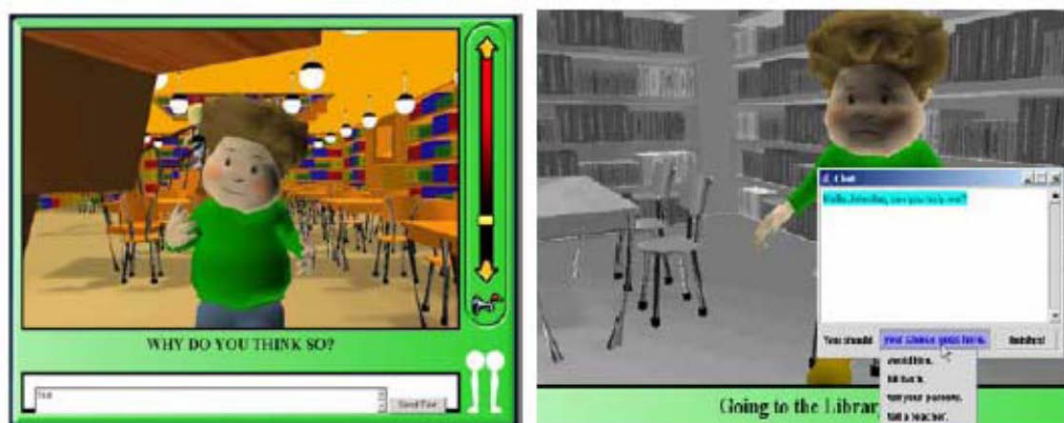
Laser Physics Lab

Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Nottingham, ανέπτυξε το Laser Physics Lab, που απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου και προπτυχιακούς φοιτητές και ασχολείται με το θέμα της βασικής φυσικής του φωτός laser. Η εφαρμογή ενημερώνει για την αυθόρμητη και την εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας, για τη διασπορά της ακτινοβολίας, παρέχει μια αναπαράσταση της ηλεκτρικής συνιστώσας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και τέλος μια διάταξη ολογραφίας που μπορεί να τεθεί σε λειτουργία.

FearNot! (Fun with Empathic Agents to Reach Novel Outcomes in Teaching)

Πρόκειται για ένα ΕΕΠ που βασίζεται σε ένα σχολείο που κατοικείται από συνθετικούς χαρακτήρες και χρησιμοποιούνται για προσωπική, κοινωνική εκπαίδευση, για εκπαίδευση πάνω στην υγεία και κυρίως για θέματα εκφοβισμού στα σχολεία. Εφαρμόστηκε σε παιδιά ηλικίας 8-11 χρόνων (Hall et al., 2005) και σκοπό είχε επηρεάσει το χρήστη και να ζωντανέψει συναισθήματα.

Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να πάρουν την ευθύνη του θύματος και να το συμβουλευθούν όπως θα έκαναν με ένα άλλο παιδί. Έτσι βιώνουν τα συναισθήματα του χαρακτήρα και τα προβλήματα από μια απόσταση αλλά ταυτόχρονα είναι δεσμευμένοι και επηρεάζονται από αυτό που συμβαίνει στους χαρακτήρες (Aylett R. S. et al., 2005; Gratch J. et al., 2001; Marsella S. et al., 2003; Paiva A. et al., 2004) προκαλώντας μια συναισθηματική δέσμευση.



Εικόνα 5.1.3 Αλληλεπίδραση με το θύμα

Οι μαθητές που αισθάνθηκαν θυμό ή λύπη για ένα χαρακτήρα βρήκαν πιο πιστευτό και ενδιαφέρον το περιβάλλον. Όσο πιο πιστευτό το περιβάλλον τόσο πιο μεγάλο το επίπεδο της δέσμευσης και η επιρροή στα συναισθήματα. Μεγάλος αριθμός μαθητών πίστεψε ότι η αλληλεπίδρασή τους επηρέασε τη συμπεριφορά των χαρακτήρων και όσο περισσότερο πίστευαν αυτό τόσο μεγαλύτερη η συναισθηματική δέσμευση. Από την αξιολόγηση βρέθηκε ότι η παρουσία τους βοηθάει στο να πάρουν οι χαρακτήρες τη σωστή απόφαση. Ότι με το να αισθανθούν λύπη θα τους βοηθήσουν, άρα δεσμεύονται συναισθηματικά

VSS Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που παρουσιάζει ένα δυναμικό τρισδιάστατο μοντέλο του ηλιακού συστήματος (Yair et al., 2001; Gazit et al., 2005). Ο χρήστης εξερευνά ελεύθερα το περιβάλλον ενώ αυτό συνεχίζει να λειτουργεί όπως και ο φυσικός κόσμος (εναλλαγή ημέρας και νύχτας, εποχές, εκλείψεις). Οι ιδιότητες που αξιοποιεί είναι η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η φυσική σημαντική και η αυτονομία. Βασίζεται στην προσέγγιση της οικοδόμησης της γνώσης και η αξιολόγηση του περιβάλλοντος από μαθητές γυμνασίου έδειξε ότι ο καθένας δημιούργησε ένα μοναδικό πρότυπο μάθησης ενώ αυτές οι ατομικές διαφορές θεωρήθηκε ότι ενισχύθηκαν από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του εικονικού ηλιακού συστήματος.

To Project GEOGRAPHIC EXPLORATION

Στο Πανεπιστήμιο του Τέξας αναπτύχθηκε το GEOGRAPHIC EXPLORATION από τους Ludwig G. S., που ασχολείται με την κατανόηση της μορφολογίας του εδάφους, τη διδασκαλία κατακόρυφου διαμελισμού, καθώς και την ανθρώπινη παρέμβαση και αστική ανάπτυξη. Η εφαρμογή βασίζεται σε ταινίες που προκύπτουν από εικονικά τοπία, παρέχουν έτοιμες πλοηγήσεις και καθόλου αλληλεπίδραση με το χρήστη.

To VR-ENGAGE

Πρόκειται για ένα ΕΠ που στόχο είχε να διδάξει γεωγραφία σε μαθητές δημοτικού μέσω ενός παιχνιδιού περιπέτειας αυξάνοντας το κίνητρο και την εμπλοκή των μαθητών και βασίζεται στην προσέγγιση της συνεργατικής μάθησης (Virvou et al., 2002; Virvou et al., 2005; Virvou & Katsionis, 2008). Το περιβάλλον αυτό στηρίζεται στις ιδιότητες της ελεύθερης πλοήγησης και της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου. Κατά την αξιολόγησή του από τους μαθητές που συμμετείχαν στην παρακολούθησή του σημειώθηκαν σημαντικά θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Η πιλοτική εφαρμογή VRLerna

Βασικός σκοπός κατασκευής και εφαρμογής του ΕΠ Μικροπουλος και Strouboulis (2004) είναι η διδασκαλία της αρχαίας ελληνικής ιστορίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με τρόπο εύληπτο από το σύνολο των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή στοχεύει στην παρουσίαση ιστορικών στοιχείων που απουσιάζουν από τη συμβατική διδασκαλία, αποσκοπεί στο να αποτελέσει μια αρχική γνωριμία των μαθητών με την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού στην Ηπειρωτική Ελλάδα καθώς και να μελετήσει την αίσθηση της παρουσίας σε μαθητές ηλικίας δώδεκα ετών εκτελώντας δραστηριότητες μέσα σε ένα εικονικό αρχαιοελληνικό σπίτι της εποχής εκείνης. Πρόκειται για ένα αλληλεπιδραστικό τρισδιάστατο εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον με χαρακτηριστικά ηλεκτρονικού παιχνιδιού. Συγκεκριμένα επιχειρήθηκε μια προσομοίωση της «Οικίας των Κεράμων», ενός σημαντικού ευρήματος του αρχαίου οικισμού της Λέρνας στην Αρκαδία. Πρόκειται για ένα κτίριο εντυπωσιακών για την εποχή διαστάσεων το οποίο τοποθετείται χρονολογικά στην Πρώιμη Εποχή του Χαλκού (Μπαρμπάτσης). Ακολουθεί την προσέγγιση της οικοδόμησης της γνώσης. Αξιοποιεί την ελεύθερη πλοήγηση, την οπτική γωνία πρώτου προσώπου, τη φυσική σημαντική και την παρουσία. Για την πλοήγηση χρησιμοποιήθηκαν και συγκρίθηκαν έξι διαφορετικές συσκευές. Τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι το πληκτρολόγιο και ο συνδυασμός ποντίκι - πληκτρολόγιο ήταν οι λιγότερο κουραστικές και οι περισσότερο εύκολες στη χρήση συσκευές εισόδου, δίνοντας, ταυτόχρονα, και μια αίσθηση παρουσίας. Τα μαθησιακά αποτελέσματα που προέκυψαν για τον τρόπο ζωής των αρχαίων Ελλήνων ήταν θετικά.

Project Εικονικού Ηλιακού Συστήματος

Το 2003 αναπτύχθηκε ένα ΕΠ που στόχο είχε την αλληλεπίδραση μαθητών Γυμνασίου με το ηλιακό σύστημα, καθώς και με τα φαινόμενα της εναλλαγής μέρας - νύχτας και εποχών (Bakas & Μικροπουλος, 2003). Σκοπός του ήταν η εννοιολογική αλλαγή μέσω γνωστικών συγκρούσεων και η απόρριψη πιθανών παρανοήσεων. Το περιβάλλον αξιοποιεί την ελεύθερη πλοήγηση, την οπτική γωνία πρώτου προσώπου και τη φυσική σημαντική. Η αξιολόγηση ανέδειξε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα αν και δεν παραλήφθηκε η ύπαρξη γνωστικών παρανοήσεων.

Vertex Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε με σκοπό να αξιολογήσει τη μάθηση που πηγάζει από τη συμμετοχή μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις διαδικασίες σχεδίασης, παραγωγής και χρήσης ενός εικονικού περιβάλλοντος, καθώς και την ανάπτυξη και διάδοση καινοτόμων αλλά πρακτικών στρατηγικών για τη χρήση διαμοιραζόμενων τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Bailey & Moar, 2003). Το περιβάλλον είναι κατασκευασμένο σύμφωνα με τη παιδαγωγική μέθοδο της συνεργατικής μάθησης και από τις ιδιότητες της ελεύθερης πλοήγησης και της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου. Η αξιολόγηση του έδειξε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα στη δημιουργική σκέψη των χρηστών καθώς και στις δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ τους.

Το PUPPET Project

Πρόκειται για ένα ΕΕΠ που κατασκευάστηκε (Marshall et al., 2002) για να καταγράψει διαλόγους που πραγματοποιούνταν μεταξύ των χρηστών μέσα σε αυτό. Οι χρήστες καλούνταν να αναλάβουν διάφορους ρόλους κατά την ενασχόληση τους με το προκατασκευασμένο εικονικό περιβάλλον, με τον κάθε ρόλο να προσφέρει διαφορετικές δυνατότητες αλληλεπίδρασης. Το περιβάλλον είναι σχεδιασμένο σύμφωνα με την παιδαγωγική μέθοδο της βιωματικής μάθησης, ενώ βασίζεται στις ιδιότητες της ελεύθερης πλοήγησης, της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου και της αυτονομίας.

Cell Exploration

Πρόκειται για ένα ΕΠ που μελετά τη συνεισφορά της απτικής ανατροφοδότησης σε ένα προκατασκευασμένο εικονικό περιβάλλον για τη λειτουργία ενός ζωικού κυττάρου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Minogue et al., 2006). Οι ιδιότητες της ΕΠ που αξιοποιεί είναι η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η φυσική σημαντική και η κλίμακα χώρου και χρόνου. Από την αξιολόγηση σημειώθηκαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Το DVREMS

Πρόκειται για ένα ΕΠ που στόχο να διευκολύνει τη μάθηση εννοιών αστρονομίας σε μαθητές δημοτικού μέσω ενός προκατασκευασμένου εικονικού περιβάλλοντος. (Chen et al., 2007). Ακολουθείται η προσέγγιση της ανακαλυπτικής μάθησης και αξιοποιούνται η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η φυσική σημαντική και η αυτονομία. Κατά την αξιολόγησή του σημειώθηκαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα ενώ υπογραμμίστηκε το γεγονός ότι οι χωρικές δεξιότητες παίζουν σημαντικό ρόλο σε ένα εικονικό περιβάλλον.

Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα Εμβύθισης

Το NICE Project

Στο Πανεπιστήμιο του Illinois αναπτύχθηκε το NICE Project (Narrativebased, Immersive, Constructionist / Collaborative Environments) (Roussos et al., 1997; Roussos et al., 1999) διερευνά τη δυνατότητα χρήσης της ΕΠ ως εργαλείου μάθησης σε θέματα οικολογίας. Η εφαρμογή απευθύνεται σε παιδιά 6-10 ετών και προσφέρει ένα εικονικό περιβάλλον όπου τα παιδιά ομαδικά εξερευνούν ένα νησί, κατασκευάζουν οικοσυστήματα αποφασίζοντας που και τι φυτά θα φυτέψουν και τα φροντίζουν καθώς αυτά αναπτύσσονται. Έχουν να επιλέξουν μέσα από μια ποικιλία εδαφών, υψομέτρων και καιρικών συνθηκών. Ο κόσμος αναπτύσσεται και χωρίς τη συνεχή επέμβαση και αλληλεπίδραση με τα παιδιά. Επίσης είναι δυνατός ο έλεγχος της ροής του χρόνου. Οι ενέργειες των παιδιών καταγράφονται με μορφή ιστορίας με εικόνες και δίνονται στα παιδιά. Η παιδαγωγική προσέγγιση είναι η συνεργατική μάθηση, η κατασκευή γνώσης, η εξερευνητική μάθηση και δίνεται πρωταρχική σημασία στον αφηγηματικό λόγο. Αξιοποιεί την ελεύθερη πλοήγηση, την οπτική γωνία πρώτου προσώπου, τη φυσική σημαντική, την κλίμακα χώρου και χρόνου, τη μετατροπή και την αυτονομία. Κατά την αξιολόγηση αναδείχθηκε ο ενθουσιασμός των παιδιών, αλλά παρατηρήθηκαν προβλήματα από τη χρήση του εξοπλισμού, όπως και δυσκολίες από τη δυνατότητα ελεύθερης εξερεύνησης του περιβάλλοντος.



Εικόνα 5.1.4 Εικόνα από στιγμιότυπο από το πρόγραμμα NICE

Το VRRV (Virtual Reality in Roving Vehicles)

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Winn et al., 1999) για να μελετήσει τη δυνατότητα σχεδίασης, μοντελοποίησης και χρήσης ΕΠ από μαθητές ηλικίας από τεσσάρων έως δώδεκα ετών. Χρησιμοποιεί την παιδαγωγική προσέγγιση κατασκευής της γνώσης και εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες της ελεύθερης πλοήγησης και της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου. Η αξιολόγηση του εν λόγω περιβάλλοντος έδειξε ότι οι μαθητές είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν μεταφορές για να εκφράσουν τις ιδέες τους για θέματα που δεν είναι άμεσα αντιληπτά, αλλά δεν μπορούν να γενικεύσουν τις παρατηρήσεις τους.

Στο Round Earth Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Johnson et al., 2001) για να γνωρίσουν οι μαθητές Δημοτικού βασικά θέματα αστρονομίας, όπως η επίπτωση της βαρύτητας της γης στα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω ή γύρω από αυτή και η σφαιρικότητα του σχήματος της γης. Για την κατασκευή του εν λόγω περιβάλλοντος οι ερευνητές βασίστηκαν στη συνεργατική και τη καταστασιακή μάθηση. Οι δυνατότητες της ΕΠ που αξιοποιήθηκαν είναι η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου και η φυσική σημαντική. Η αξιολόγηση παρουσίασε περιορισμένα μαθησιακά αποτελέσματα.

Το ScienceSpace

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Dede et al., 1999; Dede et al., 1997) για να μελετήσει και να παρουσιάσει πολύπλοκες έννοιες της φυσικής. Ένα τμήμα της έρευνας εξετάζει την έκταση στην οποία ο χειρισμός οπτικών, ηχητικών και απτικών σημάτων ανατροφοδότησης μπορεί να προκαλέσει παρανοήσεις για τα φυσικά φαινόμενα. Η κατασκευή του περιβάλλοντος στηρίχθηκε στην παιδαγωγική μέθοδο της συνεργατικής μάθησης, της ανακαλυπτικής μάθησης, της οικοδόμησης της γνώσης και της εδραίωσης διαδικαστικής γνώσης για χωρικές και μαθηματικές - λογικές σχέσεις. Οι δυνατότητες της ΕΠ που αξιοποιήθηκαν από το εν λόγω περιβάλλον ήταν οι ιδιότητες της κλίμακας χώρου και χρόνου, της πραγμάτωσης και της μετατροπής. Η αξιολόγηση του ΕΠ έδειξε ότι η πολύτροπη αλληλεπίδραση διευκολύνει την ευχρηστία και ενισχύει τη μάθηση ενώ παράλληλα δημιουργεί στους χρήστες κίνητρα για περαιτέρω ενασχόληση με το γνωστικό θέμα.

Virtual Water Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Trindade et al., 2002) για να μελετήσει τις συνέπειες της οπτικής μάθησης σε θέματα φυσικής και χημείας στη σχεδίαση στρατηγικών για την αντιμετώπιση των διαφορετικών τρόπων μάθησης. Οι δυνατότητες της ΕΠ που αξιοποιεί είναι αυτές της ελεύθερης πλοήγησης, της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου, της φυσικής σημαντικής και της πραγμάτωσης. Από την αξιολόγηση προέκυψε ότι τα τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα βοηθούν μαθητές με υψηλές χωροταξικές δεξιότητες στην εννοιολογική γνώση, ενώ τα βασικά χαρακτηριστικά της ΕΠ που επηρεάζουν τη γνώση είναι η αλληλεπίδραση, η πλοήγηση και η προοπτική.

ΣΕΙΣΜΟ Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε στους κόλπους του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (Mikropoulos et al., 2005) και στόχευε στην εκπαίδευση των μαθητών σε θέματα προφύλαξης από σεισμό με τη μεγαλύτερη δυνατή μεταφορά μάθησης στον πραγματικό κόσμο. Πρόκειται για ένα προκατασκευασμένο εικονικό περιβάλλον, που για την κατασκευή του στηρίχθηκε στην παιδαγωγική μέθοδο της

βιωματικής μάθησης. Από τις δυνατότητες που παρέχει η ΕΠ αξιοποιεί τη φυσική σημαντική, την αυτονομία και την παρουσία. Η αξιολόγηση με 51 φοιτητές έδειξε ότι η αίσθηση της παρουσίας εξαρτάται από την απόδοση του περιεχομένου των εικονικών περιβαλλόντων και από τον εμπλουτισμό τους και με εξωτερικά αισθητήρια ερεθίσματα.

The Knights Templar Castle Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που παρουσιάζει (Goncalves, 2005), μια αναπαράσταση ενός ρωμαϊκού κάστρου, και στοχεύει στη ν υποστήριξη της διδασκαλίας της ιστορίας. Για την κατασκευή του στηρίχθηκε στην παιδαγωγική της βιωματικής μάθησης. Από τις δυνατότητες της ΕΠ αξιοποιείται η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η φυσική σημαντική και η παρουσία. Η αξιολόγηση του εν λόγω περιβάλλοντος από εκπαιδευτικούς οδήγησε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στην ευχρηστία και στην παρουσία.

Virtual Playground Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Roussou et al., 2006) για να μελετήσει την αλληλεπίδραση του χρήστη σε ένα προκατασκευασμένο εικονικό περιβάλλον με επίκεντρο το ρόλο και την αποτελεσματικότητα στην εννοιολογική αλλαγή. Η κατασκευή του στηρίζεται στην παιδαγωγική μέθοδο της οικοδόμησης της γνώσης και εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου, της φυσικής σημαντικής και της πραγμάτωσης. Η αξιολόγησή του έδειξε ότι τα πλήρως αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα βοήθησαν τους μαθητές στην επίλυση προβλημάτων, αλλά δεν παρείχαν ενδείξεις εννοιολογικής αλλαγής, όπως αυτό αναμενόταν. Ενώ από την άλλη πλευρά, το παθητικό εικονικό περιβάλλον, όπου οι δραστηριότητες καθοδηγούνταν από ένα εικονικό ρομπότ, έδειξε να υποστηρίζει διεργασίες αναστοχασμού, στοιχείο που παρέχει ενδείξεις εννοιολογικής αλλαγής.

To VIPERSE Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Richard et al., 2006) με σκοπό να παρουσιάσει το ατομικό μοντέλο του Bohr. Η κατασκευή του στηρίχθηκε στην παιδαγωγική προσέγγιση της βιωματικής μάθησης, και από της δυνατότητες που παρέχει η ΕΠ αξιοποιεί την ελεύθερη πλοήγηση, τη κλίμακα χώρου και χρόνου, τη πραγμάτωση, τη παρουσία, τη δυνατότητα απτικής αλληλεπίδρασης καθώς και ανατροφοδότησης μέσω ήχου και όσφρησης.

SMILE Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Adamo-Villani & Wright, 2007), για να μελετήσει τα μαθησιακά αποτελέσματα που μπορεί να επιφέρει ένα παιχνίδι, όπου μαθητές πέντε έως δέκα ετών, με ή χωρίς προβλήματα ακοής, αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατους εικονικούς χαρακτήρες (avatars) και αντικείμενα και προσεγγίζουν θέματα που σχετίζονται με τα μαθηματικά και τη φυσική. Η σχεδίαση του περιβάλλοντος αυτού στηρίχθηκε στην παιδαγωγική προσέγγιση της οικοδόμησης της γνώσης. Ενώ οι δυνατότητες της τεχνολογίας της ΕΠ που αξιοποιήθηκαν ήταν της ελεύθερης πλοήγησης, της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου και της φυσικής σημαντικής. Η αξιολόγησή του περιβάλλοντος έδειξε ότι επέφερε θετικά αποτελέσματα στην ψυχολογία των χρηστών.

Quantum Atom Project

Πρόκειται για ένα ΕΠ που κατασκευάστηκε (Kontogeorgiou et al., 2007) για να βοηθήσει μαθητές στην κατανόηση αρχών της Κβαντικής Μηχανικής και στη δημιουργία κατάλληλων νοητικών εικόνων των ατομικών μοντέλων. Ακολουθεί την παιδαγωγική προσέγγιση της οικοδόμησης της γνώσης και αξιοποιεί τις ιδιότητες της ελεύθερης πλοήγησης, της οπτικής γωνίας πρώτου προσώπου, της φυσικής σημαντικής και της παρουσίας. Η αξιολόγηση έδειξε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Από την παρουσίαση λοιπόν κάποιων ΕΕΠ που έχουν κατασκευαστεί και χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα γίνεται σαφές ότι οι απεριόριστες δυνατότητες που παρέχει στο χρήστη η ΕΠ δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται όλες κατά την σχεδίαση και κατασκευή ενός ΕΕΠ αλλά κάθε φορά γίνεται χρήση αυτών που απαιτείται για την κάλυψη των διδακτικών στόχων ή των απαιτήσεων της έρευνας στα πλαίσια της οποίας έχει κατασκευαστεί και χρησιμοποιηθεί το εν λόγω περιβάλλον.

Όταν άρχισαν οι νέες τεχνολογίες να αποκτούν θέση στην εκπαιδευτική διαδικασία υπήρξε μεγάλη σύγχυση μεταξύ του ρόλου και των δυνατοτήτων που παρέχει η χρήση της ΕΠ και αυτών που μπορούν να προσφέρουν άλλες μορφές τεχνολογίας. Τα τελευταία χρόνια που κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στην εκπαίδευση αρκετά ΕΠ κατέστη σαφές ότι οι δυνατότητες ενός ΕΕΠ είναι πολύ περισσότερες και χρήσιμες στην εκπαιδευτική διαδικασία καθώς μπορούν να παρέχουν στο χρήστη πρωτόγνωρες μορφές εμπειρίας. Οι βασικότερες ιδιότητες που αξιοποιούν τα ΕΕΠ σε σχέση με άλλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που κάνουν χρήση νέων τεχνολογιών είναι η ελεύθερη πλοήγηση, η οπτική γωνία πρώτου προσώπου, η παρουσία και αλληλεπίδραση του μαθητή σε ένα διαφορετικό περιβάλλον από τον πραγματικό κόσμο με αποτέλεσμα την ενίσχυση των εμπειριών του με τρόπο μη εφικτό στο πραγματικό περιβάλλον.

Η αίσθηση της παρουσίας που έχει αναφερθεί σε ορισμένα μόνο ΕΕΠ κάνει έντονη την ανάγκη για κατασκευή ΕΕΠ όπου ο μαθητής θα δύναται να συμπεριφέρεται όπως στον πραγματικό κόσμο αξιοποιώντας ταυτόχρονα τα οφέλη της μαθητοκεντρικής παιδαγωγικής μεθόδου διδασκαλίας.

Παρά όμως τα πολλά πλεονεκτήματα της χρήσης ΕΕΠ εμπύθισης σημαντικά μειονεκτήματα που καθιστούν περιορισμένη τη χρήση τους είναι η πολυπλοκότητα και το κόστος των συστημάτων εμπύθισης.

Μία έρευνα βιβλιογραφικής επισκόπησης (1999 – 2009) που πραγματοποίησαν οι Mikropoulos & Natsis (2010), σε ΕΕΠ που φέρουν τα εξής χαρακτηριστικά: α) το εκπαιδευτικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε, β) τα χαρακτηριστικά και τα

γνωρίσματα της ΕΠ στα ΕΕΠ και γ) τη θεωρία μάθησης που ακολουθούν και χρησιμοποιούν οι συγγραφείς στις έρευνές τους, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν πολλές τεχνολογικές προσεγγίσεις όπου ακολουθούν τα ΕΕΠ, όμως, λίγες είναι οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Τα τελευταία χρόνια πάρα πολλές έρευνες έχουν δημοσιευθεί σχετικά με εικονικά περιβάλλοντα με εκπαιδευτικό περιεχόμενο (Mikropoulos & Natsis, 2010).

Ολοκληρώνοντας την ενότητα αυτή σύντομα θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι στην εκπαιδευτική διαδικασία δεν έχουν χρησιμοποιηθεί μόνο ΕΠ εμπύθισης αλλά και διαδικτυακά επιτραπέζια ΕΠ που μπορεί αρχικά να είχαν κατασκευαστεί για άλλους σκοπούς αλλά αρκετοί ερευνητές εκμεταλλεύτηκαν τις δυνατότητές τους για να εμπλουτίσουν τη διδακτική διαδικασία και να επιτύχουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Τέτοια περιβάλλοντα είναι

Το *Second Life* ένας εικονικός κόσμος βασισμένος στο Διαδίκτυο, ο οποίος έγινε γνωστός στα τέλη του 2006, αρχές του 2007. Ο εικονικός αυτός κόσμος δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες του, οι οποίοι αποκαλούνται και «residents» να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω των εικονικών τους ειδώλων (avatar). Οι «residents» μπορούν να εξερευνούν, να συναντάνε άλλους «residents», να κοινωνικοποιούνται, να συμμετέχουν σε ατομικές ή ομαδικές δραστηριότητες.

Το *World of Warcraft* ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι ρόλων που σχεδιάστηκε από την Blizzard Entertainment και κυκλοφόρησε στις 23 Νοεμβρίου του 2004 στη Βόρεια Αμερική και στις 11 Φεβρουαρίου 2005 στην Ευρώπη. Ανήκει στην κατηγορία των MMORPG (Massively multiplayer online role-playing game, Μαζικά Πολυχρηστικό Διαδικτυακό παιχνίδι ρόλων). Διαδραματίζεται στο σύμπαν μεσαιωνικής φαντασίας του Warcraft, το Azeroth, όπως αυτό παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στο ηλεκτρονικό παιχνίδι στρατηγικής. Με περισσότερους από 11 εκατομμύρια συνδρομητές, το World of Warcraft είναι αυτή την περίοδο το μεγαλύτερο MMORPG στον κόσμο σε αριθμό συνδρομητών, και κάτοχος του ρεκόρ Γκίνες για το πιο δημοφιλές MMORPG.

Το *ActiveWorlds* Πρόκειται για μια τρισδιάστατη πλατφόρμα εικονικής πραγματικότητας. Οι χρήστες καταγράφονται στον ενεργό παγκόσμιο κόσμο με ένα

μοναδικό όνομα, και ερευνούν τρισδιάστατους εικονικούς κόσμους και περιβάλλοντα που έχουν χτίσει άλλοι χρήστες. Οι χρήστες μπορούν να κουβεντιάσουν μεταξύ τους ή να χτίσουν ολόκληρες περιοχές. Ο εικονικός αυτός κόσμος επιτρέπει στους χρήστες να κατέχουν κόσμους και σύμπαντα, και να αναπτύσσουν τρισδιάστατο περιεχόμενο. Ο browser έχει τις δυνατότητες του παγκόσμιου Ιστού, τη συνομιλία, και το άμεσο μήνυμα. Αυτό το ενσωματωμένο λογισμικό επιτρέπει στους χρήστες να συνδέονται, να ερευνούν, και να κατανοούν καλύτερα τον τρισδιάστατο κόσμο.

5.2 Εικονική Πραγματικότητα στην Ελλάδα

Η Εικονική Πραγματικότητα έχει ήδη κάνει την εμφάνισή της στην Ελλάδα. Μπορεί ο περισσότερος κόσμος να μη γνωρίζει ότι στην Ελλάδα υπάρχουν συστήματα ΕΠ αλλά και ερευνητικό έργο πάνω στον τομέα αυτό. Αν και φυσικά υστερούμε σε πολύ μεγάλο βαθμό, σε σχέση με άλλες χώρες (Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και αναπτυγμένες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία), διότι η ενασχόληση με την τεχνολογία της ΕΠ έχει πολύ υψηλό κόστος δυσβάστακτο για την Ελλάδα και τις δύσκολες οικονομικά εποχές που περνά. Κόστος δεν αφορά τόσο το λογισμικό που χρησιμοποιείται καθώς, είναι διαθέσιμα πάρα πολύ καλά εργαλεία ανοιχτού λογισμικού (open source), το κόστος είναι υψηλό λόγω του υλικού εξοπλισμού, που είναι πανάκριβος και δεν διατίθεται σε μεγάλες ποσότητες.

Ένα παράδειγμα χρήσης της ΕΠ στην Ελλάδα είναι το εξομοιωτικό σύστημα στόχευσης που έχει ο Ελληνικός Στρατός, που όσοι είχαν την τύχη να το δοκιμάσουν σίγουρα θα το θυμούνται. Πρόκειται για ένα όπλο, που είναι όμοιο με αυτό που έχει κάθε φαντάρος, είναι σαν αληθινό λόγω της συμπεριφοράς του κατά την εκπυρσοκρότηση και οι στόχοι είναι επίσης αρκετά ρεαλιστικοί. Το όπλο αποτελεί την Συσκευή Εισόδου για ένα Σύστημα Επεξεργασίας και μεταφέρει πληροφορίες σχετικά με το αν πατήθηκε η σκανδάλη αλλά και τον προσανατολισμό του ώστε να είναι δυνατή η αναφορά σχετικά με το αν επιτεύχθηκε ο εκάστοτε στόχος- εχθρός.

Μία άλλη αξιόλογη εφαρμογή της τεχνολογίας της ΕΠ στην Ελλάδα μπορούμε να δούμε στο Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού (I.M.E.). Εκεί η ΕΠ χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικό αλλά και ψυχαγωγικό σκοπό.

Το I.M.E. διαθέτει δύο συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας. Το ένα που ονομάζεται «Κιβωτός» είναι ένα CAVE (.Σύστημα Αυτόματου Εικονικού Περιβάλλοντος Σπηλαίου) διαστάσεων 3Χ3Χ3 μέτρα, όπου το πάτωμα και οι τοίχοι αποτελούν οθόνες προβολής. Για να έχουν τρισδιάστατη αίσθηση του χώρου οι επισκέπτες της «Κιβωτού», φορούν ειδικά στερεοσκοπικά γυαλιά. Το άλλο είναι ένα σύστημα που ονομάζεται «Μαγική Οθόνη», είναι μια μεγάλη φωτεινή οθόνη σε σχήμα σχεδιαστικού τραπέζιου και είναι επισήμως το πρώτο έκθεμα ΕΠ στην στη χώρα μας. Η «Μαγική Οθόνη», ή αλλιώς σύστημα ImmersaDesk όπως καλείται, έχει πλάτος 1,5 και ύψος 1,2 μέτρα. Το μέγεθος και η κεκλιμένη θέση της δίνουν τη δυνατότητα ευρυγώνιας οπτικής σε έξι περίπου χρήστες, που με τη χρήση ειδικών γυαλιών στερεοσκοπικών και μιας συσκευής πλοήγησης δύνανται να αλληλεπιδράσουν με το προβαλλόμενο περιβάλλον.

Και τα δύο συστήματα αξιοποιούνται από το I.M.E. για να μεταφέρουν μικρούς και μεγάλους σε μαγικούς κόσμους της πολιτιστικής μας κληρονομιάς, όπως η αρχαία Μίλητος και ο ναός του Δία στην Ολυμπία.

Επίσης στο Ίδρυμα Ευγενίδου λειτουργεί ένα υπερσύγχρονο πλανητάριο, το οποίο καθηλώνει όσους το επισκέπτονται εμπλέκοντάς τους σε ένα πανηγύρι αισθήσεων. Ο χώρος αποτελείται από υπερσύγχρονα συστήματα αστρικών προβολών και δίνεται η αίσθηση στον χρήστη, ότι ταξιδεύει όχι μόνο στον γαλαξία μας αλλά και σε όλο το Σύμπαν, που αποτελείται από 100 γαλαξίες. Το σύστημα αυτό όπως και άλλα που έχουν επανδρώσει το Ίδρυμα έχουν τη δυνατότητα να δείχνουν φαινόμενα που δεν μπορούν να παρατηρηθούν με γυμνό μάτι. Η πλοήγηση σ' αυτό τον χώρο γίνεται σε χρόνο λίγων μόλις δευτερολέπτων δίνοντας στους θεατές την ψευδαίσθηση μεταφοράς τους, με μία μηχανή του χώρου και του χρόνου. Από τα πιο θεαματικά προβολικά συστήματα που περιλαμβάνει το νέο Πλανητάριο είναι τρία "Συστήματα Τρισδιάστατης Εικονικής Πραγματικότητας" (SkyVision™ A-B και Digistar 3) που καλύπτουν πλήρως την οθόνη με την βοήθεια 12 βιντεοπροβολέων υψηλής ανάλυσης. Μια από τις σημαντικότερες δυνατότητες των συστημάτων αυτών είναι και η ευχέρεια που έχει να παρουσιάζει φαινόμενα που δεν ανήκουν στην άμεση καθημερινή εμπειρία καθώς ο χρόνος παρουσιάζεται άλλοτε να τρέχει πιο γρήγορα και άλλοτε πιο αργά, ή ακόμη και να σταματά μια διαδικασία με τρόπο που να μας καθιστά μάρτυρες φαινομένων που δεν είναι δυνατόν να συλλάβει το

ανθρώπινο μάτι, παρουσιάζοντας μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα φαινόμενα που χρειάζονται ολόκληρους μήνες, αιώνες ή και εκατομμύρια χρόνια για να πραγματοποιηθούν. Και όλα αυτά με την ηχητική κάλυψη ψηφιακού συστήματος ήχου (Digital Surround Sound System) συνολικής ισχύος 40.000 watt το οποίο μεταφέρει με την βοήθεια 44 ειδικών ηχείων τη μουσική και την αφήγηση των παραστάσεων στην αίθουσα προβολών.

Όσον αφορά το ερευνητικό πεδίο, τα τελευταία χρόνια γίνονται αρκετές προσπάθειες στο Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (Ι.Τ.Ε.), στο Ινστιτούτο Πληροφορικής (Ι.Π.) , Εργαστήριο Επικοινωνίας Ανθρώπου - Μηχανής (HCI) στο Ηράκλειο της Κρήτης αλλά κυρίως στο Εργαστήριο Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Λογισμικού του Τμήματος Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Πατρών με τη διεύθυνση του καθηγητή Παναγιώτη Πιντέλα, και στο εργαστήριο εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ. Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με τη διεύθυνση του καθηγητή Αναστάσιου Μικρόπουλου.

Το μεν Εργαστήριο Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Λογισμικού του Τμήματος Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Πατρών ασχολείται με τη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών περιβαλλόντων σε συνδυασμό με έμπειρα συστήματα, μοντέλα εκπαιδευτικού και μαθητή. Μια από τις πρόσφατες εφαρμογές του εργαστηρίου αφορά σε εικονικά περιβάλλοντα μηχανικής για την κατανόηση βασικών αρχών και εννοιών μέσα από εικονικά πειράματα, το δε εργαστήριο εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ. Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων ασχολείται με τη σχεδίαση, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων στα γνωστικά αντικείμενα της βιολογίας, περιβαλλοντικής αγωγής, γεωγραφίας, φυσικής αλλά και εντοπισμού γνωστικών δυαφυλικών διαφορών κατά την διαδικασία της μάθησης που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή (βλέπε ενότητα Εικονική Πραγματικότητα, Εκπαιδευτική διαδικασία και μάθηση). Τα πρώτα αποτελέσματα συγκριτικά και με άλλα μέσα όπως το κείμενο, και τα περιβάλλοντα πολυμέσων είναι ενθαρρυντικά ως προς τις δυνατότητες της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία (Chalkidis et al, 1997). Η έρευνα στο εν λόγω εργαστήριο συνεχίζεται με σχεδίαση πιο εξελιγμένων εκπαιδευτικών συστημάτων ΕΠ και με αξιολόγηση τους από μεγάλο δείγμα μαθητών και φοιτητών.

Σύνοψη

Η εικονική πραγματικότητα που είναι ένας τρισδιάστατος χώρος που παρέχει ισχυρό βαθμό αλληλεπίδρασης με το χρήστη, πιστότητα στην αναπαράσταση αλλά κυρίως παρέχει άμεση ανταπόκριση στις ενέργειες του (της τάξεως του 1/10 του δευτερολέπτου) είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί στην διδακτική – εκπαιδευτική διαδικασία συμβάλλοντας στην ευχάριστη διεξαγωγή της αλλά και στην αποτελεσματικότητά της.

Καθώς η χρήση της για εκπαιδευτικούς- διδακτικούς σκοπούς είναι ακόμη στα σπάργανα δεν είναι δυνατόν να μιλήσουμε με βεβαιότητα για την συμβολή της στο χώρο αυτό αν και από τα πρώτα πειραματικά δείγματα τα αποτελέσματα είναι αισιόδοξα σε ένα μεγάλο ποσοστό τους καθώς Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας φαίνεται ότι αποτελεί ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο για την υποστήριξη της διδακτικής πράξης.

Κάποιες δυσκολίες στη χρήση της ΕΠ για διδακτικούς σκοπούς είναι:

Α. Τα μεγάλα κόστη για το λόγο αυτό και προτείνεται η χρήση κυρίως επιτραπέζιων συστημάτων

Β. Έλλειψη παιδαγωγικής υποστήριξης για τη σχεδίαση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων και κριτηρίων αξιολόγησής τους

Γ. Προκαταλήψεις για κάθε τι νέο στη διδακτική πράξη

Δ. Έλλειψη κατάρτισης εκπαιδευτικών

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προαναφερθέντα προτερήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της ΕΠ στην εκπαίδευση σε συνδυασμό με τα πρώτα αισιόδοξα δείγματα από τη χρήση της γεννάται η πεποίθηση ότι μέσα στα επόμενα χρόνια θα αποτελέσει εργαλείο της διδακτικής διαδικασίας όπως έγινε και με άλλες μορφές νέων τεχνολογιών ενώ αποτελεί θελκτικό πόλο έλξης πολλών ερευνητών διάφορων επιστημονικών κλάδων.

Κεφάλαιο 6 Μεθοδολογία Έρευνας

Εισαγωγή

Κύριος σκοπός εκπόνησης της διατριβής είναι η συγκριτική διερεύνηση γνωστικών δεξιοτήτων που λαμβάνουν χώρα κατά την αλληλεπίδραση με εικονικά αλλά και πραγματικά περιβάλλοντα ανδρών και γυναικών με απώτερο στόχο τον εντοπισμό πιθανών γνωστικών διαφυλικών διαφορών. Για την ανίχνευση των διαφορών αυτών πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας τόσο κατά την παρατήρηση των εικονικών όσο και κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος.

Η μεθοδολογία της έρευνας αποτελείται από τρεις βασικούς πυλώνες:

την επιλογή της πλέον κατάλληλης για τα ερευνητικά ερωτήματα απεικονιστικής μεθόδου για τη διερεύνηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας των δύο ομάδων (άνδρες, γυναίκες) κατά την αλληλεπίδρασή τους τόσο με τα εικονικά όσο και με το πραγματικό περιβάλλον

την επιλογή των κατάλληλων πειραματικών περιβαλλόντων που θα αναδείξουν τις πιθανές ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές των δύο ομάδων

την ορθή επιλογή του δείγματος προκειμένου αν όχι να εξαλειφθούν να μειωθούν στο ελάχιστο πιθανά ερευνητικά λάθη λόγω ανομοιογένειας του δείγματος.

Όσον αφορά τον πρώτο κατά σειρά πυλώνα αυτό της μεθόδου απεικόνισης της εγκεφαλικής λειτουργίας, επιλέχθηκε η χρήση της μεθόδου της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας (ΗΕΓ) ως πλέον κατάλληλης για τη μελέτη των ερευνητικών στόχων. Σημαντικό ρόλο για την επιλογή της μεθόδου έπαιξαν τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά της:

α. Πρόκειται για μία μη επεμβατική διαδικασία που σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες δεν υποχρεούνται να εκθέσουν τον οργανισμό τους σε χημικές ουσίες ή μορφές ακτινοβολίας που ενδέχεται να προκαλέσουν σωματικές βλάβες

β. Είναι εύκολη στη χρήση καθώς δεν υποχρεώνει τους συμμετέχοντες σε πλήρη ακινησία ή σε κατάκλιση ενώ είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σχεδόν σε κάθε περιβάλλον μη εργαστηριακό δίδοντας στους συμμετέχοντες αλλά και στους ερευνητές τη δυνατότητα να δραστηριοποιούνται στο φυσικό τους περιβάλλον,

γ. Η υψηλή χρονική ανάλυση που παρέχει (ίδιας τάξης μεγέθους με εκείνη που λαμβάνουν χώρα οι ηλεκτρικές εγκεφαλικές δραστηριότητες του εγκεφάλου) για την καταγραφή και των γρήγορων γνωστικών διαδικασιών.

6.1 Πιλοτική μελέτη

6.1.1 Στόχοι

Η πιλοτική μελέτη είχε τους εξής στόχους:

να πραγματοποιηθεί μία πρώτη διερεύνηση εντοπισμού πιθανών διαφυλικών διαφορών μέσω των ΗΕΓ σημάτων κατά την παρατήρηση τριών πανομοιότυπων ως προς το περιεχόμενο εκπαιδευτικών περιβαλλόντων, ενός δισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος (ΕΠ), ενός τρισδιάστατου και στερεοσκοπικού ΕΠ και ενός πραγματικού.

να μελετηθεί η αξιοπιστία της ΗΕΓ καταγραφής και να ελεγχθεί το σύστημα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη λειτουργία του συστήματος εικονικής πραγματικότητας.

6.1.2 Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 18 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (9 άνδρες και 9 γυναίκες) οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες σύμφωνα με το φύλο τους. Η επιλογή του δείγματος έγινε ώστε οι συμμετέχοντες να είναι δεξιόχειρες, να μην έχουν διαγνωσμένη μαθησιακή δυσκολία ή ψυχική νόσο, να μη λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή ή ουσίες που να επιδρούν στη λειτουργία του νευρικού συστήματος και να μην έχουν καταναλώσει ποσότητες καφεΐνης ή αλκοολούχων ποτών το τελευταίο 24ωρο. Οι παραπάνω έλεγχοι καθώς και ανίχνευση διαφορών μέσα στο δείγμα όσο και μεταξύ των ομάδων (άνδρες, γυναίκες) πραγματοποιήθηκαν με χρήση ερωτηματολογίου που κατασκευάστηκε για αυτόν τον σκοπό.

Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε μία σειρά ερωτήσεων δημογραφικού περιεχομένου, ερωτήσεις ανίχνευσης του γνωστικού υποβάθρου των συμμετεχόντων για αποφυγή τυχόν αποκλινουσών περιπτώσεων. Συμπεριλήφθηκαν ερωτήσεις ανίχνευσης πιθανών μαθησιακών δυσκολιών ή διαγνωσμένης ψυχοπαθολογικής διαταραχής που έχουν επίδραση και στην εγκεφαλική

δραστηριότητα (Lubar & Lubar, 1984; Zametkin et al., 1990; Linden, 1991; Lubar, 1992; Winkler et al., 1970; Satterfield, 1973; Nall, 1973; Satterfield & Braley, 1977; Linden, 1991; Zametkin et al., 1990; Lubar et al., 1985). Στο δεύτερο τμήμα του υπήρχαν και ερωτήσεις για την ανίχνευση της πλευρίωσης που επηρεάζει την εγκεφαλική αντιπροσώπευση κάποιων γνωστικών δεξιοτήτων (Gur et al., 1982; Herve et al., 2006; Hines and Satz, 2002; Glass et al., 2002), ερωτήσεις ανίχνευσης του γνωστικού υποβάθρου αλλά και της εμπειρίας των συμμετεχόντων σχετικά με τη χρήση και την εμπειρία χρήσης υπολογιστή γενικά όσο και ηλεκτρονικών παιχνιδιών καθώς η εμπειρία στη χρήση υπολογιστών αλλά και ηλεκτρονικών παιχνιδιών ισοδυναμεί με εξοικείωση μειώνοντας τα επίπεδα του άγχους κατά την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας γεγονός που έχει αντίκτυπο στην εγκεφαλική δραστηριότητα (Heller et al., 1997). Ακολούθησαν ερωτήσεις που απαντήθηκαν μετά το πέρας της δοκιμασίας και ήταν τόσο ερωτήσεις μνήμης που αφορούσαν το περιεχόμενο των ερεθισμάτων που προβλήθηκαν στους συμμετέχοντες όσο και ερωτήσεις ανίχνευσης της ψυχολογικής κατάστασης των συμμετεχόντων κατά την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας που έχουν αντίκτυπο στην εγκεφαλική δραστηριότητα (Παράρτημα).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του δείγματος είναι η ομοιογένεια τόσο ως προς το γνωστικό επίπεδο, καθώς όλοι είναι φοιτητές του ίδιου Τμήματος, όσο και ως προς την ηλικία που κυμαίνεται μεταξύ 19 και 22 ετών (Μ.Ο 20,5 έτη), γεγονός που συνάδει με τη σταθεροποίηση των εγκεφαλικών ρυθμών άλφα οι οποίοι μεταβάλλονται σχεδόν μέχρι την εφηβεία. Το δείγμα σε έλεγχο που πραγματοποιήθηκε κατά την επεξεργασία των εγκεφαλικών σημάτων παρουσίασε τον ρυθμό σε φυσιολογικά πλαίσια όπως αυτά ορίζονται στην παγκόσμια βιβλιογραφία.

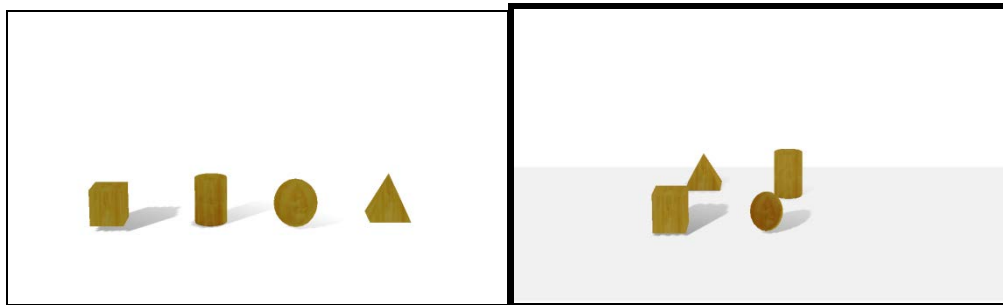
6.1.3 Διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα σε εργαστηριακό περιβάλλον προστατευμένο από ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις (εικόνα 6.1.3.1).



Εικόνα 6.1.3.1:Εργαστηριακό περιβάλλον διεξαγωγής μελέτης

Τα ερεθίσματα – περιβάλλοντα περιλάμβαναν μία ανοιχτόχρωμη επιφάνεια και τέσσερα γεωμετρικά στερεά (ένα κύβο, μία πυραμίδα, μία σφαίρα και ένα πολυγωνικό πρίσμα) πάνω της, η υφή των οποίων ήταν ξύλινη και το φόντο στο οποίο παρουσιαζόταν ανοιχτόχρωμο γκρι (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.1.3.2: Απεικόνιση περιεχομένου των εικονικών περιβαλλόντων (2D)

Η επιλογή των γεωμετρικών στερεών ως ερεθισμάτων έγινε με κριτήριο την οικειότητα των συμμετεχόντων με αυτά, την ευκολία στην κατασκευή πανομοιότυπων με τα πραγματικά εικονικών αντικειμένων, και διότι τα γεωμετρικά στερεά αποτελούν βάση για εκπαιδευτικά αντικείμενα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες μορφές και συνθέσεις και σε διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να παρακολουθήσουν παθητικά (χωρίς αλληλεπίδραση και αποφεύγοντας άσκοπες σωματικές κινήσεις) ένα δυσδιάστατο ΕΠ στην οθόνη ενός υπολογιστή σε απόσταση 40cm (Samsung TFT 22" wide SyncMaster 2233RZ (3ms) - 3D Vision Ready), ένα τρισδιάστατο ΕΠ με τη χρήση

στερεοσκοπικών γυαλιών (Εικόνα 6.1.3.3) και ένα πραγματικό περιβάλλον (Εικόνα 6.1.3.4).



Εικόνα 6.1.3.3: Παρατήρηση τρισδιάστατου ΕΠ από τους συμμετέχοντες (3D)



Εικόνα 6.1.3.4: Πραγματικό περιβάλλον (REAL)

Και τα τρία περιβάλλοντα παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες σε δέκα επαναλήψεις μεταξύ των οποίων τα τέσσερα αντικείμενα άλλαζαν θέση στο χώρο ενώ οι συμμετέχοντες άνοιγαν και έκλειναν τα μάτια τους κατόπιν προτροπής του ερευνητή με σκοπό την ελαχιστοποίηση των παρασίτων. Σε όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας καταγράφονταν τα ηλεκτρικά σήματα που παρήγαγε ο εγκεφαλικός φλοιός των συμμετεχόντων. Η καταγραφή των ΗΕΓ σημάτων ήταν συνεχόμενη και κατά τη φασματική ανάλυση μελετήθηκαν οι εγκεφαλικοί ρυθμοί θήτα (4 - 8Hz), άλφα (α1: 8 – 10Hz, α2: 11 - 12Hz), βήτα (13 - 32Hz) και γάμα (33 - 40Hz).

6.1.4 Λογισμικό επεξεργασίας ΗΕΓ σημάτων

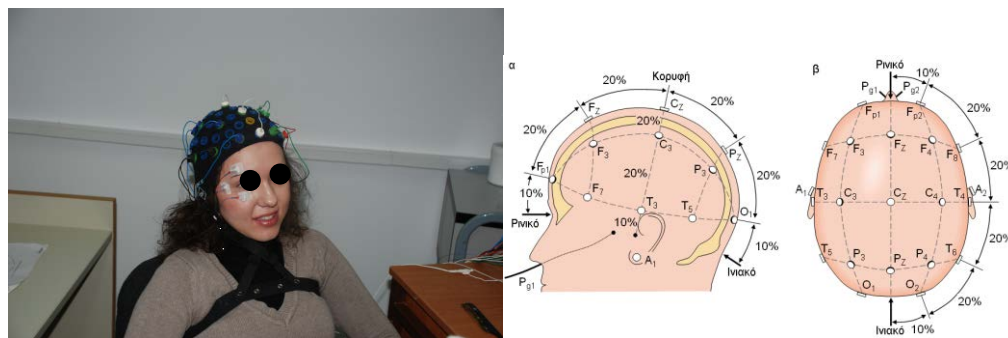
Για την καταγραφή αλλά και ενίσχυση των ΗΕΓ σημάτων (δεδομένων), χρησιμοποιήθηκε ψηφιακός εγκεφαλογράφος της gtec (Gratz - Αυστρία), και πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος των αντιστάσεων ενώ ταυτόχρονα τα δεδομένα του αποτέλεσαν τη βάση του οπτικού έλεγχου του ερευνητή για εντοπισμό παρασίτων και απόρριψη ΗΕΓ δεδομένων από συμμετέχοντες που παρουσίασαν εμφανή παράσιτα, υψηλές αντιστάσεις ή και μεγάλες διαφορές σε μεμονωμένα ηλεκτρόδια. Στη συνέχεια για την περεταίρω επεξεργασία των σημάτων με σκοπό την εξαγωγή φασμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάλυσης Fourier αλλά και η στατιστική ανάλυση μέσω του λογισμικού ασύγχρονης (off-line) επεξεργασίας g.BSanalyze της g.tec.

Στο τελικό στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων έλαβαν χώρα η αποκοπή των αποσπασμάτων, η αφαίρεση παρασίτων, ποσοτικοί υπολογισμοί απόλυτης και σχετικής ισχύος των φασμάτων, κατασκευή συνολικών πινάκων ανά ρυθμό και κατασκευή χαρτών ισχύος συχνοτήτων, που πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό EEGprocessing και αναπτύχθηκαν σε περιβάλλον Visual Basic και Matlab.

6.1.5 Πειραματικά μέσα και συσκευές

Η καταγραφή του ΗΕΓ πραγματοποιήθηκε με 19 ενεργά ηλεκτρόδια (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2) που εφαρμόστηκαν στο

κρανίο των υποκειμένων σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10/20 (Εικόνα 6.5β). Ένα επιπλέον ηλεκτρόδιο στο μέτωπο χρησιμοποιήθηκε για γείωση, ενώ για αναφορά χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτρόδια προσαρμοσμένα στους λοβούς των αυτιών. Οι κατακόρυφες κινήσεις των ματιών καταγράφηκαν διπολικά με χρήση δύο επικολλώμενων ηλεκτροδίων (ένα πάνω από το δεξιό μάτι και ένα κάτω από το αριστερό), και αντίστοιχα και οι οριζόντιες κινήσεις από δυο ηλεκτρόδια που εφαρμόστηκαν στις εξωτερικές πλευρές και των δύο ματιών (Εικόνα 6.1.5.1α).



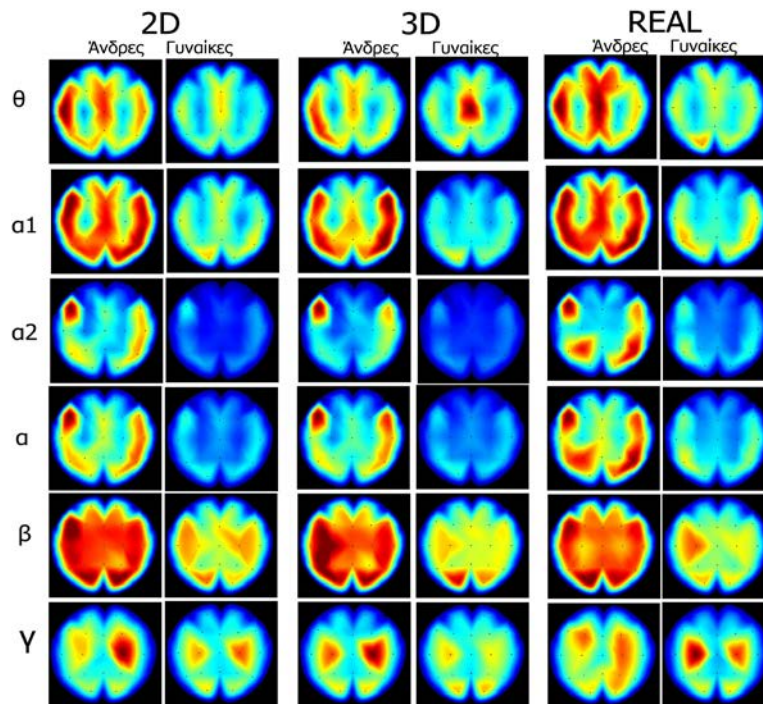
Εικόνα 6.1.5.1: α. Αναπαράσταση ΗΕΓ θέσεων σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα, β. τοποθέτηση των ηλεκτροδίων.

Όλες οι αντιστάσεις των ηλεκτροδίων ήταν κάτω από 5 ΚΩ. Η καταγραφή και επεξεργασία των σημάτων ΗΕΓ έγινε με ψηφιακό εγκεφαλογράφο της gtec, η ποσοτική ανάλυση και τα γραφήματα πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό EEGprocessing που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, ενώ για την κατασκευή των φασματικών χαρτών απόλυτης ισχύος χρησιμοποιήθηκαν τα Excel και Matlab.

6.1.6 Αποτελέσματα

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων μελετήθηκαν αρχικά οι φασματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα που παρουσιάζουν τις εγκεφαλικές περιοχές που φέρονται να δραστηριοποιούνται. Οι χάρτες υπολογίστηκαν ξεχωριστά για κάθε ρυθμό, πειραματική ομάδα και πειραματική συνθήκη και παρουσιάζονται συνολικά στο Σχήμα 6.1. Σε όλους του χάρτες χρησιμοποιείται

όμοια χρωματική κλίμακα όπου τα «θερμά» χρώματα (καφέ, κόκκινο) αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές ισχύος, ενώ τα «ψυχρά» (μπλε) στις χαμηλές.



Σχήμα 6.1.6.1 Φασματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα (2D: δυσδιάστατο, 3D: τρισδιάστατο, REAL: πραγματικό περιβάλλον)

Όπως γίνεται εμφανές από τη μελέτη των φασματικών χαρτών, η τοπολογία εξάπλωσης των εγκεφαλικών ρυθμών θήτα, άλφα, βήτα και γάμα είναι παρόμοια για τα δύο φύλα και στις τρεις πειραματικές συνθήκες. Διαφορά των δύο φύλων στην τοπολογία εξάπλωσης εντοπίζεται μόνο στην τρίτη πειραματική συνθήκη (REAL) στον άλφα ρυθμό όπου οι άνδρες παρουσιάζουν δραστηριότητα στην περιοχή του οπίσθιου βρεγματικού φλοιού που δεν παρατηρείται στις γυναίκες. Οι ποιοτικές παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στο συμπέρασμα ότι και τα δύο φύλα χρησιμοποιούν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για να επεξεργαστούν κοινά ερεθίσματα.

Όσον αφορά στα επίπεδα εγκεφαλικής ενεργοποίησης στα δύο φύλα, πληροφορίες παρέχουν τα συγκριτικά γραφήματα όπου παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) των απόλυτων τιμών ισχύος των δύο φύλων για κάθε

πειραματική συνθήκη ξεχωριστά, τα ευρήματα από τα οποία παρουσιάζονται στον

Πίνακα 6.1.6.1

Πίνακας 6.1.6.1 Επίπεδα εγκεφαλικής ενεργοποίησης

	Ανδρες	Γυναίκες
Ρυθμός θήτα (4 - 8 Hz)	<p>2D: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.</p> <p>3D: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση τις περιοχές του δεξιού κροταφικού φλοιού (T_4) και την κεντρική μετωπιαία περιοχή (P_2).</p> <p>REAL: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση τις περιοχές του αριστερού ινιακού φλοιού και του αριστερού κροταφικού φλοιού (T_3 και T_5).</p>	<p>2D: Δεν παρουσίασαν υπεροχή δραστηριότητας σε καμία εγκεφαλική περιοχή.</p> <p>3D: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στον πρόσθιο δεξιό κροταφικό φλοιό (T_4) και σε τμήμα του μετωπιαίου φλοιού (F_2).</p> <p>REAL: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στην περιοχή του αριστερού ινιακού φλοιού.</p>
Ρυθμός άλφα (α_1 : 8 – 10 Hz) (α_2 : 11 -12 Hz)	<p>2D: Στατιστικά σημαντικότεροι άλφα ρυθμοί (τόσο χαμηλοί α_1 όσο και υψηλοί α_2) σε σχέση με τις γυναίκες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.</p> <p>3D & REAL: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D.</p>	<p>Δεν παρουσίασαν υπεροχή δραστηριότητας άλφα ρυθμού σε καμία πειραματική συνθήκη.</p>
Ρυθμός βήτα (13 -32 Hz)	<p>2D: Στατιστικά σημαντικότεροι βήτα ρυθμοί σε σχέση με τις γυναίκες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.</p> <p>3D: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση την περιοχή του πρόσθιου αριστερού κροταφικού φλοιού που η υπεροχή των ανδρών δεν παρουσίασε στατιστική σημαντικότητα.</p> <p>REAL: Ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τη συνθήκη 2D με εξαίρεση τη δεξιά πρόσθια κροταφική περιοχή.</p>	<p>Παρουσίασαν στατιστικά σημαντική υπεροχή μόνο στο πραγματικό περιβάλλον στην περιοχή του δεξιού πρόσθιου κροταφικού φλοιού.</p>
Ρυθμός γάμα (33 - 40 Hz)	<p>2D: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στο δεξιό ινιακό φλοιό, στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C_3) καθώς και σε ολόκληρο τον μετωπιαίο, προμετωπιαίο και κροταφικό φλοιό.</p> <p>3D: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στα ηλεκτρόδια F_8, T_4, T_6, P_3, P_4, P_2, C_4 και T_3.</p> <p>REAL: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τις περιοχές του ινιακού (O_1, O_2) καθώς και τις πρόσθιες κροταφικές περιοχές των δύο ημισφαιρίων (T_4, T_3).</p>	<p>2D: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στις περιοχές του οπίσθιου δεξιού κροταφικού φλοιού (T_6), του οπίσθιου βρεγματικού (P_3, P_4, P_2) και του αριστερού οπτικού φλοιού.</p> <p>3D: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση κυρίως στο αριστερό ημισφαίριο και συγκεκριμένα στα ηλεκτρόδια $Fp1$, $Fp2$, Fz, F_3, F_4, C_3, T_5, O_1 και O_2.</p> <p>REAL: Στατιστικά σημαντική ενεργοποίηση στις περιοχές του ινιακού φλοιού καθώς και τις πρόσθιες κροταφικές περιοχές των δύο ημισφαιρίων.</p>

6.1.7 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη (πilotική) διερευνά διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία με έμφαση στις γνωστικές δεξιότητες που παρουσιάζονται όταν άνδρες και γυναίκες έρχονται σε επαφή με τρία διαφορετικά ερεθίσματα με βασικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Τα τρία περιβάλλοντα παρουσιάζουν τα ίδια ερεθίσματα- τέσσερα γεωμετρικά στερεά- σε δυσδιάστατο, σε τρισδιάστατο και στεροσκοπικό, και σε πραγματικό περιβάλλον.

Η επεξεργασία των δεδομένων οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες επεξεργάζονται τα ίδια ερεθίσματα χρησιμοποιώντας τις ίδιες γνωστικές δεξιότητες καθώς και οι δύο ομάδες παρουσίασαν ενεργοποίηση στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές και στις τρεις πειραματικές συνθήκες για τους βασικούς εγκεφαλικούς ρυθμούς θήτα, άλφα, βήτα και γάμα.

Η αύξηση του θήτα ρυθμού σε κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές έχει συνδεθεί με την εκτέλεση σύνθετων γνωστικών λειτουργιών. Από τη μελέτη των χαρτών παρατηρείται ότι οι άνδρες αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκες διεργασίες την παρακολούθηση του πραγματικού περιβάλλοντος και του δυσδιάστατου ΕΠ ενώ οι γυναίκες την παρακολούθηση του τρισδιάστατου ΕΠ.

Η ύπαρξη δραστηριότητας θήτα στη βρεγματική περιοχή τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών και στις τρεις πειραματικές συνθήκες συνάδει με τη φύση των οπτικοχωρικών ερεθισμάτων και επιλεκτικής προσοχής, επαληθεύοντας αποτελέσματα προηγούμενων μελετών (Rugg & Dickens, 1982; Basar et al., 1999 & 2001).

Η παρόμοια δραστηριότητα που παρατηρείται τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες μεταξύ των προμετωπιαίων και οπίσθιων περιοχών για το θήτα ρυθμό και στις τρεις πειραματικές συνθήκες έρχεται σε συμφωνία με αποτελέσματα προηγούμενων μελετών κατά την εκτέλεση οπτικοχωρικών διεργασιών (Sarnthein et al., 1998).

Οι άνδρες φέρονται να εκτελούν εντονότερη νοητική εργασία από ότι οι γυναίκες και στις τρεις πειραματικές συνθήκες δεδομένης της σημαντικής δραστηριότητας βήτα ρυθμού στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές που έχει συνδεθεί τόσο με

αυξημένη νοητική εργασία, όσο και με κατασκευή νοητικών εικόνων (Macaulay & Edmonds, 2004).

Η έντονη γάμα δραστηριότητα των ανδρών και των γυναικών και στις τρεις πειραματικές συνθήκες έρχεται σε συμφωνία με αποτελέσματα προηγούμενων μελετών που έχουν συνδέσει την παρουσία του γάμα ρυθμού με απόκριση σε αισθητηριακά ερεθίσματα κυρίως οπτικά, με εστίαση προσοχής στα ερεθίσματα όταν παρατηρείται έντονη δραστηριότητα στη βρεγματική περιοχή (Basar, 1999; Basar et al, 1996; Kojo et al., 1993).

Οι γυναίκες παρουσιάζονται να φέρουν περισσότερο έντονη την αντίληψη της στερεοσκοπίας στη 3D συνθήκη, με βάση ότι ο ρυθμός γάμα έχει συνδεθεί με την αντίληψη της στερεοσκοπίας (Dixon & Lear, 1964; Kahana et al., 2001).

Οι άνδρες παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερο άλφα ρυθμό και στις τρεις πειραματικές συνθήκες με μεγαλύτερη ένταση στις περιοχές του δεξιού κροταφικού φλοιού, γεγονός που οδηγεί στην υπόθεση ότι οι άνδρες δείχνουν λιγότερη οπτική προσοχή από ότι οι γυναίκες και καταβάλλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια (Cremades et al., 2004; Klimesch, 1992; Ray, 1990).

Η έντονη άλφα δραστηριότητα που παρουσιάζουν οι άνδρες στις πλευρικές περιοχές και στα τρία πειραματικά περιβάλλοντα παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι προβαίνουν σε νοερή απεικόνιση του εξωτερικού ερεθίσματος (Cole & Ray, 1985; Cooper et al., 2003).

Συνοπτικά, παρατηρήθηκε ότι τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες χρησιμοποίησαν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για την επεξεργασία των ερεθισμάτων τα οποία ορθώς έγιναν αντιληπτά ως οπτικοχωρικά ερεθίσματα. Διαφορές εντοπίστηκαν στο ότι οι γυναίκες φέρονται να εκτελούν πιο έντονη επεξεργασία πρωτογενών οπτικών δεδομένων στο τρισδιάστατο και στο πραγματικό περιβάλλον που το αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκο σε αντίθεση με τους άνδρες, οι οποίοι φέρονται να δείχνουν λιγότερη προσοχή και να καταβάλλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια και στις τρεις συνθήκες, ενώ παράλληλα φέρονται να προσπαθούν να κατασκευάσουν νοητικές εικόνες των προβαλλόμενων κάθε φορά ερεθισμάτων.

Κεφάλαιο 7 Κύρια μελέτη

7.1 Στόχος

Ξεκινώντας την κύρια έρευνα και έχοντας υπόψη τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης που προηγήθηκε και παρουσίασε γνωστικές διαφυλικές διαφορές στην επεξεργασία των τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων, τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν ήταν τα εξής: Είναι δυνατόν να εντοπιστεί και να προσδιοριστεί η νευρολογική βάση της κατάστασης που βιώνεται κατά την παθητική παρατήρηση ενός εικονικού (δυσδιάστατου ή τρισδιάστατου) και ενός πραγματικού περιβάλλοντος με τη χρήση ΗΕΓ; Είναι δυνατόν από την ΗΕΓ δραστηριότητα των συμμετεχόντων κατά την παρατήρηση ομοιότυπων εκπαιδευτικών εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων να εκτιμηθεί νευρολογικά η ύπαρξη διαφυλικών γνωστικών διαφορών;

7.2 Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 51 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (24 άνδρες και 27 γυναίκες) οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες σύμφωνα με το φύλο τους.

Από τα 51 άτομα που συνολικά υποβλήθηκαν στην πειραματική διαδικασία, απορρίφθηκαν οι αριστερόχειρες και οι συμμετέχοντες των οποίων το ΗΕΓ παρουσίαζε σημαντικά και σε μεγάλη έκταση παράσιτα ή μεγάλες διαφορές σε ορισμένα ηλεκτρόδια. Τελικά επιλέχθηκαν 40 συμμετέχοντες (20 γυναίκες και 20 άνδρες, με μέσο όρο ηλικίας τα 19,7 έτη) με έγκυρα ΗΕΓ (4-48Hz).

Η επιλογή του δείγματος έγινε ώστε οι συμμετέχοντες να είναι δεξιόχειρες, να μην έχουν διαγνωσμένη μαθησιακή δυσκολία ή ψυχική νόσο, να μη λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή ή ουσίες που να επιδρούν στη λειτουργία του νευρικού συστήματος και να μην έχουν καταναλώσει ποσότητες καφεΐνης ή αλκοολούχων ποτών το τελευταίο 24ωρο, ενώ μελετήθηκαν και οι χωρικές τους δεξιότητες με χρήση εξειδικευμένου ερωτηματολογίου.

Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν φυσιολογική ή διορθωμένη στο φυσιολογικό όραση με χρήση γυαλιών οράσεως ή φακών επαφής.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του δείγματος είναι η ομοιογένεια τόσο ως προς το γνωστικό επίπεδο καθώς όλοι είναι φοιτητές του ίδιου Τμήματος, όσο και ως προς την ηλικία που κυμαίνεται μεταξύ 19 και 27ετών, γεγονός που συνάδει με τη σταθεροποίηση των εγκεφαλικών ρυθμών άλφα οι οποίοι μεταβάλλονται σχεδόν μέχρι την εφηβεία (Παπαγεωργίου, 1992; Klimesch, 1999; Fisch, 2003

Οι παραπάνω έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν τόσο με την χρήση ερωτηματολογίου που κατασκευάστηκε για αυτόν τον σκοπό (Παράρτημα) και στηρίχθηκε σε επιστημονικά αποδεκτά ερωτηματολόγια (Psychometric Success Spatial Ability Practice Test 1, Authors: Paul Neuton, Helen Bristol, Annett, M.A. 1970; Habib, 1991; Kilshaw & Annett, 1983), όσο και από προσωπική συνέντευξη του ερευνητή με τους συμμετέχοντες.

Το ερωτηματολόγιο που κατασκευάστηκε για να καλύψει της ανάγκες της παρούσας ερευνητικής μελέτης αποτελείται από τέσσερα διακριτά μέρη. Στα τρία πρώτα μέρη οι συμμετέχοντες καλούνται να τα απαντήσουν Πρίν την διεκπεραίωση της πειραματικής διαδικασίας.

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει μία φόρμα συναίνεσης την οποία καλούνται να μελετήσουν οι συμμετέχοντες και εν συνεχεία να επιλέξουν αν θα συμμετάσχουν ή όχι στην έρευνα. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν γραπτώς (Παράρτημα) τόσο για τις συνθήκες και τη διαδικασία διεξαγωγής της μελέτης όσο και για το σκοπό εκτέλεσής της και έδωσαν τη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή τους σε αυτήν. Η παρούσα έρευνα συμμορφώθηκε πλήρως με τον Κώδικα Δεοντολογίας Ερευνών της Επιτροπής Ερευνών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου αποτελείται από δέκα (10) ερωτήσεις δημογραφικού ενδιαφέροντος καθώς και ερωτήσεις που σκιαγραφούν το γνωστικό και εμπειρικό προφίλ των συμμετεχόντων για τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο λόγος για τον οποίο συμπεριλήφθηκαν οι ερωτήσεις αυτές είναι διότι στην παρούσα μελέτη στοχεύει να χωρίσει τους συμμετέχοντες σε δύο ομάδες σύμφωνα με το φύλο τους, ενώ σημαντικός παράγοντας είναι και η ηλικία καθώς σύμφωνα με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών μπορεί να επηρεάσει την εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων (Παπαγεωργίου, 1992; Klimesch,

1999; Fisch, 2003). Οι ερωτήσεις για τη γνώση και χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή συμβάλλουν στην αξιολόγηση της οικειότητας των συμμετεχόντων με τα ερεθίσματα που επρόκειτο να τους προβληθούν που είναι δυνατόν να επηρεάσει τους εγκεφαλικούς ρυθμούς (Feng et al., 2012), καθώς και να συμβάλλει στην αποφυγή αποκλινοσών περιπτώσεων συμμετεχόντων από το δείγμα.

Το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου απαρτίζεται από δέκα (10) ερωτήσεις που στοχεύουν τόσο στην ανίχνευση της πλευρίωσης των συμμετεχόντων που είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος για τη φύση της παρούσας μελέτης καθώς έχει συνδεθεί και με τη μορφή και τη λειτουργία του εγκεφάλου (Alan A. Beaton, 2002; Moffat, Hampson and Lee, 1998; Levy & Reid, 1978; Galin, Ornstein, Herron & Johnstone, 2004; Glass, Butler & Carter, 2002; Provins & Cunliffe, 2002). Μέσω των συγκεκριμένων ερωτήσεων παρέχεται η δυνατότητα να διακρίνει και να επιλέξει τους συμμετέχοντες εκείνους που θα φέρουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά μεταξύ των οποίων και η αριστερή πλευρίωση (δεξιχειρία) αποβάλλοντας περιπτώσεις συμμετεχόντων που είναι δυνατόν να διαστρεβλώσουν το αποτέλεσμα της έρευνας οδηγώντας κατ' επέκταση σε λανθασμένες ερμηνείες (λχ. αμφίχειρες ή αριστερόχειρες). Η κατασκευή των ερωτήσεων ανίχνευσης της πλευρίωσης στηρίχθηκε σε προηγούμενες επιστημονικά αποδεκτές μελέτες (Annett, M.A., 1970; Habib, 1991; Kilshaw and Annett, 1983).

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται ερωτήσεις που αφορούν προσωπικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων όπως είναι η ύπαρξη ψυχικών ή ψυχοπαθολογικών ασθενειών και μαθησιακών δυσκολιών που έχει παρατηρηθεί ότι επιδρούν στην εγκεφαλική λειτουργία (Raquel & al., 1983; Honey et al., 2002; Bernman and Weinberger, 1990; Schumann et al., 2010).

Το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου αποτελείται από εννέα ερωτήσεις που στο σύνολό τους στόχο έχουν να ανιχνεύσουν τις χωρικές δεξιότητες των συμμετεχόντων (νοητική περιστροφή, νοητική κατασκευή τρισδιάστατων αντικειμένων και μνήμη θέσης αντικειμένων στο χώρο). Οι ερωτήσεις αυτές αποτελούν τμήμα της μπαταρίας Psychometric Success Spatial Ability Practice Test 1 (P. Newton & H. Bristol, 2007) για την ανίχνευση χωρικών δεξιοτήτων ενώ οι λόγοι για τους οποίους εντάχθηκαν οι ερωτήσεις αυτές στο ερωτηματολόγιο της παρούσας μελέτης είναι η ύπαρξη σημαντικών διαφυλικών διαφορών στις χωρικές

δεξιότητες γεγονός το οποίο έχει συνδεθεί και με τις εγκεφαλικές λειτουργίες που χρησιμοποιούν τα δύο φύλα προκειμένου να επεξεργαστούν τα διάφορα χωρικά ερεθίσματα (Kimura (1992), Linn (1985), Voyer (1995)). Τα ερεθίσματα που προβάλλονται στην παρούσα μελέτη απαιτούν για την επεξεργασία τους χρήση χωρικών δεξιοτήτων και οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις αυτές θα αποτελέσουν και ένα παράγοντα επαλήθευσης αποτελεσμάτων προηγούμενων ερευνών που έχουν συνδέσει τις χωρικές δεξιότητες των δύο φύλων με συγκεκριμένες εγκεφαλικές λειτουργίες .

Το τέταρτο και τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου οι συμμετέχοντες καλούνται να το συμπληρώσουν μετά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας. Αποτελείται από οκτώ (8) ερωτήσεις που στοχεύουν τόσο στην ανίχνευση αισθημάτων φόβου, άγχους και κόπωσης από πλευράς των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης καθώς αυτά τα συναισθήματα επιδρούν και στην εγκεφαλική λειτουργία των συμμετεχόντων ενώ μελέτες που έχουν προηγηθεί έχουν επισημάνει διαφυλικές διαφορές αναφέροντας ότι οι γυναίκες είναι πιο αγχώδεις από τους άνδρες (Nitschke, Heller, Miller & Borod, 2000). Στο τέταρτο μέρος έχουν ενσωματωθεί και ερωτήσεις που στοχεύουν στην ανίχνευση πιθανής πρότερης εμπειρίας των συμμετεχόντων από παρόμοιες πειραματικές μελέτες που θα μπορούσε να επηρεάσει το αποτέλεσμα της μελέτης. Στο τελευταίο αυτό μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται και ερωτήσεις ανίχνευσης χωρικής μνήμης και μνήμης αντικειμένων στηριγμένες πάνω σε προβαλλόμενες εικόνες, που στόχο έχει την ανίχνευση των χωρικών δεξιοτήτων των συμμετεχόντων.

7.3 Πειραματικά μέσα και συσκευές

Η πειραματική διαδικασία βασίζεται στη χρήση τριών πανομοιότυπων ως προς το περιεχόμενο αλλά διαφορετικών ως προς τη φύση τους περιβαλλόντων: ενός τρισδιάστατου στερεοσκοπικού εικονικού περιβάλλοντος (3D), ενός δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος (2D) και ενός πραγματικού περιβάλλοντος (REAL).

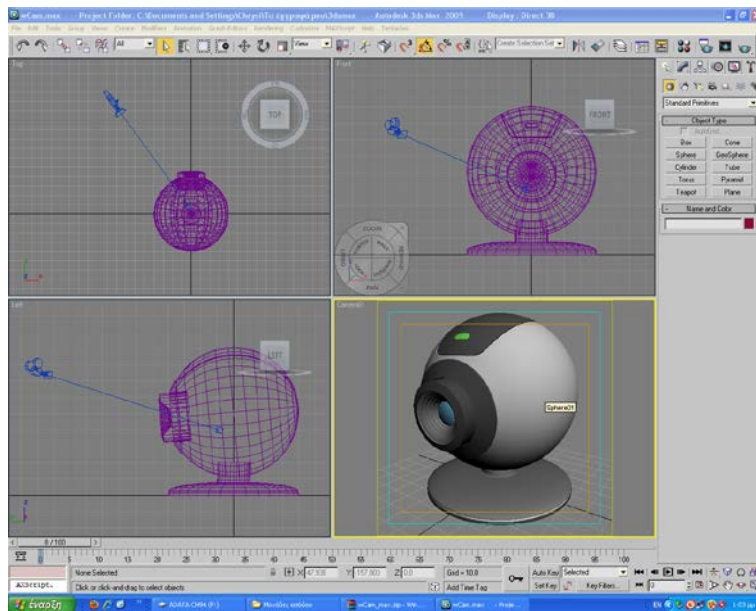
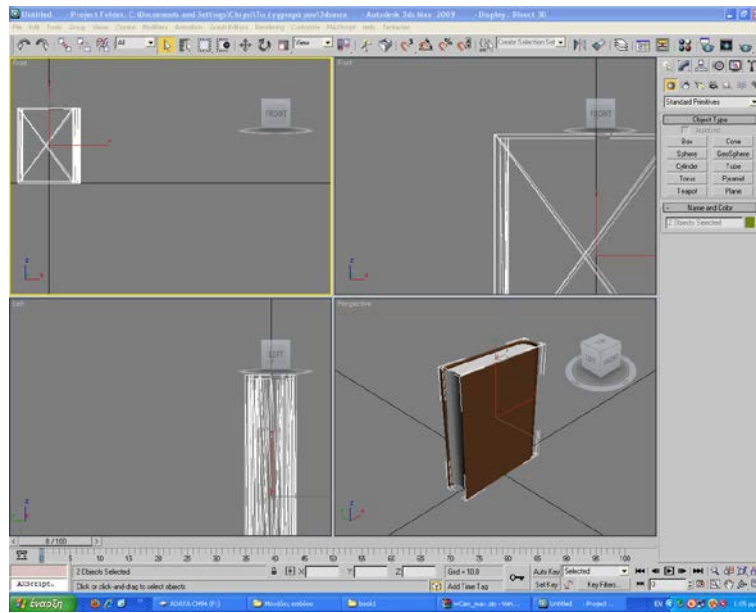
Για την διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν συσκευές και λογισμικά για την κατασκευή και προβολή εικονικών περιβαλλόντων καθώς και ένα σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας ηλεκτρικών εγκεφαλικών σημάτων (HEG).

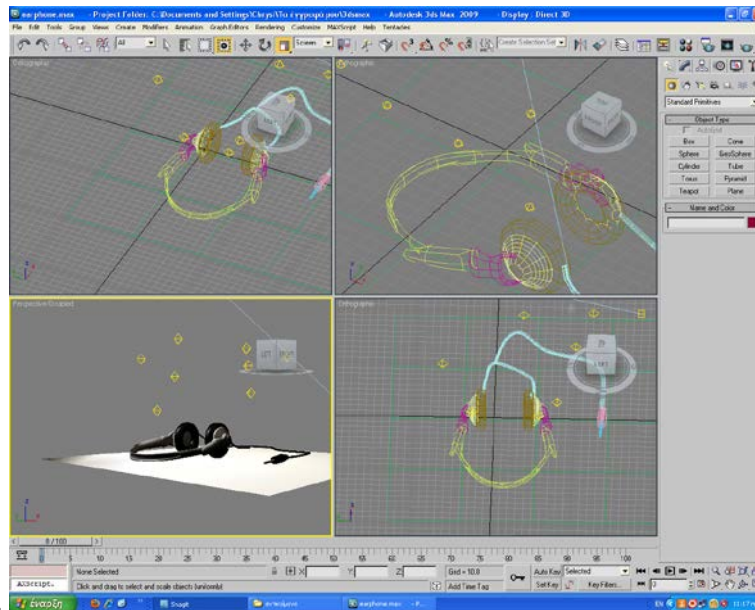
Τρισδιάστατο στερεοσκοπικό εικονικό περιβάλλον (3D)

Το τρισδιάστατο στερεοσκοπικό εικονικό περιβάλλον (3D) είναι μία ρεαλιστική αναπαράσταση μιας θέσης εργασίας. Η θέση εργασίας αποτελείται από ένα γραφείο χρώματος μπεζ διαστάσεων (140 x 85cm) πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένα ένα ασύρματο πληκτρολόγιο, ένα ασύρματο ποντίκι, ένα ενσύρματο μικρόφωνο, ένα ζευγάρι ακουστικά, μία συσκευή αποθήκευσης δεδομένων (USB stick), ένας οπτικός δίσκος αποθήκευσης δεδομένων (CD-ROM), δύο βιβλία τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο υπό γωνία ώστε να μην είναι εμφανή χαρακτηριστικά όπως τίτλος, συγγραφέας, εκδοτικός οίκος κ.α, δύο ηχεία, μία οθόνη τύπου LCD 22 ιντσών, και μία web camera που ήταν τοποθετημένη στην πάνω αριστερή γωνία της οθόνης. Από όλα τα αντικείμενα απουσίαζαν διαφημιστικές ετικέτες και χαρακτηριστικά εταιρίας παραγωγής τα οποία είχαν καλυφθεί λεπτομερώς.

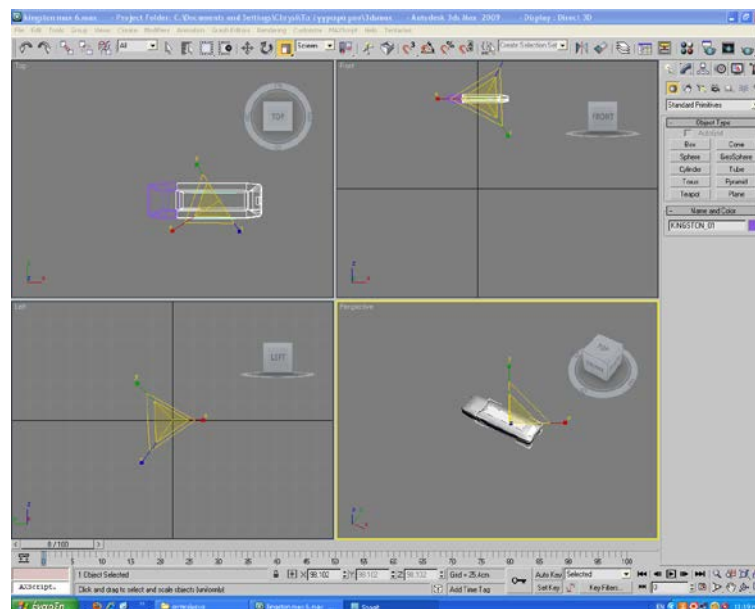
Τα εικονικά περιβάλλοντα κατασκευάστηκαν σε προσωπικό υπολογιστή Pentium IV 1.6 GHz με το λογισμικό σχεδίασης και απεικόνισης τρισδιάστατων μοντέλων Autodesk 3D Studio MAX στο οποίο είχε προσθέσει το plugin stereo cam modifier ([http://area.autodesk.com/blogs/louis/stereoscopy in 3ds max with stereocam modifier](http://area.autodesk.com/blogs/louis/stereoscopy%20in%203ds%20max%20with%20stereocam%20modifier)).

Στα σχήματα 7.3.1 α,β,γ και δ παρουσιάζονται οι οθόνες του λογισμικού 3D Studio Max και απεικονίζονται τα αντικείμενα που κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στα εικονικά περιβάλλοντα.





γ.



δ.

Σχήμα 7.3.1 α,β,γ,δ: Απεικόνιση εικονικών αντικειμένων σε περιβάλλον 3D Studio MAX

Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων και για τη διαχείρισή του μεγάλου αριθμού εδρών των αντικειμένων ακολουθείται η ταξινόμηση σε επίπεδα και η αποθήκευσή τους σε διαφορετικά αρχεία. Στη συνέχεια, για να αποδοθεί ρεαλισμός στο μοντέλο μπαίνει σε κάθε επίπεδο η κατάλληλη υφή, οι χρωματισμοί, οι ήχοι, η αντίδραση στο φως, η κίνηση κα. Ενώ το περιβάλλον εμπλουτίζεται με φωτισμό και σκίαση στο 3D Studio MAX.

Αφού ολοκληρώθηκαν τα αντικείμενα ώστε να είναι πανομοιότυπα με αυτά του πραγματικού περιβάλλοντος, στη συνέχεια με τη βοήθεια του stereo cam modifier δημιουργήθηκαν 2 εικόνες (renders) ώστε να αποδίδεται η διοφθάλμια παράλλαξη (οπτική αριστερού οφθαλμού και οπτική δεξιού οφθαλμού), οι εικόνες αυτές τοποθετήθηκαν μαζί στο λογισμικό επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων Adobe PhotoShop που έδωσε αρχεία της μορφής jpeg τα οποία στη συνέχεια μετατράπηκαν σε αρχεία μορφής jps και προβλήθηκαν στους συμμετέχοντες μέσω χρήσης του λογισμικού παρουσίασης τρισδιάστατων περιβαλλόντων NVIDIA 3D Vision Photo Viewer και με χρήση έγχρωμων στερεοσκοπικών γυαλιών (NVIDIA 3D VISION WIRELES GLASSES) με ανάλυση 1440x900 pixels και οθόνη προβολής τρισδιάστατων περιβαλλόντων (Samsung TFT 22'' SyncMaster 2233RZ (3ms) – 3D Vision Ready, 120 Hz resolution: 1680x1050) (Εικόνα 7.3.1).



Εικόνα 7.3.1 : Στερεοσκοπικά γυαλιά και οθόνη προβολής 3D

Η τελική εικόνα του εικονικού περιβάλλοντος όπως αυτή παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες είναι αυτή που απεικονίζεται στην εικόνα 7.3.2.



Εικόνα 7.3.2: Απεικόνιση τρισδιάστατου ΕΠ, όπως αυτό προβλήθηκε στους συμμετέχοντες.

Για να μειωθούν τις πιθανότητες απόσπασης της προσοχής των συμμετεχόντων, χρησιμοποιήθηκαν σκουρόχρωμα υφασμάτινα παραβάν τα οποία τοποθετήθηκαν στις δύο άκρες του γραφείου (δεξιά και αριστερά της θέσης εργασίας) και πλήρης αναπαράσταση αυτών υπήρξε και στα εικονικά περιβάλλοντα.

Δυσδιάστατο μη στερεοσκοπικό εικονικό περιβάλλον (2D)

Το δυσδιάστατο ΕΠ ήταν το ίδιο με το τρισδιάστατο με μόνη διαφορά ότι προβλήθηκε η δυσδιάστατη εικόνα του (Εικόνα 7.3.3).



Εικόνα 7.3.3: Απεικόνιση δυσδιάστατου ΕΠ, όπως αυτό προβλήθηκε στους συμμετέχοντες.

Πραγματικό περιβάλλον (REAL)

Το πραγματικό περιβάλλον αποτέλεσε μια θέση εργασίας στο εργαστήριο Εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Το περιεχόμενο του πραγματικού περιβάλλοντος ήταν όμοιο με αυτό των εικονικών περιβαλλόντων των οποίων αποτέλεσε και πρότυπο κατασκευής. Στην εικόνα 7.3.4 παρουσιάζεται η εικόνα που έβλεπαν στο οπτικό τους πεδίο οι συμμετέχοντες κατά την παθητική παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος.



Εικόνα 7.3.4 : Απεικόνιση Πραγματικού περιβάλλοντος (REAL)

Σύστημα καταγραφής ηλεκτρικών εγκεφαλικών σημάτων (ΗΕΓ)

Η καταγραφή των ΗΕΓ σημάτων των συμμετεχόντων καθ' όλη τη διάρκεια παρατήρησης των τριών πειραματικών περιβαλλόντων (3D,2D,REAL) πραγματοποιήθηκε με το σύστημα ψηφιακού εγκεφαλογράφου της gtec που αποτελείται από τρεις ενισχυτές ΗΕΓ (g.BSamp g.tec) και ένα επεξεργαστή υψηλών δυνατοτήτων (Εικόνα 7.3.5).



Εικόνα 7.3.5: Ψηφιακό σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας ΗΕΓ της gtec

Η ποσοτική ανάλυση και τα γραφήματα πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό EEGprocessing που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής

Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (Mikropoulos et al., 2004), ενώ για την κατασκευή των φασματικών χαρτών απόλυτης ισχύος χρησιμοποιήθηκαν τα Excel και Matlab.

7.4 Πειραματική διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία αποτελείται από τέσσερα στάδια ανεξάρτητα μεταξύ τους. Το δεύτερο, τρίτο και τέταρτο στάδιο πραγματοποιήθηκαν την ίδια μέρα διαδοχικά σε εργαστηριακό περιβάλλον προστατευμένο από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, με τη μεσολάβηση ικανού χρονικού διαστήματος ώστε οι συμμετέχοντες να είναι ξεκούραστοι.

1^ο Στάδιο Ενημέρωση των φοιτητών για τη διεξαγωγή μελέτης με χρήση της μεθόδου της Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας καθώς και του βασικού σκοπού διεξαγωγής της εν λόγω μελέτης. Η ενημέρωση συμπληρώθηκε με γραπτή πληροφόρηση των φοιτητών με έντυπο υλικό που ενημέρωνε τους συμμετέχοντες ότι κατά την προσέλευσή τους για τη συμμετοχή στη μελέτη δεν θα πρέπει να έχουν χρησιμοποιήσει προϊόντα καλλωπισμού στο τριχωτό της κεφαλής, δεν θα πρέπει να έχουν καταναλώσει ποσότητα καφεΐνης, αλκοολούχων ποτών ή φαρμάκων και ουσιών που ενδέχεται να έχουν επηρεάσει τη λειτουργία του νευρικού τους συστήματος καθώς επίσης και ότι κατά την προσέλευσή τους θα πρέπει να είναι ξεκούραστοι (να μην είναι άυπνοι και πνευματικά κουρασμένοι). Για το λόγο αυτό η έρευνα πραγματοποιούταν κατά τις πρωινές ώρες προκειμένου να αποφεύγονται σημάδια κόπωσης που επέρχονται κατά το πέρασ τις ημέρας.

2^ο Στάδιο Υποδοχή συμμετεχόντων από τον ερευνητή στο χώρο διεξαγωγής της μελέτης. Η ερευνήτρια φρόντισε να δημιουργήσει ένα φιλικό κλίμα απομακρύνοντας τυχόν συναισθήματα άγχους και φόβου ενημερώνοντας μέσω προσωπικής συζήτησης τους συμμετέχοντες για το σκοπό και τη μέθοδο της πειραματικής διαδικασίας καθώς και επιλύοντας τυχόν ερωτήματα και απορίες τους (λχ. για τον τρόπο λειτουργίας του ΗΕΓ). Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε μία σύντομη συνέντευξη της ερευνήτριας με τους συμμετέχοντες και τη συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου που σκοπό είχε πέραν της χαλάρωσης των συμμετεχόντων

και την εκμείωση σημαντικών πληροφοριών για τη διεξαγωγή της έρευνας όπως η ανίχνευση της πλευρίωσης μέσω εκτέλεσης πρακτικών δοκιμασιών όπως πέταγμα μπάλας και κόψιμο με ψαλίδι ενός σχήματος σε κόλα Α4 (Annett, M.A. 1970; Habib 1991; Kilshaw and Annett, 1983; Annett M.A., 1994). Κύριος λόγος της συνέντευξης ήταν ο έλεγχος του αν τηρήθηκαν από τους συμμετέχοντες οι απαιτούμενοι κανόνες συμμετοχής στη μελέτη όπως είχαν οριστεί γραπτώς στο πρώτο στάδιο (κατά την προσέλευσή τους για τη συμμετοχή στη μελέτη δεν θα πρέπει να έχουν χρησιμοποιήσει προϊόντα καλλωπισμού κόμης στο τριχωτό της κεφαλής, δεν θα πρέπει να έχουν καταναλώσει ποσότητα καφεΐνης, αλκοολούχων ποτών ή φαρμάκων και ουσιών που ενδέχεται να έχουν επηρεάσει τη λειτουργία του νευρικού τους συστήματος καθώς επίσης και ότι κατά την προσέλευσή τους θα πρέπει να είναι ξεκούραστοι) και παράλληλα να λειτουργήσει και συμπληρωματικά των απαντήσεων που έδωσαν οι συμμετέχοντες σε σχετικό ερωτηματολόγιο στο επόμενο στάδιο.

3^ο Στάδιο Στο στάδιο αυτό οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν γραπτώς τόσο για τις συνθήκες και τη διαδικασία διεξαγωγής της μελέτης όσο και για το σκοπό εκτέλεσής της και έδωσαν γραπτή συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους σε αυτήν. Στη συνέχεια απάντησαν γραπτώς σε ένα ερωτηματολόγιο που κατασκευάστηκε από τον ερευνητή για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης (Παράρτημα). Πιο συγκεκριμένα το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τα εξής μέρη:

A Μέρος Φόρμα συναίνεσης και ερωτήσεις που αφορούν πληροφορίες για το φύλο, την ηλικία, βασικές πληροφορίες για την εμπειρία και την ικανότητα χειρισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή καθώς και ηλεκτρονικών παιχνιδιών.

B Μέρος Ερωτήσεις που αφορούν πληροφορίες για πιθανή ύπαρξη κάποιας μαθησιακής δυσκολίας ή ψυχοπαθολογικής κατάστασης που πιθανόν να επηρεάσει τα αποτελέσματα της έρευνας, γενικές πληροφορίες για την υγεία των συμμετεχόντων (λήψη φαρμακευτικής αγωγής που μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία του νευρικού συστήματος) καθώς και ερωτήσεις για ανίχνευση της πλευρίωσης που έχει παρατηρηθεί ότι συνδέεται με το κυρίαρχο εγκεφαλικό ημισφαίριο και κατ' επέκταση και με την εγκεφαλική αντιπροσώπευση των διαφόρων γνωστικών λειτουργιών όπως είναι οι λεκτικές και οι χωρικές όπου

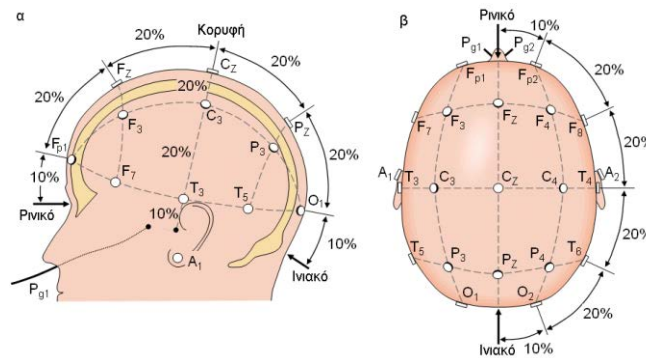
παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές οι αριστερόχειρες από τους δεξιόχειρες (Annett, 1976; Khedr et al., 2002; Annett, 1992; Pujol et al., 1999; Sanders et al., 1982; Reio et al., 2004; Kitterle, 1991).

Γ Μέρος Δοκιμασίες ανίχνευσης των βασικών χωρικών δεξιοτήτων που εμπλέκονται στην παρατήρηση και ανίχνευση τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων. Οι χωρητικές δεξιότητες που μελετήθηκαν ήταν νοητική περιστροφή εικόνας στο επίπεδο (Group Rotation), νοητική κατασκευή κύβων και άλλων στερεών σωμάτων σε τρεις διαστάσεις (Cube Views and Other Solids in 3-Dimensions) και μνήμη θέσης αντικειμένων (Object Location Memory) (Psychometric Success Spatial Ability Practice Test 1, Authors: Paul Newton, Helen Bristol).

Δ Μέρος Ερωτήσεις που υποβάλλονται μετά το πέρας της πειραματικής δοκιμασίας και αφορούν πληροφορίες για το πώς βίωσαν οι συμμετέχοντες την εμπειρία συμμετοχής τους στην εν λόγω μελέτη, πληροφορίες για πιθανή εμπειρία τους από συμμετοχή σε παρόμοια πειραματική δοκιμασία, πιθανή πρότερη εμπειρία τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων, πληροφορίες για τη συναισθηματική τους κατάσταση κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης και ερωτήσεις ανίχνευσης της ικανότητας μνήμης αντικειμένων και διάταξης αντικειμένων των συμμετεχόντων.

4^ο Στάδιο Το τέταρτο και τελευταίο στάδιο αποτελεί τον κύριο πυρήνα της μελέτης και μπορεί να διακριθεί σε τρία υπο-στάδια. Κεντρικός άξονας του σταδίου είναι η καταγραφή του συνεχόμενου ΗΕΓ των συμμετεχόντων κατά την παρακολούθηση τριών διαφορετικών περιβαλλόντων (πειραματικών συνθηκών).

Οι συμμετέχοντες κάθισαν αναπαυτικά σε μία σταθερή καρέκλα (χωρίς ροδάκια) και ο ερευνητής άρχισε να τους τοποθετεί ένα – ένα τα 19 ενεργά ηλεκτρόδια (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2) που εφαρμόστηκαν στο δέρμα του κρανίου με χρήση ειδικής κουκούλας, αγώγιμου υλικού (gel με βάση το νερό), σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10/20 (Εικόνα 7.4.1).



Εικόνα 7.4.1 Αναπαράσταση ΗΕΓ θέσεων σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα

Ένα επιπλέον ηλεκτρόδιο στο μέτωπο χρησιμοποιήθηκε για γείωση, ενώ ως αναφορά χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτρόδια προσαρμοσμένα στους λοβούς των αυτιών. Οι κατακόρυφες κινήσεις των ματιών καταγράφηκαν διπολικά με χρήση δύο επικολλωμένων ηλεκτροδίων (ένα πάνω από το δεξί μάτι και ένα κάτω από το αριστερό), και αντίστοιχα οι οριζόντιες κινήσεις από δυο ηλεκτρόδια που εφαρμόστηκαν στις εξωτερικές πλευρές και των δύο ματιών.

Πρίν ξεκινήσει η ΗΕΓ καταγραφή δόθηκε στους συμμετέχοντες χρόνος λίγων λεπτών προκειμένου να συνηθίσουν την αίσθηση των ηλεκτροδίων, να χαλαρώσουν και να μειώσουν όσο δυνατόν περισσότερο τις κινήσεις των ματιών για την αποφυγή παρασπίτων στο ΗΕΓ.

Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να παραμείνουν καθισμένοι στην καρέκλα καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, να παρατηρούν παθητικά τα όσα τους παρουσιάζονταν, να αποφύγουν τις περιττές κινήσεις να ανοίγουν και να κλείνουν τα μάτια τους μόνο σύμφωνα με τις προτροπές του ερευνητή (για ελαχιστοποίηση παρασπίτων) και να αποφεύγουν οποιαδήποτε μορφή ομιλίας και κινήσεων μυών της κεφαλής χωρίς λόγο (π.χ. μουρμουρητά, επιφωνήματα, σφίξιμο μυών του προσώπου, τρίξιμο δοντιών, γκριμάτσες, κ.λπ). Για αποφυγή φαινομένων κόπωσης των συμμετεχόντων μεταξύ των τριών πειραματικών συνθηκών (τρία περιβάλλοντα 2D, 3D, REAL) μεσολαβούσαν λίγα λεπτά ξεκούρασης ενώ επιτρεπόταν στους συμμετέχοντες αν αισθανθούν δυσφορία, κόπωση ή άλλο δυσάρεστο συναίσθημα να ζητήσουν να διακοπεί για λίγο το πείραμα προκειμένου να χαλαρώσουν.

Οι ίδιες συνθήκες ισχύουν και για τα τρία περιβάλλοντα- πειραματικές συνθήκες (2D, 3D, REAL) με μόνη διαφορά ότι κατά την παρατήρηση του στερεοσκοπικού εικονικού περιβάλλοντος οι συμμετέχοντες φορούσαν τα στερεοσκοπικά γυαλιά και στο δωμάτιο επικρατούσε σκοτάδι.

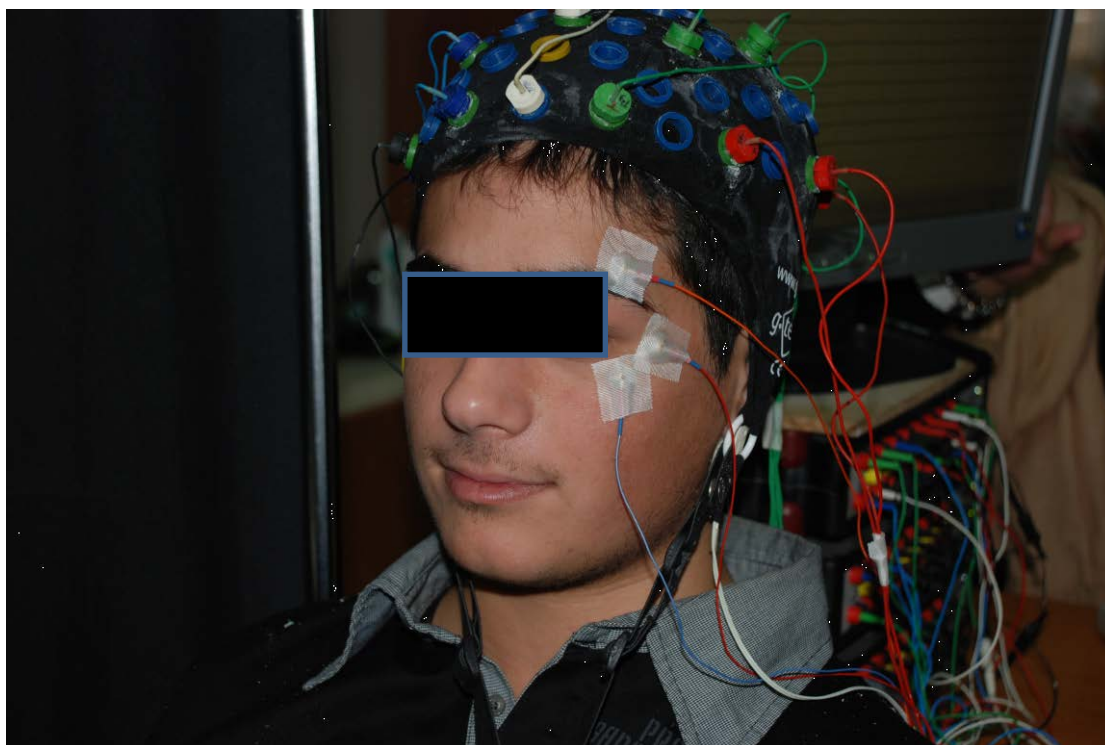
Στους συμμετέχοντες αρχικά παρουσιάστηκε το πραγματικό περιβάλλον προκειμένου να αισθανθούν οικεία και να μετριαστεί πιθανή αίσθηση άγχους.

Κάθε περιβάλλον προβάλλονταν στους συμμετέχοντες σε 20 επαναλήψεις (20 φορές καλούνταν να ανοίξουν και να κλείσουν τα μάτια τους) προκειμένου να υπάρχουν όσο το δυνατόν περισσότερα διαστήματα 'καθαρών' (χωρίς παράσιτα) ΗΕΓ καταγραφών, ενώ στις τελευταίες πέντε επαναλήψεις κάποια από τα αντικείμενα των περιβαλλόντων (τα ίδια κάθε φορά) παρουσιάζονταν σε διαφορετική θέση. Η αλλαγή αυτή της θέσης των αντικειμένων είχε ως στόχο την ανίχνευση διαφυλικών διαφορών ως προς τη χωρική αντίληψη των αντικειμένων σε επίπεδο εγκεφαλικής δραστηριότητας. Μετά την ολοκλήρωση της παθητικής παρατήρησης του πραγματικού περιβάλλοντος και της ταυτόχρονης καταγραφής των ΗΕΓ σημάτων, δόθηκε χρόνος λίγων λεπτών στους συμμετέχοντες προκειμένου να χαλαρώσουν με κλειστά μάτια ενώ παράλληλα η ερευνήτρια τους εξηγούσε τη διαδικασία που θα ακολουθήσει (τοποθέτηση στερεοσκοπικών 3D γυαλιών και παθητική παρατήρηση των όσων προβάλλονταν πλέον στην οθόνη του υπολογιστή που είχε τοποθετηθεί ακριβώς μπροστά τους), ετοίμαζε την προβολή του περιβάλλοντος απομακρύνοντας τα αντικείμενα από το πραγματικό περιβάλλον και έκανε επανέλεγχο της ΗΕΓ καταγραφής που θα πραγματοποιούνταν καθ' όλη τη διάρκεια προβολής του τρισδιάστατου περιβάλλοντος.

Μετά την ολοκλήρωση και της δεύτερης φάσης οι συμμετέχοντες έκλεισαν πάλι τα μάτια τους, τα στερεοσκοπικά 3D γυαλιά αφαιρέθηκαν και μετά από λίγα λεπτά ξεκούρασης οι συμμετέχοντες άνοιξαν και πάλι τα μάτια τους και ακολούθησε η τελευταία φάση του πειράματος, η προβολή του μη στερεοσκοπικού ΕΠ (2D). Η τελευταία αυτή πειραματική φάση ήταν ίδια με την προηγούμενη (παρατήρηση 3D περιβάλλοντος) με μόνη διαφορά ότι οι συμμετέχοντες δεν χρησιμοποιούσαν τα στερεοσκοπικά 3D γυαλιά.

Καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας η ερευνήτρια διακριτικά κρατούσε σημειώσεις για τη συμπεριφορά (πειραματική) των συμμετεχόντων καθώς και για τις αντιδράσεις τους τόσο στα ερεθίσματα όσο και στην ΗΕΓ καταγραφή.

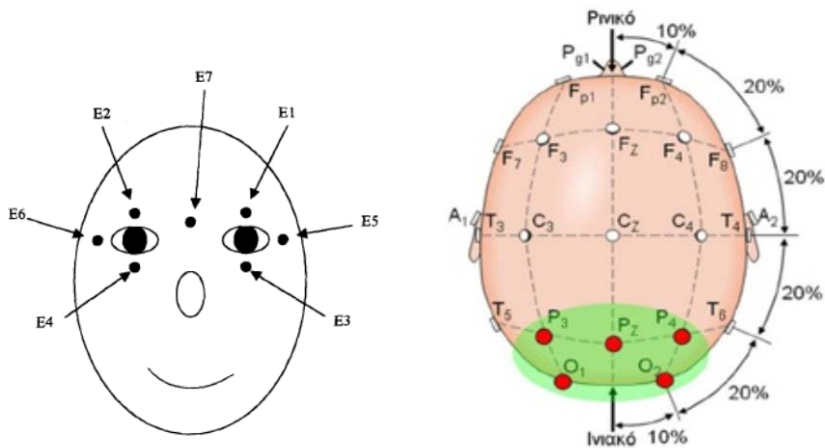
Η καταγραφή των ΗΕΓ σημάτων που πραγματοποιούνταν καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (παρατήρηση από τους συμμετέχοντες τριών πειραματικών συνθηκών) έγινε με χρήση 26 επίχρυσων ηλεκτροδίων εκ των οποίων τα 20 ήταν κουμπωτά σε ειδική κουκούλα (19 μονοπολικά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στην κρνιακή περιοχή) ενώ για την καλύτερη δυνατή λήψη των σημάτων χρησιμοποιήθηκε αγωγή κρέμα (Theodor-Korner- Apotheke ABRASIVES ELEKTODENGEL Einzelabfullung 500g) που εφαρμόστηκε μεταξύ ηλεκτροδίων και δέρματος της κεφαλής (Εικόνα 7.4.2).



Εικόνα 7.4.2: Απεικόνιση συμμετέχοντα μετά την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων.

Για την τοποθέτηση των επικολλώμενων ηλεκτροδίων των ματιών καθώς και των ηλεκτροδίων αναφοράς στα αφτιά, καθαρίστηκε προηγουμένως η περιοχή του δέρματος με βαμβάκι και οινόπνευμα (αιθυλική αλκοόλη 95°) προκειμένου να αφαιρεθούν τυχόν νεκρά κύτταρα και ποσότητα λιπαρότητας που θα λειτουργούσαν ως ανασταλτικοί παράγοντες στην λήψη του σήματος από τα ηλεκτρόδια ενώ χρησιμοποιήθηκε για τη συγκράτησή τους κρέμα Ten20 conductive

EEG paste της Weaver. Οι αντιστάσεις των επικολλώμενων ηλεκτροδίων των ματιών διατηρήθηκαν μικρότερες από 20 ΚΩ και των ηλεκτροδίων της κεφαλής μικρότερες από 10 ΚΩ. Όλες οι αντιστάσεις των ηλεκτροδίων μετρήθηκαν Πρίν και μετά τις καταγραφές από την ίδια τη συσκευή καταγραφής (g.Zcheck IMPEDANCE CHECK g.tec GUGER TECHNOLOGIES).



Εικόνα 7.4.3: Αναπαράσταση των θέσεων των ηλεκτροδίων

Όλες οι μονοπολικές καταγραφές (20 ηλεκτρόδια) είχαν σαν σημείο αναφοράς τη μέση τιμή των δυναμικών των ηλεκτροδίων αναφοράς στους λοβούς των αφτιών (VA). Αν τα ηλεκτρόδια αναφοράς έχουν ίσες αντιστάσεις τότε η μέση τιμή δυναμικών «VA» δίδεται από την σχέση: $VA = 1/2(VA1 + VA2)$ (VA1 και VA2 τα δυναμικά στις δύο θέσης των αφτιών δεξί, αριστερό). Όταν όμως οι αντιστάσεις αναφοράς στα δύο αυτιά διαφέρουν τότε σύμφωνα με τον Choppin (2000) η μέση τιμή V'A δίδεται από τη σχέση:

$$V'_A = \frac{R_2 V_{A1} + R_1 V_{A2}}{R_1 + R_2},$$

(V'A νέο δυναμικό αναφοράς και R1, R2 οι αντιστάσεις στις δύο θέσης των αφτιών δεξί, αριστερό αντίστοιχα).

Τα ΗΕΓ δεδομένα της έρευνάς μας ψηφιοποιήθηκαν με συχνότητα δειγματοληψίας 256 Hz και ενίσχυση 100 μV/cm, ενώ στην καταγραφή ΗΕΓ σημάτων

χρησιμοποιήθηκε φίλτρο αποκοπής υψηλών (70 Hz) και χαμηλών (0.5 Hz) συχνοτήτων.

Οι συχνότητες που μελετήθηκαν στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκαν μεταξύ 0 – 48 Hz που περιέχει τους εγκεφαλικούς ρυθμούς δέλτα (1 – 3 Hz), θήτα (4 – 7 Hz), άλφα (8 – 13 Hz), βήτα (14 – 32 Hz) και γάμα (33 – 48 Hz).

Προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν παράσιτα που μπορεί να προκληθούν από την επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος ή από την ύπαρξη μαγνητικών πεδίων, η έρευνα έλαβε χώρα σε εργαστηριακό περιβάλλον όσο το δυνατόν ηλεκτρομαγνητικά μονωμένο ενώ στην τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιήθηκαν (ηλεκτροεγκεφαλογράφος και ηλεκτρονικός υπολογιστής προβολής εικονικών περιβαλλόντων) προσαρμόστηκαν φίλτρα αποκοπής (notch) 50 Hz.

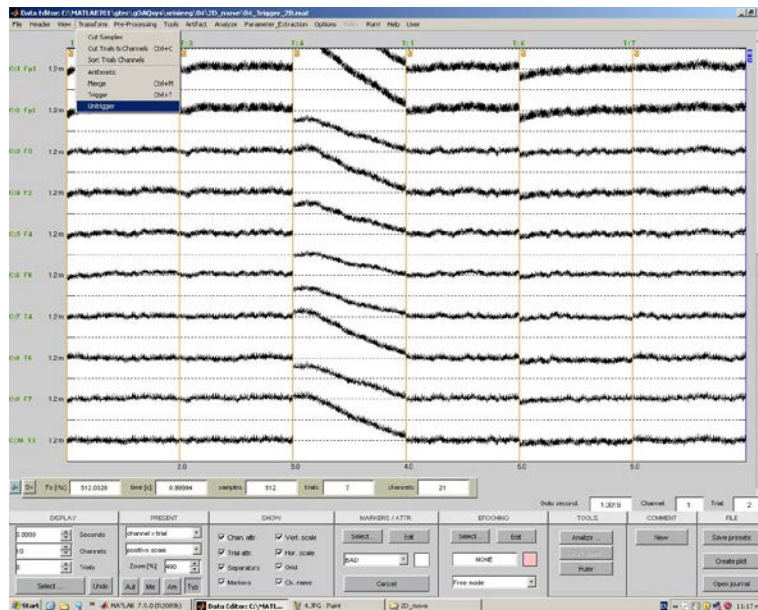
7.5 Μεθοδολογία επεξεργασίας ΗΕΓ καταγραφών

7.5.1 Πρωταρχικό στάδιο επεξεργασίας δεδομένων

Από την καταγραφή εγκεφαλικών ηλεκτρικών σημάτων με το gRecording της gtec προέκυψαν αρχεία της μορφής hdf5 για κάθε συμμετέχοντα και κάθε περιβάλλον. Τα αρχεία μελετήθηκαν για πιθανή ύπαρξη μη έγκυρων σημάτων και παρασίτων μέσω του λογισμικού gBSanalyze της gtec και του Matlab 7.9.

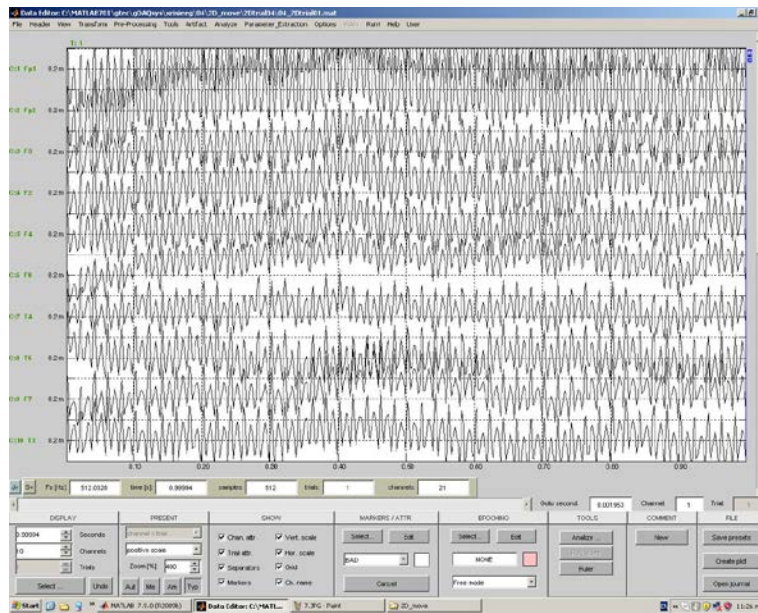
Τα στάδια επεξεργασίας των σημάτων ήταν οκτώ

Στο πρώτο στάδιο αποκόπηκαν τμήματα του συνεχόμενου ΗΕΓ όπου οι συμμετέχοντες ήταν σε κατάσταση ηρεμίας (δηλ. μάτια κλειστά). Τα διαστήματα αυτά εντοπίζονταν από τον ερευνητή μέσω οπτικών σημαδιών που είχαν τοποθετηθεί κατά τη διάρκεια καταγραφής στο λογισμικό και λειτουργούσαν ως χρονικά ορόσημα. Έπειτα επιλέχθηκαν τα καθαρά -απαλλαγμένα από παράσιτα- τμήματα του συνεχόμενου ΗΕΓ όπου οι συμμετέχοντες παρατηρούσαν το εκάστοτε περιβάλλον (2D, 3D, REAL) που τους παρουσιάζονταν (ίδια διαδικασία για κάθε περιβάλλον χωριστά) και έγινε συρραφή των κομματιών αυτών –ξεχωριστά για κάθε περιβάλλον (Εικόνα 7.5.1).



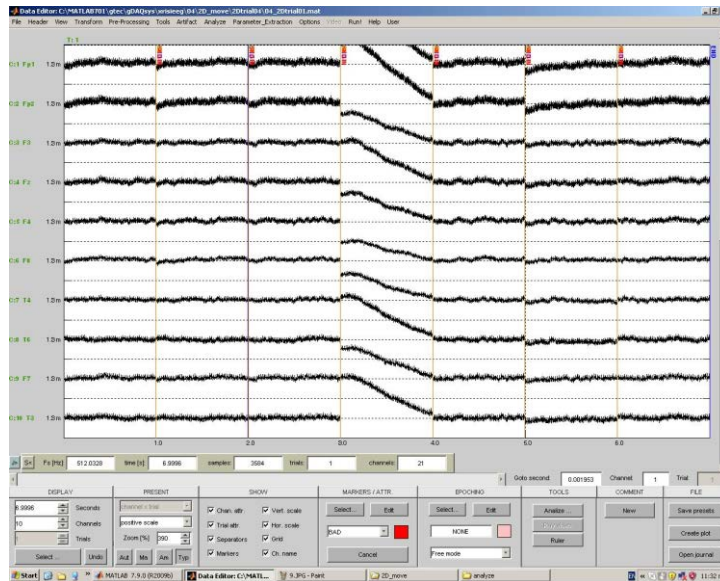
Εικόνα 7.5.1: Παράδειγμα του αρχείου Untrigger.mat το οποίο περιέχει τις καταγραφές των εγκεφαλικών σημάτων ενός συμμετέχοντα για μία πειραματική συνθήκη.

Στο δεύτερο στάδιο πάνω στο αρχείο που δημιουργήθηκε από τη συρραφή των κομματιών το οποίο τεμάχισε σε επιμέρους αρχεία για κάθε απόσπασμα (δευτερόλεπτο ΗΕΓ καταγραφής) προκειμένου να ακολουθήσει μελέτη χωριστά για κάθε απόσπασμα (Εικόνα 7.5.2).



Εικόνα 7.5.2: Παράδειγμα του αρχείου Trial_01.mat το οποίο περιέχει καταγραφή ενός «καθαρού» δευτερολέπτου κάποιου συμμετέχοντα από μία πειραματική συνθήκη.

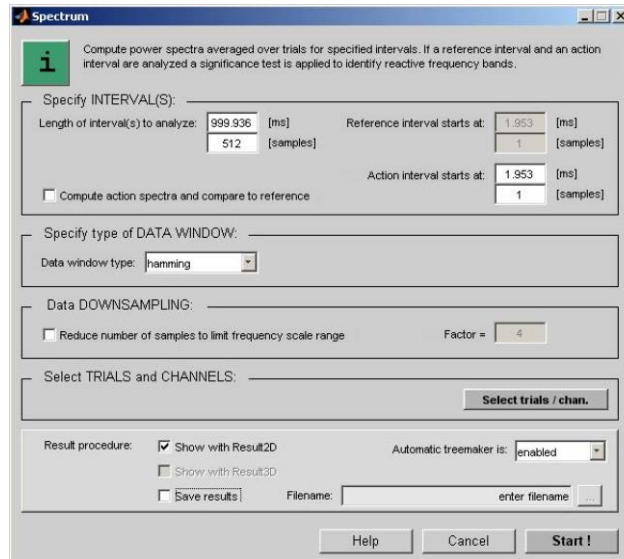
Στη συνέχεια, αφού αφαιρέθηκαν τα σήματα από τα ηλεκτρόδια των ματιών και επιλέχθηκαν τα 15 πιο «καθαρά» διαστήματα (δευτερόλεπτα) του εκάστοτε συμμετέχοντα χωριστά για κάθε περιβάλλον, έγινε συρραφή τους εκ νέου σε ένα αρχείο (Εικόνα 7.5.3). Βασικό κριτήριο επιλογής των καθαρών διαστημάτων ήταν η μη εμφάνιση παρασίτων, που πραγματοποιήθηκε με οπτική επισκόπηση της γραφικής παράστασης των αποσπασμάτων. Αποσπάσματα με υψηλές τιμές πλάτους, μυϊκά παράσιτα και οφθαλμικά παράσιτα απορρίφθηκαν από περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 7.5.3: Παράδειγμα του αρχείου final.mat στο οποίο έχει γίνει συρραφή όλων των καταγραφών καταγραφή των «καθαρών» δευτερολέπτων κάποιου συμμετέχοντα για μία πειραματική συνθήκη.

Στο τρίτο στάδιο επεξεργασίας πραγματοποιήθηκε φασματική ανάλυση των σημάτων του εκάστοτε συμμετέχοντα χωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη (2D, 3D, REAL). Η παραγωγή των φασματικών κατανομών πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικασίας spectrum του λογισμικού gBSanalyze της gtec. Η διαδικασία αυτή υπολογίζει τη φασματική κατανομή ισχύος για ένα απόσπασμα ΗΕΓ με μεσοποιημένες τιμές (όπως αυτό της Εικόνας 7.5.3) για όλα τα διαστήματα (δευτερόλεπτα) που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό.

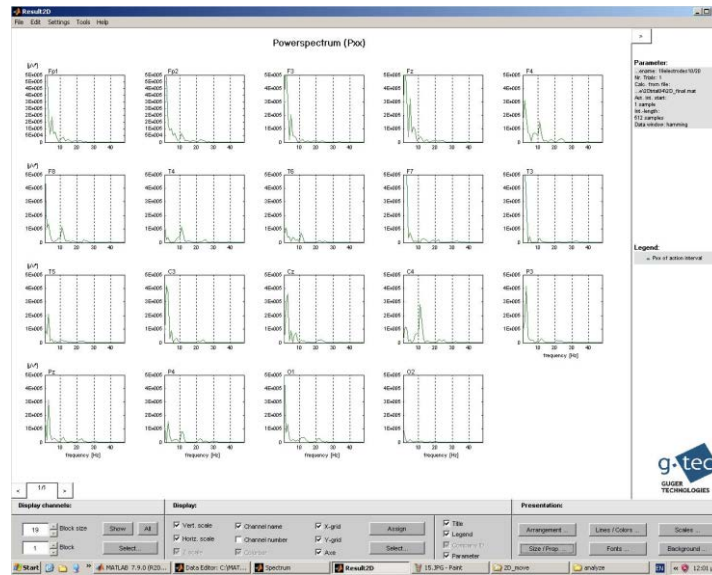
Το μήκος των διαστημάτων ορίστηκε στα 1000 msec ή 512 δείγματα, ενώ για τον υπολογισμό του φάσματος των συχνοτήτων επιλέχθηκε ο Βραχύς Μετασχηματισμός Fourier (Short Fourier Transform) διακριτού σήματος με παράθυρο Hamming (Εικόνα 7.5.4).



Εικόνα 7.5.4: Η διαδικασία Spectrum του menu Analyze της gtec που χρησιμοποιήθηκε για τη ανάλυση των σημάτων του εκάστοτε συμμετέχοντα χωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη (2D, 3D, REAL).

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας το σήμα χωρίζεται σε διαδοχικά τμήματα όπου οι συχνότητες του σήματος θεωρούνται αμετάβλητες, ενώ κάθε τμήμα μετασχηματίζεται κατά Fourier.

Αποτέλεσμα της διαδικασίας spectrum είναι η παραγωγή 19 γραφικών παραστάσεων φασμάτων (μία για κάθε ηλεκτρόδιο) σε γραμμική αυτόματη κλίμακα μV^2 (Εικόνα 7.5.5).



Εικόνα 7.5.5: Παράδειγμα των φασμάτων που παράγει η διαδικασία spectrum (λογισμικό BSanalyze της gtec) 19 γραφικών παραστάσεων φασμάτων, (μία για κάθε ηλεκτρόδιο).

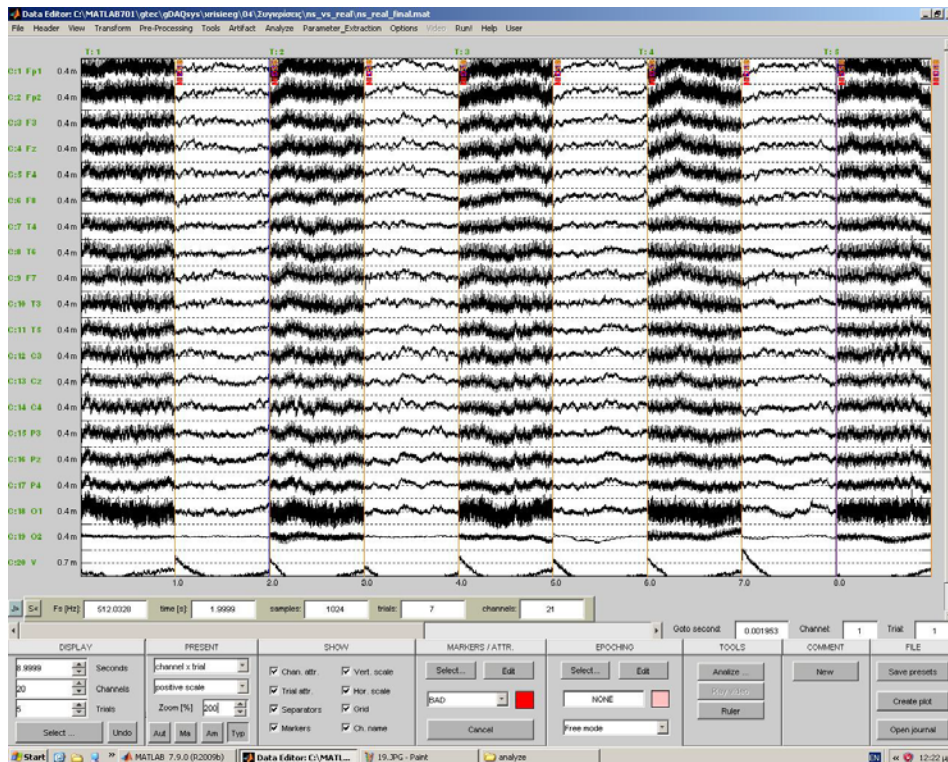
Οι φασματικές αυτές παραστάσεις χρησιμοποιούνται για περεταίρω έλεγχο των σημάτων προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές αποκλίσεις-παράσιτα σημάτων και ηλεκτροδίων που δεν είχαν εντοπιστεί από τον ερευνητή σε προηγούμενο πειραματικό στάδιο, ενώ αποθηκεύονται και ως αρχεία κειμένου (gsr) με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για ποσοτική ανάλυση αλλά και σχεδίαση εγκεφαλικών χαρτών σε επόμενο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων.

Στο τέταρτο στάδιο πραγματοποιείται η σύγκριση των δεδομένων (HEG σημάτων) του εκάστοτε συμμετέχοντα μεταξύ δύο κάθε φορά πειραματικών συνθηκών. Έτσι για κάθε συμμετέχοντα πραγματοποιούνται οι εξής συγκρίσεις 2D vs 3D, 2D vs REAL και 3D vs REAL ενώ μετά την ολοκλήρωση αυτών των συγκρίσεων σειρά έχουν οι διαφυλικές συγκρίσεις ανά περιβάλλον με αποτέλεσμα τη δημιουργία των εξής ζευγών σύγκρισης: Male_2D vs Female_2D, Male_3D vs Female_3D, Male_REAL vs Female_REAL.

Για την πραγματοποίηση των συγκρίσεων αρχικά παίρνονται τα 15 καθαρά διαστήματα του εκάστοτε συμμετέχοντα ξεχωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη και ένα –ένα ενώνονται μεταξύ τους. Παίρνεται δηλαδή ένα διάστημα ενός συμμετέχοντα από την πειραματική συνθήκη 2D και ενώνεται με ένα «καθαρό» διάστημα του ίδιου συμμετέχοντα από άλλη πειραματική συνθήκη για να σύγκριση και πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία 15 φορές (για τα 15 καθαρά διαστήματα

κάθε πειραματικής συνθήκης κάθε συμμετέχοντα). Στη συνέχεια ενώνονται τα 15 αυτά αρχεία που έχουν δημιουργηθεί.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τις διαφυλικές συγκρίσεις όπου πλέον δημιουργούνται 300 ζεύγη συγκρίσεων (20 άνδρες x 15 «καθαρά» διαστήματα για κάθε πειραματική συνθήκη =300 vs 20 γυναίκες x 15 καθαρά διαστήματα για κάθε πειραματική συνθήκη =300) (Εικόνα 7.5.6).

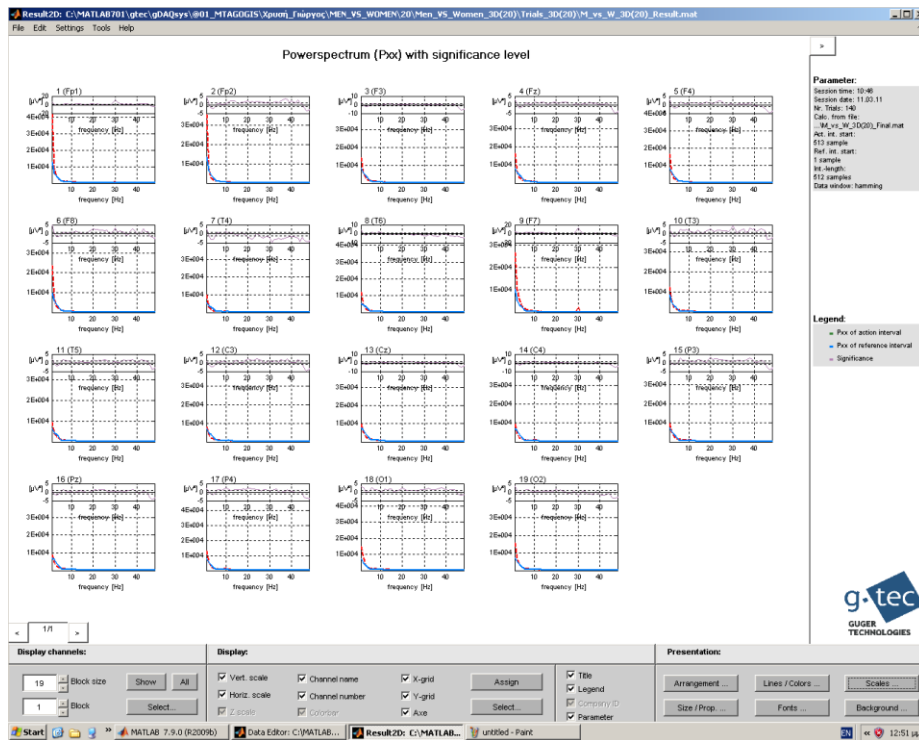


Εικόνα 7.5.6: Παράδειγμα του αρχείου Men_vs_Women_2D_final.mat στο οποίο έχει γίνει συρραφή όλων των συγκριτικών καταγραφών των «καθαρών» δευτερολέπτων των συμμετεχόντων των δύο ομάδων (άνδρες, γυναίκες) για μία πειραματική συνθήκη (εδώ είναι η 2D) .

Στη συνέχεια ακολουθεί η φασματική ανάλυση των συγκρίσεων που αποτελεί το πέμπτο στάδιο. Στο στάδιο αυτό πάνω στο τελικό αρχείο κάθε σύγκρισης που είχε δημιουργηθεί στο προηγούμενο στάδιο επεξεργασίας (Male_2D vs Female_2D, Male_3D vs Female_3D, Male_REAL vs Female_REAL, 2D vs 3D, 2D vs REAL και 3D vs REAL).

Για τη φασματική ανάλυση των συγκρίσεων και τη στατιστική τους επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε (όπως και στο τρίτο στάδιο) η διαδικασία spectrum του

λογισμικού gBSanalyze της gtec με τη διαφορά ότι εδώ χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσει φασματικές κατανομές ισχύος για 2 ΗΕΓ αποσπάσματα με μεσοποιημένες τιμές για όλα τα διαστήματα (trials) που συμπεριλαμβάνονται και παρουσιάζονται σε ένα γράφημα. Η σύγκριση των δυο φασμάτων πραγματοποιείται σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 95% (Graumann & Pfurtscheller, 2006; Pfurtscheller, 1999; Vos, 1975). Κάθε διάστημα περιλαμβάνει 2 ίσου μήκους ΗΕΓ αποσπάσματα, όπου το ένα ορίζεται ως διάστημα αναφοράς (reference interval) και το άλλο ως διάστημα δράσης (action interval). Το μήκος των διαστημάτων ορίστηκε σε 1000 msec ή 512 δείγματα, όπου το διάστημα αναφοράς άρχιζε από το 1ο δείγμα (δηλαδή στις διαφυλικές συγκρίσεις αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών για εκάστοτε πειραματική συνθήκη) και το διάστημα δράσης άρχιζε από το 512ο δείγμα (που αντιστοίχως είναι τα σήματα γυναικών για εκάστοτε πειραματική συνθήκη), ενώ και εδώ η μέθοδος υπολογισμού του φάσματος συχνοτήτων είναι ο Βραχύς Μετασχηματισμός Fourier (Short Fourier Transform) διακριτού σήματος με παράθυρο Hamming. Αποτέλεσμα της διαδικασίας spectrum είναι η παραγωγή 19 γραφικών παραστάσεων φασμάτων, (μία για κάθε ηλεκτρόδιο) όπου έχει οριστεί η κλίμακα του κάθετου άξονα x σε γραμμική με όρια 1-48 Hz και του οριζόντιου άξονα y σε γραμμική αυτόματη. Με μπλε χρώμα παριστάνονται τα φάσματα του διαστήματος αναφοράς (δηλαδή στις διαφυλικές συγκρίσεις αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών για εκάστοτε πειραματική συνθήκη) και με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή τα φάσματα του διαστήματος δράσης (που αντιστοίχως είναι τα σήματα γυναικών για εκάστοτε πειραματική συνθήκη). Πάνω από κάθε γράφημα φαίνεται η γραφική παράσταση των διαφορών των δύο φασμάτων και οι ευθείες με τα πάνω και κάτω όρια που αντιστοιχούν στο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (Εικόνα 7.5.7). Οι φασματικές αυτές παραστάσεις αποθηκεύονται και ως αρχεία κειμένου (gsp) με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για ποσοτική ανάλυση αλλά και σχεδίαση εγκεφαλικών χαρτών σε επόμενο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων.



Εικόνα 7.5.7: Παράδειγμα των φασμάτων που παράγει η διαδικασία spectrum (λογισμικό BSanalyze της gtec) από τη σύγκριση των σημάτων των δύο ομάδων (άνδρες, γυναίκες) για μία πειραματική συνθήκη.

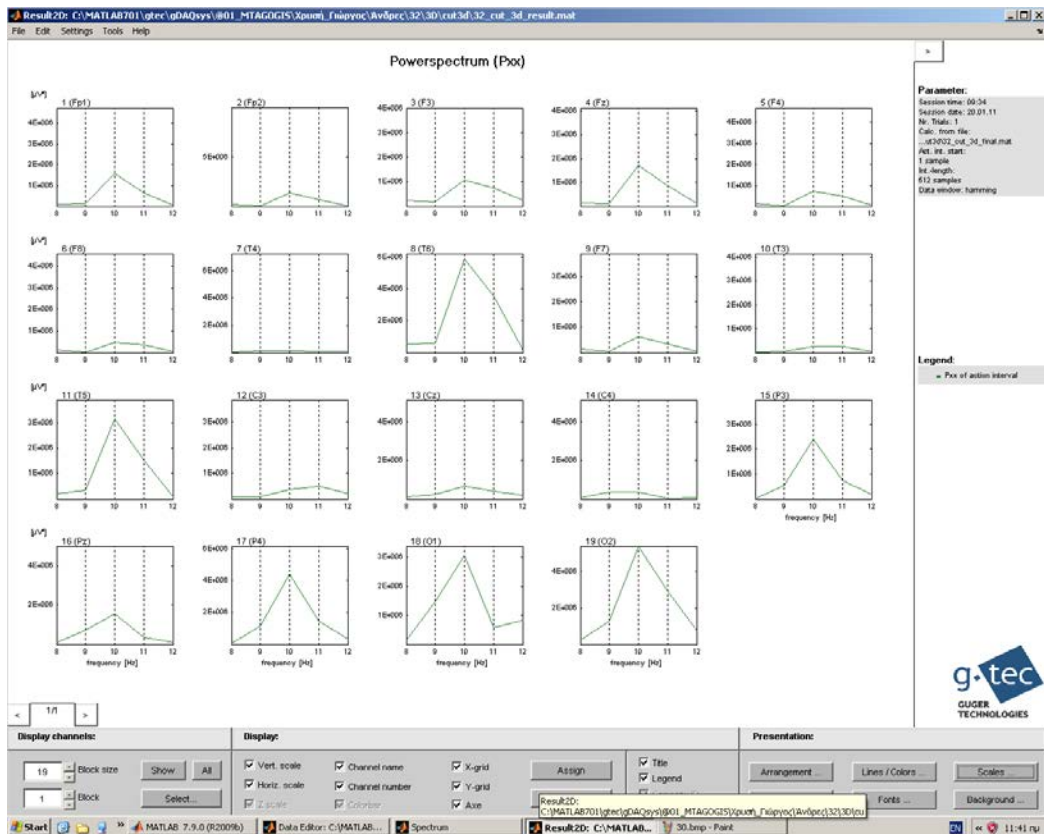
Έχοντας ολοκληρώσει και με το πέμπτο στάδιο επεξεργασίας και Πρίν αναφερθεί η περιγραφή της κατασκευής των φασματικών χαρτών απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα και των συγκριτικών γραφημάτων όπου παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) των απόλυτων τιμών ισχύος των δύο φύλων για κάθε πειραματική συνθήκη ξεχωριστά, θα γίνει αναφορά σε κάποιον επιπλέον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στα ΗΕΓ σήματα των συμμετεχόντων και συνέβαλλε στην τελική επιλογή του δείγματος.

Στο έκτο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων (ΗΕΓ σημάτων) η ερευνήτρια ανέτρεξε στα πρωταρχικά αρχεία της μορφής hdf5 που είχαν δημιουργηθεί από την ΗΕΓ καταγραφή χωριστά για κάθε συμμετέχοντα και κάθε περιβάλλον και έκοψε τα κομμάτια του συνεχόμενου ΗΕΓ όπου οι συμμετέχοντες ήταν σε κατάσταση ηρεμίας (με μάτια κλειστά). Τα διαστήματα αυτά εντοπιζόνταν από τον ερευνητή μέσω οπτικών σημάδιων που είχαν τοποθετηθεί κατά τη διάρκεια καταγραφής και λειτουργούσαν ως χρονικά ορόσημα.

Από τα κομμάτια αυτά επιλέχθηκαν τα «καθαρά» -απαλλαγμένα από παράσιτα- τμήματα του συνεχόμενου ΗΕΓ όπου οι συμμετέχοντες ήταν σε κατάσταση ηρεμίας και έγινε συρραφή των κομματιών αυτών –ξεχωριστά για κάθε συμμετέχοντα και κάθε περιβάλλον (όπως και στο πρώτο στάδιο). Στη συνέχεια, η ερευνήτρια εργάστηκε πάνω στο αρχείο που δημιουργήθηκε από τη συρραφή των κομματιών το οποίο τεμαχίστηκε σε επιμέρους αρχεία για κάθε απόσπασμα (δευτερόλεπτο ΗΕΓ καταγραφής) και αφού αφαιρέθηκαν τα σήματα από τα ηλεκτρόδια των ματιών και επιλέχθηκαν τα 15 πιο «καθαρά» διαστήματα (δευτερόλεπτα) του εκάστοτε συμμετέχοντα χωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη, έγινε συρραφή τους εκ νέου σε ένα αρχείο (όπως στο δεύτερο στάδιο).

Έπειτα πραγματοποιήθηκε φασματική ανάλυση των σημάτων ηρεμίας του εκάστοτε συμμετέχοντα χωριστά για κάθε πειραματική συνθήκη (2D, 3D, REAL). Η παραγωγή των φασματικών κατανομών πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικασίας spectrum του λογισμικού gBSanalyze της gtec, το μήκος των διαστημάτων ορίστηκε στα 1000 msec ή 512 δείγματα, ενώ για τον υπολογισμό του φάσματος των συχνοτήτων επιλέχθηκε ο Βραχύς Μετασχηματισμός Fourier (Short Fourier Transform) διακριτού σήματος με παράθυρο Hamming (όπως στο τρίτο στάδιο).

Αποτέλεσμα της διαδικασίας spectrum είναι η παραγωγή 19 γραφικών παραστάσεων φασμάτων, (μία για κάθε ηλεκτρόδιο) όπου προηγουμένως έχει ορίσει η κλίμακα του κάθετου άξονα x σε γραμμική με όρια 7-11 Hz δηλαδή μόνο το ρυθμό άλφα και του οριζόντιου άξονα y σε γραμμική αυτόματη κλίμακα (Εικόνα 7.5.8). Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε προκειμένου να βεβαιωθεί ότι η μέγιστη ισχύς των κυμάτων άλφα είναι στην προβλεπόμενη συχνότητα των 10Hz.

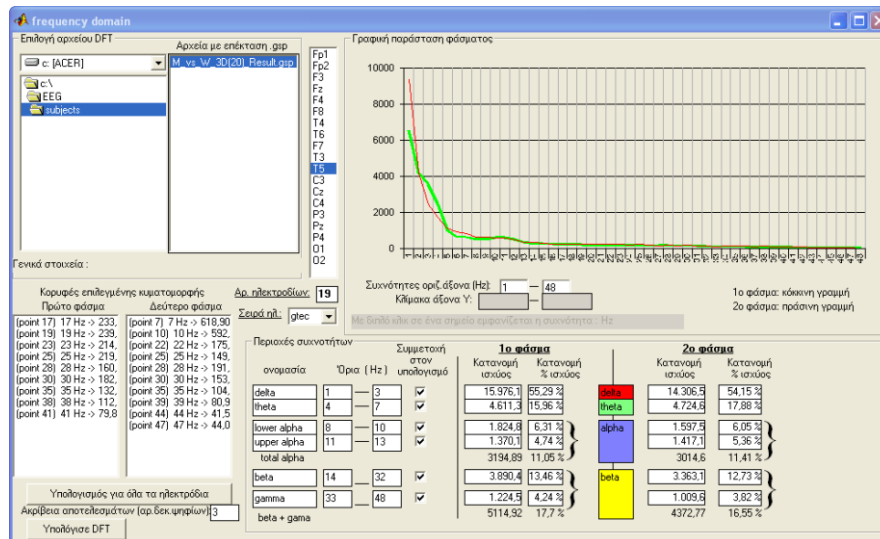


Εικόνα 7.5.8: Παράδειγμα των φασμάτων που παράγει η διαδικασία spectrum (λογισμικό BSanalyze της gtec) 19 γραφικών παραστάσεων φασμάτων, (μία για κάθε ηλεκτρόδιο του τριχωτού της κεφαλής) όπου παρουσιάζεται η διακύμανση του άλφα ρυθμού για κάθε συμμετέχοντα σε κατάσταση ηρεμίας.

Μετά την ολοκλήρωση του έκτου σταδίου και την οριστική πλέον επιλογή του δείγματος, ακολουθεί το έβδομο στάδιο που περιλαμβάνει την κατασκευή των χαρτών στατιστικής σημαντικότητας. Για την κατασκευή των χαρτών αυτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα επεξεργασίας HEF σημάτων EEGprocessing που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Visual Basic και Matlab.

Πάρθηκαν από το Matlab τα αρχεία κειμένου (βλέπε στάδιο πέμπτο) όπου παρουσιάζονται τα δεδομένα των συγκρίσεων που επιθυμούμε να κατασκευάσουμε τα αντίστοιχα συγκριτικά γραφήματά (Male_2D vs Female_2D, Male_3D vs Female_3D, Male_REAL vs Female_REAL, 2D vs 3D, 2D vs REAL και 3D vs REAL) και εισήχθησαν σε φάκελο του λογισμικού EEGprocessing με όνομα Subjects. Στη συνέχεια ορίστηκε ο αριθμός των ηλεκτροδίων προς επεξεργασία (19 ηλεκτρόδια καθώς έχουν αφαιρεθεί τα σήματα των ηλεκτροδίων των ματιών), με

την κλίμακα του οριζόντιου άξονα σε 1-48 Hz καθώς και οι περιοχές των συχνοτήτων προς μελέτη (1-48Hz) (Εικόνα 7.5.9).



Εικόνα 7.5.9: Παράδειγμα επεξεργασίας των συγκρίσεων των σημάτων των δύο ομάδων (άνδρες, γυναίκες) για μία πειραματική συνθήκη από το λογισμικό EEGprocessing που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Visual Basic και Matlab.

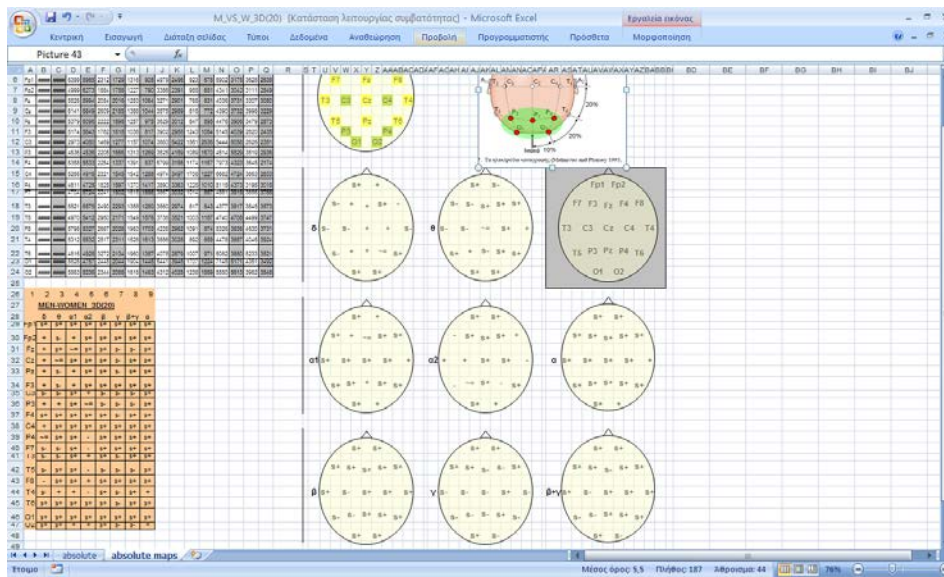
Τα περιεχόμενα των αρχείων που έχουν δημιουργηθεί από την επεξεργασία των σημάτων στο λογισμικό EEGprocessing (αρχεία κειμένου, Εικόνα 50) αντιγράφηκαν σε ένα αρχείο Excel που έχει κατασκευαστεί ώστε να μετατραπούν τα δεδομένα από την επεξεργασία των σημάτων στο EEGprocessing σε χάρτες που να επιδεικνύουν την ύπαρξη ή όχι στατιστικά σημαντικών διαφορών από τη σύγκριση των δεδομένων των δύο ομάδων (στην προκειμένη περίπτωση ανδρών και γυναικών στις διάφορες πειραματικές συνθήκες) (Εικόνα 7.5.10 α και β).

The image shows a Notepad window with two tables of EEG data. Each table has columns for electrode, delta, theta, lower a, upper a, beta, gamma, beta+gamma, and alpha. The data is organized into groups for 'e1', 'e2', and 'diff'.

Εικόνα 7.5.10: Παράδειγμα των αρχείων κειμένου που έχουν δημιουργηθεί από την επεξεργασία των συγκρίσεων των σημάτων των δύο ομάδων (άνδρες, γυναίκες) για μία πειραματική συνθήκη από το λογισμικό EEGprocessing.

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet with the same EEG data as in the Notepad window. The columns are labeled 'electrode', 'delta', 'theta', 'lower a', 'upper a', 'beta', 'gamma', 'beta+gamma', and 'alpha'. The data is organized into groups for 'e1', 'e2', and 'diff'.

α.



β.

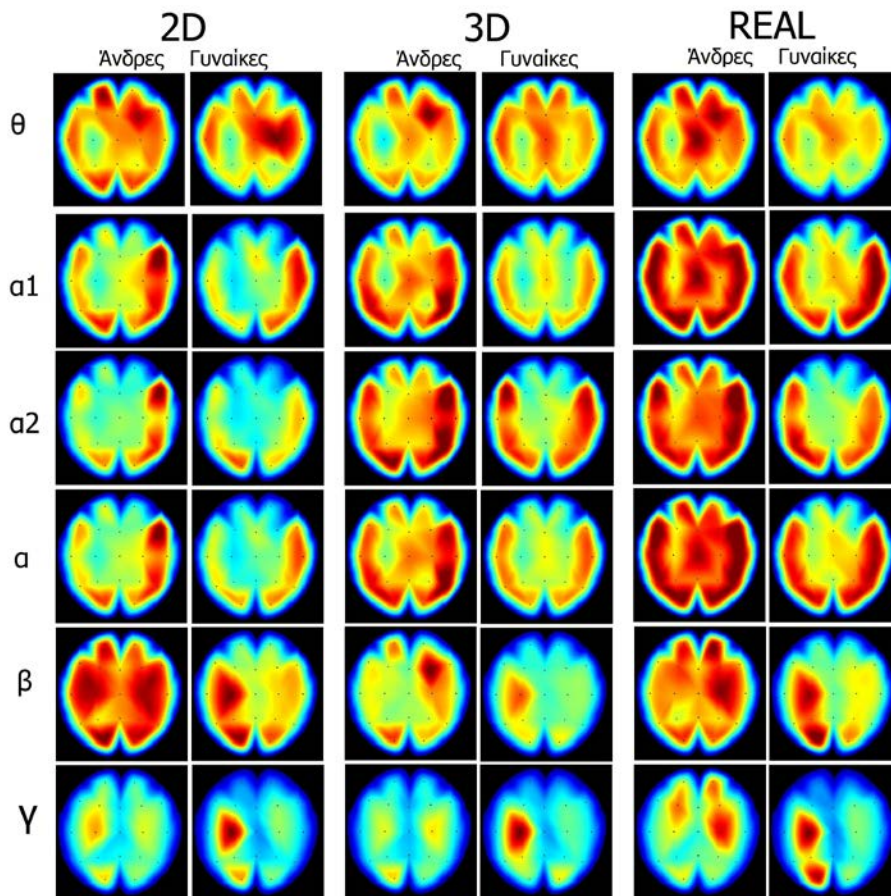
Εικόνα 7.5.11: α, β Παραδείγματα από το αρχείο Excel που έχει κατασκευαστεί για να μετατρέπονται τα δεδομένα από την επεξεργασία των σημάτων στο EEGprocessing σε χάρτες που να επιδεικνύουν την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών από τη σύγκριση των δεδομένων των δύο ομάδων στην εκάστοτε πειραματική συνθήκη.

Στα συγκριτικά γραφήματα χωρίς χρωματική κλίμακα που παράγονται στο Excel, οι διαφορές των αντίστοιχων τιμών απόλυτης ισχύος των δύο ομάδων - στην εκάστοτε πειραματική συνθήκη- εικονίζονται με τα σύμβολα **s+** και **s-** για στατιστικά σημαντικές διαφορές, **+** και **-** για μη στατιστικά σημαντικές διαφορές και **~=** για αμελητέες διαφορές (Εικόνα 7.5.12β). Τα γραφήματα αυτά παρέχουν μια ικανοποιητική εποπτεία των ποσοτικών δεδομένων, που μπορεί εύκολα να αποδώσει τις διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο ομάδων στην εκάστοτε πειραματική συνθήκη. Από τα γραφήματα αυτά εξάγονται και τα πρώτα συμπεράσματα για την ύπαρξη ή όχι διαφυλικών διαφορών στην εγκεφαλική ενεργοποίηση κατά την παρατήρηση του εκάστοτε περιβάλλοντος (2D, 3D, REAL).

Συγκριτικές τιμές απόλυτης ισχύος για άνδρες και γυναίκες περιβάλλον 2D																
ηλεκτρ.	δέλτα		θήτα		κάτω α (α1)		άνω α (α2)		βήτα		γάμα		βήτα+γάμα		άλφα	
	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ	MEN	ΨΟΜΕΓ
Fp1	58651	21903	6734	4747	2353	1627	1445	1074	4911	2594	1225	657	6136	3251	3798	2702
Fp2	47216	20468	4570	4338	1847	1489	1057	834	3937	2615	1146	678	5083	3292	2904	2323
Fz	23359	18004	5051	5533	2078	2507	1170	1209	3687	3072	901	833	4587	3905	3248	3716
Cz	21882	16815	5158	5857	2326	2026	1446	1117	4071	3009	890	740	4962	3749	3772	3143
Pz	22179	14315	4625	4726	2178	1677	1369	1008	3925	3092	1025	859	4950	3951	3547	2685
F3	33902	18795	5093	4552	1871	1441	1145	902	4482	2970	1591	1003	6074	3973	3017	2343
C3	13835	11525	3238	3148	1599	1336	1175	1008	5242	5510	1917	2700	7159	8210	2774	2343
P3	20425	11301	4142	3538	2041	1493	1412	1364	3496	3933	995	1348	4492	5281	3453	2858
F4	43993	23142	6703	4311	2246	1307	1280	918	4496	3302	1366	1310	5862	4612	3525	2225
C4	28932	31914	5201	7087	2765	2052	1465	1321	5318	3631	1588	1394	6906	5025	4231	3373
P4	20627	13497	4294	3735	2373	2210	1471	1489	4501	3610	1261	968	5763	4578	3844	3699
F7	14852	13283	4550	4708	2808	1899	1733	1612	4190	3207	1034	900	5224	4107	4541	3510
T3	19246	13879	5350	5515	2413	2352	1321	1372	4275	3144	973	786	5248	3930	3735	3723
T5	15622	11250	4396	4151	2629	2363	1555	1729	3674	3565	1014	1083	4687	4648	4185	4092
F8	15834	15657	5108	4564	3906	3105	2763	1542	4355	3390	1116	887	5472	4277	6669	4648
T4	14783	13875	4654	4763	2758	3349	1565	1802	3795	3331	962	828	4757	4159	4323	5151
T6	16703	10578	4668	3713	3261	2675	2276	1595	4170	2993	1043	861	5213	3854	5536	4271
O1	20820	14593	5837	4127	3316	2365	1947	2140	5423	5258	1731	1882	7154	7141	5263	4505
O2	18612	13400	5477	4196	2616	2937	1885	1703	4772	4197	1312	1309	6085	5506	4501	4640

Εικόνα 7.5.12: Πίνακας που παρουσιάζει αναλυτικά τις συγκριτικές τιμές απόλυτης ισχύος των δύο ομάδων (άνδρες, γυναίκες) για την πειραματική συνθήκη 2D.

Μετά την κατασκευή των συγκριτικών χαρτών στατιστικής σημαντικότητας ακολουθεί το όγδοο και τελευταίο στάδιο επεξεργασίας των ΗΕΓ δεδομένων που είναι η κατασκευή των συγκριτικών φασματικών χαρτών απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα που πραγματοποιείται από τη ρουτίνα EEGmapAbsD2 που αναπτύχθηκε στο Matlab. Σε όλους του χάρτες χρησιμοποιείται παρόμοια χρωματική κλίμακα. Τα «θερμά» χρώματα (καφέ, κόκκινο) αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές ισχύος, ενώ τα «ψυχρά» (μπλε) στις χαμηλές.



Εικόνα 7.5.13 Συγκριτικοί φασματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα (2D: δυσδιάστατο, 3D: τρισδιάστατο, REAL: πραγματικό περιβάλλον) ανά πειραματική συνθήκη

Οι συγκριτικοί φασματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα που δημιουργούνται για κάθε πειραματική συνθήκη βγαίνουν χωριστά για κάθε ρυθμό και για κάθε φύλο ζευγάρια χαρτών όπου παρουσιάζονται ένας χάρτης για τη δραστηριότητα της μίας ομάδας (άνδρες) στο συγκεκριμένο ρυθμό και ένας άλλος που παρουσιάζει τη δραστηριότητα της άλλης ομάδας (ομάδα σύγκρισης λχ. γυναίκες) για τον ίδιο ρυθμό στην ίδια πειραματική συνθήκη. Το κάθε ζευγάρι έχει υπολογιστεί σε κοινή κλίμακα, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των δύο ομάδων για το συγκεκριμένο ρυθμό αλλά δεν είναι δυνατή η σύγκριση της εγκεφαλικής δραστηριότητας για διαφορετικούς ρυθμούς. Οι χάρτες αυτοί συντελούν στην ανάδειξη της τοπολογικής κατανομής όλων των ρυθμών συγκριτικά στο πραγματικό και τα εικονικά περιβάλλοντα.

Σύνοψη

Για το σχεδιασμό και την υλοποίηση της κύριας μελέτης σημαντικό ρόλο έπαιξαν τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης στο σχεδιασμό αλλά και στις πειραματικές συνθήκες εφαρμογής της μελέτης.

Στο πρώτο στάδιο, διατυπώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα

Είναι δυνατόν να εντοπιστεί και να προσδιοριστεί η νευρολογική βάση της κατάστασης που βιώνεται κατά την παθητική παρατήρηση ενός εικονικού (δυσδιάστατου ή τρισδιάστατου) και ενός πραγματικού περιβάλλοντος με τη χρήση ΗΕΓ;

Είναι δυνατόν από την ΗΕΓ δραστηριότητα των συμμετεχόντων κατά την παρατήρηση ομοιότυπων εκπαιδευτικών εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων να εκτιμηθεί νευρολογικά η ύπαρξη διαφυλικών γνωστικών διαφορών;

Στο δεύτερο στάδιο κατασκευάστηκαν τα ερευνητικά περιβάλλοντα που επιλέχθηκαν (εικονικά και πραγματικό) και ορίστηκαν οι πειραματικές συνθήκες καθώς και διαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο που εφαρμόστηκε σε επόμενο στάδιο στους συμμετέχοντες.

Στο τρίτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός (πειραματικά μέσα, συσκευές αλλά και έλεγχος πειραματικών συνθηκών) και η εκτέλεση της έρευνας. Στα πλαίσια εκτέλεσης της έρευνας πρώτα πραγματοποιήθηκε σε φιλικό περιβάλλον μια συνέντευξη των συμμετεχόντων με την ερευνήτρια αλλά και η συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου (βλ. στάδιο δεύτερο) προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές ψυχικές ή μαθησιακές διαταραχές αλλά και παράγοντες που θα μπορούσαν να δράσουν ως τροχοπέδη στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων (λχ. Λήψη φαρμακευτικής αγωγής κα.). Μετά την ολοκλήρωση των τριών πειραματικών συνθηκών από τους συμμετέχοντες (2D, 3D, REAL) έγινε η συγκέντρωση και η επεξεργασία των ΗΕΓ σημάτων των συμμετεχόντων.

Στο τέταρτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των ΗΕΓ σημάτων με τη βοήθεια των λογισμικών gRecording και Matlab όπου καθαρίστηκαν από παράσιτα και επιλέχθηκαν μόνο τα έγκυρα σήματα που ανήκαν στο ερευνητικό εύρος (1-48Hz), πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση των ίδιων λογισμικών συγκρίσεις μεταξύ των δύο φύλων ανά περιβάλλον και κατασκευάστηκαν χάρτες συγκριτικής συγκριτικής παρουσίασης απόλυτης ισχύος σημάτων των δύο φύλων ανά περιβάλλον και ανά ηλεκτρόδιο και εγκεφαλικό ρυθμό.

Κεφάλαιο 8 : Αποτελέσματα κύριας έρευνας

Εισαγωγή

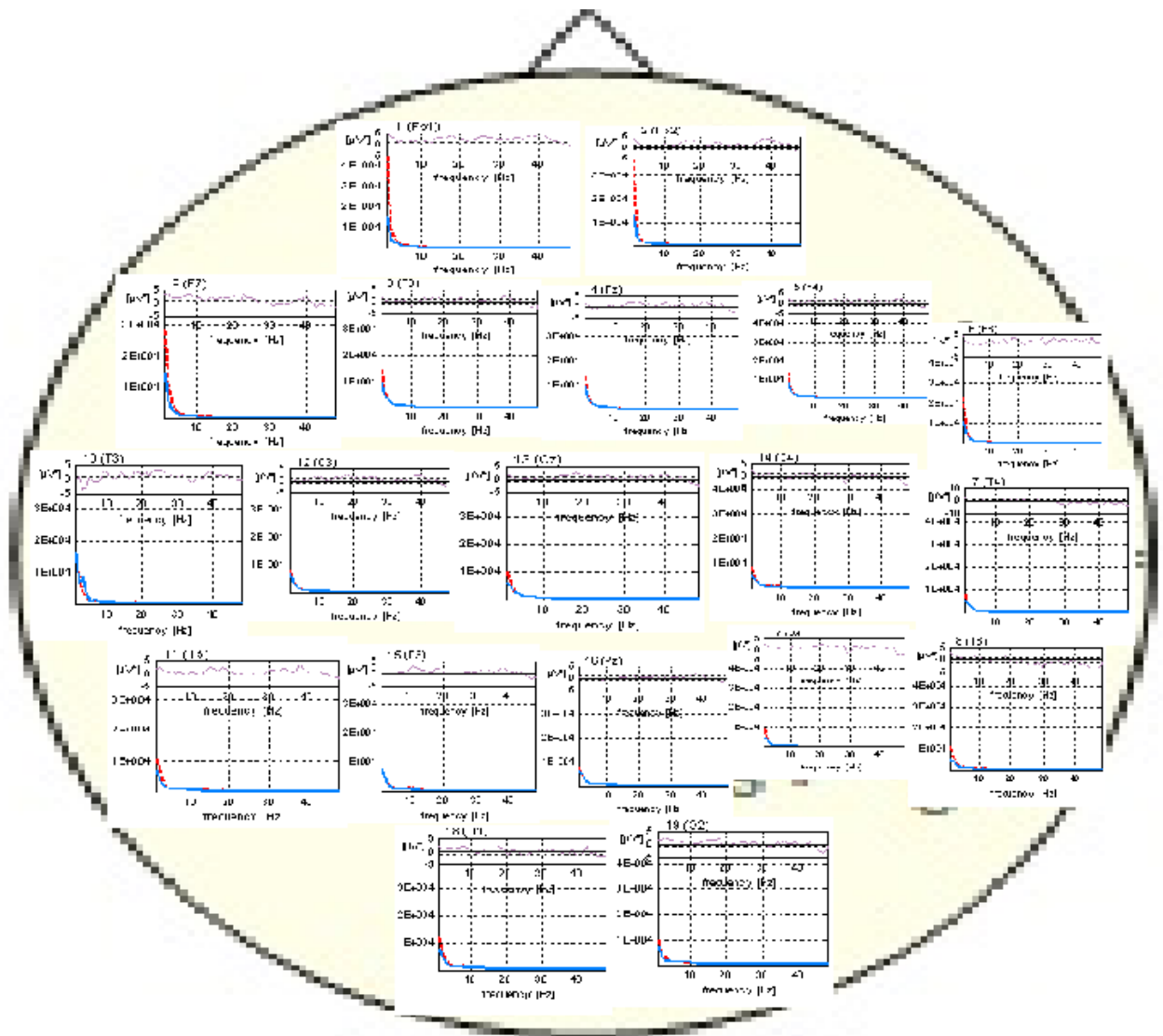
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ των δύο ομάδων (άνδρες – γυναίκες). Σε κάθε διεργασία της έρευνας παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της φασματικής ανάλυσης του ΗΕΓ, χρωματικοί χάρτες απόλυτης ισχύος, συγκριτικοί χρωματικοί χάρτες ανά ρυθμό και συγκριτικοί χάρτες ανά ρυθμό που δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ανά περιβάλλον. Στο Παράρτημα παρουσιάζονται τα φάσματα απόλυτης ισχύος εγκεφαλικών ρυθμών για κάθε θέση ηλεκτροδίου και για κάθε σύγκριση μεταξύ ομάδων και περιβαλλόντων.

Και τα τρία περιβάλλοντα που παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες περιελάμβαναν απαιτήσεις οπτικής επεξεργασίας χώρου και επιλεκτικής προσοχής καθώς το μόνο που τους ζητήθηκε ήταν η απλή παρατήρηση (χωρίς απότομες κινήσεις της κεφαλής τους) του ερεθίσματος στο άμεσο οπτικό τους πεδίο. Το αναμενόμενο ήταν η ενεργοποίηση οπτικοχωρικών λειτουργιών με την έννοια της εξερεύνησης του εκάστοτε περιβάλλοντος, αλλά και προσοχή και αναγνώριση τόσο των αντικειμένων όσο και των θέσεών τους.

8.1 Σύγκριση εγκεφαλικής λειτουργίας μεταξύ των δύο φύλων ανά περιβάλλον

8.1.1 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος

Στο σχήμα 8.1.1.1 εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις του φάσματος ισχύος για όλα τα ηλεκτρόδια και για τα δύο φύλα στο περιβάλλον 2D.



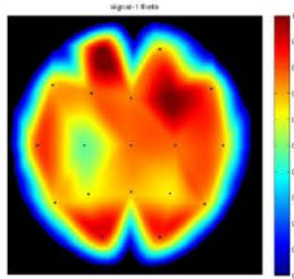
Σχήμα 8.1.1.1: Γραφική παράσταση του φάσματος όλων των συμμετεχόντων με συχνότητες 1 μέχρι 48 Hz για όλα τα ηλεκτρόδια. Η μπλε γραμμή αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών και η κόκκινη διακεκομμένη στα σήματα των γυναικών κατά την παρακολούθηση του 2D περιβάλλοντος.

Στα σχήματα 8.1.1.2 και 8.1.1.3 παρουσιάζονται δύο συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα στο 2D περιβάλλον, στους οποίους φαίνονται οι επικρατούντες ρυθμοί καθώς και η τοπολογική τους εξάπλωση.

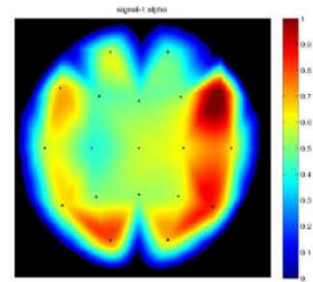
Ενώ στον Πίνακα 8.1.1.1 απεικονίζονται οι χάρτες με τις απόλυτες τιμές ισχύος κατανομημένες για κάθε ρυθμό στις δύο ομάδες (άνδρες – γυναίκες) κατά την παρατήρηση του 2D περιβάλλοντος.

Άνδρες 2D

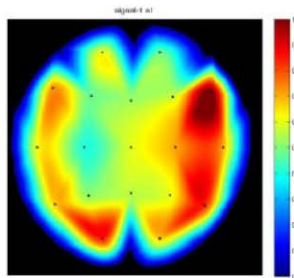
Ρυθμός θ



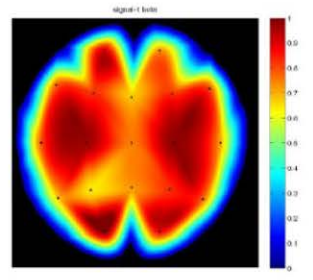
Ρυθμός α



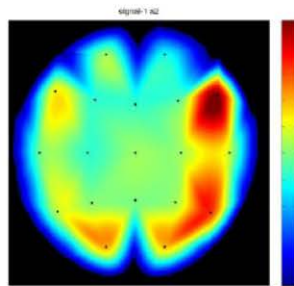
Ρυθμός α1



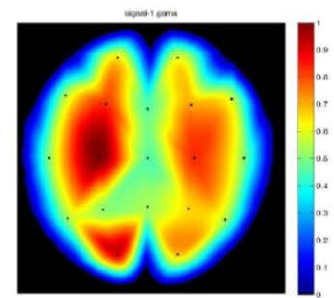
Ρυθμός β



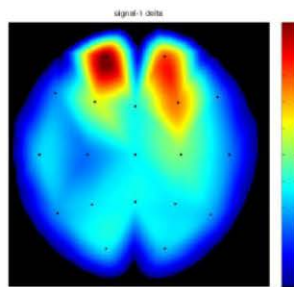
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ



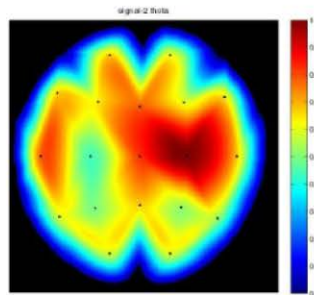
Ρυθμός δ



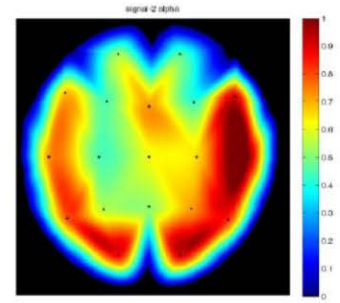
Σχήμα 8.1.1.2: συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των ανδρών κατά την παρατήρηση του 2D περιβάλλοντος ανά εγκεφαλικό ρυθμό.

Γυναίκες 2D

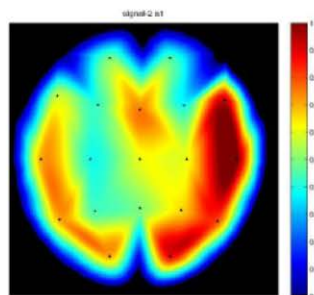
Ρυθμός θ



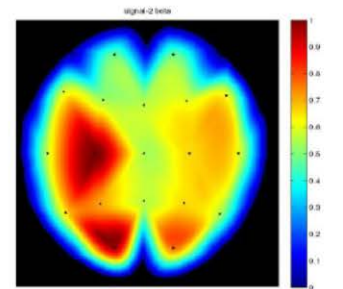
Ρυθμός α



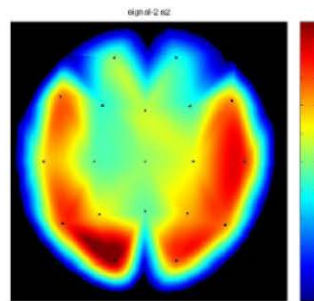
Ρυθμός α1



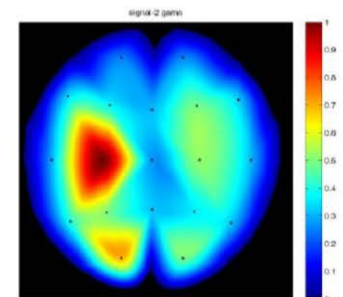
Ρυθμός β



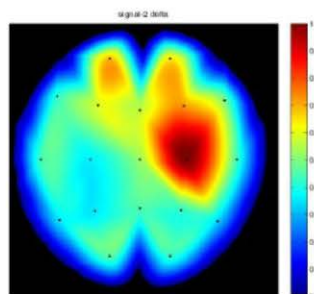
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ

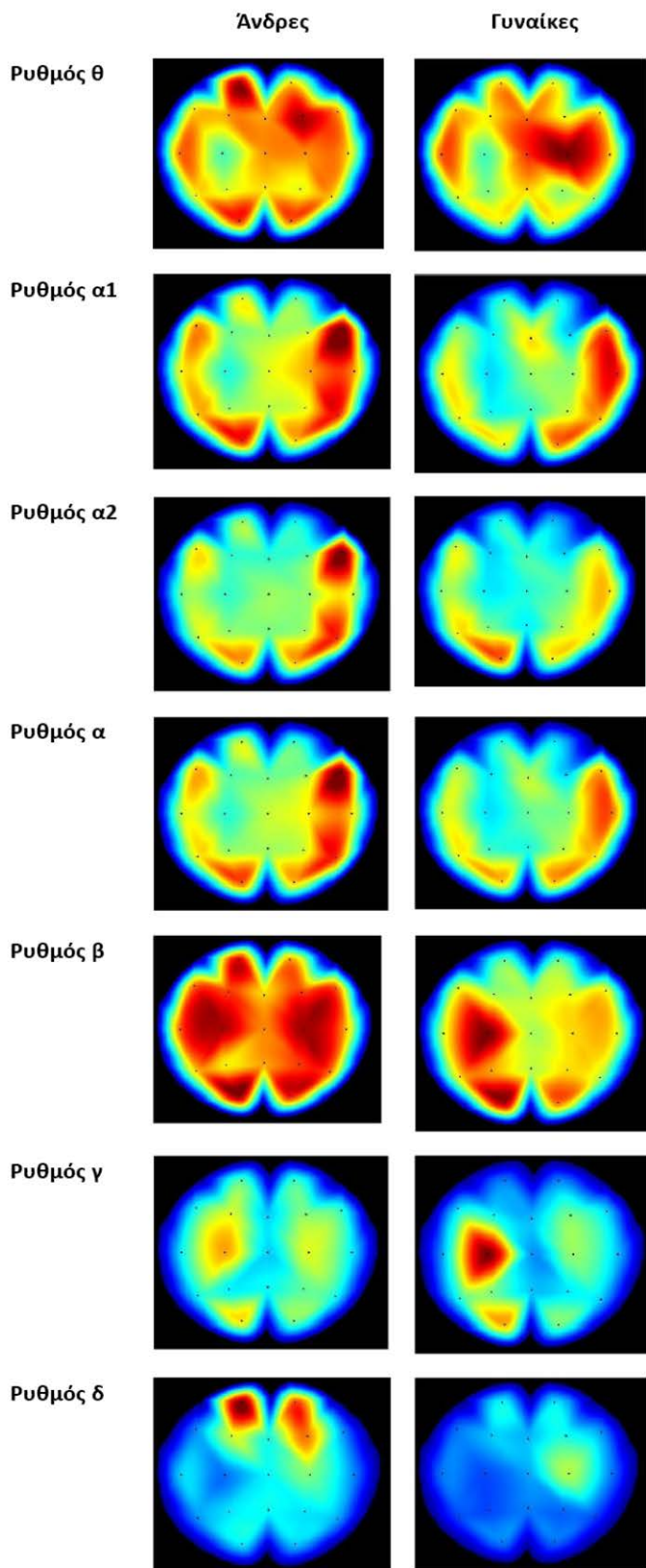


Ρυθμός δ

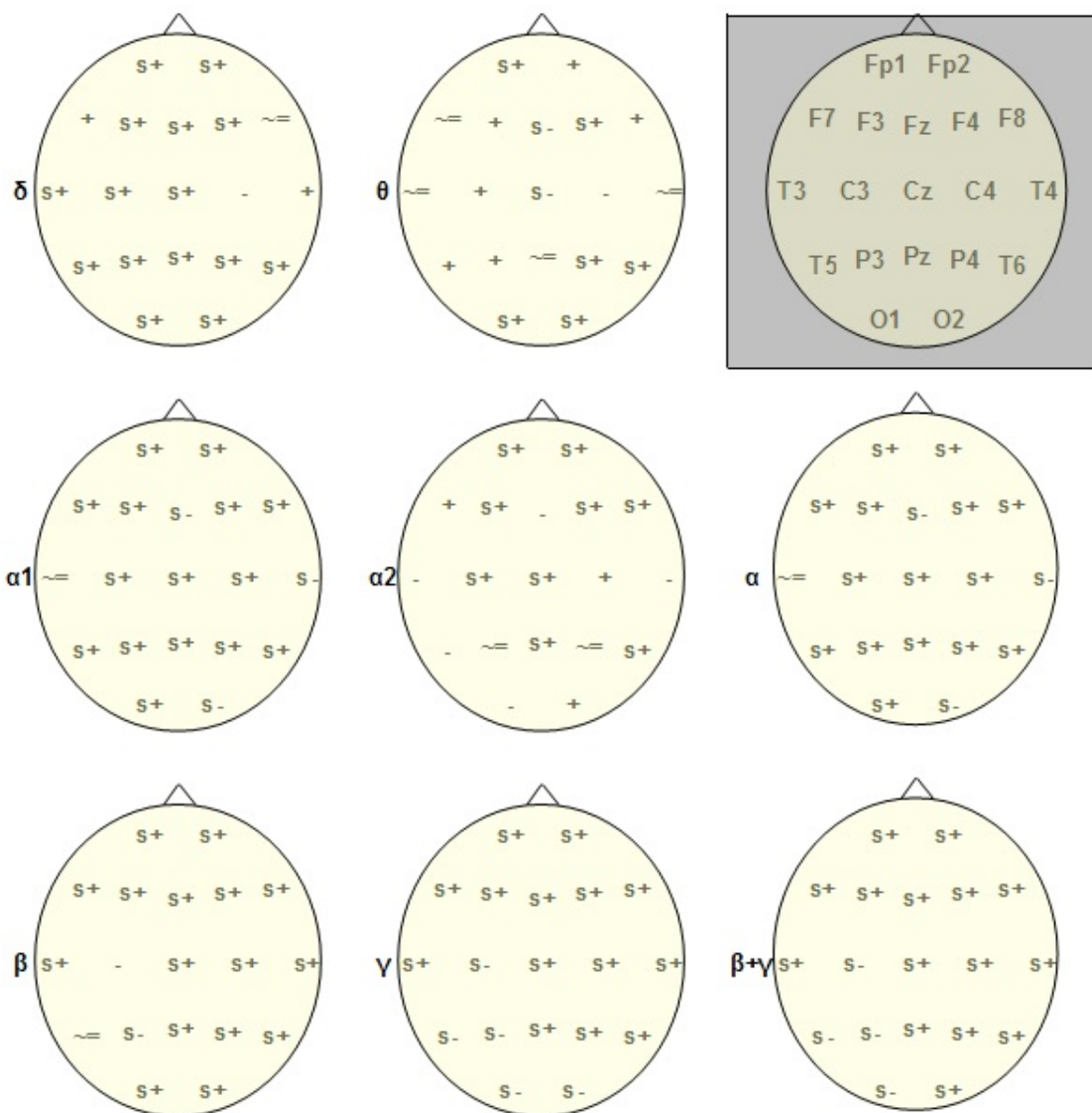


Σχήμα 8.1.1.3: συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των γυναικών κατά την παρατήρηση του 2D περιβάλλοντος ανά εγκεφαλικό ρυθμό.

2D



Πίνακα 8.1.1.1 απεικονίζονται οι χάρτες με τις απόλυτες τιμές ισχύος κατανεμημένες για κάθε ρυθμό στις δύο ομάδες (άνδρες – γυναίκες) κατά την παρατήρηση του 2D περιβάλλοντος



Σχήμα 8.1.1.4 Συγκριτική παρουσίαση της απόλυτης ισχύος των σημάτων των ανδρών και των γυναικών κατά την παρατήρηση του 2D περιβάλλοντος (αφαίρεση τιμών άνδρες 2D – γυναίκες 2D). Τα σύμβολα s+ και s- σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα + και - μη στατιστικά σημαντικές διαφορές και το σύμβολο ~ = αμελητέες διαφορές. Στο άνω δεξιό γκρι πλαίσιο εικονίζονται σχηματικά οι θέσεις των ηλεκτροδίων (σύστημα 10/20)

Οι άνδρες παρουσιάζουν θήτα δραστηριότητα στον ινιακό και στον μετωπιαίο και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (Fp1, Fp2, O1, O2, F4). Ο α1 ρυθμός παρουσιάζεται αμφίπλευρα στις μετωπο-κροταφικές και ινιακές εγκεφαλικές περιοχές (O1, O2, F8, T4, T6, F7, T3, T5). Ο α2 ρυθμός εστιάζεται στο δεξί μετωπο-κροταφικό και αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O1, F8, T4, T6). Ο

άλφα ρυθμός συνολικά παρουσιάζεται κυρίως αμφίπλευρα στον πλαγιο – μετωπιαίο και ινιακό εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στο δεξί κροταφικό (F7, F8, O1, O2, T4, T6). Ο βήτα ρυθμός είναι διάχυτος σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό, ενώ ο γάμα παρατηρείται αμφίπλευρα στον ινιακό και βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό.

Στις γυναίκες ο θήτα ρυθμός παρουσιάζεται στις προμετωπιαίες, ινιακές, κεντρικές και μετωπο-κροταφικές εγκεφαλικές περιοχές αμφίπλευρα (Fp1, Fp2, O1, O2, F8, T4, F7, T3, Cz, Fz). Ο α1 κυρίως στο δεξί μετωπο-κροταφικό και ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (F8, T4, T6, O2). Ο α2 αμφίπλευρα στον ινιακό και μετωπο-κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2, T6, T5, F7, F8). Ο άλφα ρυθμός συνολικά είναι διάχυτος με υψηλότερη ένταση στο δεξί μετωπο- κροταφικό και αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2, F8, T4, T6). Ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό με υψηλότερη ένταση κυρίως αμφίπλευρα στον ινιακό και βρεγματο - κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2, C3, C4, T6, T4, T3, T5, F8, F7), ενώ ο γάμα ρυθμός εμφανίζει μεγάλη ένταση αμφίπλευρα στις βρεγματικές εγκεφαλικές και ινιακές περιοχές (C3, C4, O1, O2).

Ακολουθεί η σύγκριση των εγκεφαλικών σημάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου ΕΠ με βάση τη φασματική τους κατανομή και τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τον πίνακα 8.1.1 και το σχήμα 8.1.4.

Δέλτα ρυθμός (0.5 - 3.5 Hz)

Στις γυναίκες όπως και στους άνδρες δέλτα δραστηριότητα παρατηρείται αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο και ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό. Πολύ υψηλή δέλτα δραστηριότητα οι γυναίκες παρουσιάζουν στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο και κυρίως στον πρόσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (C4).

Στη σύγκριση μεταξύ των δύο φύλων παρατηρείται ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικότερη δέλτα δραστηριότητα από τις γυναίκες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση το δεξί πρόσθιο βρεγματικό (C4) που παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα οι γυναίκες καθώς και το δεξί πλαγιο- μετωπιαίο που παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα τα δύο φύλα.

Η τοπολογία του ρυθμού εμφανίζεται παρόμοια και στα δύο φύλα και περιορίζεται κυρίως στις πρόσθιες μετωπικές περιοχές. Η εμφάνιση του ρυθμού αν και έχει συνδεθεί έντονα με καταστάσεις ύπνου, αναισθησίας και χαλάρωσης, στην συγκεκριμένη περίπτωση δε θα μπορούσε να συσχετιστεί με κάτι τέτοιο δεδομένου ότι κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας υπήρχε διαρκής παρατήρηση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων.

Από τη σύγκριση των δεδομένων των δύο φύλων φαίνεται ότι οι άνδρες επέδειξαν πιο τεταμένη οπτική προσοχή και εστίαση στο οπτικό ερέθισμα σε σχέση με τις γυναίκες.

Ο δ ρυθμός κατά την επαγρύπνηση έχει συνδεθεί και με μεγάλης κλίμακας φλοιώδη ολοκλήρωση, που κυρίως εστιάζεται στις μετωποκεντρικές και βρεγματικές εγκεφαλικές περιοχές (Bruns & Eckhorn, 2004; Jerbi et al., 2007; Babiloni et al., 2006; Padilla et al., 2006).

Μία πρόσφατη έρευνα (Stefanics et al., 2010) δείχνει ότι ο δ ρυθμός εμφανίζεται κατά τη διάρκεια αναμονής και ανίχνευσης προβλέψιμων οπτικών στόχων, που είναι σε συμφωνία με την φύση της παρούσας μελέτης, ενώ ο Scerbo και οι συνεργάτες του (2001) αναφέρουν ότι ο δ ρυθμός σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με το φόρτο εργασίας. Συνεπώς, το γεγονός εμφάνισης υψηλής δ δραστηριότητας στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες μπορεί να ερμηνευτεί ως καλύτερη απόδοση στην αναγνώριση των οπτικών στόχων ή ως άσκηση μικρότερης νοητικής προσπάθειας και χαμηλότερου γνωστικού φόρτου σε σχέση με τις γυναίκες (Scerbo, 2001).

Θήτα ρυθμός (4 - 7 Hz)

Ο θ ρυθμός εμφανίζεται διάχυτος σε ολόκληρο τον εγκεφαλικό φλοιό και στα δύο φύλα. Τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες φέρονται να έχουν θήτα δραστηριότητα στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές με διαφορές στην ένταση. Πιο συγκεκριμένα και τα δύο φύλα παρουσιάζουν έντονη θήτα δραστηριότητα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2), στον αριστερό κροταφικό φλοιό (T3), στον δεξιό μετωπο-κροταφικό φλοιό (F8, T4), στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (C4, Fz, Pz), αμφίπλευρα στον

ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2) ενώ και τα δύο φύλα δεν παρουσίασαν έντονη θήτα δραστηριότητα στον αριστερό κεντρο-βρεγματικό φλοιό (F3, P3).

Διαφορές εντοπίζονται κυρίως ως προς την ένταση της θήτα δραστηριότητας με τους άνδρες να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2), στο δεξί οπίσθιο κροταφικό και οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P4,T6), στο δεξί έσω μετωπιαίο φλοιό (F4) και στον αριστερό προμετωπιαίο φλοιό (Fr1). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άνδρες έναντι των γυναικών στο θήτα ρυθμό στο δεξί προμετωπιαίο και πλάγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (F8, Fr2), στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο, στον έσω μετωπιαίο φλοιό (F3), στον πρόσθιο βρεγματικό (C3) καθώς και στον οπίσθιο κροταφικό (T5).

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο θήτα ρυθμό έναντι των ανδρών στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz) ενώ υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν και στο δεξιό πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C4).

Συνυπολογίζοντας τόσο τις παρατηρήσεις από τη θήτα δραστηριότητα των δύο φύλων κατά την παρακολούθηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος καθώς και τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για τη σύνδεση του θήτα ρυθμού με γνωστικές και συμπεριφορικές διεργασίες συμπεραίνεται ότι στα δύο φύλα οι εγκεφαλικές λειτουργίες που κυριάρχησαν αφορούσαν στην επεξεργασία οπτικών αισθητηριακών πληροφοριών γεγονός που είναι σε συμφωνία με τη φύση του ερεθίσματος (οπτικό ερέθισμα). Η μετωπιαία και μετωπική ενεργοποίηση της μέσης γραμμής που παρατηρείται και στα δύο φύλα σχετίζεται γενικά με επεξεργασία σύνθετων αισθητηριακών ερεθισμάτων (Basar et al., 1999), με αύξηση του νοητικού και μνημονικού φόρτου (Gundel & Wilson, 1992; Mecklinger et al., 1992; Wilson et al., 1999; Bastiaansen & Haggort, 2003; Onton et al., 2005), με ένταση της προσοχής (Ishihara & Yoshii, 1972; Paus et al., 1997; Lazarev, 1998; Kahana et al., 1999), με προσπάθεια για αύξηση της εγρήγορης (Caldwell et al., 2003) και αύξηση του βαθμού συγκέντρωσης (Ishihara & Yoshii, 1973) και ενδοκρανιακά κατά τη διάρκεια οπτικής επεξεργασίας για αισθητικοκινητικό προγραμματισμό (Hinterberger et al., 2008). Το γεγονός λοιπόν ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικότερη θήτα δραστηριότητα έναντι των ανδρών

στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές δηλώνει ενδεχομένως ότι καταβάλλουν μεγαλύτερη προσπάθεια επεξεργασίας των ερεθισμάτων καθώς και μεγαλύτερη προσοχή ως προς την οπτικο-χωρική συνιστώσα της διεργασίας, αφού ο μετωπικός φλοιός είναι σημαντικός στις διαδικασίες προσοχής και έντονο νοητικό φόρτο.

Η κροταφική θ δραστηριότητα συμμετέχει σε ένα εύρος συμπεριφορών. Για παράδειγμα, έχει προταθεί ότι συμμετέχει σε νοητικές λειτουργίες και προσπάθεια επίτασης της προσοχής (Aftanas & Golosheikine, 2001; Smith et al., 2001), λειτουργίες μνήμης (Sederberg et al., 2003; Onton et al., 2005; Gruber et al., 2008), μάθησης και χωρικών δεξιοτήτων (Carlan et al., 2001; Kahana et al., 2001; de Araujo et al., 2002; Carlan et al., 2003; Ekstrom et al., 2005). Η αυξημένη παρουσία του θ ρυθμού και στα δύο φύλα σχετίζεται με προσπάθεια διατήρησης της προσοχής, μάθησης των περιβαλλόντων και χωρικών δεξιοτήτων.

Η αυξημένη παρουσία του θ ρυθμού στις ινιακές περιοχές και για τα δύο φύλα μπορεί να σχετίζεται με αυξημένη επεξεργασία πρωτογενούς οπτικού υλικού, ενώ η στατιστικά σημαντική βρεγματική ενεργοποίηση στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο στους άνδρες, υποδηλώνει ενεργοποίηση του συνειρμικού οπτικού φλοιού και πιθανώς ένταση της επιλεκτικής προσοχής σε αυτό έναντι των γυναικών.

Η παρουσία ίδιας θ δραστηριότητας και για τα δύο φύλα αμφίπλευρα στον πρόσθιο κροταφικό και τον αριστερό μετωπιαίο φλοιό ερμηνεύεται ως απαίτηση της ίδιας προσοχής και οπτικού προσανατολισμού και από τα δύο φύλα (Basar et al., 2001).

Ο Caldwell και οι συνεργάτες του (2003) παρατήρησαν αύξηση στο θ ρυθμό στη μετωπιαία περιοχή της μέσης γραμμής σε νυσταγμένα υποκείμενα που προσπαθούν να παραμείνουν σε εγρήγορση. Το γεγονός, όμως, ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των ανδρών στις κεντρικές περιοχές οδηγεί στο συμπέρασμα πως κατέβαλαν ενδεχομένως μεγαλύτερη προσπάθεια από τους άνδρες για να διατηρήσουν την προσοχή τους στο ερέθισμα, ίσως επειδή επρόκειτο για ένα απλό και χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις αισθητηριακό περιβάλλον.

Συνοψίζοντας, οι γυναίκες φαίνεται ότι καταβάλλουν περισσότερη επιλεκτική προσοχή και αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκο το ερέθισμα σε σχέση με τους

άνδρες οι οποίοι φέρονται να επεξεργάζονται περισσότερο το πρωτογενές οπτικό ερέθισμα και να χρησιμοποιούν τόσο μνημονικές όσο και χωρικές διεργασίες για να επεξεργαστούν το ερέθισμα που ήταν αμιγώς χωρικό. Τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες κατά τη διάρκεια παρατήρησης του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος φάνηκε να καταβάλλουν έντονη νοητική προσπάθεια και προσπάθεια επεξεργασίας και αντίληψης των προβαλλόμενων ερεθισμάτων (θήτα δραστηριότητα στον προμετωπιαίο και κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό). Και τα δύο φύλα φάνηκε να εκτελούν χωρικές διεργασίες (θήτα δραστηριότητα στον κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό) που ήταν αναμενόμενο δεδομένης της φύσης του προβαλλόμενου ερεθίσματος που ήταν χωρική ενώ παράλληλα ενεργοποιούσαν και μνημονικούς μηχανισμούς ενδεχομένως προκειμένου να απομνημονεύσουν τις θέσεις των προβαλλόμενων αντικειμένων. Ο διάχυτος θήτα ρυθμός που σύμφωνα με τους χρωματικούς χάρτες χαρακτήριζε και τα δύο φύλα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κατά την παρατήρηση του ερεθίσματος ασκούσαν έντονη οπτική επεξεργασία των προβαλλόμενων πληροφοριών ενώ το γεγονός ότι το μόνο που καλούνταν να κάνουν ήταν απλή παρατήρηση ενδεχομένως μετά από κάποιες επαναλήψεις προκάλεσε κούραση και χαλάρωση στους συμμετέχοντες. Οι γυναίκες φάνηκε ότι κατέβαλαν περισσότερη επιλεκτική προσοχή, νοητική προσπάθεια και αντιλαμβάνονταν ως πιο πολύπλοκα τα προβαλλόμενα ερεθίσματα σε σχέση με τους άνδρες (θήτα δραστηριότητα στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό). Οι άνδρες από την άλλη φάνηκε ότι επεξεργάζονταν πιο πολύ το πρωτογενές οπτικό ερέθισμα σε σχέση με τις γυναίκες (στατιστικά σημαντική θήτα δραστηριότητα στον ινιακό φλοιό) και έδειχναν μεγάλη προσοχή στο προβαλλόμενο ερέθισμα πραγματοποιώντας χωρικές διεργασίες που απαιτούνταν από τη φύση του ερεθίσματος (στατιστικά υψηλότερη θήτα δραστηριότητα στο βρεγματοκροταφικό εγκεφαλικό φλοιό).

Άλφα ρυθμός (8 - 13 Hz)

Στον άλφα ρυθμό τα δύο φύλα παρουσιάζουν δραστηριότητα στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές με διαφορές στην ένταση. Η άλφα δραστηριότητα και στα δύο φύλα εντοπίζεται στο δεξί μετωποκροταφικό φλοιό (F8, T4, T6) αμφίπλευρα στον ινιακό

φλοιό (O1, O2) καθώς και μικρής έντασης στον αριστερό μετωποκροταφικό φλοιό (F7, T3, T5).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική α_1 και α δραστηριότητα στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον αριστερό πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T3) όπου τα δύο φύλα παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα, τον δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4), τον κεντρικό μετωπιαίο φλοιό (Fz), και τον δεξί ινιακό φλοιό (O2) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Στον α_2 υπορυθμό τα δύο φύλα παρουσιάζουν δραστηριότητα στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές. Υψηλότερη ένταση παρουσιάζεται στον δεξιό μετωποκροταφικό και ινιακό φλοιό καθώς και στον αριστερό μετωπιαίο και ινιακό φλοιό.

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fp1, Fp2), στον δεξί μετωπιαίο φλοιό (F4, F8) στον αριστερό έσω μετωπιαίο φλοιό (F3) στον αριστερό βρεγματικό και κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (PZ, C3, CZ) καθώς και στον δεξί οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T6). Υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες χωρίς στατιστική σημαντικότητα στον δεξιό ινιακό φλοιό, τον δεξιό βρεγματικό φλοιό και τον αριστερό πλάγιο- μετωπιαίο φλοιό (O2, C4, F7).

Οι γυναίκες δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στον α_2 ρυθμό σε καμία εγκεφαλική περιοχή αλλά παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα στον αριστερό ινιακό και κροταφικό φλοιό, στον κεντρικό μετωπιαίο και στον δεξί πρόσθιο κροταφικό (T3, T5, O1, T4).

Ίδια α_2 δραστηριότητα τα δύο φύλα παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P3,P4).

Ο άλφα ρυθμός που εντοπίζεται στις βρεγματο- ινιακές εγκεφαλικές περιοχές φέρεται να μειώνεται όταν τα υποκείμενα επιτείνουν την προσοχή τους. Καθώς όμως και τα δύο φύλα παρουσιάζουν υψηλό άλφα ρυθμό στις ινιακές εγκεφαλικές περιοχές οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μειώνουν την προσοχή τους και βρίσκονται σε μία πιο χαλαρή κατάσταση. Φαίνεται σύμφωνα με την α δραστηριότητα ότι και τα δύο φύλα δεν κατέβαλαν σημαντική νοητική προσπάθεια κατά την παρακολούθηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί καθώς

η οπτική σκηνή παρέμενε ίδια και η διεργασία δεν ήταν ιδιαίτερα δύσκολη.

Επίσης, η υπόθεση της «α παραδοξότητας», της αύξησης δηλαδή της ισχύος του α ρυθμού κυρίως στις πλευρικές περιοχές (Cole & Ray, 1985; Cooper et al. 2003) που παρατηρείται έντονα και στα δύο φύλα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούσαν μία εσωτερικά κατευθυνόμενη προσοχή και ως μην απαιτούνταν από τη πειραματική δοκιμασία.

Η τοπολογική κατανομή του α ρυθμού έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζει και τη συχνότητά του η οποία συνήθως είναι μεγαλύτερη στις οπίσθιες εγκεφαλικές περιοχές (οι ινιακές, βρεγματικές και πίσω κροταφικές) και μικρότερη στις πρόσθιες (Niedermeyer, 1999; Schabus, 2001), αν και μπορεί να παρατηρηθεί και στις μετωπιαίες περιοχές (Niedermeyer, 1999) όπως παρουσιάζεται και στα δεδομένα σε μικρότερη όμως συχνότητα.

Η κατανομή λοιπόν του α ρυθμού στα δύο φύλα κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου ΕΠ συνδέεται με τη γνωστική επεξεργασία καθώς και με μηχανισμούς της νοητικής προσπάθειας και προσοχής (διάχυτος α ρυθμός) που σχετίζεται και με τις απαιτήσεις της δοκιμασίας (Klimesch et al., 1992; Cremades et al., 2004; Klimesch, 1999; Jausovec & Jausovec, 2000; Donner et al., 2007; Siegel et al., 2007). Από τη διάχυτη εξάπλωση του α ρυθμού που παρουσίασαν και τα δύο φύλα γίνεται σαφές ότι και οι δύο ομάδες δεν άσκησαν ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας. Ενώ φαίνεται από τον αυξημένο α ρυθμό που παρουσίασαν και τα δύο φύλα ότι πραγματοποιούσαν εσωτερικές προσπάθειες πρόβλεψης οπτικών αντιληπτικών αποδόσεων γεγονός που συνάδει με τη φύση των ερεθισμάτων (οπτικά ερεθίσματα) (Romei et al., 2008; Van Dijk et al., 2008; Busch et al., 2009; Mathewson et al., 2009).

Ο $\alpha 2$ υπορυθμός (11 – 13 Hz) έχει συνδεθεί με την κωδικοποίηση του ερεθίσματος, ενώ ο $\alpha 1$ (8 – 10 Hz) με τη γνωστική επεξεργασία και τους μηχανισμούς της νοητικής προσπάθειας (Cremades et al., 2004; Klimesch et al., 1992). Ο Jausovec χρησιμοποιώντας λίγο διαφορετική διατύπωση συσχετίζει τον $\alpha 2$ ρυθμό με σημασιολογικές λειτουργίες της μνήμης, ενώ τον $\alpha 1$ κυρίως με τη γνωστική λειτουργία της προσοχής (Jausovec & Jausovec, 2000).

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη ότι τόσο στον α1 όσο και στον α2 υπορυθμό οι άνδρες παρουσιάζουν υπεροχή έναντι των γυναικών, συμπεραίνεται ότι επέδειξαν αυξημένη προσοχή, επαγρύπνηση, νοητική προσπάθεια καθώς και υψηλότερη προσπάθεια κωδικοποίησης της προβαλλόμενης οπτικής πληροφορίας (Klimesh, 1999).

Συνοψίζοντας, παρατηρείται ότι αν και οι δύο ομάδες ήταν χαλαρές κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος, γεγονός που ίσως εξηγείται και από πιθανή εξοικείωση τους καθώς ήταν το δεύτερο κατά σειρά προβαλλόμενο περιβάλλον (πρώτα παρατήρησαν το πραγματικό), επέδειξαν προσπάθεια επεξεργασίας της προβαλλόμενης οπτικής πληροφορίας με τους άνδρες να καταβάλουν μικρότερη νοητική προσπάθεια σε σχέση με τις γυναίκες.

Βήτα Ρυθμός (14 - 32 Hz)

Και στον βήτα ρυθμό τα δύο φύλα παρουσιάζουν δραστηριότητα στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές. Είναι διάχυτος και στα δύο φύλα με υψηλότερη ένταση κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο. Οι άνδρες παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στην ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού σε σχέση με τις γυναίκες οι οποίες παρουσιάζουν έντονη βήτα δραστηριότητα στον αριστερό βρεγματικό (C3) και αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2). Πιο συγκεκριμένα οι άνδρες φέρουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5) όπου τα δύο φύλα παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα, τον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P3) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες και τον πρόσθιο αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3) όπου παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα.

Και από τα δεδομένα της παρούσας μελέτης όπου και τα δύο φύλα παρουσιάζουν έντονη βήτα δραστηριότητα και στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές με τους άνδρες να επιδεικνύουν στατιστικά σημαντικότερη βήτα δραστηριότητα από τις γυναίκες σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού συμπεραίνουμε ότι και τα δύο φύλα εκτελούσαν έντονες νοητικές διεργασίες με τους άνδρες να επεξεργάζονται περισσότερο τα ερεθίσματα σε σχέση με τις γυναίκες ενώ παρά το γεγονός ότι

δήλωναν χαλαροί και όχι στρεσαρισμένοι ο διάχυτος βήτα ρυθμός παραπέμπει σε στρεσογόνα κατάσταση. Εντούτοις ένα τέτοιο συμπέρασμα είναι επισφαλές καθώς δεν είναι εύκολο να διαχωριστεί η ανεξάρτητη μεταβλητή που επηρεάζει την πρόσθια βήτα δραστηριότητα, γιατί δεν μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητη η νοητική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα σε καταστάσεις μάθησης, για παράδειγμα, από τις ψυχολογικές συνιστώσες που δημιουργούνται και συνυπάρχουν.

Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες έδειξαν αύξηση του β ρυθμού σε προμετωπιαίες περιοχές κατά τη διάρκεια οπτικών αναζητήσεων που συνδέεται με την από επάνω προς τα κάτω αύξηση της προσοχής (Buschman & Miller, 2007; Buschman & Miller, 2009). Η στατιστικά όμως, υψηλότερη τιμή στη θέση αυτή για τους άνδρες υποδηλώνει αύξηση του άγχους, μείωση του βαθμού χαλάρωσης σε αυτό και ενδεχόμενη αναμονή να συντελεστεί στο προβαλλόμενο ερέθισμα κάποιο γεγονός ίσως ακόμη και αναζήτηση της τρίτης διάστασης σε ένα δυσδιάστατο περιβάλλον.

Ο βήτα ρυθμός έχει συνδεθεί και με αρκετές γνωστικές διεργασίες, όπως η προσοχή (Lopes da Silva, 1991 & 2000). Ενώ ο Choppin (2000) ανέφερε ότι η αυξανόμενη βήτα συνοχή μεταξύ αριστερών και δεξιών βρεγματο-ινιακών λοβών, όπως παρατηρείται και στην παρούσα μελέτη στην ομάδα των ανδρών σε συνάρτηση με τη σύνδεση του ινιακού φλοιού με συναισθηματικές διεργασίες, εξηγείται από τη στενή συνεργασία του ινιακού και του βρεγματικού εγκεφαλικού φλοιού στην επεξεργασία οπτικών ερεθισμάτων (Lang et al., 1998).

Συνεπώς ο αυξημένος βήτα ρυθμός στις βρεγματικές εγκεφαλικές περιοχές που παρατηρείται και στα δύο φύλα (στις γυναίκες εστιάζεται κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο) είναι δυνατόν να οφείλεται και σε δευτερογενείς διαδικασίες διέγερσης και προσοχής.

Επιπροσθέτως, η βήτα δραστηριότητα στις μετωπικές εγκεφαλικές περιοχές και στα δύο φύλα κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος είναι δυνατόν να ερμηνευθεί ως εκτέλεση νοητικής εργασίας ή ως μείωση του βαθμού χαλάρωσης και αύξηση του άγχους και της προσοχής σε χωρικές λειτουργίες που συνάδει με τη φύση του ερεθίσματος (οπτικό –χωρικό ερέθισμα) (Mundy – Castle, 1951; Ray & Cole, 1985; Markand, 1990; Oken & Salinsky, 1992; Petruzzello &

Landers, 1994; Field et al., 1996; Jacobs et al., 1996; Kirov et al., 1996; Macaulay & Edmonds, 2004).

Συνοψίζοντας, οι άνδρες σύμφωνα με την παρατήρηση του βήτα ρυθμού, επεξεργάζονται το οπτικό ερέθισμα περισσότερο από τις γυναίκες, εκτελούν εσωτερικά φανταστικές κινήσεις ίσως λόγω αλλαγής των θέσεων των προβαλλόμενων αντικειμένων (McFarland et al., 1997), να εκτελούν πολλές γνωστικές διεργασίες όσο και να χαρακτηρίζονται τόσο από προσμονή για κάποιο νέο ερέθισμα καθώς και από στρες ενώ οι γυναίκες παρουσιάστηκαν πολύ πιο χαλαρές με χαμηλό νοητικό φόρτο και επεξεργασία των ερεθισμάτων ενδεχομένως λόγω έλλειψης ενδιαφέροντος από το προβαλλόμενο ερέθισμα.

Γάμα Ρυθμός (33 - 48 Hz)

Και στο γάμα ρυθμό τα δύο φύλα παρουσιάζουν δραστηριότητα στις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές με μικροδιαφορές στις εντάσεις. Και τα δύο φύλα παρουσιάζουν γάμα δραστηριότητα αμφίπλευρα στον ινιακό καθώς και στο μετωπο-βρεγματικό φλοιό με την ένταση και για τα δύο φύλα να είναι ισχυρότερη στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική γάμα δραστηριότητα αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2), στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3, P3) καθώς και στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5). Σε όλες τις άλλες εγκεφαλικές περιοχές στατιστικά σημαντική γάμα δραστηριότητα παρουσιάζουν οι άνδρες.

Συνηθισμένη στην βιβλιογραφία είναι η σύνδεση του γάμα ρυθμού με οπτική επεξεργασία πληροφοριών καθώς και με επιλεκτική οπτική προσοχή (Bichot et al., 2005; Gruber & Matthias, 2005; Womelsdorf et al., 2006; Muller et al., 2000; Tallon-Baudry, 2004; Basar et al., 1999; Basar-Eroglu et al., 1996; Lutzenberger et al., 1995) γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης που δείχνουν σημαντική γάμα δραστηριότητα και στα δύο φύλα κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος που είναι ένα αμιγώς οπτικό ερέθισμα με χωρικά χαρακτηριστικά. Ενώ η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών στο γάμα ρυθμό σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι άνδρες κατέβαλαν

σημαντικά μεγαλύτερη προσπάθεια για την επεξεργασία του ερεθίσματος χρησιμοποιώντας τόσο γνωστικές διεργασίες επεξεργασίας των επιμέρους χαρακτηριστικών (Tiitinen et al., 1993; Keil et al., 1999; Rodriguez et al., 1999; Debener et al., 2003; Gruber & Muller, 2005)), όσο και χωρικές δεξιότητες (Llinas & Ribary, 1992) και μνημονικές λειτουργίες (Howard et al., 2003) που μπορεί να είναι απόρροια της προσπάθειάς τους να απομνημονεύσουν τις θέσεις των προβαλλόμενων αντικειμένων. Συνυπολογίζοντας ότι η αυξημένη γάμα δραστηριότητα πρόσφατα έχει συνδεθεί τη λειτουργία της στερεοσκοπίας (Revonsuo, 1997) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως οι άνδρες να έψαχναν να βρουν στο οπτικό ερέθισμα την τρίτη διάσταση.

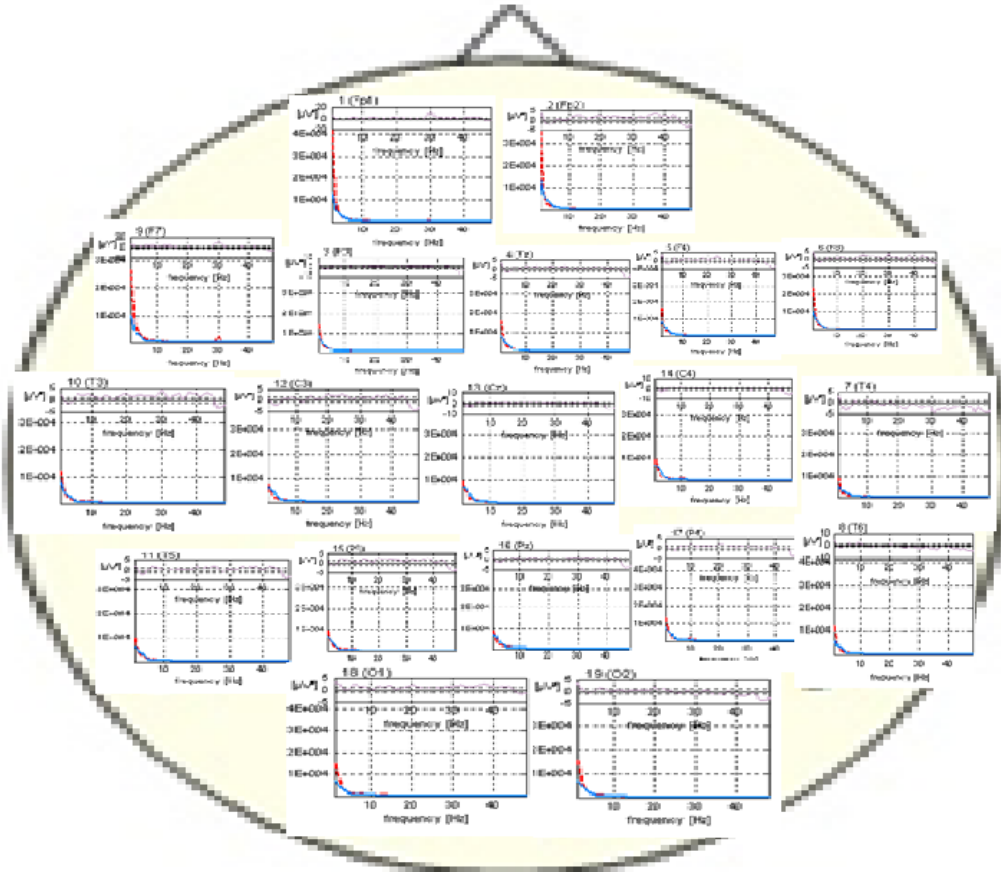
Επιπλέον, ο αυξημένος γάμα ρυθμός που παρατηρείται και στα δύο φύλα κατά την παρακολούθηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος οδηγεί και στο αναμενόμενο συμπέρασμα περί επεξεργασίας και σύνθεσης οπτικών χαρακτηριστικών στατικών αντικειμένων καθώς και επεξεργασίας των χωρικών χαρακτηριστικών τους που συνάδει με τη φύση των προβαλλόμενων ερεθισμάτων (Lutzenberger et al., 1995; Tallon, 1995; Kojo, 1993).

Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των γυναικών στο γάμα ρυθμό στις περιοχές του ινιακού και βρεγματοκροταφικού εγκεφαλικού φλοιού οδηγούν στο συμπέρασμα ότι επεξεργάζονται περισσότερο από τους άνδρες το πρωτογενές οπτικό ερέθισμα (προβαλλόμενο περιβάλλον), πραγματοποιούν πιο έντονα προσπάθειες σύνδεσης των γνωστικών χαρακτηριστικών των ερεθισμάτων ενώ δείχνουν έντονη οπτική προσοχή (Desmedt & Tomberg, 1994).

Συνοψίζοντας, στις γυναίκες το προβαλλόμενο περιβάλλον φάνηκε γενικά πιο οικείο σε σχέση με τους άνδρες οι οποίοι στην προσπάθειά τους να εντοπίσουν ίσως την τρίτη διάσταση στο προβαλλόμενο ερέθισμα κατέβαλαν έντονη επιλεκτική οπτική προσοχή ενώ έδωσαν βαρύτητα και στα χωρικά χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου ερεθίσματος.

8.1.2 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος

Στο σχήμα 8.1.2.5 εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις του φάσματος ισχύος για όλα τα ηλεκτρόδια και για τα δύο φύλα στο περιβάλλον 3D.



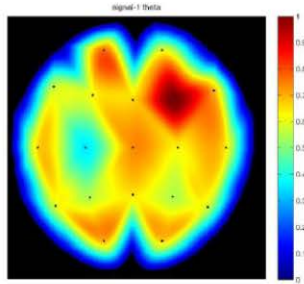
Σχήμα 8.1.2.1: Γραφική παράσταση του φάσματος όλων των συμμετεχόντων με συχνότητες 1 μέχρι 48 Hz για όλα τα ηλεκτρόδια. Η μπλε γραμμή αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών και η κόκκινη διακεκομμένη στα σήματα των γυναικών κατά την παρακολούθηση του 3D περιβάλλοντος.

Στα σχήματα 8.1.2.2 και 8.1.2.3 παρουσιάζονται δύο συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα στο 3D περιβάλλον, στους οποίους φαίνονται οι επικρατούντες ρυθμοί καθώς και η τοπολογική τους εξάπλωση.

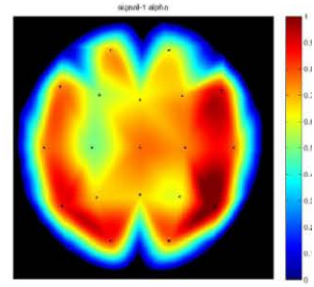
Στον Πίνακα 8.1.1 απεικονίζονται οι χάρτες με τις απόλυτες τιμές ισχύος κατανεμημένες για κάθε ρυθμό στις δύο ομάδες (άνδρες – γυναίκες) κατά την παρατήρηση του 3D περιβάλλοντος.

Άνδρες 3D

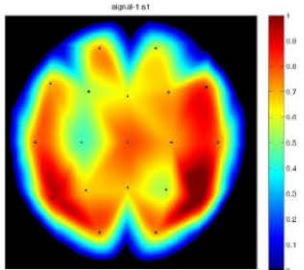
Ρυθμός θ



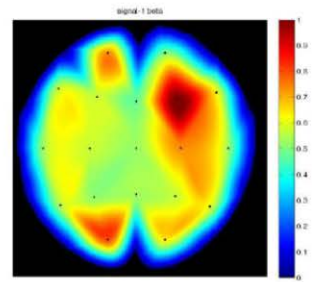
Ρυθμός α



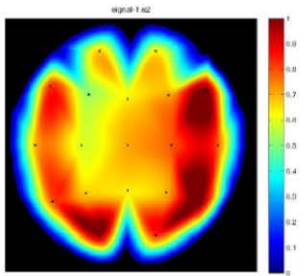
Ρυθμός $\alpha 1$



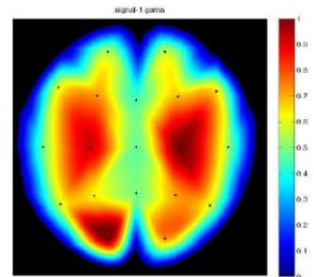
Ρυθμός β



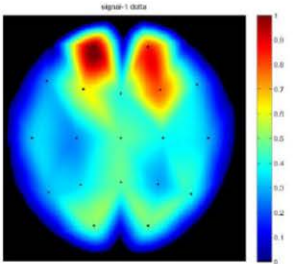
Ρυθμός $\alpha 2$



Ρυθμός γ



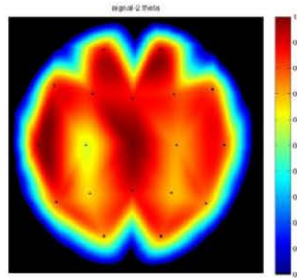
Ρυθμός δ



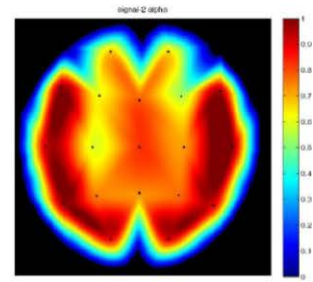
Σχήμα 8.1.2.2: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των ανδρών κατά την παρατήρηση του 3D περιβάλλοντος

Γυναίκες 3D

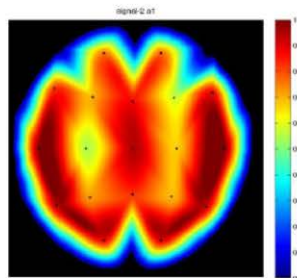
Ρυθμός θ



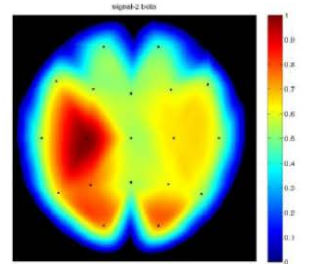
Ρυθμός α



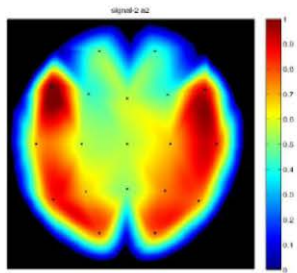
Ρυθμός α1



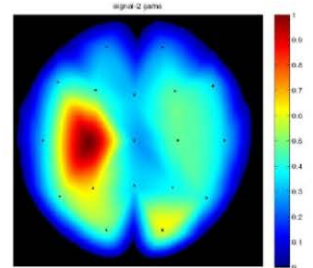
Ρυθμός β



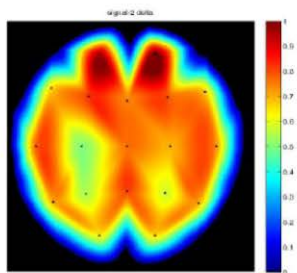
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ

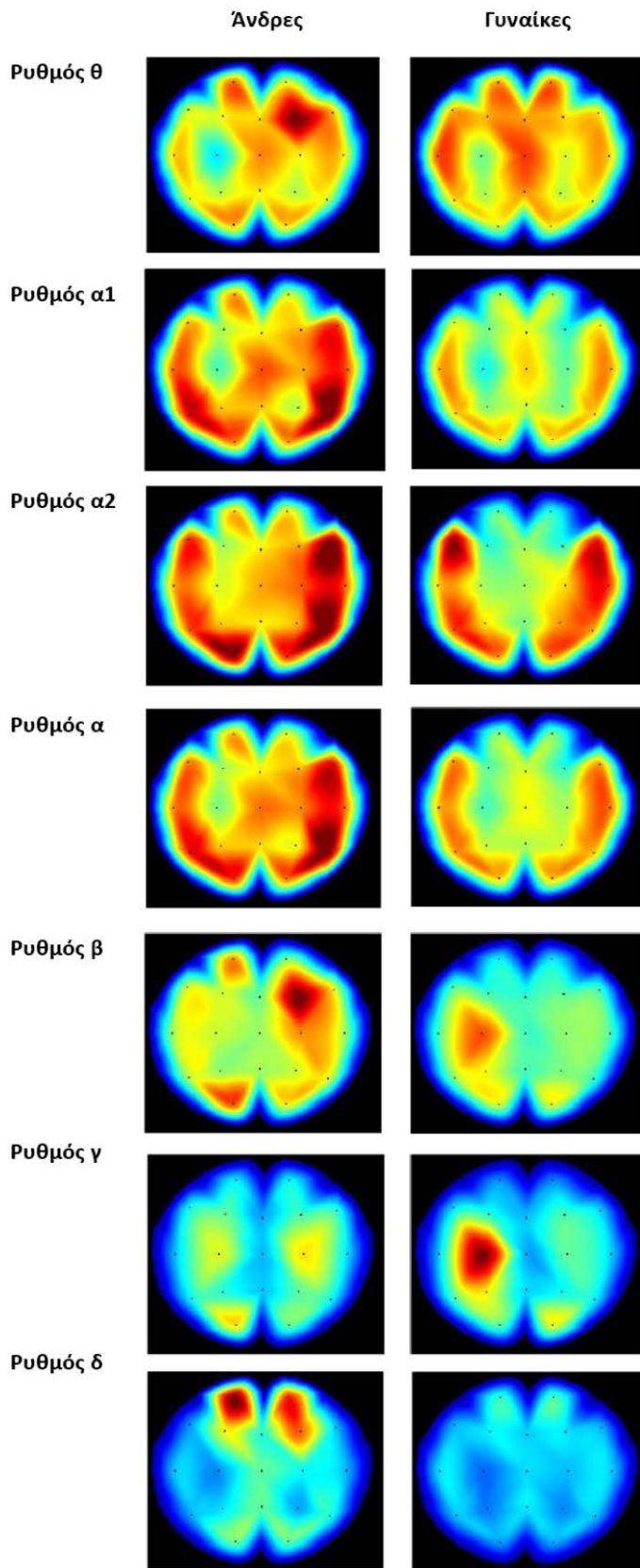


Ρυθμός δ

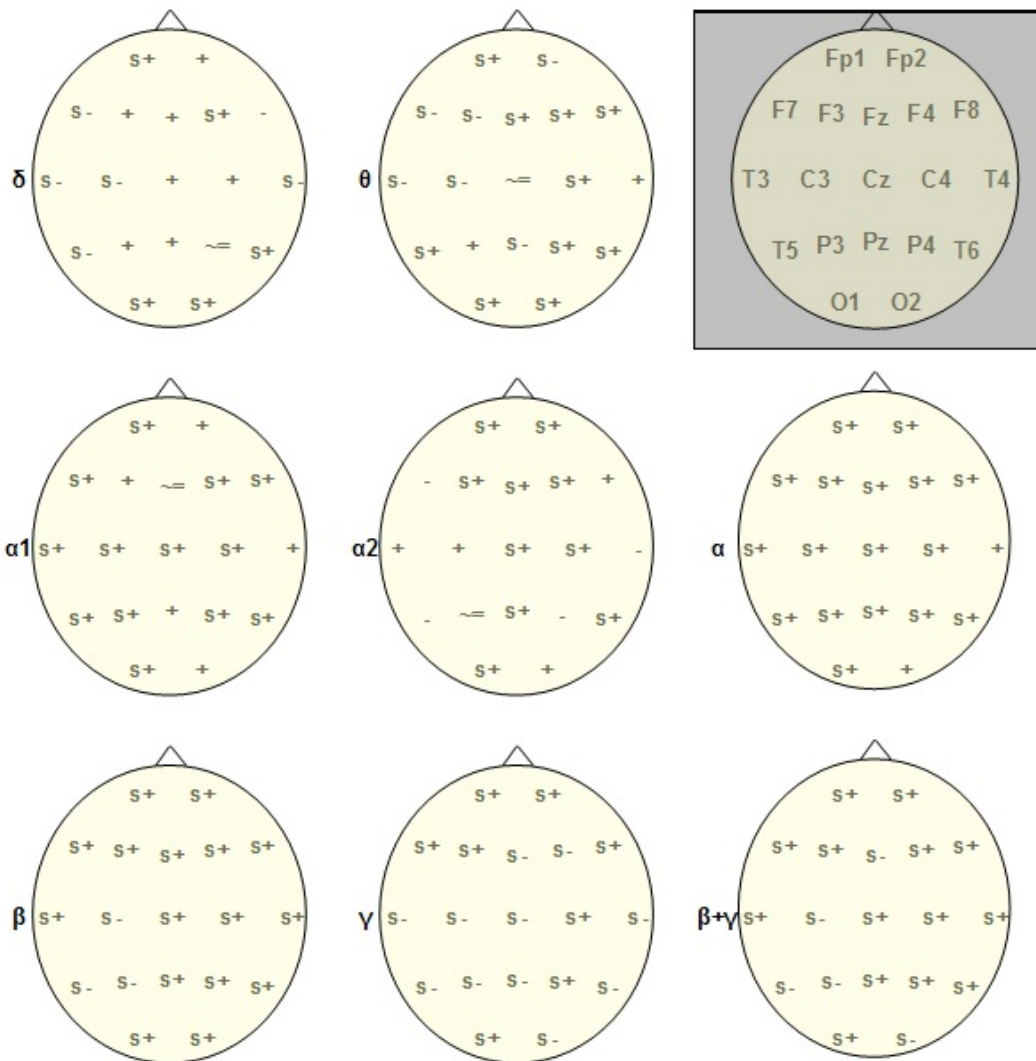


Σχήμα 8.1.2.3: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των γυναικών κατά την παρατήρηση του 3D περιβάλλοντος

3D



Πίνακας 8.1.2.1: Χάρτες απόλυτων τιμών ισχύος ανά εγκεφαλικό ρυθμό στα δύο φύλα (άνδρες – γυναίκες) κατά την παρατήρηση του 3D περιβάλλοντος



Στο σχήμα 8.1.2.4: εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις του φάσματος ισχύος για όλα τα ηλεκτρόδια και για τα δύο φύλα στο περιβάλλον 3D.

Οι άνδρες παρουσιάζουν θήτα δραστηριότητα διάχυτη στον εγκεφαλικό φλοιό με έντονη τάση κυρίως στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο με εξαίρεση το αριστερό προμετωπιαίο φλοιό (Fp1), ενώ έντονη θήτα δραστηριότητα παρουσιάζουν και αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2). Ο α1 ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού. Ο α2 ρυθμός εστιάζεται κυρίως στις προμετωπιαίες, κεντρικές, ινιακές και μετωπο – κροταφικές περιοχές (Fp1, Fp2, O1, O2, Cz, Pz, Fz, F7, F8, T6, T5). Ο άλφα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος σε όλο τον

εγκεφαλικό φλοιό με ιδιαίτερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, βρεγματοκροταφικό και πλάγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό (O1, O2, T3, T5, T4, T6, F3, F8). Ο βήτα ρυθμός επίσης παρουσιάζεται διάχυτος σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό με μεγαλύτερη ένταση στον αριστερό προμετωπιαίο και ινιακό φλοιό και στο δεξί ραχιο – μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό(F8, O1, Fr1). Ο γάμα ρυθμός παρουσιάζεται σε μικρή ένταση στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού με μεγαλύτερη ένταση στον αριστερό ινιακό φλοιό και αμφίπλευρα στον πρόσθιο βρεγματικό (O1, C3, C4).

Στις γυναίκες ο θήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με μικρότερη ένταση αμφίπλευρα στον βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (C3, P3, C4, P4). Ο α1 παρουσιάζεται κυρίως αμφίπλευρα στις κροταφικές και ινιακές περιοχές καθώς και στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (O1, O2, Cz, T3, T4, T6, T5). Ο α2 ρυθμός παρουσιάζει μεγάλη ένταση αμφίπλευρα στον πλάγιο-μετωπιαίο φλοιό (F7, F8), τον ινιακό (O1, O2) και τον οπίσθιο κροταφικό (T3, T5, T4, T6) φλοιό. Ο άλφα ρυθμός είναι και αυτός εστιασμένος αμφίπλευρα στον πλάγιο-μετωπιαίο φλοιό (F7, F8), τον ινιακό (O1, O2) και τον κροταφικό (T3, T5, T4, T6) φλοιό. Ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται κυρίως αμφίπλευρα στον ινιακό και στον αριστερό βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2, C3, P3), ενώ ο γάμα ρυθμός παρουσιάζει μεγάλη ένταση στον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό (C3) εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στο δεξί ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (O2).

Δέλτα ρυθμός (0.5 - 3.5 Hz)

Στους άνδρες ο δέλτα ρυθμός παρουσιάζεται σε πολλή μεγάλη ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον ραχιο- μετωπιαίο ενώ δραστηριότητα μικρότερης έντασης παρατηρείται αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Στις γυναίκες οι δέλτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος σε υψηλή ένταση σε ολόκληρο το εγκεφαλικό ημισφαίριο με υψηλότερη ένταση όπως και στους άνδρες αμφίπλευρα στο προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Στη σύγκριση μεταξύ των δύο φύλων στατιστικά σημαντικότερη δέλτα δραστηριότητα παρουσιάζουν οι γυναίκες κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον πλάγιο μετωπιαίο (F7) και στον βρεγματο- κροταφικό εγκεφαλικό (T3, C3, T5) καθώς και στο δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4). Οι άνδρες στατιστικά σημαντική υπεροχή δέλτα ρυθμού παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό (O1, O2) στον αριστερό μετωπιαίο, το δεξί οπίσθιο κροταφικό (T6) καθώς και στο δεξί ραχιομετωπιαίο (F4). Στις λοιπές εγκεφαλικές περιοχές παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα οι άνδρες με εξαίρεση το δεξί οπίσθιο βρεγματικό (P4) όπου δεν παρατηρούνται διαφορές και τον δεξί πλαγιο- μετωπιαίο (F8) όπου παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα οι γυναίκες.

Από τη σύγκριση των δεδομένων των δύο φύλων φαίνεται ότι οι άνδρες επέδειξαν πιο τεταμένη οπτική προσοχή και εστίαση στο οπτικό ερέθισμα σε σχέση με τις γυναίκες. Ενώ η έντονη δραστηριότητα στις ινιακές εγκεφαλικές περιοχές είναι αποτέλεσμα της φύσης της δραστηριότητας οπτικό ερέθισμα.

Θήτα ρυθμός (4 - 7 Hz)

Και τα δύο φύλα παρουσιάζουν θήτα δραστηριότητα σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με ελάχιστες διαφορές στην ένταση όπως στον δεξιό προμετωπιαίο φλοιό (Fr2) όπου οι γυναίκες παρουσιάζουν υψηλότερη ένταση σε σχέση με τους άνδρες οι οποίοι φέρονται να παρουσιάζουν ισχυρή ένταση στον δεξιό μετωπιαίο φλοιό (F4) ενώ οι γυναίκες παρουσιάζουν ελαφρώς υψηλότερη θήτα δραστηριότητα και στις κεντρικές (Pz) και στον αριστερό κροταφικό φλοιό (T3).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο θήτα ρυθμό έναντι των γυναικών στον αριστερό προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (Fr1), στο δεξί και κεντρικό μετωπιαίο φλοιό (Fz, F4, F8) στο δεξί βρεγματικό φλοιό (C4, P4), στον οπίσθιο κροταφικό φλοιό αμφίπλευρα (T5, T6), αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2) ενώ υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν στο δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και στον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P3).

Οι γυναίκες στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν στον αριστερό μετωπιαίο φλοιό (F7, F3) στον αριστερό πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T3) στον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C3) και στον κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz).

Ίδια δραστηριότητα τα δύο φύλα παρουσιάζουν μόνο στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz).

Το γεγονός ότι και τα δύο φύλα κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου ΕΠ παρουσίασαν διάχυτη θήτα δραστηριότητα στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού δείχνει ότι μετά από ένα χρονικό διάστημά πολλαπλών προβολών του περιβάλλοντος (το οποίο προβλήθηκε τελευταίο μετά το πραγματικό και το δυσδιάστατο) οι συμμετέχοντες κουράστηκαν και ενδέχεται να βίωσαν ακόμη και υπναγωγικές καταστάσεις που ενδεχομένως οφείλονταν στις χαμηλές απαιτήσεις της έρευνας. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι ο θήτα ρυθμός έχει έντονα συνδεθεί με καταστάσεις χαλάρωσης, ύπνου και υπνηλίας (Schacter, 1977).

Επιπλέον, αν και τα δύο φύλα παρουσίασαν θ ρυθμό στις ινιακές περιοχές γεγονός που υποδηλώνει για τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό μια απλή διεργασία της προβαλλόμενης οπτικής πληροφορίας (Barcelo et al., 1995), εντούτοις, το γεγονός ότι οι άνδρες παρουσίασαν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του ινιακού φλοιού μπορεί να συσχετιστεί με έντονα αυξημένη επεξεργασία του πρωτογενούς οπτικού υλικού σε σχέση με τις γυναίκες (Hinterberger et al., 2008). Η στατιστικά σημαντική υπεροχή της θήτα δραστηριότητας στους άνδρες σημαίνει ότι η προβολή του περιβάλλοντος επηρέασε περισσότερο συναισθηματικά τους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες καθώς βίωσαν το περιβάλλον ως πιο οικείο. Επίσης η αυξημένη συμμετοχή του δεξιού ημισφαιρίου σε σχέση με το αριστερό στους άνδρες, δείχνει πιθανώς ότι οι συμμετέχοντες επιστράτευαν λειτουργίες εξερεύνησης του χώρου κάτι το οποίο δεν παρουσίασαν οι γυναίκες οι οποίες είχαν μεγαλύτερη θήτα δραστηριότητα στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο υπεύθυνο για λεκτικές δεξιότητες γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως προσπάθησαν να απομνημονεύσουν λεκτικά τόσο τα στοιχεία του προβαλλόμενου περιβάλλοντος όσο και τις θέσεις αυτών. Ταυτόχρονα, η σημαντικότερη αύξηση του θ ρυθμού στους άνδρες στο δεξί ημισφαίριο μπορεί να σημαίνει και αυξημένη

προσοχή (Mizuki et al., 1980; 1983; Kahana et al., 1999), εφόσον το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο και ειδικά ο μετωπιαίος και ο βρεγματικός φλοιός όπου και παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι άνδρες, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες προσοχής (Paus et al., 1997).

Η στατιστικά σημαντική θήτα δραστηριότητα στο δεξί κροταφικό λοβό στους άνδρες οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πέραν της τεταμένης προσοχής που καταβάλουν εκτελούν παράλληλα και διάφορες χωρικές λειτουργίες ενδεχομένως στην προσπάθειά τους να επεξεργαστούν τις θέσεις των προβαλλόμενων αντικειμένων στο χώρο ενώ η στατιστικά σημαντική παρουσία του θ ρυθμού στις κροταφικές περιοχές του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου στις γυναίκες οδηγεί στο συμπέρασμα ότι καταβάλουν έντονη προσπάθεια διατήρησης της προσοχής καθώς και προσπάθεια μάθησης του περιβάλλοντος.

Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι και τα δύο φύλα παρουσίασαν θήτα δραστηριότητα στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές (προμετωπιαίο και μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό).

Επιπροσθέτως, ο θ ρυθμός έχει συνδεθεί και με το βαθμό της επεξεργασίας που απαιτείται για να αντεπεξέλθει ένας συμμετέχοντας στις ανάγκες μιας δοκιμασίας (Onton et al., 2005) ενώ έχει διατυπωθεί η άποψη ότι ο μετωπιαίος θ αυξάνεται, όταν προβάλλονται σύνθετα αισθητηριακά ερεθίσματα ανεξάρτητα από το είδος της αισθητήριας εισαγωγής, ενισχύοντας την επιστημονική θέση ότι τα σύνθετα γεγονότα απαιτούν μετωπιαία επεξεργασία (Basar et al., 1999). Το γεγονός ότι στην παρούσα έρευνα οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική θήτα υπεροχή στο δεξί μετωπιαίο φλοιό και οι γυναίκες αντίστοιχα στον αριστερό μετωπιαίο φλοιό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και τα δύο φύλα ασκούν νοητικό φόρτο προκειμένου να επεξεργαστούν το προβαλλόμενο οπτικό ερέθισμα με τη διαφορά ότι χρησιμοποιούν διαφορετικούς μηχανισμούς και εστιάζουν την προσοχή τους σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Οι άνδρες δίδουν βαρύτητα στην προσπάθειά τους να επεξεργαστούν τα χωρικά χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου περιβάλλοντος (δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο) ενώ οι γυναίκες ενδεχομένως προσπαθούν να επεξεργαστούν και να μάθουν το προβαλλόμενο ερέθισμα χρησιμοποιώντας τις λεκτικές τους δεξιότητες (αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο). Η

θέση ενισχύει την γενικώς αποδεκτή επιστημονική θέση περί υπεροχής των ανδρών στις χωρικές δεξιότητες και των γυναικών στις λεκτικές δεξιότητες.

Συνοψίζοντας, φαίνεται ότι και τα δύο φύλα ασκούν έντονη νοητική προσπάθεια για την επεξεργασία του προβαλλόμενου ερεθίσματος, εστιάζοντας την προσοχή τους όμως σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος οι μεν άνδρες στα χωρικά οι δε γυναίκες στα γενικά χαρακτηριστικά που προσπαθούν να απομνημονεύσουν μέσω λεκτικής κωδικοποίησής τους.

Άλφα ρυθμός (8 - 13 Hz)

Συνολικά στον άλφα ρυθμό τα δύο φύλα παρουσιάζουν σχεδόν διάχυτο άλφα ρυθμό σε ολόκληρο τον εγκεφαλικό φλοιό, ίδια πρότυπα εγκεφαλικής δραστηριότητας με τους άνδρες να φέρονται να έχουν ισχυρή ένταση άλφα ρυθμού σε σχέση με τις γυναίκες αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2) στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5) στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz) αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2) καθώς και στον δεξή οπίσθιο μετωπιαίο και οπίσθιο κροταφικό φλοιό (F8, T6).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο το δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και τον δεξί ινιακό φλοιό (O2) όπου η υπεροχή δε χαρακτηρίζεται από στατιστική σημαντικότητα.

Στον α1 υπορυθμό, σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες με εξαίρεση τον δεξιό ινιακό φλοιό (O2) τον κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz) τον δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) τον δεξί προμετωπιαίο (Fr2) και τον αριστερό έσω μετωπιαίο φλοιό όπου παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα καθώς και τον κεντρικό μετωπιαίο (Fz) όπου παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα τα δύο φύλα. Οι γυναίκες δεν παρουσιάζουν υπεροχή έναντι των ανδρών στον α1 υπορυθμό.

Η διάχυτη εξάπλωση του υπορυθμού α1 και στα δύο φύλα μεταφράζεται ως μειωμένη νοητική προσπάθεια με περιορισμένες ανάγκες για ένταση της προσοχής με τους άνδρες να είναι σημαντικά πιο χαλαροί και με λιγότερο νοητικό φόρτο

δεδομένης στις στατιστικά σημαντικής υπεροχής τους στην α -1 δραστηριότητα στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού δίδοντας την εντύπωση ότι επρόκειτο για ένα οικείο και μη απαιτητικό ερέθισμα.

Στον α 2 υπορυθμό, στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2) στον κεντρικό και αμφίπλευρα στον εσω μετωπιαίο φλοιό (Fz, F3, F4) στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz) στο δεξί πρόσθιο και κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz, C4), στο δεξί οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T6) και στον αριστερό ινιακό φλοιό (O1). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άνδρες στον αριστερό βρεγματοκροταφικό φλοιό (T3, C3) στο δεξί πλαγιο - μετωπιαίο φλοιό (F8) και στον δεξί οπίσθιο ινιακό φλοιό (O2).

Ο α 2 υπορυθμός (11 – 13 Hz) έχει συνδεθεί τόσο με την κωδικοποίηση του ερεθίσματος, (Gremades et al., 2004; Klimesch et al., 1992) όσο και με σημασιολογικές λειτουργίες της μνήμης (Jaušovec & Jaušovec, 2000) συνεπώς η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών στον α 2- υπορυθμό σε ένα μεγάλο εύρος εγκεφαλικών περιοχών υποδηλώνει προσπάθεια κωδικοποίησης του προβαλλόμενου ερεθίσματος καθώς και απομνημόνευση και σημασιολογική επεξεργασία αυτού κάτι που δεν παρατηρήθηκε στις γυναίκες οι οποίες παρέμειναν χαλαρές αδιαφορώντας για την περεταίρω επεξεργασία του προβαλλόμενου ερεθίσματος και των χαρακτηριστικών αυτού.

Οι γυναίκες δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των ανδρών σε καμία εγκεφαλική περιοχή. Εντούτοις, παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα στον αριστερό πλαγιο- μετωπιαίο φλοιό (F7), στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5) τον δεξί πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T4) και τον δεξί οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P4). Ίδια δραστηριότητα παρουσιάζουν τα δύο φύλα μόνο στον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (P3).

Ο α ρυθμός εμφανίζεται διάχυτος και ισχυρός και στα δύο φύλα και εξαπλώνεται τοπογραφικά σε όλη την έκταση του κρανίου. Στους άνδρες ο α ρυθμός συνολικά εμφανίζεται ιδιαίτερα ισχυρός με στατιστική σημαντικότητα σε όλες τις ηλεκτροεγκεφαλικές θέσεις. Η διάχυτη αυτή κατανομή του α ρυθμού έχει συνδεθεί με γνωστική επεξεργασία, με μηχανισμούς νοητικής προσπάθειας

(Klimesch et al., 1992; Gremades et al., 2004) καθώς και με διαφορετικούς τύπους απαιτήσεων προσοχής (Klimesch, 1999; Jausovec & Jausovec, 2000; Donner et al., 2007; Siegel et al., 2007).

Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι όσο πιο απαιτητική είναι μία εργασία και όσο μεγαλύτερη η προσήλωση, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός του α αποσυγχρονισμού (Pfurtscheller, 1993; Klimesch, 1999). Έτσι, σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη και τα δύο φύλα εκτέλεσαν μειωμένη νοητική προσπάθεια γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από το ότι η οπτική σκηνή δεν άλλαζε και η διεργασία δεν ήταν ιδιαίτερα δύσκολη.

Η αύξηση του α ρυθμού έχει επίσης συνδεθεί και με την πρόβλεψη οπτικών αντιληπτικών αποδόσεων (Romei et al., 2008; Van Dijk et al., 2008; Busch et al., 2009; Mathewson et al., 2009) γεγονός που είναι σε συμφωνία με τη φύση του προβαλλόμενου ερεθίσματος (οπτικό ερέθισμα με μεταβολή των θέσεων των προβαλλόμενων αντικειμένων).

Συνοψίζοντας, και τα δύο φύλα παρουσιάστηκαν να μην ασκούν ιδιαίτερο νοητικό φόρτο κατά την παρατήρηση του προβαλλόμενου ερεθίσματος δεδομένου ότι δεν απαιτούνταν ιδιαίτεροι μηχανισμοί της προσοχής και γενικά ήταν μειωμένες απαιτήσεις όσον αφορά τη νοητική προσπάθεια λόγω της οικειότητας των συμμετεχόντων με το περιβάλλον (παρουσιάστηκε τελευταίο) με τους άνδρες εντούτοις να παρουσιάζουν σε σχέση με τις γυναίκες αυξημένη προσοχή, επαγρύπνηση, νοητική προσπάθεια καθώς και υψηλότερη προσπάθεια κωδικοποίησης της προβαλλόμενης οπτικής πληροφορίας (Klimesch, 1999).

Βήτα Ρυθμός (14 - 32 Hz)

Ο βήτα ρυθμός δεν παρουσιάζει σημαντική ένταση στις γυναίκες όπου περιορίζεται αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό καθώς και αμφίπλευρα στον βρεγματικό με τον αριστερό βρεγματικό φλοιό να παρουσιάζει σημαντικότερη ένταση σε σχέση με τους άνδρες (C3). Από την άλλη οι άνδρες παρουσιάζουν σχεδόν διάχυτη βήτα δραστηριότητα στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με ιδιαίτερη ένταση στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές καθώς και στις ινιακές περιοχές.

Στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο τον αριστερό οπίσθιο κροταφικό (T5) και τον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3, P3) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Ο β ρυθμός εμφανίζεται γενικά μειωμένος και στα δύο φύλα. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με την αυξημένη παρουσία του α ρυθμού που αναφέρθηκε προηγουμένως, καθώς όπως έχει σημειωθεί ο αποσυχρονισμός του α ρυθμού συσχετίζεται με αυξημένη προσοχή, ενώ η β δραστηριότητα φαίνεται να παρουσιάζει αντίστροφη συμπεριφορά από την α και να αυξάνει, όταν αυξάνουν οι απαιτήσεις της εργασίας (Paranikolaou et al., 1986).

Η στατιστικά σημαντική βήτα δραστηριότητα των ανδρών στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές (μετωπιαίο και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό) μπορεί να ερμηνευθεί ως νοητική εργασία γενικά ή ως μείωση του βαθμού χαλάρωσης και αύξηση του άγχους (Mundy – Castle, 1951; Ray & Cole, 1985; Markand, 1990; Oken & Salinsky, 1992; Petruzzello & Landers, 1994; Field et al., 1996; Jacobs et al., 1996; Kiroy et al., 1996; Macaulay & Edmonds, 2004). Πρόσφατες έρευνες σε προμετωπιαίες περιοχές συνδέουν την αύξηση του β ρυθμού κατά τη διάρκεια οπτικών αναζητήσεων με την από επάνω προς τα κάτω αύξηση της προσοχής (Buschman & Miller, 2007; Buschman & Miller, 2009). Φαίνεται ότι οι άνδρες επέδειξαν περισσότερη προσοχή σε σχέση με τις γυναίκες κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος.

Επιπροσθέτως, η βήτα δραστηριότητα στις μετωπικές εγκεφαλικές περιοχές που παρουσιάζεται στατιστικά σημαντικότερη στους άνδρες κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού είναι δυνατόν να ερμηνευθεί ως εκτέλεση νοητικής εργασίας γενικά είτε ως μείωση του βαθμού χαλάρωσης και αύξηση του άγχους και της προσοχής σε χωρικές λειτουργίες που συνάδει με τη φύση του ερεθίσματος (οπτικό –χωρικό ερέθισμα) (Mundy – Castle, 1951; Ray & Cole, 1985; Markand, 1990; Oken & Salinsky, 1992; Petruzzello & Landers, 1994; Field et al., 1996; Jacobs et al., 1996; Kiroy et al., 1996; Macaulay & Edmonds, 2004).

Συμπληρωματικά, ο αυξημένος βήτα ρυθμός στις βρεγματικές εγκεφαλικές περιοχές

που παρατηρείται και στα δύο φύλα (στις γυναίκες εστιάζεται κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο ενώ στους άνδρες στο δεξί) είναι δυνατόν να οφείλεται και σε δευτερογενείς διαδικασίες διέγερσης και προσοχής με τους άνδρες να στρέφουν την προσοχή τους κυρίως στα χωρικά χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου περιβάλλοντος (δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο).

Συνοψίζοντας, οι άνδρες παρουσιάστηκαν να επεξεργάζονται το οπτικό ερέθισμα πολύ περισσότερο από τις γυναίκες, να εκτελούν φανταστικές κινήσεις ίσως λόγω αλλαγής των θέσεων των προβαλλόμενων αντικειμένων (McFarland et al., 1997), να εκτελούν πολλές γνωστικές διεργασίες καθώς και να χαρακτηρίζονται τόσο από προσμονή για κάποιο νέο ερέθισμα καθώς και από στρες ενώ οι γυναίκες παρουσιάστηκαν πιο χαλαρές με χαμηλό νοητικό φόρτο και επεξεργασία των ερεθισμάτων, ενδεχομένως λόγω έλλειψης ενδιαφέροντος από το προβαλλόμενο ερέθισμα.

Γάμα Ρυθμός (33 - 48 Hz)

Ο ρυθμός γάμα παρουσιάζει ίδιο πρότυπο δραστηριότητας και στα δύο φύλα με κύρια διαφορά στην ένταση το αριστερού βρεγματικού φλοιού όπου σημαντικά οι γυναίκες παρουσιάζουν εντονότερη γάμα δραστηριότητα σε σχέση με τους άνδρες (C3) ενώ ισχυρότερη γάμα δραστηριότητα φέρονται να έχουν οι γυναίκες και στο δεξί ινιακό φλοιό (O2) . Οι άνδρες παρουσιάζουν υψηλότερη γάμα δραστηριότητα όχι όμως με μεγάλη διαφορά σε σχέση με τις γυναίκες στον αριστερό ινιακό φλοιό και το δεξί βρεγματικό (C4).

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των ανδρών στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό στο σύνολό του (Fz, Cz, Pz) αμφίπλευρα στον κροταφικό φλοιό (T3, T5, T4, T6) στο δεξί ινιακό φλοιό (O2) στο δεξί έσω μετωπιαίο φλοιό (F4) και στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3, P3).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fp1, Fp2) στον δεξιό μετωπιαίο φλοιό (F8) και στο δεξί πρόσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (C4).

Συνηθισμένη στην βιβλιογραφία είναι η σύνδεση του γάμα ρυθμού με οπτική επεξεργασία πληροφοριών καθώς και με επιλεκτική οπτική προσοχή (Bichot et al., 2005; Gruber & Matthias, 2005; Womelsdorf et al., 2006; Muller et al., 2000; Tallon-Baudry, 2004; Basar et al., 1999; Basar-Eroglu et al., 1996; Lutzenberger et al., 1995) γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης που δείχνουν σημαντική γάμα δραστηριότητα και τα δύο φύλα κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος που είναι ένα αμιγώς οπτικό ερέθισμα με χωρικά χαρακτηριστικά. Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών στο γάμα ρυθμό στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι άνδρες κατέβαλαν σημαντικά μεγαλύτερη προσπάθεια για την επεξεργασία του ερεθίσματος χρησιμοποιώντας τόσο γνωστικές διεργασίες επεξεργασίας των χωρικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος (Tiitinen et al., 1993; Keil et al., 1999; Rodriguez et al., 1999; Debener et al., 2003; Gruber & Muller, 2005; Llinas & Ribary, 1992) όσο και μνημονικές λειτουργίες (Howard et al., 2003) που μπορεί να είναι απόρροια της προσπάθειάς τους να απομνημονεύσουν τις θέσεις των προβαλλόμενων αντικειμένων. Το γεγονός ότι η αυξημένη γάμα δραστηριότητα πρόσφατα έχει συνδεθεί τη λειτουργία της στερεοσκοπίας (Revonsuo, 1997) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως οι άνδρες να έψαχναν να βρουν στα χωρικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος την τρίτη διάσταση (υπεροχή στο δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο) ενώ οι γυναίκες αναζητούσαν την τρίτη διάσταση από άλλα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (υπεροχή στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο).

Επιπλέον, ο αυξημένος γάμα ρυθμός που παρατηρείται και στα δύο φύλα κατά την παρακολούθηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος οδηγεί και στο αναμενόμενο συμπέρασμα περί επεξεργασίας και σύνθεσης οπτικών χαρακτηριστικών στατικών αντικειμένων καθώς και επεξεργασίας των χωρικών χαρακτηριστικών τους που συνάδει απόλυτα με τη φύση των προβαλλόμενων ερεθισμάτων (Lutzenberger et al., 1995; Tallon, 1995; Kojo, 1993).

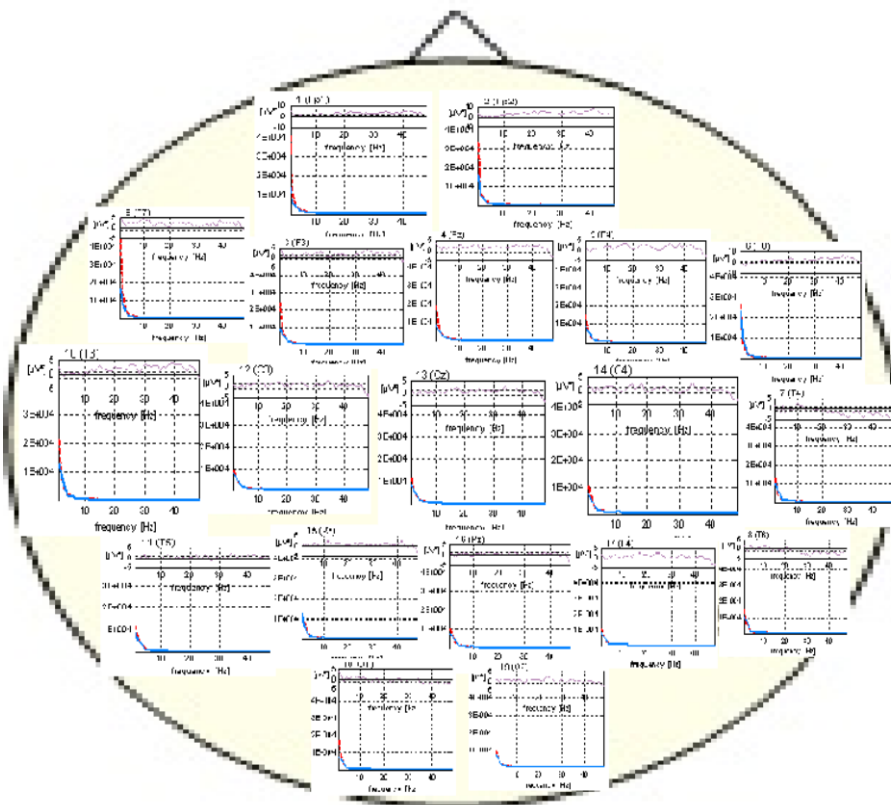
Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των γυναικών στο γάμα ρυθμό στις περιοχές του ινιακού και βρεγματοκροταφικού εγκεφαλικού φλοιού οδηγεί στο συμπέρασμα ότι επεξεργάζονται περισσότερο από τους άνδρες το πρωτογενές οπτικό ερέθισμα (προβαλλόμενο περιβάλλον), πραγματοποιούν πιο έντονα προσπάθειες σύνδεσης

των γνωστικών χαρακτηριστικών των ερεθισμάτων ενώ δείχνουν έντονη οπτική προσοχή Desmedt και Tomberg (1994).

Συνοψίζοντας, και τα δύο φύλα κατέβαλαν προσπάθειά να εντοπίσουν την τρίτη διάσταση στο προβαλλόμενο ερέθισμα καθώς και έντονη επιλεκτική οπτική προσοχή με τους άνδρες να δίδουν ιδιαίτερη βαρύτητα και στα χωρικά χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου ερεθίσματος.

8.1.3 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος

Στο σχήμα 8.1.3.1 εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις του φάσματος ισχύος για όλα τα ηλεκτρόδια και για τα δύο φύλα στο περιβάλλον REAL.



Σχήμα 8.1.3.1 Γραφική παράσταση του φάσματος όλων των συμμετεχόντων με συχνότητες 1 μέχρι 48 Hz για όλα τα ηλεκτρόδια. Η μπλε γραμμή αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών

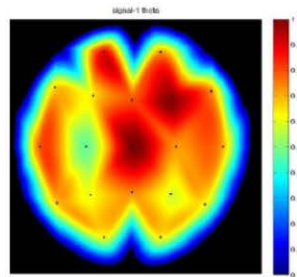
και η κόκκινη διακεκομμένη στα σήματα των γυναικών κατά την παρακολούθηση του περιβάλλοντος.

Στα σχήματα 8.1.3.2 και 8.1.3.3 παρουσιάζονται δύο συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα στο REAL περιβάλλον, στους οποίους φαίνονται οι επικρατούντες ρυθμοί καθώς και η τοπολογική τους εξάπλωση.

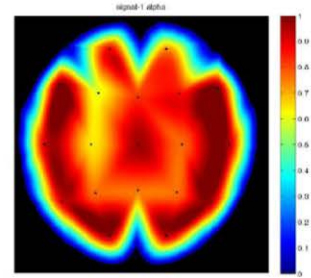
Στον Πίνακα 8.1.3.1 απεικονίζονται οι χάρτες με τις απόλυτες τιμές ισχύος κατανεμημένες για κάθε ρυθμό στις δύο ομάδες (άνδρες – γυναίκες) κατά την παρατήρηση του REAL περιβάλλοντος.

Άνδρες REAL

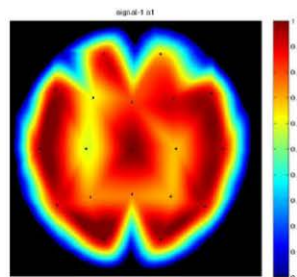
Ρυθμός θ



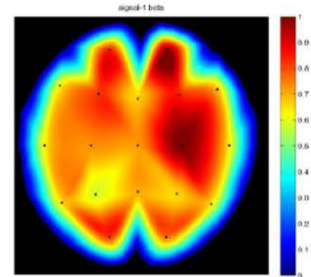
Ρυθμός α



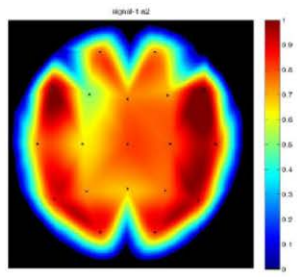
Ρυθμός $\alpha 1$



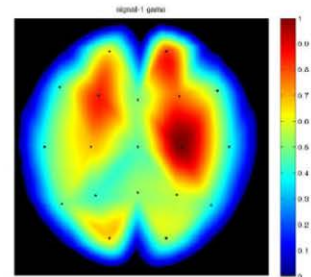
Ρυθμός β



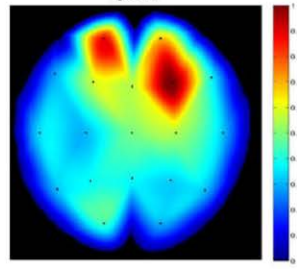
Ρυθμός $\alpha 2$



Ρυθμός γ



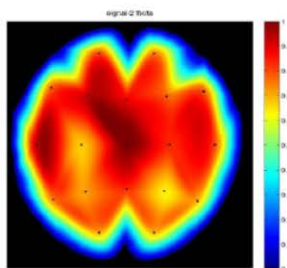
Ρυθμός δ



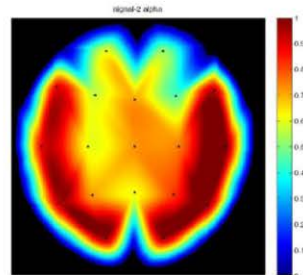
Σχήμα 8.1.3.2 Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των ανδρών κατά την παρατήρηση του REAL περιβάλλοντος.

Γυναίκες REAL

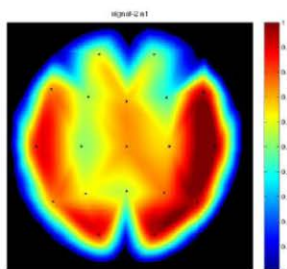
Ρυθμός θ



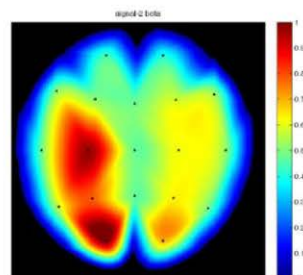
Ρυθμός α



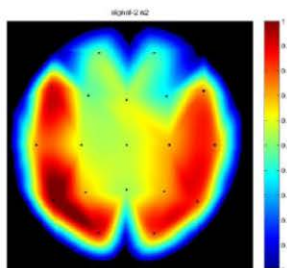
Ρυθμός $\alpha 1$



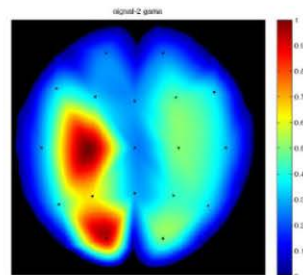
Ρυθμός β



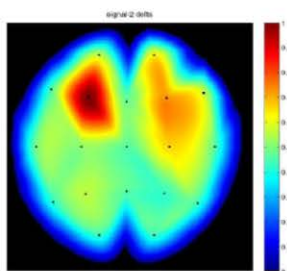
Ρυθμός $\alpha 2$



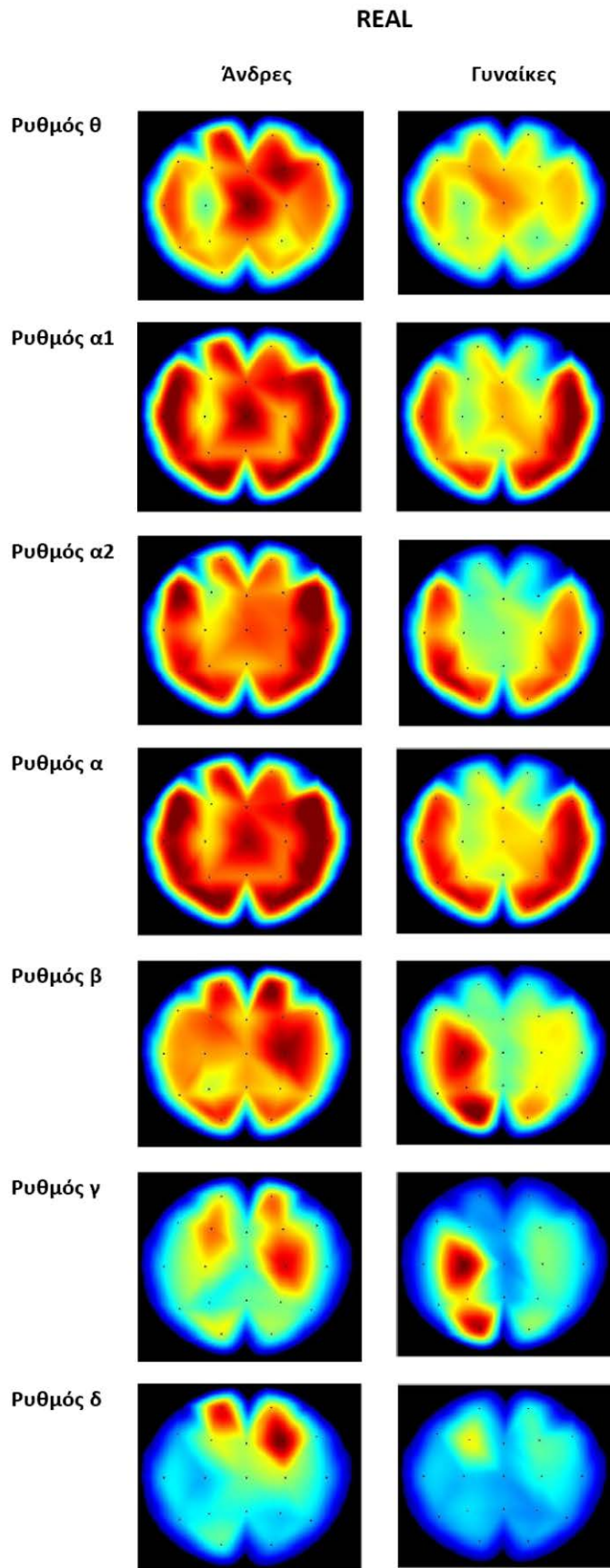
Ρυθμός γ



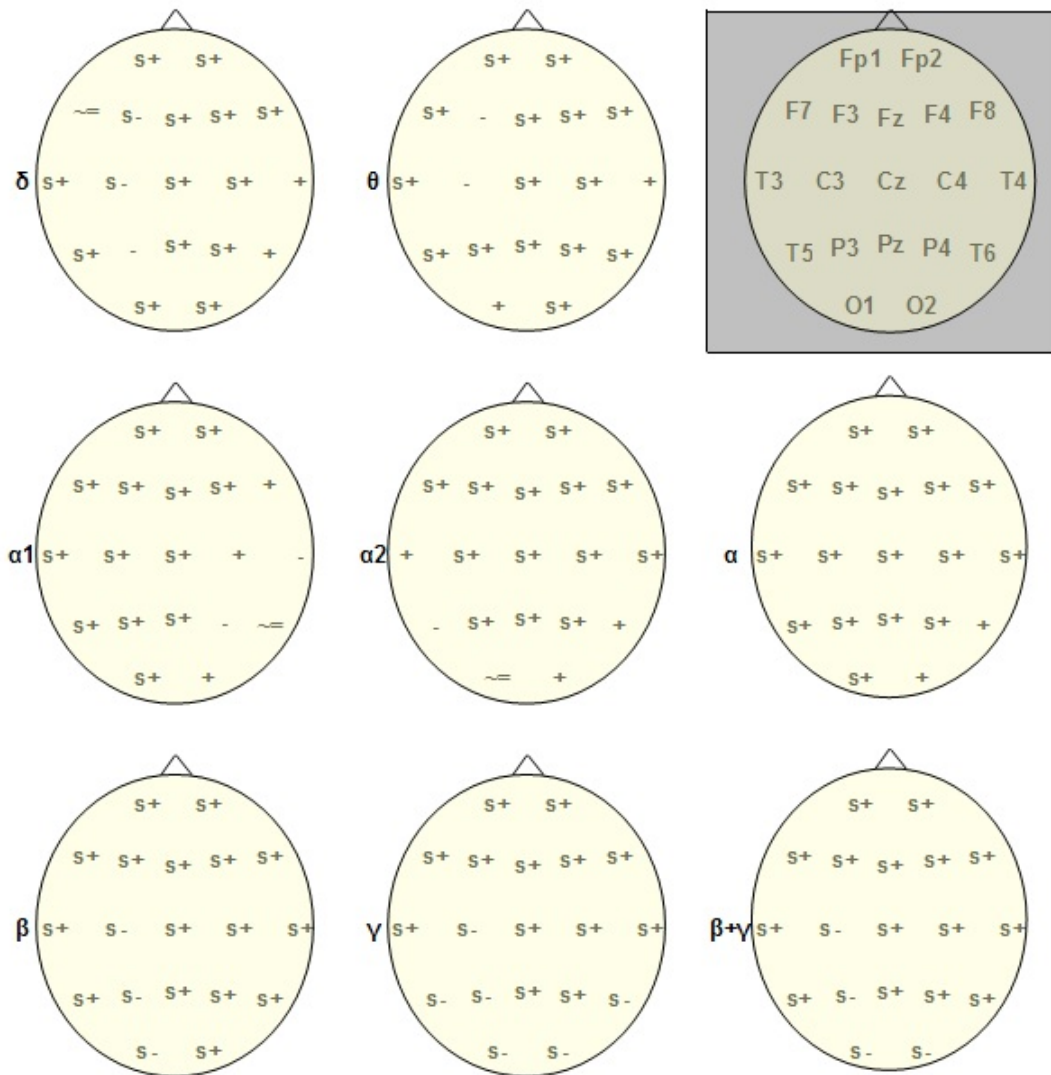
Ρυθμός δ



Σχήμα 8.1.3.3: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των γυναικών κατά την παρατήρηση του REAL περιβάλλοντος.



Πίνακα 8.1.3.1: Χάρτες με τις απόλυτες τιμές ισχύος κατανεμημένες για κάθε ρυθμό στις δύο ομάδες (άνδρες – γυναίκες) κατά την παρατήρηση του REAL περιβάλλοντος.



Σχήμα 8.1.3.4: Συγκριτικοί ανεξάρτητοι χάρτες απόλυτης ισχύος ανδρών και γυναικών κατά την παρατήρηση του REAL περιβάλλοντος.

Οι άνδρες παρουσιάζουν θήτα δραστηριότητα σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με υψηλότερη ένταση στις κεντρικές, ινιακές, προμετωπιαίες και μετωποκροταφικές εγκεφαλικές περιοχές (θέσεις ηλεκτροδίων Fp1, Fp2, O1, O2, T3, T4, Cz, F4, F8, F7). Ο α1 ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με πολύ υψηλή ένταση στις ινιακές, μετωπο – κροταφικές, κεντρικές και προμετωπιαίες περιοχές (θέσεις ηλεκτροδίων Fp1, Fp2, O1, O2, T3, T4, Cz, F4, F8, F7). Ο α2 ρυθμός επίσης παρουσιάζεται διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού ενώ συνολικά ο άλφα ρυθμός έχει το ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τον α1 ρυθμό είναι διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με πολύ υψηλή ένταση

στις ινιακές, μετωπο – κροταφικές, κεντρικές και προμετωπιαίες περιοχές (θέσεις ηλεκτροδίων Fr1, Fr2, O1, O2, T3, T4, Cz, F4, F8, F7). Ο βήτα ρυθμός επίσης παρουσιάζεται διάχυτος σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό με ιδιαίτερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στο δεξί πρόσθιο βρεγματικό (C4, Fr1, Fr2, O1, O2). Ο γάμα ρυθμός παρουσιάζεται αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο, το μετωπιαίο αλλά και στο δεξί πρόσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (C4, Fr1, Fr2, F3, F4).

σε μικρή ένταση στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού και κυρίως στον ινιακό και προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2, O1, O2).

Στις γυναίκες ο θήτα ρυθμός παρουσιάζεται κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον προμετωπιαίο, μετωπιαίο αλλά και στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Fr1, Fr2, T3, T4, F7, F8). Ο α1 παρουσιάζεται κυρίως αμφίπλευρα στις μετωπο- κροταφικές και ινιακές περιοχές καθώς και στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (O1, O2, Cz, T3, T4, T6, T5, F7, F8) με υψηλότερη ένταση στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο, ο α2 ρυθμός παρουσιάζει ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τον α1 ρυθμό με μεγαλύτερη όμως ένταση στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5). Ο άλφα ρυθμός παρουσιάζει ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τον α1. Ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον ινιακό και βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (O1, C3, P3), ενώ και ο γάμα ρυθμός παρουσιάζει το ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με τον βήτα.

Ακολουθεί η σύγκριση των δύο εγκεφαλικών σημάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος με βάση τη φασματική τους κατανομή και τις στατιστικά σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τον πίνακα 8.1.3.1 και το σχήμα 8.1.3.4.

Δέλτα ρυθμός (0.5 - 3.5 Hz)

Στους άνδρες ο δέλτα ρυθμός παρουσιάζεται κυρίως εντοπισμένος αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό καθώς και ραχιο-μετωπιαίο με μεγαλύτερη ένταση στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Στις γυναίκες ο δέλτα ρυθμός είναι διάχυτος σε ολόκληρο το εγκεφαλικό φλοιό με μεγαλύτερη ένταση στο αριστερό ημισφαίριο στο ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό ενώ έντονη δραστηριότητα παρουσιάζουν και στο αριστερό μετωπο-βρεγματικό και αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Στη σύγκριση μεταξύ των δύο φύλων στατιστικά σημαντική υπεροχή στο δέλτα ρυθμό παρουσιάζουν οι άνδρες σε μεγάλο μέρος του εγκεφαλικού φλοιού, στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο, ενώ οι γυναίκες στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν μόνο στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στο μετωπο- βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (F3, C3). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν στο αριστερό οπίσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (P3). Διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στον αριστερό πλαγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό όπου τα δύο φύλα επέδειξαν ίδια εγκεφαλική δραστηριότητα.

Η τοπολογία του ρυθμού εμφανίζεται παρόμοια και στα δύο φύλα και περιορίζεται κυρίως στις πρόσθιες μετωπικές περιοχές. Η εμφάνιση του ρυθμού αν και έχει συνδεθεί με καταστάσεις ύπνου, αναισθησίας και χαλάρωσης, στην συγκεκριμένη περίπτωση δε θα μπορούσε να συσχετιστεί με κάτι τέτοιο δεδομένου ότι κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας υπήρχε διαρκής παρατήρηση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων.

Θήτα ρυθμός (4 - 7 Hz)

Και τα δύο φύλα παρουσιάζουν κοινό πρότυπο θήτα δραστηριότητας η οποία είναι διάχυτη στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Διαφορές εντοπίζονται μόνο στην ένταση του ρυθμού όπου συνολικά σχεδόν οι άνδρες παρουσιάζουν υψηλότερο θήτα ρυθμό και κυρίως στον κεντρικό εγκεφαλικό

φλοιό (Cz), στον αριστερό προμετωπιαίο (Fp1) φλοιό, στον δεξί οπίσθιο μετωπιαίο φλοιό (F4), στο δεξί κροταφικό φλοιό (T4) και αμφίπλευρα στον ινιακό (O1, O2).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο το δεξί πρόσθιο κροταφικό φλοιό και τον αριστερό ινιακό φλοιό (T4, O1) που δεν παρουσιάζεται στατιστική σημαντικότητα καθώς και τον αριστερό ραχιο- μετωπιαίο φλοιό (F3) και τον δεξί πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C3) όπου παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα οι γυναίκες.

Το γεγονός ότι και τα δύο φύλα κατά την παρατήρηση του πραγματικού παρουσίασαν διάχυτη θήτα δραστηριότητα στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού δείχνει ότι μετά από ένα χρονικό διάστημα πολλαπλών προβολών του περιβάλλοντος οι συμμετέχοντες κουράστηκαν ενδεχομένως λογο των χαμηλών απαιτήσεων της έρευνας. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι ο θήτα ρυθμός έχει έντονα συνδεθεί με καταστάσεις χαλάρωσης, ύπνου και υπνηλίας που στατιστικά ήταν σημαντικότερη στους άνδρες (Schacter, 1977).

Επιπλέον, αν και τα δύο φύλα παρουσίασαν θ ρυθμό στις ινιακές περιοχές γεγονός που υποδηλώνει για τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό μια απλή διεργασία της προβαλλόμενης οπτικής πληροφορίας (Barcelo et al., 1995), εντούτοις, το γεγονός ότι οι άνδρες παρουσίασαν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του ινιακού φλοιού μπορεί να συσχετιστεί με έντονα αυξημένη επεξεργασία του πρωτογενούς οπτικού υλικού σε σχέση με τις γυναίκες (Hinterberger et al., 2008). Η στατιστικά σημαντική υπεροχή της θήτα δραστηριότητας στους άνδρες σημαίνει ότι η προβολή του περιβάλλοντος επηρέασε περισσότερο συναισθηματικά τους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες καθώς βίωσαν το περιβάλλον ως πιο οικείο. Επίσης η αυξημένη συμμετοχή του δεξιού ημισφαιρίου σε σχέση με το αριστερό στους άνδρες, δείχνει πιθανώς ότι οι συμμετέχοντες επιστράτευσαν λειτουργίες εξερεύνησης του χώρου κάτι το οποίο δεν παρουσίασαν οι γυναίκες οι οποίες είχαν μεγαλύτερη θήτα δραστηριότητα (χωρίς ωστόσο στατιστική σημαντικότητα) στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο, υπεύθυνο για λεκτικές δεξιότητες γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως προσπάθησαν να απομνημονεύσουν λεκτικά τόσο τα στοιχεία του προβαλλόμενου περιβάλλοντος όσο και τις θέσεις αυτών.

Ταυτόχρονα, η σημαντικότερη αύξηση του θ ρυθμού στους άνδρες στο δεξί ημισφαίριο μπορεί να σημαίνει και αυξημένη προσοχή (Mizuki et al., 1980; 1983; Kahana et al., 1999), εφόσον το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο και ειδικά ο μετωπιαίος και ο βρεγματικός φλοιός όπου και παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι άνδρες, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες προσοχής (Paus et al., 1997).

Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι και τα δύο φύλα παρουσίασαν θήτα δραστηριότητα στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές (προμετωπιαίο και μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό). Αρκετές έρευνες έχουν συνδέσει την αύξηση του θ ρυθμού στις μετωπιαίες περιοχές με αύξηση της προσοχής, της επιλεκτικής προσοχής, του νοητικού φόρτου ή του μνημονικού φόρτου ενώ το μνημονικό φόρτο είναι δυνατόν να είναι απόρροια της δυσκολίας της διεργασίας, ή και της πολυπλοκότητας του ερεθίσματος και σχετίζονται με αυξημένο μετωπιαίο θ ρυθμό με τους άνδρες να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή θήτα ρυθμού κυρίως στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου.

Το γεγονός ότι στην παρούσα έρευνα οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική θήτα υπεροχή στο δεξί μετωπιαίο φλοιό ενώ οι γυναίκες παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς εντούτοις στατιστική σημαντικότητα στον αριστερό μετωπιαίο φλοιό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και τα δύο φύλα ασκούν νοητικό φόρτο προκειμένου να επεξεργαστούν το προβαλλόμενο οπτικό ερέθισμα με τη διαφορά ότι χρησιμοποιούν διαφορετικούς μηχανισμούς και εστιάζουν την προσοχή τους σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Οι άνδρες δίδουν βαρύτητα στην προσπάθειά τους να επεξεργαστούν τα χωρικά χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου περιβάλλοντος (δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο) ενώ οι γυναίκες ενδεχομένως προσπαθούν να επεξεργαστούν και να μάθουν το προβαλλόμενο ερέθισμα χρησιμοποιώντας τις λεκτικές τους δεξιότητες (αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο), θέση που ενισχύει την γενικώς αποδεκτή επιστημονική θέση περί υπεροχής των ανδρών στις χωρικές δεξιότητες και των γυναικών στις λεκτικές.

Συνοψίζοντας, φαίνεται ότι και τα δύο φύλα ασκούν νοητική προσπάθεια για την επεξεργασία του προβαλλόμενου ερεθίσματος με τους άνδρες να ασκούν εντονότερη νοητική επεξεργασία και προσοχή στο προβαλλόμενο ερέθισμα ενώ τα

δύο φύλα εστιάζουν την προσοχή τους σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος οι μεν άνδρες στα χωρικά οι δε γυναίκες στα γενικά χαρακτηριστικά που προσπαθούν να απομνημονεύσουν μέσω λεκτικής κωδικοποίησής τους.

Άλφα ρυθμός (8 - 13 Hz)

Συνολικά στη άλφα δραστηριότητα τα δύο φύλα παρουσιάζουν κοινό πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας με σημαντικές διαφορές ως προς την ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fp1, Fp2) , στο κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (F3,F4) όπου σημαντικά περισσότερη άλφα δραστηριότητα είχαν οι άνδρες.

Και τα δύο φύλα παρουσίασαν σημαντική άλφα δραστηριότητα αμφίπλευρα στον ινιακό , κροταφικό και πλάγιο- μετωπιαίο φλοιό (F7, F8, T3, T5, T4, T6, O1, O2).

Στον άλφα ρυθμό οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση το δεξί ινιακό και οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T6, O2) όπου η υπεροχή τους δεν παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα.

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή α1 υπορυθμού σε όλο το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο, στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Fz, Cz, Pz), στον δεξί προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (Fp2) και στο δεξιό ραχιο- μετωπιαίο (F4). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άνδρες στο δεξί ινιακό φλοιό (O2) στο δεξί πλάγιο- μετωπιαίο φλοιό (F8) και το δεξί πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C4). Οι γυναίκες παρουσιάζουν υπεροχή α1 υπορυθμού χωρίς στατιστική σημαντικότητα στο δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και το δεξί οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P4).

Στατιστικά σημαντική υπεροχή στον α2 ρυθμό παρουσιάζουν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον ινιακό φλοιό όπου στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο (O1) παρουσιάζουν ίδια εγκεφαλική δραστηριότητα. Στον δεξή ινιακό φλοιό (O2) παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα οι άνδρες και αμφίπλευρα στον οπίσθιο κροταφικό φλοιό όπου στο δεξή ημισφαίριο (T6) παρουσιάζουν υπεροχή οι άνδρες χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα ενώ

στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο (T5) παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες χωρίς στατιστική σημαντικότητα.

Ο άλφα ρυθμός εμφανίζεται διάχυτος και ισχυρός και στα δύο φύλα, με παρόμοια τοπολογία. Ο ρυθμός εξαπλώνεται τοπογραφικά σε όλο το κρανίο και εμφανίζεται ιδιαίτερα ισχυρός κυρίως στις ινιακές θέσεις. Η κατανομή αυτή του ρυθμού συνδέεται με τη γνωστική επεξεργασία και τους μηχανισμούς της νοητικής προσπάθειας (Klimesch et al., 1992; Cremades et al., 2004) καθώς και με τους διαφορετικούς τύπους απαίτησης προσοχής (Klimesch, 1999; Jausovec & Jausovec, 2000; Donner et al., 2007; Siegel et al., 2007). Γίνεται φανερό λοιπόν ότι και τα δύο φύλα γενικά δεν απαιτήσαν ιδιαίτερη ενεργοποίηση της προσοχής. Παράλληλα, η αύξηση του α ρυθμού έχει προταθεί για την πρόβλεψη οπτικών αντιληπτικών αποδόσεων (Romei et al., 2008; Van Dijk et al., 2008; Busch et al., 2009; Mathewson et al., 2009) γεγονός που ισχύει και για τα δύο περιβάλλοντα.

Γενικά, η αύξηση του α ρυθμού έχει συνδεθεί με μείωση της νοητικής προσπάθειας (Klimesch, 1999), ενώ η γενικότερη μείωση του α ρυθμού σχετίζεται με τη δυσκολία της εργασίας. Κατά τη διάρκεια επίτασης της προσοχής έχει αναφερθεί ότι ο βρεγματοϊνιακός α ρυθμός μειώνεται, στοιχείο που υποδηλώνει μείωση της προσοχής και γενικά μια χαλαρή κατάσταση για τους συμμετέχοντες και κυρίως για τους άνδρες που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή. Όσο πιο απαιτητική λοιπόν είναι η εργασία και όσο μεγαλύτερη η προσήλωση του υποκειμένου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός του α αποσυγχρονισμού (Pfurtscheller, 1993; Klimesch, 1999). Συνεπώς, και τα δύο φύλα άσκησαν γενικά μειωμένη νοητική προσπάθεια με τους άνδρες να είναι πιο χαλαροί και με στατιστικά σημαντικότερα μικρότερο νοητικό φόρτο από τις γυναίκες κατά την παρακολούθηση του περιβάλλοντος. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο στο γεγονός ότι η οπτική σκηνή δεν είχε αλλάξει και η διεργασία δεν ήταν ιδιαίτερα δύσκολη όσο και στο ότι ενδεχομένως για τους άνδρες το περιβάλλον ήταν πολύ πιο οικείο από ότι για τις γυναίκες. Ταυτόχρονα, η υπόθεση της «α παραδοξότητας», κατά την οποία αύξηση της ισχύος του α ρυθμού στις πλευρικές περιοχές (Ray & Cole, 1985; Cooper et al., 2003) συνδέεται με απαίτηση για εσωτερικά κατευθυνόμενη προσοχή μπορεί να ερμηνευτεί σαν μία προσπάθεια των ανδρών να κατευθύνουν εσωτερικά την

προσοχή τους σε κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου ερεθίσματος.

Επίσης, ο αυξημένος α1 έχει συνδεθεί με προσπάθεια αύξησης της προσοχής (Gremades et al., 2004; Klimesch et al., 1992; Jaušovec & Jaušovec, 2000), της που παρατηρείται μεν και από τα δύο φύλα αλλά είναι στατιστικά σημαντικός στους άνδρες στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού. Η στατιστικά σημαντική διαφορά των ανδρών υποδηλώνει την προσπάθεια τους να αυξήσουν την προσοχή ή την επαγρύπνησή τους στο προβαλλόμενο ερέθισμα σε αντίθεση με τις γυναίκες, οι οποίες πιθανώς είχαν εξοικειωθεί περισσότερο με το περιβάλλον.

Ο α2 υπορυθμός (11 – 13 Hz) έχει συνδεθεί με την κωδικοποίηση του ερεθίσματος, (Gremades et al., 2004; Klimesch et al., 1992) και με σημασιολογικές λειτουργίες της μνήμης (Jaušovec & Jaušovec, 2000).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τόσο στον α1 όσο και στον α2 υπορυθμό οι άνδρες παρουσιάζουν υπεροχή έναντι των γυναικών, συμπεραίνουμε ότι επέδειξαν αυξημένη προσοχή, προσπάθεια για επαγρύπνηση καθώς και υψηλότερη προσπάθεια κωδικοποίησης της προβαλλόμενης οπτικής πληροφορίας (Klimesch, 1990) σε σχέση με τις γυναίκες.

Συνοψίζοντας, από την άλφα δραστηριότητα κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος φαίνεται ότι αν και τα δύο φύλα βίωσαν μια κατάσταση ηρεμίας κατά την παρακολούθηση του περιβάλλοντος ασκώντας χαμηλό νοητικό φόρτο, εντούτοις οι άνδρες παρουσιάστηκαν να επιδεικνύουν εντονότερη προσπάθεια επαγρύπνησης, προσοχής και κωδικοποίησης της προβαλλόμενης πληροφορίας σε σχέση με τις γυναίκες.

Βήτα Ρυθμός (14 - 32 Hz)

Το ίδιο πρότυπο βήτα δραστηριότητας παρουσιάζουν τα δύο φύλα με διάχυτο βήτα ρυθμό στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού και με διαφορές σημαντικές ως προς την ένταση που συνολικά σχεδόν φαίνεται υψηλότερη στους άνδρες κυρίως στην περιοχή του προμετωπιαίου φλοιού αμφίπλευρα (Fp1, Fp2) καθώς και στον σύνολο του μετωπιαίου φλοιού (F7, F3, Fz, F4, F8), στον δεξί βρεγματικό φλοιό (C4) όπου οι

γυναίκες έχουν σημαντικά μικρότερη ένταση ενώ φέρονται να έχουν σημαντικότερη ένταση από τους άνδρες στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο και κυρίως στον αριστερό ινιακό και βρεγματικό φλοιό (O1, P3).

Ο β ρυθμός εμφανίζεται γενικά μειωμένος και στα δύο φύλα σε σχέση με τον άλφα ρυθμός. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με την αυξημένη παρουσία του α ρυθμού που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Η στατιστικά σημαντική βήτα δραστηριότητα των ανδρών στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές (μετωπιαίο και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό) μπορεί να ερμηνευθεί ως νοητική εργασία γενικά ή ως μείωση του βαθμού χαλάρωσης και αύξηση του άγχους (Mundy – Castle, 1951; Ray & Cole, 1985; Markand, 1990; Oken & Salinsky, 1992; Petruzzello & Landers, 1994; Field et al., 1996; Jacobs et al., 1996; Kirov et al., 1996; Macaulay & Edmonds, 2004). Πρόσφατες έρευνες σε προμετωπιαίες περιοχές συνδέουν την αύξηση του β ρυθμού κατά τη διάρκεια οπτικών αναζητήσεων με την από επάνω προς τα κάτω αύξηση της προσοχής (Buschman & Miller, 2007; Buschman & Miller, 2009). Συνεπώς οι άνδρες επέδειξαν περισσότερη προσοχή σε σχέση με τις γυναίκες κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος.

Συνοψίζοντας, οι άνδρες παρουσιάστηκαν να επεξεργάζονται το οπτικό ερέθισμα πολύ περισσότερο από τις γυναίκες, να εκτελούν εσωτερικά φανταστικές κινήσεις ίσως λόγω αλλαγής των θέσεων των προβαλλόμενων αντικειμένων (McFarland et al., 1997), να εκτελούν πολλές γνωστικές διεργασίες καθώς και να χαρακτηρίζονται τόσο από προσμονή για κάποιο νέο ερέθισμα καθώς και από στρες ενώ οι γυναίκες παρουσιάστηκαν πολύ πιο χαλαρές με χαμηλό νοητικό φόρτο και επεξεργασία των ερεθισμάτων ενδεχομένως λόγω έλλειψης ενδιαφέροντος από το προβαλλόμενο ερέθισμα.

Γάμα Ρυθμός (33 - 48 Hz)

Στον γάμα ρυθμό παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές τα δύο φύλα ως προς το πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας καθώς οι γυναίκες παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερη δραστηριότητα από τους άνδρες στον αριστερό ινιακό και βρεγματικό

φλοιό (O1, C3) ενώ δεν παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2). Οι άνδρες από την άλλη παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2) στο δεξί ημισφαίριο στο βρεγματικό (C4) και στον αριστερό μετωπιαίο φλοιό (F3).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο (Fr1, Fr2), στον μετωπιαίο φλοιό (F7, F3, F4, F8), σε όλες τις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Fz, Cz, Pz) αμφίπλευρα στον πρόσθιο κροταφικό και στο δεξί βρεγματικό φλοιό (C4, P4).

Οι γυναίκες στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2), στον οπίσθιο κροταφικό (T5, T6) και στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3, P3).

Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών στο γάμα ρυθμό σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι άνδρες κατέβαλαν σημαντικά μεγαλύτερη προσπάθεια για την επεξεργασία του ερεθίσματος χρησιμοποιώντας τόσο γνωστικές διεργασίες επεξεργασίας των επιμέρους χαρακτηριστικών (Tiitinen et al., 1993; Keil et al., 1999; Rodriguez et al., 1999; Debener et al., 2003; Gruber & Muller, 2005) ενώ το γεγονός ότι η γάμα δραστηριότητα στους άνδρες εστιάζεται πρωτίστως στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο δηλώνει τη χρήση χωρικών δεξιοτήτων (Llinas & Ribary, 1992). Η αυξημένη γάμα δραστηριότητα των γυναικών από την άλλη στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο δηλώνει εντονότερη χρήση μνημονικών λειτουργιών και συνειρμικών λειτουργιών (Howard et al., 2003) που μπορεί να είναι απόρροια της προσπάθειάς τους να απομνημονεύσουν τις θέσεις των προβαλλόμενων αντικειμένων.

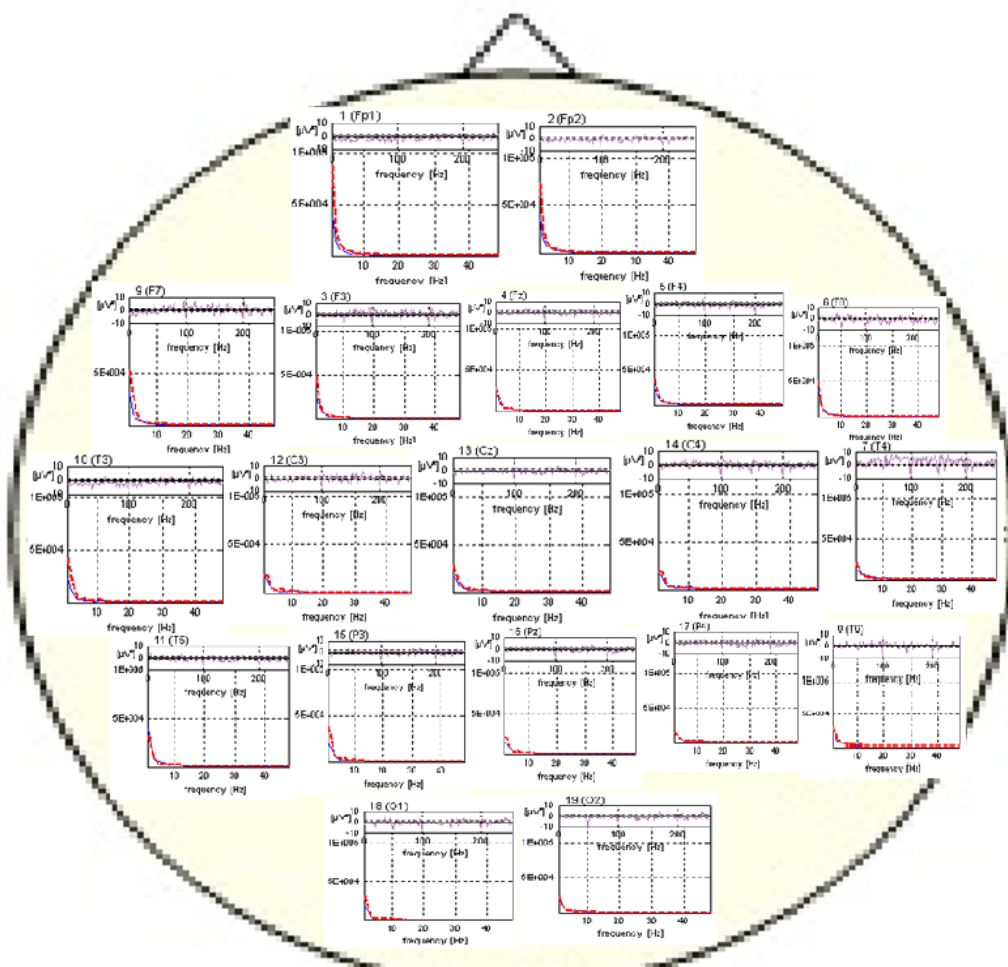
Συνοψίζοντας, στις γυναίκες πιθανά το προβαλλόμενο περιβάλλον φάνηκε γενικά πιο οικείο ενώ χρησιμοποίησαν περισσότερο συνειρμικές λειτουργίες σε σχέση με τους άνδρες οι οποίοι κατέβαλαν έντονη επιλεκτική οπτική προσοχή και έδωσαν βαρύτητα στα χωρικά χαρακτηριστικά του προβαλλόμενου ερεθίσματος.

8.2 Σύγκριση εγκεφαλικής λειτουργίας κατά την αλλαγή διάταξης αντικειμένων ανά φύλο και περιβάλλον

Η διεργασία αυτή αποτελεί τις τρεις τελευταίες επαναλήψεις της προβολής κάθε περιβάλλοντος με διαφορετική διάταξη ορισμένων αντικειμένων του. Καμία οδηγία ή πληροφορία δε δόθηκε στους συμμετέχοντες σχετικά με την διαφοροποίηση των θέσεων των προβαλλόμενων αντικειμένων στις τελευταίες προσπάθειες προκειμένου από τη μελέτη των εγκεφαλικών σημάτων να διαπιστωθεί πιθανή παρατήρηση ή και αναγνώριση της μεταβολής των θέσεων των αντικειμένων.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η σύγκριση των σημάτων των δύο ομάδων κατά την παρατήρηση της αλλαγής (CHANGE) του ερεθίσματος σε κάθε πειραματική συνθήκη ξεχωριστά με βάση τη φασματική τους κατανομή και τις στατιστικά σημαντικές διαφορές.

8.2.1 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο δυσδιάστατο εικονικό περιβάλλον

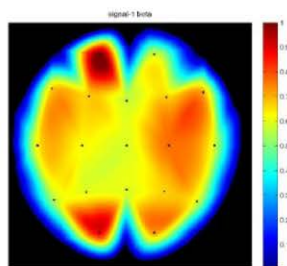


Σχήμα 8.2.1.1. Γραφική παράσταση του φάσματος όλων των συμμετεχόντων με συχνότητες 1 μέχρι 48 Hz για όλα τα ηλεκτρόδια. Η μπλε γραμμή αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών και η κόκκινη διακεκομμένη στα σήματα των γυναικών κατά την παρακολούθηση των αλλαγών στο 2D περιβάλλον.

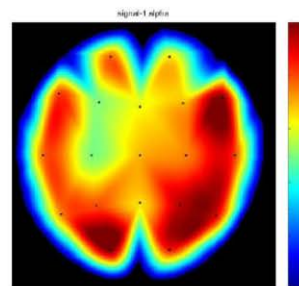
Στα σχήματα 8.2.1.2 και 8.2.1.3 παρουσιάζονται δύο συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των δύο φύλων μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο δυσδιάστατο ΕΠ, στους οποίους φαίνονται οι επικρατούντες ρυθμοί και η τοπολογική τους εξάπλωση.

Άνδρες 2D_Change

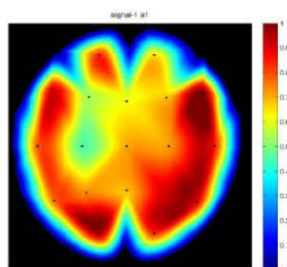
Ρυθμός θ



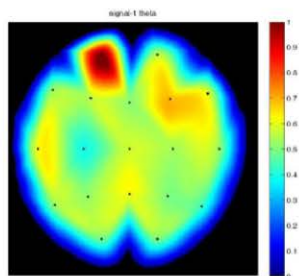
Ρυθμός α



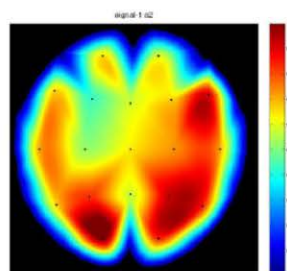
Ρυθμός α1



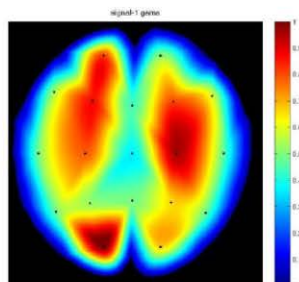
Ρυθμός β



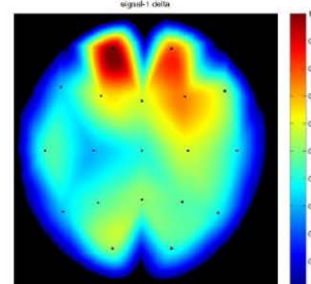
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ



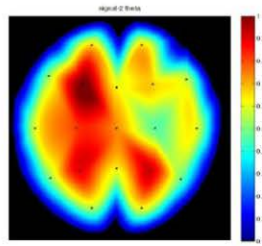
Ρυθμός δ



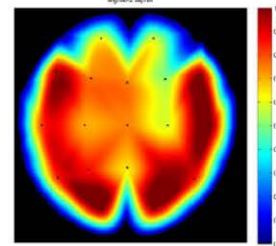
Σχήμα 8.2.1.4: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των ανδρών μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο δυσδιάστατο ΕΠ

Γυναίκες 2D_Change

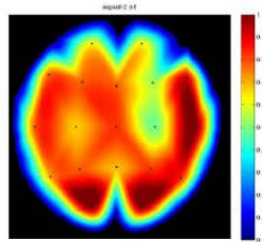
Ρυθμός θ



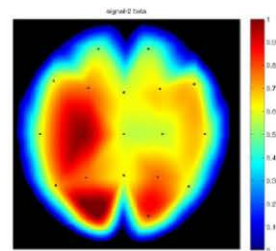
Ρυθμός α



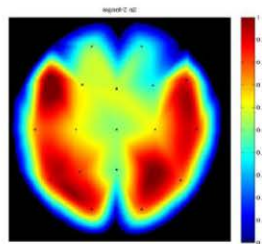
Ρυθμός $\alpha 1$



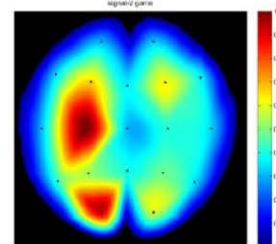
Ρυθμός β



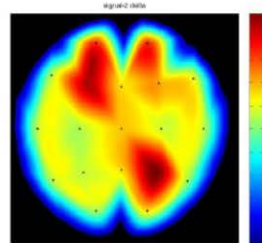
Ρυθμός $\alpha 2$



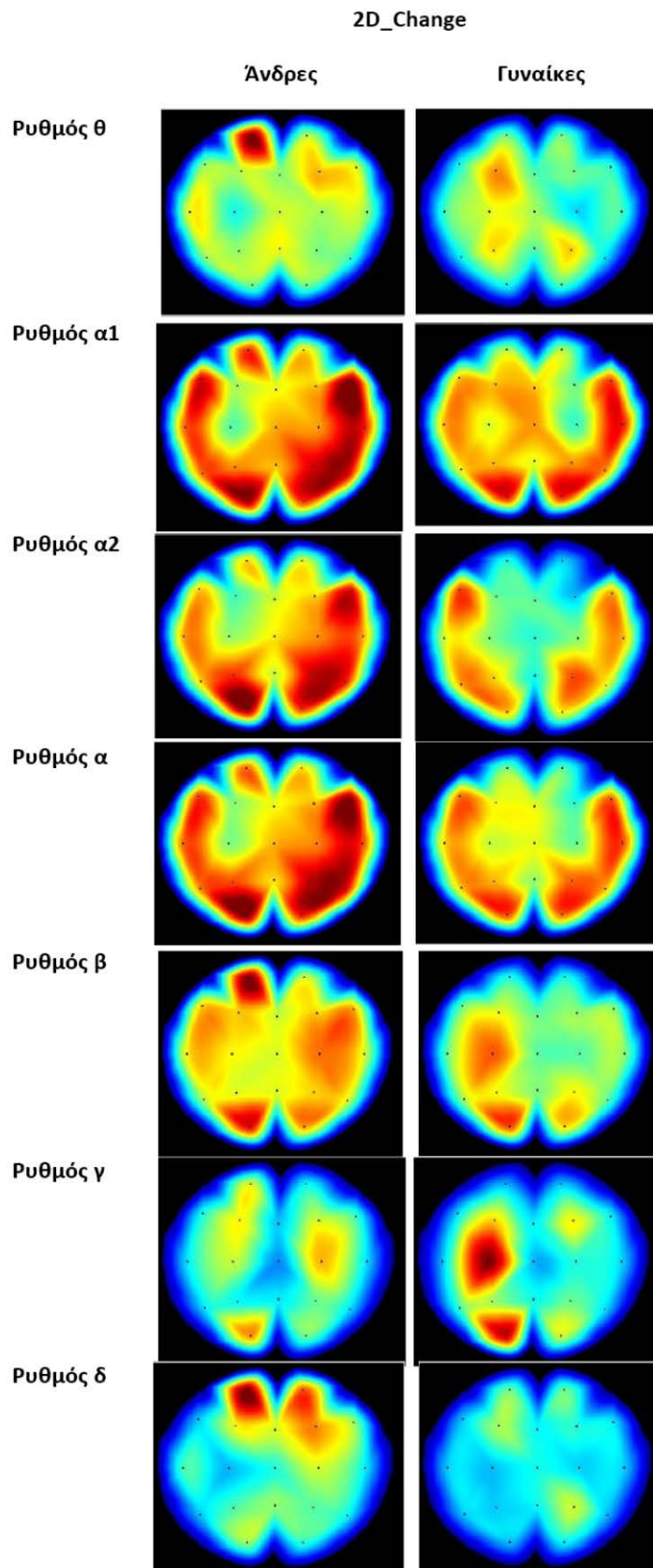
Ρυθμός γ



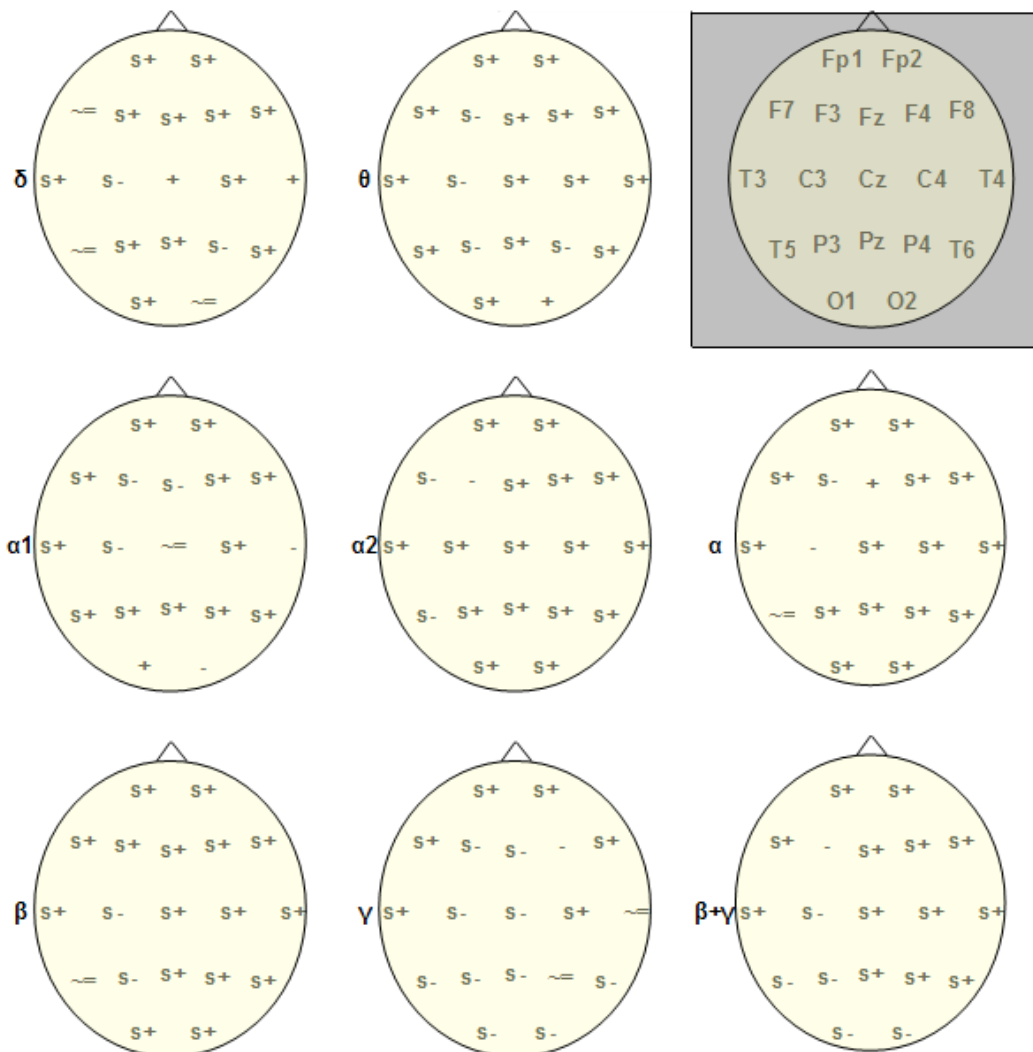
Ρυθμός δ



Σχήμα 8.2.1.5: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των γυναικών μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο δυσδιάστατο ΕΠ.



Πίνακας 8.2.1.1: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των δύο φύλων μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο δυσδιάστατο ΕΠ



Σχήμα 8.2.1.6: συγκριτικοί χάρτες απόλυτης ισχύος των δύο φύλων μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο δυσδιάστατο ΕΠ.

Συγκρίσεις μεταξύ των δύο φύλων κατά την παρατήρηση των αλλαγμένων θέσεων στο δυσδιάστατο ΕΠ βασισμένες στους χάρτες απόλυτης ισχύος παρουσιάζονται στον πίνακα 8.2.1.1 με χρωματική κλίμακα και στο σχήμα 8.2.1.6 χωρίς χρωματική κλίμακα, με σύμβολα που υποδηλώνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα ανά ρυθμό.

Ρυθμός δέλτα

Στους άνδρες η δέλτα δραστηριότητα εντοπίζεται κυρίως αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό, στο δεξί ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό και σε χαμηλότερη ένταση στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Στις γυναίκες η δέλτα δραστηριότητα είναι διάχυτη με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό και στο δεξί βρεγματο – ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Διαφορές εντοπίζονται στο ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον δεξί πρόσθιο κροταφικό φλοιό που παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα οι γυναίκες καθώς και τον αριστερό κροταφικό όπου δεν σημειώνονται διαφορές μεταξύ των δύο φύλων. Αυτή η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών στο δέλτα ρυθμό στο σύνολο του εγκεφαλικού ημισφαιρίου δείχνει αυξημένες απαιτήσεις της μνήμης εργασίας και προσπάθεια για κατηγοριοποίηση των οπτικών ερεθισμάτων, γενική απαίτηση εστίασης στην μετωπιαία περιοχή της μέσης γραμμής του φλοιού σε αισθητήρια ερεθίσματα και περισσότερη οπτική προσοχή και εστίαση των ανδρών σε σχέση με τις γυναίκες κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος (Basar et al., 1999; Onton et al., 2005; Lakatos et al., 2009).

Ρυθμός θήτα

Κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου ΕΠ με αλλαγμένες τις θέσεις των αντικειμένων, οι μεν άνδρες παρουσίασαν διάχυτο θήτα ρυθμό σε ολόκληρο τον εγκεφαλικό φλοιό με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό και μετωποκροταφικό εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον αριστερό προμετωπιαίο, οι δε γυναίκες παρουσίασαν διάχυτο θήτα ρυθμό εστιασμένο κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο, αμφίπλευρα στο βρεγματικό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσίασαν οι άνδρες στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο με εξαίρεση μόνο το δεξί βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό στο σημείο (P4) όπου παρουσίασαν οι γυναίκες στατιστικά σημαντική υπεροχή όπως και στον αριστερό βρεγματικό (C3, P3) και ραχιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου ΕΠ με αλλαγμένες θέσεις αντικειμένων έναντι των

γυναικών στο θ ρυθμό σημαίνει ότι έγινε αντιληπτή η αλλαγή στις θέσεις των αντικειμένων και υπήρξε αύξηση της επιλεκτικής προσοχής των ανδρών (Gundel & Wilson, 1992; Mecklinger et al., 1992; Wilson et al., 1999; Bastiaansen & Haggort, 2003, Onton et al., 2005). Η αντίδραση αυτή των ανδρών συνάδει με την αναμενόμενη πρόκληση έντασης της προσοχής λόγω μεταβολών στο οπτικό ερέθισμα (Ishihara & Yoshii, 1972; Paus et al., 1997; Lazarev, 1998; Kahana et al., 1999), την αύξηση της εγρήγορσης (Caldwell et al., 2003), την αύξηση του βαθμού συγκέντρωσης (Ishihara & Yoshii, 1973) και τον αισθητικοκινητικό προγραμματισμός κατά τη διάρκεια οπτικής επεξεργασίας (Hinterberger et al., 2008).

Επιπροσθέτως, ο αυξημένος κροταφικός θ ρυθμός στους άνδρες ισοδυναμεί με μια προσπάθεια διατήρησης της προσοχής και μάθησης του περιβάλλοντος, αυξημένη επεξεργασία οπτικών πληροφοριών σε συνειρμικό επίπεδο κατά την προσπάθεια αναγνώρισης των αντικειμένων και της θέσης τους στο περιβάλλον, ενώ η στατιστικά σημαντική υπεροχή των γυναικών στο μετωποβρεγματικό αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι γυναίκες μπορεί να μην επεξεργάστηκαν τα χωρικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος πρωτογενώς όσο οι άνδρες αλλά ενεργοποίησαν συνειρμικές γνωστικές δεξιότητες βασισμένες στο λόγο προκειμένου να πραγματοποιήσουν αυτή την αποκωδικοποίηση των αλλαγών.

Ρυθμός άλφα

Η άλφα δραστηριότητα στους άνδρες εντοπίζεται διάχυτη στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού εστιασμένη αμφίπλευρα στον ινιακό, μετωπο- κροταφικό και βρεγματο- κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό με μεγαλύτερη ένταση στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο. Ο α1 υπορυθμός παρουσιάζεται και αυτός διάχυτος με μεγαλύτερη ένταση αμφίπλευρα στον ινικό, προμετωπιαίο βρεγματικό και μετωποκροταφικό εγκεφαλικό φλοιό. Ο α2 υπορυθμός παρουσιάζει το ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με τον α.

Στις γυναίκες ο άλφα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με ίδια ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού, ο α1 υπορυθμός αν και είναι διάχυτος υψηλότερο σήμα παρουσιάζει στον ινιακό φλοιό και στο δεξί μετωπο-κροταφικό φλοιό ενώ ο α2

παρατηρείται διάχυτος εστιασμένος ισομετρικά στα δύο ημισφαίρια στο μετωπο-κροταφικό, ινιακό και βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό.

Διαφορές εντοπίζονται στο γεγονός ότι στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφάλου με εξαίρεση μόνο τον αριστερό οπίσθιο κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό όπου τα δύο φύλα παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα καθώς και τον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό όπου παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα οι γυναίκες.

Στον α1 υπορυθμό οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον οπίσθιο κροταφικό και βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό, στο προμετωπιαίο και πλαγιο-μετωπιαίο καθώς και στο δεξί κροταφικό (T3, T5) ενώ οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στις μετωπο-κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Fz, F3, C3).

Στον α2 υπορυθμό καθολικά στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες με μοναδική εξαίρεση τον αριστερό πλαγιο-μετωπιαίο και οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5, F7) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Ο διάχυτος και ισχυρότερος α ρυθμός που επέδειξαν οι άνδρες κατά την παρατήρηση του αλλαγμένου δυσδιάστατου ΕΠ σε σχέση με τις γυναίκες στις ινιακές θέσεις δηλώνει αύξηση της νοητικής προσπάθειας που ήταν αναμενόμενη λόγω μεταβολής του ερεθίσματος. Σε κάθε περίπτωση, αύξηση του α ρυθμού συνδέεται γενικά με μείωση της νοητικής προσπάθειας (Pfurtscheller, 1996; Burgess & Gruzelier, 1997; Klimesch et al., 1996; 1997a; 1997b; Klimesch, 1997; 1999), ενώ η γενικότερη μείωση του α ρυθμού σχετίζεται με τη δυσκολία της εργασίας που σημαίνει ότι οι άνδρες επέδειξαν περισσότερη προσοχή σε σχέση με τις γυναίκες αλλά ήταν πιο χαλαροί κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος.

Ρυθμός βήτα

Στους άνδρες ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος σε χαμηλή όμως ένταση και κυρίως εστιασμένος στον αριστερό προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό, στο δεξί κροταφικό και τον αριστερό μετωπιαίο.

Στις γυναίκες ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με υψηλότερη ένταση στο αριστερό στο μετωπο-βρεγματικό φλοιό και αμφίπλευρα στον ινιακό και στον δεξί μετωπο – κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό.

Διαφορές εντοπίζονται στο ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο σύνολο του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου, αμφίπλευρα στον ινιακό, μετωπιαίο και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον πρόσθιο κροταφικό ενώ οι γυναίκες στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν στον αριστερό βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (P3).

Στο προηγούμενο πόρισμα από τη μελέτη της συμπεριφοράς του άλφα ρυθμού, έρχεται να συνδράμει και η συμπεριφορά του β ρυθμού. Η στατιστική υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού υποδηλώνει εν γένει, νοητική εργασία, μείωση του βαθμού χαλάρωσης και αύξηση του άγχους κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος (Kirov et al., 1996; Jacobs et al., 1996; Field et al., 1996; Macaulay & Edmonds, 2004).

Ρυθμός γάμα

Στους άνδρες ο γάμα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με υψηλή ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό και μετωποβρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον αριστερό προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό. Στις γυναίκες εστιάζεται στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο και κυρίως στον ινιακό και μετωπο – κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό.

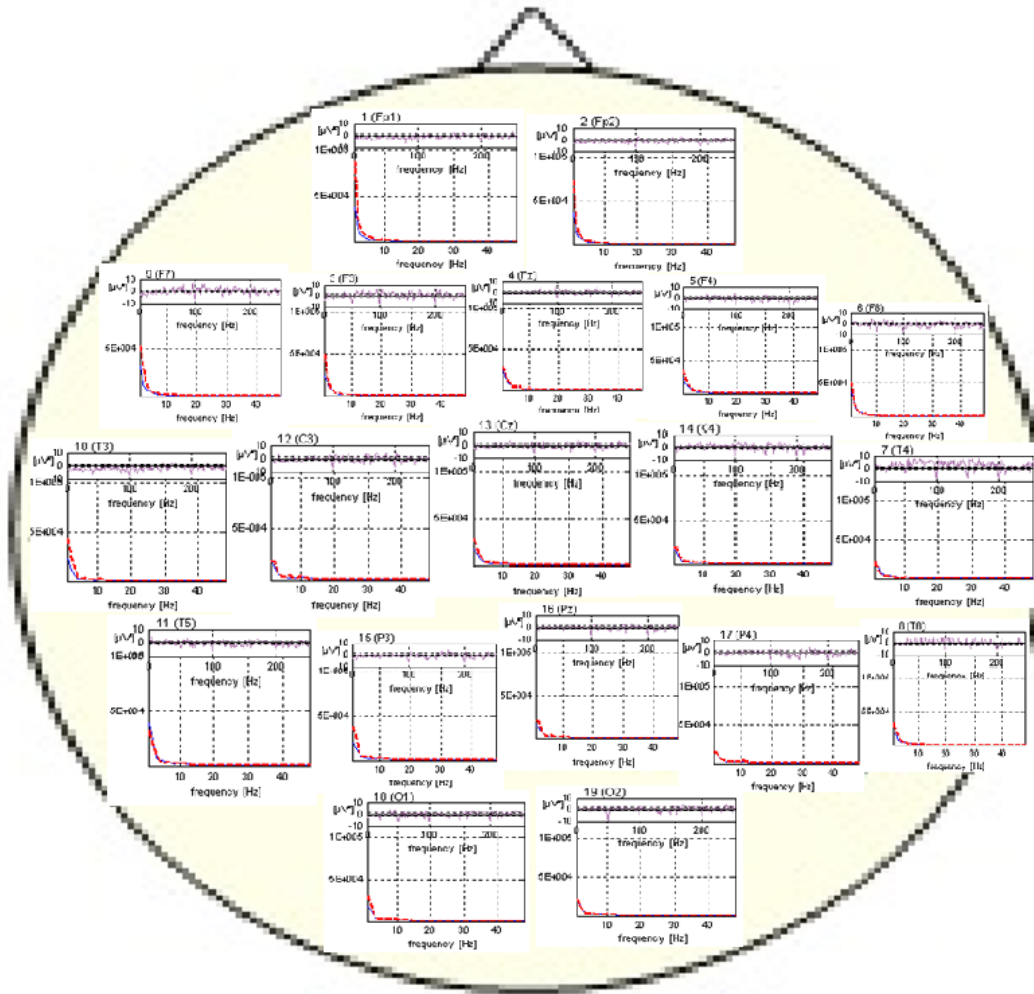
Οι διαφορές εστιάζονται στο γεγονός ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στις οπίσθιες εγκεφαλικές περιοχές (ινιακό, βρεγματικό, οπίσθιο κροταφικό), στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές και στον αριστερό ραχιο-μετωπιαίο και πρόσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό (F3, C3) φλοιό. Οι άνδρες από την άλλη παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό αμφίπλευρα, στον ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό αμφίπλευρα, στον αριστερό πρόσθιο κροταφικό και στον δεξιό κεντρικό (C4).

Σύμφωνα με τον Tallon και τους συνεργάτες του (1995), ο γ ρυθμός θεωρείται υπεύθυνος για τη σύνδεση των οπτικών χαρακτηριστικών στατικών αντικειμένων,

ενώ, σύμφωνα με τον Revonsuo και τους συνεργάτες του (1997), ευθύνεται για τη λειτουργία της στερεοσκοπίας. Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των γυναικών στις βρεγματοϊνιακές περιοχές υποδεικνύει δραστηριότητα σχετική με την οπτική επεξεργασία πληροφοριών και συνδέεται στενά με την επεξεργασία οπτικών πληροφοριών και με αντιληπτικούς μηχανισμούς (φαινόμενα) προσοχής στο περιβάλλον αυτό (Muller et al., 2000; Tallon-Baudry, 2004) που σημαίνει ότι το περιβάλλον θεωρήθηκε πιο οικείο στις γυναίκες ενώ δίνουν την αίσθηση ότι ενδεχομένως έψαχναν να βρουν την τρίτη διάσταση στο ερέθισμα.

8.2.2 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον

Στο σχήμα 8.2.2.1 παρουσιάζονται τα φάσματα των συχνοτήτων των συμμετεχόντων ανά ηλεκτρόδιο όπως αυτά παρατηρήθηκαν κατά την παρακολούθηση των αλλαγών στη συνθήκη του τρισδιάστατου περιβάλλοντος.

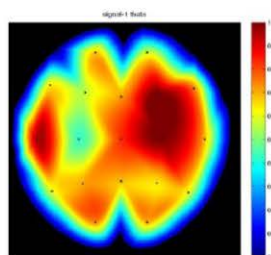


Σχήμα 8.2.2.1: Γραφική παράσταση του φάσματος όλων των συμμετεχόντων με συχνότητες από 1 μέχρι 48 Hz για όλα τα ηλεκτρόδια. Η μπλε γραμμή αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών και η κόκκινη διακεκομμένη στα σήματα των γυναικών κατά την παρακολούθηση των αλλαγών της θέσης των αντικειμένων του τρισδιάστατου περιβάλλοντος.

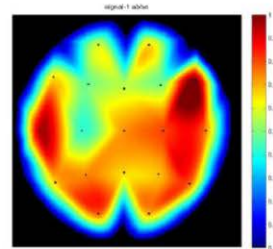
Στα σχήματα 8.2.2.2 και 8.2.2.3 παρουσιάζονται δύο συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των δύο φύλων μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο τρισδιάστατο ΕΠ, στους οποίους φαίνονται οι επικρατούντες ρυθμοί και η τοπολογική τους εξάπλωση.

Άνδρες 3D_Change

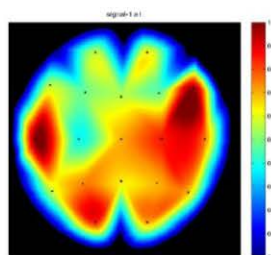
Ρυθμός θ



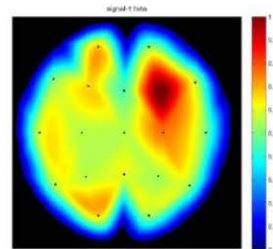
Ρυθμός α



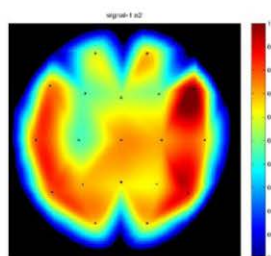
Ρυθμός α1



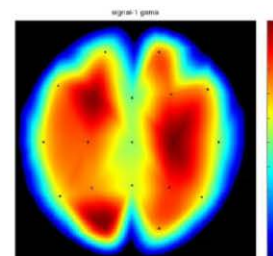
Ρυθμός β



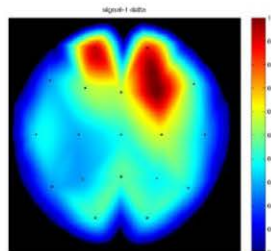
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ



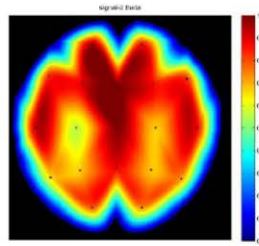
Ρυθμός δ



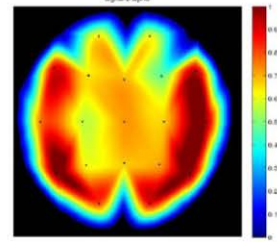
Σχήμα 8.2.2.2: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των ανδρών μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο τρισδιάστατο ΕΠ.

Γυναίκες 3D_Change

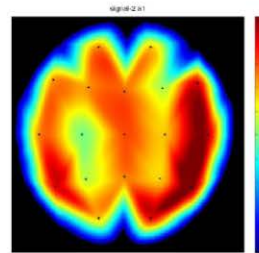
Ρυθμός θ



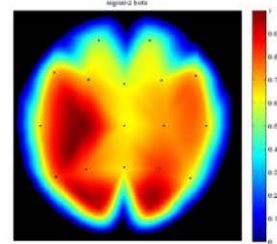
Ρυθμός α



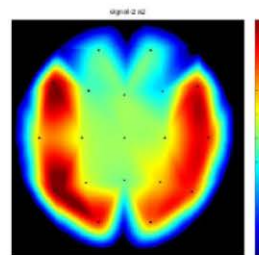
Ρυθμός α1



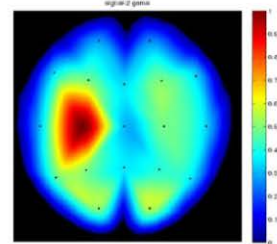
Ρυθμός β



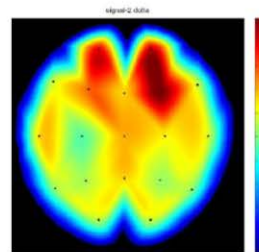
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ

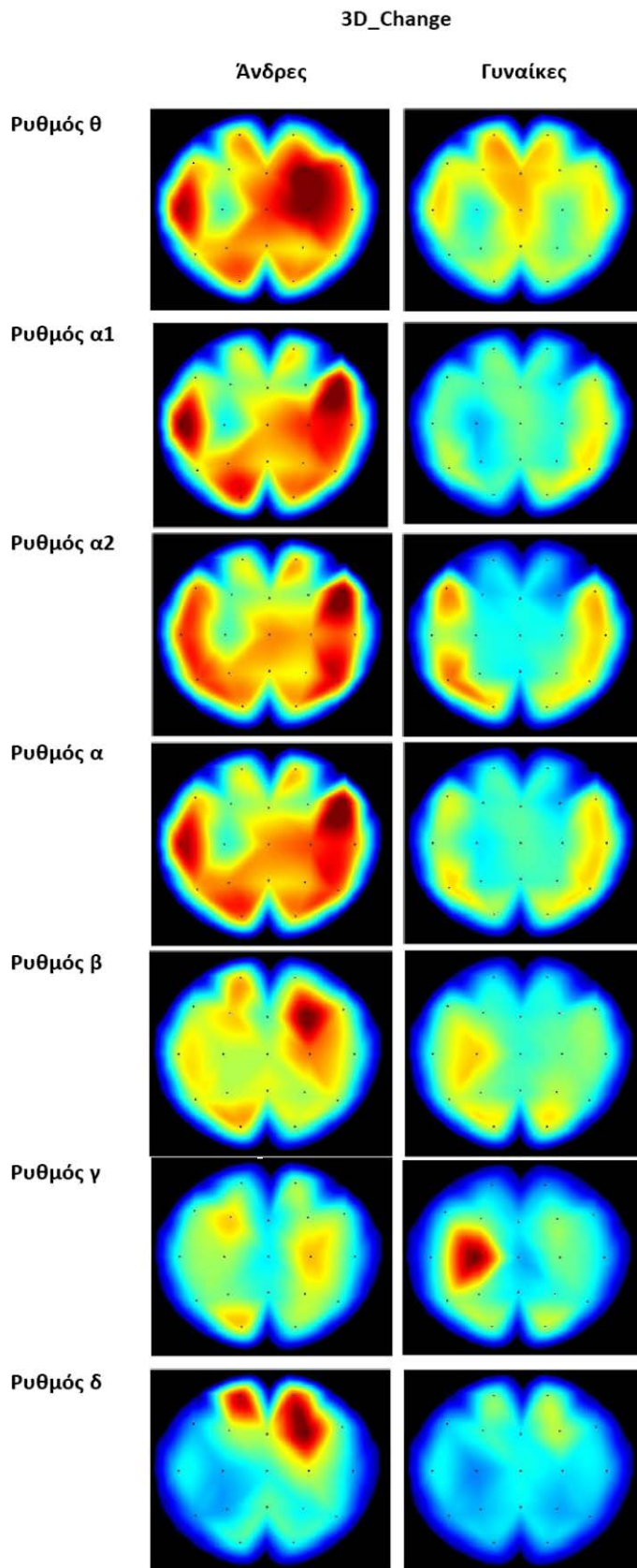


Ρυθμός δ

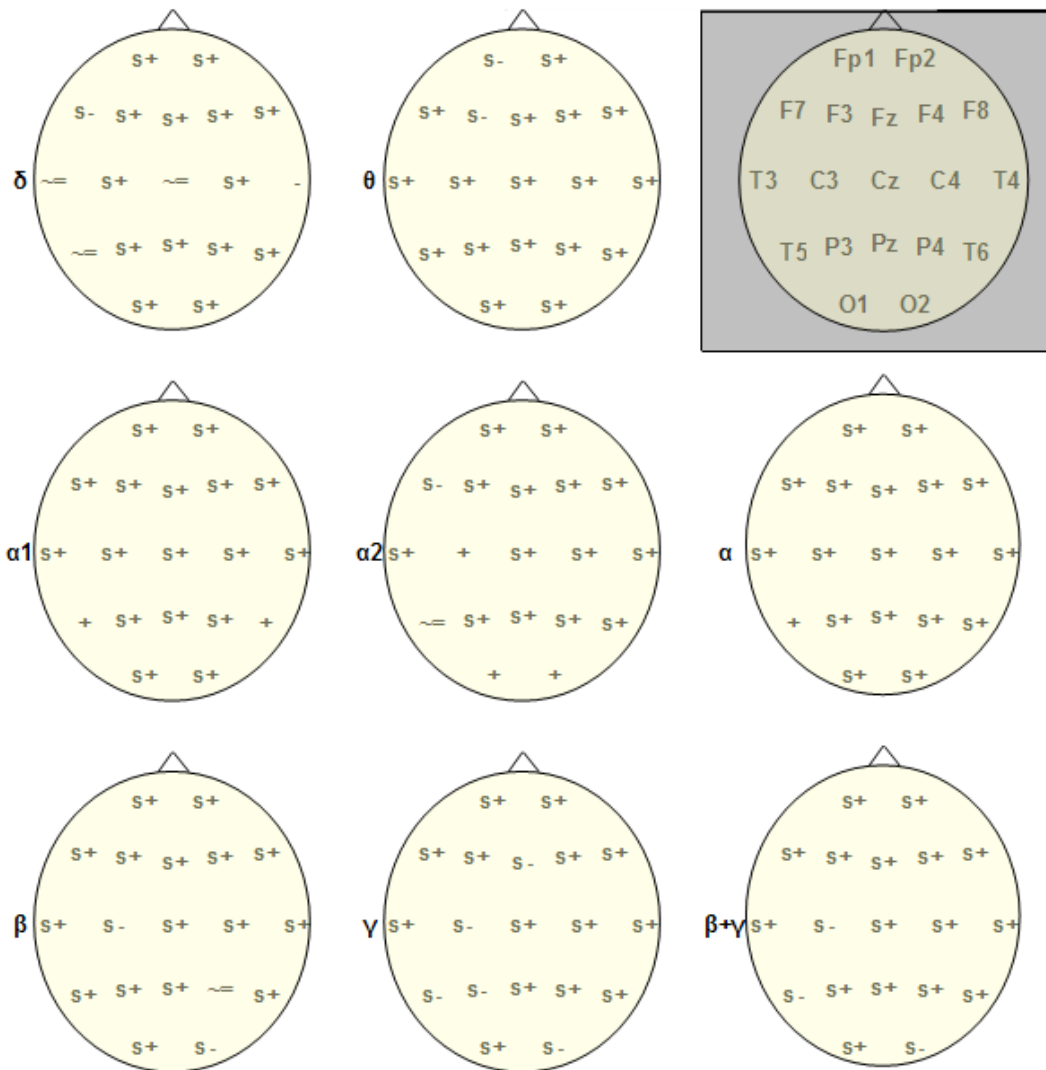


Σχήμα 8.2.2.3: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των γυναικών μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο τρισδιάστατο ΕΠ.

Συγκρίσεις μεταξύ των δύο φύλων κατά την παρατήρηση των αλλαγμένων θέσεων στο τρισδιάστατο ΕΠ βασισμένες στους χάρτες απόλυτης ισχύος παρουσιάζονται στον πίνακα 8.2.2.1 με χρωματική κλίμακα και στο σχήμα 8.2.2.4 με σύμβολα που υποδηλώνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα ανά ρυθμό.



Πίνακας 8.2.2.1: Σύγκριση ανεξάρτητων χρωματικών χαρτών των δύο φύλων μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο τρισδιάστατο ΕΠ.



Σχήμα 8.2.2.4: Συγκριτική παρουσίαση της απόλυτης ισχύος των δύο φύλων. Τα σύμβολα s+ και s- σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα + και - μη στατιστικά σημαντικές διαφορές και το σύμβολο ~ = αμελητέες διαφορές. Στο άνω δεξιό γκρι πλαίσιο εικονίζονται σχηματικά οι θέσεις των ηλεκτροδίων (σύστημα 10-20).

Ρυθμός θήτα

Κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου ΕΠ με αλλαγμένες τις θέσεις των αντικειμένων, οι μεν άνδρες παρουσίασαν διάχυτη θήτα δραστηριότητα με μεγάλη ένταση αμφίπλευρα στον βρεγματο- ινιακό εγκεφαλικό φλοιό, στο μετωπο- κροταφικό, αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο καθώς και στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές με μεγαλύτερη ένταση στο δεξί μετωπο- κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό, οι δε

γυναίκες παρουσίασαν διάχυτη θήτα δραστηριότητα με πολύ μεγάλη ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού. Στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσίασαν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο τον αριστερό προμετωπιαίο και ραχιο – μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου ΕΠ με αλλαγμένες θέσεις αντικειμένων έναντι των γυναικών στο θ ρυθμό σημαίνει ότι έγινε αντιληπτή η αλλαγή στις θέσεις των αντικειμένων και υπήρξε αύξηση της επιλεκτικής προσοχής των ανδρών (Gundel & Wilson, 1992; Mecklinger et al., 1992; Wilson et al., 1999; Bastiaansen & Haggort, 2003; Onton et al., 2005). Η αντίδραση αυτή των ανδρών συνάδει με την αναμενόμενη πρόκληση έντασης της προσοχής λόγω μεταβολών στο οπτικό ερέθισμα (Ishihara & Yoshii, 1972; Paus et al., 1997; Lazarev, 1998; Kahana et al., 1999), την αύξηση της εγρήγορσης (Caldwell et al., 2003), την αύξηση του βαθμού συγκέντρωσης (Ishihara & Yoshii, 1973) και τον αισθητικοκινητικό προγραμματισμό κατά τη διάρκεια οπτικής επεξεργασίας (Hinterberger et al., 2008).

Επιπροσθέτως, ο αυξημένος κροταφικός θ ρυθμός στους άνδρες ισοδυναμεί με προσπάθεια διατήρησης της προσοχής και μάθησης του περιβάλλοντος, αυξημένη επεξεργασία οπτικών πληροφοριών σε συνειρμικό επίπεδο κατά την προσπάθεια αναγνώρισης των αντικειμένων και της θέσης τους στο περιβάλλον, ενώ η στατιστικά σημαντική υπεροχή των γυναικών στο μετωποβρεγματικό αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι γυναίκες μπορεί να μην επεξεργάστηκαν τα χωρικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος πρωτογενώς όσο οι άνδρες αλλά ενεργοποίησαν συνειρμικές γνωστικές δεξιότητες βασισμένες στο λόγο προκειμένου να πραγματοποιήσουν αυτή την αποκωδικοποίηση των αλλαγών.

Ρυθμός άλφα

Η άλφα δραστηριότητα στους άνδρες αν και είναι διάχυτη στον εγκεφαλικό φλοιό εστιάζεται κυρίως αμφίπλευρα στις οπίσθιες εγκεφαλικές περιοχές (ινιακό, βρεγματικό) καθώς και αμφίπλευρα στον κροταφικό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό

φλοιό. Και ο α1 υπορυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με έντονη δραστηριότητα αμφίπλευρα στον βρεγματο- ινιακό, στον αριστερό πρόσθιο κροταφικό, στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Cz, Pz) και στο δεξί μετωποκροταφικό φλοιό. Ο α2 μεγάλη παρουσιάζει ένταση αμφίπλευρα στις βρεγματο – ινιακές, μετωποκροταφικές, προμετωπιαίες και κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές με μεγαλύτερη ένταση στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Στις γυναίκες ο άλφα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό με μεγαλύτερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό και μετωπο –κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό. Ο α1 υπορυθμός είναι και αυτός διάχυτος με μεγαλύτερη ένταση στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο. Ο α2 παρουσιάζει μεγαλύτερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό και μετωπο-κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό.

Διαφορές εντοπίζονται στο γεγονός ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή της άλφα αλλά και α1 δραστηριότητας στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού ενώ στον α2 υπορυθμό στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες. Εξάιρεση παρουσιάζουν στον αριστερό πλαγιο μετωπιαίο φλοιό που στατιστικά σημαντική υπεροχή έχουν οι γυναίκες και στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό όπου τα δύο φύλα επέδειξαν ίδια δραστηριότητα α2.

Ο διάχυτος, και ισχυρότερος α ρυθμός που επέδειξαν οι άνδρες κατά την παρατήρηση του αλλαγμένου τρισδιάστατου ΕΠ σε σχέση με τις γυναίκες στις ινιακές θέσεις δηλώνει αύξηση της νοητικής προσπάθειας που ήταν αναμενόμενη λόγω μεταβολής του ερεθίσματος. Σε κάθε περίπτωση, αύξηση του α ρυθμού συνδέεται γενικά με μείωση της νοητικής προσπάθειας (Pfurtscheller, 1996; Burgess & Gruzelier, 1997; Klimesch et al., 1996; 1997a; 1997b; Klimesch, 1997; 1999), ενώ η γενικότερη μείωση του α ρυθμού σχετίζεται με τη δυσκολία της εργασίας που σημαίνει ότι οι άνδρες επέδειξαν περισσότερη προσοχή σε σχέση με τις γυναίκες αλλά ήταν πιο χαλαροί κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος.

Ρυθμός βήτα

Στους άνδρες ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος όχι ιδιαίτερα έντονος σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές καθώς εστιάζεται κυρίως στο δεξί ραχιο-μετωπιαίο και

κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό, και στον αριστερό ινιακό, προμετωπιαίο και πρόσθιο κροταφικό.

Στις γυναίκες ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με πολύ υψηλή ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, μετωπιαίο και βρεγματο- κροταφικό φλοιό ενώ πιο υψηλή ένταση παρουσιάζουν στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Διαφορές εντοπίζονται στο ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή με εξαίρεση τον αριστερό οπίσθιο ινιακό και το αριστερό πρόσθιο βρεγματικό που παρουσίασαν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες καθώς και το δεξί οπίσθιο βρεγματικό που τα δύο φύλα επέδειξαν ίδια δραστηριότητα.

Ρυθμός γάμα

Στους άνδρες ο γάμα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με μεγάλη ένταση σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό. Στις γυναίκες ο γάμα ρυθμός εστιάζεται με υψηλή ένταση στον αριστερό κεντρο- βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό.

Οι διαφορές εστιάζονται στο γεγονός ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο με εξαίρεση τον ινιακό δεξί εγκεφαλικό φλοιό που επέδειξαν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες. Στατιστικά σημαντική υπεροχή οι άνδρες επέδειξαν και τον κεντρικό βρεγματικό (Cz, Pz), στον αριστερό μετωπιαίο, προμετωπιαίο, ινιακό και πρόσθιο κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό ενώ οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον βρεγματο- κροταφικό (T5, C3, P3) στον δεξί ινιακό και στον κεντρικό μετωπιαίο (Fz).

Σύμφωνα με τον Tallon και τους συνεργάτες του (1995), ο γ ρυθμός θεωρείται υπεύθυνος για τη σύνδεση των οπτικών χαρακτηριστικών στατικών αντικειμένων, ενώ, σύμφωνα με τον Revonsuo και τους συνεργάτες του (1997), ευθύνεται για τη λειτουργία της στερεοσκοπίας. Το γεγονός ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο και οι άνδρες στο δεξί σημαίνει ότι οι γυναίκες προσπάθησαν να επεξεργαστούν το οπτικό ερέθισμα συνειρμικά βασισμένες πρωτίστως σε λεκτικές δεξιότητες ενώ οι άνδρες προέβησαν στην επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών χρησιμοποιώντας

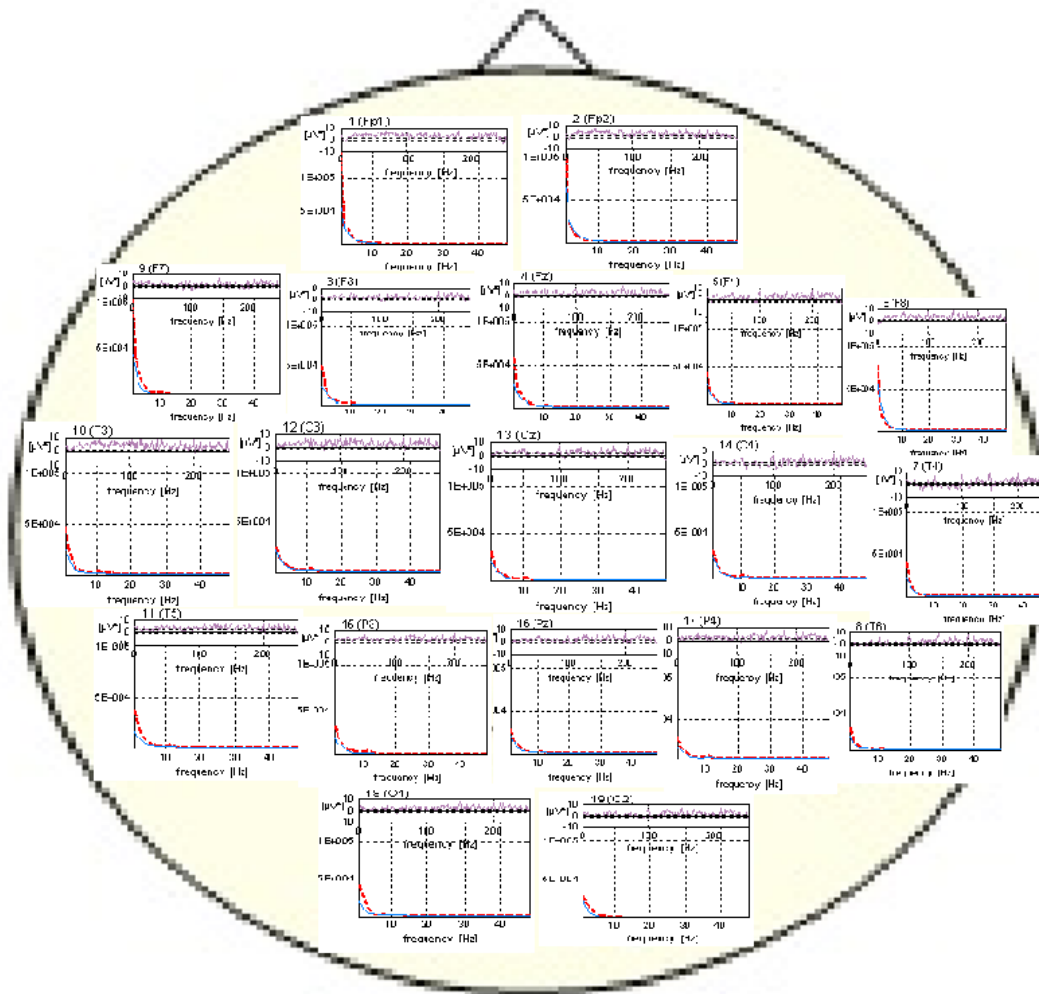
χωρικούς αντιληπτικούς μηχανισμούς (Muller et al., 2000; Tallon-Baudry, 2004). Το περιβάλλον θεωρήθηκε εξίσου οικείο και στα δύο φύλα με τους άνδρες να αντιλαμβάνονται περισσότερο την τρίτη διάσταση σε σχέση με τις γυναίκες.

Ρυθμός δέλτα

Στους άνδρες η δέλτα δραστηριότητα εντοπίζεται αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο και το δεξί μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό. Στις γυναίκες η δέλτα δραστηριότητα είναι διάχυτη με πολύ υψηλή ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο και ραχιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Διαφορές εντοπίζονται στο ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στο προμετωπιαίο, ινιακό, και το βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό, στο δεξί μετωπιαίο, στον αριστερό ραχιο-μετωπιαίο και στον κεντρικό μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό ενώ οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή μόνο στον αριστερό πλαγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

8.2.3 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον

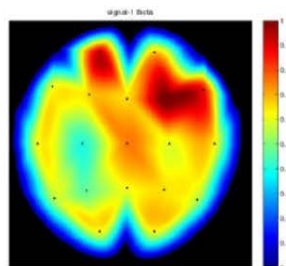


Σχήμα 8.2.3.1: Γραφική παράσταση του φάσματος όλων των συμμετεχόντων με συχνότητες από 1 μέχρι 48 Hz για όλα τα ηλεκτρόδια. Η μπλε γραμμή αντιστοιχεί στα σήματα των ανδρών και η κόκκινη διακεκομμένη στα σήματα των γυναικών κατά την παρακολούθηση των αλλαγών της θέσης των αντικειμένων του πραγματικού περιβάλλοντος.

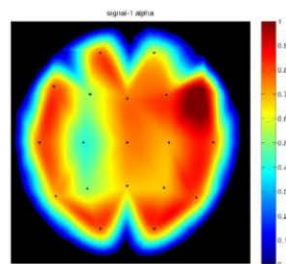
Στα σχήματα 8.2.3.2 και 8.2.3.3 παρουσιάζονται δύο συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των δύο φύλων μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον, στους οποίους φαίνονται οι επικρατούντες ρυθμοί και η τοπολογική τους εξάπλωση.

Άνδρες REAL_Change

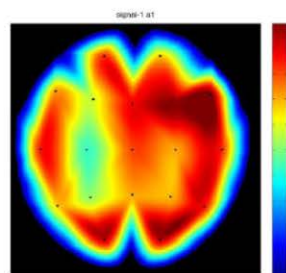
Ρυθμός θ



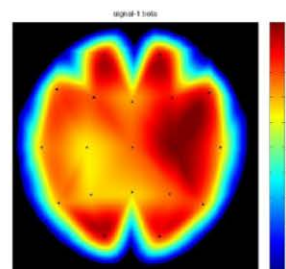
Ρυθμός α



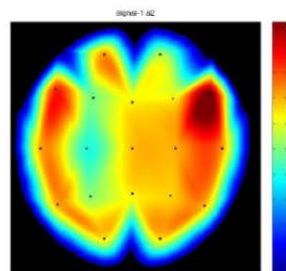
Ρυθμός α1



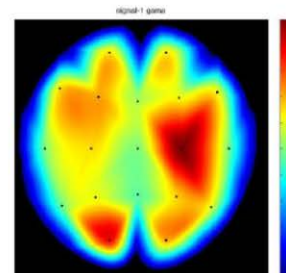
Ρυθμός β



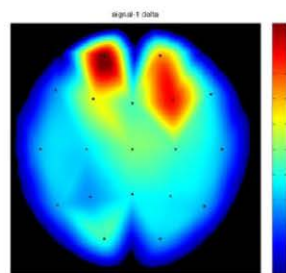
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ



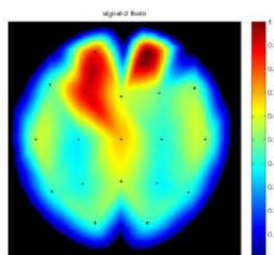
Ρυθμός δ



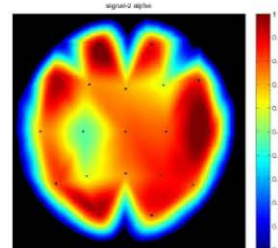
Σχήμα 8.2.3.2: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των ανδρών μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον.

Γυναίκες REAL_Change

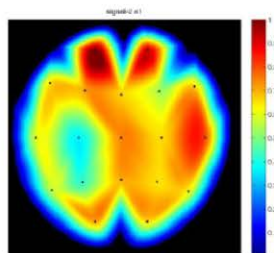
Ρυθμός θ



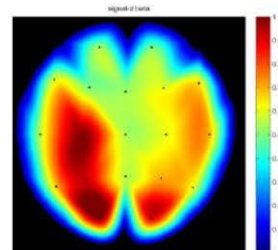
Ρυθμός α



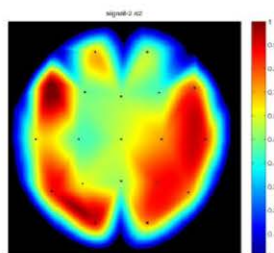
Ρυθμός α1



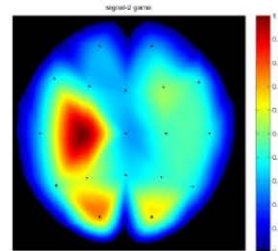
Ρυθμός β



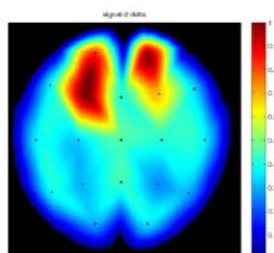
Ρυθμός α2



Ρυθμός γ

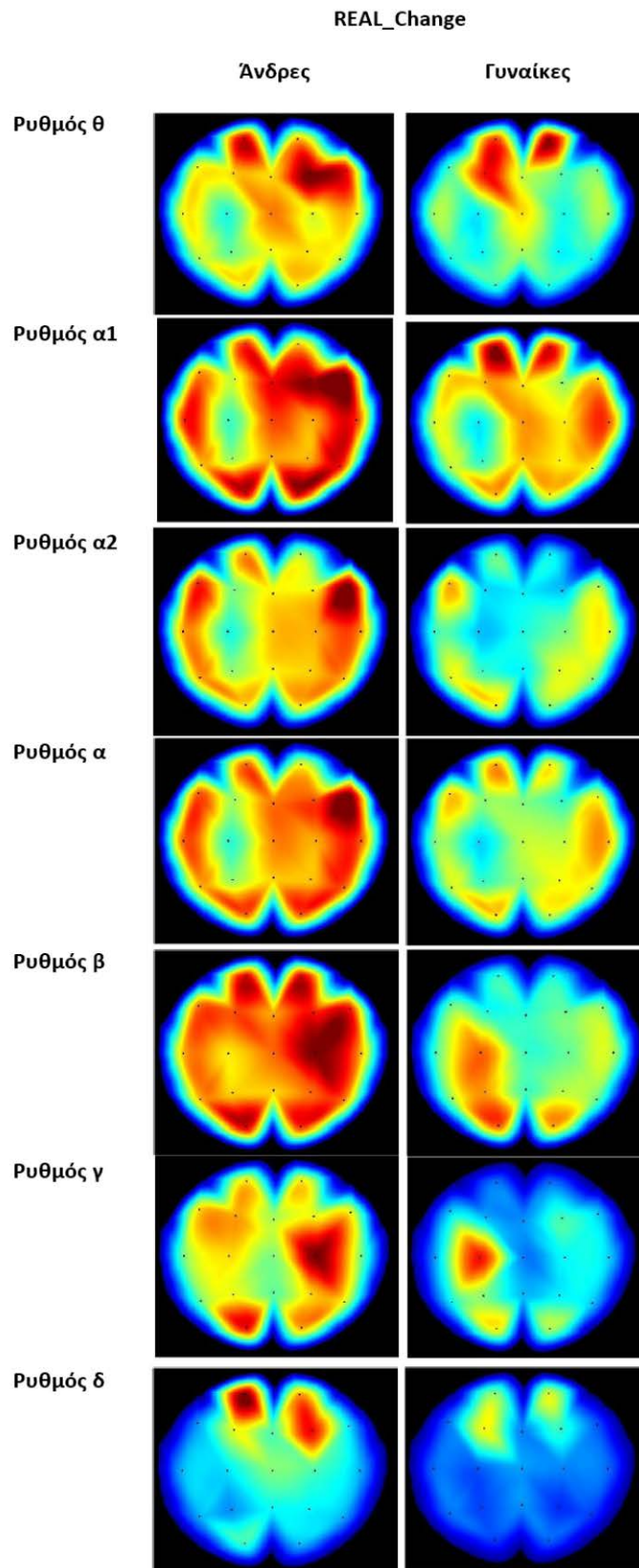


Ρυθμός δ

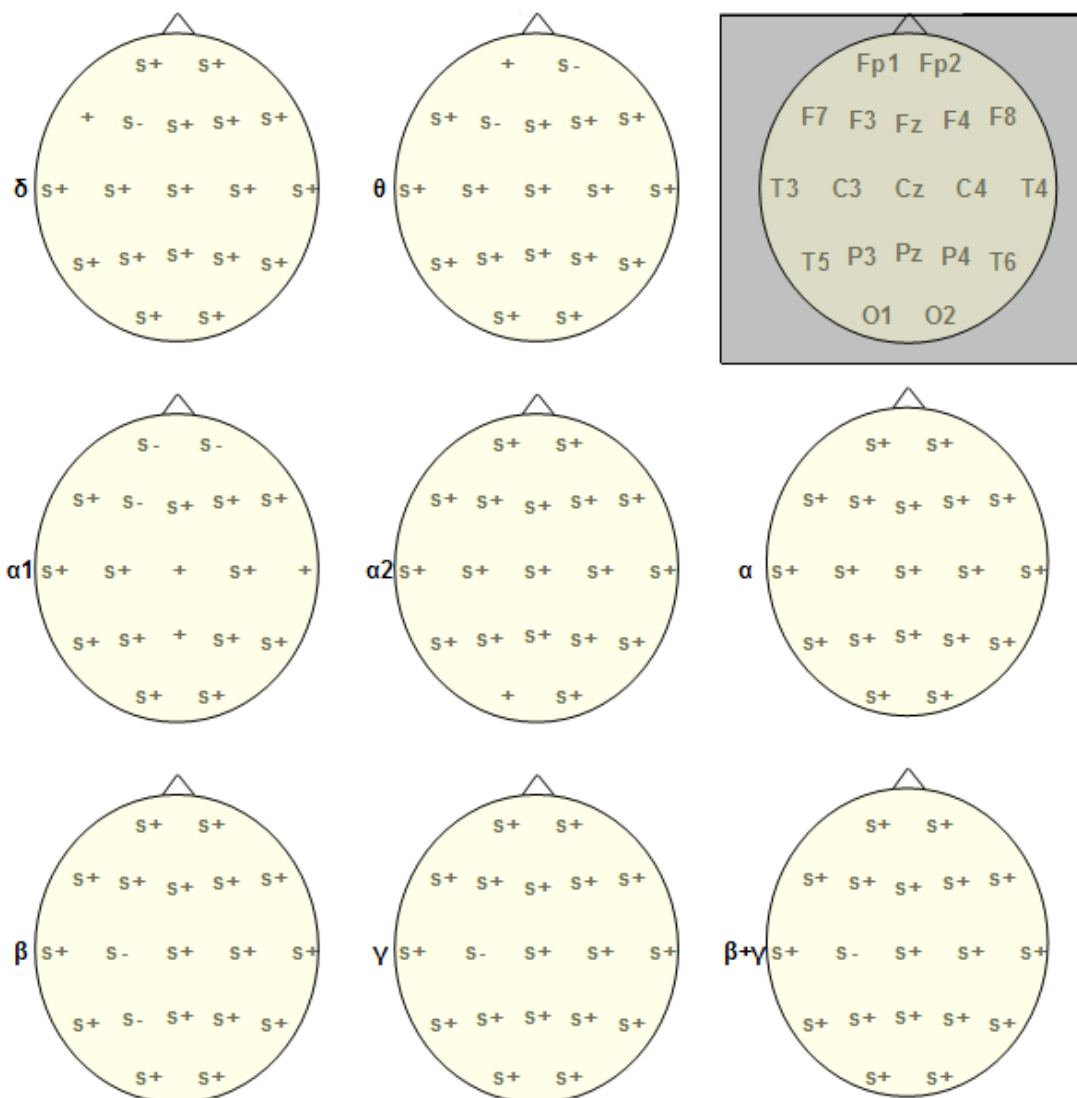


Σχήμα 8.2.3.3: Συνοπτικοί ανεξάρτητοι χρωματικοί χάρτες των γυναικών μετά την αλλαγή στη θέση των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον.

Συγκρίσεις μεταξύ των δύο φύλων κατά την παρατήρηση των αλλαγμένων θέσεων στο πραγματικό περιβάλλον βασισμένες στους χάρτες απόλυτης ισχύος παρουσιάζονται στον πίνακα 8.2.3.1 με χρωματική κλίμακα και στο σχήμα 8.2.3.4 στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα ανά ρυθμό.



Πίνακας 8.2.3.1: Χάρτες απόλυτης ισχύος με χρωματική κλίμακα και για τα δύο φύλα κατά την παρακολούθηση των αλλαγών στο πραγματικό περιβάλλον.



Σχήμα 8.2.3.4: Συγκριτική παρουσίαση της απόλυτης ισχύος των δύο φύλων. Τα σύμβολα s+ και s- σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τα + και - μη στατιστικά σημαντικές διαφορές και το σύμβολο ~ = αμελητέες διαφορές. Στο άνω δεξιό γκρι πλαίσιο εικονίζονται σχηματικά οι θέσεις των ηλεκτροδίων (σύστημα 10-20).

Ρυθμός θήτα

Κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου ΕΠ με αλλαγμένες τις θέσεις των αντικειμένων, οι άνδρες παρουσιάζουν διάχυτη θήτα δραστηριότητα με μεγάλη

ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό, στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Fz, Cz, Pz) και στο δεξί μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Στις γυναίκες η θήτα δραστηριότητα παρουσιάζεται αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο, στον αριστερό ραχιο-μετωπιαίο καθώς και στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό

Στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσίασαν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον δεξί προμετωπιαίο και τον αριστερό ραχιο-μετωπιαίο που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Η στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος με αλλαγμένες θέσεις αντικειμένων έναντι των γυναικών στο θ ρυθμό σημαίνει ότι έγινε αντιληπτή η αλλαγή στις θέσεις των αντικειμένων και υπήρξε αύξηση της επιλεκτικής προσοχής των ανδρών (Gundel & Wilson, 1992; Mecklinger et al., 1992; Wilson et al., 1999; Bastiaansen & Haggort, 2003; Onton et al., 2005).

Ο αυξημένος κροταφικός θ ρυθμός στους άνδρες ισοδυναμεί με μια προσπάθεια διατήρησης της προσοχής και μάθησης του περιβάλλοντος, αυξημένη επεξεργασία οπτικών πληροφοριών σε συνειρμικό επίπεδο κατά την προσπάθεια αναγνώρισης των αντικειμένων και της θέσης τους στο περιβάλλον.

Ρυθμός άλφα

Η άλφα δραστηριότητα στους άνδρες είναι διάχυτη σε όλο το εγκεφαλικό ημισφαίριο με υψηλή ένταση κυρίως στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο και αμφίπλευρα στον ινιακό, κροταφικό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό. Ο υπορυθμός α1 παρουσιάζει το ίδιο πρότυπο ενεργοποίησης με τον άλφα ενώ ο α2 είναι διάχυτος με μεγάλη ένταση αμφίπλευρα στον μετωπο- κροταφικό, ινιακό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Στις γυναίκες ο άλφα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος σε όλο το εγκεφαλικό ημισφαίριο με πολύ υψηλή ένταση στο δεξί μετωπο- κροταφικό, τον αριστερό προμετωπιαίο και πλαγιο- μετωπιαίο καθώς και στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό. Ο

α1 υπορυθμός επίσης παρουσιάζεται διάχυτος με υψηλή ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο, τον ινιακό, το δεξί βρεγματο- κροταφικό και στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Cz, Pz, Fz) ενώ ο α2 υπορυθμός παρουσιάζει υψηλή ένταση αμφίπλευρα στο μετωποκροταφικό και βρεγματο- ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Διαφορές εντοπίζονται στο γεγονός ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού τόσο στον άλφα ρυθμό όσο και στον α2 υπορυθμό ενώ. Στον α1 στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον προμετωπιαίο και τον αριστερό ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Ρυθμός βήτα

Στους άνδρες ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με υψηλή ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού και υψηλότερη ένταση στο δεξή μετωπο- κεντρικό και αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο και ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Στις γυναίκες ο βήτα ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος με πολύ υψηλή ένταση στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στο μετωπο- βρεγματικό και ινιακό εγκεφαλικό φλοιό αμφίπλευρα.

Διαφορές εντοπίζονται στο ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον αριστερό βρεγματικό (C3, P3) εγκεφαλικό φλοιό που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Η συμπεριφορά του β ρυθμού και η στατιστική υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού στο βήτα ρυθμό που υποδηλώνει εν γένει, νοητική εργασία, μείωση του βαθμού χαλάρωσης και αύξηση του άγχους κατά την παρατήρηση του περιβάλλοντος (Kirov et al., 1996; Jacobs et al., 1996; Field et al., 1996; Macaulay & Edmonds, 2004).

Ρυθμός γάμα

Στους άνδρες ο γάμα ρυθμός παρουσιάζει υψηλή ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, στον προμετωπιαίο και μετωπο- βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό ενώ εστιάζεται κυρίως στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Στις γυναίκες ο γάμα ρυθμός παρουσιάζει υψηλότερη ένταση στον αριστερό κεντρο-βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό και αμφίπλευρα στον ινιακό.

Οι διαφορές εστιάζονται στο γεγονός ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο τον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό (C3) που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Το γεγονός ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή σε ολόκληρο το εγκεφαλικό ημισφαίριο δηλώνει ότι οι άνδρες αντιλαμβάνονταν περισσότερο από τις γυναίκες την τρίτη διάσταση στο οπτικό ερέθισμα, το περιβάλλον τους ήταν πιο οικείο και επεξεργάζονταν τις οπτικές πληροφορίες χρησιμοποιώντας χωρικούς αντιληπτικούς μηχανισμούς (Muller et al., 2000; Tallon-Baudry, 2004).

Ρυθμός δέλτα

Στους άνδρες η δέλτα δραστηριότητα εντοπίζεται αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο και ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό όπως και στις γυναίκες.

Διαφορές εντοπίζονται στο ότι οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο τον αριστερό ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

8.3 Σύγκριση εγκεφαλικής λειτουργίας κατά την αλλαγή διάταξης αντικειμένων ανά περιβάλλον για κάθε φίλο ξεχωριστά

8.3.1 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των ανδρών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο δισδιάστατο εικονικό περιβάλλον

Θήτα ρυθμός

Πριν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε υψηλή εγκεφαλική δραστηριότητα διάχυτη στον εγκεφαλικό φλοιό

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων: Ίδιο πρότυπο δραστηριότητας παρατηρήθηκε με αυτό Πριν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων αλλά σε χαμηλότερη ένταση και κυρίως εστιασμένο στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο (οπίσθιο ινιακό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό ρυθμό).

Άλφα ρυθμός

Πριν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων η δραστηριότητα του άλφα ρυθμού παρουσιάζεται κυρίως εστιασμένη στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο στις περιοχές του πλαγιο- μετωπιαίου και του κροταφικού φλοιού καθώς και αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε διάχυτος άλφα ρυθμός στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού ενώ παρουσιάζει το ίδιο πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας με εκείνο Πριν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων σε υψηλότερη όμως ένταση.

α1 ρυθμός

Πριν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού παρουσιάζει ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με τον άλφα ρυθμό με μεγαλύτερη ένταση στο δεξί εγκεφαλικό φλοιό κυρίως στις περιοχές του πλαγιο- μετωπιαίου και κροταφικού φλοιού καθώς και αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό με μεγαλύτερη ένταση στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο α1 εγκεφαλικός ρυθμός αν και παρουσιάζει το ίδιο πρότυπο εγκεφαλική ενεργοποίησης με εκείνο Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων εντούτοις η ένταση του είναι υψηλότερη στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

α2 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο α2 ρυθμός παρουσιάζεται εστιασμένος αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό καθώς και στο δεξί πλαγιο- μετωπιαίο και οπίσθιο κροταφικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο α2 ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος στον εγκεφαλικό φλοιό σε υψηλή ένταση και με ιδιαίτερη εστίαση αμφίπλευρα στον ινιακό, κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο φλοιό.

Βήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος με πολύ υψηλή ένταση εξίσου στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος σε χαμηλή ένταση με εστίαση στον αριστερό προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτο γάμα ρυθμός στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με μικρότερη ένταση στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με αυτό Πρίν την μεταβολή των θέσεων των αντικειμένων.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε υψηλή δέλτα δραστηριότητα αμφίπλευρα στον μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε ίδιο πρότυπο δραστηριότητα με εκείνο Πρίν τη μεταβολή των θέσεων των αντικειμένων.

8.3.2 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των ανδρών πρίν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον

Δέλτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δέλτα δραστηριότητα παρατηρείται μόνο αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν σημειώνεται μεταβολή στη δραστηριότητα του ρυθμού.

Θήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος στον εγκεφαλικό φλοιό με υψηλότερη ένταση στον αριστερό προμετωπιαίο φλοιό και στον δεξί ραχιομετωπιαίο φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος σε μεγαλύτερη ένταση από ότι Πρίν την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων ενώ σημαντικά υψηλότερη ένταση παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον κροταφικό φλοιό καθώς και στο δεξί μετωπιαίο.

Άλφα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο άλφα ρυθμός παρατηρείται διάχυτος στον εγκεφαλικό φλοιό με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρείται καμία αλλαγή στο πρότυπο της άλφα δραστηριότητας.

α1 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο α1 εγκεφαλικός ρυθμός παρουσιάζεται διάχυτος στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού ενώ παρατηρείται και ισορροπία στη δραστηριότητα μεταξύ των δύο ημισφαιρίων.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων οι άνδρες παρουσιάζουν διάχυτο α1 ρυθμό σε μικρότερη ένταση και κυρίως εστιάζεται στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο (μετωπιαίο, κροταφικό και ινιακό φλοιό) καθώς και στον αριστερό πλάγιο – κροταφικό και ινιακό φλοιό.

α2 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο α2 ρυθμός παρουσιάζει ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με τον α1 ρυθμό Πρίν τη μεταβολή των θέσεων των αντικειμένων.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε το ίδιο ακριβώς πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας με αυτό πρίν την αλλαγή των θέσεων.

Βήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ο βήτα ρυθμός παρουσιάζει μία μικρής έντασης διάχυτη στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με ένταση όμως δραστηριότητα στο δεξί ραχιο- μετωπιαίο και στον αριστερό προ- μετωπιαίο και ινιακό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στο πρότυπο του ρυθμού μετά τη μεταβολή των θέσεων των αντικειμένων.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος στον εγκεφαλικό φλοιό με ισορροπία στη δραστηριότητα μεταξύ των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων ενώ χαμηλή ένταση έχει μόνο στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρείται μεταβολή στο πρότυπο του γάμα ρυθμού.

8.3.3 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των ανδρών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο πραγματικό περιβάλλον

Δέλτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δέλτα δραστηριότητα παρατηρείται έντονη στο αριστερό προμετωπιαίο και στο δεξί ραχιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δε σημειώνονται αλλαγές στο πρότυπο της δέλτα δραστηριότητας.

Θήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος θήτα ρυθμός στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με έντονη δραστηριότητα στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές, αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο και πλαγιο- μετωπιαίοι εγκεφαλικό ρυθμό καθώς και στο δεξί ραχιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων σημαντικά μικρότερη ένταση παρουσιάζει στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση το δεξί μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό και τον αριστερό προμετωπιαίο.

Άλφα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος άλφα ρυθμός με πολύ υψηλή ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος με μικρότερη ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού ενώ σημαντικότερη δραστηριότητα παρουσιάζει στο σύνολο του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου, αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιοκροταφικό, πλαγιο-μετωπιαίο και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

α1 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος πολύ υψηλής έντασης στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε ίδιο πρότυπο μικρότερης όμως έντασης στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο, αμφίπλευρα στον ινιακό και προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

α2 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος ίδιας έντασης σε όλο τον εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε χαμηλότερη ένταση σε σχέση με Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων και κυρίως εστιασμένος αμφίπλευρα στο πλαγιο-μετωπιαίο, κροταφικό και ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Βήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος στον εγκεφαλικό φλοιό με υψηλή ένταση στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό αμφίπλευρα, στον ινιακό καθώς και στο δεξί ραχιο-κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δε σημειώνεται αλλαγή στο πρότυπο δραστηριότητας.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων γάμα δραστηριότητα παρατηρείται στο δεξί προμετωπιαίο και ραχιο- κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό, αμφίπλευρα στον ινιακό καθώς και στον αριστερό ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρουσιάζεται αλλαγή στο πρότυπο της γάμα δραστηριότητας.

8.3.4. Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των γυναικών πρίν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο δισδιάστατο εικονικό περιβάλλον

Δέλτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων έντονη δέλτα δραστηριότητα παρατηρείται στο δεξί ραχιο – κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό και σε μικρότερη ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων έντονη δέλτα δραστηριότητα παρατηρείται αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο καθώς και στο δεξί ραχιο- βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό.

Θήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων αν και παρουσιάζεται διάχυτη εντούτοις εντονότερη δραστηριότητα παρατηρείται στο δεξί ραχιο- κροταφικό φλοιό, στις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές, αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο, πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διαφορετικό παρουσιάζεται το πρότυπο θήτα δραστηριότητας μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων καθώς

έντονη δραστηριότητα παρατηρείται αμφίπλευρα στο ραχιο- βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον αριστερό ραχιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Άλφα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος με έντονη δραστηριότητα αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο- βρεγματικό, κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με αυτό Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων με υψηλότερη όμως ένταση

α1 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων η α1 δραστηριότητα παρατηρείται κυρίως στο δεξί ημισφαίριο στον ινιακό, πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό ενώ δραστηριότητα παρατηρείται στις ίδιες περιοχές σε μικρότερη ένταση και στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος σε υψηλή ένταση παρουσιάζεται ο α1 ρυθμός στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό και στο δεξί πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

α2 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ομοιομορφία παρατηρείται στην α2 δραστηριότητα στα δύο εγκεφαλικό ημισφαίρια με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό πλαγιο- βρεγματικό, πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρείται αλλαγή στο πρότυπο δραστηριότητας μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων.

Βήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλή βήτα δραστηριότητα παρατηρείται στον αριστερό ραχιο- κροταφικό και αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρείται αλλαγή στη βήτα δραστηριότητα.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων έντονη γάμα δραστηριότητα σημειώθηκε στο αριστερό ραχιο- κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον ινιακό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δε σημειώθηκαν μεταβολές στο πρότυπο της γάμα δραστηριότητας.

8.3.5 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των γυναικών πριν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον

Δέλτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος δέλτα ρυθμός παρατηρήθηκε στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ίδιο διατηρήθηκε το πρότυπο δραστηριότητα και μετά τις μεταβολές της θέσης των αντικειμένων.

Θήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε διάχυτος θήτα ρυθμός υψηλής έντασης στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με αυτό Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων.

Άλφα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε διάχυτος άλφα ρυθμός στο σύνολο του εγκεφάλου με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο-κροταφικό, πλαγιο-βρεγματικό και πλαγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρούνται μεταβολές της άλφα δραστηριότητας μετά τη μεταβολή των θέσεων των αντικειμένων.

α1 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων παρατηρήθηκε διάχυτος α1 ρυθμός υψηλής έντασης στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με τη διαφορά ότι παρουσιάζει υψηλότερη ένταση στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο έναντι του αριστερού.

α2 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων α2 δραστηριότητα παρατηρείται σε υψηλή ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο-βρεγματικό, πλαγιο-κροταφικό και πλαγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό ρυθμό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν σημειώθηκαν διαφορές στο πρότυπο δραστηριότητας του α2 ρυθμού.

Βήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων έντονη βήτα δραστηριότητα παρατηρείται κυρίως αμφίπλευρα στον ινιακό εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στον αριστερό ραχιο- κροταφικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στο πρότυπο της βήτα δραστηριότητας μετά τη μεταβολή της θέσης των αντικειμένων.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων γάμα δραστηριότητα σημειώνεται στο αριστερό ραχιο- κροταφικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων το πρότυπο δραστηριότητας του γάμα ρυθμού δεν σημείωσε μεταβολές.

8.3.6 Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των γυναικών πρίν και μετά την αλλαγή των θέσεων των αντικειμένων στο πραγματικό περιβάλλον

Δέλτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλής ένταση δέλτα δραστηριότητας παρατηρήθηκε στο αριστερό ραχιο- μετωπιαίο και στο δεξί προμετωπιαίο και ραχιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν σημειώθηκαν μεταβολές στο πρότυπο δραστηριότητας του δέλτα ρυθμού.

Θήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος με υψηλή ένταση παρατηρείται στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων θήτα δραστηριότητα παρατηρείται μόνο αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

α1 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλής έντασης α1 ρυθμός παρατηρήθηκε αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο – βρεγματικό, πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο – μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλής έντασης ρυθμός σημειώθηκε αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στο δεξί πλαγιο- κροταφικό εγκεφαλικό φλοιό.

α2 ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλής έντασης α2 ρυθμός παρατηρήθηκε αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο-βρεγματικό, πλαγιο-κροταφικό και πλαγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν σημειώθηκαν μεταβολές στο πρότυπο δραστηριότητας του α2 ρυθμού.

Άλφα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος άλφα ρυθμός στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με σημαντικά υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στον ινιακό, πλαγιο- βρεγματικό, πλαγιο- κροταφικό και πλαγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό με απόλυτη ισορροπία μεταξύ των ημισφαιρίων.

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων διάχυτος ήταν ο άλφα ρυθμός και μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων με υψηλότερη ένταση αμφίπλευρα στο προμετωπιαίο , ινιακό και πλαγιο- μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό καθώς και στο δεξί πλαγιο- κροταφικό φλοιό.

Βήτα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλής έντασης βήτα ρυθμός παρατηρήθηκε κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον ινιακό και ραχιοκροταφικό φλοιό και στο δεξί ινιακό

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν σημειώθηκαν μεταβολές στο πρότυπο της βήτα δραστηριότητας.

Γάμα ρυθμός

Πρίν την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων υψηλής έντασης γάμα ρυθμός παρατηρήθηκε κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον ινιακό και ραχιοκροταφικό φλοιό και στο δεξί ινιακό

Μετά την αλλαγή της θέσης των αντικειμένων δεν σημειώθηκαν μεταβολές στο πρότυπο της γάμα δραστηριότητας.

8.4 Αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων του ερωτηματολογίου

Από την ανάλυση των στατιστικών δεδομένων προέκυψε ότι το δείγμα το δύο ομάδων (άνδρες και γυναίκες) ήταν ισομερές (20 άνδρες και 20 γυναίκες) ήταν ομοιογενές ηλικιακά καθώς οι ηλικίες κυμαίνονταν από 18-27 ετών (με μέσο όρο τα 19,7 έτη) με το 75% του δείγματος να βρίσκεται μεταξύ 19 και 20 ετών.

Όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει κάποιο μάθημα στο Τμήμα που να σχετίζεται με ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών). Το 66% των συμμετεχόντων (27 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει μόνο ένα μάθημα που να σχετίζεται με ΤΠΕ εκ των οποίων το 47,5% (19 συμμετέχοντες) είχαν παρακολουθήσει το μάθημα «Μαθησιακές Δραστηριότητες με Υπολογιστή» που διδάσκεται στο πρώτο έτος. Το 30% (13 συμμετέχοντες) των συμμετεχόντων δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει στη Σχολή δύο μαθήματα που σχετιζόνταν με ΤΠΕ ενώ μόνο το 2,5% (1ας συμμετέχον) δήλωσε ότι είχε παρακολουθήσει 4 μαθήματα που σχετιζόταν με ΤΠΕ. Τα αποτελέσματα αυτά επιτρέπουν την εξαγωγή του συμπεράσματος της ομοιομορφίας του δείγματος ως προς το επίπεδο πανεπιστημιακής γνώσης του γνωστικού αντικείμενου ΤΠΕ.

Όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι είχαν στην κατοχή τους Ηλεκτρονικό Υπολογιστή και ότι χρησιμοποιεί τον ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου να πλοηγηθεί στο διαδίκτυο, το 70% των συμμετεχόντων (28 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή και για την επεξεργασία κειμένων, ένα ποσοστό 57,5% (23 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή προκειμένου να παίζουν ηλεκτρονικά παιχνίδια εκ των οποίων οι 16 ήταν άνδρες (69,6%) και οι 7 ήταν γυναίκες (30,4%) ενώ ελάχιστοι ήταν εκείνοι οι οποίοι δήλωσαν ότι κάνουν χρήση κάποιου λογισμικού επεξεργασίας λογιστικών φύλλων (5%) ή βάσης δεδομένων (5%). Στην ερώτηση πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ηλεκτρονικό υπολογιστή το 87% των συμμετεχόντων (35 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν καθημερινά τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή και μόλις το 12% (5 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα. Από τα ποσοστά αυτά το 45% των ανδρών και το 42,% των γυναικών δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν καθημερινά τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή γεγονός που παραπέμπει σε σχετική ομοιογένεια του δείγματος (δύο ομάδων) ως προς την συχνότητα χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Στην ερώτηση πόσο συχνά παίζετε ηλεκτρονικά παιχνίδια οι απαντήσεις ποίκιλαν καθώς το 30% των συμμετεχόντων δήλωσε ότι παίζει ηλεκτρονικά παιχνίδια λιγότερο από μία φορά το μήνα εκ των οποίων το 12,5% είναι άνδρες και το 17,5% γυναίκες, το 25% δήλωσε ότι παίζει τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα εκ των οποίων το 17,5% είναι άνδρες και μόλις το 7,5% γυναίκες, το 17,5 % δήλωσε ότι παίζει τουλάχιστον μία φορά το μήνα εκ των οποίων μόλις το 2,5% είναι άνδρες και το 15% γυναίκες, το 17,5% δήλωσε ότι δεν παίζει ποτέ εκ των οποίων το 7,5% είναι άνδρες και το 10% γυναίκες και μόλις το 10% δήλωσε ότι παίζει καθημερινά όπου στο σύνολό του ήταν άνδρες. Από τα ποσοστά αυτά συμπεραίνουμε ότι οι άνδρες παίζουν πιο συχνά από τις γυναίκες ηλεκτρονικά παιχνίδια εντούτοις το δείγμα μας δεν χαρακτηρίζεται από σημαντική ανομοιογένεια ως προς τη συχνότητα χρήσης ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι οι άνδρες έχουν μεγαλύτερη εμπειρία στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών χωρίς όμως η διαφορά αυτή να παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα, ενώ όλοι οι συμμετέχοντες καθημερινά χρησιμοποιούν τη νέα τεχνολογία για καθημερινές τους ανάγκες εργασιακές και μη.

Στην ερώτηση πόσο έμπειρος πιστεύεις ότι είσαι στο να χρησιμοποιείς ηλεκτρονικό υπολογιστή το 57,5% απάντησε ότι είναι πολύ έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή εκ των οποίων το 32% είναι άνδρες και το 25% γυναίκες, το 30% απάντησε ότι είναι λίγο έμπειρο εκ των οποίων 10% είναι άνδρες και 20% είναι γυναίκες, το 10% ότι είναι πάρα πολύ έμπειρο εκ των οποίων το 7,5% είναι άνδρες και το 2,5% γυναίκες, και μόλις το 2,5% δήλωσε ότι δεν είναι καθόλου έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή που στο σύνολό τους είναι γυναίκες. Τα ποσοστά

αυτά λαμβανομένου υπόψη και του δείγματος (40 συμμετέχοντες) παρατηρούμε ότι οι άνδρες δηλώνουν πιο έμπειροι από τις γυναίκες στη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών εντούτοις οι διαφορές δεν συνιστούν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την εμπειρία χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Στην ερώτηση πόσο έμπειρος πιστεύεις ότι είσαι στο να παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια το 35% δήλωσε ότι είναι λίγο έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών εκ των οποίων το 10% είναι άνδρες και το 25% γυναίκες, το 32% ότι είναι πολύ έμπειρο εκ των οποίων το 27,5% είναι άνδρες και μόλις το 5% γυναίκες, το 22,5% ότι δεν είναι καθόλου έμπειρο εκ των οποίων μόλις το 2,5% είναι άνδρες και το 20% γυναίκες και το 10% ότι είναι πάρα πολύ έμπειρο και στο σύνολό του ήταν άνδρες. Από τη μελέτη των στατιστικών αυτών στοιχείων συμπεραίνουμε ότι οι δύο ομάδες παρουσιάζουν σημαντική διαφορά ως προς την εμπειρία στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών με τους άνδρες να δηλώνουν πιο έμπειροι(27,5%) από τις γυναίκες (5%). Συνολικά παρατηρήθηκε ότι ποσοστιαία οι περισσότεροι συμμετέχοντες (52,5%) δήλωσαν λίγο έως πολύ έμπειροι στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών ποσοστό που μας επιτρέπει να μιλούμε για ομοιογένεια καθώς στις ακραίες τιμές («καθόλου» και «πάρα πολύ») συγκεντρώνεται μόλις το 32,5% του συνολικού δείγματος.

Συνολικά όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι δεν τους έχει διαγνωστεί κάποια μαθησιακή δυσκολία, ότι δεν τους έχει διαγνωστεί κάποια ψυχολογική ή ψυχοπαθολογική ασθένεια και ότι δεν έπαιρναν κάποια φαρμακευτική αγωγή για κάποια οποιαδήποτε ασθένεια δεδομένα που είναι σε απόλυτη συμφωνία και με αυτά των προσωπικών συνεντεύξεων της ερευνήτριας με τους συμμετέχοντες και καθιστούν το δείγμα έγκυρο.

Επιπροσθέτως, όλοι οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι έγραφαν με το δεξί χέρι στο τετράδιο, στον πίνακα και ότι χρησιμοποιούν το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή με το δεξί τους χέρι. Τα δεδομένα αυτά είναι σε απόλυτη συμφωνία με τις προσωπικές παρατηρήσεις της ερευνήτριας κατά τη διάρκεια της πειραματικής δοκιμασίας (πρακτικά τεστ όπως το πέταγμα μιας μπάλας καθώς και συμπεριφορική παρατήρηση). Όλα αυτά τα δεδομένα οδηγούν στο συμπέρασμα της αριστερής πλευρίωσης από το σύνολο των συμμετεχόντων καθιστώντας το δείγμα έγκυρο δεδομένης της φύσης της παρούσας έρευνας που μελετά την εγκεφαλική λειτουργία η οποία συνδέεται άμεσα με την πλευρίωση.

Σε ερώτηση αν υπάρχει στην οικογένειά σου κάποιο μέλος που να παρουσιάζει αριστεροχειρία το 75% των συμμετεχόντων απάντησε αρνητικά και μόλις το 25% απάντησε θετικά, εκ των οποίων το 12,5% δήλωσε αριστερόχειρα αδελφό ή αδελφή, το 7,5% αριστερόχειρα πατέρα, το 2,5% μητέρα, και το 2,5% συγγενή δευτέρου βαθμού (ξάδερφο). Τα δεδομένα αυτά εξάλειψαν κάθε πιθανότητα

κληρονομικού προτύπου δεξιάς πλευρίωσης των συμμετεχόντων που θα μπορούσε να επιδράσει στα αποτελέσματα της μελέτης.

Στις ερωτήσεις ανίχνευσης χωρικών δεξιοτήτων τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά καθώς στις δοκιμασίες νοητικής περιστροφής οι γυναίκες φαίνονται να είναι καλύτερες από τους άνδρες χωρίς όμως να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη δοκιμασία το 70% των συμμετεχόντων απάντησε σωστά από αυτό οι 13 ήταν γυναίκες και οι 15 άνδρες, στη δεύτερη ερώτηση το 97% των συμμετεχόντων απάντησε σωστά από αυτό οι 20 ήταν γυναίκες και οι 19 άνδρες, ενώ στην τρίτη δοκιμασία το 72,5% των συμμετεχόντων απάντησε σωστά από αυτό οι 15 ήταν γυναίκες και οι 14 άνδρες). Τα δεδομένα αυτά δε φαίνονται να είναι σε συμφωνία με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που παρουσιάζουν τους άνδρες να είναι καλύτεροι από τις γυναίκες στις δοκιμασίες νοητικής περιστροφής.

Στις ερωτήσεις κατασκευής και αποδόμησης τρισδιάστατων αντικειμένων δεν σημειώθηκε διαφορά μεταξύ των δυο φύλων (ερώτηση 24: το 70% απάντησε σωστά εκ των οποίων 13 γυναίκες και 15 άνδρες, ερώτηση 25: το 52,5% απάντησε σωστά εκ των οποίων 9 γυναίκες και 12 άνδρες, ερώτηση 26: το 97,5% απάντησε σωστά εκ των οποίων 19 γυναίκες και 20 άνδρες, ερώτηση 27: το 35% απάντησε σωστά εκ των οποίων 5 γυναίκες και 9 άνδρες, ερώτηση 28: το 70% απάντησε σωστά εκ των οποίων 13 γυναίκες και 15 άνδρες) γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το δείγμα της μελέτης παρουσιάζει ομοιογένεια ως προς τις χωρικές δεξιότητες φαινόμενο που δεν είναι σε συμφωνία με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή των ανδρών έναντι των γυναικών.

Ολοκληρώνοντας τα αποτελέσματα του τμήματος των χωρικών δεξιοτήτων στις ερωτήσεις μνήμης των αντικειμένων και της διάταξης των αντικειμένων στα ερευνητικά περιβάλλοντα σωστά απάντησε το 55% του δείγματος ενώ δε σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων.

Στο τελευταίο τμήμα του ερωτηματολογίου που ανίχνευε την συναισθηματική κατάσταση των συμμετεχόντων που είναι σημαντική καθώς αυτή επιδρά στην εγκεφαλική λειτουργία, η πλειοψηφία του δείγματος χαρακτήρισε την εμπειρία συμμετοχής του την πειραματική μελέτη ως ενδιαφέρουσα (ποσοστό 97,5%), ανέφερε ότι δεν είχε συμμετάσχει στο παρελθόν σε παρόμοια πειραματική διαδικασία (75%) ενώ ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 25% είχε συμμετάσχει σε πειραματική διαδικασία πλοήγησης σε τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον που είχε λάβει χώρα έξι μήνες πριν στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Τέλος, οι περισσότεροι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι δεν είχε καθόλου άγχος και φόβο κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (85%) ενώ ένα μικρό ποσοστό (15%) ανέφεραν ότι είχαν λίγο άγχος και φόβο, δεδομένα που είναι σε απόλυτη συμφωνία με αυτά των ΗΕΓ σημάτων που παρουσιάζουν τις γυναίκες να έχουν στρες κατά την έναρξη της πειραματικής δοκιμασίας που στη συνέχεια σχεδόν εξαλείφεται.

Σύνοψη

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι διαφυλικές διαφορές στην ΗΕΓ δραστηριότητα εντοπίζονται και στα τρία περιβάλλοντα.

Από τις πληροφορίες που παρέχουν οι χρωματικοί χάρτες σημειώνουν τα εξής:

Οι άνδρες παρουσιάζουν υψηλότερη άλφα δραστηριότητα κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος έναντι των εικονικών που φέρονται να έχουν το ίδιο πρότυπο δραστηριότητας με υψηλότερη όμως ένταση κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου περιβάλλοντος

Ίδιο πρότυπο δραστηριότητας θήτα ρυθμού παρουσιάζουν οι άνδρες κατά την παρατήρηση του δισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος και του πραγματικού ενώ σημαντικά χαμηλότερη ένταση παρουσιάζουν στη θήτα δραστηριότητα κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος.

Όσον αφορά την α1 δραστηριότητα των ανδρών κατά την παρατήρηση του δισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος είναι σημαντικά χαμηλότερη ενώ παρουσιάζει αύξηση κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος με κορύφωση την παρατήρηση του πραγματικού όπου φέρεται διάχυτος με πολύ υψηλή ένταση στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού. Το ίδιο πρότυπο παρατηρείται και για τον α2 εγκεφαλικό ρυθμό.

Η βήτα δραστηριότητα των ανδρών είναι υψηλής έντασης και διάχυτη κατά την παρατήρηση του δισδιάστατου ΕΠ ενώ μείωση στην ένταση παρουσιάζει κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος. Στη συνθήκη του τρισδιάστατου ΕΠ μειώνεται σημαντικά και η ένταση αλλά μεταβάλλεται και η χωροταξία της.

Ίδιο πρότυπο γάμα δραστηριότητας παρουσιάζουν οι άνδρες κατά την παρατήρηση και των τριών περιβαλλόντων εντούτοις σημαντικά χαμηλότερη ένταση φέρεται να

έχει στη συνθήκη παρατήρησης του πραγματικού περιβάλλοντος ενώ δε σημειώνεται διαφορά μεταξύ των ΕΠ.

Καμία διαφορά δεν παρουσίασαν οι άνδρες στο πρότυπο και την ένταση της δέλτα δραστηριότητας και στις τρεις πειραματικές συνθήκες.

Οι γυναίκες σημείωσαν το ίδιο πρότυπο θήτα δραστηριότητας και στα τρία περιβάλλοντα εντούτοις πολύ υψηλή ένταση είχε μόνο στο τρισδιάστατο ΕΠ και στο πραγματικό περιβάλλον. Ίδια ήταν η συμπεριφορά τους και στον άλφα ρυθμό.

Στον α1 ρυθμό αν και παρουσίασαν το ίδιο πρότυπο δραστηριότητας κατά την παρατήρηση και των τριών περιβαλλόντων εντούτοις σημαντικά υψηλή ένταση παρουσίασαν κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου ΕΠ.

Στην α2 και βήτα δραστηριότητα δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στις γυναίκες μεταξύ των πειραματικών συνθηκών.

Όσον αφορά τη γάμα δραστηριότητα ίδιο πρότυπο παρατηρήθηκε και στις τρεις συνθήκες με ομοιότητα στην ένταση μεταξύ του δισδιάστατου ΕΠ και του πραγματικού περιβάλλοντος.

Ο δέλτα ρυθμός στις γυναίκες παρατηρήθηκε διάχυτος σε πολύ υψηλή ένταση κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου ΕΠ ενώ μεταξύ του δισδιάστατου ΕΠ και του πραγματικού δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές.

Από σύγκριση των αποτελεσμάτων των χαρτών στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ των δύο φύλων ανά πειραματική συνθήκη παρατηρήθηκαν τα εξής:

Δισδιάστατο περιβάλλον

Ρυθμός θήτα:

Στον θήτα ρυθμό στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2), στο δεξί οπίσθιο κροταφικό και οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P4, T6), στο δεξί έσω μετωπιαίο φλοιό (F4) και στον αριστερό προμετωπιαίο (Fr1). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άνδρες έναντι των γυναικών στο θήτα ρυθμό στο δεξί προμετωπιαίο και πλάγιο-μετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (F8, Fr2) καθώς και στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον έσω μετωπιαίο φλοιό (F3), στον πρόσθιο βρεγματικό (C3) καθώς και στον οπίσθιο κροταφικό (T5).

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο θήτα ρυθμό έναντι των ανδρών στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz) ενώ υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν και στο δεξιό πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C4). Στον αριστερό πρόσθιο κροταφικό (F7), στον αριστερό πλάγιο- μετωπιαίο (T3) , στο δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και στον κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz) τα δύο φύλα παρουσιάζουν ίδια θήτα δραστηριότητα.

Ρυθμός α1

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική α1 δραστηριότητα στον κεντρικό μετωπιαίο φλοιό (Fz), στον δεξί πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T4) καθώς και στον δεξιό ινιακό φλοιό (O2).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική α1 δραστηριότητα στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον αριστερό πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T3) όπου τα δύο φύλα παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα, τον δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και τον δεξί ινιακό φλοιό (O2) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Ρυθμός α2

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fp1, Fp2) , στον δεξί μετωπιαίο φλοιό (F4,F8) στον αριστερό έσω μετωπιαίο φλοιό (F3) στον αριστερό βρεγματικό και κεντρικό εγκεφαλικό (C3, CZ, PZ) καθώς και στον δεξί οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T6). Υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες χωρίς στατιστική σημαντικότητα στον δεξιό ινιακό φλοιό, τον δεξιό βρεγματικό φλοιό και τον αριστερό πλάγιο- μετωπιαίο φλοιό (O2, C4, F7).

Οι γυναίκες δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στον α2 ρυθμό σε καμία εγκεφαλική περιοχή αλλά παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα στον αριστερό ινιακό και κροταφικό φλοιό, στον κεντρικό μετωπιαίο και στον δεξί πρόσθιο κροταφικό (T3, T5, O1, T4).

Ίδια α2 δραστηριότητα τα δύο φύλα παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον οπίσθιο

βρεγματικό φλοιό (P3,P4).

Ρυθμός α

Στον άλφα ρυθμό σημειώθηκε το ίδιο πρότυπο εγκεφαλικής δραστηριότητας με αυτό του α1 εγκεφαλικού ρυθμού.

Ρυθμός βήτα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο σχεδόν του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5) όπου τα δύο φύλα παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα, τον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P3) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες και τον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C3) όπου παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα.

Οι γυναίκες στατιστικά σημαντική βήτα δραστηριότητα παρουσιάζουν στον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P3) ενώ υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι γυναίκες στον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C3).

Ίδια βήτα δραστηριότητα παρουσιάζουν τα δύο φύλα στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5).

Ρυθμός γάμα

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική γάμα δραστηριότητα αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2) στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3, P3) καθώς και στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5).

Σε όλες τις άλλες εγκεφαλικές περιοχές στατιστικά σημαντική γάμα δραστηριότητα παρουσιάζουν οι άνδρες.

Στερεοσκοπικό εικονικό περιβάλλον

Ρυθμός θήτα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή στο θήτα ρυθμό έναντι των γυναικών αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (Fp1, Fp2) , στο δεξί και κεντρικό μετωπιαίο φλοιό (Fz, F4, F8) στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C4, P4) οπίσθιο κροταφικό φλοιό αμφίπλευρα (T5, T6), αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2) ενώ υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν στο δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και στον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P3).

Οι γυναίκες στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν στον αριστερό μετωπιαίο φλοιό (F7, F3) στον αριστερό πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T3) στον αριστερό πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C3) και στον κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz).

Ίδια δραστηριότητα τα δύο φύλα παρουσιάζουν μόνο στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz).

Ρυθμός α1

Σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού στατιστικά σημαντική υπεροχή στον α1 ρυθμό παρουσιάζουν οι άνδρες με εξαίρεση τον δεξιό ινιακό φλοιό (O2), τον κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz) τον δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) τον δεξί προμετωπιαίο (Fp2) και τον αριστερό έσω μετωπιαίο φλοιό όπου παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα. Στον κεντρικό μετωπιαίο (Fz) παρουσιάζουν ίδια δραστηριότητα τα δύο φύλα.

Οι γυναίκες δεν παρουσιάζουν υπεροχή έναντι των ανδρών στον α1 ρυθμό.

Ρυθμός α2

Στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο φλοιό (Fp1, Fp2) στον κεντρικό και αμφίπλευρα στον έσω μετωπιαίο φλοιό (Fz, F3, F4) στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Cz) στο δεξί πρόσθιο και κεντρικό βρεγματικό φλοιό (Pz, C4), στο δεξί οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T6) και στον αριστερό ινιακό φλοιό (O1). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άνδρες στον αριστερό βρεγματοκροταφικό φλοιό (T3, C3) στο δεξί

πλαγιο - μετωπιαίο φλοιό (F8) και στον δεξί οπίσθιο ινιακό φλοιό (O2).

Οι γυναίκες δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των ανδρών σε καμία εγκεφαλική περιοχή. Παρουσιάζουν όμως υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα στον αριστερό πλαγιο- μετωπιαίο φλοιό (F7), στον αριστερό οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5) και τον δεξί πρόσθιο κροταφικό φλοιό (T4) και τον δεξί οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P4).

Ίδια δραστηριότητα παρουσιάζουν τα δύο φύλα μόνο στον αριστερό οπίσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (P3).

Ρυθμός άλφα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο το δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και τον δεξί ινιακό φλοιό (O2) όπου η υπεροχή δε χαρακτηρίζεται από στατιστική σημαντικότητα.

Ρυθμός βήτα

Στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο τον αριστερό οπίσθιο κροταφικό (T5) και τον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3,P3) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Ρυθμός γάμα

Οι γυναίκες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των ανδρών στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό στο σύνολό του (Fz, Cz, Pz) αμφίπλευρα στον κροταφικό φλοιό (T3, T5, T4, T6) στο δεξί ινιακό φλοιό (O2) στο δεξί έσω μετωπιαίο φλοιό (F4) και στον βρεγματικό φλοιό (C3, P3).

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον

προμετωπιαίο φλοιό (Fr1, Fr2) στον αριστερό μετωπιαίο φλοιό (F8) και στο δεξί πρόσθιο βρεγματικό εγκεφαλικό φλοιό (C4).

Πραγματικό περιβάλλον

Ρυθμός θήτα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή σχεδόν στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση μόνο το δεξί πρόσθιο κροταφικό φλοιό και τον αριστερό ινιακό φλοιό (O1, T4) και τον αριστερό έσω μετωπιαίο φλοιό (F3) και τον δεξή πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C3) όπου παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα οι γυναίκες.

Ρυθμός α1

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή σε όλο το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο στον κεντρικό εγκεφαλικό φλοιό (Fz, Cz, Pz), στον δεξί προμετωπιαίο εγκεφαλικό φλοιό (Fr2) και στο δεξιό έσω μετωπιαίο (F4). Υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άνδρες στο δεξί ινιακό φλοιό (O2) στο δεξί πλαγιο- μετωπιαίο (F8) και το δεξί πρόσθιο βρεγματικό φλοιό (C4).

Οι γυναίκες παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα στο δεξί πρόσθιο κροταφικό (T4) και το δεξί οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (P4).

Ρυθμός α2

Στατιστικά σημαντική υπεροχή στον α2 ρυθμό παρουσιάζουν οι άνδρες στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον ινιακό όπου στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο (O1) παρουσιάζουν ίδια εγκεφαλική δραστηριότητα τα δύο φύλα ενώ στον δεξί ινιακό φλοιό (O2) παρουσιάζουν υπεροχή χωρίς στατιστική σημαντικότητα οι άνδρες και αμφίπλευρα στον οπίσθιο κροταφικό φλοιό και στο δεξί ημισφαίριο (T6). Στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο (T5) παρουσιάζουν υπεροχή οι γυναίκες χωρίς στατιστική σημαντικότητα.

Ρυθμός άλφα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση το δεξί ινιακό και οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T6, O2) όπου η υπεροχή τους δεν παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα.

Ρυθμός βήτα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι των γυναικών στο σύνολο του εγκεφαλικού φλοιού με εξαίρεση τον αριστερό βρεγματικό και ινιακό φλοιό (P3, O1) όπου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή οι γυναίκες.

Ρυθμός γάμα

Οι άνδρες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υπεροχή αμφίπλευρα στον προμετωπιαίο (Fr1, Fr2) αμφίπλευρα στον μετωπιαίο φλοιό (F7, F3, F4, F8) σε όλες τις κεντρικές εγκεφαλικές περιοχές (Fz, Cz, Pz) αμφίπλευρα στον πρόσθιο κροταφικό φλοιό και στο δεξί βρεγματικό φλοιό (C4, P4).

Οι γυναίκες στατιστικά σημαντική υπεροχή παρουσιάζουν αμφίπλευρα στον ινιακό φλοιό (O1, O2) αμφίπλευρα στον οπίσθιο κροταφικό φλοιό (T5, T6) και στον αριστερό βρεγματικό φλοιό (C3, P3).

Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα

Η παρούσα διατριβή μελετά την εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και γυναικών ίδιας ηλικίας και μορφωτικού επιπέδου που δεν παρουσιάζουν οργανικές ή ψυχικές διαταραχές κατά τη διάρκεια παρατήρησης τους με τρία πανομοιότυπα ως προς το περιεχόμενο περιβάλλοντα. Πρόκειται για οπτικά ερεθίσματα οικείου περιεχομένου που διαφέρουν ως προς τη φύση τους και μόνο καθώς το ένα είναι ένα πραγματικό περιβάλλον ενώ τα άλλα δύο είναι ψηφιακά και πρόκειται για απομιμήσεις του πραγματικού περιβάλλοντος με τη διαφορά ότι το ένα είναι σε δύο διαστάσεις (δισδιάστατο ΕΠ) και το άλλο σε τρεις διαστάσεις (τρισδιάστατο ΕΠ) και παρατηρείται στερεοσκοπικά.

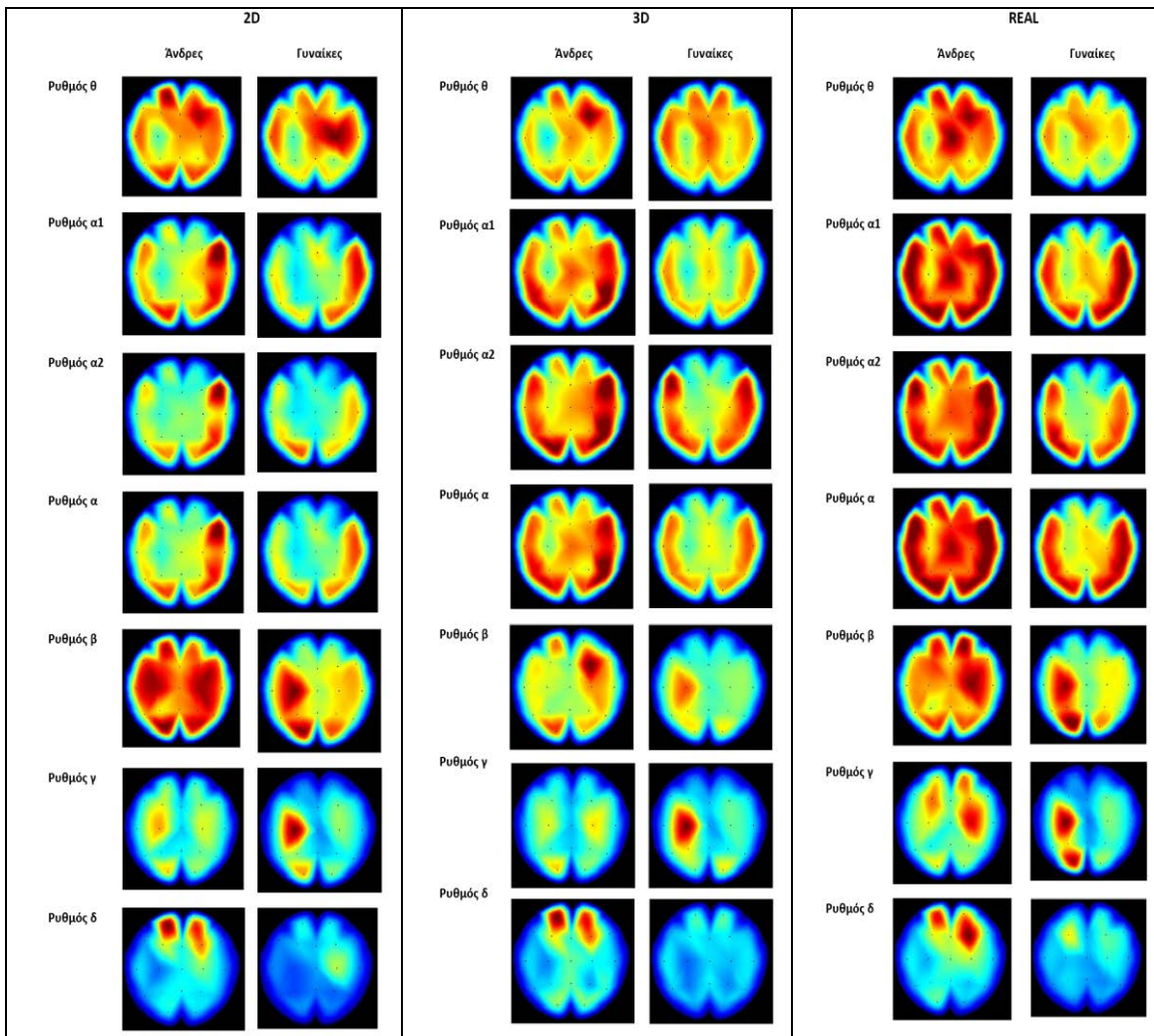
Στόχος της μελέτης είναι να εντοπιστούν μέσω των ΗΕΓ σημάτων των συμμετεχόντων οι γνωστικές διεργασίες που χρησιμοποιούν κατά την επεξεργασία των ερεθισμάτων προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές διαφορές αλλά και ομοιότητες τόσο μεταξύ των διαφόρων ερεθισμάτων χωριστά για κάθε φύλο όσο και μεταξύ των δύο φύλων σε κάθε μορφής ερέθισμα.

9.1 Συγκρίσεις εγκεφαλικών λειτουργιών των δύο φύλων ανά πειραματική συνθήκη:

Πίνακας σύγκρισης στατιστικών διαφορών ΗΕΓ σημάτων των δύο φύλων στις τρεις πειραματικές συνθήκες								
2D			3D			REAL		

Πίνακας 9.1.1: Παρουσιάζονται ανά πειραματική συνθήκη οι συγκριτικοί χάρτες στατιστικής σημαντικότητας της εγκεφαλικής δραστηριότητας των δύο φύλων ανά εγκεφαλικό ρυθμό

Πίνακας σύγκρισης χρωματικών χαρτών ΗΕΓ δραστηριότητας των δύο φύλων στις τρεις πειραματικές συνθήκες



Πίνακας 9.1.2: Παρουσιάζονται ανά πειραματική συνθήκη οι ένχρωμοι χάρτες της εγκεφαλικής δραστηριότητας των δύο φύλων ανά εγκεφαλικό ρυθμό

Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του δυσδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος

Από τη σύγκριση των δεδομένων της ΗΕΓ δραστηριότητας των δύο φύλων φαίνεται ότι άνδρες και γυναίκες εκτελούν χωρικές διεργασίες. Αυτό ήταν αναμενόμενο δεδομένης της φύσης του προβαλλόμενου ερεθίσματος που ήταν χωρική, ενώ οι συμμετέχοντες ενεργοποιούσαν και μνημονικούς μηχανισμούς προκειμένου να απομνημονεύσουν τις θέσεις των προβαλλόμενων αντικειμένων. Οι γυναίκες φαίνεται να καταβάλλουν περισσότερη επιλεκτική προσοχή και να αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκο το ερέθισμα σε σχέση με τους άνδρες οι οποίοι φέρονται να επεξεργάζονται περισσότερο το πρωτογενές οπτικό ερέθισμα.

Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος

Και τα δύο φύλα ασκούν έντονη νοητική προσπάθεια για την επεξεργασία του προβαλλόμενου ερεθίσματος, εστιάζοντας την προσοχή τους όμως σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του. Οι άνδρες στα χωρικά ενώ οι γυναίκες στα γενικά χαρακτηριστικά που προσπαθούν να απομνημονεύσουν μέσω λεκτικής κωδικοποίησής τους. Οι άνδρες, επέδειξαν πιο τεταμένη οπτική προσοχή, εστίαση στο οπτικό ερέθισμα σε σχέση με τις γυναίκες ενώ φάνηκε ότι έψαχναν να βρουν στο οπτικό ερέθισμα την τρίτη διάσταση. Παράλληλα επέδειξαν καλύτερη απόδοση στην αναγνώριση των οπτικών στόχων ή ως άσκηση μικρότερης νοητικής προσπάθειας και χαμηλότερου γνωστικού φόρτου σε σχέση με τις γυναίκες που φαίνονται να αντιλαμβάνονται ως πιο πολύπλοκο το ερέθισμα σε σχέση με τους άνδρες που χρησιμοποιούν τόσο μνημονικές όσο και χωρικές διεργασίες για να επεξεργαστούν το αμιγώς χωρικό ερέθισμα.

Διαφορές της εγκεφαλικής λειτουργίας των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος

Και τα δύο φύλα ασκούν νοητική προσπάθεια κατά την παρατήρηση του προβαλλόμενου περιβάλλοντος, οι άνδρες σημαντικότερη από τις γυναίκες αλλά τα δύο φύλα εστιάζουν την προσοχή τους σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος. Οι άνδρες στα χωρικά παρουσιάζοντας γνωστικές διεργασίες προσμονής νέου ερεθίσματος, ενώ οι γυναίκες εστιάζουν στα γενικά χαρακτηριστικά και προσπαθούν να τα απομνημονεύσουν μέσω λεκτικής κωδικοποίησής τους.

9.2 Περιορισμοί έρευνας

Στο στάδιο ερμηνείας των ΗΕΓ σημάτων των συμμετεχόντων και για τις τρεις πειραματικές συνθήκες δεν λήφθηκε υπόψη και κατ' επέκταση δεν αντισταθμίστηκαν τα δεδομένα με βάση τη σειρά με την οποία παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες. Αυτό είναι πιθανό να επέδρασε προκαλώντας μεταβολές στα ΗΕΓ σήματα των συμμετεχόντων και των δύο ομάδων αλλά και κάθε ενός χωριστά καθώς δεν υπολογίστηκε η επίδραση του παράγοντα «οικειότητα» με τα προβαλλόμενα ερεθίσματα και με την πειραματική διαδικασία.

Ένα άλλο σημείο της ερευνητικής διαδικασίας είναι ότι δεν μελετήθηκε και δεν συνυπολογίστηκε στη διαδικασία εξαγωγής των συμπερασμάτων από την ερμηνεία των ΗΕΓ σημάτων των συμμετεχόντων ο παράγοντας των διατομικών διαφορών στην ΗΕΓ δραστηριότητα μεταξύ των συμμετεχόντων χωριστά σε κάθε ομάδα (άνδρες, γυναίκες) και πειραματική συνθήκη.

Τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης, όπως και κάθε μελέτης νευροεπιστημών που χρησιμοποιεί ως ερευνητικά εργαλεία μεθόδους απεικόνισης εγκεφαλικής λειτουργίας, δεν είναι γενικεύσιμα ως προς την αντιστοιχία των γνωστικών συστοίχων της καθώς δεν έχει ακόμη πραγματοποιηθεί η απόλυτη χαρτογράφηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας και των γνωστικών συστοίχων της. Αυτό έχει ως συνέπεια η ερμηνεία των δεδομένων να στηρίζεται αποκλειστικά και μόνο στους ρυθμούς και τις εγκεφαλικές περιοχές που είναι έως τις μέρες μας μελετημένες ενώ πιθανόν ένα σημαντικό κομμάτι που μπορεί είτε να εμπλούτιζε είτε ακόμη και να μετέβαλλε τα αποτελέσματα να αγνοείται.

9.3 Προτάσεις για μετέπειτα έρευνα

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε τη σύγκριση της ΗΕΓ εγκεφαλικής δραστηριότητας και των γνωστικών λειτουργιών μεταξύ ενηλίκων ανδρών και γυναικών με κοινά μορφωτικά και ηλικιακά χαρακτηριστικά κατά την αλληλεπίδρασή τους με τρία διαφορετικής φύσης (δισδιάστατο ΕΠ, τριδιάστατο ΕΠ και πραγματικό περιβάλλον) αλλά όχι περιεχομένου ερεθίσματα.

Μελέτες που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στο μέλλον και να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες είναι οι εξής:

Μελέτη διαφυλικών γνωστικών διαφορών σε εικονικά (δισδιάστατα και τρισδιάστατα) περιβάλλοντα και σε πραγματικά περιβάλλοντα με παράλληλη καταγραφή φυσικών αντιδράσεων (πχ. καρδιακοί παλμοί, εφίδρωση κα.) καθώς και εξωστρεφών συμπεριφορών (πχ. εκφράσεις προσώπου μέσω παρατήρησης με κάμερα) καθώς και καταγραφή του χρόνου αντίδρασης (dt) στα διάφορα ερεθίσματα.

Μελέτη γνωστικών διαφυλικών διαφορών κατά την αλληλεπίδραση με περιβάλλοντα ίδιου περιεχομένου και διαφορετικής φύσης (δισδιάστατα και τρισδιάστατα ΕΠ και πραγματικά περιβάλλοντα) με χρήση άλλων μεθόδων καταγραφής εγκεφαλικής δραστηριότητας προκειμένου να είναι δυνατή η διασταύρωση των αποτελεσμάτων.

Μελέτη διαφυλικών γνωστικών διαφορών σε πραγματικά και σε δυναμικά εικονικά (δισδιάστατα και τρισδιάστατα) περιβάλλοντα με περισσότερους βαθμούς ελευθερίας στην αλληλεπίδρασή.

Μελέτη διαφυλικών γνωστικών διαφορών σε πραγματικά περιβάλλοντα και σε δυναμικά εικονικά (δισδιάστατα και τρισδιάστατα) περιβάλλοντα με χρήση της ΗΕΓ μεθόδου καταγραφής της εγκεφαλικής λειτουργίας αλλά με διαφορετική επεξεργασία των ΗΕΓ σημάτων τόσο κατά την ανάλυση του χρόνου- συχνότητας όσο και ως προς τη μέθοδο ανίχνευσης και αφαίρεσης των παρασίτων.

Κοινός σκοπός όλων των προτεινόμενων μελλοντικών ερευνών είναι η καλύτερη κατανόηση της γνωστικής διαδικασίας κατάκτησης της γνώσης από τα δύο φύλα, η κατασκευή ΕΕΠ που θα συμβάλλουν στην διευκόλυνση κατάκτησης της γνώσης με τον αποδοτικότερο τρόπο και για τα δύο φύλα καθώς και η χρήση αντικειμένων του πραγματικού κόσμου που θα συνέβαλε προς τον ίδιο σκοπό.

Σύνοψη

Από τη μελέτη των συγκριτικών χρωματικών χαρτών των τριών περιβαλλόντων και των δύο πειραματικών διαδικασιών (πilotική και κύρια έρευνα) είναι εμφανές ότι τα δύο φύλα (άνδρες – γυναίκες) όπως ήταν αναμενόμενο και από τις γνώσεις που έχουμε από πολυάριθμες μελέτες πάνω στις γνωστικές διαφυλικές διαφορές, χρησιμοποιούν τις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές για την επεξεργασία κοινών οπτικών ερεθισμάτων.

Διαφορές έχουν εντοπιστεί κατά την επεξεργασία των διαφόρων τύπων ερεθισμάτων στην ένταση της γνωστικής προσπάθειας καθώς και τα δύο φύλα φέρονται να καταβάλλουν περισσότερο νοητικό φόρτο για την επεξεργασία πιο εμπλουτισμένων περιβαλλόντων (κύρια έρευνα) έναντι αδρότερων οπτικών ερεθισμάτων ίδιας φύσεως (2D, 3D) .

Οι άνδρες καταβάλλουν λιγότερη νοητική προσπάθεια σε σύγκριση με τις γυναίκες όταν εκτίθενται σε ένα τρισδιάστατο ψηφιακό περιβάλλον γεγονός που γίνεται εντονότερα φανερό όσο πιο εμπλουτισμένο είναι το ΕΠ.

Οι γυναίκες φέρονται να είναι συναισθηματικά πιεσμένες (έντονο στρες) και για το λόγο αυτό να καταβάλλουν εντονότερη νοητική προσπάθεια. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται και στην μικρότερη εμπειρία των γυναικών- σε σχέση με τους άνδρες- με ΕΠ. Το συμπέρασμα αυτό βγαίνει από την αυξημένη βήτα δραστηριότητα στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές. Οι Macaulay και Edmonds που μέτρησαν την πρόσθια βήτα δραστηριότητα σε συμμετέχοντες που ήταν σε χαλαρή κατάσταση και σε συμμετέχοντες που εκτελούσαν εργασίες μάθησης θεμάτων ιστορίας, ανάκλησής τους και δημιουργίας νοητικών εικόνων από αυτές, επιβεβαίωσαν αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που συσχέτιζαν την πρόσθια βήτα δραστηριότητα με τη νοητική εργασία αλλά και με το άγχος ή τη νευρικότητα (Macaulay & Edmonds, 2004). Αύξηση λοιπόν του βήτα ρυθμού στις πρόσθιες εγκεφαλικές περιοχές (προμετωπιαίος εγκεφαλικός φλοιός) έχει συνδεθεί με

εκτέλεση νοητικής εργασίας (Kiroy et al., 1996; Oken & Salinsky, 1992; Markand, 1990; Ray & Cole, 1985), και έχει συσχετιστεί με αύξηση του άγχους ή μείωση του βαθμού χαλάρωσης (π.χ., Jacobs et al., 1996; Field et al., 1996; Oken & Salinsky, 1992; Markand, 1990; Mundy-Castle, 1951; Petruzzello & Landers, 1994).

Παρά το γεγονός όμως ότι οι γυναίκες καταβάλλουν μεγαλύτερη νοητική προσπάθεια κατά την παρατήρηση ΕΠ σε σχέση με τους άνδρες εντούτοις φαίνονται να αντιλαμβάνονται ύπαρξη τρίτης διάστασης στο δισδιάστατο ΕΠ σε αντίθεση με τους άνδρες που παρουσιάζονται την τρίτη διάσταση μόνο στο πραγματικό και στο στερεοσκοπικό ΕΠ.

Αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι οι άνδρες παρουσιάζονται να επεξεργάζονται πρωτίστως το πρωτογενές οπτικό ερέθισμα που τους προβάλλεται δίδοντας προσοχή στα χωρικά του χαρακτηριστικά ενώ οι γυναίκες αναλώνονται διαχέοντας την προσοχή τους σε δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος (χρώμα, φύση αντικειμένου κτλ) καταβάλλοντας προσπάθεια απομνημόνευσής τους.

Αν λοιπόν επιθυμούμε να επιτύχουμε την καλύτερη γνωστική κατανόηση ενός εκπαιδευτικού αντικειμένου με τη χρήση ενός ΕΕΠ θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι το περιβάλλον αυτό θα πρέπει να μην είναι ιδιαίτερος εμπλουτισμένο, να μη έχει ιδιαίτερες χωρικές απαιτήσεις για την επεξεργασία και αντίληψη του, σε περίπτωση που επιλέξουμε ένα τρισδιάστατο ΕΠ σαν εκπαιδευτικό εργαλείο τότε θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην διοφθάλμια παράλλαξη και τα επιμέρους χαρακτηριστικά που συνεπικουρούν στην αντίληψη της τρίτης διάστασης προκειμένου να μην επιφέρει κόπωση από έντονο νοητικό φόρτο στις γυναίκες ούτε και άγχος ενώ κίνδυνος υπάρχει να αποσπάσει στους άνδρες την προσοχή από τον επιθυμητό στόχο (εκπαιδευτικό στόχο) αν το περιβάλλον είναι εξαιρετικά εμπλουτισμένο, με πλήθος χωρικών χαρακτηριστικών και αν ο χρόνος προβολής του ξεπερνά τα λίγα λεπτά.

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι αν επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία κάποιο εικονικό

περιβάλλον ως διδακτικό μέσο τότε προκειμένου να καταστεί βοηθητικό μαθησιακό στοιχείο και για τις γυναίκες θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι το περιβάλλον θα πρέπει να μην είναι ιδιαίτερος εμπλουτισμένο αντιθέτως θα πρέπει να είναι αδρό προκειμένου να μην δημιουργήσει στρες και γνωστικό φόρτο στις γυναίκες καταλήγοντας σαν ανασταλτικός και όχι βοηθητικός τρόπος εκμάθησης.

Βιβλιογραφία

Abel, Kathryn M., Drake, Richard, & Goldstein, Jill M. Sex differences in schizophrenia. *International Review of Psychiatry*, 22(5), 417-428.

Abrahams, S., Morris, R.G., Polkey, C.E., Jarosz, J.M., Cox, T.C.S., Graves, M., & Pickering, A. (1999). Hippocampal Involvement in Spatial and Working Memory: A Structural MRI Analysis of Patients with Unilateral Mesial Temporal Lobe Sclerosis. *Brain and Cognition*, 41(1), 39–65.

ABU-GHAZZEH, TAWFIQ M. (1996). MOVEMENT AND WAYFINDING IN THE KING SAUD UNIVERSITY BUILT ENVIRONMENT: A LOOK AT FRESHMAN ORIENTATION AND ENVIRONMENTAL INFORMATION. *Journal of Environmental Psychology*, 16(4), 303-318.

Aftanas, L.I., & Golocheikine, S.A. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310(1), 57–60.

Afzal, Imam. (1973). Incidental learning: III. As conditioned by sex. *Pakistan Journal of Psychology*, 6(1-2), 3-12.

Aguirre, Geoffrey K., & D'Esposito, Mark. (1997). Environmental Knowledge Is Subserved by Separable Dorsal/Ventral Neural Areas. *The Journal of Neuroscience*, 17(7), 2512-2518.

Aguirre, Geoffrey K., Detre, John A., Alsop, David C., & D'Esposito, Mark. (1996). The Parahippocampus Subserves Topographical Learning in Man. *Cereb. Cortex*, 6(6), 823-829.

Allanson, Jennifer, Rodden, Tom, & Mariani, John. (1999). A Toolkit for Exploring Electro-physiological Human- Computer Interaction. In M. Angela Sasse & Chris Johnson (Eds.), *Human Computer Interaction INTERACT '99*: IOS Press.

- Allen, M.J. (1974). Sex differences in spatial problem-solving styles. *Percept Motor Skills*, 39, 843-846.
- Anderson, V., Godber, T., & Smidbert, E. (1997). Neurobehavioural sequelae following cranial irradiation and chemotherapy in children: an analysis in risk factors. *Paediatric Rehabilitation*, 1, 63–76.
- ANNETT, MARIAN. (1970). A CLASSIFICATION OF HAND PREFERENCE BY ASSOCIATION ANALYSIS. *British Journal of Psychology*, 61(3), 303–321.
- Annett, Marian. (1976). Handedness and the cerebral representation of speech. *Annals of Human Biology*, 3(4), 317-328.
- Annett, Marian. (1992). Spatial ability in subgroups of left-and right-handers. *British Journal of Psychology*, 83(4), 493–515.
- Aoki, F., Fetz, E.E., Shupe, L., Lettich, E., & Ojemann, G.A. (1999). Increased gamma-range activity in human sensorimotor cortex during performance of visuomotor tasks. *Clinical Neurophysiology*, 110(3), 524–537.
- Araujo, D.B. De, Baffa, O., & Wakai, R.T. (2001). *Theta and alpha oscillations: Dependency on navigation tasks*. Paper presented at the 12th International Conference on Biomagnetism, Finland.
- Araújo, Dráulio B. de, Baffa, Oswaldo, & Wakai, Ronald T. (2002). Theta Oscillations and Human Navigation: A Magnetoencephalography Study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 14(1), 70-78.
- Arellano, A.P., & Schwab, R.S. (1950). *Scalp and basal recording during mental activity*. Paris: International Congress of psychiatry.
- Arsenault, Roland, & Ware, Colin. (2004). The Importance of Stereo and Eye-Coupled Perspective for Eye-Hand Coordination in Fish Tank VR. *Presence*, 13(5), 549-559.
- Ashton, G.C., & Borccki, L.B. (1987). Farther evidence for a gene influencing spatial ability. *Behav. Genet.*, 17, 243-255.

Ashton, Roderick, & McFarland, Ken. (1991). A Simple Dual-Task Study of Laterality, Sex-Differences and Handedness *Cortex*, 27(1), 105–109.

Astur, R.S., Kodituwakku, P.W., Dungan, J., Glover, S., Ortiz, M.L., Rickert, L., . . . Sutherland, R.J. (1997). Place navigation in a virtual Morris water task by normal humans and humans with temporal lobe damage. *Soc. Neurosci. Abstr.*, 621(8).

Astur, Robert S, Ortiz, Maria L, & Sutherland, Robert J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task:: A large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93(1-2), 185-190.

Astur, Robert S, Ortiz, Maria L, & Sutherland, Robert J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task:: A large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93(1–2), 185–190.

Astur, Robert S, Ortiz, Maria L, & Sutherland, Robert J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task:: A large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93(1-2), 185–190.

Astur, Robert S, Taylor, Laughlin B, Mamelak, Adam N, Linda Philpott, & Sutherland, Robert J. (2002). Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research*, 132(1), 77–84.

Astur, Robert S, Tropp, Jennifer, Sava, Simona, Constable, R.Todd, & Markus, Etan J. (2004). Sex differences and correlations in a virtual Morris water task, a virtual radial arm maze, and mental rotation. *Behavioural Brain Research*, 151(1–2), 103–115.

ATKINSON, R.C., & SHIFFRIN, R.M. (1968). A proposed system and its control processes. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* 2, 89-197.

Atwood, H.L., & MacKay, W.A. (1989). *In Essentials of Neurophysiology*. Hamilton Canada: B.C. Decker.

Aukstakalnis, Steve, & Blatner, David. (1992). *Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality*. Berkeley: Peachpit Press.

Aylett, R. S., Louchart, S., Dias, J., Paiva, A., & Vala, M. (2005). FearNot! – An Experiment in Emergent Narrative *Intelligent Virtual Agents Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 3661, pp. 305-316).

Babiloni, Claudio, Vecchio, Fabrizio, Miriello, Maurizio, Romani, Gian Luca, & Rossini, Paolo Maria. (2006). Visuo-spatial Consciousness and Parieto-occipital Areas: A High-resolution EEG Study. *Cereb. Cortex*, 16 (1), 37-46.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255 556-559.

Bagar, E., & Bullock, T.H. (1992). *Induced Rhythms in the Brain*. Boston: Birkhauser.

Bahar Güntekin, & Başar, Erol. (2007). Brain oscillations are highly influenced by gender differences. *International Journal of Psychophysiology*, 65(3), 294–299.

Bahar Güntekin, & Başar, Erol. (2007). Gender differences influence brain's beta oscillatory responses in recognition of facial expressions. *Neuroscience Letters*, 424(2), 94–99.

Bailey, Fiona, & Moar, Magnus. (2003). The VERTEX project: designing and populating shared 3D virtual worlds in the primary (elementary) classroom. *Computers & Graphics*, 27(3), 353–359.

Bakas, Christos, & Mikropoulos, Tassos. (2003). Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, 25(8), 949-967.

Balconi, Michela, & Lucchiari, Claudio. (2006). EEG correlates (event-related desynchronization) of emotional face elaboration: A temporal analysis. *Neuroscience Letters*, 392(1–2), 118–123.

Barbara, Sanders, R, Wilson James, & G, Vandenberg Steven. (1982). Handedness and spatial ability. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 18(1), 79-89.

Barcelo, F., Gale, A., & Hall, M. (1995). Multichannel EEG power reflects information processing and attentional demands during visual orienting. *Journal of Psychophysiology*, 9, 32-44.

Barlow, J.S. (1993). *The Electroencephalogram. Its Patterns and Origins* MIT Press. Cambridge: MA.

Barry, S. Oken, & Salinsky, Martin. (1992). Alertness and Attention: Basic Science and Electrophysiologic Correlates. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 9(4).

Basar, E. (1998). *Brain function and oscillations. Brain oscillations. Principles and approaches*. New York: Springer.

Başar, E. (1980). *EEG-Brain Dynamics, Relation between EEG and Brain Evoked Potentials* (Vol. 411). Amsterdam: Elsevier.

Başar, Erol, Başar-Eroglu, Canan, Karakaş, Sirel, & Schürmann, Martin. (2001). Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology*, 39(2-3), 241–248.

Başar, Erol, Başar-Eroğlu, Canan, Karakaş, Sirel, & Schürmann, Martin. (1999). Are cognitive processes manifested in event-related gamma, alpha, theta and delta oscillations in the EEG? *Neuroscience Letters*, 259(3), 165–168.

Basar, E., Schurmann, M., & Sakowitz, O. (2001a). The selectivity distributed theta system: functions. *International Journal of Psychophysiology*, 39, 197-212.

Başar-Eroglu, Canan, Strüber, Daniel, Kruse, Peter, Başar, Erol, & Stadler, Michael. (1996). Frontal gamma-band enhancement during multistable visual perception. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1–2), 113–125.

Bastiaansen, Marcel, & Hagoort, Peter. (2003). Event-Induced Theta Responses as a Window on the Dynamics of Memory. *Cortex*, 39(4-5), 967–992.

Baxter, LC., Saykin, AJ., Flashman, LA., Johnson, SC., Guerin, SJ., Babcock, DR., & Wishart, HA. (2003). Sex differences in semantic language processing: a functional MRI study. *Brain Lang.*, 84, 264—272.

Bayliss, Jessica, & Ballard, Dana. (1998). *The Effects of Eye Tracking in a VR Helmet on EEG Recordings*. University of Rochester.

Beatty, W.W. (1992). Gonadal hormones and sex differences in nonreproductive behaviors. In Handbook of Behavioral Neurobiology. In A. A. Gerall, H. Moltz & I. L. Ward (Eds.), *Sexual Differentiation* (Vol. 11, pp. 85-128). New York: Plenum Press.

Beauchamp, Michael S., Cox, Robert W., & Deyoe, Edgar A. (1997). Graded Effects of Spatial and Featural Attention on Human Area MT and Associated Motion Processing Areas. *Journal of Neurophysiology*, 78, 516-520.

Beaumont, J.E., Mayes, A.T., & Rugg, M.D. (1978). Asymmetry in EEG alpha coherence and power: effects of task and sex. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 45, 393-401.

Beaumont, J. G. (1982). *Studies with verbal stimuli*. London: Academic Press.

Beaumont, J.G., Mayes, S.A., & Rugg, M.D. (1978). Asymmetry in EEG alpha coherence and power: effects of task and sex. *Electroencephologr. Clin. Neurophysiol.*, 45, 393-401.

Beck, A. (1890). Die Bestimmung der Localisation der Gehirn-und Rückenmarkfunctionen vermittelst der electricischen Erscheinungen. *Centralblatt für Physiologie*, 4, 473-476.

Benham, Grant, Rasey, Howard W., Lubar, Joel F., Frederick, Jon A., & Zoffuto, A. Charles. (1997). EEG Power-Spectral and Coherence Differences Between Attentional States during a Complex Auditory Task. *Journal of Neurotherapy*, 2(3).

Berman, K F, & Weinberger, D R. (1990). Lateralisation of cortical function during cognitive tasks: regional cerebral blood flow studies of normal individuals and patients with schizophrenia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 53, 150-160.

Bichot, Narcisse P., Rossi, Andrew F., & Desimone, Robert. (2005). Parallel and Serial Neural Mechanisms for Visual Search in Macaque Area V4. *Science* 308 (5721), 529-534.

Bischof, Walter F., & Boulanger, Pierre. (2003). Spatial Navigation in Virtual Reality Environments: An EEG Analysis. *CyberPsychology & Behavior*, 6(5), 487-495.

Blanch, Richard J., Brennan, David, Condon, Barrie, Santosh, Celestine, & Hadley, Donald. (2004). Are There Gender-specific Neural Substrates of Route Learning from Different Perspectives? *Cereb. Cortex*, 14 (11), 1207-1213.

Bland, BH. (2009). *Anatomical, physiological, and pharmacological properties underlying hippocampal sensorimotor integration*. University of Calgary, Canada.

Bland, Brian H., & Oddie, Scott D. (2001). Theta band oscillation and synchrony in the hippocampal formation and associated structures: the case for its role in sensorimotor integration. *Behavioural Brain Research*, 127(1-2), 119-136.

Bland, J. Martin, & Douglas, G. Altman. (2007). Agreement Between Methods of Measurement with Multiple Observations Per Individual. *Journal of Biopharmaceutical Statistics*, 17(4), 571-582.

Bleecker, Margit L., Bolla-Wilson, Karen, Agnew, Jacqueline, & Meyers, Deborah A. (1988). Age-related sex differences in verbal memory. *Journal of Clinical Psychology*, 44(3), 403-411.

Bleeker, M.L., A.Bolla-Wilson, Andres, J., & Meyers, D.A. (1988). Age-related sex differences in verbal memory. *Journal of Clinical Psychology*, 44, 403-411.

Bock, R D, & Kolakowski, D. (1973). Further evidence of sex-linked major-gene influence on human spatial visualizing ability. *The American Journal of Human Genetics*, 25(1), 1-14.

Bohbot, VD., Kalina, M., Stepankova, K., Spackova, N., Petrides, M., & Nadel, L. (1998). Spatial memory deficits in patients with lesions to the right hippocampus and to the right parahippocampal cortex. *Neuropsychologia* 36, 1217-1238.

Boucher, Russ, & Bryden, M.P. (1997). Laterality effects in the processing of melody and timbre. *Neuropsychologia*, 35(11), 1467-1473.

- Bouyer, J.J., Montaron, M.F., Vahnée, J.M., Albert, M.P., & Rougeul, A. (1987). Anatomical localization of cortical beta rhythms in cat. *Neuroscience*, 22(3), 863–869.
- Bowers, Clint A., & LaBarba, Richard C. (1988). Sex differences in the lateralization of spatial abilities: A spatial component analysis of extreme group scores. *Brain and Cognition*, 8(2), 165–177.
- Brazier, M.A.B. (1961). *Paired sensory modality stimulation studied by computer analysis*. Paper presented at the Pavlovian Conference.
- Brazier, Mary A.B., & Casby, James U. (1952). Crosscorrelation and autocorrelation studies of electroencephalographic potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4(2), 201–211.
- Brimer, M. A. (1969). Sex differences in listening comprehension. *Journal of Research and Development in Education*, 9, 171-179.
- Brimer, M.A., & Dunn, L.M. (1968). English Picture Vocabulary Test 2. *Gloucestershire: Educational Evaluation Enterprises*.
- Bromley, D. B. (1958). Some effects of age on short-term learning and remembering. *Journal of Gerontology*, 13, 398-407.
- Broverman, D., & Klaiber, E. (1969). Negative relationships between abilities. *Psychometrika*, 34(520).
- Broverman, D., Klaiber, E., Kobayashi, Y., & Vogel, W. (1968). Roles of activation and inhibition in sex differences in cognitive abilities. *Psychological Review*, 73, 23–50.
- Brown, Barbara B. (1970). AWARENESS OF EEG-SUBJECTIVE ACTIVITY RELATIONSHIPS DETECTED WITHIN A CLOSED FEEDBACK SYSTEM. *Psychophysiology*, 7(3), 451–464.
- Bruns, Andreas, & Eckhorn, Reinhard. (2004). Task-related coupling from high- to low-frequency signals among visual cortical areas in human subdural recordings. *International Journal of Psychophysiology*, 51(2), 97–116.
- Budzynsky, TH. (1995). R biofeedback: A brief concept paper. *Biofeedback and Self-Regulation*.

BURGESS, A. P., & GRUZELIER, J. H. (1997). Localization of word and face recognition memory using topographical EEG. *Psychophysiology*, 34(1), 7–16.

Busch, Niko A., Dubois, Julien, & VanRullen, Rufin. (2009). The Phase of Ongoing EEG Oscillations Predicts Visual Perception. *The Journal of Neuroscience*, 29(24), 7869-7876.

Buschman, Timothy J., & Miller, Earl K. (2007). Top-Down Versus Bottom-Up Control of Attention in the Prefrontal and Posterior Parietal Cortices. *Science*, 315 (5820), 1860-1862.

Buschman, Timothy J., & Miller, Earl K. (2009). Serial, Covert Shifts of Attention during Visual Search Are Reflected by the Frontal Eye Fields and Correlated with Population Oscillations. *Neuron*, 63(3), 386–396.

Butler, S.R., & Glass, A. (1974). Asymmetries in the electroencephalogram associated with cerebral dominance. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 36, 481–491.

Butler, S.R., & Glass, A. (1976). EEG correlates of cerebral dominance. In A & H Reisen & R. F. Tompson (Ed.), *Advances in Psychology* (Vol. 3, pp. 213-384).

Cabrera, M. Corsi, Arce, C., Ramos, J., & Guevara, M.A. (1997). Effect of Spatial Ability and Sex on Inter and Intrahemispheric Correlation of EEG Activity. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 102(1), 5.

Caffrey, J. . (1955). Auding Ability at the Secondary Level. *Education*, 75, 303-310.

Caldwell, John A, Prazinko, Brian, & Caldwell, J.Lynn. (2003). Body posture affects electroencephalographic activity and psychomotor vigilance task performance in sleep-deprived subjects. *Clinical Neurophysiology*, 114(1), 23–31.

Calvert, Sandra L., & Tan, Siu-Lan. (1994). Impact of virtual reality on young adults' physiological arousal and aggressive thoughts: Interaction versus observation. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 125–139.

Canan, Başar-Eroglu, Daniel, Strüber, Martin, Schürmann, Michael, Stadler, & Erol, Başar. (1996). Gamma-band responses in the brain: a short review of psychophysiological correlates and functional significance. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 101–112.

Canli, Turhan, Desmond, John E., Zhao, Zuo, Glover, Gary, & Gabrieli, John D. E. (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *Neuroreport*, 9 (14), 3233–3239.

Capitani, E., Laiacona, M., & Cieeri, E. (1991). Sex differences in spatial memory: a reanalysis of block tapping long-term memory according to the short-term memory level *Ital. J. Neurol. Sci.*, 12, 461-466.

Caplan, JB., Madsen, JR., Raghavachari, S., & Kahana, MJ. (2001). Distinct patterns of brain oscillations underlie two basic parameters of human maze learning. *J Neurophysiol* 86, 368–380.

Caplan, Jeremy B., Madsen, Joseph R., Raghavachari, Sridhar, & Kahana, Michael J. (2001). Distinct Patterns of Brain Oscillations Underlie Two Basic Parameters of Human Maze Learning. *Journal of Neurophysiology* 86, 368-380.

Caplan, Jeremy B., Madsen, Joseph R., Schulze-Bonhage, Andreas, Aschenbrenner-Scheibe, Richard, Newman, Ehren L., & Kahana, Michael J. (2003). Human θ Oscillations Related to Sensorimotor Integration and Spatial Learning. *The Journal of Neuroscience*, 23(11), 4726-4736.

Carroll, J. B. (1969). Reaction prior to Brimer's article. *Journal of Reseffrch and Development in Education*, 9, 180-181.

Carroll, John B. (1997). Psychometrics, intelligence, and public perception. *Intelligence*, 24(1), 25-52.

Cartwright, GF., & Zanni, CA. (1996). *Human Brains in Virtual Worlds*. Paper presented at the 8th General Assembly of the World Future Society, Washington.

Catherine, Tallon-Baudry, Olivier, Bertrand, Franck, Peronnet, & Jacques, Pernier. (1998). Induced γ -Band Activity during the Delay of a Visual Short-Term Memory Task in Humans. *The Journal of Neuroscience*, *18*(11), 4244-4254.

Caton, Richard M.D. (1875). Electrical Currents of the Brain. *Journal of Nervous & Mental Disease*, *2*(4), 610.

Chapman, Robert M., Armington, John C., & Bragdon, Henry R. (1962). A quantitative survey of kappa and alpha EEG activity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *14*(6), 858–868.

Chen, Chih Hung, Yang, Jie Chi, Shen, Sarah, & Jeng, Ming Chang. (2007). A Desktop Virtual Reality Earth Moti

on System in Astronomy Education *Educational Technology & Society*, *10*(3), 289-304.

Cherrier, M.M., Asthana, S., Plymate, S., Baker, L., Matsumoto, A.M., Peskind, E., . . . Craft, S. (2001). Testosterone supplementation improves spatial and verbal memory in healthy older men. *Neurology*, *57* (1), 80-88.

Chiappa, K.H. (1985). Progress in topographic mapping of neuropsychological data: Comments. In F.H. Duffy (Ed.), *Topographic Mapping of Brain Electrical activity*. Boston Butter- worth Publishers.

Chino, Allan F., & Funabiki, Dean. (1984). A Cross-Validation of Sex Differences in the Expression of Depression *Sex Roles*, *11*.

Chipman, Karen. (1998). An investigation of sex differences on incidental memory for verbal and pictorial material. *Learning and Individual Differences*, *10*(4), 259–272.

Cho, Raymond Y, Ford, Judith M, Krystal, John H, Laruelle, Marc, Cuthbert, Bruce, & Carter, Cameron S. (2005). Functional Neuroimaging and Electrophysiology Biomarkers for Clinical Trials for Cognition in Schizophrenia. *Schizophr Bull*, *31* (4), 865-869.

Choppin, A. (2000). *EEG-Based Human Interface for Disabled Individuals: Emotion Expression with Neural Networks*. Master thesis Information processing, Yokohama, Japan.

Chua, Romeo, Carson, Richard G, Goodman, David, & Elliott, Digby. (1992). Asymmetries in the spatial localization of transformed targets. *Brain and Cognition*, 20(2), 227-235.

Cobb, M.H. (1999). MAP kinase pathways. *Prog Biophys Mol Biol*, 71 479–500.

Cochin, S., Barthelemy, C., Roux, S., & Martineau, J. (2001). Electroencephalographic activity during perception of motion in childhood. *European Journal of Neuroscience*, 13(9), 1791–1796.

Colin, Martindale. (1999). Biological bases of creativity. In R.J.Stenberg (Ed.), *Handbook of creativity Personality and individual differences* (Vol. 5, pp. 77-86).

Colom, Roberto, & García-López, Oscar. (2002). Sex differences in fluid intelligence among high school graduates. *Personality and Individual Differences*, 13(3), 445-451.

Colom, Roberto, Quiroga, María Ángeles, & Juan-Espinosa, Manuel. (1999). Are cognitive sex differences disappearing? Evidence from Spanish populations. *Personality and Individual Differences*, 27(6), 1189-1195.

Conci, M., M.A.Elliott, Müller, H.J., Wendt, J., & C.Becker. (2004). The dynamics of operations in visual memory: A review of conclusions drawn from evidence for oscillatory priming. *Experimental Psychology*, 51(4), 300–310.

Cooper, N.R., Croft, R.J., Dominey, S.J.J., Burgess, A.P., & J.H., Gruzelier. (2003). Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses. *Int. J. Psychophysiol*, 47, 65–74.

Corballis, Michael C. (1997). Mental Rotation and the Right Hemisphere. *Brain and Language*, 57(1), 100-121.

Corballis, Michael C., & Sidey, Susan. (1993). Effects of concurrent memory load on visual-field differences in mental rotation. *Neuropsychologia*, *31*(2), 183–197.

Corbetta, Maurizio, & Shulman, Gordon L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*, 201-215.

Corsi-cabrera, M., Herrera, P., & Malvido, M. (1989). Cognitive abilities: sex differences. *Int. J. Neurosci.*, *45*, 133-141.

Corsi-Cabrera, M., Ramos, J., Guevara, M.A., Arce, C., & GutiCrrez, S. (1993). Gender differences in the EEG during cognitive activity. *Int. J. Neurosci.*, *72*, 257-264.

Courten-Myers, GM. (1999). The human cerebral cortex: gender differences in structure and function. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, *58*, 217-226.

Craik, Fergus I.M., & Lockhart, Robert S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *11*(6), 671-684.

Crawford, H.J., Clarke, S.N., & Kitner-Triolo, M. (1996). Self-generated happy and sad emotions in low and highly hypnotizable persons during waking and hypnosis: Laterality and regional EEG activity differences. *International Journal of Psychophysiology*, *24*, 239-266.

Crick, F., & Koch, C. (1990b). Some reflections on virtual awareness. *Gold Spring Harbor*, *55*, 952- 963.

Croft, Rodney J., & Barry, Robert J. (2000). EOG correction of blinks with saccade coefficients: a test and revision of the aligned-artefact average solution. *Clinical Neurophysiology*, *111*(3), 444–451.

Croft, R.J., & Barry, R.J. (2000). Removal of ocular artifact from the EEG: a review

Retrait de l'artefact oculaire de l'EEG : synthèse. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *30*(1), 5–19.

Daniel, R.S. (1967). Alpha and theta EEG in vigilance. *Perceptual and Motor Skills*, 25, 697-703.

Daniela, Ostatníková, Jolana, Laznibatová, & Monika, Dohnányiová. (1996). Testosterone influence on spatial ability in prepubertal children. *Studia Psychologica*, 38(4), 237-245.

Davidson, Richard J. (1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, 20 (1), 125–150.

Davidson, R.J., Pizzagalli, D., Nitschke, J.B., & Kalin, N.H. (2003). Parsing the subcomponents of emotion and disorders of emotion: perspectives from affective neuroscience. In Davidson R.J., Scherer K.R. & Goldsmith H.H. (Eds.), *Handbook of Affective Sciences* (pp. 8–24). New York: Oxford Univ. Press.

Davidson, Richard J., Schwartz, Gary E., Pugash, Eric, & Bromfield, Edward. (1976). Sex differences in patterns of EEG asymmetry. *Biological Psychology*, 4(2), 119–137.

Dawson, Geraldine. (1994). FRONTAL ELECTROENCEPHALOGRAPHIC CORRELATES OF INDIVIDUAL DIFFERENCES IN EMOTION EXPRESSION IN INFANTS: A BRAIN SYSTEMS PERSPECTIVE ON EMOTION. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59(2-3), 135–151.

Decety, Jean. (1996). The neurophysiological basis of motor imagery. *Behavioural Brain Research*, 77(1–2), 45–52.

Denckla, Martha Bridge. (1974). Development of Motor Co-ordination in Normal Children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 16(6), 729-741.

DENNIS, J., McFARLAND, A., LEFKOWICZ, TODD, & WOLPAW, JONATHAN R. (1997). Design and operation of an EEG-based brain-computer interface with digital signal processing technology. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 29(3), 337-345.

Desmedt, J.E., & Tomberg, C. (1994). Transient phase-locking of 40 Hz electrical oscillations in prefrontal and parietal human cortex reflects the process of conscious somatic perception. *Neuroscience Letters*, *168*, 126–129.

Deutsch, G., Papanicolaou, A., Bourbon, T., & Eisenberg, H.M. (1988). Cerebral blood flow evidence of right cerebral activation in attention demanding tasks. *International Journal of Neuroscience*, *36*, 23-28.

Difede, Joann, & Hoffman., Hunter G. (2002). Virtual Reality Exposure Therapy for World Trade Center Post-traumatic Stress Disorder: A Case Report. *CyberPsychology & Behavior*, *5*(6), 529-535.

Dijk, Hanneke van, Schoffelen, Jan-Mathijs, Oostenveld, Robert, & Jensen, Ole. (2008). Prestimulus Oscillatory Activity in the Alpha Band Predicts Visual Discrimination Ability. *The Journal of Neuroscience*, *28*(8), 1816-1823.

Dinh, H.G., Walker, N., & Hodges, L.F. (1999). *Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments*. . Paper presented at the IEEE Virtual Reality Conference, Los Alamitos.

Dolana, Conor V., Sluis, Sophie, Posthuma, Danielle, Geus, Eco J.C., Colom, Roberto, & Boomsma, Dorret I. (2005). Sex differences on the Dutch WAIS-III. *Intelligence*, *34* (3), 273–289.

Dolce, G., & Waldeier, H. (1974). Spectral and multivariate analysis of EEG changes during mental activity in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *36*, 577–584.

Donchin, E., Callaway, E., Cooper, R., Desmedt, J.E., W.R., Goff, S.A., Hillyard, & S., Sutton. (1977). Publication criteria for studies of evoked potentials (EP) in man. Report of the Methodology Committee. In J.E. Desmedt (Ed.), *Attention, Voluntary Contraction and Event-related Cerebral Potentials* (pp. 1-11). Basel: Prog. clin. Neurophysiology.

Donchin, E., Kutas, M., & McCarthy, G. (1977). Electrocortical indices of hemispheric utilization. In S. Harnad, R. Doty, L. Goldstein, J. Jaynes & G. Krauthamer (Eds.), *Lateralization in the nervous system*. (pp. 339–384). New York: Academic Press.

Donner, T.H., Siegel, M., Oostenveld, R., Fries, P., Bauer, M., & Engel, A.K. (2007). Population activity in the human dorsal pathway predicts the accuracy of visual motion detection. *J. Neurophysiol.*, *98*, 345–359.

Doreen, Kimura (Ed.). (1999). *Sex and Cognition* Cambridge Massachusetts London England: MIT Press.

Dow, C.W. (1952). The Development of Listening Comprehension Tests for Michigan State College Freshmen *unpublished doctoral dissertation*.

Dow, C.W. (1953). *The development of listening comprehension tests for Michigan State College freshmen*. Michigan.

DRIESEN, NAOMI R., & RAZ, NAFIALI. (1995). The influence of sex, age, and handedness on corpus callosum morphology: A meta-analysis *Psychobiology*, *23*(3), 240-247.

Driscoll, Ira, Hamilton, Derek A., Petropoulos, Helen, Yeo, Ronald A., Brooks, William M., Baumgartner, Richard N., & Sutherland, Robert J. (2003). The Aging Hippocampus: Cognitive, Biochemical and Structural Findings. *Cereb. Cortex*, *13*(12), 1344-1351.

Driscoll, I., Hamilton, D.A., Petropoulos, H., Yeo, R.A., Brooks, W.M., Baumgartner, R.N., & Sutherland, R.J. (2003). The aging hippocampus: cognitive, biochemical and structural findings. *Cereb. Cortex*, *13*, 1344– 1351.

Driscoll, Ira, Hamilton, Derek A., Yeo, Ronald A., Brooks, William M., & Sutherland, Robert J. (2005). Virtual navigation in humans: the impact of age, sex, and hormones on place learning. *Hormones and Behavior*, *47*, 326-335.

Driscoll, I., & Sutherland, R.J. (2005). The Aging Hippocampus: Navigating Between Rat and Human Experiments. *Reviews in the Neurosciences*, *16*(2), 87-122.

Dubois, P.H. (1939). The sex difference on the colour-naming test. *American Journal of Psychology*, 52, 380.

Duffy, Frank H, Bartels, Peter H, & Burchfiel, James L. (1981). Significance probability mapping: An aid in the topographic analysis of brain electrical activity

Cartographie de probabilité de significativité: aide à l'analyse topographique de l'activité électrique cérébrale. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 51(5), 455–462.

DUNBAR, KEVIN, & SUSSMAN, DEBRA. (1995). Toward a Cognitive Account of Frontal Lobe Function: Simulating Frontal Lobe Deficits in Normal Subjects. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769, 29-304.

Durlach, N.I. (1995). *Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges* (A.S. Mavor ed.). Washington.

Eals, M., & Silverman, I. (1994). The hunter-gatherer theory of spatial sex differences: proximate factors mediating the female advantage in recall of object arrays. *Ethol Sociobiol*, 15, 95–105.

Eberhart, R C, & Kizakevich, P N. (1993). *Determining physiological effects of using VR equipment*. Paper presented at the First Annual Conference Virtual Reality and Persons with Disabilities.

Eddings, J. (1994). *How the Internet works*: Ziff-Davis Press.

Edwards, GW., Barfield, W., & Nussbaum, MA. (2004). The use of force feedback and auditory cues for performance of an assembly task in an immersive virtual environment. *Virtual Reality*, 7, 112-119.

Egbert, Jürgens, Frank, Rösler, Erwin, Hennighausen, & Martin, Heil. (1995). Stimulus-induced gamma oscillations: Harmonics of alpha activity? *International Journal for the Rapid Communication of Research in Neuroscience* 6(5), 813-816.

Ekman, P., & Friesen, W.V. (1976). Pictures of facial affect. Palo Alto. *Consulting Psychologists Press*.

Ekstrom, Arne D., Caplan, Jeremy B., Ho, Emily, Shattuck, Kirk, Fried, Itzhak, & Kahana, Michael J. (2005). Human hippocampal theta activity during virtual navigation. *Hippocampus*, 15(7), 881–889.

Elliott, M.A., & Müller, H.J. (2000). Evidence for a 40Hz oscillatory short-term visual memory revealed by human reaction-time measurements. *Journal of Experimental Psychology Learning, Memory and Cognition*, 26(3), 703–718.

Ellis, S.R. (1995). *Origins and Elements of Virtual Environments*. New York: Oxford University Press.

Engel, Andreas K., & Singer, Wolf. (2001). Temporal binding and the neural correlates of sensory awareness. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 16–25.

ERNEST, CAROLE H., & PAIVIO, ALLAN. (1971). IMAGERY AND SEX DIFFERENCES IN INCIDENTAL RECALL. *British Journal of Psychology. General Section*, 62(1), 67–72.

Farah, Martha J. (1989). The neural basis of mental imagery. *Trends in Neurosciences*, 12(10), 395–399.

Farah, M.J. (1989). The neural basis of mental imagery. *Trends Neurosci*, 12 (10), 395 -399.

Farrer, C., Franck, N., Georgieff, N., Frith, C.D., & Decety, J. (2003). Jeannerod Modulating agency: A PET study. *Neuroimage*, 18, 324–333.

Farrer, C., & Frith, C.D. (2002). Experiencing Oneself vs Another Person as Being the Cause of an Action: The Neural Correlates of the Experience of Agency. *NeuroImage*, 15(3), 596–603.

Field, Tiffany, Ironson, Gail, Scafidi, Frank, Nawrocki, Tom, Goncalves, Alex, Burman, Iris, . . . Kuhn, Cynthia. (1996). Massage Therapy Reduces Anxiety and Enhances Eeg Pattern of Alertness and Math Computations. *International Journal of Neuroscience*, 86(3-4), 197-205.

Filipek, Pauline A., Richelme, Christian, Kennedy, David N., & Jr, Verne S. Caviness. (1994). The Young Adult Human Brain: An MRI-based Morphometric Analysis. *Cereb. Cortex*, 4 (4), 344-360.

Finegan, J.K., Bartleman, B., & Wong, P.Y. (1991). A window for the study of prenatal sex hormone influences on postnatal development. *The Journal of Genetic Psychology*, 150, 101–112.

Finnigan, Simon, & Robertson, Ian H. (2011). Resting EEG theta power correlates with cognitive performance in healthy older adults. *Psychophysiology*, 48(8), 1083–1087.

Fitzgibbon, S.P, Pope, K.J, Mackenzie, L, Clark, C.R, & Willoughby, J.O. (2004). Cognitive tasks augment gamma EEG power. *Clinical Neurophysiology*, 115(8), 1802–1809.

Ford, A. (1954). Bioelectric potentials and mental effort: II. Frontal lobe effects. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 47, 28-30.

Fournier, Lisa R, Wilson, Glenn F, & Swain, Carolyne R. (1999). Electrophysiological, behavioral, and subjective indexes of workload when performing multiple tasks: manipulations of task difficulty and training. *International Journal of Psychophysiology*, 31(2), 129–145.

Francis, Crick, & Christof, Koch. (1990). Towards a neurobiological theory of consciousness. *Seminars in the neurosciences*, 2, 263-275.

FrancoisTadel, Baillet, Sylvain, Mosher, John C., Pantazis, Dimitrios, & Leahy, Richard M. (2011). Brainstorm: A User-Friendly Application for MEG/EEG Analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011.

Freeman, D., & Garety, P.A. (2000). Cognitive therapy for an individual with a long-standing persecutory delusion: incorporating emotional processes into a multi-factorial perspective on delusional beliefs. In T. Morrison (Ed.), *From Theory to Practice: A Casebook of Cognitive Therapy for Psychosis*: Chichester.

Freeman, Daniel, Garety, Philippa A., & Phillips, Mary L. (2000). An examination of hypervigilance for external threat in individuals with generalized anxiety disorder and individuals with persecutory delusions using visual scan paths. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 53(2), 549-567.

Freeman, Jonathan, Avons, S. E., Pearson, Don E., & IJsselsteijn, Wijnand A. (1999). Effects of Sensory Information and Prior Experience on Direct Subjective Ratings of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(1), 1-13.

Freeman, MJ., & Harper, GW. (1999). Interactive computer system for providing an interactive presentation with personalized video, audio and graphics responses for multiple viewers. *US Patent*(5), 86-881.

Frost, Julie A., Binder, Jeffrey R., Springer, Jane A., Hammeke, Thomas A., Bellgowan, Patrick S.F., Rao, Stephen M., & Cox, Robert W. (1999). Language processing is strongly left lateralized in both sexes Evidence from functional MRI. *Brain*, 122 (2), 199-208.

Fuster, J.M. (1989). *The prefrontal cortex: anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe* (2nd edition ed.). New York: Raven.

Galea, Liisa A.M., & Kimura, Doreen. (1993). Sex differences in route-learning. *Personality and Individual Differences*, 14(1), 53–65.

Garcia-Palacios, A, Hoffman, H, Carlin, A, Furness, T.A, & Botella, C. (2002). Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study *Behaviour Research and Therapy*, 40(9), 983–993.

Gasser, Theo, Jennen-Steinmetz, Christine, & Verleger, Rolf. (1987). EEG coherence at rest and during a visual task in two groups of children *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67(2), 151–158.

Gazit, Elhanan, Yair, Yoav, & Chen, David. (2005). Emerging Conceptual Understanding of Complex Astronomical Phenomena by Using a Virtual Solar System. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5-6,), 459-470.

George, MS., Parekh, PI., Willis, M., Lalonde, F., Ketter, TA., & Post, RM. (1995a). Regional brain activity associated with the state of sadness: An fMRI study in healthy controls. *APAN Res Abstr*, 522.

George, Mark S., Ketter, Terence A., Parekh, Priti I., Herscovitch, Peter, & Post, Robert M. (1996). Gender differences in regional cerebral blood flow during transient self-induced sadness or happiness *Biological Psychiatry*, 40(9), 859–871.

George, M.S., Ketter, T.A., Parekh, P.I., Horwitz, B., Herscovitch, P., & Post, R.M. (1995). Brain activity during transient sadness and happiness in healthy women. *American Journal of Psychiatry*, 152(3), 341-351.

Georgopoulos, Apostolos P., Whang, Kenneth, Georgopoulos, Maria-Alexandra, Tagaris, Georgios A., Amirikian, Bagrat, Richter, Wolfgang, . . . Uğurbil, Kâmil. (2001). Functional Magnetic Resonance Imaging of Visual Object Construction and Shape Discrimination: Relations among Task, Hemispheric Lateralization, and Gender. *Journal of Cognitive Neuroscience* 13(1), 72-89.

Gerlic, Ivan, & Jausovec, Norbert. (2001). Differences in EEG Power and Coherence Measures Related to the Type of Presentation: Text versus Multimedia. *Journal of Educational Computing Research*, 23(2), 177 - 195

Gert, Pfurtscheller, & Christa, Neuper. (1992). Simultaneous EEG 10 Hz desynchronization and 40 Hz synchronization during finger movements. *Neuroreport*, 3.

Geschwind, N., & Galaburda, A. (1987). *Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology*. Cambridge: MIT Press.

Gevins, Alan, Smith, Michael E., Leong, Harrison, McEvoy, Linda, Whitfield, Susan, Du, Robert, & Rush, Georgia. (1998). Monitoring Working Memory Load during Computer-Based Tasks with EEG Pattern Recognition Methods. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40 (1), 79-91.

Gevins, A, Smith, M E, McEvoy, L, & Yu, D. (1997). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. . *Cereb. Cortex*, 7(4), 374-385.

Glass, A. (1964). Mental arithmetic and blocking of the occipital alpha rhythm Calcul mental et blocage du rythme alpha occipital *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 16(6), 595–603.

Glass, A. (1968). Intensity of attenuation of alpha activity by mental arithmetic in females and males. *Physiology & Behavior*, 3(2), 217–220.

Glass, A. (1984). Cognitive and EEG asymmetry. *Biol. Psychol.*, 19, 213-217.

Glass, Alan, Butler, Stuart R., & Carter, John C. (1984). Hemispheric asymmetry of EEG alpha activation: Effects of gender and familial handedness. *Biological Psychology*, 19(3-6), 169–187.

Goff, W.R., Matsumiya, Y., Allison, T., & Goff, G.D. (1969). Cross-modality comparisons of averaged evoked potentials. In E. Donchin & D.B. Lindsley (Eds.), *Average evoked potentials. Methods, results, and evaluations* (pp. 95--141). Washington: NASA.

Goldman-Rakic, P.S. (1987). Development of cortical circuitry and cognitive function. *Child Development*, 58, 601– 622.

Goldstein, Jill M., Jerram, Matthew, Poldrack, Russell, Ahern, Todd, Kennedy, David N., Seidman, Larry J., & Makris, Nikos. (2005). Hormonal Cycle Modulates Arousal Circuitry in Women Using Functional Magnetic Resonance Imaging. *The Journal of Neuroscience*, 25(40), 9309-9316.

Goldstein, Jill M., Seidman, Larry J., Goodman, Julie M., Koren, Danny, Lee, Hang, Weintraub, Sandra, & Tsuang, Ming T. (1998). Are There Sex Differences in Neuropsychological Functions Among Patients With Schizophrenia? *The American Journal of Psychiatry*, 155, 1358-1364.

Gonçalves, Manuel. (2005). Adeno-associated virus: from defective virus to effective vector. *Virology Journal*, 2(43).

Gouchie, Catherine, & Kimura, Doreen. (1991). The relationship between testosterone levels and cognitive ability patterns. *Psychoneuroendocrinology*, 16(4), 323–334.

Gould, SJ. (1996). *The mismeasure of man Norton*. New York: WW Norton & Company.

Gratch, J., & Marsella, S. (2001). *Tears and Fears: Modeling Emotions and Emotional Behaviors in Synthetic Agents*. Paper presented at the Fifth International Conference on Autonomous Agents, Canada Montreal.

Greenleaf, Walter J., & Tovar, María A. (1994). Augmenting reality in rehabilitation medicine. *Artificial Intelligence in Medicine*, 6(4), 289–299.

Gron, G., Wunderlich, A.P., Spitzer, M., Tomczak, R., & Riepe, M.W. (2000). Brain activation during human navigation: Gender difference neural networks as substrate of performance. *Nature Neuroscience*, 3, 404– 408.

Gross, Joachim, Schmitz, Frank, Schnitzler, Irmtraud, Kessler, Klaus, Shapiro, Kimron, Hommel, Bernhard, & Schnitzler, Alfons. (2004). Modulation of long-range neural synchrony reflects temporal limitations of visual attention in humans. *PNAS*, 101(35).

Grossi, D., Orsini, A., Monetti, C., & Michele, G. De. (1979). Sex differences in children's spatial and verbal memory span. *Cortex*, 15, 667-670.

Gruber, T., Muller, MM., Keil, A., & Elbert, T. (1999). Selective visual-spatial attention alters induced gamma band responses in the human EEG *Clin Neurophysiol* 110, 2074-2208.

Gruber, Thomas, & Müller, Matthias M. (2005). Oscillatory Brain Activity Dissociates between Associative Stimulus Content in a Repetition Priming Task in the Human EEG. *Cerebral Cortex*, 15(1), 109-116.

Guillem, François, & Mograss, Melodee. (2005). Gender differences in memory processing: Evidence from event-related potentials to faces. *Brain and Cognition*, 57(1), 84–92.

Gundel, Alexander, & Wilson, Glenn F. (1992). Topographical changes in the ongoing EEG related to the difficulty of mental tasks. *Brain Topography*, 5(1), 17-25.

Gundel, Alexander, Wilson, Glenn F., & N., Paul. (1992). Topographical Changes in the Ongoing EEG Related to the Difficulty of Mental Tasks. *Brain Topography*, 5(1).

Güntekin, Bahar, & Basar, Erol. (2007). Emotional face expressions are differentiated with brain oscillations. *International Journal of Psychophysiology*, 64(1), 91–100.

Gur, RC., Gur, RE., Obrist, WD., Hungerbuhler, JP., Younkin, D., Rosen, AD., . . . Reivich, M. (1982). Sex and handedness differences in cerebral blood flow during rest and cognitive activity. *Brain Asymmetry*, 217.

Gur, Ruben C., Alsop, David, Glahn, David, Petty, Richard, Swanson, Charlie L., Maldjian, Joseph A., . . . Gur, Raquel E. (2000). An fMRI Study of Sex Differences in Regional Activation to a Verbal and a Spatial Task *Brain and Language*, 74(2), 157–170.

Gur, Ruben C., Turetsky, Bruce I., Matsui, Mie, Yan, Michelle, Bilker, Warren, Huggett, Paul, & Gur, Raquel E. (1999). Sex Differences in Brain Gray and White Matter in Healthy Young Adults: Correlations with Cognitive Performance. *The Journal of Neuroscience*, 19(10), 4065-4072.

Gur, Raquel E., Skolnick, Brett E., Gur, Ruben C., Caroff, Stanley, Rieger, Wolfram, Obrist, Walter D., . . . Reivich, Martin. (1983). Brain Function in Psychiatric Disorders. I. Regional Cerebral Blood Flow in Medicated Schizophrenics. *Arch Gen Psychiatry*, 40(11), 1250-1254.

Gutierrez, S., & Corsi-cabrera, M. (1988). EEG Activity During Performance of Cognitive Tasks Demanding Verbal and/or Spatial Processing. *International Journal of Neuroscience*, 42(1-2), 149-155.

Habib, M., Gayraud, D., Oliva, A., Regis, J., Salamon, G., & Khalil, R. (1991). Effects of handedness and sex on the morphology of the corpus callosum: A study with brain magnetic resonance imaging *Brain and Cognition*, 16(1), 41–61.

Haier, R.I., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M.S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16, 415-426.

Haier, Richard J., Jr., Benjamin V. Siegel, MacLachlan, Andrew, Soderling, Eric, Lottenberg, Stephen, & Buchsbaum, Monte S. (1992). Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study. *Brain Research*, 570(1-2), 134–143.

Hall, Lynne, Woods, Sarah, Aylett, Ruth, Newall, Lynne, & Paiva, Ana. (2005). Achieving Empathic Engagement Through Affective Interaction with Synthetic Characters. *Lecture Notes in Computer Science*, 3784, 731-738.

Halliday, A.M., Barrett, G., Halliday, E., & Michael, W.F. (1977). The topography of the pattern evoked potential. In J.E. Desmedt (Ed.), *Visual Evoked Potentials in Man: New Developments*. (pp. 121-133). Oxford: Clarendon Press.

Halpern, D.F. (1992). *Sex differences in cognitive abilities* Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Halpern, D. (2000). *Sex differences in cognitive abilities*: Lawrence Erlbaum Associates.

Hamilton, C. (2008). *Cognition and sex differences*. New York: Palgrave Macmillan.

Hamilton, Derek A, Driscoll, Ira, & Sutherland, Robert J. (2002). Human place learning in a virtual Morris water task: some important constraints on the flexibility of place navigation. *Behavioural Brain Research*, 129(1–2), 159–170.

Hamilton, Derek A., & Sutherland, Robert J. (1999). Blocking in human place learning: Evidence from virtual navigation. *Psychobiology*, 27(4), 453-461.

Harlan, William L., White, Philip T., & Bickford, Reginald G. (1958). Electric activity produced by eye flutter simulating frontal electroencephalographic rhythms *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10(1), 164–169.

Harris, Christine R. (2000). Psychophysiological responses to imagined infidelity: The specific innate modular view of jealousy reconsidered. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(6), 1082-1091.

Harshman, Richard A., Hampson, Elizabeth, & Berenbaum, Sheri A. (1983). Individual differences in cognitive abilities and brain organization: I. Sex and handedness differences in ability. . *Canadian Journal of Psychology*, 37(1), 144-192.

HARTLAGE, LAWRENCE C. (1970). SEX-LINKED INHERITANCE OF SPATIAL ABILITY *Perceptual and Motor Skills*, 31.

Hausmann, Markus, BEHRENDT-KÖRBITZ, Simone, Kautz, Heike, Lamm, Christina, Radelt, Frauke, & GÜNTÜRKÜN, Onur. (1998). Sex differences in oral asymmetries during wordrepetition. *Neuropsychologia*, 36(12), 1397–1402.

Hausmann, Markus, & Güntürkün, Onur. (1999). Sex Differences in Functional Cerebral Asymmetries in a Repeated Measures Design. *Brain and Cognition*, 41(3), 263–275.

Healy, MJ, & Caudell, TP. (1997). Acquiring rule sets as a product of learning in a logical neural architecture. *Neural Networks*, 8(3).

Hedges, Larry V., & Nowell, Amy (1995). Sex differences in mental test scores, variability, and numbers of high-scoring individuals. *Science*, 270.

Heeter, C. (1992). Being There: The Subjective Experience of Presence, Telepresence, Presence: Teleoperators and Virtual Environments,. *MIT Press*, 1(2), 262-271.

Heim, M. (1993). *The Metaphysics of Virtual Reality*: Oxford University Press.

Heller, Wendy, Nitschke, Jack B, Etienne, Marci A, & Miller, Gregory A. (1997). Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety. *Journal of Abnormal Psychology*, 106(3), 376-385.

Hendrix, C., & Barfield, W. (1996a). Presence within Virtual Environments as a Function of Visual Display Parameters. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5(3), 274-289.

Hendrix, C., & Barfield, W. (1996b). The Sense of Presence within Auditory Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5(3), 290-301.

HERLITZ, AGNETA, NILSSON, LARS-GORAN, & BACKMAN, LARS. (1997). Gender differences in episodic memory. *Memory & Cognition*, 25(6), 801-811.

Herrmann, Douglas J., Crawford, Mary, & Holdsworth, Michelle. (1992). Gender-linked differences in everyday memory performance. *British Journal of Psychology*, 83(2), 221–231.

Hervé, Pierre-Yves, Crivello, Fabrice, Perchey, Guy, Mazoyer, Bernard, & Tzourio-Mazoyer, Nathalie. (2006). Handedness and cerebral anatomical asymmetries in young adult males. *NeuroImage*, 29(5), 1066–1079.

Hines, David, & Satz, Paul. (1974). Cross-modal asymmetries in perception related to asymmetry in cerebral function *Neuropsychologia*, 12(2), 239–247.

Hines, M. (1990). Gonadal hormones and human cognitive development. In J. Balthazart (Ed.), *Brain and behaviour in vertebrates 1: sexual differentiation, neuroanatomical aspects, neurotransmitters and neuropeptides* (pp. 51-63). Karger: Basel.

Hines, M., & Harlan, Cameron. (1920). *Public school publicity in the United States*. University of Iowa. Retrieved from <http://ir.uiowa.edu/etd/4164>

Hinterberger, T., Widman, G., Lal, TN., Hill, J., Tangermann, M., & Rosenstiel, W. (2008). Voluntary brain regulation and communication with electrocorticogram signals. *Epilepsy Behav* 13, 300–306.

Hoagland, H., Cameron, D. E., Rubin, J., & Tegelberg, J. (1983b). Emotion in man as Tested by the Delta Index of the Electroencephalogram: II. Simultaneous Records

from Cortex and from a Region Near the Hypothalamus. *The Journal of General Psychology*, 19(2).

Hoffman, Hunter G., Garcia-Palacios, Azucena, Carlin, Albert, III, Thomas A. Furness, & Botella-Arbona, Cristina. (2003). Interfaces That Heal: Coupling Real and Virtual Objects to Treat Spider Phobia. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 16(2).

Hoffman, Hunter G., Garcia-Palacios, Azucena, Kapa, Veronica, Beecher, Jennifer, & Sharar, Sam R. (2003). Immersive Virtual Reality for Reducing Experimental Ischemic Pain. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 15(3), 469-486.

Hoffman, Hunter G., Garcia-Palacios, Azucena, Patterson, David R., Jensen, Mark, III, Thomas Furness, & Jr., William F. Ammons. (2001). The Effectiveness of Virtual Reality for Dental Pain Control: A Case Study *CyberPsychology & Behavior*, 4(4), 527-535.

Hoffman, Hunter G., Patterson, David R., & Carrougner, Gretchen J. (2000). Use of Virtual Reality for Adjunctive Treatment of Adult Burn Pain During Physical Therapy: A Controlled Study. *Clinical Journal of Pain*, 16 (3), 244-250.

Hoffman, Hunter G., Patterson, David R., Carrougner, Gretchen J., & Sharar, Sam R. (2001). Effectiveness of Virtual Reality–Based Pain Control With Multiple Treatments. *Clinical Journal of Pain*, 17 (3), 229-235.

Hoffman, Hunter G., Richards, Todd, Coda, Barbara, Richards, Anne, & Sharar., Sam R. (2003). The Illusion of Presence in Immersive Virtual Reality during an fMRI Brain Scan. *CyberPsychology & Behavior*, 6(2), 127-131.

Hoffman, H.G., Sharar, S.R., Everett, J.J., Blough, D., Ciol, M., Richards, T., & Code, B. (2003). *The influence of manipulating presence on the magnitude of virtual reality analgesia*: Manuscript submitted for publication.

Holding, Carol S., & Holding, Dennis H. (1989). Acquisition of Route Network Knowledge by Males and Females. *The Journal of General Psychology*, 116(1).

Holding, Carol S., & Holding, Dennis H. (1989). Acquisition of Route Network Knowledge by Males and Females. *The Journal of General Psychology*, 116(1), 29-41.

Honey, GD., Fletcher, PC., & Bullmore, ET. (1990). Functional brain mapping of psychopathology. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 53, 150-160

Hough, Monica S., Daniel, Hal J., Snow, Michel A., O'Brien, Kevin F., & Hume, W.Garrett. (1994). Gender differences in laterality patterns for speaking and singing. *Neuropsychologia*, 32(9), 1067–1078.

Howard, Marc W., Rizzuto, Daniel S., Caplan, Jeremy B., Madsen, Joseph R., Lisman, John, Aschenbrenner-Scheibe, Richard, . . . Kahana, Michael J. (2003). Gamma Oscillations Correlate with Working Memory Load in Humans. *Cereb. Cortex*, 13 (12), 1369-1374.

Hyde, Janet S., & Linn, Marcia C. . (1988). Gender differences in verbal ability: A meta-analysis. . *Psychological Bulletin*, 104(1), 53-69.

Lawton C. (1994). Gender Differences in Way-Finding Strategies: Relationship to Spatial Ability and Spatial Anxiety. *Sex roles*, 30.

Iaccino, J.F. (1993). *Left brain-right brain differences: Inquiries, evidence, and news approaches.*: Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Iachini, Tina, Sergi, Ida, Ruggiero, Gennaro, & Gnisci, Augusto. (2005). Gender differences in object location memory in a real three-dimensional environment. *Brain and Cognition*, 59(1), 52–59.

Ijsselstein, Wijnand, Ridder, Huib de, Hamberg, Roelof, Bouwhuis, Don, & Freeman, Jonathan. (1998). Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV. *Displays*, 18(4), 207–214.

information, Wolfgang KlimeschCorresponding author contact. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2–3,), 169–195.

- Inglis, J., Ruckman, M., Lawson, J. S., MacLean, A. W., & Monga, T. N. . (1982). Sex differences in the cognitive effects of unilateral brain damage. *Cortex*, *18*, 257–276.
- Ishihara, T., & Yoshii, N. (1972). Multivariate analytic study of EEG and mental activity in Juvenile delinquents *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *33*(1), 71–80.
- Ishihara, T., & Yoshii, N. (1973). Theta rhythm in the mid-frontal region during mental work *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*.
- Jacobs, G. D., Benson, H., & Friedman, R. (1996). Topographic EEG mapping of the relaxation response. *Biofeedback and Self-Regulation*, *21*(2), 121–129.
- Jacobs, K.M., Gutnick, M.J., & Prince, D.A. (1996). Hyperexcitability in model of cortical maldevelopment. *Soc. Neurosci. Abstr.*, *22*(2102).
- Jardine, Rosemary, & Martin, N. G. (1983). Spatial ability and throwing accuracy. *Behavior Genetics*, *13*(4), 331-340.
- Jasper, H. H., & Andrews, H. L. (1938). BRAIN POTENTIALS AND VOLUNTARY MUSCLE ACTIVITY IN MAN. *Journal of Neurophysiology*, 87-100.
- Jausovec, N. (1997). Differences in EEG alpha activity between gifted and non - identified individuals: Insights into problem solving. *Gifted Child Quart*, *41*(1), 26-32.
- Jausovec, Norbert. (1997). Differences in EEG Activity During the Solution of Closed and Open Problems. *Creativity Research Journal*, *10*(4), 317-324.
- Jaušovec, Norbert. (1996). Differences in EEG alpha activity related to giftedness. *Intelligence*, *23*(3), 159–173.
- Jaušovec, Norbert. (1996). Differences in EEG alpha activity related to giftedness. *Intelligence*, *23*(3), 159–173.
- Jaušovec, Norbert. (1998). Are gifted individuals less chaotic thinkers? *Personality and Individual Differences*, *25*(2), 253–267.

Jausovec, Norbert, & Jausovec, Ksenija. (2000). Differences in Resting EEG Related to Ability. *Brain Topography*, 12(3).

Jaušovec, Norbert, & Jaušovec, Ksenija. (2000). Differences in event-related and induced brain oscillations in the theta and alpha frequency bands related to human intelligence. *Neuroscience Letters*, 293(3), 191–194.

Jaušovec, Norbert, & Jaušovec, Ksenija. (2000). EEG activity during the performance of complex mental problems. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 73–88.

Jensen, A.R. (Ed.). (1981). *Straight talk about mental tests*. . New York: Free Press.

Jensen, A.R. (Ed.). (1998). *The g factor: The science of mental ability* Westport: CT: Praeger/Greenwood.

Jensen, A.R., & Reynolds, C.R. (1983). Sex difference on the WISC-R. *Personality and Individual Differences*, 4, 223-226.

Jensen, Ole, & Lisman, John E. (1998). An Oscillatory Short-Term Memory Buffer Model Can Account for Data on the Sternberg Task. *The Journal of Neuroscience*, 18 (24), 10688-10699.

Jensen, Ole, & Tesche, Claudia D. (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European Journal of Neuroscience*, 15(8), 1395–1399.

Jerbi, K., Lachaux, JP., Diaye, N., Pantazis, D., Leahy, RM., Garnero, L., & Baillet, S. (2007). Coherent neural representation of hand speed in humans revealed by MEG imaging. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104, 7676–7681.

Johnson, Pamela, Heimann, Virginia, & O’Neill, Karen. (2001). The “wonderland” of virtual teams. *Journal of Workplace Learning*, 13(1), 24 - 30.

Joliot, M., Ribary, U., & Llinas, R. (1994). *Human oscillatory brain activity near 40 Hz coexists with cognitive temporal binding*. Paper presented at the National Academy of Sciences, U.S.A.

Jonathan, Freeman, E., Avons S., & R, Meddis. (2000). Using Behavioral Realism to Estimate Presence: A Study of the Utility of Postural Responses to Motion Stimuli *Presence*, 9(2).

Jones, Eddie Harmon, & Beer, Jennifer S. (2009). *Methods in Social Neuroscience: The Guilford Press*.

Juarez, J., & Corsi-Cabrera, M. (1995). Sex differences in intrahemispheric correlation and spectral power of EEG activity. *Brain Research Bulletin*, 38, 149–151.

Just, Nancy, Abramson, Lyn Y, & Alloy, Lauren B. (2001). Remitted depression studies as tests of the cognitive vulnerability hypotheses of depression onset: A critique and conceptual analysis. *Clinical Psychology Review*, 21(1), 63-83.

Kahana, Michael J. (2006). The Cognitive Correlates of Human Brain Oscillations. *The Journal of Neuroscience*, 26(6), 1669–1672.

Kahana, Michael J. (2006). The Cognitive Correlates of Human Brain Oscillations. *The Journal of Neuroscience*, 26(6), 1669-1672.

Kahana, M.J., Seelig, D., & Madsen, J.R. (2001). Theta returns. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 11, 739 - 744.

Kahana, Michael J., Sekuler, Robert, Caplan, Jeremy B., Kirschen, Matthew, & Madsen, Joseph R. (1999). Human theta oscillations exhibit task dependence during virtual maze navigation. *Nature*, 399, 781-784.

Kandel, E., Schwartz, J., & Jessell, T. (2003). *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Kastner, Sabine, Pinsk, Mark A., Weerd, Peter De, Desimone, Robert, & Ungerleider, Leslie G. (1999). Increased Activity in Human Visual Cortex during Directed Attention in the Absence of Visual Stimulation. *Neuron*, 22(4), 751–761.

Keil, Andreas, Müller, Matthias M., Ray, William J., Gruber, Thomas, & Elbert, Thomas. (1999). Human Gamma Band Activity and Perception of a Gestalt *The Journal of Neuroscience*, 19(16), 7152-7161.

Kemp, A.H, Silberstein, R.B, Armstrong, S.M, & Nathan, P.J. (2004). Gender differences in the cortical electrophysiological processing of visual emotional stimuli. *NeuroImage*, 21(2), 632–646.

Kennedy, J.L., David, N., Gottsdanker, R.M., Armington, J.Cand, & Gray, F.E. (1949). Some bioelectric characteristics of the kappa rhythm. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1(255).

KENNEDY, J.L., GOTTSDANKER, R.M., ARMINGTON, J.C., & F.E.GRAY. (1949b). The kappa rhythm and problemsolving behavior. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1(516).

Kennedy, John L., Gottsdanker, Robert M., Armington, John C., & Gray, Florence E. (1948). A new electroencephalogram associated with thinking., 108, 527-529.

Kesler/West, Marilyn L., Andersen, Anders H., Smith, Charles D., Avison, Malcolm J., Davis, C.Ervin, Kryscio, Richard J., & Blonder, Lee X. (2001). Neural substrates of facial emotion processing using fMRI. *Cognitive Brain Research*, 11(2), 213–226.

Killgore, William D. S., Yurgelun-Todd, & A., Deborah. (2001). Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect. *Neuroreport*, 12 (11), 2543-2547.

Kiloh, L.G., McComas, A.J., & Osselton, J.W. (Eds.). (1972). *Clinical Electroencephalography*. London: Butterworth.

Kimura, Doreen. (1966). Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. *Neuropsychologia*, 4(3), 275–285.

KIMURA, D. (1980). Sex differences in intrahemispheric organization of speech. *Behav.Bruin Sci.*, 3, 240-241.

Kimura, D. (1987). Are men's and women's brains really different? *Can Psychol* 28(2), 133 – 147.

Kimura, D. (1992). Sex differences in the brain. *Scientific American*.

Kimura, Doreen. (1994). Body asymmetry and intellectual pattern. *Personality and Individual Differences*, 17(1), 53–60.

Kimura, Doreen. (1996). Sex, sexual orientation and sex hormones influence human cognitive function. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 259–263.

Kimura, D. (2002). Sex hormones influence human cognitive pattern. *Neuroendocrinol. Lett*, 23(4), 67–77.

Kimura, D., & Hampson, E. (1993). Neural and hormonal mechanisms mediating sex differences in cognition. In P.A. Vernon (Ed.), *Biological Approaches to the Study of Human Intelligence* (pp. 375 – 397). Norwood: Ablex

Kimura, Doreen, & Hampson, Elizabeth. (1994). Cognitive Pattern in Men and Women Is Influenced by Fluctuations in Sex Hormones. *Current Directions in Psychological Science*, 3(2), 57-61.

Kimura, Doreen, & Harshman, Richard A. (1984). Sex Differences in Brain Organization for Verbal and Non-Verbal Functions. *Progress in Brain Research*, 61, 423–441.

King, W.H. (1959). An experimental investigation into the relative merits of listening and reading comprehension for boys and girls of primary school age. *British Journal of Educational Psychology*, 39, 42–49.

Kirasic, Kathleen C., Allen, Gary L., & Siegel, Alexander W. (1984). Expression of Configurational Knowledge of Large-Scale Environments Students' Performance of Cognitive Tasks. *Environment and Behavior*, 16 (6), 687-712.

Kirov, V. N., Warsawskaya, L. V., & Voynov, V. B. (1996). Eeg After Prolonged Mental Activity. *International Journal of Neuroscience*, 85(1-2), 31-43.

Kirschen, Matthew P, Kahana, Michael J, Sekuler, Robert, & Burack, Benjamin. (2000). Optic flow helps humans learn to navigate through synthetic environments. *Perception*, , volume , pages 29, 801-818.

Klaiber, E., Broverman, D., Vogel, W., Abraham, G., & Stenn, P. (1971). *Effects of testosterone on mental performance and EEG*. In *Influence of hormones on the nervous system*. Paper presented at the International Society of Psychoneuroendocrinology, Switzerland.

Klimesch, Wolfgang. (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1–2), 61–100.

Klimesch, W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1-3), 319–340.

Klimesch, Wolfgang. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2–3), 169–195.

Klimesch, W. (1999). Event-related band power changes and memory performance. Event-related desynchronization and related oscillatory phenomena of the brain. In Pfurtscheller G & Lopes da Silva FH (Eds.), *Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology* (Vol. 6, pp. 151-178). Amsterdam: Elsevier.

Klimesch, W, Doppelmayr, M, Pachinger, Th, & Ripper, B. (1997). Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band. *Neuroscience Letters*, 238(1-2), 9–12.

Klimesch, W., Doppelmayr, M., Russegger, H., & Pachinger, T. (1996). Theta band power in the human scalp EEG and the encoding of new information. *Neuroreport*, 17.

Klimesch, W., Doppelmayr, M., Schwaiger, J., Auinger, P., & Winkler, Th. (1999). 'Paradoxical' alpha synchronization in a memory task. *Cognitive Brain Research*, 7(4), 493–501.

Klimesch, W., Hanslmayr, S., Sauseng, P., Gruber, W., Brozinsky, C.J., Kroll, N.E.A., . . . Doppelmayr, M. (2006). Oscillatory EEG Correlates of Episodic Trace Decay. *Cereb. Cortex*, 16 (2), 280-290.

Klimesch, W., Pfurtscheller, G., & H. Schimke, H. (1992). Pre- and post-stimulus processes in category judgment tasks as measured by event-related desynchronization (ERD). *J. Psychophysiol.*, 6.

Klimesch, W., Schimke, H., Doppelmayr, M., Ripper, B., Schwaiger, J., & Pfurtscheller, G. (1996). Event-related desynchronization (ERD) and the Dm effect: Does alpha desynchronization during encoding predict later recall performance? *International Journal of Psychophysiology*, 24(1-2), 47–60.

Klimesch, W., Schimke, H., & Schwaiger, J. (1994). Episodic and semantic memory: an analysis in the EEG theta and alpha band. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91(6), 428–441.

Klimesch, W., Schimke, H., & Schwaiger, J. (1994). Episodic and semantic memory: An analysis in the EEG theta and alpha band. *Clin Neurophysiology*, 91, 428-441.

Kojo, I., Liinasuo, M., & Rovamo, J. (1993). Spatial and temporal properties of illusory figures. *Vision Res.*, 33, 897-901.

Kolers, PA. (1964). Apparent movement of a Necker cube. *The American journal of psychology*, 77(2), 220-230.

Kontogeorgiou, A., Bellou, J., & Mikropoulos, Tassos A. (2007). Visualizing the Quantum Atom. *Contributions from Science Education Research*, 465-475.

Kramer, Joel H., Delis, Dean C., & Danie, Mark. (1988). Sex differences in verbal learning. *Journal of Clinical Psychology*, 44(6), 907-915.

Krause, C.M. (2006). *Brain Oscillations and Cognitive Processes*: Project Description.

Krause, Christina M., Grönholm, Petra, Leinonen, Alina, Laine, Matti, Säkkinen, Anna-Leena, & Söderholm, Carina. (2006). Modality matters: The effects of stimulus modality on the 4- to 30-Hz brain electric oscillations during a lexical decision task. *Brain Research*, 1110(1), 182–192.

- Krause, Christina M., Lang, A. Heikki, Laine, Matti, Kuusisto, Mika, & Pörn, Bodil. (1996). Event-related. EEG desynchronization and synchronization during an auditory memory task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *98*(4), 319–326.
- Kropotov, Juri D. (2009). *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*: Elsevier Science & Technology.
- Kutas, M, McCarthy, G, & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, *197* (4305), 792-795.
- Lakatos, Peter, O'Connell, Monica N., Barczak, Annamaria, Mills, Aimee, Javitt, Daniel C., & Schroeder, Charles E. (2009). The Leading Sense: Supramodal Control of Neurophysiological Context by Attention. *Neuron*, *64*(3), 419–430.
- Lake, DA, & Bryden, MP. (1976). Handedness and sex differences in hemispheric asymmetry *Brain Lang*, *3* 266–282.
- Lane, Richard D., Reiman, Eric M., Bradley, Margaret M., Lang, Peter J., Ahern, Geoffrey L., Davidson, Richard J., & Schwartz, Gary E. (1997). Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*, *35*(11), 1437–1444.
- Lang, Peter J., Bradley, Margaret M., Fitzsimmons, Jeffrey R., Cuthbert, Bruce N., Scott, James D., Moulder, Bradley, & Nangia, Vijay. (1998). Emotional arousal and activation of the visual cortex: An fMRI analysis. *Psychophysiology*, *35*(2), 199–210.
- Larijani, LC. (1994). *The Virtual Reality Primer*. New York: McGraw-Hill.
- Laukka, Seppo J., Järvilehto, Timo, Alexandrov, Yuri I., & Lindqvist, Juhani. (1995). Frontal midline theta related to learning in a simulated driving task. *Biological Psychology*, *40*(3), 313–320.
- Lauria, Rita. (1997). Virtual Reality: An Empirical-Metaphysical Testbed. *Journal of Computer-Mediated Communication*, *3*(2).

Law, David J., Pellegrino, James W., & Hunt, Earl B. (1993). Comparing the Tortoise and the Hare: Gender Differences and Experience in Dynamic Spatial Reasoning Tasks. *Psychological Science*, 4(1), 35-40.

Lawton, Carol A., & Morrin, Kevin A. (1999). Gender Differences in Pointing Accuracy in Computer-Simulated 3D Mazes. *Sex Roles*, 40(1-2), 73-92

Lazarev, Vladimir V. (1998). On the intercorrelation of some frequency and amplitude parameters of the human EEG and its functional significance. Communication I: Multidimensional neurodynamic organization of functional states of the brain during intellectual, perceptive and motor activity in normal subjects. *International Journal of Psychophysiology*, 28(1), 77–98.

Lee, Tatia M.C., Liuc, Ho-Ling, Hoosain, Rumjahn, Liao, Wan-Ting, Wu, Chien-Te, Yuen, Kenneth S.L., . . . Gao, Jia-Hong. (2002). Gender differences in neural correlates of recognition of happy and sad faces in humans assessed by functional magnetic resonance imaging. *Neuroscience Letters*, 333(1), 13–16.

Legewie, H, Simonova, O, & Creutzfeldt, O.D. (1969). EEG changes during performance of various tasks under open- and closed-eyed conditions. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 27(5), 470–479.

Lehman, William. (1991). Calponin and the composition of smooth muscle thin filaments. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*, 12(3), 221-224.

Levy, Jerre, & Heller, Wendy. (1992). Gender Differences in Human Neuropsychological Function. *Sexual Differentiation Handbooks of Behavioral Neurobiology*, 11, 245-274.

Levy, Jerry, & Reid, Marylou. (1978). Variations in cerebral organization as a function of handedness, hand posture in writing, and sex *Journal of Experimental Psychology: General*, 107(2), 119-144.

Lin, Fu-Chang, Ko, Li-Wei, Chuang, Chun-Hsiang, Su, Tung-Ping, & Lin, Chin-Teng. (2012). Generalized EEG-Based Drowsiness Prediction System by Using a Self-

Organizing Neural Fuzzy System. *IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS*, 59(9).

Linden, Michael, Habib, Thomas, & Radojevic, Vesna. (1996). A Controlled Study of the Effects of EEG Biofeedback on Cognition and Behavior of Children with Attention Deficit Disorder and Learning Disabilities *Biofeedback and Self-Regulation*, 21(1).

Linn, MC, & Peterson, AC. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.

Llinas, R.R., & Ribary, U. (1992). Rostrocaudal scan in the human brain: a global characteristic of the 40 Hz response during sensory input. In E. Basar & T.H. Bullock (Eds.), *Rhythms in the Brain*. Boston: Birkha user.

Loehlin, John C., Sharan, Shlomo, & Jacoby, Rivka. (1978). In pursuit of the “spatial gene”: A family study. *Behavior Genetics*, 8(1), 27-41.

Lombard, Matthew, & Ditton, Theresa B. (2000). *MEASURING PRESENCE: A LITERATURE-BASED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A STANDARDIZED PAPER - AND-PENCIL INSTRUMENT*. Paper presented at the Third International Workshop on Presence, Philadelphia USA.

Lou, H.C, Henriksen, L, Bruhn, P, & Psych, Cand. (1990). Focal cerebral dysfunction in developmental learning disabilities. *The Lancet*, 335(8680), 8–11.

LUCY, DUGGAN. (1950). AN EXPERIMENT ON IMMEDIATE RECALL IN SECONDARY SCHOOL CHILDREN. *British Journal of Psychology. General Section*, 40(3), 149-154.

Lutzenberger, W., Pulvermuller, F., & Birbaumer, N. (1994). Words and pseudowords elicit distinct patterns of 30-Hz activity in humans. *Neurosci. Lett.*, 176 115–118.

Lynn, Richard. (1994). Sex differences in intelligence and brain size: A paradox resolved. *Personality and Individual Differences*, 17(2), 257–271.

Lynn, Richard, Fergusson, David M., & Horwood, L. John. (2005). Sex differences on the WISC-R in New Zealand. *Personality and Individual Differences*

Volume , Issue 1, , Pages 39, 103–114.

M.Khedr, Eman, Hamed, Enas, Said, Anwar, & Basahi, Jamal. (2002). Handedness and language cerebral lateralization. *Eur J Appl Physiol*, 87, 469–473.

MACAULAY, M., & EDMONDS, E. (2004). DOES FRONTAL EEG BETA HAVE APPLICATION IN ANXIETY MONITORING DURING COMPUTER-BASED LEARNING? *Journal of Educational Computing Research* 30(3), 229 - 241.

Maccoby, E. (1966). The development of sex differences. *Stanford University Press*

Maccoby, E. (1966). Sex differences in intellectual development. In E. Maccoby (Ed.), *The development of sex differences*. Stanford: CA: Stanford University Press.

Maccoby, EE, & Jacklin, CN (Eds.). (1974). *The psychology of sex differences*. Stanford Stanford University Press.

Macdonald, J.B. (1953). *The Motile Non-Sporulating Anaerobic Rods of the Oral Cavity*. Toronto: University of Toronto Press.

Mackenberg, E., Broverman, J., Vogel, W., & Klaiber, E. (1974). Morning to afternoon changes in cognitive performance on the EEG. *Journal of Educational Psychology*, 66, 238–246.

Maguire, E.A., Burgess, N., Donnett, J., Frith, C.D., & O'Keefe, J. (1997). Right hippocampus, left hippocampus and inferior parietal cortex are differentially involved in human spatial navigation. *Soc. Neurosci. Abstr.* , 27(819).

Maguire, Eleanor A., Burgess, Neil, Donnett, James G., Frackowiak, Richard S. J., Frith, Christopher D., & O'Keefe, John. (1998). Knowing Where and Getting There: A Human Navigation Network. *Science*, 280 (5365), 921-924.

Maguire, Eleanor A, Burgess, Neil, & O'Keefe, John. (1999). Human spatial navigation: cognitive maps, sexual dimorphism, and neural substrates. *Current Opinion in Neurobiology*, 9(2), 171–177.

Maitland, Scott B., Herlitz, Agneta, Nyberg, Lars, Bäckman, Lars, & Nilsson, Lars-Göran. (2004). Selective sex differences in declarative memory. *Memory & Cognition*, 32(7), 1160-1169.

Mann, Virginia A., Sasanuma, Sumiko, Sakuma, Naoko, & Masaki, Shinobu. (1990). Sex differences in cognitive abilities: A cross-cultural perspective. *Neuropsychologia*, 28(10), 1063–1077.

Mariano, Alcañiz, Beatriz, Rey, Jose, Tembl, & Vera, Parkhutik. (2009). A Neuroscience Approach to Virtual Reality Experience Using Transcranial Doppler Monitoring. *Presence Issue*, 18(2).

Markand, O. N. (1990). Alpha rhythms. *J. clin. Neurophysiol.*, 7, 163-189.

Markand, Omkar N. (1992). Alpha Rhythms. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 7(2), 163-190.

Marosi, Erzsebet, Harmony, Thalia, Becker, Jacqueline, Bernal, Jorge, Reyes, Alfonso, Rodriguez, Mario, & Fernandez, Thalia. (1993). Sex Differences in Eeg Coherence in Normal Children. *International Journal of Neuroscience*, 72(1), 115-121.

Marsella, S., Johnson, W. L., & LaBore, C. (2000). *Interactive Pedagogical Drama*

Paper presented at the Fourth International Conference on Autonomous Agents, Montreal Canada.

Marshall, P., Rogers, Y., & Scaife, M. (2002). *PUPPET: a virtual environment for children to act and direct interactive narratives*. Paper presented at the Second Workshop on Narrative and Interactive Learning Environments, Edinburgh Scotland.

Martindale, Colin, Hines, Dwight, Mitchell, Linda, & Covello, Edward. (1984). EEG alpha asymmetry and creativity. *Personality and Individual Differences*, 5(1), 77–86.

Martínez-Montes, Eduardo, Valdés-Sosa, Pedro A., Miwakeichi, Fumikazu, Goldman, Robin I., & Cohen, Mark S. (2004). Concurrent EEG/fMRI analysis by multiway Partial Least Squares. *NeuroImage*, 22(3), 1023–1034.

Masters, Mary Soares, & Sanders, Barbara. (1993). Is the gender difference in mental rotation disappearing. *Behavior Genetics*, 23(4), 337-341.

Mathewson, Kyle E., Gratton, Gabriele, Fabiani, Monica, Beck, Diane M., & Ro, Tony. (2009). To See or Not to See: Prestimulus α Phase Predicts Visual Awareness. *The Journal of Neuroscience* 29(9), 2725-2732.

Maulsby, Robert L. (1971). An illustration of emotionally evoked theta rhythm in infancy: Hedonic hypersynchrony. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 31(2), 157–165.

Maurizio, Corbetta, L., Shulman Gordon, M., Miezin Francis, & E., Petersen Steven. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction: Erratum. *Science*, 270(5241).

McCarthy, G. (2000). Physiological studies of face processing in humans. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (pp. 393–409): MIT Press.

McFarland, DJ., McCane, LM., David, SV., & Wolpaw, JR. (1997). Spatial filter selection for EEG-based communication. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 103, 386-394.

McGee, M. (1979). Human spatial abilities: studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences. *Psychol. Bull.*, 31(5).

McGivern, Robert F., Huston, J.Patrick, Byrd, Desiree, King, Tina, Siegle, Greg J., & Reilly, Judy. (1997). Sex Differences in Visual Recognition Memory: Support for a Sex-Related Difference in Attention in Adults and Children. *Brain and Cognition*, 34(3), 323–336.

McGlone, Jeannette. (1977). SEX DIFFERENCES IN THE CEREBRAL ORGANIZATION OF VERBAL FUNCTIONS IN PATIENTS WITH UNILATERAL BRAIN LESIONS. *Brain*, 100 (4), 775-793.

McGlone, J. (1980). Sex differences in human brain asymmetry: A critical survey. *Behavioral Brain*

Science, 3, 215-263.

McGlone, J. (1986). The neuropsychology of sex differences in human brain organisation. In Goldstein G. & Tarter R (Eds.), *Advances in Clinical Neuropsychology* (pp. 1–30). New York: Plenum.

McGlone, Jeannette, & Davidson, Wilda. (1973). The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference *Neuropsychologia*, 11(1), 105–113.

McGuiness, D. (Ed.). (1976). *Sex differences in the organization of perception and cognition* (B.Lloyd & J. Archer. ed.). New York Academic Press

McGuiness, Diane, & Sparks, Janet. (1983). Cognitive style and cognitive maps: Sex differences in representations of a familiar terrain. *Journal of Mental Imagery*, 7(2), 91-100.

McGuiness, Diane, & Sparks, Janet. (1983). Cognitive style and cognitive maps: Sex differences in representations of a familiar terrain. *Journal of Mental Imagery*, 7(2), 91-100.

McGuinness, Diane. (1990). Sex differences in incidental recall for words and pictures. *Learning and Individual Differences*, 2(3), 263-285.

Mecklinger, Axel, Kramer, Arthur F., & Strayer, David L. (1992). Event Related Potentials and EEG Components in a Semantic Memory Search Task. *Psychophysiology*, 29(1), 104–119.

Meehan, M. (2000). *An objective surrogate for presence physiological response*. Paper presented at the 3rd International Workshop on Presence, Delft.

Meinke, D.L. (1969). *Stimulus properties, sex of subjects, and their effects upon incidental and intentional learning*. Paper presented at the 77th Annual Convention of the American Psychological Association.

Mesulam, M.-Marsel. (1986). Frontal cortex and behavior. *Annals of Neurology*, 19(4), 320–325.

Metzler, J., & Shepard, R.N. (1974). Transformational studies of the internal representation of three-dimensional objects. In *Theories of Cognitive Psychology: the Loyola Symposium* (Ed.), (Solso R.L. ed., pp. 147-201). Erlbaum Hillsdale NJ.

Meyers, M., & Smith, B.D. (1986). Hemispheric asymmetry and emotion: effects of nonverbal affective stimuli. *Biol. Psychol.*, 22, 11–22.

Meyers-Levy, Joan, & Sternthal, Brian. (1991). Gender Differences in the Use of Message Cues and Judgments. *Journal of Marketing Research*, 28(1), 84-96.

Meyers-Levy, Joan, & Tybout, Alice M. (1989). Schema Congruity as a Basis for Product Evaluation. *Journal of Consumer Research*, 16(1), 39-54.

Mikropoulos, TA., Katsikis, A., Nikolou, E., & Tsakalis, P. (2003). Virtual environments in biology teaching. *J Biol Educ*, 37(4), 176–180.

Mikropoulos, Tassos A. (2001). Brain Activity on Navigation in Virtual Environments. *Journal of Educational Computing Research*, 24(1), 1-12.

Mikropoulos, Tassos A. (2001). Brain Activity on Navigation in Virtual Environments. *Journal of Educational Computing Research*, 24(1), 1-12.

Mikropoulos, T. A., & Bellou, J. (2006). *The Unique Features of Educational Virtual Environments*. Paper presented at the International Association for Development of the Information Society.

Mikropoulos, T.A., Chalkidis, A., Koutsikos, El., Strouboulis, V., & Vrellis, J. (2005). *Educational virtual environments for earthquake precaution*. Paper presented at the Fifth International ESERA.

Mikropoulos, Tassos A., & Natsis, Antonis. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769–780.

Mikropoulos, Tassos A., & Strouboulis, Vassilis. (2004). Factors That Influence Presence in Educational Virtual Environments *CyberPsychology & Behavior*, 7(5), 582-591.

Mikropoulos, Tassos A., Tzimas, Evangelos, & Dimou, El. (2004). *Objective Presence Measures through Electric Brain Activity* SENSE OF PRESENCE.

Miller, J.C. (1995). Batch processing of 10,000 h of truck driver EEG data. *Biological Psychology*, 40, 209–222.

Miller, Leon K., & Santoni, Viana. (1986). Sex differences in spatial abilities: Strategic and experiential correlates. *Acta Psychologica*, 62(3), 225-235.

Mills, Stella, & Noyes, Jan. (1999). Virtual reality: an overview of User-related Design Issues Revised Paper for Special Issue on “Virtual reality: User Issues”. *Interact. Comput.*, 11 (4), 375-386.

Milner, AD , & Goodale, MA. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.

Mima, Tatsuya, Matsuoka, Takahiro, & Hallett, Mark. (2000). Functional coupling of human right and left cortical motor areas demonstrated with partial coherence analysis. *Neuroscience Letters*, 287(2), 93–96.

Minogue, James, Jones, M. Gail, Broadwell, Bethany, & Oppewall, Tom. (2006). The impact of haptic augmentation on middle school students’ conceptions of the animal cell. *Virtual Reality*, 10(3-4), 293-305.

Minogue, Shane, Waugh, Mark G., Matteis, Maria Antonietta De, Stephens, David J., Berditchevski, Fedor, & Hsuan, J. Justin. (2006). Phosphatidylinositol 4-kinase is required for endosomal trafficking and degradation of the EGF receptor. *Journal of Cell Science*, 119, 571-581.

Mintz, Rachel, Litvak, Shai, & Yair, Yoav. (2001). 3D-Virtual Reality in Science Education: An Implication for Astronomy Teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(3), 293-305.

Mitchell, Damon J., McNaughton, Neil, Flanagan, Danny, & Kirkc, Ian J. (2008). Frontal-midline theta from the perspective of hippocampal “theta”. *Progress in Neurobiology*, 86(3), 156–185.

Mizuki, Y., Takii, O., Nishijima, H., & Inanaga, K. (1983). The relationship between the appearance of frontal midline theta activity (Fm θ) and memory function. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 56.

Mizuki, Yasushi, Takii, Osamu, Tanaka, Takamichi, Tanaka, Masatoshi, & Inanaga, Kazutoyo. (1982). Periodic Appearance of Frontal Midline Theta Activity during Performance of a Sensory-Motor Task. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 36(4), 375–382.

Mizuki, Yasushi, Tanaka, Masatoshi, Isozaki, Hiroshi, Nishijima, Hidetoshi, & Inanaga, Kazutoyo. (1980). Periodic appearance of theta rhythm in the frontal midline area during performance of a mental task

Apparition périodique de rythmes thêta dans la région frontale médiane au cours de la réalisation d'une tâche mentale. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 49(3-4), 345–351.

Moffat, SD., Hampson, E., & Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a “Virtual” Maze: sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans. *Evol Hum Behav*, 19.

Moffat, Scott D, Hampson, Elizabeth, & Hatzipantelis, Maria. (1998). Navigation in a “Virtual” Maze: Sex Differences and Correlation With Psychometric Measures of Spatial Ability in Humans. *Evolution and Human Behavior*, 19(2), 73–87.

Moffat, Scott D., & Resnick, Susan M. (2002). Effects of age on virtual environment place navigation and allocentric cognitive mapping. *Behavioral Neuroscience*, 116(5), 851-859.

Moore, C., & Engel, SA. (2001). Neural response to perception of volume in the lateral occipital complex. *Neuron* 29, 277–286.

Moosmann, Matthias, Ritter, Petra, Krastel, Ina, Brink, Andrea, Thees, Sebastian, Blankenburg, Felix, . . . Villringer, Arno. (2003). Correlates of alpha rhythm in functional magnetic resonance imaging and near infrared spectroscopy. *NeuroImage*, 20(1), 145–158.

Morita, Y., Morita, K., Yamamoto, M., Waseda, Y., & Maeda, H. (2001). Effects of facial affect recognition on the auditory P300 in healthy subjects. *Neurosci. Res.*, *41*, 89–95.

Morris, Jhon A., Jordan, Cynthia L., & Breedlove, Marc. (2004). Sexual Differentiation of the vertebrate nervous system. *Nature Neuroscience*, *7*(10), 1034-1038.

Morris, R.G.M., Garrud, P., Rawlins, J.N.P., & O'Keefe, J. (1982). Place navigation impaired in rats with hippocampal lesions. *Nature* *297* 681-683.

Mueller, Sven C., Jackson, Carl P.T., & Skelton, Ron W. (2008). Sex differences in a virtual water maze: An eye tracking and pupillometry study. *Behavioural Brain Research*, *193*(2), 209–215.

Muller, K., Anderson, C.W., & Birch, G.E. (2003). Linear and nonlinear methods for brain-computer interfaces *Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, *11*(2), 165 - 169.

Müller, Matthias M, Gruber, Thomas, & Keil, Andreas. (2000). Modulation of induced gamma band activity in the human EEG by attention and visual information processing. *International Journal of Psychophysiology*, *38*(3), 283–299.

Müller, Matthias M., & Keil, Andreas. (2004). Neuronal Synchronization and Selective Color Processing in the Human Brain. *Journal of Cognitive Neuroscience* *16*(3), 503-522.

Müller, R.H., Mäder, K., & Gohla, S. (2000). Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery—a review of the state of the art. . *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, *50*, 161–178.

Muller, R.H., Mader, K., Lippacher, A., & Jennings, V. (2000a). Festflüssig (halbfeste) Lipidpartikel und Verfahren zur Herstellung hochkonzentrierter Lipidpartikeldispersionen. *PCT application PCT*.

Muller, R.H., Mader, K., & Wissing, S.A. (2000b). Mittel mit UV-Strahlung absorbierender und/oder reflektierender Wirkung zum Schutz vor gesundheitsschädlicher UV-

Strahlung und Stärkung der natürlichen Hautbarriere. *PCT application PCT*.

Munck, J.C. de, Gonçalves, S.I., Huijboom, L., Kuijer, J.P.A., Pouwels, P.J.W., Heethaar, R.M., & Silva, F.H. Lopes da. (2007). The hemodynamic response of the alpha rhythm: An EEG/fMRI study. *NeuroImage*, 35(3), 1142–1151.

Mundy-Castle, A.C. (1951). Theta and beta rhythm in the electroencephalograms of normal adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 3(4), 477–486.

Mundy-Castle, A.C. (1951). Theta and beta rhythm in the electroencephalograms of normal adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 3(4), 477–486.

Mundy-Castle, A.C. (1957). The electroencephalogram and mental activity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 9(4), 643–655.

Myers, G.C. (1913). A study in incidental memory. *Archives of Psychology New York*, 4(24).

Neisser, Ulric, Boodoo, Gwyneth, Jr., Bouchard, J., Thomas, Boykin, A. Wade, Brody, Nathan, . . . Urbina, Susana (1996). Intelligence: Knowns and unknowns. *American Psychologist*, 51(2), 77-101.

Neubauer, Aljoscha, Freudenthaler, Heribert H., & Pfurtscheller, Gert. (1995). Neubauer Aljoscha, Freudenthaler Heribert H., Pfurtscheller Gert, (1995) Intelligence and spatiotemporal patterns of event-related desynchronization (ERD). *Intelligence*, 20(3), 249–266.

Neubauer, A.C. (2000). Physiological approaches to human intelligence: A review. *Psychologische Beiträge*, 42(2), 161-173.

Neubauer, V., Freudenthaler, H.H., & Pfurtscheller, G. (1995). Intelligence and spatiotemporal patterns of event-related desynchronization. *Intelligence*, 3, 249-266.

Newhouse, Paul, Newhouse, Christopher, & Astur, Robert S. (2007). Sex differences in visual-spatial learning using a virtual water maze in pre-pubertal children. *Behavioural Brain Research*, 183(1), 1–7.

Newton, P., & Bristol, H. (2007). *Psychometric Aptitude Test Spatial Ability Practice Questions*

Niedermeyer, E. . (1993). The Third Rhythm: Alpha-like activity over the midtemporal region. *Am. J. EEG Technol.*, 33, 159-173.

Niedermeyer, E. (1993). The Third Rhythm: Alpha-like activity over the midtemporal region. *Am. J. EEG Technol.*, 33, 159-173

Niedermeyer, E., & Silva, F. H. Lopes da. (1999). The normal EEG of the waking adult. In F. H. Lopes da Silva (Ed.), *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields* (4th ed., pp. 149–173). Baltimore: Williams & Wilkins.

Niedermeyer, Ernst, & Silva, Fernando Lopez da. (2005). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Nishiyama, N., & Yamaguchi, Y. (2001). *Human EEG theta in the spatial recognition task*. Paper presented at the 5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, Florida.

Nitschke, Jack B., Heller, Wendy, & Miller, Gregory A. (2000). Anxiety, stress, and cortical brain function. The neuropsychology of emotion. In Joan C Borod (Ed.), *The neuropsychology of emotion, Series in affective science* (pp. 298-319).

Nobre, A.C., Sebestyen, G.N., Gitelman, D., Mesulam, R.M.M., Frackowiack, R.S.J., & Frith, C.D. (1997). Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain*, 120, 515–533.

Nordal, Gross, King, Semple, Rumsey, Hamburger, & Cohen. (1990). Psychopathy and laterality of cerebral function. *Journal of Abnormal Psychology*, 88(6), 605-610.

Nowak, Susan M, & Marczyński, Thaddeus J. (1981). Trait anxiety is reflected in EEG alpha response to stress *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*

Volume , Issue 2 , , Pages 52(2), 175–191.

Nunez, PL. (1995). *Neocortical dynamics and human EEG rhythms*. USA: Oxford University Press.

Nyborg, H. (1990). Sex hormones, brain development, and spatio-perceptual strategies in Turner Syndrome. In D. Berch & B. Bender (Eds.), *Sex chromosome abnormalities and human behavior*. Washington: American Association for the Advancement of Science.

Nyborg, H. (). . In (Eds.), . : . (1984). Performance and intelligence in hormonally different groups. In G. DeVries, J.DeBruin, H. Uylings & M. Corner (Eds.), *Progress in brain research*. New York: Elsevier.

NYMAN-PANTELIDIS, M., NILSSON, Å., G-WAGNER, Z., & BORGA, O. (1994). Pharmacokinetics and retrograde colonic spread of budesonide enemas in patients with distal ulcerative colitis. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 8(6), 617–622.

O'Brien, J., Büscher, M., Rodden, T., & Trevor, J. (1998). *'Red is behind you': the experience of presence in shared virtual environments*. Paper presented at the Presence in Shared Virtual Environments Workshop, University College London.

O'Connor, J. (1943). *Structural Visualization*. Boston: Human Engineering Laboratory.

O'Keefe, John, & Nadel, Lynn. (1978). *Hippocampus (Brain), Cognition, Memory*. Oxford and New York: Clarendon Press.

Oliver, Vitoucha, George, Gittler, Michael, Leodolter, & Ulrich, Leodolter. (1997). Cortical activity of good and poor spatial test performers during spatial and verbal processing studied with Slow Potential Topography. *International Journal of Psychophysiology*, 27 (3), 183–199.

Onton, Julie, Delorme, Arnaud, & Makeig, Scott. (2005). Frontal midline EEG dynamics during working memory. *NeuroImage*, 27(2), 341–356.

ORNSTEIN, R., JOHNSTONE, J., HERRON, J., & SWENCIONIS, C. (1980). Differential right hemispheric engagement in visuospatial tasks. *Neuropsychologia*, 18, 49-64.

Orozco, Sara, & Ehlers, Cindy L. (1998). Gender differences in electrophysiological responses to facial stimuli *Biological Psychiatry*, 44(4), 281–289.

Osaka, Mariko. (1984). Peak Alpha Frequency of EEG during a Mental Task: Task Difficulty and Hemispheric Differences. *Psychophysiology*, 21(1), 101–105.

Osberg, K. M. (1997). Constructivism in practice: the case for meaning-making in the virtual world. *HITL Report R-97-47*. Retrieved 08, 20, 02, from

<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-97-47/>.

Othmer, Siegfried, & Kaiser, David. (2000). Implementation of Virtual Reality in EEG Biofeedback *CyberPsychology & Behavior*, 3(3), 415-420.

Owen, Ken, & Lynn, Richard. (1993). Sex differences in primary cognitive abilities among blacks, Indians and whites in South Africa. *Journal of Biosocial Science*, 25(4), 557-560.

Özgören, Murat, Başar-Eroğlu, Canan, & Başar, Erol. (2005). Beta oscillations in face recognition. *International Journal of Psychophysiology*, 55(1), 51–59.

Padilla, Mayra L., Wood, Richard A., Hale, Laura A., & Knight, Robert T. (2006). Lapses in a Prefrontal-Extrastriate Preparatory Attention Network Predict Mistakes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(9), 1477-1487.

Paiva, M.C., Zhou, B., Fernando, K.A.S., Lin, Y., Kennedy, J.M., & Sun, Y.-P. (2004). Mechanical and morphological characterization of polymer–carbon nanocomposites from functionalized carbon nanotubes. *Carbon*, 42(14), 2849–2854.

Papanicalaou, A.C., Loring, D.W., Deutsch, G., & Eisenberg, H.M. (1986). Task-related EEG asymmetries: a comparison of alpha blocking and beta enhancement. *Int. J. Neurosci.*, 30, 81-85.

Papanicolaou, A.C., Loring, D., Deutsch, G., & Eisenberg, H.M. (1986). Task-related EEG asymmetries: a comparison of alpha blocking and beta enhancement. *Int. J. Neurosci.*, 30, 81-85.

Pardo, J V, Pardo, P J, Janer, K W, & Raichle, M E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm *PNAS*, 87 (1), 256-259.

Pardo, J.V., Pardo, P.J., & Raichle, M.E. (1993). Neural correlates of self-induced dysphoria. *American Journal of Psychology*, 150, 713-719.

Parigi, Angelo Del, Chen, Kewei, Gautier, Jean-François, Salbe, Arline D, Pratley, Richard E, Ravussin, Eric, . . . Tataranni, P Antonio. (2002). Sex differences in the human brain's response to hunger and satiation^{1,2}. *American Society for Clinical Nutrition*, 75(6), 1017-1022.

Pascalis, V. De, Ray, WJ., Tranquillo, I., & D'Amico, D. (1998). EEG activity and heart rate during recall of emotional events in hypnosis: relationships with hypnotizability and suggestibility. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 29(3), 255-275.

Paus, Tomáš, Jech, Robert, Thompson, Christopher J., Comeau, Roch, Peters, Terry, & Evans, Alan C. (1997). Transcranial Magnetic Stimulation during Positron Emission Tomography: A New Method for Studying Connectivity of the Human Cerebral Cortex *The Journal of Neuroscience* 17(9), 3178-3184.

Paus, T , Zatorre, R, Hofle, N, Caramanos, Z, Gotman, J, Petrides, M, & Evans, A. (1997). Time-Related Changes in Neural Systems Underlying Attention and Arousal During the Performance of an Auditory Vigilance Task *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(3), 392 - 408

Pelz, S. (1999). Method and system for monitoring the physiological condition of a patient. *US Patent*, 5.

Pendergrass, J.C., Ross, T.J., Garavan, H., Stein, E.A., & Risinger, R.C. (2003). Differential neural responses to emotional stimuli in females and males: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *Brain Cognition*, *51*, 195–196.

Perani, D., Fazio, F., Borghese, N.A., Tettamanti, M., Ferrari, S., Decety, J., & Gilardi, M.C. (2001). Different Brain Correlates for Watching Real and Virtual Hand Actions. *NeuroImage*, *14*(3), 749–758.

Perfetti, Bernardo, Moisello, Clara, Lanzafame, Simona, Varanese, Sara, Landsness, Eric, Onofrij, Marco, . . . Ghilardi, M. Felice. (2010). Attention modulation regulates both motor and non-motor performance: a high-density EEG study in Parkinson's disease. *Arch Ital Biol. Sep*, *148*(3), 279–288.

Peterhans, E., & Heydt, R. von der. (1993). Functional organization of area V2 in the alert macaque. *European Journal of Neuroscience*, *5*, 509-524.

Petersen, Anne C. (1976). Physical androgyny and cognitive functioning in adolescence. *Developmental Psychology*, *12*(6), 524-533.

Petrides, M, Alivisatos, B, Meyer, E, & Evans, A C. (1993). Functional activation of the human frontal cortex during the performance of verbal working memory tasks. *CrossMark*, *90* (3).

Petrusic, William M., Varro, Linda, & Jamieson, Donald G. (1978). Mental Rotation Validation of Two Spatial Ability Tests. *Psychol. Res.* , *40*, 139-148.

Petruzzello, Steven J., & Landers, Daniel M. (1994). State anxiety reduction and exercise: Does hemispheric activation reflect such changes? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *26*(8), 1028-1035.

Petsche, H., Rappelsberger, P., & Pockberger, H. (1988). Sex differences of the ongoing EEG: probability mapping at rest and during cognitive tasks. In Pfurtscheller G. & Lopes da Silva F. (Eds.), *Functional Brain Imaging* (pp. 161 -170). Berlin-Heidelberg: Springer.

Pfurtscheller, G. (1992). Event-related synchronization (ERS): an electrophysiological correlate of cortical areas at rest. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 83(1), 62–69.

Pfurtscheller, G., & Aranibar, A. (1977). Event-related cortical desynchronization detected by power measurements of scalp EEG. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 42, 817-826.

Pfurtscheller, G, & Aranibar, A. (1979). Evaluation of event-related desynchronization (ERD) preceding and following voluntary self-paced movement

Examen des désynchronisations liées à l'événement, survenant avant et après un mouvement auto-commandé. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 46(2), 138–146.

Pfurtscheller, Gert, Flotzinger, Doris, & Neuper, Christa. (1994). Differentiation between finger, toe and tongue movement in man based on 40 Hz EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 90(6), 456–460.

Pfurtscheller, G., Jr., A. Stancák, & Neuper, Ch. (1996). Event-related synchronization (ERS) in the alpha band — an electrophysiological correlate of cortical idling: A review. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1-2), 39–46.

Pfurtscheller, G., Jr., A. Stancák, & Neuper, C. (1996). Post-movement beta synchronization. A correlate of an idling motor area? *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 98(4), 281–293.

Pfurtscheller, G., Kalcher., J., & Flotzinger, D. (1993a). A new communication device for handicapped persons: the brain-computer interface. In E. Ballabio, I. Placencia-Porrero & R. Puig de la Bellacasa (Eds.), *Rehabilitation Technology* (Vol. 9, pp. 123-127

): Press Amsterdam.

Pfurtscheller, Gert, & Neuper, Christa. (1994). Event-related synchronization of mu rhythm in the EEG over the cortical hand area in man. *Neuroscience Letters*, *174*(1), 93–96.

Pfurtscheller, Gert, Neuper, Christa, & Kalcher, Joachim. (1993). 40-Hz oscillations during motor behavior in man. *Neuroscience Letters*, *164*(1–2), 179–182.

Pfurtscheller, G., Steffan, J., & Maresch, H. (1988). ERD mapping and functional topography: temporal and spatial aspects. In G. Pfurtscheller & F.H. Lopes da Silva (Eds.), *Functional Brain Imaging*. (pp. 117-130). Toronto: Hans Huber.

Picton, Terence W., Patricia, van Roon, Armilio, Maria L., Berg, Patrick, Ille, Nicole, & Scherg, Michael. (2000). Blinks, saccades, extraocular muscles and visual evoked potentials *Journal of Psychophysiology*, *14*(4), 210-217.

Picton, Terence W, Roon, Patricia van, Armilio, Maria L, Berg, Patrick, Ille, Nicole, & Scherg, Michael. (2000). The correction of ocular artifacts: a topographic perspective. *Clinical Neurophysiology*, *111*(1), 53–65.

Pine, Daniel S., Cohen, Patricia, Johnson, Jeffrey G., & Brook, Judith S. (2002). Adolescent life events as predictors of adult depression. *Journal of Affective Disorders*, *68*(1), 49–57.

Pope, AT, & Severance, K. (1999). ASA technology may help victims of diabetes. *NASA Langley Research Center*.

Proverbio, Alice Mado, Brignone, Valentina, Matarazzo, Silvia, Zotto, Marzia Del, & Zani, Alberto. (2006). Gender and parental status affect the visual cortical response to infant facial expression. *Neuropsychologia*, *44*(14), 2987–2999.

Pugh, Kenneth R., Shaywitz, Bennett A., Shaywitz, Sally E., Constable, R. Todd, Skudlarski, Pawel, Fulbright, Robert K., . . . Gore, John C. (1996). Cerebral organization of component processes in reading. *Brain*. *119*, 1221–1238. *Brain* () (): , *119* (4), 1221-1238.

Pugnetti, Luigi, Meehan, Michael, & Mendozzi, Laura. (2001). Psychophysiological Correlates of Virtual Reality: A Review. *Presence*, 10(4), 384-400.

Pugnetti, L., Meehan, M., Mendozzi, L., Riva, F., Barbieri, E., & Carmagnani, E. (2000). *More on central nervous system correlates of virtual reality testing*. Paper presented at the 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, UK.

Pugnetti, L., & Mendozzi, L. (1994). *Psychophysiological monitoring and models for the remediation of cognitive deficits*. Paper presented at the European Conference on Virtual Reality in Education, Training and Disability, Italy.

Pugnetti, L, Mendozzi, L, Barberi, E, Rose, F D, & Attree, E A. (1996). *Nervous system correlates of virtual reality experience*. Paper presented at the 1st Euro. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech Maidenhead.

Pugnetti, L, Mendozzi, L, Motta, A, Cattaneo, A, Barbieri, E, & Brancotti, A. (1995). Evaluation and retraining of adults' cognitive impairment: which role for virtual reality technology? *Comp. Biol. Med.*, 25(2), 213-228.

Pugnetti, L., Mendozzi, L., Motta, A., Cattaneo, A., Barbieri, E., & Brancotti, A. (1995). The evaluation and retraining of adults' cognitive impairments: which role for virtual reality technology? *Comp.Biol.Med.*, 25(11), 213-228.

Rabinowicz, Theodore, Dean, Dorothy E., Petetot, Jean McDonald-Comber, & Courten-Myers, Gabrielle M. de. (1999). Gender Differences in the Human Cerebral Cortex: More Neurons in Males; More Processes in Females. *Journal of Child Neurology*, 14(2), 98-107.

Rahman, Qazi, & Koerting, Johanna. (2008). Sexual orientation-related differences in allocentric spatial memory tasks. *Hippocampus*, 18(1), 55–63.

Rasmjou, Shardad, Hausmann, Markus, & Güntürkün, Onur. (1999). Hemispheric dominance and gender in the perception of an illusion. *Neuropsychologia*, 37(9), 1041–1047.

Ray, WJ, & Cole, HW. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228 (4700), 750-752.

Ray, William J., Newcombe, Nora, Semon, Judith, & Cole, Pamela M. (1981). Spatial abilities, sex differences and EEG functioning. *Neuropsychologia*, 19(5), 719–722.

Ray, William J., & Oathes, Desmond. (2003). Brain Imaging Techniques. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 51(2), 97-104.

Rebert, C.S., Low, D.W., & Larsen, F. (1984). Differential hemispheric activation during complex visuomotor performance *Biol. Psychol.*, 19, 159–168.

Reio, T., Czarnolewski, M., & Eliot, J. (2004). handedness and spatial ability Differential patterns of relationship Cerebral laterality Theory & Research. In Frederick L Kitterle (Ed.), *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* (Vol. 9).

Rescher, Brigitte, & Rappelsberger, Peter. (1999). Gender dependent EEG-changes during a mental rotation task. *International Journal of Psychophysiology*, 33(3), 209–222.

Revonsuo, Antti, Wilenius, Emet Maria, Kuusela, Jaani, & Lehto, Marko. (1997). The neural generation of a unified illusion in human vision. *Neuroreport*, 8(18), 3867–3870.

Rippon, G. (1990). Individual differences in electrodermal and electroencephalographic asymmetries. *Int. J. Psychophysiol.*, 8, 309-320.

Riva, D. (1998). The cerebellar contribution to language and sequential functions: evidence from a child with cerebellitis. *Cortex*, 34, 279–287.

Rizzo, William B., Carney, Gael, & Lin, Zhili. (1999). The Molecular Basis of Sjögren-Larsson Syndrome: Mutation Analysis of the Fatty Aldehyde Dehydrogenase Gene. *The American Journal of Human Genetics*, 65(6), 1547–1560.

Robertson, G.G., Card, S.K., & Mackinlay, J.D. (1993). Non-Immersive Virtual Reality. *IEEE Computer Magazine*.

Rodriguez, Eugenio, George, Nathalie, Lachaux, Jean-Philippe, Martinerie, Jacques, Renault, Bernard, & Varela, Francisco J. (1999). Perception's shadow: long-distance synchronization of human brain activity *Nature*, 397, 430-433.

Romei, Vincenzo, Brodbeck, Verena, Michel, Christoph, Amedi, Amir, Pascual-Leone, Alvaro, & Thut, Gregor. (2008). Spontaneous Fluctuations in Posterior α -Band EEG Activity Reflect Variability in Excitability of Human Visual Areas. *Cereb. Cortex*, 18 (9), 2010-2018.

Ross, Shelley P., Skelton, Ronald W., & Mueller, Sven C. (2006). Gender differences in spatial navigation in virtual space: implications when using virtual environments in instruction and assessment. *Virtual Reality*, 10, 75–184.

Rothbaum, B.O., Hodges, L.F., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J.S., & North, M. (1995). Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *Am J Psychiatry*, 152, 626-628.

Rothbaum, Barbara O., Hodges, Larry F., Ready, David, Graap, Ken, & Alarcon, Renato D. (2001). Virtual reality exposure therapy for Vietnam veterans with posttraumatic stress disorder. *Journal of Clinical Psychiatry*, 62(8), 617-622.

Roussos, Maria, Johnson, Andrew, Moher, Thomas, Leigh, Jason, Vasilakis, Christina, & Barnes, Craig. (1999). Learning and Building Together in an Immersive Virtual World. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(3), 247-263.

Roussou, Maria, Oliver, Martin, & Slater, Mel. (2006). The virtual playground: an educational virtual reality environment for evaluating interactivity and conceptual learning. *Virtual Reality*, 10(3-4), 227-240.

Rozengurt, Enrique, Sinnett-Smith, James, & Kisfalvi, Krisztina. (2010). Crosstalk between Insulin/Insulin-like Growth Factor-1 Receptors and G Protein-Coupled Receptor Signaling Systems: A Novel Target for the Antidiabetic Drug Metformin in Pancreatic Cancer. *Clin Cancer Res*, 16.

Ruby, Perrine, & Decety, Jean. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, 4, 546 - 550.

Rugg, M.D, & Dickens, A.M.J. (1982). Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuospatial tasks

Dissociation des activités thêta et alpha lors de tâches verbales et visuo-spatiales. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 53(2), 201–207.

Ryouhei, Ishii, Kazuhiro, Shinosaki, Satoshi, Ukai, Tsuyoshi, Inouye, Tsutomu, Ishihara, Toshiki, Yoshimine, . . . Masatoshi, Takeda. (1999). Medial prefrontal cortex generates frontal midline theta rhythm. *Neuroreport*, 10 (4), 675–679.

Samardzic, A. (1996). *The Visualisation of Brain Electrical Activity*. University of Belgrade.

Samardzic, Aleksandar B., Jovanov, Emil S., & Starcevic, Dusan B. (2000). Real-time Visualization of Brain Electrical Activity. *Real-Time Imaging*, 6(1), 69–76.

Sanders, Barbara, Soares, Mary P., & D'Aquila, Jean M. (1982). One Test of Spatial Visualization: A Nontrivial Difference. *Child Development*, 53(4), 1106-1110.

Sanders, B., Soares, M.P., & D'Aquila, J.M. (1982). The sex difference on one test of spatial visualization: A nontrivial difference. *Child Development*, 53(1106–1110).

Sandstrom, Noah J, Kaufman, Jordy, & Huettel, Scott A. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cognitive Brain Research*, 6(4), 351–360.

Sanei, S. (2007). *Chambers: EEG Signal Processing* England: John Wiley & Sons Ltd.

Sarnthein, J., Petsche, H., Rappelsberger, P., Shaw, G. L., & Stein, A. von. (1998). Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory. *PNAS*, 95 (12).

Sasaki, Kazuo, Tsujimoto, Toru, Nishikawa, Satoru, Nishitani, Nobuyuki, & Ishihara, Tsutomu. (1996). Frontal mental theta wave recorded simultaneously with

magnetoencephalography and electroencephalography. *Neuroscience Research*, 26(1), 79–81.

Satalich, G.A. (1995). *Navigation and wayfinding in virtual reality: Finding the proper tools and cues to enhance navigational awareness*. MSEE thesis, University of Washington.

Saucier, Deborah M., Green, Sheryl M., Leason, Jennifer, MacFadden, Alastair, Bell, Scott, & Elias, Lorin J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? *Behavioral Neuroscience*, 116(3), 403-410.

Sauseng, P., Klimesch, W., Gruber, W., Doppelmayr, M., Stadler, W., & Schabus, M. (2002). The interplay between theta and alpha oscillations in the human electroencephalogram reflects the transfer of information between memory systems *Neuroscience Letters*, 324(2), 121–124.

Sauve, K., Wang, G., Rolli, M., Jagow, R., Kronberg, E., Ribary, U., & Llinas, R. (1998). Human gamma-band brain activity covaries with cognitive temporal binding of somatosensory stimuli in sighted and blind subjects. *Society for Neuroscience Abstracts*, 24.

Scerbo, M.W. (2001). Adaptive automation. In W. Karwowski (Ed.), *International encyclopedia of ergonomics and human factors* (pp. 1077–1079). London: Taylor & Francis.

Scerbo, Mark W., Freeman, Frederick G., Parasuraman, Peter J., Mikulka, Raja, & Nocero, Lawrence J. Prinze Francesco Di. (2001). *The efficacy of psychophysiological measures for implementing adaptive technology*.

Schacter, Daniel L. (1977). EEG theta waves and psychological phenomena: A review and analysis. *Biological Psychology*, 5(1), 47–82.

Schellberg, Dieter, Besthorn, Christoph, Klos, Thomas, & Gasser, Theodor. (1990). EEG power and coherence while male adults watch emotional video films. *International Journal of Psychophysiology*, 9(3), 279–291.

Schier, Mark A. (2000). Changes in EEG alpha power during simulated driving: a demonstration. *International Journal of Psychophysiology* 37(2), 155–162.

Schlogl, A., Neuper, C., & Pfurtscheller, G. (2002). Estimating the mutual information of an EEG-based brain - computer interface. *Biomedizinische Technik* 47(1–2), 3-8.

Schneider, Frank, Habel, Ute, Kessler, Christoph, Salloum, Jasmin B., & Posse, Stefan. (2000). Gender differences in regional cerebral activity during sadness. *Human Brain Mapping*, 9(4), 226–238.

Schroeder, W.H. (1996). Global Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes Mass Balances. In W. Baeyens et al (Ed.), (pp. 109). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999). Embodied presence in virtual environments. In R. Paton & I. Neilson (Eds.), *Visual representations and interpretations*. London: Springer-Verlag.

Schumann, G, Loth, E, Banaschewski, T, Barbot, A, Barker, G, Büchel, C, . . . Struve, M. (2010). The IMAGEN study: reinforcement-related behaviour in normal brain function and psychopathology. *Molecular Psychiatry* 15, 1128–1139.

Scott, Donald. *Εισαγωγή στην κλινική ηλεκτροεγκεφαλογραφία Γενικές αρχές, ερμηνεία, εξέλιξη*, (Γιώργος Ζαχαράκης, Trans.). 1983: University Studio Press.

Sederberg, Per B., Kahana, Michael J., Howard, Marc W., Donner, Elizabeth J., & Madsen, Joseph R. (2003). Theta and Gamma Oscillations during Encoding Predict Subsequent Recall. *The Journal of Neuroscience*, 23(34), 10809-10814.

Shaw, John Crosley. (1996). Intention as a component of the alpha-rhythm response to mental activity. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1-2), 7–23.

Shaywitz, Bennett A., Shaywitz, Sally E., Pugh, Kenneth R., Constable, R. Todd, Skudlarski, Pawel, Fulbright, Robert K., . . . Gore, John C. (1995). Sex differences in the functional organization of the brain for language. *Nature*, 373, 607 - 609.

Shepard, R.N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171 701–703.

Sheri A. Berenbaum, Krishna Korman, & Leveroni, Catherine. (1995). Early hormones and sex differences in cognitive abilities. *7, 4*, 303–321.

Sheridan, T.B. (1996). Further Musings on the Psychophysics of Presence *Presence Teleoperators and Virtual Environments* (Vol. 5, pp. 241-246): MIT Press.

Sherman, S.J., Ahlm, K., Berman, L., & Lynn, S. (1978). Contrast effects and their relationship to subsequent behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, 14, 340-350.

Sherman, William R., & Craig, Alan B. (2003). Understanding Virtual Reality—Interface, Application, and Design. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(4), 441-442.

Sherrick, C.E., & Cholewiak, R.W. (1986). Cutaneous sensitivity. In K.Boff, L. Kaufman & J.L.Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance* (Vol. 1). New York: Wiley.

Shibata, Tadahiko, Shimoyama, Ichiro, Ito, Toshihiko, Abla, Dilshat, Iwasa, Hiroto, Koseki, Keijiro, . . . Nakajima, Yoshio. (1999). Attention changes the peak latency of the visual gamma-band oscillation of the EEG. *Neuroreport*, 10(6), 1167-1170.

Shinar, D., Gross, CR., & Hier, DB. (1987). Interobserver reliability in the interpretation of computed tomographic scans of stroke patients. *Arch Neurol.*, 44(2), 149–155.

Shore, David I., Stanford, Lianne, MacInnes, W. Joseph, Brown, Richard E., & Klein, Raymond M. (2001). Of mice and men: Virtual Hebb—Williams mazes permit comparison of spatial learning across species. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(1), 83-89.

Shute, Valerie J., Pellegrino, James W., Hubert, Lawrence, & Reynolds, Robert W. (1983). The relationship between androgen levels and human spatial abilities. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21(6), 465-468

Siegel, M., Donner, T.H., Oostenveld, R., Fries, P., & Engel, A.K. (2007). High-frequency activity in human visual cortex is modulated by visual motion strength. *Cereb. Cortex*, 17, 732–741.

Silva, F. Lopes da. (1991). Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks. *Electroencephalogr. clin. Neurophysiol.*, 79, 81--89.

Silverman, I., & Eals, M. (1992). *Sex differences in spatial abilities: evolutionary theory and data*. Oxford, New York.

Silverman., I., & Eals, M. (1992). Sex differences in spatial abilities evolutionary theory and data In J.H. Barkow, L. Cosmides & J. Tooby (Eds.), *The Adapted Mind Evolutionary Psychology and the Generation of Culture* (pp. 531–549). New York: Oxford Press.

Singer, W. (1993). Synchronization of Cortical Activity and its Putative Role in Information Processing and Learning. *Annual Review of Physiology*, 55, 349-374.

Singer, W, & Gray, C M. (1995). Visual Feature Integration and the Temporal Correlation Hypothesis. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 555-558.

Slater, M, & Steed, Anthony. (2000). A Virtual Presence Counter. *Presence* 9(5), 413 - 434

Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3, 130-144.

Slater, Mel, Usoh, Martin, & Steed, Anthony. (1995). Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2(3), 201-219.

Slater, Stanley F. (1995). Issues in conducting marketing strategy research. *Journal of Strategic Marketing*, 3(4).

Sluis, Sophie van der, Posthuma, Danielle, Dolan, Conor V., Geus, Eco J.C. de, Colom, Roberto, & Boomsma, Dorret I. (2006). Sex differences on the Dutch WAIS-III. *Intelligence*, 34(3), 273–289.

Smith, BD., Kline, R., Lindgren, K., Ferro, M., Smith, DA., & Nesper, A. (1995). The lateralized processing of affect in emotionally labile extraverts and introverts: central and autonomic effects. *Biol Psychol*, 39, 143–157.

Smith, Michael E., Gevins, Alan, Brown, Halle, Karnik, Arati, & Karnik, Arati. (2001). Monitoring Task Loading with Multivariate EEG Measures during Complex Forms of Human-Computer Interaction. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43(366).

Smith, Michael E, McEvoy, Linda K, & Gevins, Alan. (1999). Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research*, 7(3), 389–404.

Sorenson, JA., & Phelps, ME. (1987). *Physics in nuclear medicine*. Orlando: Grune & Stratton.

Spearritt, D. (1962). *Listening Comprehension: A Factorial Analysis*. Paper presented at the Australian Council for Educational Research, Melbourne.

Spence, S A, Brooks, D J, Hirsch, S R, Liddle, P F, Meehan, J, & Grasby, P M. (1997). A PET study of voluntary movement in schizophrenic patients experiencing passivity phenomena (delusions of alien control). *Oxford Journals Medicine Brain*, 120(11), 1997-2011.

Stafford, R.E. (1965). New techniques in analyzing parent-child test scores for evidence of hereditary components. In S. G. VANDENBERG & STEVEN G. (Eds.), *Methods and goals in human behavior genetics* (pp. 171-186). New York: Academic Press.

Stanley, J.S. (1994). *Gender differences for able elementary school students on above-grade-level ability and achievement tests*. Paper presented at the Wallace National Research Symposium on Talent Development, Ohio

Stanney, K.M., & Salvendy, G. (1998). Aftereffects and sense of presence in virtual environments: Formulation of a research and development agenda. *Int. J. Hum.-Comput.Interact.*, *10*(2), 135–187.

Stefan, Debener, Christoph, Herrmann, Cornelia, Kranczioch, Daniel, Gembris, & K., Engel Andreas. (2003). Top-down attentional processing enhances auditory evoked gamma band activity. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, *14*(5), 683-686.

Stefanics, Gábor, Hangya, Balázs, Hernádi, István, Winkler, István, Lakatos, Péter, & Ulbert, István. (2010). Phase Entrainment of Human Delta Oscillations Can Mediate the Effects of Expectation on Reaction Speed. *The Journal of Neuroscience*, *30*(41), 13578-13585.

Stein, Astrid von, & Sarnthein, Johannes. (2000). Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, *38*(3), 301–313.

Stenberg, Georg. (1992). Personality and the EEG: Arousal and emotional arousability. *Personality and Individual Differences*, *13*(10), 1097–1113.

Steriade, M., & Llina's, R.R. (1988). The functional states of the thalamus and the associated neuronal interplay. *Physiol. Rev.*, *68*, 649-742.

Sterman, M.B., & Mann, C.A. (1996). Concepts and applications of EEG analysis in aviation performance evaluation. *Biological Psychology*, *40*, 115–130.

Strickland, D, & Chartier, D. (1997). EEG measurements in a virtual reality headset. *Presence*, *6*(5), 581-589.

Stumpf, Heinrich, & Jackson, Douglas N. (1994). Gender-related differences in cognitive abilities: Evidence from a medical school admissions testing program. *Personality and Individual Differences*, *17*(3), 335-344.

Stuss, Donald T., Binns, Malcolm A., Murphy, Kelly J., & Alexander, Michael P. (2002). Dissociation within the anterior attentional system: Effects of task complexity and

irrelevant information on reaction time speed and accuracy. *Neuropsychology*, 16(4), 500-513.

Surwillo, Walter W. (1971). HUMAN REACTION TIME AND PERIOD OF THE EEG IN RELATION TO DEVELOPMENT. *Psychophysiology*, 8(4), 468–482.

Tadahiko, Shibata, Ichiro, Shimoyama, Toshihiko, Ito, Dilshat, Abla, Hiroto, Iwasa, Keijiro, Koseki, . . . Yoshio, Nakajima. (1999). Attention changes the peak latency of the visual gamma-band oscillation of the EEG. *Neuroreport*, 10(6), 1167–1170.

Taeyong, Kim, & Biocca, Frank. (1997). Telepresence via Television: Two Dimensions of Telepresence May Have Different Connections to Memory and Persuasion. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2).

Tallon, Catherine, Bertrand, Olivier, Bouchet, Patrick, & Pernier, Jacques. (1995). Gamma-range Activity Evoked by Coherent Visual Stimuli in Humans. *European Journal of Neuroscience*, 7(6), 1285–1291.

Tallon-Baudry, C. (2004). Attention and awareness in synchrony. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(12), 523–525.

Tallon-Baudry, Catherine, & Bertrand, Olivier. (1999). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(4), 151–162.

Tapley, S.M., & Bryden, M.P. (1977). An investigation of sex differences in spatial ability: mental rotation of three-dimensional objects. . *Canadian Journal of Psychology*, 31, 122-130.

Thatcher, R.W., McAlaster, R., Lester, M.L., Horst, R.L., & Cantor, D.S. (1983). Hemispheric EEG asymmetries related to cognitive functioning in children. In A. Poreman (Ed.), *Cognitive processing in the right hemisphere* (pp. 125-146). New York: Academic Press.

Thomas, Gruber, M., Müller Matthias, & Andreas, Keil. (2002). Modulation of Induced Gamma Band Responses in a Perceptual Learning Task in the Human EEG. *Journal of Cognitive Neuroscience* 14, 732-744.

Thompson, DK., Warfield, SK., Carlin, JB., Pavlovic, M., Wang, HX., & Bear, M. (2007). Perinatal risk factors altering regional brain structure in the preterm infant. *Brain* 130, 667–677.

Thut, G., Nietzel, A., Brandt, S.A., & A.Pascual-Leone. (2006). Alpha-band electroencephalographic activity over occipital cortex indexes visuospatial attention bias and predicts visual target detection. *J. Neurosci.*, 26, 9494–9502.

Tiitinen, H. T., Sinkkonen, J., Reinikainen, K., Alho, K., Lavikainen, J., & Näätänen, R. (1993). Selective attention enhances the auditory 40-Hz transient response in humans. *Nature* 364, 59 - 60.

Tlauka, Michael, & Wilson, Paul N. (1996). Orientation-Free Representations from Navigation through a Computer-Simulated Environment. *Environment and Behavior* 28 (5), 647-664

Tombini, Mario, Zappasodi, Filippo, Zollo, Loredana, Pellegrino, Giovanni, Cavallo, Giuseppe, Tecchio, Franca, . . . Rossini, Paolo M. (2009). Brain activity preceding a 2D manual catching task. *NeuroImage*, 47(4), 1735–1746.

Towell, J., & Towell, E. (1997). Presence in text-based networked virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 590–595.

Trindade, Jorge, Fiolhais, Carlos, & Almeida, Leandro. (2002). Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*, 33(4), 471–488.

Trotman, A.C., & Hammond, G.R. (1979). Sex differences in task-dependent EEG asymmetries. *Psychophysiology*, 16(5), 429-437.

Usoh, M., Catena, E., Arman, S., & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality *Presence*, 9(5), 497 - 503

VANDENBERG, STEVEN G., & KUSE, ALLAN R. (1978). MENTAL ROTATIONS, A GROUP TEST OF THREE-DIMENSIONAL SPATIAL VISUALIZATION. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.

Velde, Maarten van de, Erp, Gerard van, & Cluitmans, Pierre J.M. (1998). Detection of muscle artefact in the normal human awake EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 107(2), 149–158.

Virvou, Maria, & Katsionis, George. (2008). On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE. *Computers & Education*, 50(1), 154–178

Virvou, Maria, Katsionis, George, & Manos, Konstantinos. (2005). Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness *Educational Technology & Society*, 8(2), 54-65.

Virvou, M., Manos, C., Katsionis, G., & Tourtoglou, K. (2002, September 16–19). *VR-ENGAGE: A virtual reality educational game that incorporates intelligence*. Paper presented at the IEEE international conference on advanced learning technologies, Russia.

Volf, N.V. and Razumnikova, O.M., ,, Fiziol., & Chel. (2004). Gender Differences in Hemispheric Spatiotemporal EEG Patterns upon Reproduction of Verbal Information. *Human Physiol. (Engl. Transl.)*, 30(3), 274.

Volfu, Nina V., & Olga M. Razumnikova () (1999). Sex differences in EEG coherence during a verbal memory task in normal adults. *International Journal of Psychophysiology*, 34, 113-122.

Voyer, Daniel. (1996). On the Magnitude of Laterality Effects and Sex Differences in Functional Laterality. *Brain and Cognition*, 1(1).

Voyer, Daniel, Postma, Albert, Brake, Brandy, & Imperato-McGinley, Julianne. (2007). Gender differences in object location memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1), 23-38.

Voyer, Daniel, Voyer, Susan, & Bryden, M. Philip. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270.

W.G.WALTER. (1953b). *The living brain*. N.Y: W. W. Norton.

Waber, D.P. (1982). *Maturation: Thoughts on renewing an old acquaintanceship*. Paper presented at the In Biological Studies of Mental Processes, Cambridge.

Wada, Yuji, Nanbu, Yuko, Kadoshima, Rie, Jiang, Zheng-Yan, Koshino, Yoshifumi, & Hashimoto, Takuma. (1996). Interhemispheric EEG coherence during photic stimulation: Sex differences in normal young adults. *International Journal of Psychophysiology*, 22 (1-2), 45-51.

Waller, David, Knapp, David, & Hunt, Earl. (2001). Spatial Representations of Virtual Mazes: The Role of Visual Fidelity and Individual Differences. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43 (1), 147-158.

Walter, V.J., & Walter, W.Grey. (1949). The central effects of rhythmic sensory stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1(1-4), 57-86.

WALTER, W.G. (1936). The location of cerebral tumours by electro-encephalography. In Lancet (Ed.), *The electro-encephalogram in cases of cerebral tumour*. (Vol. 30): Proc. Roy. Soc. Med.

Wang, Wen, Zhang, Lili, Tong, Shengfu, Li, Xin, & Song, Wenbo. (2009). *Biosensors and Bioelectronics*, 25(4), 708-714.

WARNER, BROWN. (1915). Practice in associating color names with colors. *Psychol. Rev.*, 22, 45-55.

WECHSLER, D. (1955). Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale. *New York: Psychological Corporation*.

Weiss, Sabine, & Rappelsberger, Peter. (2000). Long-range EEG synchronization during word encoding correlates with successful memory performance. *Cognitive Brain Research*, 9(3), 299–312.

Welsh, R.B., Blackman, T.T., Liu, A., Mellers, B.A., & Stark, L.W. (1996). *The Effects of Pictorial Realism, Delay of Visual Feedback, and Observer Interactivity on the Subjective Sense of Presence* (Vol. 5): MIT Press.

Wexler, Bruce E., & Lipman, Alan J. (1988). Sex differences in change over time in perceptual asymmetry. *Neuropsychologia*, 26(6), 943–946.

Wiederhold, BK., & Wiederhold, MD. (2004). Lessons learned from 600 virtual reality sessions *CyberPsychology & Behavior*, 3 (3).

WIEDERHOLD, BRENDA K., & WIEDERHOLD., MARK D. (1998). A Review of Virtual Reality as a Psychotherapeutic Tool *CyberPsychology & Behavior*, 1(1), 45-52.

Wildgruber, D., Pihan, H., Ackermann, H., Erb, M., & Grodd, W. (2002). Dynamic Brain Activation during Processing of Emotional Intonation: Influence of Acoustic Parameters, Emotional Valence, and Sex. *NeuroImage*, 15(4), 856–869.

Wildgruber, D., Pihan, H., Ackermann, H., Erb, M., & Grodd, W. (2002). Dynamic Brain Activation during Processing of Emotional Intonation: Influence of Acoustic Parameters, Emotional Valence, and Sex. *NeuroImage*, 15(4), 856–869.

William, Ray, John, J. Cacioppo, Tassinari, T., & G., Louis. (1990). *The electrocortical system. Principles of psychophysiology: Physical, social, and inferential elements*. New York: Cambridge University Press.

Wilson, Glenn F, Swain, Carolyne R, & Ullsperger, Peter. (1999). EEG power changes during a multiple level memory retention task. *International Journal of Psychophysiology*, 32(2), 107–118.

Wilson, J.R., & Vandenberg, S.G. (1977). Sex differences in cognition: evidence from the Hawaii Family Study. In T.E. McGill, Dewsbury, D. A., Sachs, B. D., Kimura (Ed.), (pp. 317-335). Plenum, New York.

Winn, William, Hoffman, Hunter, Hollander, Ari, Osberg, Kimberley, Rose, Howard, & Char, Patti. (1999). Student-Built Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(3), 283-292.

Wirth, M, Horn, H, Koenig, T, Stein, M, Federspiel, A, Meier, B, . . . Strik, W. (2007). Sex Differences in Semantic Processing: Event-Related Brain Potentials Distinguish between Lower and Higher Order Semantic Analysis during Word Reading. *Cereb. Cortex*, 17 (9), 1987-1997.

Wirth, Thierry, Falush, Daniel, Lan, Ruiting, Colles, Frances, Mensa, Patience, Wieler, Lothar H., . . . Achtman, Mark. (2006). Sex and virulence in *Escherichia coli*: an evolutionary perspective. *Molecular Microbiology*, 60(5), 1136–1151.

Witelson, SF, Glezer, II, & Kigar, DL. (1995). Women have greater density of neurons in posterior temporal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 15(5), 3418-3428.

Witmer, B.G., Bailey, J.H., Knerr, B.W., & Parsons, K.C. (1996). Virtual spaces and real world places: transfer of route knowledge. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 413–428.

Witmer, Bob G., & Singer, Michael J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.

Womelsdorf, Thilo, Fries, Pascal, Mitra, Partha P., & Desimone, Robert. (2006). Gamma-band synchronization in visual cortex predicts speed of change detection. *Nature*, 439, 733-736.

Woodworth, R.S., & Wells, W .L. (1911). Association tests. Being a part of the Report of the Committee of the American Psychological Association on the Standardization of Procedure in Experimental Tests. *Psychological Monographs*, 13.

Worden, Michael S., Foxe, John J., Wang, Norman, & Simpson, Gregory V. (2000). Anticipatory Biasing of Visuospatial Attention Indexed by Retinotopically Specific α -Band Electroencephalography Increases over Occipital Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 20, 1-6.

Yamagishi, H., Maeda, J., Hu, T., McAnally, J., Conway, S.J., Kume, T., . . . Srivastava, D. (2003). Tbx1 is regulated by tissue-specific forkhead proteins through a common Sonic hedgehog-responsive enhancer. *Genes Dev.*, 17, 269-281.

Zhang, W.-N, Pothuizen, H.H.J, Feldon, J, & Rawlins, J.N.P. (2004). Dissociation of function within the hippocampus: effects of dorsal, ventral and complete excitotoxic hippocampal lesions on spatial navigation. *Neuroscience*, 127(2), 289–300.

Γαλάνης, Γ. (2008). *Ανίχνευση ρυθμών εγκεφαλικής δραστηριότητας σε ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα Retrieved from <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/4th/PDF/163.pdf>

Διαμαντάκη, Μ.Ε. (2009). *Καταγραφή και επεξεργασία εγκεφαλογραφήματος που προκύπτει από υποσυνείδητα ερεθίσματα.*, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ Πάτρα.

Ζαχαρής, Γ. (2012). *Η επίδραση της στερεοσκοπίας σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Κάζης, Αριστείδης. (1993). *Κλινική νευροφυσιολογία Ηλεκτροεγκεφαλογραφία, ηλεκτρονευρομυογραφία.*: UNIVERSITY STUDIO PRESS

Κωστάκης, Π., Βούρη, Σ., & Μικρόπουλος, Τ.Α. (2002). *Χτίζοντας έναν ιστορικό εικονικό κόσμο*. Paper presented at the 3ο Πανελλήνιο Συνεδρίο Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση, Ρόδος www.primary.edu.uoi.gr/earthlab/gr/03/pubs/Kwstakisarticle.pdf

Κωστάκης, Π., Ράμμος, Χρ., Βούρη, Σ., & Μικρόπουλος, Τ.Α. (2000). *Μια Περίπτωση χρήσης εικονικού περιβάλλοντος, στη διδασκαλία της Ιστορίας*. Paper presented at the 2ο Πανελλήνιο Συνεδρίο Οι Τεχνολογίες Της Πληροφορίας Και της Επικοινωνίας Στην Εκπαίδευση. http://www.primary.edu.uoi.gr/earthlab/gr/03/pubs/patra2000_2.pdf

Μπαρμπάτσης, Κωνσταντίνος, Οικονόμου, Δάφνη, Παπαμαγκανά, Ιωάννα, & Ζώζας, Ιωάννης. *Εκπαιδευτικά Τρισδιάστατα Εικονικά Περιβάλλοντα με χαρακτηριστικά*

Ηλεκτρονικού Παιχνιδιού: Η πιλοτική εφαρμογή VRLERNA. Paper presented at the 2ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας.

Μπούρας, Χ., Τσιάτσος, Θ., Γιαννακά, Ε., & Καπούλας, Β. (2005). *Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα*. Αθήνα Ελληνικά γράμματα.

Νικολού, Ε., Τσάκαλης, Π., Γιούνης, Α., Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Τ.Α. (1999). *Εικονική πραγματικότητα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Κριτική θεώρηση.* Paper presented at the 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Με Διεθνή Συμμετοχή, Διδακτική των Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο

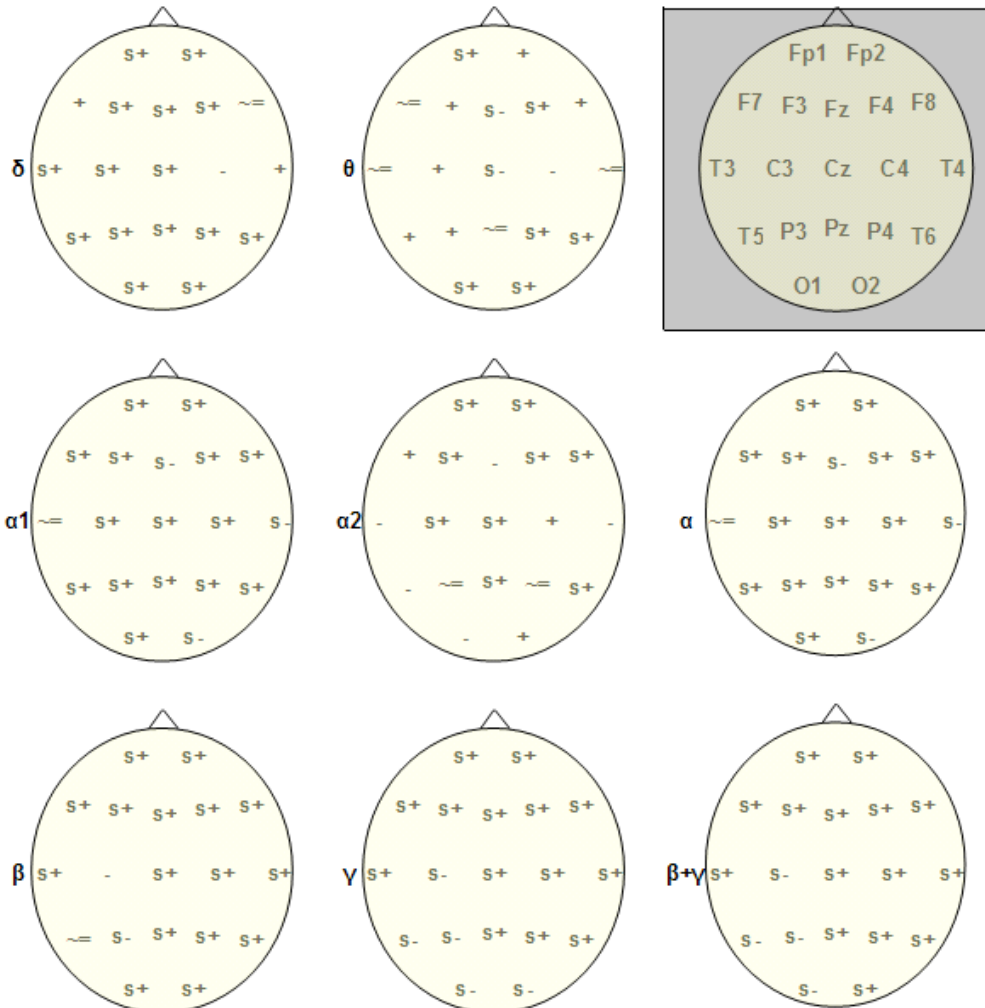
Σαββάκη, Ε. (1997). *Οι παράλληλοι εαυτοί μας*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Στρουμπούλης, Β. (2005). *Η αντίληψη του χώρου για ολοκλήρωση εκπαιδευτικών εφαρμογών. Η αίσθηση της παρουσίας σε εικονικά περιβάλλοντα*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

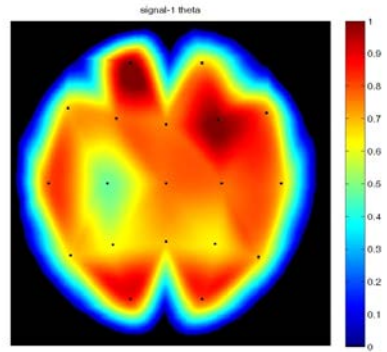
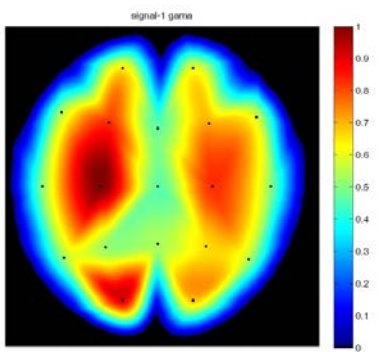
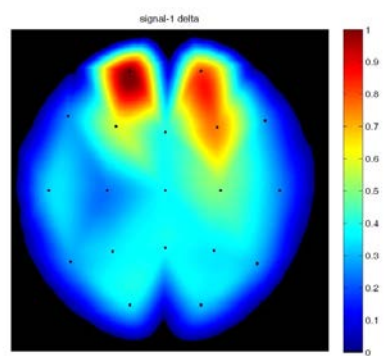
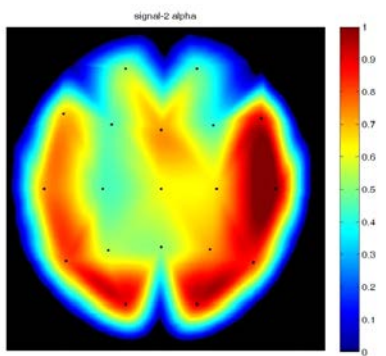
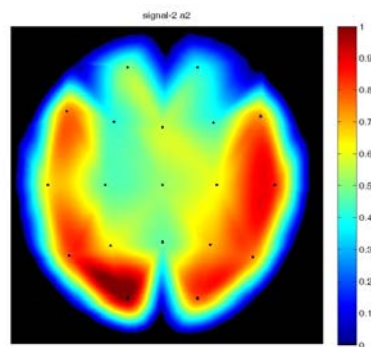
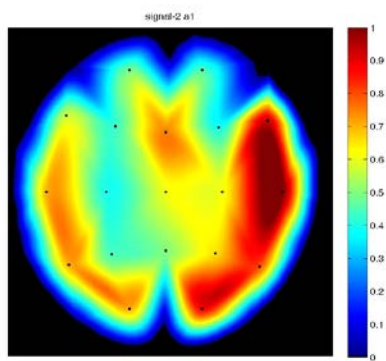
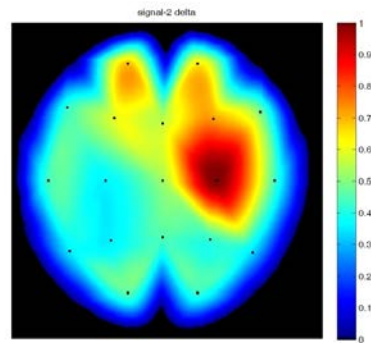
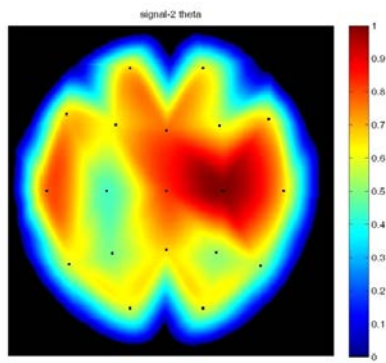
Τζίμας, Ευάγγελος Β. (2010). *Διερεύνηση γνωστικών διεργασιών σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

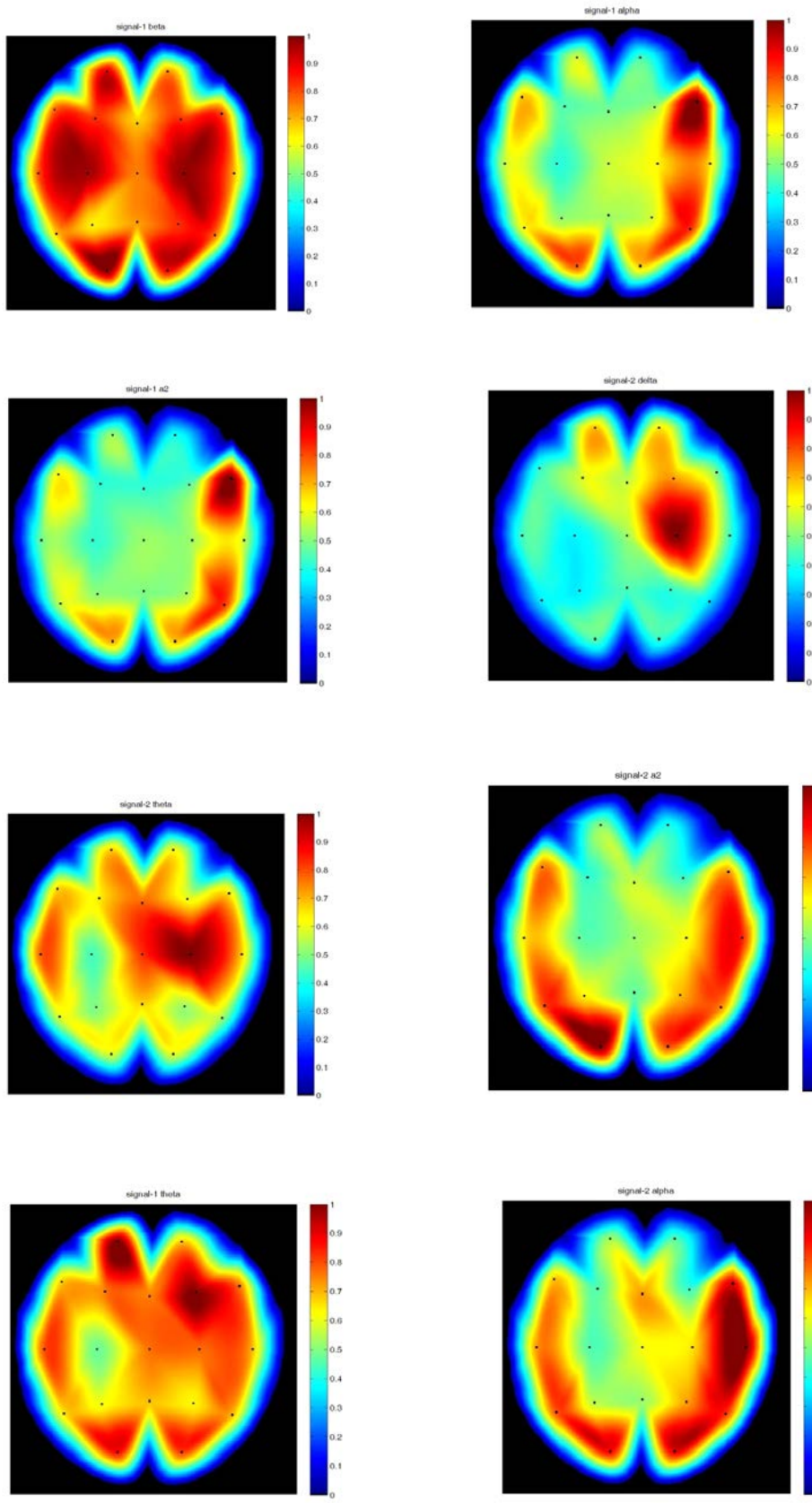
Παράρτημα

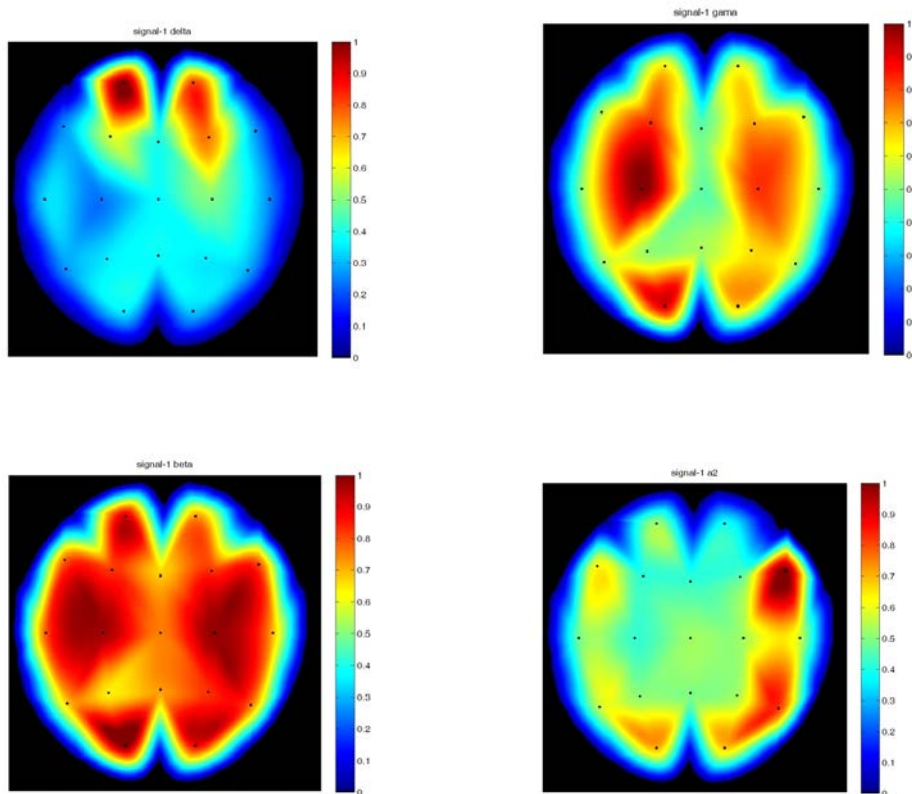
1 : Συγκριτικοί στατιστικοί χάρτες απόλυτης ισχύος των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του δισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος.



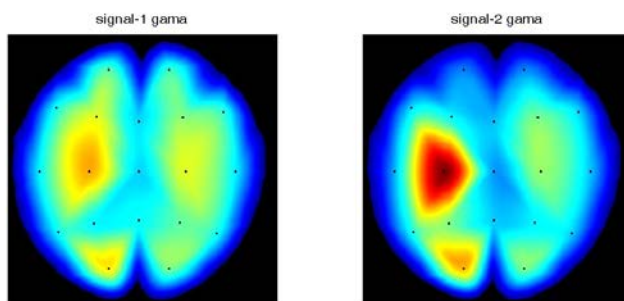
2 : Στατιστικοί χρωματικοί χάρτες αποτελεσμάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του δισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος (όπου single1 εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και όπου single2 εγκεφαλική δραστηριότητα γυναικών).



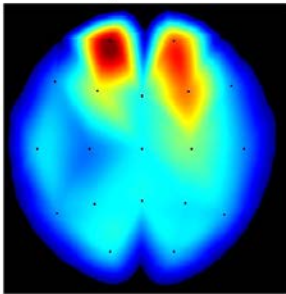




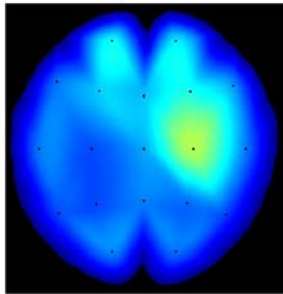
3: Συγκριτικοί στατιστικοί χρωματικοί χάρτες αποτελεσμάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του διδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος (όπου single1 εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και όπου single2 εγκεφαλική δραστηριότητα γυναικών).



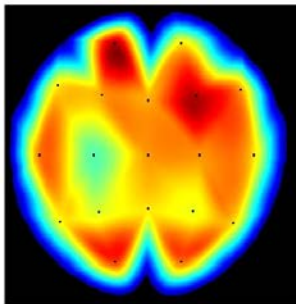
signal-1 delta



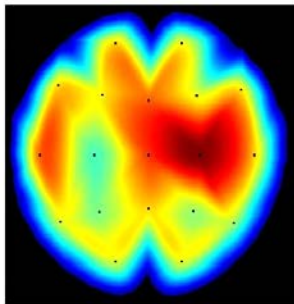
signal-2 delta



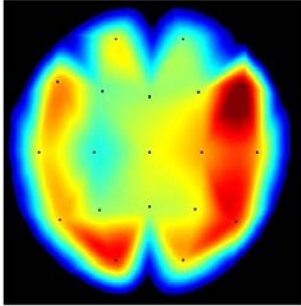
signal-1 theta



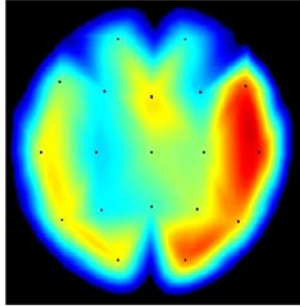
signal-2 theta



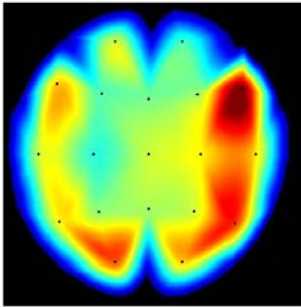
signal-1 a1



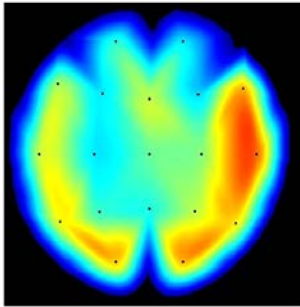
signal-2 a1



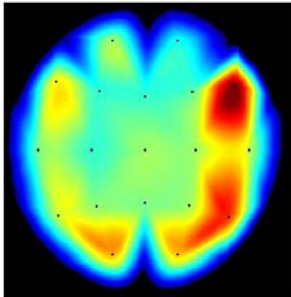
signal-1 a



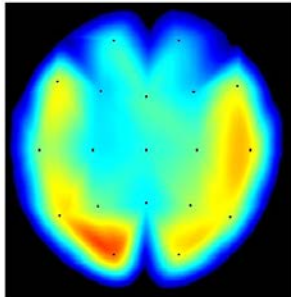
signal-2 a



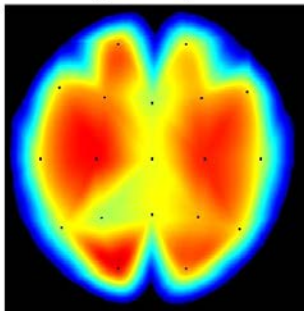
signal-1 a2



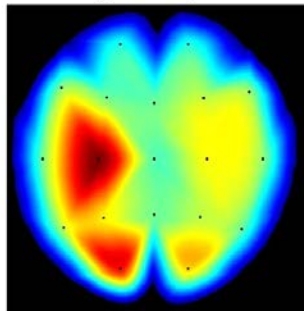
signal-2 a2



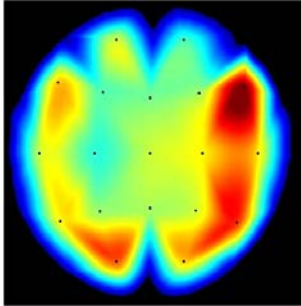
signal-1 beta+gama



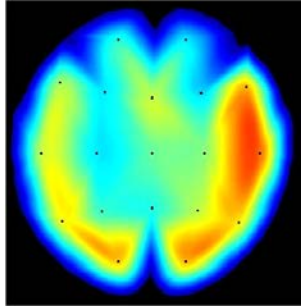
signal-2 beta+gama



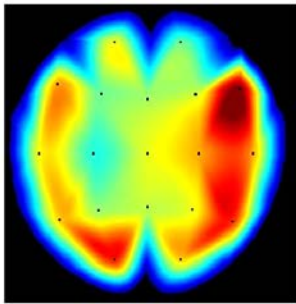
signal-1 a



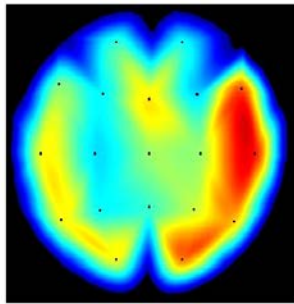
signal-2 a



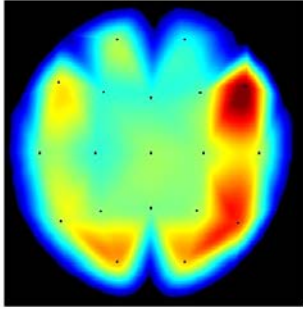
signal-1 a1



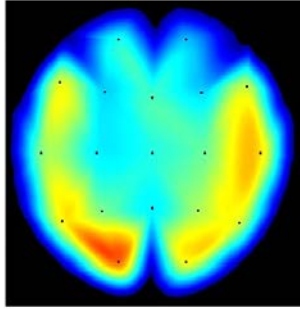
signal-2 a1



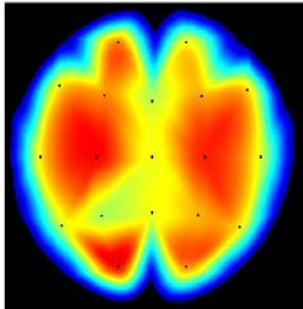
signal-1 a2



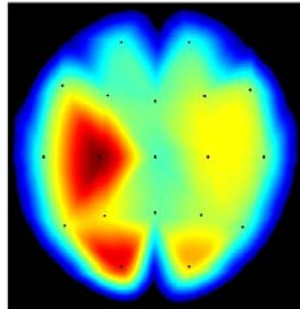
signal-2 a2



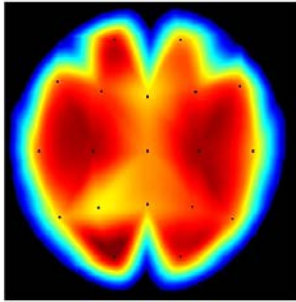
signal-1 beta+gama



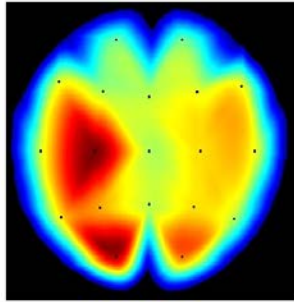
signal-2 beta+gama



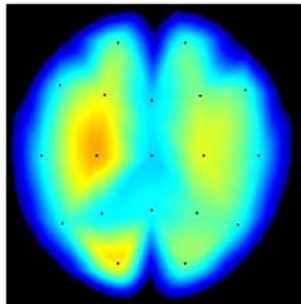
signal-1 beta



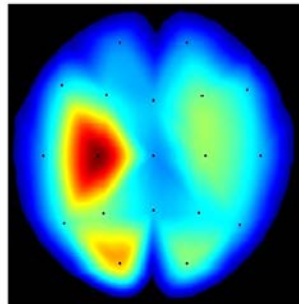
signal-2 beta



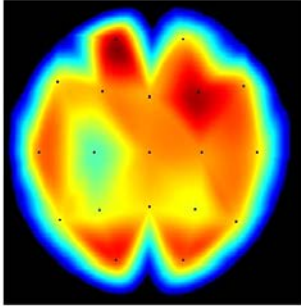
signal-1 gama



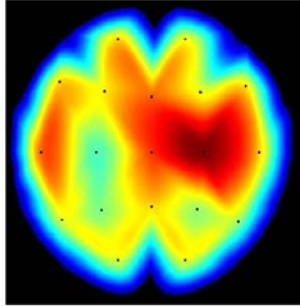
signal-2 gama



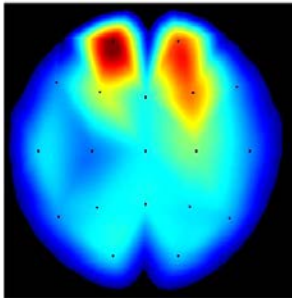
signal-1 theta



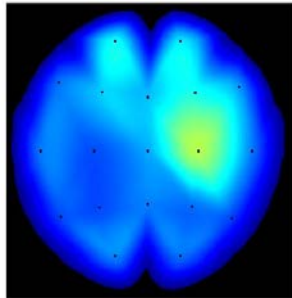
signal-2 theta



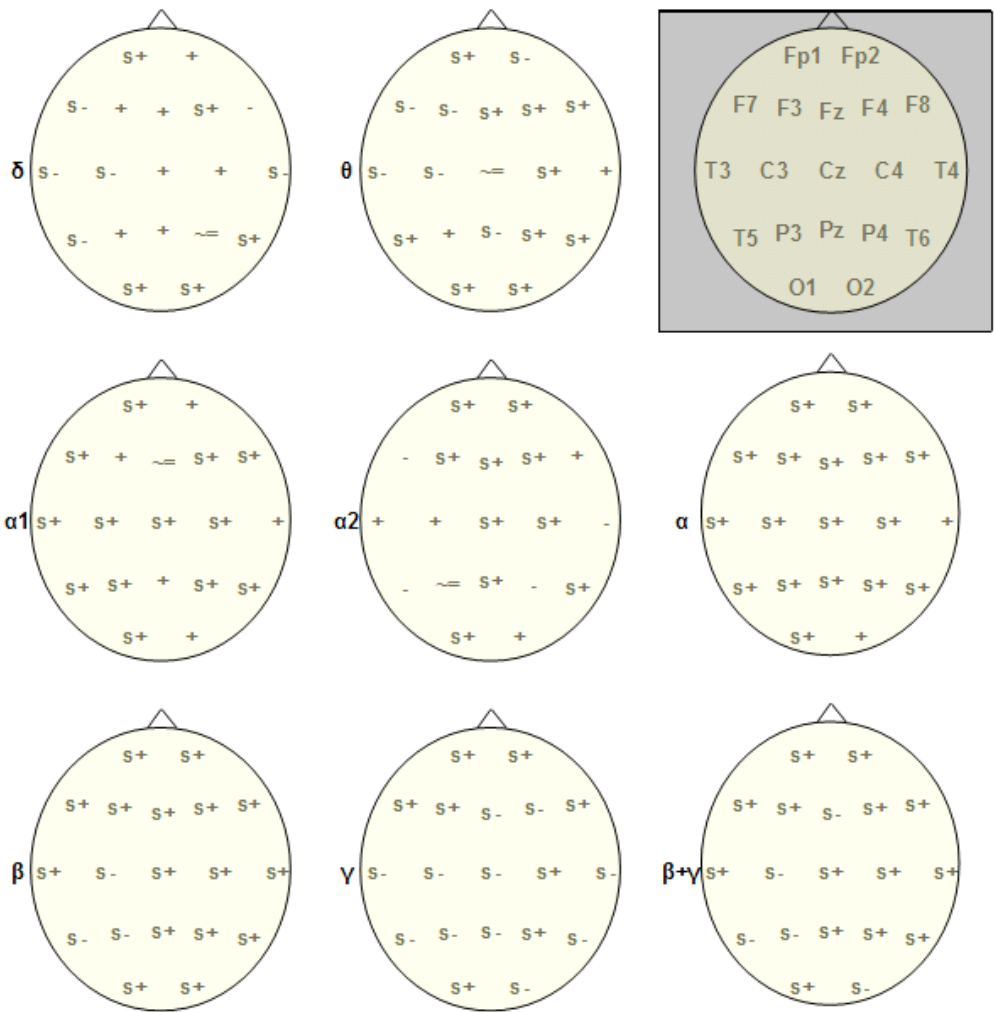
signal-1 delta



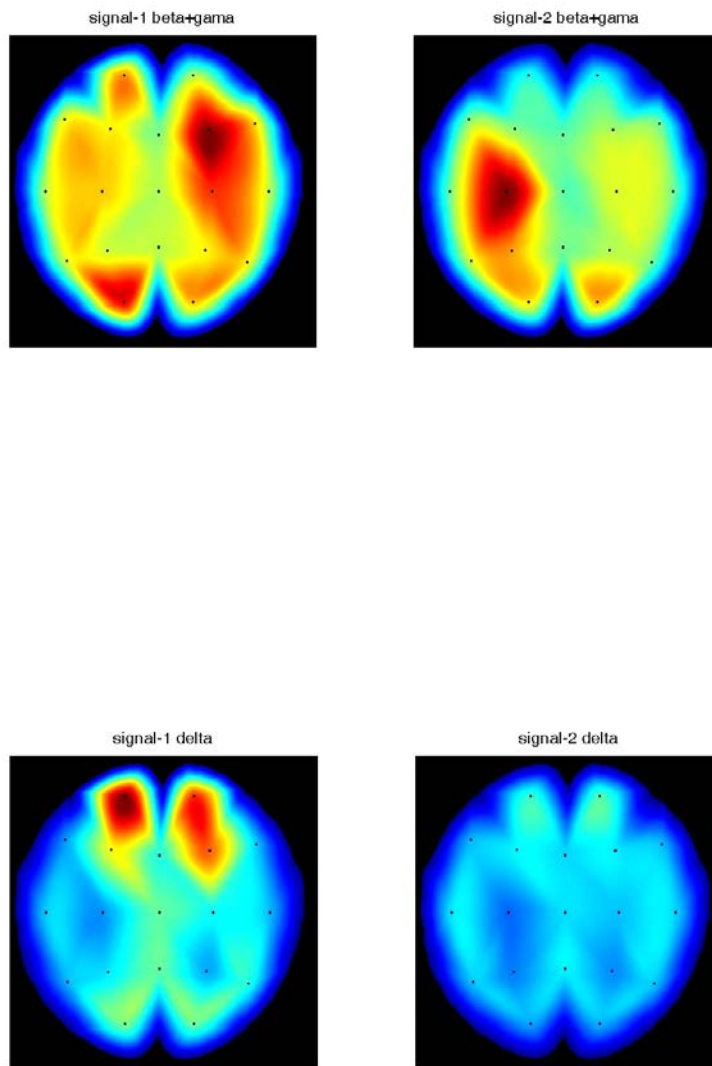
signal-2 delta



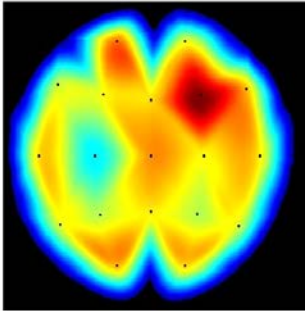
4: Συγκριτικοί στατιστικοί χάρτες απόλυτης ισχύος των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος.



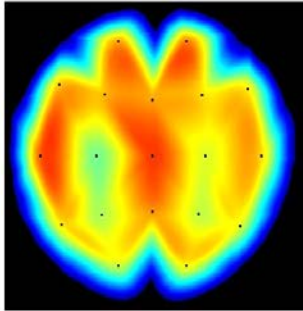
5: Συγκριτικοί στατιστικοί χρωματικοί χάρτες αποτελεσμάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του διδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος (όπου single1 εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και όπου single2 εγκεφαλική δραστηριότητα γυναικών).



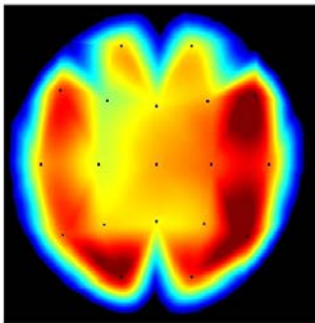
signal-1 theta



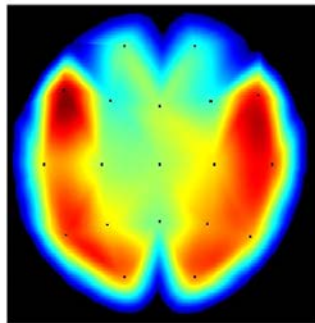
signal-2 theta



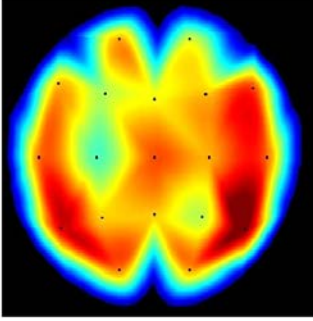
signal-1 a2



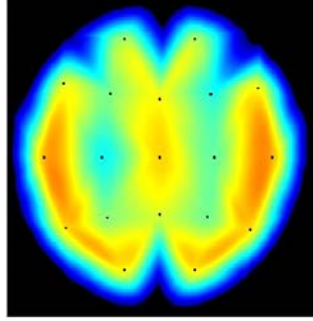
signal-2 a2



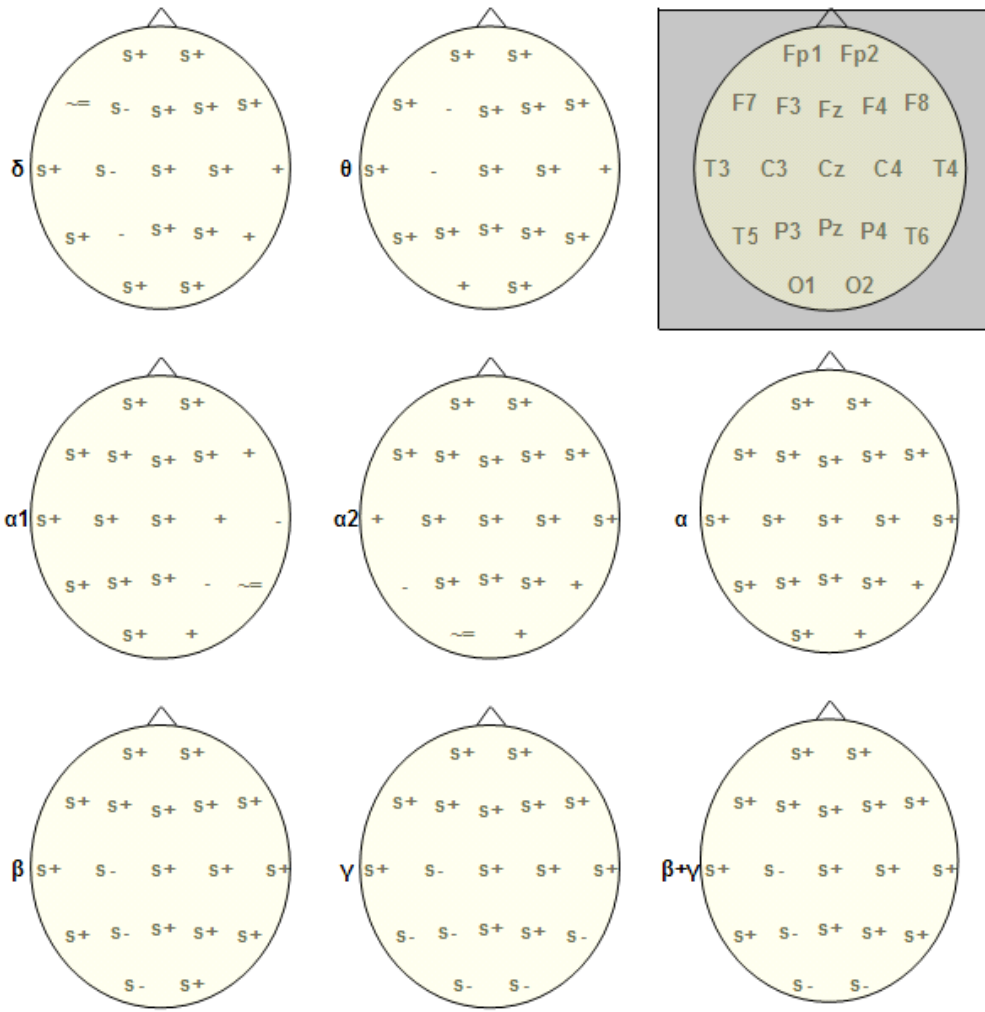
signal-1 a1



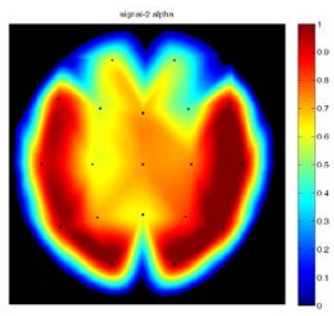
signal-2 a1

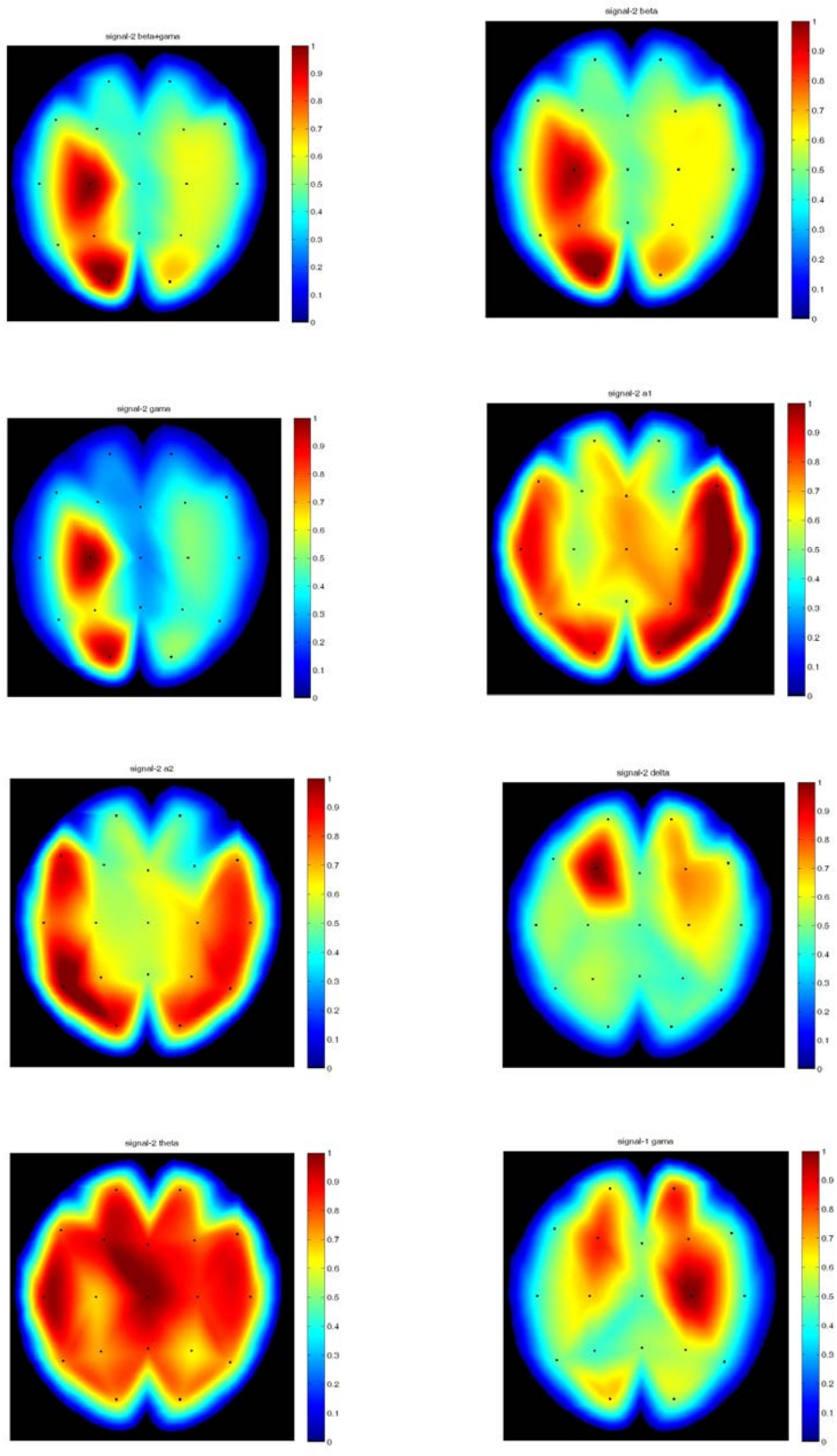


6: Συγκριτικοί στατιστικοί χάρτες απόλυτης ισχύος των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος.

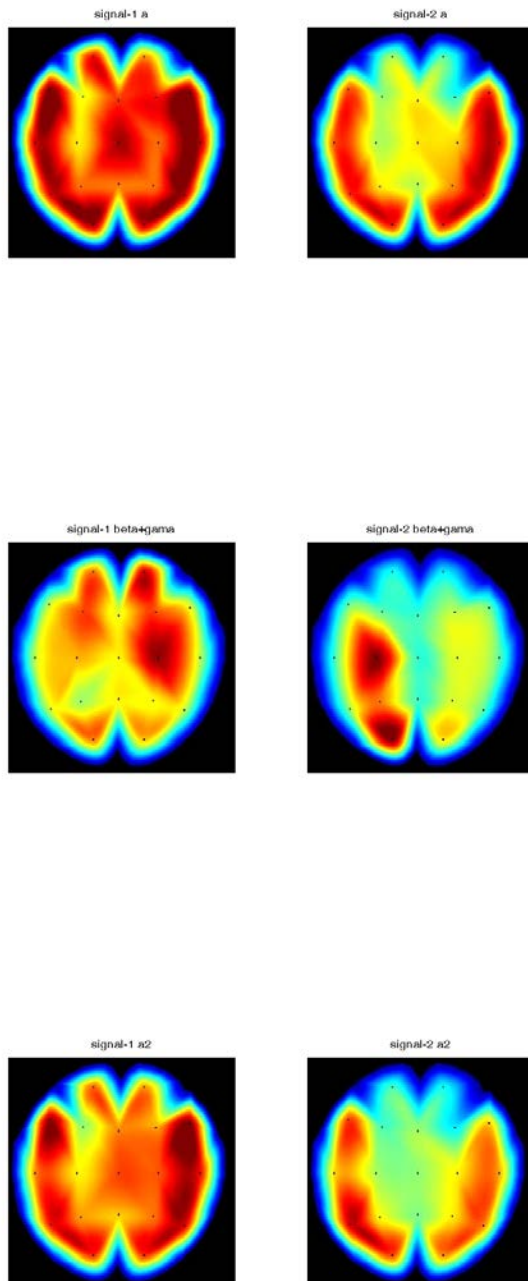


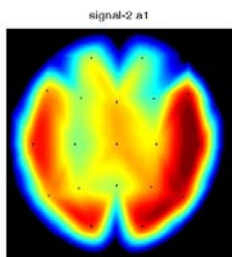
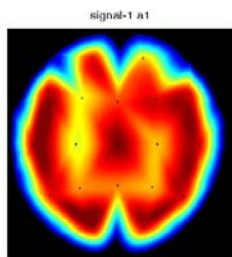
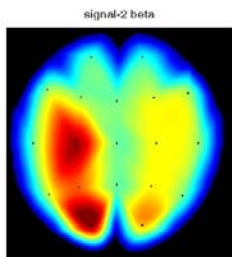
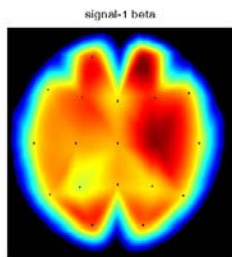
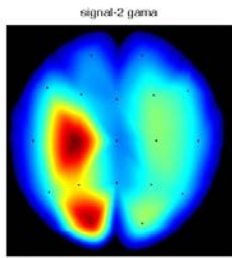
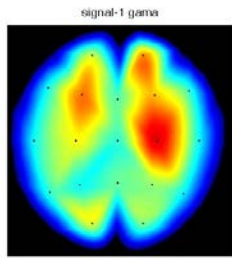
7: Στατιστικοί χρωματικοί χάρτες αποτελεσμάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος (όπου single1 εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και όπου single2 εγκεφαλική δραστηριότητα γυναικών).

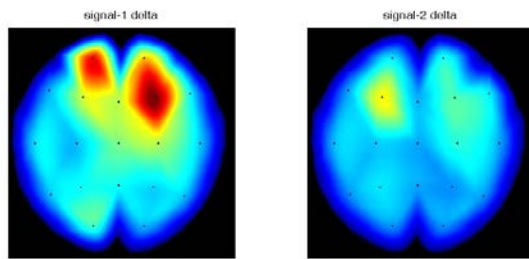
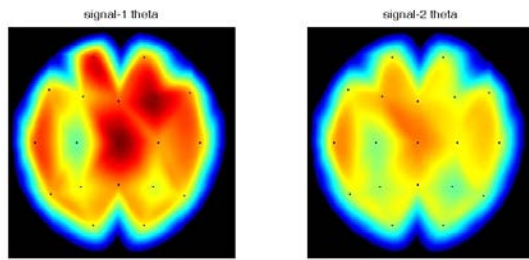




8: Συγκριτικοί στατιστικοί χρωματικοί χάρτες αποτελεσμάτων των δύο φύλων κατά την παρατήρηση του πραγματικού περιβάλλοντος (όπου *single1* εγκεφαλική δραστηριότητα ανδρών και όπου *single2* εγκεφαλική δραστηριότητα γυναικών).







9: Ερωτηματολόγιο κύριας έρευνας

Φόρμα συναίνεσης

Παρακαλώ διαβάστε την ακόλουθη φόρμα συναίνεσης προσεκτικά πριν ξεκινήσετε την έρευνα.

Συμφωνώ να συμμετάσχω σε αυτή την έρευνα στάσεων, γνωστικών δεξιοτήτων, συναισθημάτων και εμπειριών μέσω της μεθόδου της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Ο στόχος της έρευνας είναι να εξασφαλίσει προσωπικές πληροφορίες, που θα χρησιμοποιηθούν για να χαρακτηρίσουν τη συμμετοχή μου στη συγκεκριμένη έρευνα. Καταλαβαίνω ότι θα πρέπει επίσης να συμπληρώσω κάποια ερωτηματολόγια που θα ρωτούν για τα συναισθήματά μου, για χωρικές δεξιότητες, την εμπειρία στη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και ηλεκτρονικών παιχνιδιών καθώς και προσωπικά και δημογραφικά στοιχεία. Εάν συμμετάσχω σε αυτή τη μελέτη, καταλαβαίνω ότι θα κυριαρχήσει εμπιστευτικότητα. Καταλαβαίνω ότι η συμμετοχή μου είναι αποκλειστικά και μόνο για ερευνητικούς σκοπούς, και δε θα με ωφελήσει προσωπικά αλλά θα συμβάλλει στην επιστημονική γνώση.

Τα αποτελέσματα είναι εμπιστευτικά. Για να κυριαρχήσει εμπιστοσύνη κατανοώ ότι θα προσδιοριστώ από ένα κωδικό αριθμό πάνω στα διάφορα ερωτηματολόγια αλλά και τα λοιπά δεδομένα που θα παράσχω στην έρευνα καθώς και ότι τα αποτελέσματα θα δημοσιευτούν σε ομαδική στατιστική φόρμα χωρίς ονόματα ή άλλες αναγνωριστικές πληροφορίες.

Κατανοώ ότι για να είναι εποικοδομητική η προσφορά μου στην μελέτη αυτή θα πρέπει να ανταποκρίνομαι στις προτροπές και συμβουλές των ερευνητών, οι απαντήσεις μου να χαρακτηρίζονται από απόλυτη ειλικρίνεια καθώς και να απαντώ σε όλες τις ερωτήσεις αλλά ακόμη και στην περίπτωση που δεν επιθυμώ να απαντήσω σε κάποια ερώτηση αυτό δεν θα ακολουθηθεί από καμία κύρωση ή ζημία.

Εάν έχω οποιεσδήποτε απορίες ή ανησυχίες για αυτή την έρευνα θα έρθω σε επαφή με την ερευνήτρια Πριοβόλου Χρυσή στο τηλ. 26510-05716 ή στο εργαστήριο του 4ου ορόφου του Τμήματος.

Ερωτηματολόγιο

Μέρος Α

1. Φύλο	
Άνδρας	
Γυναίκα	

2. Ηλικία	
------------------	--

3. Ποιο/α από τα παρακάτω μαθήματα σχετικά με τις ΤΠΕ έχεις παρακολουθήσει στο Τμήμα;

Πληροφορική και Εκπαίδευση	
Μαθησιακές Δραστηριότητες με Υπολογιστή	
Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στη Μαθησιακή Διαδικασία	
Εκπαιδευτικό Λογισμικό	
Εκπαιδευτική Αξιοποίηση Λογισμικού Γενικής Χρήσης	
Εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση	
Δεν έχω παρακολουθήσει σχετικό μάθημα	

4. Έχεις ηλεκτρονικό υπολογιστή;

Ναι	
Όχι	

5. Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;

Επεξεργασία κειμένου	
Λογιστικά Φύλλα	
Βάση Δεδομένων	
Διαδίκτυο	
Ηλεκτρονικά παιχνίδια	

6. Πόσο συχνά χρησιμοποιείς ηλεκτρονικό υπολογιστή;

Καθημερινά	
Τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα	
Τουλάχιστον μία φορά το μήνα	
Λιγότερο από μία φορά το μήνα	
Ποτέ	

7. Πόσο συχνά παίζεις κάποιο ηλεκτρονικό παιχνίδι;

Καθημερινά	
Τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα	
Τουλάχιστον μία φορά το μήνα	
Λιγότερο από μία φορά το μήνα	
Ποτέ	

8. Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να χρησιμοποιείς τον ηλεκτρονικό υπολογιστή;

Πάρα πολύ	
Πολύ	
Λίγο	
Καθόλου	

9. Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια;

Πάρα πολύ	
Πολύ	
Λίγο	
Καθόλου	

10. Ανάφερε τα ηλεκτρονικά παιχνίδια που παίζεις πιο συχνά:

1.	
2.	
3.	

Μέρος Β

11. Σου έχει διαγνωστεί κάποια μαθησιακή δυσκολία;

Ναι	
Όχι	

12. Αν ναι ποιά; _____

13. Σου έχει διαγνωστεί κάποια ασθένεια ψυχολογική ή ψυχοπαθολογική;

Ναι	
Όχι	

14. Αν ναι ποιά; _____

15. Τώρα λαμβάνεις κάποια φαρμακευτική αγωγή για κάποια (οποιαδήποτε) ασθένεια;

Ναι	
Όχι	

16. Με ποιο χέρι γράφεις στο τετράδιό σου;

Αριστερό	
Δεξί	

Και με τα δύο

17. Με ποιο χέρι γράφεις στο πίνακα;

Αριστερό	<input type="checkbox"/>
Δεξί	<input type="checkbox"/>
Και με τα δύο	<input type="checkbox"/>

18. Με ποιο χέρι πιάνεις το ποντίκι του ηλεκτρονικού Υπολογιστή;

Αριστερό	<input type="checkbox"/>
Δεξί	<input type="checkbox"/>
Και με τα δύο	<input type="checkbox"/>

19. Υπάρχει κάποιο μέλος της οικογένειάς σου που να είναι αριστερόχειρας;

Ναι	<input type="checkbox"/>
Όχι	<input type="checkbox"/>

20. Αν ναι ποιό; _____

Χωρικές Δεξιότητες: Μέρος Γ

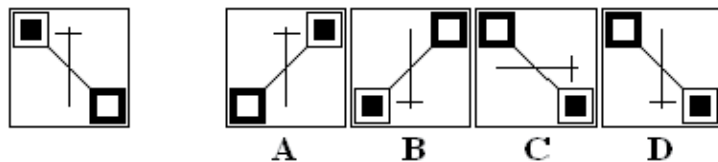
Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

Στις εικόνες που ακολουθούν στις ερωτήσεις 21 έως 23, ένα από τα σχήματα A-D είναι πανομοιότυπο με το πρώτο σχήμα (αριστερά) αλλά έχει περιστραφεί.

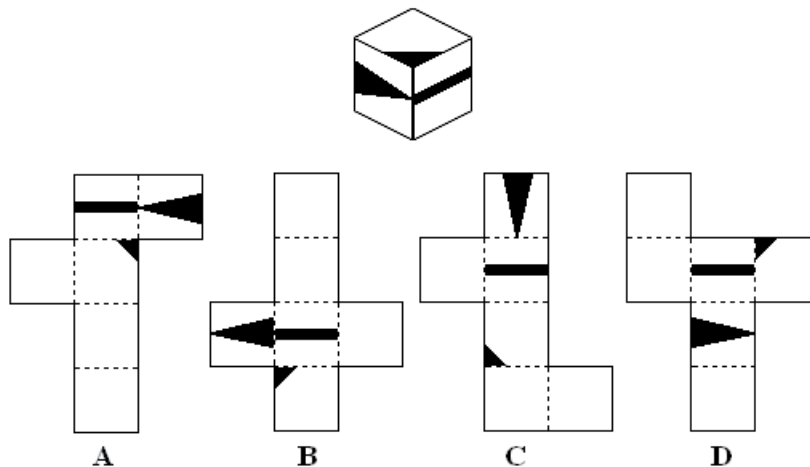
21. Ποιο σχήμα είναι πανομοιότυπο με το πρώτο; Κυκλώστε τη σωστή απάντηση

22. Ποιο σχήμα είναι πανομοιότυπο με το πρώτο; Κυκλώστε τη σωστή απάντηση

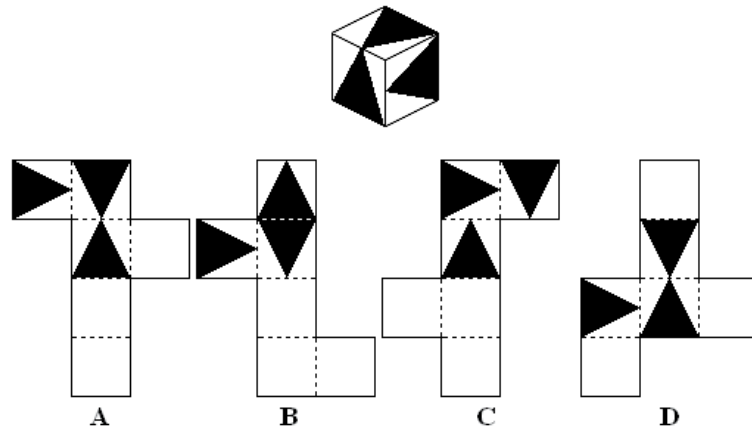
23. Ποιο σχήμα είναι πανομοιότυπο με το πρώτο; Κυκλώστε τη σωστή απάντηση



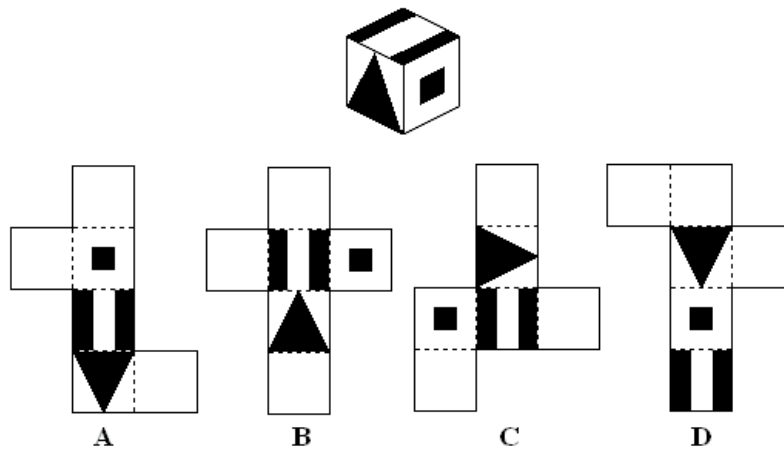
24. Ποιο από τα πρότυπα A-D θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε τον κύβο που μας παρουσιάζεται; Κύκλωσε τη σωστή απάντηση



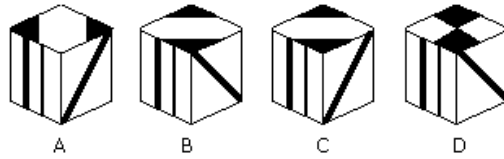
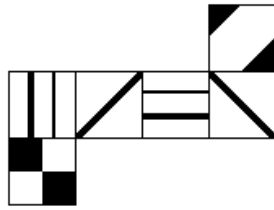
25. Ποιο από τα πρότυπα A-D θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε τον κύβο που μας παρουσιάζεται; Κύκλωσε τη σωστή απάντηση



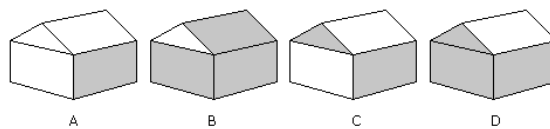
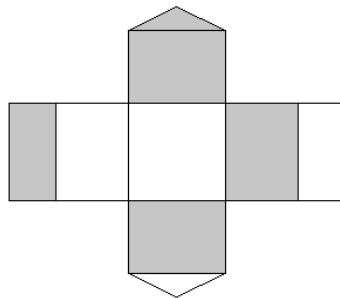
26. Ποιο από τα πρότυπα A-D θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε τον κύβο που μας παρουσιάζεται; Κύκλωσε τη σωστή απάντηση



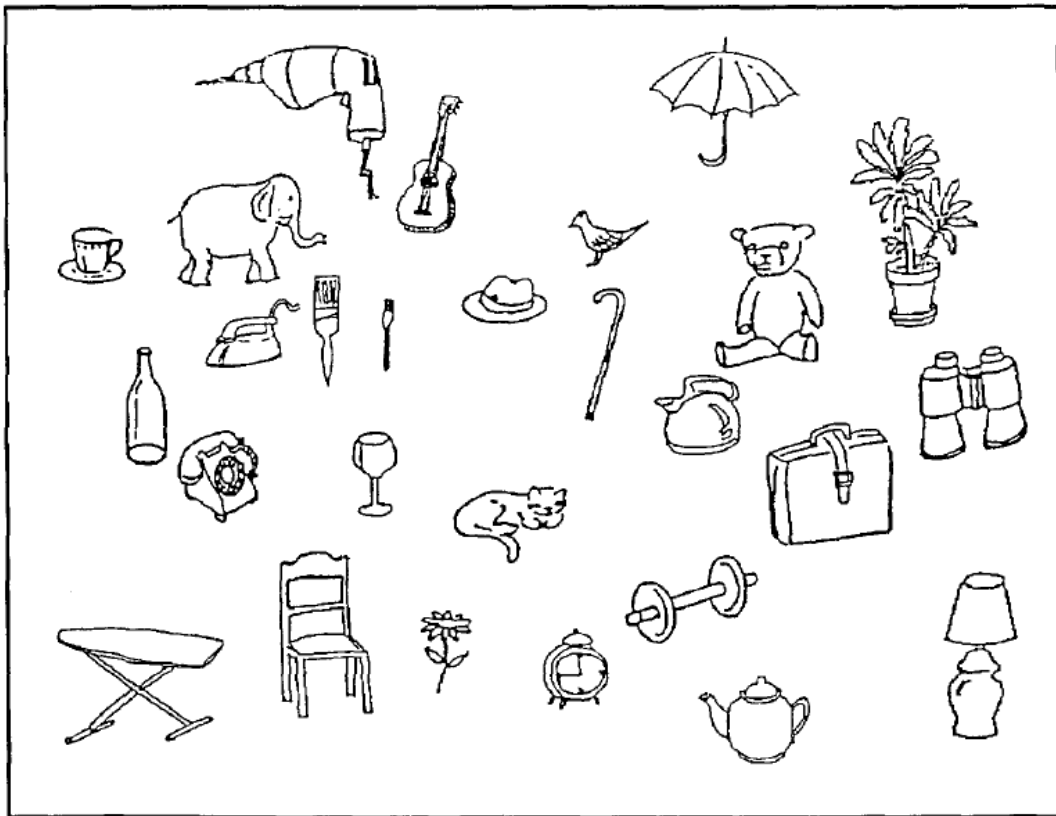
27. Ποιος από τους κύβους A-D μπορεί να δημιουργηθεί από το ακόλουθο πρότυπο;
Κύκλωσε τη σωστή απάντηση



28. Ποιο από τα σταθερά σχήματα A-D μπορεί να δημιουργηθεί από το ακόλουθο πρότυπο;
Κύκλωσε τη σωστή απάντηση



29. Έχετε ένα λεπτό να μελετήσετε προσεκτικά το παρακάτω σχήμα



Διαγράψτε με ένα 'X' τα αντικείμενα που μετακινήθηκαν σε σχέση με την διάταξη που σας παρουσιάστηκε στο προηγούμενο φύλλο και κυκλώστε τα αντικείμενα εκείνα που δεν μετακινήθηκαν.



Ερωτήσεις που υποβάλλονται μετά το πέρας της πειραματικής δοκιμασίας

Μέρος Δ

30. Πώς σου φάνηκε η εμπειρία σου από τη συμμετοχή στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία;

Ενδιαφέρουσα	
Αδιάφορη	
Κουραστική	

31. Είχες ξανά λάβει μέρος σε παρόμοια πειραματική διαδικασία;

Ναι	
Όχι	

32. Αν ναι σε ποιά/ πότε;

33. Πριν την έρευνα είχες εμπειρία κάποιου τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος;

Ναι	
Όχι	

34. Αν ναι με ποιο/α

1	
2	
3	

35. Σου προκάλεσε άγχος η συμμετοχή στην ερευνητική διαδικασία;

Καθόλου	
Λίγο	
Αρκετό	
Πολύ	

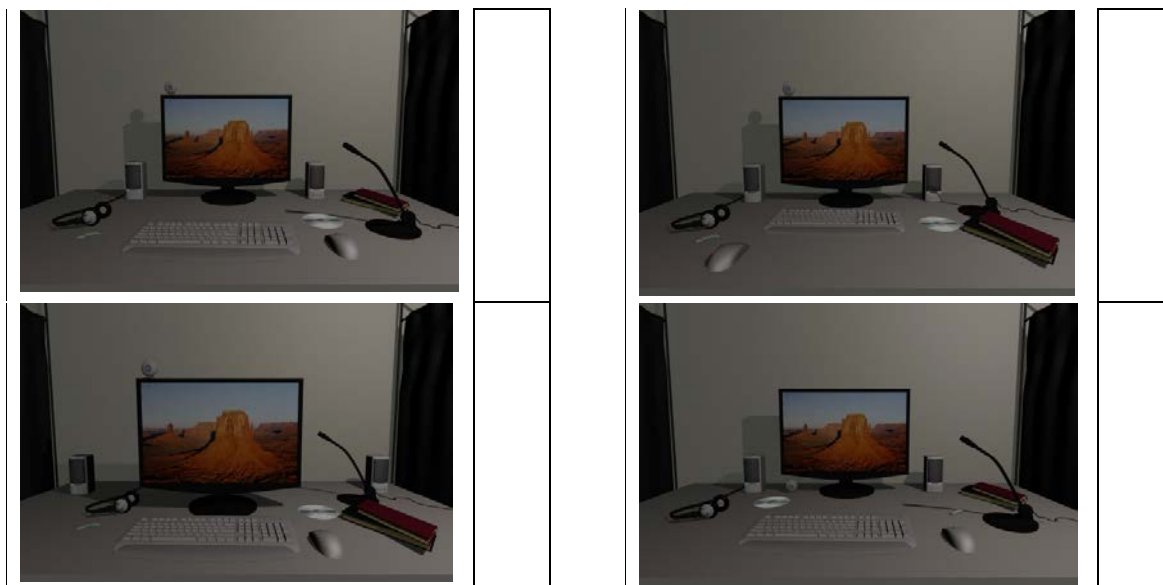
36. Σου προκάλεσε φόβο η συμμετοχή στην ερευνητική διαδικασία;

Καθόλου	
Λίγο	
Αρκετό	
Πολύ	

37. Ποία από τα παρακάτω αντικείμενα υπήρχαν και στα τρία περιβάλλοντα που σου παρουσιάστηκαν (τρισδιάστατο, δυσδιάστατο, και πραγματικό);

Cd	<input type="checkbox"/>
Μολυβοθήκη	<input type="checkbox"/>
Στυλό	<input type="checkbox"/>
USB stick	<input type="checkbox"/>
Web camera	<input type="checkbox"/>
Ηχεία ηλεκτρονικού υπολογιστή	<input type="checkbox"/>
Τετράδιο	<input type="checkbox"/>
Πληκτρολόγιο	<input type="checkbox"/>
Ποντίκι	<input type="checkbox"/>
Ακουστικά	<input type="checkbox"/>
Οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή	<input type="checkbox"/>

38. Ποια διάταξη αντικειμένων παρατήρησες στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον;



Σ' ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σου

10: Στατιστικά αποτελέσματα από απαντήσεις ερωτηματολογίου κύριας έρευνας

1. Το δείγμα αποτέλεσαν 40 φοιτητές εκ των οποίων 20 ήταν άνδρες και 20 ήταν γυναίκες.

Φύλο			
		Frequency	Percent
Valid	Άνδρας	20	50,0
	Γυναίκα	20	50,0
	Total	40	100,0

2. Η ηλικία των συμμετεχόντων ήταν από 18 έως 27 ετών με μέση ηλικία 19,7 έτη και επικρατούσα ηλικία και κεντρική τιμή τα 19 έτη.

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ηλικία	40	18	27	19,70	1,636
Valid N (listwise)	40				

Statistics		
Ηλικία		
N	Valid	40
	Missing	0
Mean		19,70
Median		19,00
Mode		19
Minimum		18
Maximum		27

Ηλικία			
		Frequency	Percent
Valid	18	5	12,5
	19	17	42,5
	20	13	32,5
	21	2	5,0
	22	1	2,5
	24	1	2,5
	27	1	2,5
	Total	40	100,0

3. Όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει κάποιο μάθημα στη Σχολή- Τμήμα που να σχετίζεται με ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών). Το 66% των συμμετεχόντων (27 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει μόνο ένα μάθημα που να σχετίζεται με ΤΠΕ εκ των οποίων το 47,5% (19 συμμετέχοντες) είχαν παρακολουθήσει το μάθημα «Μαθησιακές Δραστηριότητες με Υπολογιστή» που διδάσκεται στο πρώτο έτος. Το 30% (13 συμμετέχοντες) των συμμετεχόντων δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει στη Σχολή δύο μαθήματα που σχετίζονταν με ΤΠΕ ενώ μόνο το 2,5% (1ας συμμετέχον) δήλωσε ότι είχε παρακολουθήσει 4 μαθήματα που σχετιζόταν με ΤΠΕ.

Επιλογή: Μαθησιακές Δραστηριότητες με Υπολογιστή		
	Frequency	Percent

Valid		27	67,5
	Επιλογή	13	32,5
	Total	40	100,0

Επιλογή: Προσομιώσεις και Οπτικοποιήσεις στη Μαθησιακή Διαδικασία			
		Frequency	Percent
Missing	System	40	100,0

Επιλογή: Εκπαιδευτικό Λογισμικό			
		Frequency	Percent
Valid		39	97,5
	Επιλογή	1	2,5
	Total	40	100,0

Επιλογή: Εκπαιδευτική Αξιοποίηση Λογισμικού Γενικής Χρήσης			
		Frequency	Percent
Valid		37	92,5
	Επιλογή	3	7,5
	Total	40	100,0

Επιλογή: Εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση: Ποιο/α από τα παρακάτω μαθήματα σχετικά με τις ΤΠΕ έχεις παρακολουθήσει στο Τμήμα;					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid		33	82,5	82,5	82,5
	Επιλογή	7	17,5	17,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

LessonsOfTIC

		Frequency	Percent
Valid	Informatics and education	19	47,5
	Learning activities with computer	2	5,0
	Educational utilization of general software	2	5,0
	Introduction of TCI in education	4	10,0
	1&2	9	22,5
	1&6	2	5,0
	2&6	1	2,5
	1&2&4&5	1	2,5
	Total	40	100,0

4. Όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι είχαν στην κατοχή τους Ηλεκτρονικό Υπολογιστή.

Έχεις ηλεκτρονικό υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid	Ναι	40	100,0

5. Το σύνολο των συμμετεχόντων (100%) δήλωσε ότι χρησιμοποιεί τον ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου να πλοηγηθεί στο διαδίκτυο, το 70% των συμμετεχόντων (28 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή και για την επεξεργασία κειμένων, ένα ποσοστό 57,5% (23 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή προκειμένου να παίζουν ηλεκτρονικά παιχνίδια εκ των οποίων οι 16 ήταν άνδρες (69,6%) και οι 7 ήταν γυναίκες (30,4%) ενώ ελάχιστοι ήταν εκείνοι οι οποίοι δήλωσαν ότι κάνουν χρήση κάποιου λογισμικού επεξεργασίας λογιστικών φύλλων (5%) ή βάσης δεδομένων (5%).

Επεξεργασία κειμένου: Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid		12	30,0
	Επεξεργασία κειμένου	28	70,0
	Total	40	100,0

Λογιστικά Φύλλα:Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid		38	95,0
	Λογιστικά Φύλλα	2	5,0
	Total	40	100,0

Βάση Δεδομένων:Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid		38	95,0
	Βάση Δεδομένων	2	5,0
	Total	40	100,0

Διαδίκτυο:Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid	Διαδίκτυο	40	100,0

Ηλεκτρονικά παιχνίδια:Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid		17	42,5
	Ηλεκτρονικά παιχνίδια	23	57,5
	Total	40	100,0

		Φύλο			
		Άνδρας		Γυναίκα	
		Count	Table N %	Count	Table N %
Ηλεκτρονικά παιχνίδια:Για ποιές από τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιείς τον υπολογιστή;		4	10,0%	13	32,5%
	Ηλεκτρονικά παιχνίδια	16	40,0%	7	17,5%

6. Στην ερώτηση πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ηλεκτρονικό υπολογιστή το 87% των συμμετεχόντων (35 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν καθημερινά τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή και μόλις το 12% (5 συμμετέχοντες) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα. Από τα ποσοστά αυτά το 45% των ανδρών και το 42,% των γυναικών δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν καθημερινά τον ηλεκτρονικό τους υπολογιστή γεγονός που παραπέμπει σε σχετική ομοιογένεια του δείγματος (δύο ομάδων) ως προς την συχνότητα χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Πόσο συχνά χρησιμοποιείς ηλεκτρονικό υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid	Καθημερινά	35	87,5
	Τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα	5	12,5
	Total	40	100,0

		Φύλο			
		Άνδρας		Γυναίκα	
		Count	Table N %	Count	Table N %
Πόσο συχνά χρησιμοποιείς ηλεκτρονικό υπολογιστή;	Καθημερινά	18	45,0%	17	42,0%
	Τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα	2	5,0%	3	7,0%

7. Στην ερώτηση πόσο συχνά παίζετε ηλεκτρονικά παιχνίδια οι απαντήσεις ποίκιλαν καθώς το 30% των συμμετεχόντων δήλωσε ότι παίζει ηλεκτρονικά παιχνίδια λιγότερο από μία φορά το μήνα εκ των οποίων το 12,5% είναι άνδρες και το 17,5% γυναίκες, το 25% δήλωσε ότι παίζει τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα εκ των οποίων το 17,5% είναι άνδρες και μόλις το 7,5% γυναίκες, το 17,5% δήλωσε ότι παίζει τουλάχιστον μία φορά το μήνα εκ των οποίων μόλις το 2,5% είναι άνδρες και το 15% γυναίκες, το 17,5% δήλωσε ότι δεν παίζει ποτέ εκ των οποίων το 7,5% είναι άνδρες και το 10% γυναίκες και μόλις το 10% δήλωσε ότι παίζει καθημερινά όπου στο σύνολό του ήταν άνδρες. Από τα ποσοστά αυτά συμπεραίνουμε ότι οι άνδρες παίζουν πιο συχνά από τις γυναίκες ηλεκτρονικά παιχνίδια εντούτοις το δείγμα μας δεν χαρακτηρίζεται από σημαντική ανομοιογένεια ως προς τη συχνότητα χρήσης ηλεκτρονικών παιχνιδιών.

Πόσο συχνά παίζεις κάποιο ηλεκτρονικό παιχνίδι;

		Frequency	Percent
Valid	Καθημερινά	4	10,0
	Λιγότερο από μία φορά το μήνα	12	30,0
	Ποτέ	7	17,5
	Τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα	10	25,0
	Τουλάχιστον μία φορά το μήνα	7	17,5
	Total	40	100,0

		Φύλο			
		Άνδρας		Γυναίκα	
		Count	Table N %	Count	Table N %
Πόσο συχνά παίζεις κάποιο ηλεκτρονικό παιχνίδι;	Καθημερινά	4	10,0%	0	,0%
	Λιγότερο από μία φορά το μήνα	5	12,5%	7	17,5%
	Ποτέ	3	7,5%	4	10,0%
	Τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα	7	17,5%	3	7,5%
	Τουλάχιστον μία φορά το μήνα	1	2,5%	6	15,0%

8. Στην ερώτηση πόσο έμπειρος πιστεύεις ότι είσαι στο να χρησιμοποιείς ηλεκτρονικό υπολογιστή το 57,5% απάντησε ότι είναι πολύ έμπειρο στη χρήση

ηλεκτρονικού υπολογιστή εκ των οποίων το 32% είναι άνδρες και το 25% γυναίκες, το 30% απάντησε ότι είναι λίγο έμπειρο εκ των οποίων 10% είναι άνδρες και 20% είναι γυναίκες, το 10% ότι είναι πάρα πολύ έμπειρο εκ των οποίων το 7,5% είναι άνδρες και το 2,5% γυναίκες, και μόλις το 2,5% δήλωσε ότι δεν είναι καθόλου έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή που στο σύνολό τους είναι γυναίκες. Τα ποσοστά αυτά λαμβανομένου υπόψη και του δείγματος (40 συμμετέχοντες) παρατηρούμε ότι οι άνδρες δηλώνουν πιο έμπειροι από τις γυναίκες στη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών εντούτοις οι διαφορές δεν συνιστούν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την εμπειρία χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να χρησιμοποιείς τον ηλεκτρονικό υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid	Καθόλου	1	2,5
	Λίγο	12	30,0
	Πάρα πολύ	4	10,0
	Πολύ	23	57,5
	Total	40	100,0

		Φύλο			
		Άνδρας		Γυναίκα	
		Count	Table N %	Count	Table N %
Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να χρησιμοποιείς τον ηλεκτρονικό υπολογιστή;	Καθόλου	0	,0%	1	2,5%
	Λίγο	4	10,0%	8	20,0%
	Πάρα πολύ	3	7,5%	1	2,5%
	Πολύ	13	32,5%	10	25,0%

9. Στην ερώτηση πόσο έμπειρος πιστεύεις ότι είσαι στο να παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια το 35% δήλωσε ότι είναι λίγο έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών εκ των οποίων το 10% είναι άνδρες και το 25% γυναίκες, το 32% ότι είναι πολύ έμπειρο εκ των οποίων το 27,5% είναι άνδρες και μόλις το 5% γυναίκες, το 22,5% ότι δεν είναι καθόλου έμπειρο εκ των οποίων μόλις το 2,5% είναι άνδρες και το 20% γυναίκες και το 10% ότι είναι πάρα πολύ έμπειρο και στο σύνολό του ήταν άνδρες. Από τη μελέτη των στατιστικών αυτών στοιχείων συμπεραίνουμε ότι οι δύο ομάδες παρουσιάζουν σημαντική διαφορά ως προς την εμπειρία στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών με τους άνδρες να δηλώνουν πιο έμπειροι(27,5%) από τις γυναίκες (5%).

Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια;			
		Frequency	Percent
Valid	Καθόλου	9	22,5
	Λίγο	14	35,0
	Πάρα πολύ	4	10,0
	Πολύ	13	32,5
	Total	40	100,0

		Φύλο			
		Άνδρας		Γυναίκα	
		Count	Table N %	Count	Table N %
Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια;	Καθόλου	1	2,5%	8	20,0%
	Λίγο	4	10,0%	10	25,0%
	Πάρα πολύ	4	10,0%	0	,0%
	Πολύ	11	27,5%	2	5,0%

10. Στην ερώτηση «Πόσο έμπειρος/η πιστεύεις ότι είσαι στο να παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια;» το 27,5% του δείγματος που ήταν άνδρες δήλωσαν «πολύ» ενώ το 25% του δείγματος που ήταν γυναίκες δήλωσαν «λίγο» μόνο το 10% του δείγματος δήλωσε «πάρα πολύ» έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών ενώ το 22,5% δήλωσε ότι δεν είναι καθόλου έμπειρο στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Συνολικά παρατηρήθηκε ότι ποσοστιαία οι περισσότεροι συμμετέχοντες (52,5%) δήλωσαν λίγο έως πολύ έμπειροι στη χρήση ηλεκτρονικών παιχνιδιών ποσοστό που μας επιτρέπει να μιλούμε για ομοιογένεια καθώς στις ακραίες τιμές («καθόλου» και «πάρα πολύ») συγκεντρώνεται μόλις το 32,5% του συνολικού δείγματος.

11. Κανείς από τους συμμετέχοντες δε δήλωσε ότι του έχει διαγνωστεί κάποια μαθησιακή δυσκολία.

Σου έχει διαγνωστεί κάποια μαθησιακή δυσκολία;		
	Frequency	Percent

Valid	Όχι	40	100,0
-------	-----	----	-------

12. Κανείς από τους συμμετέχοντες δεν ανέφερε ότι του έχει διαγνωστεί κάποια ψυχολογική ή ψυχοπαθολογική ασθένεια.

Σου έχει διαγνωστεί κάποια ασθένεια ψυχολογική ή ψυχοπαθολογική;			
		Frequency	Percent
Valid	Όχι	40	100,0

13. Κανείς από τους συμμετέχοντες δεν ανέφερε ότι λαμβάνει κάποια φαρμακευτική αγωγή για κάποια οποιαδήποτε ασθένεια.

Τώρα λαμβάνεις κάποια φαρμακευτική αγωγή για κάποια (οποιαδήποτε) ασθένεια;			
		Frequency	Percent
Valid	Όχι	40	100,0

14. Όλοι ανέφεραν ότι έγραφαν με το δεξί χέρι (αριστερή πλευρίωση) στο τετράδιο.

Με ποιο χέρι γράφεις στο τετράδιό σου;			
		Frequency	Percent
Valid	Δεξί	40	100,0

15. Όλοι ανέφεραν ότι γράφουν στον πίνακα με το δεξί χέρι (αριστερή πλευρίωση).

Με ποιο χέρι γράφεις στον πίνακα;			
		Frequency	Percent
Valid	Δεξί	40	100,0

16. Όλοι ανέφεραν ότι χρησιμοποιούν το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή με το δεξί τους χέρι (αριστερή πλευρίωση).

Με ποιο χέρι πιάνεις το ποντίκι του ηλεκτρονικού Υπολογιστή;			
		Frequency	Percent
Valid	Δεξί	40	100,0

17. Σε ερώτηση αν υπάρχει στην οικογένειά σου κάποιο μέλος που να παρουσιάζει αριστεροχειρία το 75% των συμμετεχόντων απάντησε αρνητικά και μόλις το 25% απάντησε θετικά, εκ των οποίων το 12,5% δήλωσε αριστερόχειρα αδελφό ή αδελφή, το 7,5% αριστερόχειρα πατέρα, το 2,5% μητέρα, και το 2,5% συγγενή δευτέρου βαθμού (ξάδερφο).

Υπάρχει κάποιο μέλος της οικογένειάς σου που να είναι αριστερόχειρας;			
		Frequency	Percent
Valid	Ναι	10	25,0
	Όχι	30	75,0
	Total	40	100,0

Αν ναι ποιό;			
		Frequency	Percent
Valid	-	30	75,0
	Αδελφή	3	7,5
	Αδελφός	2	5,0
	Μητέρα	1	2,5
	Ξαδερφός	1	2,5
	Πατέρας	3	7,5
	Total	40	100,0

ΧΩΡΙΚΕΣ ΔΕΞΙΩΤΗΤΕΣ

21.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	3	7,5	7,5	7,5
	B	6	15,0	15,0	22,5

	C	28	70,0	70,0	92,5
	D	3	7,5	7,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

MentalRotation21					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	28	70,0	70,0	70,0
	Incorrect	12	30,0	30,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex	
		Female	Male
		Count	Count
MentalRotation21	Correct	13	15
	Incorrect	7	5

22.

Ποιο σχήμα είναι πανομοιότυπο με το πρώτο; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	B	39	97,5	97,5	97,5
	C	1	2,5	2,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

MentalRotation22					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	39	97,5	97,5	97,5
	Incorrect	1	2,5	2,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
MentalRotation22	Correct	0	0	20	19
	Incorrect	0	0	0	1

23. Ποιο σχήμα είναι πανομοιότυπο με το πρώτο; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	1	2,5	2,5	2,5
	B	7	17,5	17,5	20,0
	C	3	7,5	7,5	27,5
	D	29	72,5	72,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

MentalRotation23					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	29	72,5	72,5	72,5
	Incorrect	11	27,5	27,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
MentalRotation23	Correct	0	0	15	14
	Incorrect	0	0	5	6

24.

Ποιο από τα πρότυπα A-D θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε τον κύβο που μας παρουσιάζεται; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	28	70,0	70,0	70,0
	B	8	20,0	20,0	90,0
	C	2	5,0	5,0	95,0
	D	2	5,0	5,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

PerceptionOf3D24					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	28	70,0	70,0	70,0
	Incorrect	12	30,0	30,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
PerceptionOf3D24	Correct	0	0	13	15
	Incorrect	0	0	7	5

25.

Ποιο από τα πρότυπα A-D θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε τον κύβο που μας παρουσιάζεται; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	21	52,5	52,5	52,5
	D	19	47,5	47,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

PerceptionOf3D25					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	21	52,5	52,5	52,5
	Incorrect	19	47,5	47,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
PerceptionOf3D25	Correct	0	0	9	12
	Incorrect	0	0	11	8

26.

Ποιο από τα πρότυπα A-D θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε τον κύβο που μας παρουσιάζεται; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	1	2,5	2,5	2,5
	B	39	97,5	97,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

PerceptionOf3D26					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	39	97,5	97,5	97,5
	Incorrect	1	2,5	2,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
PerceptionOf3D26	Correct	0	0	19	20
	Incorrect	0	0	1	0

27.

Ποιος από τους κύβους A-D μπορεί να δημιουργηθεί από το ακόλουθο πρότυπο; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	13	32,5	32,5	32,5
	B	5	12,5	12,5	45,0
	C	10	25,0	25,0	70,0
	D	12	30,0	30,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

PerceptionOf3D27					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	14	35,0	35,0	35,0
	Incorrect	26	65,0	65,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
PerceptionOf3D27	Correct	0	0	5	9
	Incorrect	0	0	15	11

28.

Ποιο από τα σταθερά σχήματα A-D μπορεί να δημιουργηθεί από το ακόλουθο πρότυπο; Επιλέξτε τη σωστή απάντηση					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	1	2,5	2,5	2,5
	B	9	22,5	22,5	25,0
	C	1	2,5	2,5	27,5
	D	29	72,5	72,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

PerceptionOf3D28					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Correct	28	70,0	70,0	70,0
	Incorrect	12	30,0	30,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

		Sex			
		Male	Female	Female	Male
		Count	Count	Count	Count
PerceptionOf3D28	Correct	0	0	13	15
	Incorrect	0	0	7	5

29.

Απαντήστε την ερώτηση στο χαρτί					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	1	2,5	2,5	2,5
	3	1	2,5	2,5	5,0
	6	1	2,5	2,5	7,5
	7	1	2,5	2,5	10,0
	8	2	5,0	5,0	15,0
	10	1	2,5	2,5	17,5
	11	1	2,5	2,5	20,0
	12	2	5,0	5,0	25,0
	13	3	7,5	7,5	32,5
	14	2	5,0	5,0	37,5
	15	4	10,0	10,0	47,5
	16	3	7,5	7,5	55,0
	17	1	2,5	2,5	57,5
	18	5	12,5	12,5	70,0
	20	1	2,5	2,5	72,5
	21	2	5,0	5,0	77,5
	22	2	5,0	5,0	82,5
	23	4	10,0	10,0	92,5
	24	2	5,0	5,0	97,5
	25	1	2,5	2,5	100,0
Total		40	100,0	100,0	

SpatialLocationMemory					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	1	2,5	2,5	2,5
	3	1	2,5	2,5	5,0
	6	1	2,5	2,5	7,5
	7	1	2,5	2,5	10,0
	8	2	5,0	5,0	15,0
	10	1	2,5	2,5	17,5
	11	1	2,5	2,5	20,0
	12	2	5,0	5,0	25,0
	13	3	7,5	7,5	32,5
	14	2	5,0	5,0	37,5
	15	4	10,0	10,0	47,5
	16	3	7,5	7,5	55,0
	17	1	2,5	2,5	57,5
	18	5	12,5	12,5	70,0
	20	1	2,5	2,5	72,5
	21	2	5,0	5,0	77,5
	22	2	5,0	5,0	82,5
	23	4	10,0	10,0	92,5
	24	2	5,0	5,0	97,5
	25	1	2,5	2,5	100,0
Total		40	100,0	100,0	

ΜΕΡΟΣ Δ

30. Η πλειοψηφία του δείγματος χαρακτήρισε την εμπειρία συμμετοχής του την πειραματική μελέτη ως ενδιαφέρουσα (ποσοστό 97,5%)

Experience					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Interesting	39	97,5	97,5	97,5
	Immaterial	1	2,5	2,5	100,0

	Total	40	100,0	100,0
--	-------	----	-------	-------

Πώς σου φάνηκε η εμπειρία σου από τη συμμετοχή στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία;					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Αδιάφορη	1	2,5	2,5	2,5
	Ενδιαφέρουσα	39	97,5	97,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

31. Η πλειοψηφία του δείγματος ανέφερε ότι δεν είχε συμμετάσχει στο παρελθόν σε παρόμοια πειραματική διαδικασία (75%) ενώ ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 25% είχε συμμετάσχει σε πειραματική διαδικασία πλοήγησης σε τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον που είχε λάβει χώρα έξι μήνες πριν στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Είχες ξανά λάβει μέρος σε παρόμοια πειραματική διαδικασία;					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ναι	10	25,0	25,0	25,0
	Όχι	30	75,0	75,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Αν ναι σε ποιά/ πότε;			
		Frequency	Percent
Valid	-	30	75,0
	Νάτσης	10	25
	Total	40	100,0

32.

Πριν την έρευνα είχες εμπειρία κάποιου τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος;					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ναι	25	62,5	62,5	62,5
	Όχι	15	37,5	37,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

33.

Which3DExperience					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid		15	37,5	37,5	37,5
	cinema	1	2,5	2,5	40,0
	games	1	2,5	2,5	42,5
	κινηματογράφος	6	15,0	15,0	57,5
	κινηματογράφος,μουσείο	1	2,5	2,5	60,0
	μουσείο	1	2,5	2,5	62,5
	νάτσης	1	2,5	2,5	65,0
	Νάτσης	3	7,5	7,5	72,5
	Νάτσης , σινεμα	1	2,5	2,5	75,0
	Νάτσης σινεμά	1	2,5	2,5	77,5
	Νάτσης,Avatar	1	2,5	2,5	80,0
	Νάτσης,σινεμά	1	2,5	2,5	82,5
	πιλοτική μας	1	2,5	2,5	85,0
	πλανητάριο	1	2,5	2,5	87,5
	σε θεματικό πάρκο με ειδικά γυαλιά,ταινί	1	2,5	2,5	90,0
	σε κατάσταση	1	2,5	2,5	92,5
	σινεμά	2	5,0	5,0	97,5
	ταινία	1	2,5	2,5	100,0
	Total		40	100,0	100,0

34. Η πλειοψηφία του δείγματος ανέφερε ότι δεν είχε καθόλου άγχος κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (65%) ενώ ένα μικρό ποσοστό (35%) ανέφεραν ότι είχαν λίγο άγχος.

Σου προκάλεσε άγχος η συμμετοχή στην ερευνητική διαδικασία;					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Καθόλου	26	65,0	65,0	65,0
	Λίγο	14	35,0	35,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

35. Η πλειοψηφία του δείγματος ανέφερε ότι δεν αισθάνθηκε καθόλου φόβο κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (85%) ενώ ένα μικρό ποσοστό (15%) ανέφερε ότι αισθάνθηκε λίγο φόβο.

Σου προκάλεσε φόβο η συμμετοχή στην ερευνητική διαδικασία;					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Καθόλου	34	85,0	85,0	85,0
	Λίγο	6	15,0	15,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

36.

ItemsOfEnvironment					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3	3	7,5	7,5	7,5
	4	3	7,5	7,5	15,0
	5	5	12,5	12,5	27,5
	6	5	12,5	12,5	40,0
	7	10	25,0	25,0	65,0
	8	14	35,0	35,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

ItemsEnvironmentWro					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	26	65,0	65,0	65,0
	1	11	27,5	27,5	92,5
	2	3	7,5	7,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

37.

ItemsArrangementCor					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	All Correct	22	55,0	55,0	55,0
	All Incorrect	1	2,5	2,5	57,5
	One correct and one Incorrect	5	12,5	12,5	70,0
	Two correct one incorrect	2	5,0	5,0	75,0
	one correct	10	25,0	25,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

38.

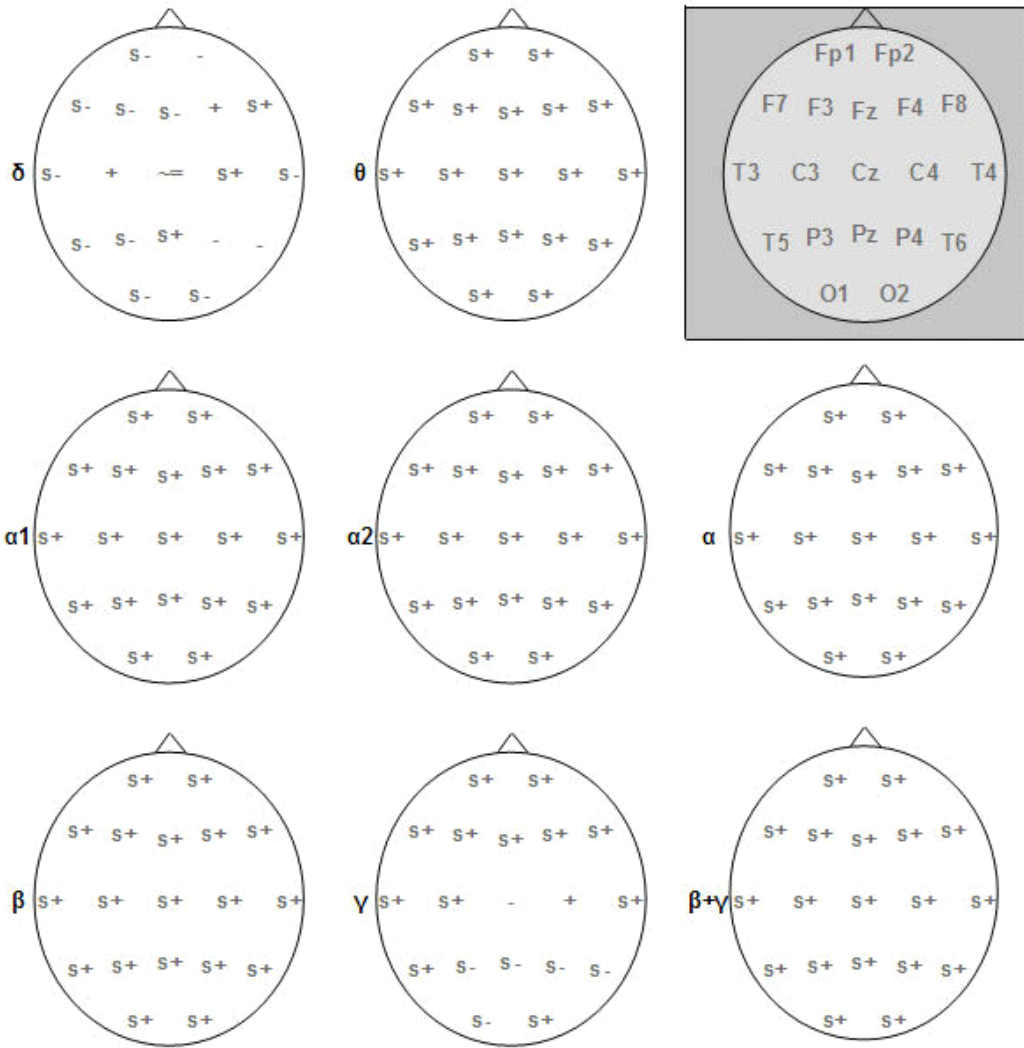
Statistics		
ItemsArrangementCor		
N	Valid	40
	Missing	0
Mean		2,98
Median		1,00
Mode		1
Minimum		1
Maximum		7

ItemsArrangementCor					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	All Correct	22	55,0	55,0	55,0
	All Incorrect	1	2,5	2,5	57,5
	One correct and one Incorrect	5	12,5	12,5	70,0
	Two correct one incorrect	2	5,0	5,0	75,0
	one correct	10	25,0	25,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

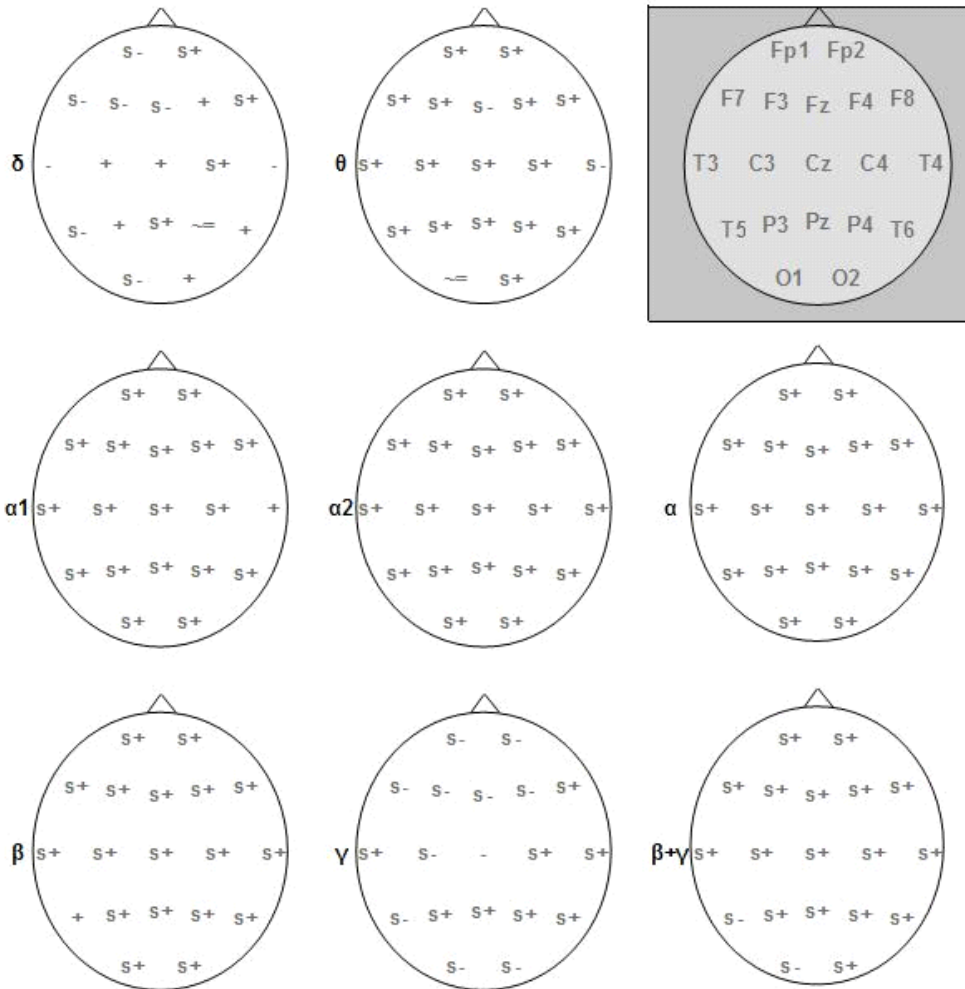
ItemsEnvironmentWro					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	26	65,0	65,0	65,0
	1	11	27,5	27,5	92,5
	2	3	7,5	7,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

11: Συγκριτικοί χάρτες στατιστικής σημαντικότητας των δύο φύλων στις πειραματικές συνθήκες της πιλοτικής μελέτης

2D



3D



REAL

