



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

**«Η αξιοποίηση της ακουστικής οδού στην εκπαίδευση ατόμων με
οπτική αναπηρία: το αποτέλεσμα μιας μελέτης της ηλεκτρικής
εγκεφαλικής λειτουργίας»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΗΜΗΤΡΑ Α. ΑΠΟΣΤΟΛΑΚΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2017

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στις

Επιστήμες της Αγωγής, με κατεύθυνση την Ειδική Εκπαίδευση

που απονέμει το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Εγκρίθηκε την/..../..... από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΒΑΘΜΙΑ

Μορφίδη Ελένη (Επιβλέπουσα)

Επίκουρη Καθηγήτρια Π.Τ.Δ.Ε.
Ιωαννίνων

Μικρόπουλος Αναστάσιος

Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε. Ιωαννίνων

Σούλης Σπυρίδων-Γεώργιος

Αναπληρωτής Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε.
Ιωαννίνων

Υπεύθυνη Δήλωση

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία εκπονήθηκε κάτω από τους διεθνείς ηθικούς και ακαδημαϊκούς κανόνες δεοντολογίας και προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας. Σύμφωνα με τους κανόνες αυτούς, δεν έχω προβεί σε ιδιοποίηση ξένου επιστημονικού έργου και έχω αναφέρει πλήρως τις πηγές που χρησιμοποίησα σε αυτή την εργασία.»

Δήμητρα Α. Αποστολάκη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τον κύκλο των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, θα ήθελα, αρχικά, να ευχαριστήσω του καθηγητές του Π.Τ.Δ.Ε. με τους οποίους συνεργάστηκα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Ελένη Μορφίδη, τον Καθηγητή κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σπύρο Σούλη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία που έλαβαν μέρος στην πειραματική διαδικασία και κυρίως στον συνάδελφο κ. Χρήστο Τσιούρη, η βοήθεια του οποίου διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια Διδάκτορα του Π.Τ.Δ.Ε. Ιωαννίνων κ. Αγγελική Τσιάρα για τη συνεισφορά της στο τεχνικό μέρος του πειράματος. Ακόμη, ευχαριστίες ανήκουν στο φιλόλογο κ. Γιώργο Λαδιά για τη φιλολογική επιμέλεια του κειμένου που βοήθησε αποφασιστικά στη διαμόρφωση ενός σαφώς καλύτερου αποτελέσματος και στους νευρολόγους κ. Σεβαστή Βερβίρη και κ. Ιωάννη Πρασούλη για τις χρήσιμες παρατηρήσεις και συμβουλές του.

Θα ήταν παράλειψη να μην εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες και στους δικούς μου ανθρώπους για την κατανόηση, την ενθάρρυνση και τη στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας εργασίας αλλά και σε όλο το μεταπτυχιακό γενικότερα.

Με εκτίμηση

Δήμητρα Α. Αποστολάκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα μελετά την ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ατόμων με οπτική αναπηρία, επιδιώκοντας να εντοπίσει διαφοροποιήσεις ως προς τον λανθάνοντα χρόνο και τα πλάτη τάσης σε σχέση με άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία, με απώτερο στόχο την παροχή ερευνητικών δεδομένων που θα συμβάλλουν στη βελτίωση της εκπαίδευσης των ατόμων με οπτική αναπηρία.

Χρησιμοποιήθηκαν Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά και τα ακουστικά ερεθίσματα αποτέλεσαν λέξεις με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις - ψευδολέξεις). Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 5 άτομα με οπτική αναπηρία και 5 άτομα δίχως οπτική αναπηρία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως τα άτομα με οπτική αναπηρία επεξεργάζονται γρηγορότερα τα ακουστικά ερεθίσματα, είτε είναι λέξεις δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο είτε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σχέση με τα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία. Ακόμη, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις ως προς τα πλάτη τάσης μεταξύ των δύο ομάδων. Επίσης, καταγράφηκε γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σχέση με τις λέξεις άνευ σημασιολογικού περιεχομένου από τα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία. Αντίθετα, στην περίπτωση των ατόμων με οπτική αναπηρία σημειώθηκε γρηγορότερη επεξεργασία των ψευδολέξεων σε σύγκριση με τις λέξεις.

Ωστόσο, ιδιαίτερα στην Ελλάδα τα ερευνητικά δεδομένα στο συγκεκριμένο πεδίο είναι περιορισμένα, με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια να αποτελεί έναυσμα για περαιτέρω διερεύνηση.

ABSTRACT

The present research studies the electric cerebral function of people who suffer from visual disability aiming at spotting the differentiation between them and those people who do not display visual disability, with regard to latent time and amplitude of voltage, for the farther purpose of improving the education of the people with visual disability.

Auditory Evoked Potentials have been used and the auditory stimuli were words with or without semantic content (words – pseudo words). At the experimental procedure, 5 individuals with visual disability and 5 individuals without visual disability have participated.

The results of the research have proved that individuals with visual disability work out the auditory stimuli faster, whether they are words with no semantic content or words with semantic content, in relation to people who do not have visual disability. Moreover, differentiations have been observed of the amplitude of voltage between the two groups. There has also been recorded a faster working out of words with semantic content in relation to words with no semantic content by individuals who do not display visual disability. On the other hand, in the case of individuals with visual disability, there has been achieved a faster working out of pseudo-words in comparison to words.

Nevertheless, particularly in Greece, the research data in the specific field are limited, so the specific research effort has sparked off farther examination.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---------------|---|
| Εισαγωγή..... | 1 |
|---------------|---|

Α΄: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

| | |
|---|-----------|
| Κεφάλαιο 1^ο : Οπτική αναπηρία..... | 7 |
| 1.1 Η διαδικασία της όρασης..... | 8 |
| 1.2 Οπτική αναπηρία: ορισμοί και αίτια..... | 9 |
| 1.3 Προβλήματα όρασης..... | 11 |
| 1.4 Γενική συμπτωματολογία προβλημάτων όρασης..... | 16 |
| 1.5 Εκπαίδευση ατόμων με οπτική αναπηρία..... | 16 |
| | |
| Κεφάλαιο 2^ο : Ο ανθρώπινος εγκέφαλος..... | 18 |
| 2.1 Το νευρικό σύστημα..... | 19 |
| 2.2 Εγκέφαλος: δομή και λειτουργίες..... | 21 |
| 2.3 Εγκεφαλικά κύματα..... | 25 |
| 2.4 Αρχές που διέπουν τις εγκεφαλικές λειτουργίες..... | 26 |
| 2.5 Όραση και εγκέφαλος..... | 27 |
| | |
| Κεφάλαιο 3^ο : Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και Προκλητά Δυναμικά..... | 28 |
| 3.1 Απεικονίσεις ζωντανού εγκεφάλου..... | 29 |
| 3.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα..... | 31 |
| 3.2.1 Ιστορικά στοιχεία – χρήσεις..... | 31 |
| 3.2.2 Η λειτουργία του ηλεκτροεγκεφαλογράφου..... | 32 |
| 3.2.3 Συνθήκες καταγραφής..... | 33 |
| 3.2.4 Διεθνές σύστημα 10-20 και Ρυθμοί..... | 34 |
| 3.2.5 Χάρτες – Παράσιτα (artifacts)..... | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.6 Αξιολόγηση χάρτη..... | 38 |
| 3.3 Προκλητά Δυναμικά..... | 39 |
| 3.3.1 Γενικά στοιχεία – ορισμοί..... | 39 |
| 3.3.2 Οπτικά Προκλητά Δυναμικά..... | 40 |
| 3.3.3 Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά..... | 40 |
| 3.3.4 Σωματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά..... | 40 |
| 3.3.5 Ενδογενή ή Γνωσιακά Προκλητά Δυναμικά..... | 41 |
| | |
| Κεφάλαιο 4^ο : Ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας..... | 44 |
| 4.1 Χρήση του ΗΕΓ και των προκλητών δυναμικών στη μελέτη αναπηριών και άλλων εκπαιδευτικών θεμάτων..... | 45 |
| 4.2 Η οπτική αναπηρία υπό το πρίσμα των μεθόδων εγκεφαλικής απεικόνισης...51 | |

Β΄: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

| | |
|--|-----------|
| Εισαγωγή..... | 63 |
| | |
| Κεφάλαιο 5^ο : Μεθοδολογία της έρευνας..... | 64 |
| 5.1 Σκοπός και ερωτήματα της έρευνας..... | 65 |
| 5.2 Περιγραφή του δείγματος..... | 66 |
| 5.3 Ερευνητικό εργαλείο – Πειραματική διαδικασία..... | 68 |
| 5.4 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων..... | 73 |
| | |
| Κεφάλαιο 6^ο : Αποτελέσματα..... | 75 |
| 6.1 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| Κεφάλαιο 7^ο : Συζήτηση – Συμπεράσματα | 96 |
| 7.1 Συζήτηση επί των αποτελεσμάτων..... | 97 |
| 7.2 Περιορισμοί της έρευνας..... | 108 |
| 7.3 Προοπτικές – προτάσεις για περαιτέρω έρευνα..... | 108 |
| | |
| Βιβλιογραφία..... | 110 |
| Παράρτημα Α..... | 121 |
| Παράρτημα Β..... | 124 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλές διεθνείς έρευνες αποδεικνύουν πως η ακουστική οδός στα άτομα με αναπηρία είναι πιο αποδοτική σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια μελετάει την ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ατόμων με οπτική αναπηρία στοχεύοντας στον εντοπισμό διαφοροποιήσεων συγκριτικά με τα βλέποντα άτομα κατά τη διάρκεια ακουστικών ερεθισμάτων. Πρόκειται για μία πρωταρχική προσπάθεια με σημαίνων στόχο την καταγραφή μιας τάσης διαφοροποίησης στη λειτουργία του εγκεφάλου ανάμεσα σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία και όχι τη γενίκευση των συμπερασμάτων – παρατηρήσεων στον πληθυσμό.

Χρησιμοποιώντας Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά, επιχειρήθηκε να δοθούν απαντήσεις στα επόμενα εννέα ερευνητικά ερωτήματα:

E₁: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₂: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₃: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₄: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₅: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₆: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₇: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς

σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₈: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη τάσης (ελάχιστες τιμές της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₉: Παρατηρούνται διαφορές στις κυματομορφές που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων της ινιακής περιοχής (ηλεκτρόδια O₁ και O₂) και αντιστοιχούν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία τόσο ενήλικα όσο και ανήλικα κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων;

Η εργασία αποτελείται από δύο μέρη: το θεωρητικό βάσει του οποίου σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η έρευνα και το ερευνητικό. Το θεωρητικό μέρος περιλαμβάνει τέσσερα κεφάλαια και το ερευνητικό τρία κεφάλαια.

Το **1^ο κεφάλαιο** αφορά στην οπτική αναπηρία. Σε αυτό γίνεται λόγος για την ανατομία και τη φυσιολογία του οργάνου όρασης, του ματιού. Περιγράφεται η διαδικασία της όρασης και δίνονται χρήσιμοι ορισμοί, όπως οπτική οξύτητα, οπτικό πεδίο, τύφλωση, τυφλό παιδί, μερικώς βλέπων άτομο κ.ά.. Ακόμη, αναφέρονται τα πιο συχνά εμφανιζόμενα προβλήματα όρασης καθώς και τα κυριότερα αίτια της οπτικής αναπηρίας. Τέλος, το κεφάλαιο πραγματεύεται τα συνηθέστερα συμπτώματα των προβλημάτων όρασης μέσω της εξωτερικής εικόνας των ματιών, καθώς και άλλων ενδείξεων. Ακόμη, αναφέρονται πολύ σύντομα τα υπάρχοντα συστήματα εκπαίδευσης ατόμων με οπτική αναπηρία.

Το **2^ο κεφάλαιο** αναφέρεται στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Συγκεκριμένα, δίνει έμφαση στη δομή του, καθώς και στις λειτουργίες που επιτελεί. Με στόχο την κατανόηση και την πληρότητα, γίνεται σύντομη αναφορά και στο νευρικό σύστημα. Επιπροσθέτως, περιγράφονται με σαφήνεια, τα είδη των εγκεφαλικών κυμάτων, δηλαδή οι σειρές συχνοτήτων στις οποίες λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος και οι βασικές αρχές που διέπουν τις εγκεφαλικές λειτουργίες και που μπορούν να αξιοποιηθούν στην αποτελεσματικότερη μάθηση. Τέλος, περιγράφεται σύντομα η σχέση μεταξύ όρασης και εγκεφάλου.

Τα Προκλητά Δυναμικά και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα αποτελούν το κύριο θέμα του **3^{ου} κεφαλαίου** της παρούσας εργασίας. Στην αρχή του κεφαλαίου γίνεται λόγος για ορισμένους τρόπους βάσει των οποίων μπορεί να πραγματοποιηθεί απεικόνιση του ζωντανού εγκεφάλου, όπως αξονική και μαγνητική τομογραφία. Στη συνέχεια, όσον αφορά στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, εστιάζει στα ακόλουθα: ιστορικά στοιχεία, χρήσεις, λειτουργία, συνθήκες καταγραφής, ρυθμοί, διεθνές σύστημα 10-20, χάρτες, αξιολόγηση χαρτών και artifacts. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ενότητα των προκλητών δυναμικών. Δίνονται γενικά στοιχεία

και χρήσιμοι ορισμοί, επίσης, παρουσιάζονται σύντομα οι τρεις κατηγορίες προκλητών δυναμικών: τα οπτικά, τα ακουστικά και τα σωματοαισθητικά.

Στο **4^ο κεφάλαιο** καταγράφονται και να παρουσιάζονται σχετικά άρθρα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Το πρώτο εδάφιο περιλαμβάνει έρευνες που αφορούν στην μελέτη της οπτικής αναπηρίας με τη χρήση προκλητών δυναμικών και ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος αλλά και με κάποιες άλλες μεθόδους απεικόνισης εγκεφάλου όπως PET και μαγνητική τομογραφία. Στο δεύτερο εδάφιο του κεφαλαίου περιέχονται άρθρα που αφορούν μελέτη άλλων αναπηριών, όπως κώφωση και αυτισμός, με προκλητά δυναμικά αλλά και χρήση προκλητών δυναμικών σε εκπαιδευτικά θέματα που δεν αφορούν αναπηρία.

Το **5^ο κεφάλαιο** πραγματεύεται τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην έρευνα. Αρχικά, γίνεται αναφορά στον κύριο σκοπό της εργασίας και καταγράφονται λεπτομερώς τα ερευνητικά ερωτήματα της συγκεκριμένης μελέτης. Ακολουθεί η περιγραφή του δείγματος. Στη συνέχεια, περιγράφεται διεξοδικά το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε σε όλη τη διάρκεια της έρευνας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τις απαραίτητες πληροφορίες για τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων.

Στο **6^ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα. Αρχικά, παρουσιάζεται η σύγκριση ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, τόσο των ενηλίκων όσο και των ανηλίκων, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις). Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν στη συγκριτική μελέτη ενηλίκων και ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα σχετικά με τη σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ενηλίκων και ανηλίκου ατόμου δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις - ψευδολέξεις). Ακόμη, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την αντίστοιχη σύγκριση σε ενήλικα άτομα και ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη σύγκριση των κυματομορφών στην ινιακή περιοχή για άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία.

Η εργασία ολοκληρώνεται με το **7^ο κεφάλαιο** που επιγράφεται «Συζήτηση – Συμπεράσματα» και αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος πραγματοποιείται συζήτηση επί των ερευνητικών ευρημάτων καθώς και σύγκριση αυτών με τα αποτελέσματα αντίστοιχων διεθνών ερευνών. Ακολουθεί το δεύτερο μέρος, στο οποίο παρουσιάζονται οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης και ύστερα το τρίτο μέρος όπου γίνεται λόγος για μελλοντικές προοπτικές και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Η παρούσα έρευνα συνεισφέρει με ερευνητικά δεδομένα στη μελέτη της οπτικής αναπηρίας ενώ αποτελεί έναυσμα για περαιτέρω επιστημονικό προβληματισμό και μελέτη επί του συγκεκριμένου επιστημονικού πεδίου.

Α΄: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

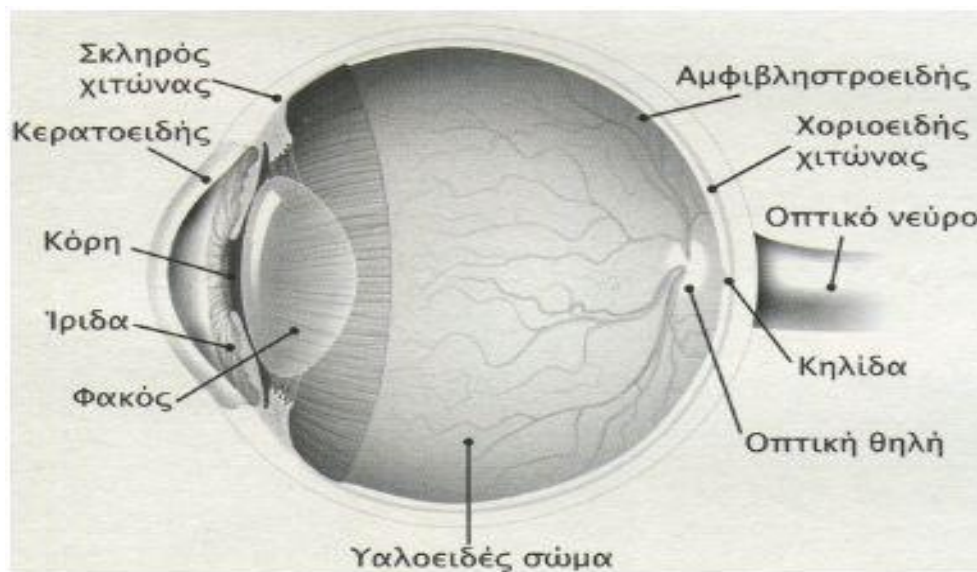
1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται λόγος για την ανατομία και τη φυσιολογία του οργάνου όρασης, του ματιού. Περιγράφεται η διαδικασία της όρασης και δίνονται χρήσιμοι ορισμοί, όπως οπτική οξύτητα, οπτικό πεδίο, τύφλωση, τυφλό παιδί, μερικώς βλέπων άτομο κ.ά.. Ακόμη, αναφέρονται τα πιο συχνά εμφανιζόμενα προβλήματα όρασης καθώς και τα κυριότερα αίτια της οπτικής αναπηρίας. Τέλος, το κεφάλαιο πραγματεύεται τα συνηθέστερα συμπτώματα των προβλημάτων όρασης μέσω της εξωτερικής εικόνας των ματιών, καθώς και άλλων ενδείξεων. Ακόμη, αναφέρονται σύντομα τα υπάρχοντα συστήματα εκπαίδευσης ατόμων με οπτική αναπηρία.

1.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Η οπτική συμπεριφορά του ματιού μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με τη λειτουργία της φωτογραφικής μηχανής. Ο οφθαλμός έχει, περίπου, σφαιρικό σχήμα με ακτίνα 1,25 cm. Ο κερατοειδής χιτώνας είναι μια σκληρή και διαφανή μεμβράνη που βρίσκεται στο εμπρόσθιο τμήμα του ματιού και έχει κάπως μεγαλύτερη καμυλότητα. Η περιοχή πίσω από τον κερατοειδή χιτώνα περιέχει ένα υγρό που ονομάζεται υδατοειδές υγρό. Ακριβώς μετά υπάρχει ο κρυσταλλοειδής φακός, μία κάψουλα που περιέχει μια ινώδη ζελατίνη, η οποία είναι σκληρή στο κέντρο και μαλακότερη καθώς κατευθυνόμαστε προς την περιφέρειά της. Ο κρυσταλλοειδής φακός περιβάλλεται από έναν ακτινωτό μυ και μέσω ενός συνδετικού ιστού συγκρατείται στη θέση του. Πίσω από το φακό, υπάρχει το υαλοειδές υγρό, μία λεπτόρρευστη ζελατίνη που γεμίζει το μάτι. Οι δείκτες διάθλασης, τόσο του υαλοειδούς όσο και του υδατοειδούς υγρού είναι περίπου 1,336, δηλαδή κοντά στο δείκτη διάθλασης του νερού. Αντίθετα, ο κρυσταλλοειδής φακός δεν είναι οπτικά ομογενής και παρουσιάζει μέσο δείκτη διάθλασης 1,437. Η διάθλαση του φωτός που εισέρχεται στο μάτι γίνεται, κατά κύριο λόγο, στην εξωτερική επιφάνεια του κερατοειδούς χιτώνα (Young, 1992). Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η φυσιολογία του ματιού (“Το ανθρώπινο μάτι,” n.d.).



Σχήμα 1: Η φυσιολογία του οφθαλμού

1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

Από τη διάθλαση του φωτός στον κερατοειδή χιτώνα και στις επιφάνειες του φακού παράγεται το πραγματικό είδωλο του αντικείμενου που παρατηρούμε, το οποίο και σχηματίζεται στον φωτοευαίσθητο αμφιβληστροειδή χιτώνα, που βρίσκεται στην πίσω εσωτερική επιφάνεια του ματιού. Ουσιαστικά, ο αμφιβληστροειδής χιτώνας διαδραματίζει τον ίδιο ρόλο με το φιλμ στη φωτογραφική μηχανή. Τα ραβδία και τα κωνία του αμφιβληστροειδούς αντιλαμβάνονται το είδωλο και το μεταφέρουν στον εγκέφαλο μέσω του οπτικού νεύρου. Η όραση είναι οξύτερη σε μία μικρή κεντρική περιοχή, την ωχρά κηλίδα, η οποία έχει διάμετρο περίπου 0,25 mm.

Μπροστά από τον κρυσταλλοειδή φακό βρίσκεται η ίριδα, η οποία περιέχει την κόρη, ένα διάφραγμα μεταβλητής διαμέτρου που ανοιγοκλείνει ώστε να προσαρμοστεί στη μεταβαλλόμενη ένταση του φωτός.

Όταν το είδωλο έχει σχηματιστεί ακριβώς πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, τότε ένας κανονικός οφθαλμός βλέπει το αντικείμενο με ευκρίνεια. Τα άκρα της περιοχής εντός της οποίας είναι δυνατή η ευκρινής όραση είναι γνωστά ως εγγύτατο και απώτερο σημείο ευκρινούς όρασης του ματιού. Το απώτατο σημείο ενός κανονικού ματιού είναι το άπειρο. Το εγγύτατο σημείο, καθώς μεγαλώνει η ηλικία του ατόμου, απομακρύνεται σταδιακά (Young, 1992).

Τα μάτια, ως αισθητήρια όργανα αντίληψης του φωτός και όλων των οπτικών ερεθισμάτων, από τον έκτο μήνα της ζωής του ανθρώπου λειτουργούν σχεδόν τέλεια. Από την άλλη, ο μηχανισμός του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνος για την αντίληψη και την επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων αναπτύσσεται έως τον έβδομο χρόνο της ζωής του ατόμου. Η όραση είναι κυρίως νευρολογική λειτουργία, αφού το 90% του οπτικού συστήματος βρίσκεται μέσα στον εγκέφαλο, το 45% της εγκεφαλικής ουσίας εμπλέκεται σε διαδικασίες επεξεργασίας και αξιοποίησης της οπτικής πληροφορίας και το 88% της εγκεφαλικής πληροφόρησης γίνεται μέσω του οπτικού συστήματος.

Συνοψίζοντας, η πορεία των φωτεινών ακτίνων που ξεκινούν από κάθε αντικείμενο μέχρι να φτάσουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα είναι η εξής: κερατοειδής χιτώνας, υδατοειδές υγρό, κρυσταλλοειδής φακός, υαλοειδές υγρό και αμφιβληστροειδής χιτώνας (Πολυχρονοπούλου, 1995).

1.2 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ: Ορισμοί και αίτια

Η κεντρική όραση, η περιφερική όραση, το οπτικό πεδίο και η οπτική οξύτητα είναι ορισμένοι πολύ χρήσιμοι ορισμοί σχετικοί με την οπτική αναπηρία.

- ❖ Κεντρική όραση ονομάζεται η όραση που οφείλεται στο κεντρικό τμήμα της ωχράς κηλίδας και είναι απαραίτητη για το διάβασμα και άλλες διεργασίες (Mason et al, 2004, σ. 80).

1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

- ❖ Περιφερική όραση ονομάζεται η όραση που οφείλεται στο υπόλοιπο πεδίο της ωχράς κηλίδας και παρέχει πληροφορίες σχετικά με το τι υπάρχει στην περιφέρεια της όρασής μας, πέρα δηλαδή από την εικόνα που αντιλαμβάνεται η ωχρά κηλίδα (Mason et al, 2004, σ. 80-81).
- ❖ Οπτικό πεδίο είναι οτιδήποτε υπάρχει γύρω μας όταν κοιτάζουμε σε ευθεία γραμμή. Δηλαδή, πόσα πράγματα μπορεί να δει ένα άτομο πάνω κάτω, αριστερά δεξιά, όταν κοιτάζει απευθείας μπροστά. Όταν ένα φυσιολογικό μάτι κοιτά ευθεία μπροστά μπορεί να αντιληφθεί πράγματα σε εύρος περίπου 160° με 170° (Παπαδόπουλος, 2007).
- ❖ Οπτική οξύτητα ορίζεται η ικανότητα σαφούς διάκρισης μορφών ή διάκρισης μεταξύ λεπτομερειών. Η φράση «όραση 20/20» σημαίνει ότι σε απόσταση 20 ποδιών (περίπου 6 m), το μάτι μπορεί να δει αυτό που βλέπει κάποιος με φυσιολογική όραση σε αυτή την απόσταση. Όσο αυξάνει ο παρονομαστής του κλάσματος, τόσο μειώνεται η οπτική οξύτητα (Heward, 2011, σελ. 406).

Ο ορισμός της τύφλωσης από νομικής σκοπιάς στηρίζεται στην οπτική οξύτητα και το οπτικό πεδίο. Σύμφωνα με τη Social Security Administration (2000), ένα άτομο με οπτική οξύτητα 20/200 ή λιγότερο στο καλό (με τη μεγαλύτερη οξύτητα) μάτι μετά την καλύτερη δυνατή διόρθωση με γυαλιά ή φακούς επαφής, θεωρείται νομικά τυφλό. Επίσης, μπορεί να θεωρηθεί νομικά τυφλό ένα άτομο που το οπτικό του πεδίο είναι εξαιρετικά περιορισμένο. Ένα φυσιολογικό μάτι, όταν κοιτάζει ευθεία μπροστά μπορεί να δει πράγματα σε εύρος περίπου 160° -170°. Ένα νομικά τυφλό άτομο βλέπει περιορισμένα σε μία περιοχή 20° ή και λιγότερο. Ένα άτομο θεωρείται πως έχει μερική όραση όταν η οπτική οξύτητα δεν ξεπερνά τα 20/70 στο καλό μάτι μετά τη διόρθωση. Ο παραπάνω ορισμός υφίσταται για νομικούς και προνοιακούς σκοπούς.

Από τη σκοπιά της εκπαίδευσης, ο ορισμός της οπτικής αναπηρίας δίνει έμφαση στη σχέση όρασης και μάθησης. Η διαταραχή της όρασης, σημαίνει μια δυσλειτουργία της όρασης που επηρεάζει αρνητικά την εκπαιδευτική επίδοση του παιδιού, ακόμη και μετά από διόρθωση. Οι παραπάνω νομικοί ορισμοί έχουν περιορισμένη χρησιμότητα για τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι ταξινομούν τα παιδιά με οπτική αναπηρία ανάλογα με το βαθμό που χρησιμοποιούν την όραση, την ακοή ή την αφή για τη μάθηση. Ένας μαθητής με ολική τύφλωση προσλαμβάνει τις χρήσιμες πληροφορίες μέσω της ακοής και της αφής ενώ δεν χρησιμοποιεί την αίσθηση της όρασης. Ένα παιδί που είναι λειτουργικά τυφλό παρουσιάζει περιορισμένη όραση με αποτέλεσμα να μαθαίνει κυρίως μέσω της αφής και της ακοής, όμως μπορεί να προσλάβει και κάποιες πληροφορίες από την όρασή του. Τέλος, ένα παιδί με μερική όραση χρησιμοποιεί ως κύριο μέσο μάθησης την όραση, συμπληρώνοντας τα οπτικά δεδομένα με ακουστικά και απτικά ερεθίσματα (Heward, 2011, σελ. 408). Η οπτική

1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

οξύτητα ενός ατόμου με μερική όραση είναι μεγαλύτερη από το 1/10 αλλά δεν ξεπερνά το 2/7 στο καλό μάτι μετά και από διορθωτική παρέμβαση.

Επίσης, αναφέρονται σύντομα τα κυριότερα αίτια που μπορούν να προκαλέσουν οπτική αναπηρία. Πρόκειται για μία πληθώρα διαφορετικών παραγόντων.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα τραύματα του ματιού. Υπάρχουν τραύματα κατά την ενδομήτρια ζωή, όπως για παράδειγμα λόγω αποτυχημένων προσπαθειών άμβλωσης, τραύματα κατά τη γέννηση τόσο στο ένα όσο και στα δύο μάτια, τραύματα στο χώρο του σπιτιού, του σχολείου και της γειτονιάς. Επίσης, τραύματα στα μάτια μπορούν να προκληθούν από οδικά ατυχήματα και αθλήματα, καθώς και στο χώρο εργασίας (Πολυχρονοπούλου, 1995, σελ. 243-4).

Άλλοι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όρασης είναι οι ακόλουθοι (Πολυχρονοπούλου, 1995, σελ. 243-4) :

- Μολυσματικές ασθένειες όπως ερυθρά, αφροδίσια νοσήματα κ.ά.
- Δηλητηριάσεις.
- Γενετικές ανωμαλίες.
- Κληρονομικότητα.
- Ανοξαιμία.
- Ανεξέλεγκτη χρήση οξυγόνου σε νεογνά με χαμηλό βάρος γέννησης.
- Διαταραχές στο μεταβολισμό.
- Υδροκεφαλία.
- Κακοήθεις όγκοι.
- Ειδικές βλάβες στον οπτικό φλοιό.
- Φλεγμονές.
- Παθήσεις του κερατοειδούς χιτώνα.

Οποσδήποτε, υπάρχουν και άλλες αιτίες των προβλημάτων όρασης, όμως τόσο η αναφορά όσο και η ανάλυσή τους δεν εμπίπτουν στους στόχους της παρούσας εργασίας.

1.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΡΑΣΗΣ

Οι διαθλαστικές ανωμαλίες, η δυσχρωματοψία, ο καταρράκτης, το γλαύκωμα, ο κερατόκωνος, η εκφυλιστική νόσος της ωχράς κηλίδας, η νόσος Stargardt, η μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια, η αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας, ο νυσταγμός, ο αλφισμός, η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, το ρετινοβλάστωμα και ορισμένα σύνδρομα είναι κάποια από τα πιο συχνά εμφανιζόμενα προβλήματα όρασης.

Η πρώτη κατηγορία είναι οι διαθλαστικές ανωμαλίες, δηλαδή προβλήματα που σχετίζονται με το διαθλαστικό σύστημα του ματιού. Από αυτά αναφέρουμε τη μυωπία, την υπερμετροπία και τον αστιγματισμό. Σε ένα μυωπικό μάτι, ο βολβός του οφθαλμού είναι μεγαλύτερος σε μήκος, με αποτέλεσμα το είδωλο του παρατηρούμενου αντικειμένου να σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή

χιτώνα κι όχι πάνω σε αυτόν (Young, 1992, σελ. 1008-9). Η μυωπία είναι η συχνότερη διαθλαστική διαταραχή της σχολικής ηλικίας και συνήθως αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Το άτομο βλέπει καθαρά κοντά αλλά θολά σε μακρινή απόσταση. Διορθώνεται με τη χρήση κοίλων φακών (Mason et al, 2004, σ. 90-91). Στον υπερμετρωπικό οφθαλμό, ο βολβός είναι πιο μικρός σε μήκος ή ο κερατοειδής δεν είναι αρκετά καμπύλος, με αποτέλεσμα το είδωλο να σχηματίζεται πίσω από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα (Young, 1992, σελ. 1008-9). Το άτομο με υπερμετρωπία δεν βλέπει καθαρά τα κοντινά αντικείμενα και συνήθως κουράζεται όταν διαβάζει, έχει πονοκέφαλο, πόνο στα μάτια, ζάλη ή νιώθει κόπωση. Διορθώνεται με τη χρήση γυαλιών με κυρτούς φακούς (Πολυχρονοπούλου, 1995, σελ. 242). Κύρια συμπτώματα της υπερμετρωπίας είναι ο πονοκέφαλος, η θολή όραση μακρινή και κοντινή και η δυσκολία στο διάβασμα. Στα παιδιά μπορεί να εκδηλωθεί και με στραβισμό (“Υπερμετρωπία,” n.d.). Ο αστιγματισμός αναφέρεται σε μία ατέλεια όπου η επιφάνεια του κερατοειδούς δεν είναι σφαιρική αλλά περισσότερο καμπύλη σε ένα επίπεδο από ότι σε άλλο, έτσι καθίσταται αδύνατη η ταυτόχρονη ευκρινής εστίαση των οριζόντιων και των κατακόρυφων διευθύνσεων (Young, 1992, σελ. 1008-9). Το αποτέλεσμα είναι παραμορφωμένες εικόνες. Σύμφωνα με τον Αγγέλου (2009), η κύρια αιτία του αστιγματισμού είναι η διαταραχή του σχήματος – κυρτότητας του οφθαλμού. Και σε αυτή τη διαθλαστική ανωμαλία, η λύση δίνεται με τη χρήση διορθωτικών φακών (Πολυχρονοπούλου, 1995, σελ. 243).

Άλλη μία συνηθισμένη οπτική διαταραχή είναι η αμβλυωπία, γνωστή και ως τεμπέλικο ή οκνηρό μάτι. Πρόκειται για μειωμένη οπτική οξύτητα στο ένα ή και στα δύο μάτια παρά τη διόρθωση κάθε διαθλαστικής επιφάνειας. Συνήθως, προκαλείται από τη μη συνεχή χρήση της μιας ή και των δύο ωχρών κηλίδων στα πρώτα χρόνια της ζωής του παιδιού (Heward, 2011, σελ. 416). Είναι το σημαντικότερο πρόβλημα που μπορεί να παρουσιάσει ένα παιδί προσχολικής ή πρωτοσχολικής ηλικίας. Η αμβλυωπία θα πρέπει να διορθωθεί έως το ένατο έτος της ζωής του παιδιού αλλιώς θα μείνει ως μόνιμη αναπηρία. Το παιδί δυσκολεύεται να δει τρισδιάστατες εικόνες και παρουσιάζει ευαισθησία στην αντίθεση των αποχρώσεων. Μπορεί να χρειαστεί να κλείσει το καλό του μάτι για να βοηθήσει το αδύναμο.

Ο στραβισμός χαρακτηρίζεται από απουσία παραλληλισμού των δύο οφθαλμών εξαιτίας απόκλισης του ενός ή και των δύο προς τα μέσα, έξω, πάνω ή κάτω. Υπάρχει, απόκλιση του ενός ή και των δύο ματιών από το σημείο εστίασης. Τα άτομα με στραβισμό παρουσιάζουν δυσκολίες στην αντίληψη των εικόνων, διπλωπία ή μονόφθαλμη όραση. Κυρίως, είναι μειωμένη η οπτική οξύτητα στην κοντινή όραση, ενώ η περιφερική όραση είναι εξαιρετικά περιορισμένη, με αποτέλεσμα το άτομο να παρουσιάζει δυσκολίες στην αντίληψη του χώρου. Επίσης, επηρεάζεται και η αντίληψη του βάθους, σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό. Μπορεί να προκληθεί, κυρίως, από μυϊκή ανισορροπία (Heward, 2011, σελ. 416).

Επίσης, αναφέρεται η δυσχρωματοψία ή χρωματική τύφλωση. Πρόκειται για δυσκολία στη διάκριση συγκεκριμένων χρωμάτων, όπως για παράδειγμα κόκκινου – πράσινου και μπλε – κίτρινου. Πολύ σπάνια συναντώνται μορφές όπου το άτομο

μπορεί να δει μόνο άσπρα, μαύρα και γκρι αντικείμενα, ενώ ακόμη πιο σπάνια είναι η πλήρης αχρωματοψία όπου το άτομο είναι σε θέση να δει μόνο αντικείμενα σε αποχρώσεις του γκριζου. Η δυσχρωματοψία μπορεί να προκληθεί από δυσμορφία ή έλλειψη κωνίων, κάποιο ελάττωμα στην ωχρά κηλίδα ή και λόγω κληρονομικότητας (Heward, 2011, σελ. 416). Συχνά αναφέρεται και ως δαλτωνισμός (“Δαλτωνισμός/Δυσχρωματοψία,” n.d.).

Ο καταρράκτης χαρακτηρίζεται από τη θόλωση του κρυσταλλοειδούς φακού, που έχει ως συνέπεια την ομιχλώδη όραση. Στο φυσιολογικό μάτι, ο κρυσταλλοειδής φακός που αποτελείται από νερό και πρωτεΐνη, είναι διαυγής ώστε να επιτρέπει τη διέλευση του φωτός. Κύριες αιτίες μπορούν να είναι: τραύματα, γλαύκωμα, κληρονομικότητα, ηλικία, κακή διατροφή ή ερυθρά κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Το άτομο με καταρράκτη, όπως προαναφέρθηκε, έχει θολή όραση με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η μετακίνησή του στον περιβάλλοντα χώρο καθώς και να δημιουργείται κόπωση στην εκτέλεση οπτικών έργων (Heward, 2011, σελ. 416).

Μια πολύ σοβαρή οπτική διαταραχή είναι το γλαύκωμα. Λόγω αυξημένης ενδοφθάλμιας πίεσης προκαλείται βλάβη στη λειτουργικότητα ή την ακεραιότητα του οπτικού νεύρου. Υπάρχει περίπτωση, η όραση να διαταραχθεί ή να χαθεί τελείως εάν η αυξημένη πίεση οδηγήσει σε βλάβη του αμφιβληστροειδούς και του οπτικού νεύρου. Η αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος απαιτεί χειρουργική επέμβαση (Heward, 2011, σελ. 417).

Μια άλλη οπτική διαταραχή, που μπορεί να παρουσιαστεί και σε παιδιά, είναι ο κερατόκωνος. Όπως φαίνεται και από την ονομασία, ο κερατοειδής χιτώνας παίρνει το σχήμα κώνου, γίνεται ιδιαίτερα λεπτός και επιμηκύνεται, σε αντίθεση με έναν φυσιολογικό οφθαλμό όπου είναι σφαιρικός. Αποτέλεσμα της διαταραχής είναι το άτομο να βλέπει θολές και παραμορφωμένες εικόνες. Σε σοβαρές περιπτώσεις, είναι πιθανό να δημιουργηθεί ουλή ή διάρρηξη του κερατοειδούς χιτώνα και να χρειαστεί μεταμόσχευση. Ακόμη, ο κερατόκωνος θεωρείται κληρονομική πάθηση και μπορεί να συνυπάρχει με πολλές άλλες οπτικές παθήσεις (Mason et al, 2004, σ. 99).

Ακόμη, ιδιαίτερα σημαντική είναι η εκφυλιστική νόσος της ωχράς κηλίδας (ΕΩΚ). Πρόκειται για βλάβη της κεντρικής περιοχής του αμφιβληστροειδούς χιτώνα που οδηγεί σε απώλεια της καθαρής όρασης στο κέντρο του οπτικού πεδίου. Όπως έχει προαναφερθεί, η ωχρά κηλίδα είναι υπεύθυνη για την αντίληψη των λεπτομερειών στο κεντρικό μέρος της εικόνας που λαμβάνει ο εγκέφαλος. Ο εκφυλισμός της ωχράς κηλίδας μπορεί να παρομοιαστεί με μία κηλίδα στο φιλμ της φωτογραφικής μας μηχανής. Είναι μία πάθηση που εμφανίζεται συχνά σε ενήλικα άτομα μεγάλης ηλικίας και αρκετά σπάνια σε παιδιά (Heward, 2011, σελ. 417). Κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε πως τα άτομα που πάσχουν από ΕΩΚ θεωρούνται ουσιαστικά τυφλά, χωρίς την κεντρική τους όραση, όμως πολλοί από αυτούς διατηρούν την περιφερική όραση σε ικανοποιητικό βαθμό.

Η πιο κοινή μορφή νεανικής κληρονομικής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας είναι η νόσος Stargardt. Είναι αυτοσωμική με υπολειπόμενο χαρακτήρα, ξεκινά στα τέλη της παιδικής ηλικίας και προοδευτικά οδηγεί σε τύφλωση. Συμπτωματικά, είναι παρόμοια

με την ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας και επηρεάζει περίπου 1 στα 20000 παιδιά. Αγόρια και κορίτσια επηρεάζονται το ίδιο. Καθώς η νόσος εξελίσσεται, εναποθέσεις πλούσιες σε λιπαρά (λιποφουσκίνη) συσσωρεύονται στο μελάγχρουν επιθήλιο (M.E) κάτω από την ωχρά κηλίδα και με την πάροδο του χρόνου προκαλείται ατροφία της ωχράς κηλίδας και του υποκείμενου M.E.. Επί του παρόντος, δεν υπάρχει αποτελεσματική θεραπεία για τη νόσο Stargardt (“Νόσος του Stargardt,” n.d.).

Η πιο συνηθισμένη γενετική ασθένεια του ματιού είναι η μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια. Σταδιακά προκαλείται εκφύλιση του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, με αποτέλεσμα να παρατηρείται διαταραχή της όρασης στο σκοτάδι. Με την πάροδο του χρόνου, το πρόβλημα επεκτείνεται και στην ημέρα έως ότου επέλθει η τύφλωση. Το αρχικό σύμπτωμα είναι η δυσκολία όρασης στο ημίφως (Heward, 2011, σελ. 418). Ο πολύ καλός φωτισμός μέρα και νύχτα, καθώς και η χρήση απορροφητικών γυαλιών μπορούν να φανούν χρήσιμα. Ωστόσο, συστήνεται η εκπαίδευση στη γραφή Braille και η εκπαίδευση στην κινητικότητα και τον προσανατολισμό, λόγω του ότι η συγκεκριμένη πάθηση εξελίσσεται προοδευτικά.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας. Η συγκεκριμένη πάθηση αφορά στην αγγείωση του αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Όσο νωρίτερα γεννηθεί ένα νεογνό σε σχέση με την κανονική διάρκεια της κύησης και όσο μικρότερο είναι το βάρος του, τόσο μεγαλύτερη είναι η προδιάθεση για αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας. Προκαλείται από τη χορήγηση υψηλής συγκέντρωσης οξυγόνου σε πρόωρα νεογνά. Αναστέλλεται η πλήρης αγγείωση του αμφιβληστροειδούς που δεν έχει ολοκληρωθεί έως τη στιγμή της γέννησης και αναπτύσσονται νέα αγγεία και ινώδης ιστός. Η παθολογική αυτή κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε έλξη και αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς (Heward, 2011, σελ. 418). Τα παιδιά που έχουν αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας υπάρχει κίνδυνος να εμφανίσουν και άλλες παθήσεις όπως μυωπία, στραβισμός, γλαύκωμα και αμβλυωπία.

Ο νυσταγμός είναι ένα άλλο οπτικό πρόβλημα. Αναφέρεται σε διαταραχή του συστήματος κινητικότητας και σταθεροποίησης των ματιών. Στη συγκεκριμένη πάθηση τα μάτια κινούνται γρήγορα και ρυθμικά, ανεξάρτητα από τη θέληση του πάσχοντος ατόμου. Η κίνηση των οφθαλμών μπορεί να είναι οριζόντια, κάθετη, λοξή, κυκλική ή και σύνθετη. Έτσι εμφανίζεται αδυναμία στην εστίαση συγχρόνως και των δύο ματιών, με αποτέλεσμα το άτομο να μη μπορεί να εστιάσει στα αντικείμενα. Μπροστά σε αυτή την κατάσταση, ο εγκέφαλος αποφεύγει μια διπλή εικόνα και καταστέλλει το οπτικό ερέθισμα από το ένα μάτι. Συνήθως, ο νυσταγμός παρουσιάζεται μόνος του αλλά είναι πιθανό να συνυπάρχει και με άλλες παθήσεις (Heward, 2011, σελ. 417).

Μία άλλη πάθηση των ματιών είναι ο αλφισμός, ο οποίος είναι γνωστός και ως λευκοπάθεια ή αλμπινισμός. Πρόκειται για έλλειψη μελαγχρωστικής ουσίας στα μάτια, το δέρμα και τα μαλλιά. Προκαλείται βλάβη κυρίως στην κεντρική όραση καθώς και ευαισθησία στο φως. Η διαταραχή της όρασης μπορεί να είναι από μέτρια

1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

έως και σοβαρή, μειώνοντας την οπτική οξύτητα και προκαλώντας νυσταγμό. Η συγκεκριμένη διαταραχή είναι κληρονομική αλλά μπορεί και να οφείλεται σε μετάλλαξη του DNA (Heward, 2011, σελ. 416). Τα παιδιά που πάσχουν από αλφισμό, σχεδόν πάντα, παρουσιάζουν υψηλή φωτοφοβία, δηλαδή τα μάτια τους είναι υπερβολικά ευαίσθητα στο φως. Ακόμη, κουράζονται εύκολα κατά την εργασία σε κοντινή απόσταση.

Επίσης, αναφέρεται η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, η οποία είναι κύρια αιτία τύφλωσης για άτομα από είκοσι έως εξηντατεσσάρων ετών. Εξαιτίας του σακχαρώδους διαβήτη παρουσιάζονται αιμορραγίες και αναπτύσσονται νέα αιμοφόρα αγγεία στην περιοχή του αμφιβληστροειδούς. Η παθολογική αυτή κατάσταση οδηγεί σε διαταραχή της όρασης (Heward, 2011, σελ. 417). Συνιστάται να αποφεύγεται η πίεση κατά την εργασία, στα άτομα που πάσχουν από διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, διότι μπορεί να επηρεαστεί η γλυκόζη του αίματος.

Σημαντικά οπτικά προβλήματα μπορούν να εμφανιστούν σε άτομα που πάσχουν από ορισμένα σύνδρομα όπως σύνδρομο Down, σύνδρομο Marfan και σύνδρομο του Usher. Συγκεκριμένα, ένα μεγάλο ποσοστό παιδιών με σύνδρομο Down παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα όρασης όπως καταρράκτη, νυσταγμό κ.ά. Επίσης, τα σοβαρά προβλήματα όρασης είναι χαρακτηριστικό και των ατόμων που πάσχουν από το σύνδρομο Marfan. Το συγκεκριμένο σύνδρομο είναι κληρονομικό και χαρακτηρίζεται από αφύσικα λεπτά και μακριά δάχτυλα στα χέρια, τα πόδια και τα άλλα οστά, από καρδιακά προβλήματα, μυϊκή υπανάπτυξη και, όπως προαναφέρθηκε, από οπτικά προβλήματα. Συνήθως, υπάρχει θολή όραση, διπλωπία ενώ η οπτική οξύτητα από απόσταση και η εστίαση σε κοντινά αντικείμενα είναι προβληματικές. Το σύνδρομο του Usher αποτελεί μια διπλή αισθητηριακή αναπηρία και είναι μια από τις βασικές αιτίες κώφωσης των ενηλίκων. Συνυπάρχει με τη μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια και μπορεί να προκαλέσει ακόμη και τύφλωση. Για τα πάσχοντα άτομα απαιτείται προσεκτική και εξειδικευμένη συμβουλευτική και καθοδήγηση (Mason et al, 2004, σ. 106-107).

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί το ρετινοβλάστωμα, δηλαδή ο κακοήθης όγκος του αμφιβληστροειδούς. Στην περίπτωση του, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να γίνει αφαίρεση του οφθαλμού αλλά ακόμη κι αν δεν γίνει, η αγωγή με ακτινοβολίες καταστρέφει την όραση προκαλώντας οπτική αναπηρία (Mason et al, 2004, σ. 106). Βέβαια, σημαντικά προβλήματα όρασης μπορούν να προκληθούν και από το σύνδρομο Cushing. Πρόκειται για μια ορμονική διαταραχή που οφείλεται σε υψηλά επίπεδα κορτιζόλης στο αίμα. Κύρια αιτία του συνδρόμου είναι ο όγκος (αδένωμα) της υπόφυσης. Λόγω οργανικής βλάβης της υπόφυσης, πιέζεται το οπτικό χίασμα με αποτέλεσμα να προκαλούνται οπτικές διαταραχές (Merrin & Alexander, 1990).

1.4 ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΟΡΑΣΗΣ

Τα προβλήματα όρασης, συνήθως, έχουν αρκετά συμπτώματα τα οποία μπορούν να ανιχνευτούν από τον γενικό γιατρό αλλά κάποια από αυτά και από τον εκπαιδευτικό. Υπάρχει πιθανότητα οι ενδείξεις να αφορούν την εξωτερική εικόνα του ματιού, τη γενικότερη συμπεριφορά του μαθητή αλλά και τις αντιδράσεις – συμπεριφορά του παιδιού κατά τη διάρκεια της σχολικής εργασίας.

Τα φυσιολογικά μάτια είναι διαυγή και ίδια, κινούνται μαζί και κοιτάζουν σταθερά. Αν υπάρχουν προβλήματα όρασης, είναι πιθανό να εμφανιστούν αλλαγές στην εξωτερική εικόνα των οφθαλμών. Πολλές από αυτές είναι εύκολα ανιχνεύσιμες, όπως για παράδειγμα κριθαράκι, κόκκινα μάτια που δακρύζουν, πρησμένα βλέφαρα, λιπώδη εκκρίματα στα μάτια. Ακόμη, μπορεί να παρατηρηθεί στραβισμός οποιουδήποτε είδους, ασυνήθιστες κινήσεις των ματιών, εμφανής ενόχληση στο έντονο φως, τρίψιμο και συστροφή των οφθαλμών, καθώς και διάφορα άλλα συμπτώματα (Mason et al, 2004, σ. 108-109).

Επίσης, ορισμένα συμπτώματα που μαρτυρούν προβλήματα όρασης, μπορούν να γίνουν αντιληπτά μέσα από τη γενική συμπεριφορά του παιδιού. Παραδειγματικά, αναφέρουμε τα ακόλουθα: αντιδράσεις στη συμμετοχή σε ομαδικά παιχνίδια, δυσκολίες στον αθλητισμό, κακή ισορροπία, το παιδί φοβάται το ύψος, σκοντάφτει σε αντικείμενα, συνοφρυώνεται ή μορφάζει, αδεξιότητα στην κίνηση ή και τον εντοπισμό αντικειμένων, παράπονα για ζαλάδα και πονοκέφαλο κ.ά. (Παπαδόπουλος, 2007).

Επίσης, μπορούν να υπάρξουν συμπτώματα για οπτικά προβλήματα και κατά τη διάρκεια της σχολικής εργασίας. Συνήθως, το παιδί μπορεί να δυσκολεύεται στην ανάγνωση, στην αντιγραφή από τον πίνακα, να επέρχεται γρήγορα κόπωση όταν εκτελεί κάποια εργασία, να είναι αφηρημένο, να χάνει συνεχώς το σημείο ανάγνωσης όταν διαβάζει, να δυσκολεύεται στην αναζήτηση μιας συγκεκριμένης πληροφορίας μέσα σε μια σελίδα, να κρατάει το έντυπο υλικό σε περίεργες αποστάσεις ή γωνίες ή και πολύ κοντά στα μάτια του κ.ά. (Παπαδόπουλος, 2007).

Πρέπει και ο εκπαιδευτικός να είναι προσεκτικός ώστε να βοηθήσει στον εντοπισμό τέτοιων συμπτωμάτων.

1.5 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

Σχετικά με την εκπαίδευση των ατόμων με οπτική αναπηρία αναφέρονται πολύ σύντομα τα διάφορα συστήματα – νέες τεχνολογίες που υπάρχουν και μπορούν να βοηθήσουν στην εκπαίδευση των συγκεκριμένων ατόμων.

Πολύ σημαντικό ρόλο, διαδραματίζει το σύστημα γραφής Braille. Πρόκειται για ένα απτικό σύστημα ανάγνωσης και γραφής που χρησιμοποιεί κουκκίδες. Το σύστημα Braille διαβάζεται όπως η γραφή των βλεπόντων, ενώ για να μάθει κανείς τη

1. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ

γραφή χρειάζεται μεγάλη εξάσκηση διότι διαβάζει με τα χέρια και πρέπει να αποκτήσει τη σωστή κίνηση των δαχτύλων. Για να μάθει ένα παιδί με οπτική αναπηρία τη γραφή πρέπει να ξεκινήσουμε από τη διδασκαλία απλών συμβόλων και σταδιακά να προχωρήσουμε σε λέξεις και προτάσεις. Οι καλοί αναγνώστες διαβάζουν και με τα δύο χέρια και έχουν πολύ καλή μνήμη καθώς απαιτείται να θυμούνται όλα τα γράμματα που αποκρυπτογράφησαν ώστε να σχηματιστεί μια λέξη, μια πρόταση κτλ..

Επίσης, υπάρχουν συσκευές και κατάλληλο λογισμικό για τη γραφή και την ανάγνωση της Braille, σαρωτές και εκτυπωτές κειμένου σε Braille, ομιλούντες πολυσυσκευές, συνθεσάιζερ φωνής, ομιλούντα βιβλία, μεγεθυντές οθόνης, συστήματα μετατροπής κειμένου σε συνθετική ομιλία, ακίδα αφής με συνθετική ομιλία και πολλά άλλα (Warren, 2011; Λιοδάκης, 2000; Πολυχρονοπούλου, 1995, σελ. 248-9; Ζώνιου-Σιδέρη, 2011).

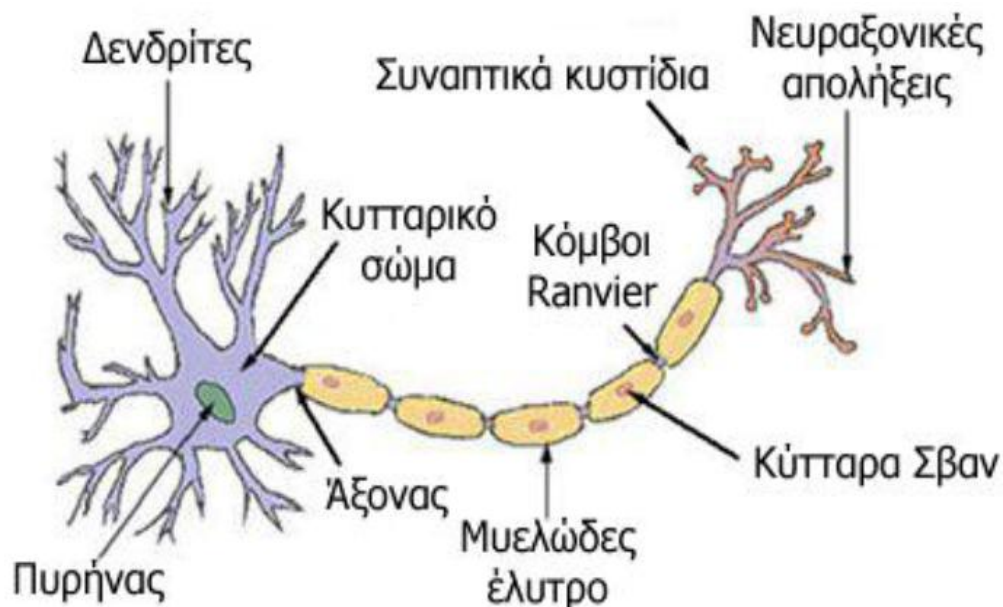
2. Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ

Η οπτική αναπηρία και η διαδικασία της όρασης συνδέονται με τον ανθρώπινο εγκέφαλο, ο οποίος αποτελεί το κύριο θέμα του παρόντος κεφαλαίου. Συγκεκριμένα, δίνεται έμφαση στη δομή του, καθώς και στις λειτουργίες που επιτελεί. Με στόχο την κατανόηση και την πληρότητα, γίνεται σύντομη αναφορά και στο νευρικό σύστημα. Επιπροσθέτως, περιγράφονται με σαφήνεια, τα είδη των εγκεφαλικών κυμάτων, δηλαδή οι σειρές συχνοτήτων στις οποίες λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος και οι βασικές αρχές που διέπουν τις εγκεφαλικές λειτουργίες και που μπορούν να αξιοποιηθούν στην αποτελεσματικότερη μάθηση. Τέλος, περιγράφεται σύντομα η σχέση μεταξύ όρασης και εγκεφάλου.

2.1 ΤΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται από πολλά συστήματα που συνεργάζονται μεταξύ τους. Ένα από αυτά είναι και το νευρικό σύστημα. Πρόκειται για το σύστημα που ρυθμίζει και ελέγχει τη λειτουργία όλων των οργάνων του ανθρώπου και εξασφαλίζει τη μεταξύ τους αρμονική συνεργασία. Ακόμη, είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του οργανισμού με το εξωτερικό περιβάλλον. Το νευρικό σύστημα εκτελεί και μια σειρά ανώτερων λειτουργιών όπως η βούληση, η σκέψη και η μνήμη.

Ο νευρώνας αποτελεί την κύρια δομική μονάδα του νευρικού συστήματος. Πρόκειται για ένα εξειδικευμένο κύτταρο που διαβιβάζει τις νευρικές ώσεις ή μηνύματα σε άλλους νευρώνες, μύες και αδένες (Atkinson et al., 2003, σελ.63-65). Η κατανόηση των νευρώνων είναι πολύ βασική για την κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η δομή ενός νευρώνα (Atkinson et al., 2003, σελ.64, σχήμα 2-1).



Σχήμα 2: Σχηματικό διάγραμμα ενός νευρώνα

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, ο νευρώνας αποτελείται από το κύριο σώμα (πυρήνας) όπου εξέρχουν μικρές αποφυάδες που λέγονται δενδρίτες. Το κύριο σώμα του νευρώνα και οι денδρίτες δέχονται τις νευρικές ώσεις από τους διπλανούς νευρώνες. Στη συνέχεια, τα μηνύματα διαβιβάζονται μέσω του άξονα σε άλλους νευρώνες. Ο άξονας καταλήγει σε μικροσκοπικές διακλαδώσεις που ονομάζονται νευροαξονικές απολήξεις ή τελικά κομβία. Οι νευρώνες δεν αγγίζονται μεταξύ τους αλλά υπάρχει το λεγόμενο συναπτικό κενό (Atkinson et al., 2003, σελ.63-65). Οι νευρικές ώσεις διασχίζουν αυτό το κενό με τη βοήθεια των νευροδιαβιβαστών.

Παρά το γεγονός πως οι νευρώνες έχουν τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά, διαφέρουν ως προς το σχήμα και το μέγεθος. Ανάλογα με τη λειτουργία τους ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: τους αισθητηριακούς, τους κινητικούς και τους συνδετικούς. Οι αισθητηριακοί νευρώνες μεταφέρουν ώσεις που έλαβαν από τα αισθητήρια όργανα στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι κινητικοί νευρώνες μεταφέρουν μηνύματα από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό προς τους μύες και τους αδένες. Τέλος, οι συνδετικοί νευρώνες δέχονται μηνύματα από αισθητηριακούς νευρώνες και τα μεταφέρουν σε κινητικούς ή άλλους συνδετικούς νευρώνες (Atkinson et al., 2003, σελ.65-67).

Το νευρικό σύστημα, εκτός από τους νευρώνες, αποτελείται κι από έναν μεγάλο αριθμό μη νευρωνικών κυττάρων που ονομάζονται νευρογλοιακά κύτταρα. Η αναλογία τους σε σχέση με τους νευρώνες είναι 9 προς 1. Ο ρόλος τους είναι να συγκρατούν τους νευρώνες στη θέση τους, να τους παρέχουν θρεπτικές ουσίες και να «τακτοποιούν» τον εγκέφαλο ώστε να διατηρείται η μεταβιβαστική ικανότητα των νευρώνων. Ο ανεξέλεγκτος πολλαπλασιασμός των νευρογλοιακών κυττάρων αποτελεί την αιτία όλων σχεδόν των εγκεφαλικών όγκων (Atkinson et al., 2003, σελ.63-65).

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι νευροδιαβιβαστές. Πρόκειται για χημικές ουσίες που διαχέονται μέσω του συναπτικού κενού και διεγείρουν τον επόμενο νευρώνα, μεταβιβάζοντας την νευρική ώση από τον έναν στον επόμενο νευρώνα. Έχουν βρεθεί περίπου 70 νευροδιαβιβαστές και θα ανακαλυφθούν κι άλλοι. Ορισμένοι από αυτούς διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά του ατόμου. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε την ακετυλχολίνη, που είναι διεγερτική και βρίσκεται στον ιππόκαμπο του εγκεφάλου, την νοραδρεναλίνη που παράγεται στο στέλεχος του εγκεφάλου και σχετίζεται με την αλλαγή στη διάθεση του ατόμου και τη σεροτονίνη, που επίσης, ρυθμίζει τη διάθεσή μας (Atkinson et al., 2003, σελ.73-75).

Το νευρικό σύστημα αποτελείται από το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) και το περιφερειακό νευρικό σύστημα (ΠΝΣ). Το ΚΝΣ περιλαμβάνει τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό που προστατεύονται στο κρανίο και την σπονδυλική στήλη, αντίστοιχα. Το ΠΝΣ αποτελείται από τα νεύρα που συνδέουν τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό με τα άλλα μέρη του σώματος. Αποτελείται από το σωματικό σύστημα, που μεταφέρει τα ερεθίσματα από και προς τους αισθητηριακούς

υποδοχείς, τους μύες και την επιφάνεια του σώματος, και το αυτόνομο σύστημα, που συνδέεται με τα εσωτερικά όργανα και τους αδένες (Atkinson et al., 2003, σελ.77-81).

2.2 ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Το πιο σύνθετο σύστημα επεξεργασίας της πληροφορίας που υπάρχει και που προκαλεί δέος σε όσους το μελετούν είναι ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Ζυγίζει περίπου 1,5 kg και είναι σε θέση να καταγράφει χίλιες νέες πληροφορίες το δευτερόλεπτο και από τη γέννηση έως τα γηρατειά να έχει ακόμη διαθέσιμο χώρο. Είναι ευαίσθητος τόσο σε ηλεκτρικά όσο και σε μαγνητικά πεδία. Αν και πολλοί τον έχουν παρομοιάσει με ηλεκτρονικό υπολογιστή, διαφέρει από αυτόν διότι έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί όχι μόνο με σειριακό τρόπο αλλά μπορεί να επιτελεί ταυτόχρονα πολύπλοκες παράλληλες διεργασίες, κι επιπλέον είναι ιδιαίτερα δημιουργικός.

Σε μακροσκοπικό επίπεδο, ο εγκέφαλος αποτελείται από τη φαιά και τη λευκή ουσία. Τη φαιά ουσία απαρτίζουν τα κύρια σώματα των νευρώνων ενώ τη λευκή ουσία, οι άξονες των νευρώνων και τα μη νευρωνικά κύτταρα (Κάτσιου, 2001, σελ. 44).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, μεταξύ των νευρώνων υπάρχουν οι συνάψεις. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει έναν τεράστιο αριθμό από αυτές, της τάξης του 10^{13} ! Ερευνητές στο Πανεπιστήμιο του Cambridge, με σκοπό να προσεγγίσουν τον ανθρώπινο εγκέφαλο, προσπάθησαν να μελετήσουν τον εγκέφαλο ενός σκουληκιού που έχει μόλις 23 νευρώνες. Για τη μελέτη χρειάστηκαν τρία χρόνια! Σύμφωνα με τον Robert Ornstein, οι συνάψεις στον εγκέφαλο του ανθρώπου είναι περισσότερες από τα άτομα που υπάρχουν στο σύμπαν. Πρόκειται, για ένα εξαιρετικά πολύπλοκο και σύνθετο σύστημα με δισεκατομμύρια νευρώνες και τρισεκατομμύρια συνάψεις!

Ο εγκέφαλος δίνει στον άνθρωπο τη δυνατότητα να γνωρίζει και να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του, να μαθαίνει από την εμπειρία και τα βιώματά του, να αναπτύσσει δεξιότητες και να μαθαίνει τη γλώσσα. Λόγω της πολύπλοκης δομής του, ο εγκέφαλος αποκτά το σύνολο των κυττάρων του λίγο πριν τη γέννηση του ανθρώπου. Σε αντίθεση με κάθε άλλο όργανο του ανθρώπινου σώματος, τα κύτταρα του οποίου μπορούν συνέχεια να αντικαθίστανται, στον εγκέφαλο δεν συμβαίνει αυτό. Οι νευρώνες με τους οποίους γεννιόμαστε είναι ίδιοι με αυτούς που πεθαίνουμε, με εξαίρεση ορισμένα τμήματα του εγκεφάλου. Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφέρουμε πως ενώ ο αριθμός των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου καθορίζεται προγεννητικά, οι περισσότερες συνάψεις αναπτύσσονται

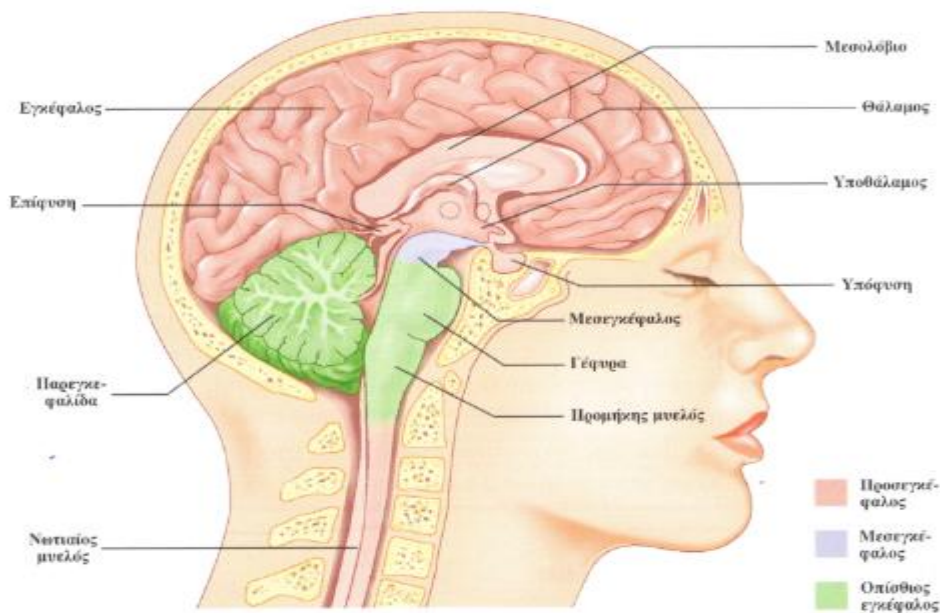
2. Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ

μεταγεννητικά, με αποτέλεσμα να αποτυπώνεται σταδιακά στον εγκέφαλο τόσο το φυσικό όσο και το κοινωνικό περιβάλλον (Κάτσιου, 2001, σελ. 52-53).

Ο εγκέφαλος λειτουργεί με τρόπο ηλεκτροχημικό. Συγκεκριμένα, τα νευρικά ερεθίσματα μεταφέρονται ως ηλεκτρικές ώσεις κατά μήκος του νευρώνα ενώ διαβιβάζονται από νευρώνα σε νευρώνα μέσω μιας χημικής αντίδρασης που πραγματοποιείται στη σύναψη. Στον εγκέφαλο υπάρχει ηλεκτρισμός που όμως δεν έχει σχέση με τη γνωστή ένταση του ηλεκτρισμού. Πρόκειται για πολύ ασθενή ηλεκτρικά κύματα. Επιπλέον, οι ηλεκτρικές ταλαντώσεις που πραγματοποιούνται έχουν χαμηλή συχνότητα (Κάτσιου, 2001, σελ. 50-51).

Αναφορικά με την οργάνωση, ο ανθρώπινος εγκέφαλος χωρίζεται σε τρεις περιοχές: τον οπίσθιο εγκέφαλο, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις δομές που βρίσκονται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου, κοντά στον νωτιαίο μυελό, το μεσεγκέφαλο που βρίσκεται στο μέσο του εγκεφάλου και τον προσεγκέφαλο που περιλαμβάνει τις δομές του μπροστινού τμήματος του εγκεφάλου (Atkinson et al., 2003, σελ.83).

Από μία άλλη οπτική γωνία, αναφέρεται πως ο εγκέφαλος αποτελείται από τρία ομόκεντρα επίπεδα: τον κεντρικό πυρήνα που ρυθμίζει την πρωτόγονη συμπεριφορά μας, το μεταιχμιακό σύστημα που καθορίζει τα συναισθήματα και τον εγκέφαλο που ρυθμίζει τις ανώτερες νοητικές λειτουργίες (Atkinson et al., 2003, σελ.83). Ακόμη, παρουσιάζονται αναλυτικά κάθε ένα από τα παραπάνω τμήματα, τα οποία φαίνονται στο σχήμα 3 (Atkinson et al., 2003, σελ.84, σχήμα 2-11).



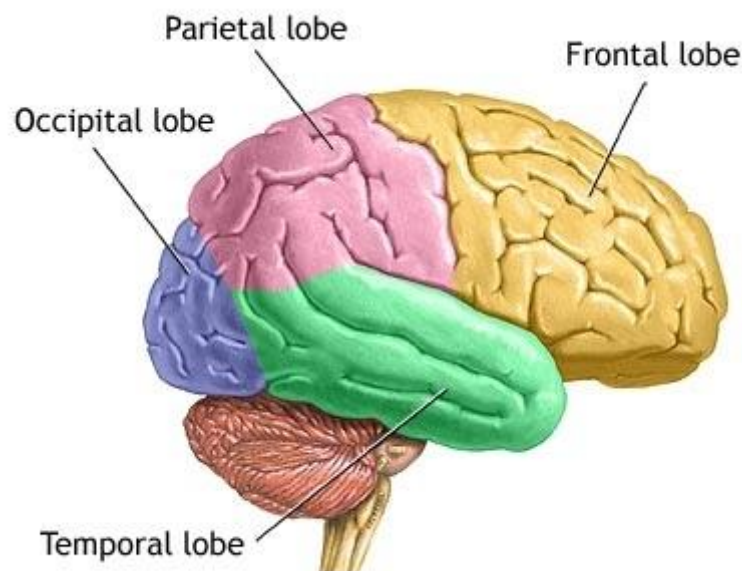
Σχήμα 3: Ο ανθρώπινος εγκέφαλος

Ο κεντρικός πυρήνας (ή στέλεχος) ελέγχει τις ακούσιες αντιδράσεις όπως ο βήχας και το φτέρνισμα και όπως προαναφέρθηκε, και τις πρωτόγονες αντιδράσεις όπως η αναπνοή, ο εμετός, ο ύπνος κ.ά.. Βασικά του τμήματα είναι ο θάλαμος, ο

υποθάλαμος, η παρεγκεφαλίδα, ο προμήκης μυελός και ο δικτυωτός σχηματισμός (Κουτσοούρης, 2004). Συγκεκριμένα, ο θάλαμος κατευθύνει τις εισερχόμενες πληροφορίες από τους αισθητηριακούς υποδοχείς στον εγκέφαλο, ο υποθάλαμος καθορίζει τη λήψη της τροφή και των υγρών, τη σεξουαλική συμπεριφορά ενώ διαδραματίζει βασικό ρόλο στα συναισθήματα και στις αντιδράσεις προς το στρες και η παρεγκεφαλίδα συντονίζει τις κινήσεις. Ακόμη, ο προμήκης μυελός ελέγχει την αναπνοή και τα ανακλαστικά που βοηθούν τον οργανισμό να διατηρήσει την όρθια στάση, ενώ ο δικτυωτός σχηματισμός ελέγχει τη διέγερση και τη δυνατότητα εστίασης της προσοχής σε ένα ερέθισμα (Atkinson et al., 2003, σελ.84-85).

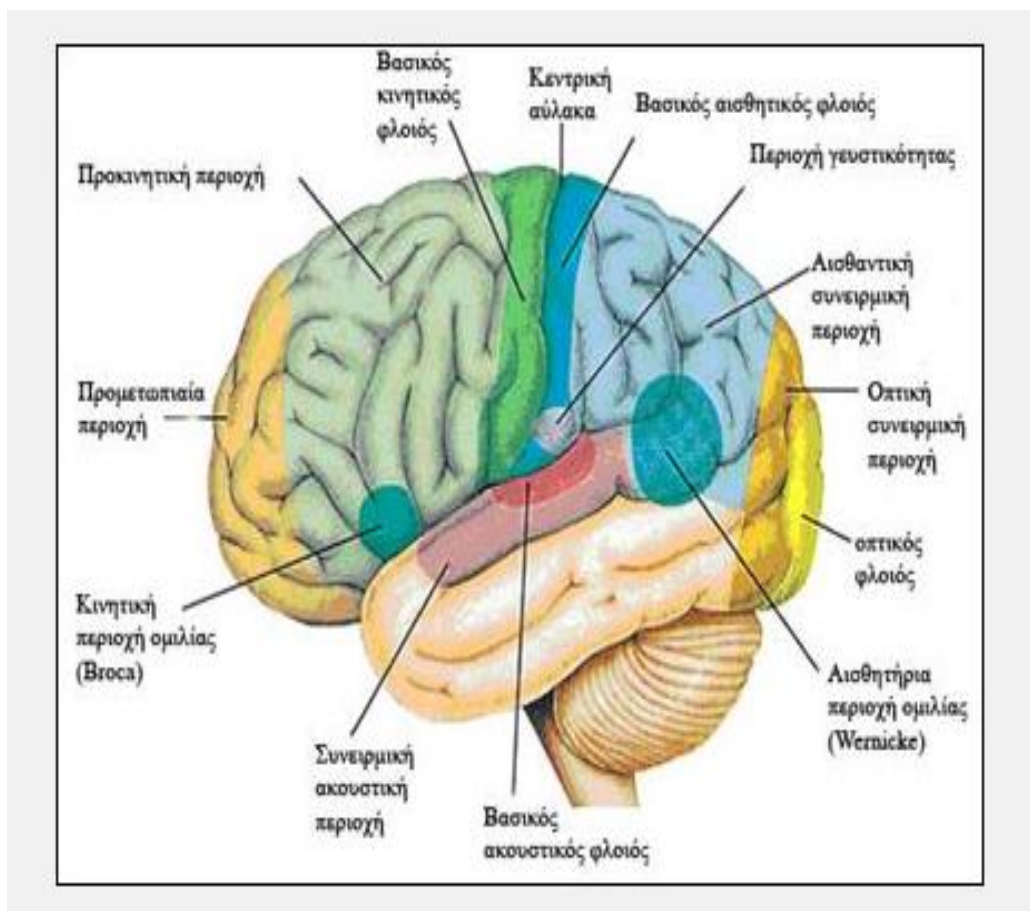
Το μειταιχμιακό σύστημα βρίσκεται γύρω από το στέλεχος και είναι ένα σύνολο δομών που συνδέονται στενά με τον υποθάλαμο και ελέγχει επιπροσθέτως την ενστικτώδη συμπεριφορά. Ακόμη, διαδραματίζει βασικό ρόλο στη συναισθηματική συμπεριφορά του ατόμου. Κύριο τμήμα του είναι ο ιππόκαμπος που επηρεάζει τη μνήμη (Atkinson et al., 2003, σελ.87-89). Βέβαια, μπορεί κάθε τμήμα να έχει τη δική του λειτουργία όμως όλα μαζί συνεργάζονται ώστε να δημιουργούν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Ο κύριος εγκέφαλος χωρίζεται σε δύο ημισφαίρια, το δεξιό και το αριστερό, μέσω μιας βαθιάς και επιμήκουσ σχισμής. Το εξωτερικό του περίβλημα ονομάζεται εγκεφαλικός φλοιός (Χαραλαμπίκη, 2000). Τα δύο ημισφαίρια είναι συμμετρικά μεταξύ τους. Κάθε ένα αποτελείται από τέσσερις λοβούς: τον μετωπιαίο, τον βρεγματικό, τον κροταφικό και τον ινιακό, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα (“Ιατρική ορολογία Η-Μ, Neurocenter.gr. Νευρολογικές παθήσεις και νευροχειρουργικές επεμβάσεις, εγκεφάλου και σπονδυλικής στήλης.,” n.d.).



Σχήμα 4: Οι λοβοί του εγκεφάλου

Ο μετωπιαίος λοβός χωρίζεται από τον βρεγματικό μέσω της κεντρικής έλικας, ενώ ο διαχωρισμός του βρεγματικού από τον ινιακό λοβό είναι λιγότερο σαφής. Ο ινιακός λοβός βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου (Atkinson et al., 2003, σελ.90). Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι κάθε λοβός διαδραματίζει έναν ιδιαίτερο ρόλο στην υποδοχή και την επεξεργασία των αισθητηριακών ερεθισμάτων. Ο ινιακός λοβός που λέγεται και οπτικός, επεξεργάζεται τα οπτικά ερεθίσματα, μια περιοχή στον κροταφικό λοβό αμφοτερόπλευρα επεξεργάζεται τα ακουστικά και τα γλωσσικά ερεθίσματα (στο αριστερό ημισφαίριο), ενώ μια άλλη περιοχή στο βρεγματικό λοβό επεξεργάζεται τα απτικά ερεθίσματα και αυτά της θερμοκρασίας. Επιπλέον, μια άλλη περιοχή στον μετωπιαίο λοβό συνδυάζει τα αισθητηριακά ερεθίσματα από τις διάφορες περιοχές του εγκεφάλου και δημιουργεί την κιναισθητική εικόνα του κόσμου (Κάτσιου, 2001, σελ. 61-62). Βέβαια, υπάρχουν και περιοχές του εγκεφάλου που δεν επιτελούν εντοπισμένες λειτουργίες αλλά επεξεργάζονται συνολικά τις εισερχόμενες πληροφορίες, συνδυάζοντας τες μεταξύ τους. Πρόκειται για τις συνειρμικές περιοχές. Οι παραπάνω λειτουργίες απεικονίζονται και στο επόμενο σχήμα (“Ανατομία Εγκεφάλου,” n.d.).



Σχήμα 5: Ειδίκευση της λειτουργίας των εγκεφαλικών λοβών

2.3 ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος λειτουργεί σε μια σειρά συχνοτήτων από 4 έως και 30 Hz (κύκλους ανά δευτερόλεπτο). Κρίνεται σκόπιμο στο σημείο αυτό να τονίσουμε πως στις διάφορες αυτές συχνότητες, ο άνθρωπος μπορεί να έχει πρόσβαση σε διαφορετικές ικανότητες, δυνατότητες και ταλέντα. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι τέσσερις κατηγορίες καταστάσεων συνείδησης (κανάλια).

Το πρώτο κανάλι που ονομάζεται και κανάλι δράσης, έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα από 16 έως 30 Hz. Όταν ο εγκέφαλος είναι συντονισμένος στο κανάλι αυτό έχουμε στραμμένη την προσοχή μας σε οτιδήποτε συμβαίνει γύρω μας και με στόχο να το κατανοήσουμε και να το θυμόμαστε, χρησιμοποιούμε και τις πέντε μας αισθήσεις. Ωστόσο, η νέα γνώση είναι επιφανειακή, αποθηκεύεται προσωρινά στη βραχύχρονη μνήμη και ξεχνιέται πολύ γρήγορα. Το συγκεκριμένο κανάλι προσφέρεται για δράση και όχι για μάθηση. Υπό αυτές τις συνθήκες, η νέα γνώση απαιτεί πολλές επαναλήψεις ώστε να καταγραφεί στη μακρόχρονη μνήμη (Κάτσιου, 2001, σελ. 197-203).

Το δεύτερο κανάλι λέγεται και κανάλι χαλάρωσης και έχει συχνότητες από 12 έως 15 Hz. Πρόκειται για ένα μεταβατικό στάδιο ανάμεσα στο κανάλι δράσης και το κανάλι μάθησης (3^ο κανάλι). Σε αυτές τις συχνότητες ελέγχουμε και απαλλασσόμαστε από το άγχος (Κάτσιου, 2001, σελ. 197-203).

Το τρίτο κανάλι είναι το κανάλι της μάθησης και περιλαμβάνει συχνότητες από 8 έως 11 Hz. Συνήθως, στο κανάλι αυτό λειτουργούν τα παιδιά προσχολικής ηλικίας, όταν το περιβάλλον της τάξης είναι φιλικό. Εδώ, η μάθηση είναι εύκολη, αποτελεσματική κι ευχάριστη. Μάλιστα, πολλές φορές δεν απαιτείται καμιά προσπάθεια. Στις συγκεκριμένες συχνότητες, η μάθηση επιτελείται με αποτελεσματικότητα που φτάνει στο 300% σε σχέση με το κανάλι της δράσης, επομένως θα πρέπει η εκπαίδευση των μαθητών να έχει στόχο την κατά βούληση λειτουργία τους στο τρίτο κανάλι ώστε να αποδίδουν περισσότερο (Κάτσιου, 2001, σελ. 197-203).

Το τέταρτο κανάλι που είναι γνωστό και ως κανάλι υψηλής δημιουργικότητας, έχει συχνότητες από 4 έως 7 Hz. Σε αυτές τις συχνότητες έχουμε πρόσβαση στην ενόραση, την έμπνευση, την εφευρετικότητα και τη δημιουργικότητα, ενώ ξεπηδούν τα καλλιτεχνικά και επινοητικά μας ταλέντα. Βρισκόμαστε σε μια κατάσταση που μοιάζει με την ονειροπόληση αλλά ταυτόχρονα είμαστε χαλαροί και σε μεγάλη εγρήγορση. Πολλοί άνθρωποι μπορούν να βρεθούν σε αυτή την κατάσταση χωρίς οι ίδιοι να το αντιλαμβάνονται συνειδητά, όταν βυθίζονται σε βαθιές σκέψεις σε ένα ήσυχο και φιλικό περιβάλλον ή όταν ξυπνούν το πρωί και βρίσκονται ακόμη στην κατάσταση χαλάρωσης του ύπνου. Στο τέταρτο κανάλι εδρεύουν ανώτερες δεξιότητες και κατορθώνονται υψηλότερες επιδόσεις. Η λειτουργία του εγκέφαλου σε αυτές τις συχνότητες μπορεί να αποκτηθεί μέσω εξάσκησης (Κάτσιου, 2001, σελ. 197-203).

2.4 ΑΡΧΕΣ ΠΟΥ ΔΙΕΠΟΥΝ ΤΙΣ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Μέσα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στο χώρο των Νευροεπιστημών προέκυψαν ορισμένες βασικές αρχές που χαρακτηρίζουν τις λειτουργίες του ανθρώπινου εγκεφάλου και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μάθηση και την εκπαίδευση. Κάποιες από αυτές τις βασικές αρχές (Κάτσιου, 2001, σελ. 176-195) είναι:

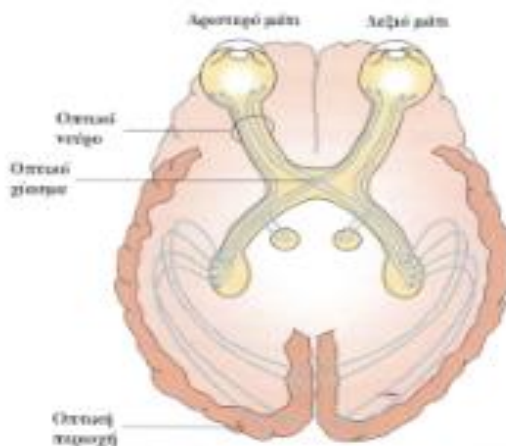
- 1) **Ο εγκέφαλος είναι ένα σύνθετο σύστημα προσαρμογής:** Ο εγκέφαλος του ανθρώπου έχει τη δυνατότητα να εκτελεί περισσότερα από ένα πράγματα τη φορά. Μπορεί να επεξεργάζεται ταυτόχρονα και παράλληλα έναν τεράστιο αριθμό πληροφοριών. Και όπως είναι γνωστό, μπορεί να λειτουργεί σε δύο επίπεδα ταυτόχρονα: στο επίπεδο της συνείδησης και στο επίπεδο του υποσυνείδητου. Δουλεύει σε διάφορα επίπεδα με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους στον ίδιο χρόνο.
- 2) **Στη μάθηση συμμετέχει ολόκληρη η φυσιολογία του σώματός μας:** Η διαδικασία της μάθησης, όπως και όλες οι νοητικές λειτουργίες, επηρεάζεται από τη φυσιολογία του σώματος. Συγκεκριμένα, η υγεία μας, η στάση μας απέναντι στη ζωή, η ικανότητα για μάθηση και φυσικά οι αισθήσεις παίζουν πολύ βασικό ρόλο.
- 3) **Ο εγκέφαλος είναι κοινωνικός:** Από τις πρώτες κιόλας ημέρες της ζωής του ανθρώπου, ο εγκέφαλος αλληλεπιδρά τόσο με το φυσικό όσο και με το κοινωνικό περιβάλλον.
- 4) **Η αναζήτηση του νοήματος είναι έμφυτη:** Ο άνθρωπος πάντα αναζητά το νόημα των πραγμάτων ώστε οι εμπειρίες που αποκτά να σημαίνουν κάτι. Η αναζήτηση αυτή είναι κύριο χαρακτηριστικό του εγκεφάλου και συνδέεται με το αίσθημα της επιβίωσης.
- 5) **Η αναζήτηση νοήματος πραγματοποιείται μέσω «εγκεφαλικών προγραμμάτων»:** Ο ανθρώπινος εγκέφαλος πάντα κατασκευάζει μοντέλα του κόσμου ή όπως λέγονται «προγράμματα».
- 6) **Κάθε εγκέφαλος ταυτόχρονα αντιλαμβάνεται και δημιουργεί κομμάτια και σύνολα:** ο εγκέφαλος αναλύει κάθε πληροφορία που λαμβάνει σε επιμέρους τμήματα, ταυτόχρονα, όμως την αντιλαμβάνεται και ολιστικά. Συγκεκριμένα, το αριστερό ημισφαίριο αναλύει σειριακά και γραμμικά την πληροφορία, ενώ το δεξιό ημισφαίριο την αντιμετωπίζει ως σύνολο.
- 7) **Στη διαδικασία της μάθησης συμμετέχουν η εστιασμένη προσοχή και η περιφερική αντίληψη.**
- 8) **Διαθέτουμε δύο τουλάχιστον τρόπους οργάνωσης της μνήμης.**
- 9) **Η μάθηση είναι μια διαδικασία ανάπτυξης και επηρεάζεται άμεσα από την εκπαίδευση.**
- 10) **Η μάθηση σύνθετων πραγμάτων ενισχύεται από την πρόκληση και παρεμποδίζεται από την απειλή:** Οι ιδανικότερες συνθήκες μάθησης για τον ανθρώπινο εγκέφαλο είναι να βρίσκεται σε ένα περιβάλλον που ενθαρρύνει το

άτομο να εκτίθεται, να εκφράζει τις απόψεις του, να αναλαμβάνει ρίσκα, να διεγείρεται το ενδιαφέρον του, η προσοχή και η φαντασία του αλλά να μην υπάρχουν απειλές ώστε κάποιος να νιώθει φοβισμένος και αβοήθητος.

- 11) **Κάθε εγκέφαλος είναι οργανωμένος κατά μοναδικό τρόπο:** Κάθε άτομο είναι διαφορετικό και μοναδικό. Αυτό οφείλεται στο περιβάλλον μέσα στο οποίο αναπτύχθηκε, στις εμπειρίες που απέκτησε και φυσικά στις κληρονομικές του καταβολές.

2.5 ΟΡΑΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ

Στο πίσω μέρος κάθε ινιακού λοβού υπάρχει μία περιοχή που ονομάζεται πρωτογενής οπτική περιοχή. Οι οπτικές νευρικές ίνες ξεκινούν από κάθε μάτι και καταλήγουν στον οπτικό φλοιό, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Atkinson et al., 2003, σελ.92, σχήμα 2-14).



Σχήμα 6: Οπτικές οδοί

Μερικές νευρικές ίνες ξεκινούν από το δεξιό μάτι και καταλήγουν στο δεξιό ημισφαίριο, όμως, κάποιες άλλες διασταυρώνονται σε μια σύνδεση που ονομάζεται οπτικό χιαστό και φτάνουν στο αριστερό ημισφαίριο. Το ίδιο συμβαίνει και με τις νευρικές ίνες του αριστερού ματιού. Έτσι, τα ερεθίσματα που προσπίπτουν στο δεξιό μέρος κάθε αμφιβληστροειδούς μεταφέρονται στο δεξιό ημισφαίριο και τα ερεθίσματα από το αριστερό μέρος κάθε αμφιβληστροειδούς μεταφέρονται στο αριστερό ημισφαίριο (Atkinson et al., 2003, σελ.92).

Επομένως, η όραση περνάει έναν έλεγχο από τους διάφορους εγκεφαλικούς σχηματισμούς, πριν φτάσει στο σημείο να γίνει βιωματική. Ο εγκέφαλος είναι αυτός που προαποφασίζει τι θα δει και τι θα βιώσει το άτομο (“NEURO-TALKS / NEΥΡΟ-ΔΙΑΛΟΓΟΙ: ΠΩΣ ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ Η ΌΡΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΓΚΕΦΑΛΟ;,” n.d.).

3. ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο μπορεί να απεικονιστεί με διάφορους τρόπους, όπως αξονική και μαγνητική τομογραφία. Στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου γίνεται αναφορά σε αυτές τις μεθόδους. Όμως, κύριο αντικείμενο αναφοράς είναι το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και τα προκλητά δυναμικά. Όσον αφορά στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, θα γίνει αναφορά στα ακόλουθα: ιστορικά στοιχεία, χρήσεις, λειτουργία, συνθήκες καταγραφής, ρυθμοί, διεθνές σύστημα 10-20, χάρτες, αξιολόγηση χαρτών και artifacts. Το κεφάλαιο τελειώνει με την ενότητα των προκλητών δυναμικών. Δίνονται γενικά στοιχεία και χρήσιμοι ορισμοί, επίσης, παρουσιάζονται σύντομα οι τρεις κατηγορίες προκλητών δυναμικών: τα οπτικά, τα ακουστικά και τα σωματοαισθητικά, καθώς και τα γνωσιακά προκλητά δυναμικά.

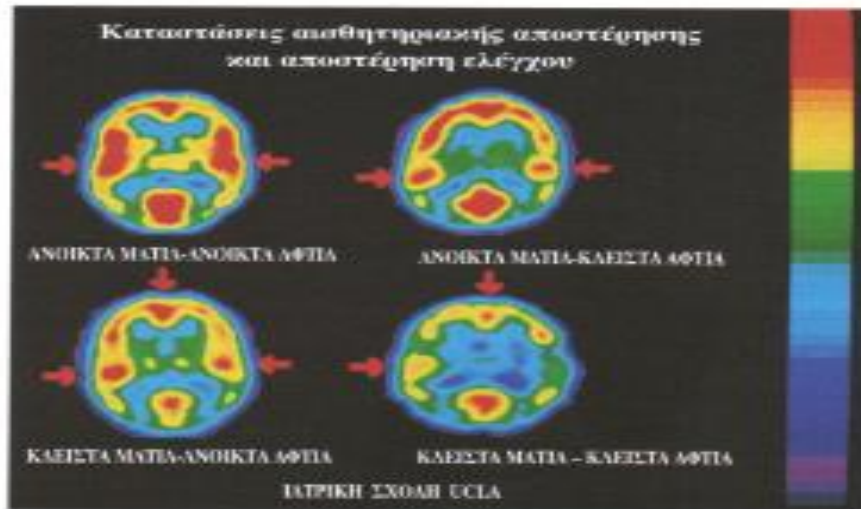
3.1 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ

Πριν αρκετά χρόνια, η απεικόνιση ενός εγκεφάλου ήταν μια πολύ δύσκολη υπόθεση. Μπορούσε να γίνει μόνο με διερευνητική νευροχειρουργική ή με αυτοψία, αφού, βέβαια, το άτομο είχε πεθάνει. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές, βάσει των οποίων πραγματοποιείται απεικόνιση ζωντανού εγκεφάλου, χωρίς να δημιουργείται κάποια βλάβη ή έστω δυσφορία στον άνθρωπο. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν πολύ σύντομα τρεις τέτοιες τεχνικές: η αξονική και η μαγνητική τομογραφία και η τομογραφία έκλυσης ποζιτρονίων.

Αξονική τομογραφία (CAT: Computerized Axial Tomography): Στην περίπτωση της αξονικής τομογραφίας, μία πολύ λεπτή δέσμη ακτίνων – X εισέρχεται στο κεφάλι του ατόμου και μετριέται το ποσό της ακτινοβολίας που περνά. Οι καταγραμμένες μετρήσεις, εισάγονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και δημιουργείται μια εικόνα διατομής του εγκεφάλου, η οποία είτε φωτογραφίζεται είτε εμφανίζεται στην οθόνη. Η διατομή μπορεί να δοθεί σε οποιαδήποτε γωνία ή επίπεδο, ενώ μπορούν να μετρηθούν χιλιάδες άξονες του εγκεφάλου (Bittencourt et al., 1983; Atkinson et al., 2003, σελ.94-97).

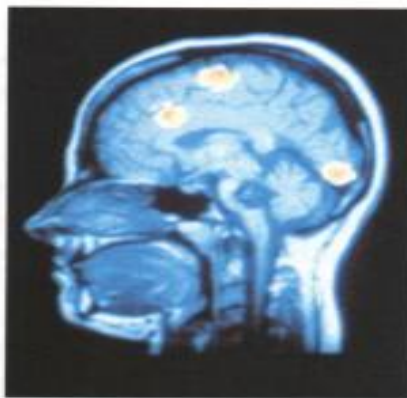
Μαγνητική τομογραφία (MRI: Magnetic Resonance Imaging): Για να συνθέσουν την εικόνα του εγκεφάλου, οι σαρωτές χρησιμοποιούν ισχυρά μαγνητικά πεδία, παλμούς ραδιοσυχνότητας και ηλεκτρονικούς υπολογιστές (Le et al., 2011). Ο ασθενής βρίσκεται ξαπλωμένος σε ένα είδος σήραγγας που περιβάλλεται από έναν μεγάλο μαγνήτη, ο οποίος δημιουργεί ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Οι ιστοί του μέρους του σώματος που τοποθετείται στο μαγνητικό πεδίο, εκπέμπουν ένα σήμα που μπορεί να μετρηθεί. Οι μετρήσεις καταγράφονται και επεξεργάζονται από τον Η/Υ και δημιουργείται μια απεικόνιση σε δύο διαστάσεις (Hanson, 2009). Εκτός από τον εγκέφαλο, χρησιμοποιείται και για την απεικόνιση άλλων οργάνων και μερών του σώματος. Η MRI προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια με σχέση με την CAT, κυρίως

όσον αφορά τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό (Hanson, 2009; Atkinson et al., 2003, σελ.94-97; Atkinson et al., 2003, σχήμα σελ. 95).



Σχήμα 7: απεικονίσεις εγκεφάλου

Τομογραφία έκλυσης ποζιτρονίων (PET: Positron Emission Tomography): Χρησιμοποιείται όταν πρέπει να διαπιστωθεί το επίπεδο δραστηριότητας των νευρώνων σε διάφορες εγκεφαλικές περιοχές (Le et al., 2011). Η λειτουργία της στηρίζεται στο γεγονός πως κάθε κύτταρο του οργανισμού μας χρειάζεται ενέργεια για το μεταβολισμό και συγκεκριμένα, τα νευρικά κύτταρα χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή ενέργειας τη γλυκόζη που παίρνουν από το αίμα (Stocklin et al., 1993). Χορηγείται στο άτομο ραδιενεργή γλυκόζη, την οποία χρησιμοποιεί όπως την κανονική. Ο ανιχνευτής που είναι ευαίσθητος στη ραδιενέργεια, μετρά την ποσότητα και στέλνει τις πληροφορίες στον Η/Υ ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη απεικόνιση. Έχει χρησιμοποιηθεί, κυρίως, για τη σύγκριση του εγκεφάλου σχιζοφρενών και φυσιολογικών ατόμων, ανακαλύπτοντας διαφορές στα επίπεδα μεταβολισμού ορισμένων περιοχών του εγκεφάλου. Ακόμη, έχει χρησιμοποιηθεί για να μελετηθούν περιοχές του εγκεφάλου όταν το άτομο εκτελεί ανώτερες νοητικές λειτουργίες, όπως η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων (Shukla et al., 2006; Stocklin et al., 1993; Atkinson et al., 2003, σελ.94-97; Atkinson et al., 2003, σχήμα σελ. 95).



Σχήμα 8: απεικόνιση PET (3 ενεργές περιοχές κατά την ομιλία)

3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑ (ΗΕΓ)

3.2.1 Ιστορικά στοιχεία – χρήσεις

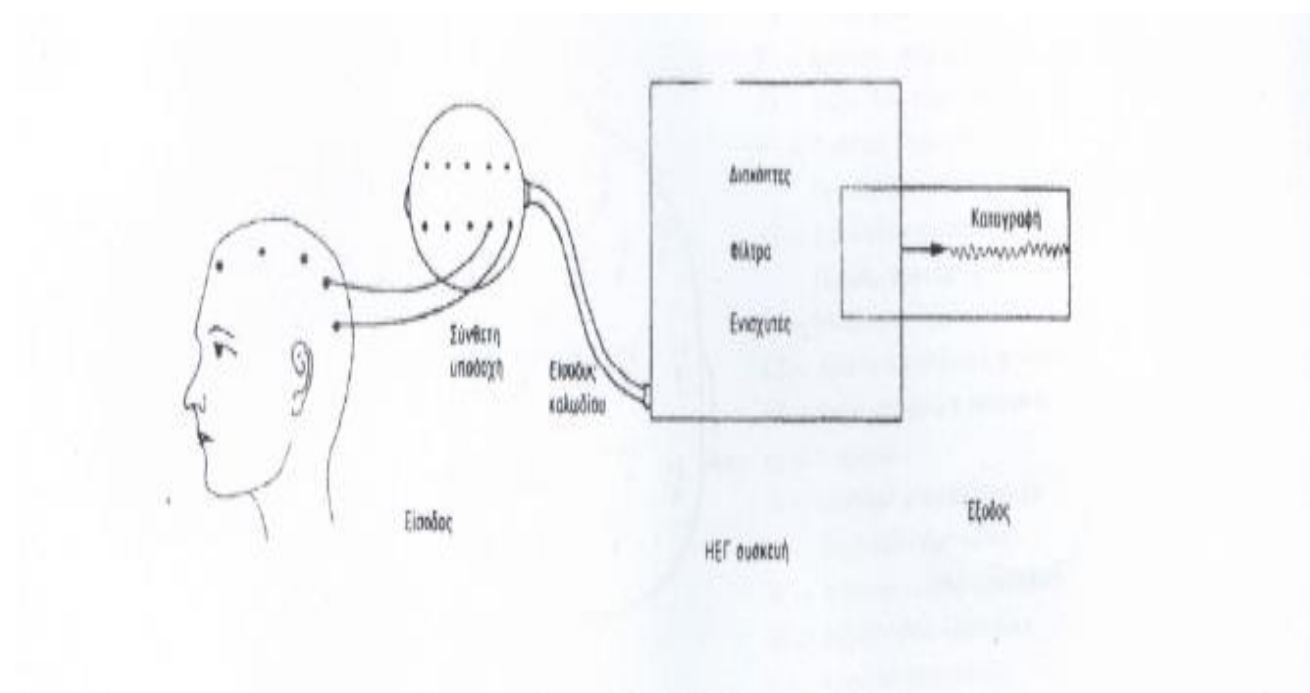
Στην έρευνα, ο εγκέφαλος έχει συνδεθεί με τη μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των νευρικών κυττάρων. Το 1791 ο Galvani απέδειξε πως τα νεύρα έχουν μία εγγενή μορφή ηλεκτρισμού. Το 1848 ο Du Bois-Reymond ανακάλυψε πως η δραστηριότητα των περιφερειακών νεύρων συνδεόταν με μεταβολές του ηλεκτρικού δυναμικού, οι οποίες μπορούσαν να μετρηθούν. Ακόμη, το 1877 ο R. Catton απέδειξε ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στα εξωτερικά ερεθίσματα και την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου στα κουνέλια και στους πιθήκους (Κουτσούρης, 2004). Το 1929 ο Γερμανός ψυχίατρος Hans Berger περιέγραψε τη διαδικασία μέτρησης διαφορών δυναμικού από την εξωτερική επιφάνεια του κεφαλιού του ανθρώπου (Πούλος, 2001). Πρόκειται για την έναρξη της μελέτης του εγκεφάλου μέσω του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος (Κουτσούρης, 2004). Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα μελετάει αυτό που ονομάζεται εγκεφαλική λειτουργία, δηλαδή το σύνολο των ηλεκτροχημικών επιδράσεων από νευρώνα σε νευρώνα, σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου.

Η τεχνική του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος παρουσιάζει ευρύτατη χρήση στην Ιατρική, λόγω του ότι είναι φθηνή, ανώδυνη και απλή στην εφαρμογή της. Μέσα από τη μελέτη του ΗΕΓ μπορούν να προκύψουν χρήσιμα στοιχεία για την εξέλιξη του ΚΝΣ του ανθρώπου από τη γέννησή του έως και την ενηλικίωση. Χρησιμοποιείται στη Νευρολογία για τη διάγνωση και την εκτίμηση της κατάστασης ασθενών με επιληψία καθώς και για την περίπτωση εγκεφαλοπάθειας. Στην Νευροχειρουργική χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό διαγνωστικό μέσο για τον εγκεφαλικό όγκο. Στη γενική ιατρική, το ΗΕΓ δίνει χρήσιμες πληροφορίες για την πρόγνωση ασθενειών μετά από απώλεια συνείδησης που προέρχονται από καρδιακή ανακοπή, καθώς και για μια ενδεχόμενη ηπατική εγκεφαλοπάθεια σε ασθενείς με νόσο του ήπατος. Το ΗΕΓ χρησιμοποιείται εκτενώς και στην Ψυχιατρική. Ακόμη, η Ωτορινολαρυγγολογία

αντλεί χρήσιμες πληροφορίες για διαταραχές της 8^{ης} εγκεφαλικής συζυγίας. Η Νευροφαρμακολογία χρησιμοποιεί το ΗΕΓ ως εργαλείο παρατήρησης της κλινικής δοκιμής νευρολογικών φαρμάκων σε ασθενείς (Πούλος, 2001). Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί πως το ΗΕΓ αποτελεί το κύριο μέσο για τη μελέτη του ύπνου (Κουτσούρης, 2004). Ακόμη, το ΗΕΓ αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο που προτείνεται και για μετρήσεις σε εικονικά περιβάλλοντα (Mikropoulos et al., 2004).

3.2.2 Η λειτουργία του ηλεκτροεγκεφαλογράφου

Η λειτουργία του ΗΕΓ στηρίζεται στη μέτρηση των διαφορών δυναμικού που προκαλούνται από την εγκεφαλική λειτουργία και παρουσιάζονται στην εξωτερική δερματική επιφάνεια του κρανίου του ατόμου. Τα ηλεκτρικά σήματα που μετρώνται είναι ασθενή, της τάξης των 1μV έως 100μV. Για να έχουμε αποτελεσματικότερη απεικόνιση της εγκεφαλικής δραστηριότητας, καλό είναι να γίνεται ενίσχυση των υπό εξέταση σημάτων και να καλύπτεται η επιφάνεια του κρανίου με περισσότερα ηλεκτρόδια (Κουτσούρης, 2004).



Σχήμα 9: Το βασικό σύστημα του ΗΕΓ

Τα ηλεκτρόδια αποτελούν το πρώτο στάδιο στην εξαγωγή των σημάτων του ΗΕΓ (Σχήμα 9: Πούλος, σχήμα 2, σελ.11). Μετατρέπεται το ρεύμα ιόντων του ανθρώπινου σώματος σε ρεύμα ηλεκτρονίων μέσα στα καλώδια κι έτσι οδηγείται σε επόμενα στάδια επεξεργασίας. Τα ηλεκτρόδια, συνήθως, είναι φτιαγμένα από Ag ή AgCl, ενώ οι θέσεις τους καθορίζονται με μετρήσεις από ανατομικά σημεία του κρανίου και το

σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε παιδιά όσο και σε ενήλικες (Πούλος, 2001). Πιο δημοφιλές είναι το σύστημα 10-20, που θα παρουσιαστεί στην ενότητα 4.

Οι διαφορές δυναμικού που μετριόνται υφίστανται ενίσχυση και φιλτράρισμα ώστε το επιθυμητό σήμα να μπορεί να μετρηθεί με ευχέρεια. Τα αναλογικά σήματα που προκύπτουν είτε καταγράφονται και αποτυπώνονται στο χαρτί είτε μετατρέπονται σε ψηφιακά. Αν υπάρχει ηλεκτρονικός υπολογιστής, μπορεί να ελέγχει και μια συσκευή χορήγησης ερεθισμάτων πχ ήχων, λέξεων, εικόνων (Κουτσούρης, 2004).

Οι συσκευές καταγραφής ταξινομούνται σε τρία είδη (Πούλος, 2001):

- I. Κλασική συσκευή καταγραφής που αποτελείται από το γραφικό όργανο και το χαρτί, το οποίο κινείται σταθερά μέσα από τη συσκευή με ηλεκτρικό κινητήρα.
- II. Μαγνητική ταινία όπου καταγράφονται οι μετρήσεις και μπορούν να επεξεργαστούν από ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- III. Συσκευή καταγραφής που στηρίζεται στη μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Για τη μετατροπή αυτή χρειάζονται πολλές σειρές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Ορισμένοι χρήσιμοι ορισμοί που συναντώνται συχνά στο χώρο της Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας είναι οι ακόλουθοι: ως σήμα εννοείται κάθε φυσικό μέγεθος που μπορεί να μετρηθεί με μια από τις υπάρχουσες τεχνικές, σε σχέση με το χρόνο. Γενικά, μπορεί να μην είναι μόνο ηλεκτρικό αλλά πχ μηχανικό. Το σήμα εκφράζει την κατάσταση του συστήματος που μελετάμε σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς που αντιπροσωπεύει την απόλυτη ηρεμία, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Τα ηλεκτρικά σήματα που προκαλούνται από ζωντανούς κυτταρικούς σχηματισμούς λέγονται βιοηλεκτρικά (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 17). Όταν τα ηλεκτρόδια βρίσκονται σε σημεία του εγκεφάλου που μπορεί να εμφανίσουν εγκεφαλική δραστηριότητα, μιλάμε για ενεργά σημεία. Σε κάθε άλλη περίπτωση, τα σημεία καλούνται ανενεργά. Σημειώνεται πως όταν μετράται η διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δύο ενεργά σημεία γίνεται διπολική μέτρηση, ενώ ανάμεσα σε ένα ενεργό και ένα ανενεργό σημείο γίνεται μονοπολική μέτρηση (Κουτσούρης, 2004).

3.2.3 Συνθήκες καταγραφής

Για να είναι αποτελεσματική η καταγραφή των σημάτων θα πρέπει να υπάρχουν ορισμένες συνθήκες. Αρχικά, είναι απαραίτητο, ο χώρος στον οποίο γίνεται η καταγραφή να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες συσκευές και διατάξεις. Κι αυτό γιατί κάθε ηλεκτρική συσκευή που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο όπως για παράδειγμα οθόνες τηλεόρασης, μοτέρ κ.ά., μπορεί να αποτελέσει πηγή παρασίτων (artifacts). Τα παράσιτα (artifacts) παρεισφύουν στα βιοηλεκτρικά σήματα και δημιουργούν τα γνωστά παράσιτα (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 26). Ο θάλαμος θα πρέπει να είναι

απομονωμένος από θορύβους, να έχει κανονική θερμοκρασία γύρω στους 25° C και χαμηλό φωτισμό σε σημείο που κάποιος να μην μπορεί να διαβάσει (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 95). Ακόμη, το εξεταζόμενο άτομο θα πρέπει να βρίσκεται σε ξεκούραστη θέση. Αν η καταγραφή γίνεται με κλειστά μάτια θα πρέπει να αποφεύγεται το ανοιγοκλείσιμο των ματιών, ενώ αν η καταγραφή γίνεται με ανοιχτά μάτια, καλό θα ήταν το άτομο να προσηλώνει τα μάτια του σε ένα συγκεκριμένο σημείο που βρίσκεται χαμηλά στο ύψος των γονάτων. Για να μην υπάρχουν μυϊκά παράσιτα από συσπάσεις των μασητήρων, ο εξεταζόμενος θα πρέπει να έχει το στόμα μισάνοιχτο. Επίσης, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ικανή απόσταση του καλωδίου που συνδέει το κρανίο με το σύστημα από άλλα καλώδια που βρίσκονται στο έδαφος ή από γραμμές του δικτύου (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 26).

Για λόγους ασφαλείας θα πρέπει να υπάρχουν και κάποιες επιπλέον προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα, είναι απαραίτητο να γίνεται περιοδικός έλεγχος στις ηλεκτρικές διατάξεις ώστε να εντοπιστούν πιθανά σημεία διαρροής ρεύματος, καθώς και έλεγχος στη γείωσή τους. Οποσδήποτε, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται επεκτάσεις καλωδίων διότι κάτι τέτοιο μειώνει την πιθανότητα διαρροής ρεύματος. Ακόμη, δεν πρέπει το χρονικό διάστημα που ο εξεταζόμενος υποβάλλεται σε ηλεκτροεγκεφαλογράφημα να είναι συνδεδεμένος και με άλλα όργανα ή συσκευές. Επίσης, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, τόσο στο άνοιγμα όσο και στο κλείσιμο της συσκευής. Θα πρέπει να μπαίνει σε λειτουργία πριν τα ηλεκτρόδια συνδεθούν στον εξεταζόμενο και να τίθεται εκτός λειτουργίας αφού γίνει αποσύνδεση του ατόμου από το μηχάνημα (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 26).

Για ερευνητικούς σκοπούς, στα πειράματα χρησιμοποιείται και μία ομάδα ελέγχου. Τα άτομα που την αποτελούν δεν θα πρέπει να έχουν ιστορικό κρανιοεγκεφαλικής κάκωσης, συγγενή ανωμαλία ή εμφανή δυσπλασία των οστών του κρανίου, ιστορικό ψυχικής νόσου, ασθένεια του κεντρικού νευρικού συστήματος και, φυσικά, δεν θα πρέπει να έχουν υποστεί νευροχειρουργική επέμβαση (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 95).

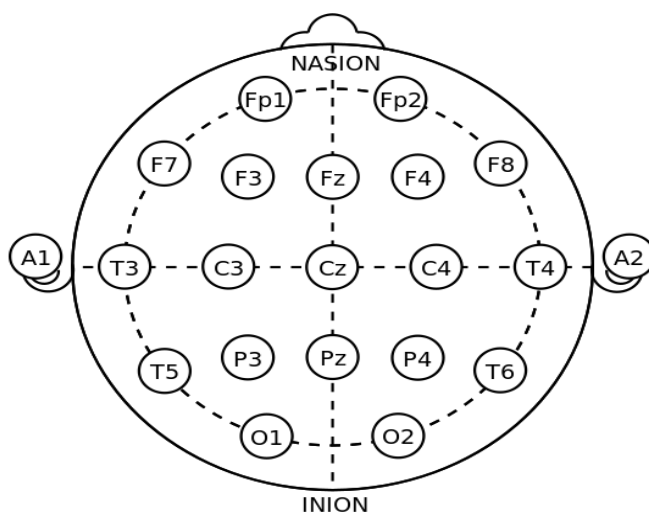
3.2.4 Διεθνές σύστημα 10-20 – Ρυθμοί

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στο ΗΕΓ τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις πάνω στο κρανίο του εξεταζόμενου. Υπάρχουν αρκετά σχετικά πρότυπα, εκ των οποίων το πιο δημοφιλές είναι το διεθνές σύστημα 10-20. Σύμφωνα με αυτό επιλέγεται το 20% της απόστασης ανάμεσα στα δύο αυτιά ως η απόσταση μεταξύ δύο οποιονδήποτε ηλεκτροδίων και το 10% της απόστασης μεταξύ των δύο αυτιών ως η απόσταση ανάμεσα στο αυτί και το κοντινότερο προς αυτό ηλεκτρόδιο (Κουτσούρης, 2004).

Τα ηλεκτρόδια σημειώνονται με γράμματα και αριθμούς. Τα γράμματα είναι κεφαλαία και δείχνουν την περιοχή του εγκεφάλου, για παράδειγμα F για τον

μετωπιαίο λοβό, C για τον κεντρικό, P για τον βρεγματικό, T για τον κροταφικό, O για τον ινιακό. Οι περιττοί αριθμοί αντιστοιχούν στο αριστερό ημισφαίριο και οι άρτιοι στο δεξιό (Πούλος, 2001), (Σχήμα 10: (Faller et al., 2014)).

Ο ελάχιστος αριθμός ηλεκτροδίων για μια ικανοποιητική καταγραφή είναι 16, ενώ ο μέγιστος 128. Η ύπαρξη ηλεκτροδίων σε απόσταση μικρότερη των δύο εκατοστών δεν προσφέρει κάποια επιπλέον πληροφόρηση. Ο ιδανικός αριθμός ηλεκτροδίων ώστε η καταγραφή να είναι αξιόπιστη και μη χρονοβόρα είναι 32. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν λιγότερα από 16 ηλεκτρόδια, θα υπάρξει σημαντική απώλεια πληροφορίας. Τα ηλεκτρόδια θα πρέπει, οπωσδήποτε, να είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό και να έχουν χαμηλή αντίσταση χωρίς μεγάλες διαφορές μεταξύ τους ($< 2k\Omega$) (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 28).



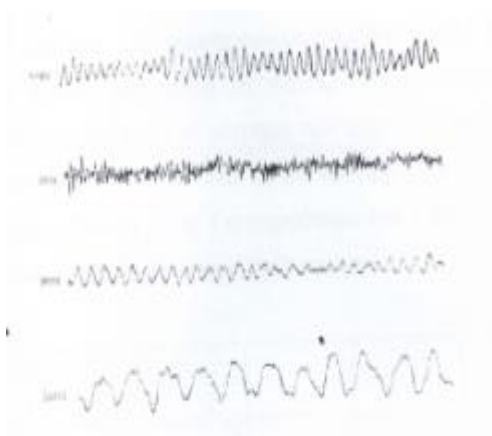
Σχήμα 10: θέσεις ηλεκτροδίων στο σύστημα 10-20

Στη μελέτη των λειτουργιών του εγκεφάλου το ενδιαφέρον εστιάζεται στις συχνότητες του εγκεφάλου (ρυθμοί) και στις αλλαγές που πραγματοποιούνται εξαιτίας των διαφόρων εργασιών που απαιτούν νοητική προσπάθεια. Οι καταγραφές κατά τη διάρκεια του ΗΕΓ έχουν τη μορφή κυμάτων διαφόρων μορφών. Όταν αυτές οι κυματομορφές είναι ημιτονοειδείς και επαναλαμβάνονται ονομάζονται «κανονικά κύματα». Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κυματομορφές δεν επαναλαμβάνονται ημιτονικά, δεν παρουσιάζουν κάποια ρυθμικότητα ή μπορεί να είναι συνδυασμός των προηγούμενων μορφών. Τα εγκεφαλικά κύματα ονομάζονται και ρυθμοί και διακρίνονται σε αργά (συχνότητα μικρότερη από 7 Hz), μεσαία (8-13 Hz), γρήγορα (13-30 Hz) και πολύ γρήγορα (συχνότητα μεγαλύτερη από 30Hz). Τα περισσότερα από τα σήματα του φλοιού εντοπίζονται στην περιοχή συχνοτήτων 0-20Hz, με το πλάτος τους να κυμαίνεται από 1μV έως 100μV (Ζαχαρής, 2012). Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι ρυθμοί που αντιστοιχούν σε αυτές τις συχνότητες, καθώς και τα πλάτη τάσης (Κουτσούρης, 2004).

Πίνακας 1: Οι βασικότεροι ρυθμοί

| Ρυθμός | Περιοχή συχνοτήτων (Hz) | Πλάτος (μV) |
|------------|-------------------------|-------------|
| Δέλτα | 0.5-3.5 | Έως 100-200 |
| Θήτα | 4-7.5 | < 30 |
| Άλφα | 8-12 | 30-50 |
| Αργός Βήτα | 13-19 | < 20 |
| Ταχύς Βήτα | 20-30 | < 20 |

Οι παραπάνω ρυθμοί έχουν συνδεθεί με διάφορα επίπεδα εγρήγορσης, χαλάρωσης, υπνηλίας κτλ. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι ο ρυθμός δέλτα σχετίζεται με τον ύπνο στο φυσιολογικό άνθρωπο ενώ συναντάται στα νεογέννητα έως το δεύτερο έτος της ηλικίας τους. Ο ρυθμός θήτα συνδέεται με μηχανισμούς καταστολής, ο ρυθμός βήτα εμφανίζεται κατά τη φάση πλήρους εγρήγορσης ενός φυσιολογικού ατόμου και, τέλος, ο ρυθμός α εμφανίζεται στο 75% των ενηλίκων και κλείσιμο των ματιών προκαλεί την αύξησή του. Μείωση του ρυθμού άλφα σχετίζεται με πνευματική δραστηριότητα ή αισθητηριακό ερεθισμό (Κουτσούρης, 2004). Σημειώνεται πως στη βιβλιογραφία υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στις περιοχές συχνοτήτων των ρυθμών (σχήμα 11: Πούλος, σχήμα 3, σελ. 14).



Σχήμα 11: Κυματομορφές ρυθμών

3.2.5 Χάρτες – Παράσιτα (artifacts)

Το βασικότερο μειονέκτημα/πρόβλημα του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος είναι τα παράσιτα (artifacts). Ο καλός τεχνικός/χαρτογραφιστής πρέπει να είναι σε θέση να τα αναγνωρίσει.

Τα παράσιτα (artifacts) ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες: τα βιολογικά και τα τεχνικά. Στα βιολογικά παράσιτα (artifacts) κατατάσσονται οι οφθαλμικές ή βλεφαρικές κινήσεις, η μυϊκή δραστηριότητα, τα δυναμικά της καρδιακής λειτουργίας και η υπνηλία. Στην κατηγορία των τεχνικών παρασίτων (artifacts) ανήκουν εκείνα που οφείλονται στην ύπαρξη διαφόρων συσκευών/διατάξεων στο θάλαμο καταγραφής ή στην κακή εφαρμογή των ηλεκτροδίων. Βέβαια, θα πρέπει να αναφερθούν και τα παράσιτα (artifacts) της ψηφιακής διαδικασίας, των τεχνικών παρεμβολής και της ποσοτικοποίησης του ΗΕΓ (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 28-38).

Με βάση τις μετρήσεις που έχουν καταγραφεί και αφού γίνει εκκαθάριση των παρεισφρήσεων, δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες από τους οποίους μπορούμε να εξάγουμε πολλά συμπεράσματα. Υπάρχουν τεσσάρων ειδών χάρτες.

Το πρώτο είδος είναι οι χάρτες στιγμιαίας διαμόρφωσης του δυναμικού. Αυτοί μας δίνουν πληροφορίες που σχετίζονται με το ύψος και την πολικότητα του σήματος σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η κλίμακα είναι βαθμονομημένη σε μV . Το δεύτερο είδος είναι οι χάρτες ισχύος, που μας παρέχουν την ισχύ του σήματος κατά συχνότητα και αντιπροσωπεύουν τη φασματική ανάλυση ισχύος. Εδώ, η κλίμακα είναι βαθμονομημένη σε μV^2 . Το τρίτο είδος αφορά τους χάρτες στατιστικής σημαντικότητας, που μας δίνουν το βαθμό σημαντικότητας των δεδομένων όταν συγκριθούν με τα αντίστοιχα της ομάδας ελέγχου. Η αντίστοιχη κλίμακα είναι βαθμονομημένη σε τυπικές αποκλίσεις. Υπάρχει και το τέταρτο είδος που είναι οι χάρτες συνοχής που παρουσιάζουν τη σχέση του σήματος δύο διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 28).

Οι χάρτες μπορεί να είναι είτε έγχρωμοι είτε ασπρόμαυροι. Στους έγχρωμους, το κόκκινο και το κίτρινο χρώμα αντιστοιχούν σε περιοχές με θετική πολικότητα ή αυξημένη δραστηριότητα («θερμή περιοχή»). Αντίστοιχα, το μπλε και το πράσινο χρώμα αναφέρονται σε περιοχές με αρνητική πολικότητα ή χαμηλή δραστηριότητα. Αν ο χάρτης είναι ασπρόμαυρος, υπάρχουν διαβαθμίσεις του γκρι χρώματος. Οι σκούρες αποχρώσεις αντιστοιχούν σε θετική πολικότητα και αυξημένη δραστηριότητα, ενώ οι ανοιχτές αποχρώσεις αναφέρονται σε αρνητική πολικότητα και χαμηλή δραστηριότητα (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 29).

3.2.6 Αξιολόγηση χάρτη

Για την αξιόπιστη χαρτογράφηση που συνεπάγεται έγκυρων αποτελεσμάτων πρέπει να ικανοποιούνται δύο βασικές συνθήκες. Από τη μία πλευρά πρέπει ο τεχνικός/χαρτογραφήσις να είναι σωστά εκπαιδευμένος και να γνωρίζει το αντικείμενο, και από την άλλη, το εξεταζόμενο άτομο να είναι συνεργάσιμο.

Πάντα σε έναν χάρτη αναζητούνται περιοχές ενδιαφέροντος, στις οποίες δίνεται ιδιαίτερη έμφαση. Ουσιαστικά, ο χάρτης αξιολογείται με βάση τα παρακάτω στοιχεία (Πούλος, 2001):

- Συχνότητα και εύρος των καταγεγραμμένων εγκεφαλικών δραστηριοτήτων.
- Μορφολογία των κυμάτων (μονόμορφα, πολύμορφα κ.ά.).
- Εντοπισμός δραστηριοτήτων σε συγκεκριμένη εγκεφαλική περιοχή.
- Κατανομή (συμμετρική ή ασύμμετρη) σε ομόλογες περιοχές των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί πως τα ευρήματα σε μεμονωμένες περιοχές του χάρτη δεν αξιολογούνται. Για να χαρακτηριστούν τα ευρήματα ως παθολογικά πρέπει αυτά να εμφανίζονται σε κάθε επανάληψη της διαδικασίας καθώς και σε περισσότερες της μίας συνθήκες εξέτασης (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 38).

3.3 ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ

3.3.1 Γενικά στοιχεία – ορισμοί

Πριν τα Προκλητά Δυναμικά, γίνεται αναφορά σε μια ευρύτερη κατηγορία, τα Βιοματικά Δυναμικά. Πρόκειται για τις διαφορές δυναμικού που μετράμε στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού και οι οποίες προέρχονται από κάτι που συμβαίνει στον εξωτερικό κόσμο ή πραγματοποιείται ως μια ψυχολογική διαδικασία. Όταν το ερέθισμα προέρχεται από τον εξωτερικό κόσμο αναφερόμαστε στα λεγόμενα Προκλητά Δυναμικά – ΠΔ. Στην περίπτωση που σχετίζονται με μία ψυχολογική διαδικασία, ονομάζονται Εκπεμπόμενα Δυναμικά (Κουτσούρης, 2004). Γενικότερα, έχει επικρατήσει όταν αναφερόμαστε σε ΠΔ, να εννοούμε εκείνα που παράγονται από τους νευρώνες του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 49).

Για να περιγραφούν τα ΠΔ χρειάζονται τρεις κύριες παραμέτρους (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 49). Αυτές είναι:

- i. Το ύψος: δηλαδή η μέγιστη απόκλιση από την ισοηλεκτρική γραμμή.
- ii. Ο λανθάνων χρόνος: δηλαδή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που έχουμε το ερέθισμα έως τη στιγμή που σημειώνεται η κορυφή του δυναμικού.
- iii. Η πολικότητα: δηλαδή το θετικό ή αρνητικό της απόκλισης.

Τα ΠΔ, ανάλογα με το είδος του ερεθίσματος, ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: τα οπτικά, τα ακουστικά και τα σωματοαισθητικά. Ανάλογα με τον λανθάνοντα χρόνο, δηλαδή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που έχουμε το ερέθισμα έως τη στιγμή που σημειώνεται η κορυφή του δυναμικού, χωρίζονται σε πρώιμα, μέσα και ύστερα δυναμικά. Τα πρώιμα δυναμικά έχουν λανθάνοντα χρόνο 2-12 ms, τα μέσα 12-50 ms και τα ύστερα 50-800 ms. Επίσης, τα ΠΔ χωρίζονται σε εξωγενή και ενδογενή. Τα εξωγενή σχετίζονται άμεσα με τη φύση του ερεθίσματος, δηλαδή την έντασή του, τη συχνότητά του κ.ά. και την ακεραιότητα των αισθητικών οδών. Τα ενδογενή εξαρτώνται από την ψυχολογική διάθεση του εξεταζομένου και τα ψυχολογικά γνωρίσματα του ερεθίσματος πχ αν είναι ενδιαφέρον ή αδιάφορο (Κουτσούρης, 2004).

Για τα εξωγενή προκλητά δυναμικά πρέπει να πραγματοποιείται εστίαση στα επόμενα χαρακτηριστικά (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 49):

- i. Έχουν βραχύ λανθάνοντα χρόνο (≤ 100 ms)
- ii. Ο λανθάνων χρόνος και το ύψος εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες που ερεθίσματος.
- iii. Δεν υπάρχει εξάρτηση από την ψυχολογική κατάσταση του εξεταζομένου.
- iv. Παρουσιάζουν σταθερότητα ανάμεσα στο φυσιολογικό πληθυσμό και σε διαδοχικές μετρήσεις στο ίδιο άτομο.

3.3.2 Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials)

Πρόκειται για Προκλητά Δυναμικά που προκαλούνται από οπτικό ερεθισμό, όπως για παράδειγμα η εμφάνιση μιας εικόνας, η εναλλαγή χρωμάτων, λάμψεις (Κουτσούρης, 2004). Αποτελούνται από τρεις διαδοχικές κυματομορφές, μία αρνητική (N75), μία θετική (P100) και μία αρνητική (N145). Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί το ότι τα Οπτικά ΠΔ δεν ενεργοποιούν μόνο περιοχές του ινιακού λοβού αλλά και μια περιοχή της έξω επιφάνειας του κροταφικού λοβού. Παθολογικά Οπτικά ΠΔ έχουν καταγραφεί σε άτομα που πάσχουν από διάφορες ασθένειες πχ αμφιβληστροειδοπάθεια, πολλαπλή σκλήρυνση, όγκοι της υπόφυσης, μεσογειακή αναιμία κ.ά. (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 49-52). Τέλος, σχετικά με την καταγραφή τους, θα πρέπει τα άτομα που αποτελούν την ομάδα ελέγχου να μην έχουν ιστορικό κρανιοεγκεφαλικής κάκωσης, συγγενή ανωμαλία του ΚΝΣ ή εμφανή δυσπλασία του κρανίου, να μην έχουν υποστεί νευροχειρουργική επέμβαση και να μην πάσχουν από πάθηση του ΚΝΣ ή από συστημική νόσο. Αν υπάρχουν διαθλαστικά προβλήματα στα μάτια, θα πρέπει να φορούν τους διορθωτικούς φακούς. Ο εξεταζόμενος θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση ενός μέτρου από την οθόνη, σε θάλαμο χωρίς θορύβους, με χαμηλό φωτισμό και θερμοκρασία 25° C (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 95).

3.3.3 Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά (Auditory Evoked Potentials)

Τα Ακουστικά ΠΔ προκαλούνται από κάποιο ακουστικό ερέθισμα όπως για παράδειγμα ήχοι, λέξεις, τόνοι διαφόρων συχνοτήτων και έντασης (Κουτσούρης, 2004). Αποτελούνται από μία διαδοχή θετικών και αρνητικών κυματομορφών, οι οποίες καταγράφονται σε χρόνο 10 ms από τη στιγμή του ερεθίσματος. Συνήθως, παρουσιάζουν πολύ μικρό πλάτος (δέκατα του μV). Χρησιμοποιούνται, κυρίως, στις απομυελινωτικές νόσους, στους όγκους του οπίσθιου βόθρου και στην εκτίμηση ασθενούς που βρίσκεται σε κώμα. Επίσης, εφαρμόζονται στην περίπτωση εκτίμησης της ακοής βρεφών και νηπίων που βρίσκονται σε ομάδα κινδύνου για βαρηκοΐα (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 53-54). Όσον αφορά στις συνθήκες καταγραφής τους, πρέπει τα άτομα της ομάδας ελέγχου να μην έχουν ιστορικό νευρολογικής ή συστημικής νόσου, βαρηκοΐα και να μην έχουν υποστεί κρανιοεγκεφαλική κάκωση (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 97). Οι υπόλοιπες συνθήκες είναι ίδιες με αυτές που ισχύουν στα Οπτικά ΠΔ.

3.3.4 Σωματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά (Somatosensory Evoked Potentials)

Τα Σωματοαισθητικά ΠΔ προκαλούνται όταν ηλεκτρικό ρεύμα μικρής έντασης και διάρκειας ερεθίσει ένα συγκεκριμένο νεύρο (Κουτσούρης, 2004). Εκλύονται σε χρόνο 25 ms εάν έχουν προέλθει από ερεθισμό νεύρου στον καρπό και σε 40 ms εάν έχουν προέλθει από ερεθισμό νεύρου στο ύψος των σφυρών. Εφαρμόζονται σε ένα

ευρύ φάσμα παθήσεων τόσο κεντρικών όσο και περιφερικών. Παραδειγματικά, αναφέρουμε νευροπάθειες, μυελικούς όγκους, εκφυλιστικές παθήσεις, πλάγια μυατροφική σκλήρυνση κ.ά. (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 55-57). Όσον αφορά στην καταγραφή τους, είναι απαραίτητο, τα άτομα που απαρτίζουν την ομάδα ελέγχου να μην έχουν ιστορικό νευρολογικής ή συστημικής νόσου, να μην κάνουν κατάχρηση αλκοόλ ή χρήση ουσιών και να μην έχουν ιστορικό κατάγματος οστού (Τριανταφύλλου, 1994, σελ. 96). Οι υπόλοιπες συνθήκες είναι ίδιες με αυτές που ισχύουν στα Οπτικά ΠΔ.

3.3.5 Ενδογενή ή Γνωσιακά Προκλητά Δυναμικά (Endogenous or Cognitive Evoked Potentials)

Με τον όρο ενδογενή ή γνωσιακά χαρακτηρίζονται τα ΠΔ που εμφανίζουν τα παρακάτω πέντε χαρακτηριστικά (Τριανταφύλλου, 1994, σελ.58):

- Έχουν σχετικά μεγάλο λανθάνοντα χρόνο (από 100ms έως λίγα s).
- Ο λανθάνων χρόνος και το πλάτος τους δεν εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες του ερεθίσματος.
- Παράγονται όταν ο συμμετέχων στη διαδικασία πρέπει νοητικά να διαχωρίσει ένα ερέθισμα (στόχος) μεταξύ άλλων ερεθισμάτων (μη-στόχοι).
- Επηρεάζονται από την εκλεκτική προσοχή του συμμετέχοντα ως προς το ερέθισμα που πρέπει να εντοπίσει.
- Δεν εξαρτώνται από το αν το ερέθισμα είναι οπτικό, ακουστικό ή σωματοαισθητηριακό.

Τα πιο γνωστά γνωσιακά ΠΔ είναι τα N100 (N1), P200 (P2), N200 (N2), P300 (P3), N400 και CNV, καθώς και τα φλοιώδη προκνητικά δυναμικά που σχετίζονται με τις εγκεφαλικές λειτουργίες οι οποίες προηγούνται μιας κίνησης. Τα γνωσιακά ΠΔ χρησιμοποιούνται όλο και πιο συχνά για τη μελέτη των ανώτερων πνευματικών λειτουργιών τόσο στα φυσιολογικά άτομα όσο και σε άτομα με διαταραχές.

Το P300 είναι το δημοφιλέστερο από τα γνωσιακά ΠΔ και παράγεται όταν ο συμμετέχων πρέπει να διακρίνει ανάμεσα σε δύο ερεθίσματα που διαφέρουν μεταξύ τους κατά μία διάσταση πχ ένα φυσικό τους χαρακτηριστικό. Παρουσιάζει θετική πολικότητα και συνήθως εμφανίζεται 300ms μετά το ερέθισμα, το οποίο μπορεί να είναι οπτικό, ακουστικό ή σωματοαισθητηριακό. Απαιτεί την προσοχή του συμμετέχοντα αφού σχετίζεται με τη συνειδητή επεξεργασία πληροφοριακού υλικού. Η ενδοεγκεφαλική γεννήτρια του P300 δεν έχει προσδιοριστεί με ακρίβεια. Πολλοί υποστηρίζουν πως παράγεται στον κροταφικό λοβό και συγκεκριμένα στον ιππόκαμπο. Ορισμένοι όμως αμφισβητούν την παραπάνω υπόθεση, συνδέοντας το P300 με τις περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για τη μνήμη. Θεωρείται πως σχετίζεται με την επεξεργασία της πληροφορίας (αναγνώριση, κωδικοποίηση,

σύγκριση στη μνήμη και επιλογή του στόχου) όταν πρόκειται να ληφθεί μια απόφαση. Όσον αφορά στο λανθάνοντα χρόνο, στο πλάτος και στην τοπογραφία του P300, έχουν βρεθεί παθολογικά ευρήματα για άτομα που πάσχουν από τη νόσο Alzheimer, τη νόσο Parkinson, επιληψία, πολλαπλή σκλήρυνση, δυσλεξία κ.ά. (Τριανταφύλλου, 1994, σελ.58-60).

Το N400 παρουσιάζει αρνητική πολικότητα και εμφανίζεται συνήθως 400ms μετά το ερέθισμα (περίπου από 300ms έως 600ms). Παράγεται με ειδικούς προτασιακούς πειραματικούς σχεδιασμούς και θεωρείται πως αντανακλά την ενεργοποίηση νευρωνικών δικτύων εντεταλμένων στη «σημαντική» επεξεργασία του προτεινόμενου υλικού. Σχετίζεται δηλαδή με γλωσσικής φύσεως ερεθίσματα. Ακόμη, δεν μπορεί κανείς να αποκλείσει το ενδεχόμενο το N400 να εκφράζει κατά κάποιο τρόπο και «αναμονή», αναμονή που προκαλείται από τα συμφραζόμενα κάθε πρότασης (λέξεις) που προηγούνται της καταληκτικής λέξης. Το N400 χρησιμοποιείται ευρύτατα από τους ψυχολόγους αλλά και για μελέτες σε νευρολογικούς ασθενείς (Τριανταφύλλου, 1994, σελ.61-62).

Οι κυματομορφές N100 (N1) και P200 (P2) προσδιορίζονται για τους μη-στόχους ήχους. Ως N1 ορίζεται η υψηλότερη αρνητική κυματομορφή, η οποία καταγράφεται στις κεντρικές και μετωπιαίες εγκεφαλικές περιοχές στο χρονικό διάστημα από 70ms μέχρι 150ms. Ως P2 ορίζεται η υψηλότερη θετική κυματομορφή που ακολουθεί το N1 και καταγράφεται στις ίδιες περιοχές του εγκεφάλου κατά το χρονικό διάστημα από 120ms έως 250ms. Το N1 θεωρείται πως αντανακλά το βαθμό προσοχής του συμμετέχοντα και συνήθως παρουσιάζει μικρό πλάτος και παρατεταμένο λανθάνοντα χρόνο σε περίπτωση διάσπασης της προσοχής. Μεταβολές στο N1 έχουν παρατηρηθεί σε άτομα που πάσχουν από κατάθλιψη. Αντίστοιχα, ως N200 (N2) ορίζεται η υψηλότερη αρνητική κυματομορφή η οποία καταγράφεται στο χρονικό διάστημα από 150ms έως 350ms και ακολουθεί το σύμπλεγμα N1-P2. Συνήθως εμφανίζεται στις ίδιες περιοχές με το P300 με αποτέλεσμα πολλοί να το μελετούν ως σύμπλεγμα N2-P3. Καταγράφεται πιο αξιόπιστα σε πειραματικούς σχεδιασμούς όπου ως στόχος θεωρείται η απουσία ενός ήχου μέσα σε μία διαδοχή ήχων. Μερικές φορές είναι δικόρυφο (Τριανταφύλλου, 1994, σελ.60).

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά και το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συνιστώσα N400 καθώς τα συγκεκριμένα ακουστικά ερεθίσματα είναι γλωσσικής φύσεως, όπως περιγράφεται στο ερευνητικό μέρος. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία αφορά στο σχετικά νέο επιστημονικό πεδίο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, η οποία τα τελευταία χρόνια διαδραματίζει εξέχοντα ρόλο στην έρευνα. Σύμφωνα με τον Bruner (2007) υπάρχουν τρία αντίστοιχα επιστημονικά πεδία. Πρόκειται για τις νευροεπιστήμες, τη γνωσιακή επιστήμη και την εκπαίδευση. Επίσης, τονίζει πως είναι δυνατή η σύνδεση των νευροεπιστημών με τη γνωσιακή επιστήμη και της γνωσιακής επιστήμης με την εκπαίδευση (Bruner, 2007).

Στην νευροεπιστήμη, η μάθηση ορίζεται ως μια διαδικασία δημιουργίας νευρωνικών συνδέσεων σε απόκριση εξωτερικών ερεθισμάτων (Ferrari, 2011; Koizoumi, 2011) ενώ ο εγκέφαλος αλλάζει μέσω της μάθησης και επηρεάζει το τι και πώς μπορεί κάποιος να μάθει στο μέλλον. Επίσης, οι νέες ιδέες από την νευροεπιστήμη εφαρμόζονται στη μελέτη των βασικών μηχανισμών μάθησης (Beddington et al, 2008). Σύμφωνα, με τους Ζαχαρή και Μικρόπουλο (2013), η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη φαίνεται να παρέχει ένα εννοιολογικό πλαίσιο σχετικά με τον τρόπο που ο εγκέφαλος του ανθρώπου μπορεί να δημιουργήσει γνωστικά σχήματα κατά την είσοδο ερεθισμάτων από τις αισθητηρίους οδούς. Ακόμη, κατά τον Μικρόπουλο (2003), η επιστήμη της εκπαίδευσης περιλαμβάνει πληθώρα διαδικασιών όπως η οπτική και χωρική αντίληψη, η κατανόηση αφηρημένων εννοιών, η οργάνωση και επεξεργασία πληροφοριών, η μεταγνώση κτλ. Αυτές οι γνωστικές διαδικασίες μπορούν να μελετηθούν μέσω της νευροεπιστήμης και να υπάρξει συμβολή στην αποδοτικότερη κατανόηση των περιβαλλοντικών ερεθισμάτων που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση, καθώς και στο σχεδιασμό αποτελεσματικότερων περιβαλλόντων μάθησης.

4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ
ΔΙΕΘΝΟΥΣ
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα και τα προκλητά δυναμικά που παρουσιάστηκαν στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας, έχουν κατά καιρούς αποτελέσει μεθοδολογικό εργαλείο για πολλούς ερευνητές και για διάφορα επιστημονικά θέματα. Ορισμένα από τα θέματα αυτά αφορούν σε αναπηρίες, όπως οπτική αναπηρία, ακουστική αναπηρία, νοητική αναπηρία κ.ά. Το παρόν κεφάλαιο έχει ως στόχο να καταγράψει και να παρουσιάσει σχετικά άρθρα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Στο πρώτο εδάφιο του κεφαλαίου περιέχονται άρθρα που αφορούν μελέτη άλλων αναπηριών (εκτός της οπτικής αναπηρίας), όπως ακουστική αναπηρία, με προκλητά δυναμικά αλλά και χρήση προκλητών δυναμικών σε εκπαιδευτικά θέματα που δεν αφορούν αναπηρία. Το δεύτερο εδάφιο περιλαμβάνει έρευνες που αφορούν στην μελέτη της οπτικής αναπηρίας με τη χρήση προκλητών δυναμικών και ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος αλλά και με κάποιες άλλες μεθόδους απεικόνισης εγκεφάλου όπως PET και μαγνητική τομογραφία.

4.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΠΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και τα προκλητά δυναμικά έχουν χρησιμοποιηθεί, εκτός από την οπτική αναπηρία, και για τη μελέτη άλλων αναπηριών όπως η ακουστική αναπηρία. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ορισμένες ενδεικτικές έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των Neville και Lawson (1986) που έχει ως στόχο τα σύγκριση της προσοχής σε περιφερικά και κεντρικά οπτικά ερεθίσματα σε τρεις ομάδες ατόμων: σε άτομα που ακούνε και βλέπουνε αλλά γεννήθηκαν από γονείς με ακουστική αναπηρία (ο ένας ή και οι δύο), σε ακούοντα άτομα και σε άτομα με ακουστική αναπηρία εκ γενετής. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 12 ακούοντα άτομα (6 άντρες, 6 γυναίκες) ηλικίας 18-25 ετών, των οποίων ο ένας ή και οι δύο γονείς έχουν ακουστική αναπηρία και έχουν την Αμερικανική νοηματική γλώσσα ως πρώτη γλώσσα. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με άλλες έρευνες σε ακούοντα άτομα και σε άτομα με ακουστική αναπηρία εκ γενετής. Το ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν οπτικό. Συγκεκριμένα, άσπρα τετράγωνα παρουσιάζονταν στην οθόνη σε διάφορες θέσεις (κεντρικά και περιφερικά) για μερικά milliseconds. Τοποθετήθηκαν ηλεκτρόδια στην μετωπική, κροταφική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου, καταγράφοντας τις συνιστώσες P1, P2 και N1. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι στα άτομα με ακουστική αναπηρία τα περιφερικά οπτικά ερεθίσματα επηρέασαν τις ινιακές περιοχές και των δύο ημισφαιρίων για περισσότερο χρόνο σε σχέση με τα ακούοντα άτομα και τα άτομα που προήλθαν από γονείς με ακουστική αναπηρία. Επίσης, τα πλάτη τάσης ήταν μεγαλύτερα στις κροταφικές και βρεγματικές περιοχές στο δεξιό ημισφαίριο έναντι του αριστερού στα ακούοντα άτομα, ενώ στα άτομα με ακουστική αναπηρία

και σε αυτά που προήλθαν από γονείς με ακουστική αναπηρία ήταν μεγαλύτερα στο αριστερό ημισφαίριο του εγκεφάλου.

Συνεχίζοντας, αναφέρεται ενδεικτικά η χρήση προκλητών δυναμικών στη μελέτη της ΔΑΦ (Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος) που πραγματοποιήθηκε από τους Kemmer, Verbaten, Cuperus, Camfferman και Engeland (1994). Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά κατά τη διάρκεια εργασίας τύπου “oddball” σε τέσσερις ομάδες παιδιών: παιδιά με ΔΑΦ, με ΔΕΠΥ, με δυσλεξία και τυπικώς αναπτυσσόμενα. Κάθε ομάδα περιελάμβανε 20 παιδιά (αγόρια και κορίτσια). Πριν την πειραματική διαδικασία, τα παιδιά εγκλιματίστηκαν στο χώρο ενώ ενημερώθηκαν πως θα κερδίσουν ένα παιχνίδι εάν ακολουθήσουν τις οδηγίες. Τα ερεθίσματα δόθηκαν μέσω ακουστικών και ζητήθηκε από τα παιδιά να επαναλάβουν ότι άκουσαν. Κάθε παιδί συμμετείχε σε μια συνθήκη, είτε ενεργητική είτε παθητική. Καταγράφηκαν οι συνιστώσες N1 (50-200ms) και P3 (300-700ms). Τοποθετήθηκαν ηλεκτρόδια στη μετωπική, κεντρική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου με βάση το σύστημα 10-20. Καταληκτικά, τονίζεται πως το μοναδικό εύρημα ήταν ότι στα παιδιά με ΔΑΦ το πλάτος της συνιστώσας P3 ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στα ενεργητικά ερεθίσματα σε σύγκριση με τα παθητικά. Οι ερευνητές πρότειναν ότι στα άτομα με ΔΑΦ η ενεργοποίηση του ινιακού λοβού από ακουστικά ερεθίσματα σχετίζεται με την υποδιέγερση του αντίστοιχου λοβού από οπτικά ερεθίσματα.

Χαρακτηριστική είναι και η μελέτη των Hauthal, Thorne, Debener και Sandmann (2013) που χρησιμοποιεί οπτικά προκλητά δυναμικά προκειμένου να ερευνήσει τις οπτικές συναρτήσεις και την αναδιοργάνωση του ακουστικού φλοιού σε άτομα με ακουστική αναπηρία. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 17 άτομα με ακουστική αναπηρία (2 εκ γενετής και 15 που έχασαν την ακοή τους σε ηλικία έως 8 ετών) και 17 ακούοντα άτομα. Οι συμμετέχοντες παρατηρούσαν έναν σχηματισμό από κουτάκια που περιστρεφόταν σε απόσταση 120cm από μία οθόνη υπολογιστή. Καταγράφηκαν οι συνιστώσες N85, P110, N160 και P250. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι οι συμμετέχοντες με ακουστική αναπηρία παρουσίασαν υψηλότερα πλάτη τάσης στην P110 συνιστώσα σε σχέση με τους ακούοντες. Ακόμη, τα άτομα με ακουστική αναπηρία εμφάνισαν υψηλότερη δραστηριοποίηση στον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό καθώς και γρηγορότερη νευρική δραστηριότητα στα πρώτα στάδια της οπτικής επεξεργασίας (N85).

Επίσης, η έρευνα των Bottari, Heimler, Caclin, Dalmolin, Giard και Pavani (2014) χρησιμοποίησε οπτικά ερεθίσματα προκειμένου να εκμαιεύσει μια ανταπόκριση των ακουστικών φλοιών σε άτομα με ακουστική αναπηρία. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 12 άτομα με ακουστική αναπηρία ηλικιακού μέσου όρου 35,9 ετών και 12 ακούοντα άτομα με μέσο όρο ηλικίας 31,6 έτη. Η συμμετοχή πραγματοποιήθηκε έναντι αμοιβής. Χρησιμοποιήθηκαν οπτικά προκλητά δυναμικά. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες η φευγαλέα μετατροπή (214ms) ενός κύκλου σε

έλλειψη σε κάθετη ή οριζόντια διεύθυνση. Για την καταγραφή τοποθετήθηκαν 34 ηλεκτρόδια σε ολόκληρη την επιφάνεια του κρανίου σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10-20. Καταγράφηκαν η θετική συνιστώσα P1 και η αρνητική N1. Καταληκτικά, τονίστηκε πως οι ακουστικοί φλοιοί συμμετέχουν στην εξαγωγή και αποθήκευση της οπτικής πληροφορίας στα άτομα με ακουστική αναπηρία.

Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν, με συντομία, ορισμένες έρευνες που αφορούν θέματα, πλην των αναπηριών, και χρησιμοποιούν ως μεθοδολογικό εργαλείο το ΗΕΓ ή τα προκλητά δυναμικά.

Ανάμεσα στις σχετικές έρευνες, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη του Rugg (1984), στην οποία χρησιμοποιούνται ακουστικά προκλητά δυναμικά σε δύο πειράματα που αφορούν δραστηριότητες φωνολογικού ταιριάσματος. Και στα δύο πειράματα, συμμετείχαν 8 νέοι ενήλικες άντρες δεξιόχειρες. Συγκεκριμένα, στο πρώτο πείραμα οι συμμετέχοντες άκουσαν 160 ζεύγη λέξεων (80 είχαν ομοιοκαταληξία και 80 δεν είχαν ομοιοκαταληξία) και έπρεπε να κρίνουν εάν οι λέξεις του κάθε ζεύγους παρουσιάζουν ή όχι ομοιοκαταληξία. Τα καταγεγραμμένα προκλητά δυναμικά (N400) παρουσίασαν μια αυξανόμενη αρνητική διαφοροποίηση στις λέξεις που δεν παρουσίαζαν ομοιοκαταληξία, το μέγιστο της οποίας σημειώθηκε στην κεντρική γραμμή του εγκεφάλου πάνω από το δεξιό ημισφαίριο. Στο δεύτερο πείραμα υπήρξε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μεταξύ των ερεθισμάτων και ο αριθμός των λέξεων διαφοροποιήθηκε. Η καταγραφή (N400) έδειξε τις ίδιες διαφοροποιήσεις μεταξύ λέξεων που είχαν ή δεν είχαν ομοιοκαταληξία με το πρώτο πείραμα, μόνο που το μέγιστο σημειώθηκε στο αριστερό ημισφαίριο.

Σε άλλη έρευνα του Rugg (1985) καταγράφηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας λεξιλογικής δραστηριότητας, η οποία περιλάμβανε λέξεις που συνδέονται σημασιολογικά ή επαναλαμβάνονται. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 12 ενήλικα άτομα (6 άντρες, 6 γυναίκες) που ήταν όλοι δεξιόχειρες. Καταγράφηκαν διαφοροποιήσεις στη συνιστώσα N400 ανάλογα με το αν υπήρχαν λέξεις που συνδέονται σημασιολογικά ή λέξεις που επαναλαμβάνονται. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις θεωρήθηκαν διφορούμενες λόγω του ότι προκλήθηκαν από διαφορετικούς γνωστικούς μηχανισμούς.

Ακόμη, πολύ σημαντικά είναι τα ευρήματα της μελέτης του Mikropoulos (2001), ο οποίος αποσκοπεί στην αξιολόγηση της γνωστικής επεξεργασίας που πραγματοποιείται σε εικονικά περιβάλλοντα, μέσω μέτρησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου. Στην έρευνα συμμετείχαν 12 προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές, οι οποίοι κλήθηκαν να εκτελέσουν το ίδιο έργο σε πραγματικό και εικονικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα πως οι συμμετέχοντες έδειχναν περισσότερη προσοχή στο εικονικό περιβάλλον ενώ κατέβαλαν λιγότερη διανοητική προσπάθεια στην εικονική εργασία που σημαίνει πως η εικονική πραγματικότητα προσφέρει κατάλληλο περιβάλλον για μεταφορά γνώσης.

Επίσης, ο Παπαχρήστος (2006) στην εργασία του αναφέρεται σε μελέτες με προκλητά δυναμικά, όπου χρησιμοποιήθηκαν στερεογράμματα τυχαίων κουκίδων, τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα αποκλειστικής μελέτης της στερεοσκοπίας εξαιτίας της διοφθάλμιας διαφοράς και έχουν χαρτογραφήσει την απόκριση του εγκεφαλικού φλοιού σε στερεοσκοπικά ερεθίσματα. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ως κύριες περιοχές τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό καθώς και βρεγματικές και κροταφικές περιοχές (Neil & Fenelon, 1988).

Σε άλλη έρευνα των Πριοβόλου, Ζαχαρή, Τζίμα & Μικρόπουλου (2010) μελετήθηκαν οι διαφυλικές διαφορές σε άντρες και γυναίκες κατά την αλληλεπίδρασή τους με εικονικά και πραγματικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Σύμφωνα με τους ερευνητές, αν και τα δύο φύλα χρησιμοποίησαν τις ίδιες γνωστικές διεργασίες για την επεξεργασία των ερεθισμάτων, παρουσίασαν διαφοροποιήσεις στον τρόπο αντίληψης των ερεθισμάτων και στο επίπεδο επεξεργασίας τους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των Xiao, Dupuis-Roy, Luo, Zhang, Chen και Zhang (2011), η οποία χρησιμοποιεί προκλητά δυναμικά με στόχο να εξετάσει τη νευρική απόκριση σε οπτικά-γευστικά ερεθίσματα όταν ταιριάζουν και όταν υπάρχει αναντιστοιχία. Στην έρευνα συμμετείχαν 16 νέοι, 8 άντρες και 8 γυναίκες ηλικιακού μέσου όρου 21,8 έτη. Το οπτικό ερέθισμα αποτελούνταν από 10 ονόματα συνηθισμένων φαγητών που εμφανίζονταν στο κέντρο της οθόνης. Τα φαγητά με ξινή γεύση ήταν: λεμόνι, πράσινο δαμάσκηνο, ξύδι, απεσταγμένο ξύδι και βιταμίνη C. Αντίστοιχα, τα φαγητά με γλυκιά γεύση ήταν: ζαχαροκάλαμο, καρπούζι, κέικ βουτύρου, μέλι και ζάχαρη σε κόκκους. Το γευστικό ερέθισμα προκλήθηκε βάζοντας στη γλώσσα κάθε συμμετέχοντα 2000mg κρυσταλλικής ζάχαρης ή 500mg βιταμίνης C. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να πιέσουν το πλήκτρο 1 εάν η γλυκιά ή ξινή γεύση του οπτικού ερεθίσματος ταίριαζε με το γευστικό ερέθισμα ή το πλήκτρο 2 εάν υπήρχε αναντιστοιχία μεταξύ οπτικού και γευστικού ερεθίσματος. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 35 ηλεκτρόδια τοποθετημένα στην μπροστινή, κεντρική και ινιακή εγκεφαλική περιοχή. Παρατηρήθηκε πως η αναντίστοιχη συνθήκη (ασυμφωνία οπτικού-γευστικού ερεθίσματος) εκτελέστηκε πιο αργά σε σχέση με τη συνθήκη που παρουσιάζει συμφωνία οπτικού-γευστικού ερεθίσματος. Η ανάλυση των προκλητών δυναμικών αποκάλυψε μια πιο αρνητική συνιστώσα μεταξύ 400 και 600 ms στη μη σύμφωνη συνθήκη. Ακόμη, η μελέτη του κύματος διαφοράς (μη σύμφωνη-σύμφωνη) παρουσίασε δύο γεννήτορες τοποθετημένους στην προμετωπική και οπίσθια περιοχή του εγκεφάλου.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει, ακόμη, η έρευνα των Zacharis, Mikropoulos & Priovolou (2013) η οποία χρησιμοποιεί ηλεκτροεγκεφαλογράφημα με στόχο τη συγκριτική μελέτη της ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας γυναικών κατά την παθητική παρατήρηση πραγματικού και εικονικού περιβάλλοντος. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 35 φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής

Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με ηλικιακό εύρος 19-22 έτη. Οι συμμετέχουσες ήταν δεξιόχειρες και δεν παρουσίαζαν κάποια διαγνωσμένη μαθησιακή δυσκολία ή ψυχική νόσο. Το πραγματικό περιβάλλον της έρευνας ήταν ένας οικείος και σύγχρονος σταθμός εργασίας ηλεκτρονικού υπολογιστή ενώ το εικονικό τρισδιάστατο στερεοσκοπικό περιβάλλον ήταν πανομοιότυπο με το πραγματικό και προβαλλόταν μέσω στερεοσκοπικών γυαλιών. Για την καταγραφή τοποθετήθηκαν 19 ηλεκτρόδια στο κρανίο των συμμετεχουσών στην μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική, κεντρική, βρεγματική και ινιακή εγκεφαλική περιοχή βάσει του διεθνούς συστήματος 10-20. Οι ερευνητές κατέληξαν στο γεγονός ότι γενικά η τοπολογία της φασματικής κατανομής της ισχύος του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και στα δύο περιβάλλοντα ήταν παρόμοια, δηλαδή ενεργοποιήθηκαν παρόμοιες εγκεφαλικές λειτουργίες δίχως να απαιτηθεί νοητικός φόρτος και να εμφανιστεί επεξεργασία οπτικών ερεθισμάτων με μείωση της χαλάρωσης και αύξηση της εγρήγορσης και της προσοχής σε χωρικές λειτουργίες.

Όπως είναι γνωστό, υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην αντίληψη του χώρου γύρω μας και του μακρινού χώρου από το σώμα μας. Στο πεδίο αυτό, μεγάλη σημασία παρουσιάζει η εργασία των Longo, Trippier, Vagnoni και Lourenco (2014). Οι ερευνητές στοχεύουν να ανακαλύψουν εάν οι δραστηριοποιήσεις του δεξιού ημισφαιρίου του εγκεφάλου που συνήθως αναφέρονται σε ασκήσεις που αφορούν στη χωρική προσοχή, είναι εξειδικευμένες σε ερεθίσματα του κοντινού χώρου. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 18 άτομα, από τα οποία 7 ήταν γυναίκες και 11 άντρες με ηλικία μεταξύ 19 και 36 ετών. Το ερέθισμα ήταν γραμμές μήκους 23cm και ύψους 25cm που τέμνονται από μία κατακόρυφη γραμμή. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να αναγνωρίσουν, στη μία δραστηριότητα εάν η κατακόρυφη γραμμή ήταν κόκκινη ή μπλε και στην άλλη δραστηριότητα εάν η γραμμή βρισκόταν δεξιά ή αριστερά του κέντρου. Η κάθε γραμμή εμφανίζονταν για 150ms, ενώ μεταβαλλόταν και η απόσταση από την οθόνη (30, 60, 90, 120cm). Για την καταγραφή των οπτικών προκλητών δυναμικών χρησιμοποιήθηκαν 26 ηλεκτρόδια, από τα οποία τα 21 τοποθετήθηκαν με το σύστημα 10-20 και 5 με το σύστημα 10-10. Από την ανάλυση, προέκυψε πως οι συγκεκριμένες δραστηριότητες προκάλεσαν δραστηριοποίηση στο δεξιό ημισφαίριο στην ινιακό-βρεγματική περιοχή. Επιπλέον, φάνηκε πως οι αποκρίσεις αυτές είναι πιο έντονες όταν το ερέθισμα προκαλείται σε κοντινό χώρο, ενώ γίνονται ασθενέστερες καθώς η απόσταση αυξάνει. Καταληκτικά, οι ερευνητές τόνισαν πως ο ινιακό-βρεγματικός φλοιός εξειδικεύεται όχι στο γενικό προσανατολισμό της χωρικής προσοχής αλλά στον προσανατολισμό της χωρικής προσοχής σε κοντινό χώρο, κυρίως γύρω από το σώμα.

Ενδιαφέροντα είναι και τα ευρήματα της έρευνας των Tabullo, Yorio, Zanutto και Wainseboim (2015), η οποία στοχεύει στο συσχετισμό λέξεων με σημασιολογικό νόημα και ψευδολέξεων. Χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά (λέξεις - ψευδολέξεις). Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 16 άτομα (10 γυναίκες, 6 άντρες). Καταγράφηκε η συνιστώσα N400 με τη χρήση 30 ηλεκτροδίων

τοποθετημένα βάσει του συστήματος 10-20. Τα αποτελέσματα έδειξαν παρόμοιες επιδράσεις στη N400 συνιστώσα, τόσο στις λέξεις όσο και στις ψευδολέξεις, που δικαιολογείται λόγω του ότι συμπίπτουν εν μέρει οι νευρικοί μηχανισμοί των δύο εκφράσεων.

Ιδιαίτερα ενδιαφέροντα είναι και η έρευνα των Tsiara, Stergios & Mikropoulos (2015), οι οποίοι στοχεύουν στη διερεύνηση των πιθανών διαφορών στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου νεαρών ενηλίκων ανδρών κατά την παρατήρηση εικόνων διαφορετικού περιεχομένου σε ψηφιακό περιβάλλον μάθησης σχετικά με τα μέτρα προφύλαξης από σεισμό. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν προκλητά δυναμικά ώστε να ερευνήσουν την οπτική αντίληψη και την πνευματική προσπάθεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η συνιστώσα P300 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση εικόνων που δείχνουν χρήσιμα και μη χρήσιμα αντικείμενα που πρέπει κάποιος να έχει μαζί του ώστε να επιβιώσει σε περίπτωση σεισμού.

Σε άλλη έρευνα των Zacharis, Tsiara, Chalki, Vrellis & Mikropoulos (2016) χρησιμοποιήθηκε ηλεκτροεγκεφαλογράφημα με κύριο στόχο να συγκριθεί η ηλεκτρική εγκεφαλική δραστηριότητα γυναικών κατά την αναγνώριση δέκα διαφορετικών εικόνων περιγραφόμενων ως NUI για μη χρήσιμα και UI για χρήσιμα αντικείμενα στην περίπτωση ενός σεισμού. Στην διαδικασία του πειράματος συμμετείχαν 15 φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με ηλικιακό εύρος 19-22 έτη και μέσο όρο ηλικίας 19,61 έτη. Οι συμμετέχουσες ήταν δεξιόχειρες και δεν παρουσίαζαν κάποια ψυχική νόσο ή διαγνωσμένη μαθησιακή δυσκολία. Τα χρήσιμα αντικείμενα που παρουσιάστηκαν ήταν μία μπάρα δημητριακών, μία σφυρίχτρα, ένας φακός, ένα μπουκάλι νερό και ένας σουγιάς, ενώ τα μη χρήσιμα ήταν ένα παγωτό, ένα χάμπουργκερ, ένα λάπτοπ, ένα μπουκάλι γάλα και μία εργαλειοθήκη. Για την καταγραφή των σημάτων χρησιμοποιήθηκαν 19 ηλεκτρόδια Ag/AgCl τοποθετημένα με βάση το διεθνές σύστημα 10-20 στην μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική, κεντρική, βρεγματική και ινιακή εγκεφαλική περιοχή των συμμετεχουσών. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η ηλεκτρική εγκεφαλική δραστηριότητα των ατόμων που συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία ήταν διαφορετική για τα χρήσιμα και τα μη χρήσιμα αντικείμενα. Οι συμμετέχουσες αναγνώρισαν και τα δέκα αντικείμενα, δείχνοντας οπτική επίγνωση και νοητική προσπάθεια, ενώ κατέβαλαν προσπάθεια για να μάθουν τα χρήσιμα και μη χρήσιμα αντικείμενα για την οποία χρησιμοποιήθηκαν λειτουργίες της μνήμης.

4.2 Η ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΩΝ ΜΕΘΩΔΩΝ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

Μια έρευνα που κατέγραψε διαφοροποιήσεις μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία είναι αυτή των Feinsod, Bach-Y-Rita και Madey (1973). Όπως είναι γνωστό, το σωματοαισθητηριακό σύστημα χρησιμεύει ως ένας τρόπος μεταφοράς οπτικής πληροφορίας στα άτομα με οπτική αποστέρηση. Η συγκεκριμένη έρευνα στοχεύει στην αναζήτηση διαφοροποιήσεων στον λανθάνοντα χρόνο σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, χρησιμοποιώντας σωματοαισθητηριακά προκλητά δυναμικά. Ένα σύνολο απτικών δονήσεων διάρκειας 20ms που χορηγούσαν στον δείκτη του δεξιού ή αριστερού χεριού κάθε συμμετέχοντα, αποτελούσε το ερέθισμα. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 5 άτομα με οπτική αναπηρία και 5 άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Καταγράφηκαν θετικές και αρνητικές συνιστώσες (N1, P1, N2, P2, N3). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι λανθάνοντες χρόνοι των συνιστωσών P2 και N3 ήταν μικρότεροι στα άτομα με οπτική αναπηρία, ενώ οι λανθάνοντες χρόνοι των συνιστωσών P1 και N1 ήταν ίδιοι και για τις δύο ομάδες.

Μία άλλη έρευνα που είχε ως στόχο την καταγραφή διαφοροποιήσεων μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία με χρήση προκλητών δυναμικών κατά τη διάρκεια απτικού πειράματος είναι εκείνη των Rosler, Roder, Heil και Hennighausen (1993). Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 12 άτομα δίχως οπτική αναπηρία (ηλικιακός μέσος όρος 26,1 έτη), 9 άτομα με οπτική αναπηρία εκ γενετής (ηλικιακός μέσος όρος 22,2 έτη) και 7 άτομα που έχασαν την όρασή τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους (ηλικιακός μέσος όρος 23,4 έτη). Το ερέθισμα που δόθηκε ήταν απτικό. Μέσα σε κανονικά εξάγωνα με ανάγλυφες κουκίδες ήταν κεφαλαία γράμματα (F, G, J, P, R) και αριθμητικά ψηφία (5,9). Οι συμμετέχοντες έπρεπε να αναγνωρίσουν τα γράμματα/ψηφία τόσο σε κανονικές θέσεις όσο και μετά από περιστροφή κατά 60°, 120° ή 180°. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 17 ηλεκτρόδια Ag/AgCl τοποθετημένα βάσει του διεθνούς συστήματος 10-20 στην μετωπική, κροταφική, κεντρική, βρεγματική και ινιακή εγκεφαλική περιοχή. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η συνολική τοπογραφία του εγκεφάλου παρουσίασε διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, όχι όμως ανάμεσα στα άτομα με οπτική αναπηρία εκ γενετής και σε εκείνα που έχασαν την όρασή τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Τα απτικά ερεθίσματα οδήγησαν σε ενεργοποίηση της ινιακής περιοχής στα άτομα με οπτική αναπηρία, ενώ στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία ενεργοποιήθηκε η μετωπική περιοχή. Επίσης, παρατηρήθηκαν διαφορές και στο πλάτος ανάμεσα στα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Παρότι η κατανομή εμφάνιζε μέγιστο και για τα άτομα με οπτική αναπηρία πάνω από την κεντρική περιοχή, εκτεινόταν περισσότερο στις ινιακές περιοχές. Οι ερευνητές κατέληξαν πως τα παραπάνω αποτελέσματα θα μπορούσαν να συμβάλουν στην απάντηση του ερωτήματος εάν η οπτική αποστέρηση σε άτομο με οπτική αναπηρία μπορεί να προκαλέσει αναδιοργάνωση της απεικόνισης των εγκεφαλικών φλοιών.

Στόχος της εργασίας των Roder, Rosler, Hennighausen και Nacker (1996) ήταν να εξεταστεί εάν και σε ποιο βαθμό τα προκλητά δυναμικά στο ανθρώπινο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα μπορούν να προκαλέσουν φαινόμενα πλαστικότητας των φλοιών. Συγκεκριμένα, εξετάζε εάν ο ινιακός λοβός των ατόμων με οπτική αναπηρία συμμετέχει στην επεξεργασία μη οπτικών ερεθισμάτων. Στην έρευνα συμμετείχαν 12 άτομα δίχως οπτική αναπηρία με μέσο όρο ηλικίας 23,8 έτη και 12 άτομα με οπτική αναπηρία ηλικιακού μέσου όρου 24,7 έτη. Από τα 12 άτομα με οπτική αναπηρία, τα 7 ήταν εκ γενετής ενώ τα 5 έχασαν την όρασή τους σε κάποια φάση της ζωής τους. Χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά και απτικά ερεθίσματα με δύο επίπεδα δυσκολίας (εύκολο - δύσκολο). Για την καταγραφή τοποθετήθηκαν 18 ηλεκτρόδια στην μετωπική, κεντρική, κροταφική, βρεγματική και ινιακή περιοχή, βάσει του διεθνούς συστήματος 10-20. Καταγράφηκαν θετικές και αρνητικές συνιστώσες (N1, N2, P2, P3). Προέκυψε ενεργοποίηση των μπροστινών και κεντρικών περιοχών του εγκεφάλου στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία τόσο στα ακουστικά όσο και στα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα, ενώ σαφές αρνητικό κύμα καταγράφηκε στην ινιακή εγκεφαλική περιοχή για τα άτομα με οπτική αναπηρία. Αντίστοιχα ευρήματα προέκυψαν από έρευνες που έγιναν σε ζώα. Τα δεδομένα αυτά, τονίζουν οι ερευνητές, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο ινιακός λοβός των ατόμων με οπτική αναπηρία συνενεργοποιείται οποτεδήποτε το σύστημα εμπλέκεται σε δραστηριότητες-ασκήσεις που απαιτούν προσοχή, δηλαδή συμμετέχει στην επεξεργασία μη οπτικών πληροφοριών.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η έρευνα των Roder, Rosler και Hennighausen (1997), η οποία στοχεύει να μελετήσει εάν ο ινιακός λοβός στα άτομα με οπτική αναπηρία δραστηριοποιείται κατά τη διάρκεια απτικής αντίληψης ή/και μετασχηματισμού μιας απτικής εικόνας. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 12 άτομα δίχως οπτική αναπηρία (6 άντρες, 6 γυναίκες) με ηλικιακό μέσο όρο 24,4 έτη, με κανονική ή διορθωμένη όραση ενώ όλοι εκτός από έναν ήταν δεξιόχειρες. Ακόμη, συμμετείχαν και 15 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) (9 γυναίκες, 6 άντρες) ηλικιακού μέσου όρου 25,3 έτη και όλοι ήταν δεξιόχειρες. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν πέντε διαφορετικά πρότυπα ως βασικά ερεθίσματα, διαμέτρου 2cm, τα οποία απεικονίζονται στον κανονικό τους προσανατολισμό. Ξεκινώντας το πείραμα δίνεται ένα προειδοποιητικό απτικό ερέθισμα και στη συνέχεια παρουσιάζεται στην οθόνη αφής το κύριο ερέθισμα. Ο συμμετέχων πρέπει να το εξερευνήσει και να αποθηκεύσει τη μορφή στην εργαζόμενη μνήμη. Ύστερα ακούγεται μια οδηγία και το άτομο πρέπει να περιστρέψει την εικόνα κατά 0°, 60° ή 120° σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού. Μετά από 8s εμφανίζεται μια εικόνα-δοκιμή και ο συμμετέχων πρέπει να αποφασίσει μέσα σε 2,5s εάν η μορφή είναι κανονική ή καθρεπτική του περιστρεφόμενου βασικού ερεθίσματος. Τέλος, δίνεται ανατροφοδότηση με ένα (-) για λάθος απάντηση ή ένα (+) για σωστή απάντηση. Χρησιμοποιήθηκαν σωματοαισθητηριακά προκλητά δυναμικά και για την καταγραφή εφαρμόστηκαν 18 ηλεκτρόδια στην μετωπική, κεντρική, κροταφική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και στις δύο ομάδες καταγράφηκαν

αρνητικά προκλητά δυναμικά, αρχικά στον μετωπικό φλοιό, στον αριστερό-κεντρικό βρεγματικό φλοιό κατά την κωδικοποίηση και διατήρηση της απτικής εικόνας και στον κεντρικό-βρεγματικό φλοιό κατά τη διάρκεια μετασχηματισμού της εικόνας. Όμως, καταγράφηκε ένα σαφές αργό αρνητικό δυναμικό στον ινιακό φλοιό μόνο στα άτομα με οπτική αναπηρία. Το πλάτος του παρουσίαζε αύξηση ανάλογα με το φορτίο επεξεργασίας. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η συγκεκριμένη παρατήρηση θα μπορούσε να υποδεικνύει ότι στα άτομα με οπτική αναπηρία οι ινιακές περιοχές συμμετέχουν σε ειδικές, μη οπτικές λειτουργίες ή συνενεργοποιούνται μαζί με άλλες περιοχές του εγκεφάλου.

Σε άλλη έρευνα των Naveen, Srinivas και Nirmala (1998) μελετήθηκε η P₁ συνιστώσα ακουστικών προκλητών δυναμικών σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Στη συγκεκριμένη εργασία συμμετείχαν 9 παιδιά με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) με μέσο όρο ηλικίας 14,1 έτη. Αιτία της τύφλωσης ήταν κάποιο περιφερικό ελάττωμα, ενώ δεν παρουσίαζαν κάποιο άλλο πρόβλημα. Η ομάδα ελέγχου περιελάμβανε 9 παιδιά δίχως οπτική αναπηρία ηλικιακού μέσου όρου 14,0 έτη, τα οποία είχαν κανονική όραση. Χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά ερεθίσματα τύπου «κλικ» διάρκειας 40μsec. Προέκυψε ότι οι λαθάνοντες χρόνοι ήταν σημαντικά μικρότερης διάρκειας στα παιδιά με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα παιδιά που δεν παρουσίαζαν οπτική αναπηρία. Το συμπέρασμα αυτό υποδεικνύει ενισχυμένη αποδοτικότητα στην επεξεργασία της πληροφορίας στα νευρικά κέντρα. Όσον αφορά στο πλάτος τάσης, υπήρξαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, όχι όμως στατιστικά σημαντικές. Οι ερευνητές καταλήγουν στο ότι τα νευρικά κέντρα κατά μήκος της ακουστικής οδού είναι πιο αποδοτικά στα άτομα με οπτική αναπηρία εν συγκρίσει με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία.

Ιδιαίτερα ενδιαφέροντα είναι και τα ευρήματα των Roder, Rosler και Neville (1999), οι οποίοι είχαν ως στόχο της έρευνάς τους να επαληθεύσουν την ακουστική αναπλήρωση σε άτομα με οπτική αποστέρωση. Γι' αυτό άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) και άτομα δίχως οπτική αναπηρία εκτέλεσαν μια ακουστική δραστηριότητα διαχωρισμού. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να διαχωρίσουν έναν σπάνιο ήχο-στόχο μεταξύ συχνών συνηθισμένων ήχων. Τα ερεθίσματα δίνονταν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (200ms, 1000ms, 2000ms) και καταγράφηκαν τα ακουστικά προκλητά δυναμικά (συνιστώσες N1 και P2) σε όλους τους τόνους, καθώς και οι χρόνοι αντίδρασης στους στόχους. Στην έρευνα πήραν μέρος 11 άτομα με οπτική αναπηρία (5 γυναίκες και 6 άντρες) με μέσο όρο ηλικίας τα 35 έτη, εκ των οποίων όλοι, πλην ενός, ήταν δεξιόχειρες. Την ομάδα ελέγχου αποτελούσαν 11 άτομα χωρίς οπτική αναπηρία με ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν ακούοντες. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 28 ηλεκτρόδια. Η έρευνα κατέληξε στο ότι οι συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία αντιδρούσαν στους τόνους-στόχους γρηγορότερα από τους συμμετέχοντες δίχως οπτική αναπηρία, ενώ στη συνιστώσα N1 οι κορυφές των πλατών τάσης ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στα άτομα με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, στα

ηλεκτρόδια που βρίσκονταν στις κροταφικές και ινιακές περιοχές. Επίσης, τα άτομα με οπτική αναπηρία παρουσίασαν μεγαλύτερα πλάτη τάσης στη συνιστώσα P2 στα ηλεκτρόδια που βρίσκονταν στην μπροστινή κεντρική περιοχή. Καταληκτικά, οι ερευνητές τόνισαν πως τα στοιχειώδη ακουστικά ερεθίσματα επεξεργάζονται στα ίδια εγκεφαλικά συστήματα στα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, αλλά αυτά εργάζονται πιο αποδοτικά στα άτομα με οπτική αποστέρηση.

Πολλές έρευνες αναφέρονται στις ικανότητες βελτιωμένου ακουστικού διαχωρισμού που έχουν οι άνθρωποι με οπτική αναπηρία καθώς και τα ζώα που έχουν χάσει την όρασή τους. Ωστόσο, δεν υπάρχει συμφωνία σχετικά με τη φύση αυτών των αντισταθμιστικών αισθητηριακών βελτιώσεων. Νευροαπεικονιστικές μελέτες έχουν δείξει διαφορές στην οργάνωση των φλοιών μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, όμως η σχέση ανάμεσα στην εναλλακτική αυτή δραστηριοποίηση των φλοιών και την ακουστική οξύτητα δεν έχει ξεκαθαριστεί. Στόχος της έρευνας των Roder, Teder-Salejarvi, Sterr, Rosler, Hillyard και Neville (1999) είναι να επαληθεύσει την υπόθεση ότι οι επιδράσεις της οπτικής αποστέρησης μπορούν να είναι πιο σαφείς στην επεξεργασία περιφερειακών ήχων. Έτσι συγκρίνονται συμπεριφορικοί και ηλεκτροφυσιολογικοί δείκτες χωρικού εντοπισμού σε κεντρικό και περιφερειακό ακουστικό χώρο σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Στην έρευνα συμμετείχαν 8 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) και 8 άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Οι δύο ομάδες είχαν κοινά χαρακτηριστικά (φύλο, ηλικία, πλευρίωση). Χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά ερεθίσματα (ριπές θορύβου) που προέρχονταν από οκτώ διαφορετικά ηχεία, τέσσερα από τα οποία ήταν στην κεντρική περιοχή σε απόσταση 1,2m και σε αξιμουθιακές γωνίες 0°, 6°, 12°, 18° αντίστοιχα και τέσσερα ήταν στην περιφερειακή περιοχή 72°, 78°, 84°, 90°. Κάθε φορά, ο συμμετέχων άκουγε έναν ήχο-στόχο από μία περιοχή και έπρεπε να εντοπίζει, πατώντας ένα κουμπί, εάν προήλθε από το πρώτο ηχείο της κεντρικής περιοχής (και όχι από άλλο ηχείο της κεντρικής περιοχής) και αντίστοιχα από κάποιο συγκεκριμένο ηχείο της περιφερειακής περιοχής. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 41 ηλεκτρόδια τοποθετημένα στην μετωπική, κροταφική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία εμφάνισαν ικανότητες εντοπισμού οι οποίες ήταν ανώτερες από τις αντίστοιχες των συμμετεχόντων δίχως οπτική αναπηρία, μόνο όμως όταν άκουγαν ήχους από περιφερειακό ακουστικό χώρο. Καταγράφηκαν, επίσης, διαφοροποιήσεις της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου μεταξύ των δύο ομάδων, οι οποίες οδηγούν σε μία αντισταθμιστική αναδιοργάνωση των εγκεφαλικών περιοχών στα άτομα με οπτική αναπηρία που μπορεί να συνεισφέρει στη βελτιωμένη χωρική ανάλυση περιφερειακών πηγών ήχου.

Οι άνθρωποι με οπτική αναπηρία πρέπει να βασίζονται περισσότερο από τους ανθρώπους δίχως οπτική αναπηρία στα ακουστικά δεδομένα ώστε να αποκτήσουν πληροφορίες για τον κόσμο. Από τις σχετικές έρευνες, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία των Roder, Rosler και Neville (2000) η οποία έχει ως κύριο

στόχο της να εξετάσει εάν τα άτομα με οπτική αναπηρία παρουσιάζουν καλύτερη μνήμη σε ακουστικό υλικό σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία καθώς και βελτιωμένες ικανότητες κωδικοποίησης ή ανάκτησης ακουστικών δεδομένων. Στην έρευνα συμμετείχαν 11 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) (έξι άντρες, πέντε γυναίκες) ηλικιακού μέσου όρου 35 ετών και 11 άτομα δίχως οπτική αναπηρία (έξι άντρες, πέντε γυναίκες) και πάλι ηλικιακού μέσου όρου 35 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν ακούοντες. Χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά και για την καταγραφή εφαρμόστηκαν 28 ηλεκτρόδια στην μετωπική, κεντρική, κροταφική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Στη φάση μελέτης, οι συμμετέχοντες άκουσαν 80 προτάσεις (μήκους 13 λέξεων) που τελείωναν είτε σε κατάλληλη είτε σε ακατάλληλη λέξη. Στη φάση αναγνώρισης, όλες οι τελικές λέξεις των προτάσεων παρουσιάστηκαν τυχαία αναμειγμένες με τον ίδιο αριθμό νέων λέξεων. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να υποδείξουν εάν είχαν ακούσει τις λέξεις στην αρχική φάση. Καταγράφηκαν τα εγκεφαλικά σήματα και για τη φάση κωδικοποίησης και για τη φάση ανάκτησης (συνιστώσα N400). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μνημονική εκτέλεση στα άτομα με οπτική αναπηρία είναι ανώτερη σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Επιπροσθέτως, στη φάση αναγνώρισης, οι λέξεις που είχαν παρουσιαστεί αρχικά εμφάνιζαν θετικά δυναμικά μεγαλύτερου πλάτους σε σχέση με τις νέες λέξεις κυρίως στο δεξιό ημισφαίριο. Οι ερευνητές καταλήγουν στο ότι τα άτομα με οπτική αναπηρία κωδικοποιούν ακουστικά ερεθίσματα πιο αποτελεσματικά σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, πράγμα που τους επιτρέπει να τα αναγνωρίζουν με μεγαλύτερη πιθανότητα.

Μια ακόμη έρευνα που καταδεικνύει την ακουστική υπεροχή των ατόμων με οπτική αναπηρία έναντι των ατόμων δίχως οπτική αναπηρία, πραγματοποιήθηκε από τους Roder, Rosler και Neville (2000). Οι ερευνητές υπέθεσαν πως η αυξανόμενη εξειδίκευση των γλωσσικών συστημάτων που κανονικά παρατηρείται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης δεν μπορεί να λαμβάνει χώρα στον ίδιο βαθμό σε άτομα με οπτική αναπηρία λόγω περιορισμού των οπτικών δεδομένων. Επίσης, υπέθεσαν ότι στα άτομα με οπτική αναπηρία, λόγω μεγαλύτερης εμπιστοσύνης στην ακουστική οδό, ο λόγος εξελίσσεται γρηγορότερα σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Προκειμένου να εξεταστούν οι παραπάνω υποθέσεις, καταγράφηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά σε ένα δείγμα 22 ατόμων. Συγκεκριμένα, συμμετείχαν 11 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) και 11 άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Και οι δύο ομάδες είχαν ηλικιακό μέσο όρο τα 35 έτη, ενώ δεν εμφάνιζαν προβλήματα ακοής. Η συμμετοχή τους πραγματοποιήθηκε έναντι αμοιβής. Στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν 160 απλές και πλήρεις προτάσεις που αποτελούνταν από 6 έως 13 λέξεις η καθεμιά. Οι προτάσεις χωρίστηκαν σε 4 λίστες με 80 προτάσεις η καθεμιά. Κάθε λίστα είχε 40 προτάσεις με νόημα και 40 προτάσεις στις οποίες άλλαζε η τελευταία λέξη, με αποτέλεσμα να μην έχουν νόημα. Κάθε συμμετέχων άκουγε μια λίστα. Η ένταση ήταν 60dB, ενώ η εκφώνηση γινόταν από γυναίκα σε αργό ρυθμό. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να αναγνωρίσουν εάν κάθε πρόταση είχε νόημα ή όχι, πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο. Τοποθετήθηκαν ηλεκτρόδια στην μετωπική,

κεντρική, βρεγματική, κροταφική και ινιακή εγκεφαλική περιοχή και καταγράφηκε η συνιστώσα N400. Κατά τη διάρκεια του πειράματος όλοι οι συμμετέχοντες είχαν κλειστά μάτια. Η έρευνα κατέληξε στο ότι στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία η N400 ενεργοποίησε την αριστερή κεντρικομετωπική περιοχή του εγκεφάλου, ενώ στα άτομα με οπτική αναπηρία, η τοπογραφία ήταν συμμετρική ως προς τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια και πιο ευρεία. Ακόμη, παρατηρήθηκε πως η N400 άρχιζε νωρίτερα στα άτομα με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Καταληκτικά, οι ερευνητές τόνισαν πως οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στα άτομα με οπτική αναπηρία η εξέλιξη των γλωσσικών ερεθισμάτων είναι πιο γρήγορη, καθώς και ότι κάποιες γλωσσικές συναρτήσεις, ίσως, στα άτομα με οπτική αποστέρηση να αναδιοργανώνονται.

Ενδιαφέρουσα είναι και η έρευνα των Velzen, Eardley, Forster και Eimer (2006) που έχει ως στόχο της την εξερεύνηση του ρόλου της οπτικοχωρικής πληροφορίας στον έλεγχο της χωρικής προσοχής. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν προκλητά δυναμικά σωματοαισθητηριακού τύπου. Συγκεκριμένα, στην πειραματική διαδικασία οι συμμετέχοντες τοποθέτησαν τους δείκτες του αριστερού και δεξιού χεριού τους σε ένα τραπέζι σε απόσταση 26cm μεταξύ τους. Τα απτικά ερεθίσματα ήταν δονήσεις που χορηγήθηκαν στα δάχτυλα των ατόμων με μια ακολουθία 20 ραγδαίων παλμών. Κάθε ερέθισμα είχε διάρκεια 200ms. Το συγκεκριμένο δείγμα αποτελείτο από 20 άτομα, εκ των οποίων 10 είχαν οπτική αναπηρία εκ γενετής ή είχαν χάσει την όρασή τους στα δύο πρώτα χρόνια της ζωής τους (5 άντρες, 5 γυναίκες, ηλικιακός μέσος όρος 46,5 έτη). Οι άλλοι 10 άνθρωποι δεν είχαν οπτική αναπηρία (5 άντρες, 5 γυναίκες, ηλικιακός μέσος όρος 47,2 έτη). Η έρευνα κατέληξε στο ότι υπάρχουν μηχανισμοί που ελέγχουν την προσοχή και οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με το αν υπάρχουν ή όχι οπτικά κωδικοποιημένες αναπαραστάσεις του εξωτερικού χώρου.

Η έρευνα των Kriegseis, Hennighausen, Rosler και Roder (2006) έχει ως κύριο στόχο να εξετάσει εάν υπάρχουν διαφοροποιήσεις στο πλάτος και την τοπολογία σε ηλεκτροεγκεφαλογραφική άλφα δραστηριότητα μεταξύ ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, σε αισθητηριακά και γνωστικά ερεθίσματα. Για την καταγραφή εφαρμόστηκαν 61 ηλεκτρόδια. Πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα που το καθένα είχε διαφορετικό δείγμα πληθυσμού. Συγκεκριμένα, στο πρώτο πείραμα, το δείγμα περιελάμβανε 9 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) και 11 άτομα δίχως οπτική αναπηρία με μέσο όρο ηλικίας 22,1 και 22,8 έτη, αντίστοιχα. Το ερέθισμα ήταν απτικό. Χορηγήθηκαν χαμηλοί ηλεκτρικοί παλμοί διάρκειας 1ms και στα 10 δάχτυλα των συμμετεχόντων. Οι ερευνητές τονίζουν πως κατά τη διάρκεια των πειραμάτων όλοι είχαν τα μάτια τους καλυμμένα. Κάθε συμμετέχων επέλεγε ένα συγκεκριμένο δάχτυλο ως αναφορά και πατούσε ένα μοχλό με το πόδι όταν το ρεύμα έφτανε στο συγκεκριμένο δάχτυλο. Στο δεύτερο πείραμα, 5 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) με ηλικιακό μέσο όρο 26,6 έτη και 6 άτομα δίχως οπτική αναπηρία μέσου όρου ηλικίας 24,7 έτη αποτελούσαν το δείγμα. Βέβαια, και στα δύο πειράματα, τα άτομα που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου δεν είχαν ιστορικό

νευρολογικών ασθενειών. Στο δεύτερο πείραμα, δόθηκε μια χωρική διάταξη που αποτελείται από πέντε διαφορετικές σημαδούρες, οι οποίες τοποθετούνται σε διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ τους, πάνω σε μεταλλικό πίνακα με μαγνήτες. Αφού μελετήθηκε η διάταξη, όλες οι σημαδούρες μετατοπίζονται στο αριστερό άκρο του πίνακα και ζητείται από τους συμμετέχοντες να τις επανατοποθετήσουν στις αρχικές τους θέσεις. Στη συνέχεια, ηχητικά σήματα συνδέονται με τις σημαδούρες. Κάθε άτομο ακούει δύο σήματα, κάθε ένα από τα οποία προέρχεται από διαφορετική σημαδούρα. Οι συμμετέχοντες πρέπει να οδηγήσουν σε ευθεία γραμμή το δάχτυλό τους από τη σημαδούρα που εξέπεμπε τον πρώτο ήχο στη σημαδούρα που εξέπεμπε το δεύτερο ήχο. Κατά τη διάρκεια της όλης διαδικασίας, καταγράφεται το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Η έρευνα έδειξε πως και στα δύο πειράματα υπήρξαν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, καταγράφηκε μείωση στην άλφα δραστηριότητα στις ινιακό-βρεγματικές εγκεφαλικές περιοχές των ατόμων με οπτική αποστέρηση σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Ωστόσο, η αιτία απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση, σύμφωνα με τους ερευνητές. Πιθανόν, όμως, να οφείλεται σε συναρτησιακό αποσυγχρονισμό ή σε ατροφία της πηγής της άλφα δραστηριότητας στις δομές του εγκεφάλου.

Τα χαρακτηριστικά της φωνής δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την ταυτότητα ενός ατόμου, για παράδειγμα φύλο, ηλικία, συναισθηματική κατάσταση. Όπως είναι γνωστό τα άτομα με οπτική αναπηρία στηρίζονται πιο πολύ στις φωνές για την αναγνώριση ανθρώπων σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Πολλές έρευνες αναφέρονται σε γρηγορότερη επεξεργασία ακουστικών δεδομένων σε άτομα με οπτική αναπηρία και αυξημένη δραστηριοποίηση στις μετωπικές περιοχές που εγκεφάλου κατά τη φωνητική επεξεργασία. Η έρευνα των Focker, Best, Holig και Roder (2012) χρησιμοποιεί ακουστικά προκλητά δυναμικά για να επιβεβαιώσει τα παραπάνω. Στο συγκεκριμένο πείραμα, τα ερεθίσματα ήταν 20 δισύλλαβες ψευδολέξεις οι οποίες ειπώθηκαν από 12 επαγγελματίες ηθοποιούς. Από αυτούς ήταν τρεις νεαρές γυναίκες, τρεις νεαροί άντρες, τρεις ηλικιωμένες γυναίκες και τρεις ηλικιωμένοι άντρες. Πριν την πειραματική διαδικασία, υπήρξε η φάση εκπαίδευσης και εξοικείωσης των συμμετεχόντων. Όλες οι διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν σε θάλαμο χωρίς θορύβους και αμυδρά φωτισμένο. Αρχικά, υπήρχε ένα προειδοποιητικό ερέθισμα και 500ms μετά δινόταν το πρώτο ερέθισμα, ενώ μετά από 150ms το δεύτερο ακουστικό ερέθισμα. Στη συνέχεια, ο συμμετέχων έπρεπε να αποφασίσει, πατώντας το κατάλληλο πλήκτρο, εάν το δεύτερο ερέθισμα δόθηκε από νέο ή ηλικιωμένο ηθοποιό. Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι συνδυασμοί φύλου-ηλικίας των ηθοποιών για τα δύο ερεθίσματα. Στη συγκεκριμένη έρευνα πήραν μέρος 13 άτομα με οπτική αναπηρία (6 γυναίκες-7άντρες) με ηλικιακό μέσο όρο τα 35 έτη. Αντίστοιχα, η ομάδα ελέγχου περιελάμβανε 13 άτομα δίχως οπτική αναπηρία ίδιων χαρακτηριστικών. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων όλοι είχαν κλειστά μάτια. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 73 ηλεκτρόδια τοποθετημένα με βάση το σύστημα 10-10. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι τα άτομα με οπτική αναπηρία μάθαιναν τις νέες φωνές (φάση εκπαίδευσης) γρηγορότερα από τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία.

Ακόμη, προέκυψε υπεροχή στις ικανότητες φωνητικής αναγνώρισης στα άτομα με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Τέλος, οι τοπογραφίες του κρανίου χαρακτηρίζονταν από κεντρική-βρεγματική κατανομή στα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία, ενώ στα άτομα με οπτική αναπηρία η κατανομή εντοπιζόταν στο οπίσθιο τμήμα του εγκεφάλου.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται να παρουσιάζει και η έρευνα των Kober, Wood, Kampl, Neuper και Ischebeck (2014) που στοχεύει στη διερεύνηση της συναρτησιακής αναδιοργάνωσης του ινιακού φλοιού σε άτομα με οπτική αναπηρία κατά τη συμμετοχή τους σε μια δραστηριότητα νοητικής πλοήγησης. Συγκεκριμένα, στην έρευνα συμμετείχαν 8 άτομα με οπτική αναπηρία και 8 άτομα δίχως οπτική αναπηρία με ηλικιακό μέσο όρο 45,75 έτη και στις δύο ομάδες. Χρησιμοποιήθηκε συνεχές ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε με 36 ηλεκτρόδια τοποθετημένα σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10-20. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να φανταστούν νοητικά ότι περπατάνε σε οικείους δρόμους της πόλης τους ενώ ταυτόχρονα γινόταν ηλεκτροεγκεφαλογραφική καταγραφή. Και για τις δύο ομάδες, έγιναν καταγραφές με ανοιχτά και κλειστά μάτια. Στην δραστηριότητα με ανοιχτά μάτια δεν παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων, αντίθετα στην δραστηριότητα με κλειστά μάτια τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία παρουσίασαν υψηλότερη δραστηριότητα στις ινιακές περιοχές σε σχέση με τα άτομα με οπτική αναπηρία (σε κατάσταση ηρεμίας). Στην δραστηριότητα νοητικής πλοήγησης, τα άτομα με οπτική αναπηρία παρουσίασαν ισχυρότερη δραστηριότητα στον οπτικό φλοιό σε σύγκριση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, κάτι που υποδηλώνει ισχυρότερη δραστηριοποίηση της συγκεκριμένης εγκεφαλικής περιοχής στα άτομα με αποστέρηση όρασης. Τελικά, η μελέτη σημειώνει την ύπαρξη διαφοροποιήσεων μεταξύ των δύο ομάδων στη συνδεσιμότητα των εγκεφαλικών δικτύων στην εμπροσθο-κεντρική και βρεγματο-ινιακή περιοχή του εγκεφάλου.

Σημαντικά είναι τα ευρήματα της έρευνας των Glyn, Lim, Hamm, Mathur και Hughes (2015), η οποία στοχεύει στην επέκταση της υπάρχουσας μεθοδολογίας σχετικά με τη γνωστική διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια ανάγνωσης γραφής Braille. Στην πειραματική διαδικασία έλαβαν μέρος 12 άτομα με οπτική αναπηρία (6 γυναίκες, 6 άντρες) ηλικίας 21-70 ετών (ηλικιακός μέσος όρος 50,25 έτη). Όλοι οι συμμετέχοντες γνώριζαν γραφή Braille τουλάχιστον δέκα χρόνια. Ζητήθηκε από τα άτομα που πήραν μέρος στην έρευνα να διαβάσουν 200 προτάσεις οι οποίες είχαν χωριστεί σε δύο λίστες (λίστα Α 100 προτάσεις, λίστα Β 100 προτάσεις). Κάθε λίστα είχε 50 προτάσεις με νόημα και 50 προτάσεις στις οποίες είχαν αλλαχθεί οι τελευταίες λέξεις με αποτέλεσμα να μην έχουν νόημα. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκαν 126 ηλεκτρόδια Ag/AgCl και καταγράφηκε η N400 συνιστώσα. Προέκυψε πως υπήρχαν διαφοροποιήσεις στα σήματα για προτάσεις με νόημα και για προτάσεις χωρίς νόημα. Ακόμη, φάνηκε πως υπάρχει εξάρτηση από την ταχύτητα κίνησης του δείκτη κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης. Σημειώνεται πως

τα παραπάνω αποτελέσματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μοντελοποίηση της ανάγνωσης γραφής Braille.

Ωστόσο, στη βιβλιογραφία υπάρχουν και μελέτες που συγκρίνουν άτομα με οπτική αναπηρία και άτομα δίχως οπτική αναπηρία με άλλους τρόπους, πλην του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και των προκλητών δυναμικών. Ορισμένες από αυτές είναι η μαγνητική τομογραφία, η ακουομετρία, η απεικόνιση PET κ.ά. Στη συνέχεια, αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένες από αυτές τις έρευνες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ευρήματα των Niemeyer και Starlinger (1981), οι οποίοι με τη μελέτη τους είχαν ως στόχο να επαληθεύσουν την υπόθεση ότι τα άτομα με οπτική αναπηρία παρουσιάζουν καλύτερη χρησιμοποίηση της ακουστικής πληροφορίας, πράγμα που συνδέεται με την πλαστικότητα του νευρικού συστήματος. Στην έρευνά τους συμμετείχαν 18 άτομα με οπτική αναπηρία ηλικίας 18-25 ετών και 18 άτομα δίχως οπτική αναπηρία ηλικίας 21-27 ετών. Χρησιμοποιήθηκαν ακουομετρία ηλεκτρικής απόκρισης (ERA), δοκιμασία Chocholle και έγιναν συγκρίσεις μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία ως προς την ικανότητα διαχωρισμού λόγου και την ολοκλήρωση λόγου. Η έρευνα κατέληξε στο ότι δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα δυναμικά ERA ως προς τα πλάτη μεταξύ ατόμων με και χωρίς οπτική αναπηρία. Όμως ο λανθάνων χρόνος ήταν πιο σύντομος στα άτομα με οπτική αποστέρηση σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Τέλος, οι ερευνητές έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στο γεγονός ότι στην ικανότητα διαχωρισμού λόγου διαπιστώθηκε σημαντική υπεροχή των ατόμων με οπτική αναπηρία.

Στην έρευνα των Sadato, Leone, Grafman, Deiber, Ibanez και Hallett (1998) χρησιμοποιήθηκε η τομογραφία έκλυσης ποζιτρονίων (PET) προκειμένου να ερευνηθούν τα νευρικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται για την ανάγνωση της γραφής Braille σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Τα ερεθίσματα ήταν απτικά και περιελάμβαναν δραστηριότητες ανάγνωσης γραφής Braille και άλλες. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης γραφής Braille, τα άτομα με οπτική αναπηρία ενεργοποιούσαν τον κατώτερο βρεγματικό λοβό, τον βασικό οπτικό φλοιό, τον ανώτερο βρεγματικό λοβό, την παρεγκεφαλίδα και άλλες εγκεφαλικές περιοχές. Όμως κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων που δεν περιείχαν ανάγνωση γραφής Braille, τα άτομα με οπτική αναπηρία ενεργοποιούσαν τις ινιακές περιοχές ενώ απενεργοποιούσαν η δευτερεύουσα σωματοαισθητηριακή περιοχή.

Μια ακόμη έρευνα που είχε ως στόχο να εξετάσει την αποδοτικότητα διαφορετικών στρατηγικών κωδικοποίησης στην μνήμη ακουστικής αναγνώρισης σε ανθρώπους με και δίχως οπτική αναπηρία είναι αυτή των Roder και Rosler (2003). Οι ερευνητές αναφέρουν πως σύμφωνα με άλλες έρευνες, υπάρχουν ικανοποιητικές επιδόσεις στα άτομα με οπτική αναπηρία ενώ υποστηρίζεται ότι το έλλειμμα των οπτικών δεδομένων αποδυναμώνει πιο πολύ τα σημασιολογικά δίκτυα παρά τις στρατηγικές εννοιολογικής κωδικοποίησης σε περιπτώσεις ασκήσεων μνήμης. Προκειμένου να

ελεγχθούν οι παραπάνω απόψεις, ακολουθήθηκε η επόμενη πειραματική διαδικασία: 24 άτομα δίχως οπτική αναπηρία, 20 άτομα με οπτική αναπηρία εκ γενετής και 20 άτομα που έχασαν την όραση κατά τη διάρκεια της ζωής τους υποβλήθηκαν σε διάφορους περιβαλλοντικούς ήχους. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 226 ήχοι για παράδειγμα από ζώα, από μουσικά όργανα, από το σπίτι κτλ. Αρχικά στη φάση μελέτης, οι συμμετέχοντες άκουσαν 59 περιβαλλοντικούς ήχους τους οποίους έπρεπε να αναγνωρίσουν και να εκτιμήσουν ως «τραχείς» ή «μαλακούς». Στην κύρια φάση του πειράματος, οι συμμετέχοντες άκουσαν τους 59 ήχους της προηγούμενης φάσης τυχαία αναμειγμένους με άλλους 59 νέους ήχους. Έπρεπε να αναγνωρίσουν εάν ο κάθε ήχος είχε ή δεν είχε ακουστεί στην προηγούμενη φάση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι άνθρωποι με οπτική αναπηρία εκ γενετής και οι άνθρωποι που έχασαν την όρασή τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους παρουσίασαν υψηλή επίδοση μνήμης, πράγμα που υποδεικνύει ότι η απώλεια στο αισθητηριακό σύστημα οδηγεί σε υψηλές προσαρμοστικές ικανότητες το ανθρώπινο γνωστικό σύστημα.

Ιδιαίτερος ενδιαφέροντα είναι και τα ευρήματα που προέκυψαν από την έρευνα των Rokem και Ahissar (2008). Έχει βρεθεί πως τα άτομα με οπτική αναπηρία εκ γενετής παρουσιάζουν ανώτερη επίτευξη σε δραστηριότητες μνήμης και νοητικές δραστηριότητες. Στόχος της έρευνας αυτής είναι να απαντήσει στο ερώτημα εάν ένα ανώτερο ερέθισμα κωδικοποίησης θα μπορούσε να εξηγήσει την επίτευξη σε δραστηριότητες μνήμης. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 16 άτομα με οπτική αναπηρία εκ γενετής και 16 άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν ακούοντες. Οι δύο ομάδες παρουσίαζαν παρόμοια χαρακτηριστικά (φύλο, ηλικία, εκπαίδευση). Εξετάστηκε η επίτευξη των ατόμων με οπτική αναπηρία σε ακουστικές, γνωστικές και δραστηριότητες μνήμης και έγινε σύγκριση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή των ατόμων με οπτική αναπηρία στην αντίληψη του λόγου και τη διάκριση ακουστικών συχνοτήτων. Όμως δε υπήρξαν πλεονεκτήματα των ατόμων με οπτική αποστέρηση σε ανώτερες γνωστικές λειτουργίες, όπως για παράδειγμα στα μαθηματικά.

Σε άλλη έρευνα των Gougoux, Belin, Voss, Lepore, Lassonde και Zatorre (2009) χρησιμοποιήθηκε μαγνητική τομογραφία για να καταγράψει διαφοροποιήσεις μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία σε φωνητικά και μη φωνητικά ερεθίσματα. Στην έρευνα συμμετείχαν 14 άτομα δίχως οπτική αναπηρία και 15 άτομα με οπτική αναπηρία (εκ γενετής και μη). Το ερέθισμα ήταν ακουστικό και περιελάμβανε 81 ειπωμένες συλλαβές. Συγκεκριμένα, 9 ομιλητές (3 άντρες, 3 γυναίκες, 3 αγόρια) διάβασαν 9 συλλαβές ο καθένας. Οι συμμετέχοντες άκουγαν κάθε φορά δύο συλλαβές και έπρεπε να αποφασίσουν εάν είχαν ειπωθεί από το ίδιο άτομο. Η έρευνα κατέληξε σε διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων. Παρατηρήθηκε πως τα άτομα με οπτική αναπηρία παρουσίασαν ισχυρότερη δραστηριοποίηση των ινιακών περιοχών και ασθενέστερη των κροταφικών περιοχών στα ακουστικά ερεθίσματα.

Ανάμεσα στις σχετικές έρευνες, ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των Hertrich, Dietrich και Ackermann (2012). Κύριος στόχος της είναι να διασαφηνιστούν οι νευρικοί μηχανισμοί που οδηγούν στην ικανότητα των ατόμων με οπτική αναπηρία να καταλαβαίνουν το λόγο σε πολύ υψηλούς ρυθμούς συλλαβών (20 συλλαβές/sec). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν μαγνητοεγκεφαλογράφημα. Συγκεκριμένα, στην έρευνα συμμετείχαν 16 άτομα με οπτική αναπηρία και 14 άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Όλοι ήταν δεξιόχειρες και δεν παρουσίαζαν προβλήματα ακοής. Ως ερέθισμα χρησιμοποιήθηκαν 40 διαφορετικά τμήματα κειμένων από εφημερίδες τα οποία μετατράπηκαν σε ακουστικά σήματα με κανονικό ρυθμό (4-6 συλλαβές/sec). Από αυτά, στη συνέχεια, τα 20 μετατράπηκαν σε μέτριου ρυθμού (8 συλλαβές/sec) και τα άλλα 20 σε υψηλού ρυθμού (16 συλλαβές/sec). Οι συμμετέχοντες κάθισαν αναπαυτικά έχοντας τη συσκευή του μαγνητοεγκεφαλογραφήματος και με τα μάτια τους ανοιχτά. Κάθε άτομο άκουγε 6 γύρους των 40 ερεθισμάτων ο καθένας, δηλαδή συνολικά 240 ερεθίσματα. Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι τα άτομα με οπτική αναπηρία έδειξαν ισχυρότερο «κλειδώμα» της φάσης στον ακουστικό φλοιό σε σχέση με τα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ενώ στο λόγο υψηλού ρυθμού ενεργοποιήθηκε ο οπτικός λοβός του δεξιού ημισφαιρίου. Επίσης, υπήρξε αντίθετη ενεργοποίηση ημισφαιρίων στην κατώτερη μετωπική συνιστώσα του μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (άτομα με οπτική αναπηρία - αριστερό ημισφαίριο, άτομα δίχως οπτική αναπηρία – δεξιό ημισφαίριο). Καταληκτικά, τονίζεται ότι η κατανόηση του λόγου υψηλού ρυθμού στα άτομα με οπτική αναπηρία εμφάνισε συσχέτιση με αλλαγές στους μηχανισμούς πρώιμης επεξεργασίας σήματος μέσα και έξω από την κεντρική ακουστική περιοχή.

Συνοψίζοντας, σημειώνεται πως το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και τα προκλητά δυναμικά έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται σε πολλές έρευνες που αφορούν τόσο αναπηρίες όσο και διάφορα άλλα εκπαιδευτικά και μη θέματα, ως μια δυναμική μέθοδος που προτείνεται και για μετρήσεις σε εικονικά περιβάλλοντα (Mikropoulos et al., 2004). Από τις μελέτες της εγκεφαλικής λειτουργίας προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν τη μάθηση που θα μπορούν να εφαρμοστούν για τη βελτίωση της γενικής και της ειδικής εκπαίδευσης. Η παρούσα εργασία αποσκοπεί να συμβάλει προς αυτήν την κατεύθυνση, παρέχοντας ερευνητικά δεδομένα σχετικά με την οπτική αναπηρία. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στη συνιστώσα N400, η οποία αφορά σε ερεθίσματα γλωσσικής φύσεως και στα χαρακτηριστικά της (λανθάνων χρόνος, πλάτος) καθώς χρησιμοποιήθηκαν ως ακουστικά ερεθίσματα λέξεις και ψευδολέξεις, σε αντίθεση με τις περισσότερες έρευνες, οι οποίες δίνουν έμφαση στην τοπογραφική απεικόνιση. Ακόμη, στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν άτομα με οπτική αναπηρία που εμφανίστηκε από το πρώτο έτος της ζωής τους και ύστερα κι όχι εκ γενετής τυφλά άτομα, όπως συμβαίνει στις περισσότερες έρευνες.

B': ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν στο θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας διατριβής, προκύπτει ότι τα προκλητά δυναμικά αποτελούν πλέον έναν σύγχρονο τρόπο μελέτης της λειτουργίας του εγκεφάλου, καθώς και ένα αντικειμενικό μέσο εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικών με την εγκεφαλική λειτουργία. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε η παρακάτω βασική έρευνα, χρησιμοποιώντας ακουστικά προκλητά δυναμικά και έχοντας ως κύριο στόχο την καταγραφή διαφοροποιήσεων στη λειτουργία του εγκεφάλου ανάμεσα σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Τα αποτελέσματα δύναται να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη παρεμβάσεων και τη βελτίωση της εκπαίδευσης ατόμων με οπτική αναπηρία.

Το ερευνητικό μέρος της μελέτης περιλαμβάνει τρία κεφάλαια. Συγκεκριμένα, το **κεφάλαιο 5** επιγράφεται «Μεθοδολογία της έρευνας» και αναφέρεται διεξοδικά στο σκοπό της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα που προέκυψαν, στο δείγμα των συμμετεχόντων, στο ερευνητικό εργαλείο και την πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε, καθώς και στον τρόπο συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Ακολουθεί το **κεφάλαιο 6** με τίτλο «Αποτελέσματα» στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Η μελέτη ολοκληρώνεται με το **κεφάλαιο 7** που επιγράφεται «Συζήτηση – Συμπεράσματα» και στο οποίο γίνεται εκτενής συζήτηση επί των ερευνητικών αποτελεσμάτων και σύγκρισή τους με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών. Τέλος, στο κεφάλαιο αυτό καταγράφονται τόσο οι περιορισμοί της συγκεκριμένης έρευνας όσο και προτάσεις για περαιτέρω μελλοντική έρευνα και βελτίωση της παρούσας.

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το παρόν κεφάλαιο πραγματεύεται τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην έρευνα. Αρχικά, γίνεται αναφορά στον κύριο σκοπό της εργασίας και καταγράφονται λεπτομερώς τα ερευνητικά ερωτήματα της συγκεκριμένης μελέτης. Ακολουθεί η περιγραφή του δείγματος. Στη συνέχεια, περιγράφεται διεξοδικά το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε σε όλη τη διάρκεια της έρευνας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τις απαραίτητες πληροφορίες για τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων.

5.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Κύριος σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν ο εντοπισμός διαφοροποιήσεων στην εγκεφαλική λειτουργία ως προς τα χαρακτηριστικά της συνιστώσας N400 (λανθάνων χρόνος, πλάτος) μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, ενηλίκων και ανηλίκων, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων, ώστε να παραχθούν ερευνητικά στοιχεία στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο και να διευρυνθούν τα υπάρχοντα. Τα ακουστικά ερεθίσματα αποτέλεσαν λέξεις με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις – ψευδολέξεις). Τα αποτελέσματα της έρευνας δύναται να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη παρεμβάσεων και τη βελτίωση της εκπαίδευσης ατόμων με οπτική αναπηρία.

Πρόκειται για μια βασική έρευνα σε πρωταρχικό επίπεδο όσον αφορά στην Ειδική Αγωγή και Εκπαίδευση. Ωστόσο, κρίνεται ιδιαίτερα σκόπιμο στο σημείο αυτό να τονιστεί πως σημαίνων στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η καταγραφή μιας τάσης διαφοροποίησης στη λειτουργία του εγκεφάλου ανάμεσα σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία και όχι η γενίκευση των συμπερασμάτων – παρατηρήσεων στον πληθυσμό.

Συγκεκριμένα, διατυπώθηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

E₁: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₂: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₃: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με

σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₄: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₅: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₆: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₇: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₈: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₉: Παρατηρούνται διαφορές στις κυματομορφές (μορφή του εγκεφαλικού κύματος) που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων της ινιακής περιοχής (ηλεκτρόδια O1 και O2) και αντιστοιχούν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία τόσο ενήλικα όσο και ανήλικα κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων;

5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν συνολικά δέκα (10) άτομα. Συγκεκριμένα, την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν τέσσερα (4) άτομα με οπτική αναπηρία, ηλικιακού μέσου όρου 34,75 έτη και με εύρος ηλικίας από 25 έως 40 έτη (SD=5,76). Αντίστοιχα, η ομάδα ελέγχου περιελάμβανε τέσσερα (4) άτομα χωρίς οπτική αναπηρία, με μέσο όρο ηλικίας 31,25 έτη και ηλικιακό εύρος 25-38 έτη (SD=6,26). Επίσης, στην έρευνα συμμετείχαν και δύο ανήλικα άτομα, τα οποία για

μεθοδολογικούς λόγους, δεν συμπεριλήφθησαν στις ομάδες των ενηλίκων. Επρόκειτο για ένα άτομο με οπτική αναπηρία ηλικίας 15 ετών και ένα άτομο δίχως οπτική αναπηρία ηλικίας 16 ετών. Ακόμη, σημειώνεται πως κάθε ομάδα αποτελείτο από δύο γυναίκες και τρεις άντρες, ενώ περιελάμβανε τέσσερις δεξιόχειρες και έναν αριστερόχειρα.

Αναφέρεται, ακόμη, πως όλοι οι συμμετέχοντες ήταν ακούοντες ενώ δεν παρουσίαζαν κάποιο νευρολογικό πρόβλημα (πχ επιληψία, σκλήρυνση κατά πλάκας), ούτε διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες. Τονίζεται πως δεν λάμβαναν κάποια φαρμακευτική αγωγή που θα μπορούσε να επηρεάσει το νευρικό τους σύστημα.

Όσον αφορά στα άτομα με οπτική αναπηρία, η αιτιολογία τους προβλήματος ήταν κάποιο κληρονομικό γονίδιο και έγινε αντιληπτό σε ηλικία 1 - 10 ετών. Μόνο σε μία συμμετέχουσα η οπτική αναπηρία προκλήθηκε από αδένωμα στην υπόφυση και παρουσιάστηκε στα 19 της χρόνια. Αναφορικά με το επίπεδο σπουδών των ατόμων της πειραματικής ομάδας σημειώνεται πως κυμαίνεται από το Δημοτικό έως και το Πανεπιστήμιο (Πίνακας 2).

Αντίστοιχα για τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, το επίπεδο σπουδών κυμαίνεται από το Γυμνάσιο έως και το Πανεπιστήμιο. Τέσσερις από τους συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου παρουσίαζαν διορθωμένη όραση (μυωπία, αστιγματισμός) και χρησιμοποιούν γυαλιά ή φακούς επαφής (Πίνακας 3).

Πίνακας 2: Συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία.

| α/α | ηλικία | φύλο | ηλικία εμφάνισης οπτικής αναπηρίας | αιτιολογία οπτικής αναπηρίας | επίπεδο σπουδών | προβλήματα ακοής – νευρολογικά προβλήματα |
|-----|---------|---------|------------------------------------|------------------------------|-----------------|---|
| 1 | 37 ετών | άντρας | 1 έτους | κληρονομικό γονίδιο | Δημοτικό | όχι |
| 2 | 37 ετών | γυναίκα | 8 ετών | κληρονομικό γονίδιο | Λύκειο | όχι |
| 3 | 25 ετών | άντρας | 10 ετών | κληρονομικό γονίδιο | ΑΕΙ | όχι |
| 4 | 40 ετών | γυναίκα | 19 ετών | αδένωμα στην υπόφυση | ΑΕΙ | όχι |
| 5 | 15 ετών | άντρας | 2 ετών | κληρονομικό γονίδιο | Γυμνάσιο | όχι |

Πίνακας 3: Συμμετέχοντες δίχως οπτική αναπηρία.

| α/α | ηλικία | φύλο | ύπαρξη οπτικής αναπηρίας | διορθωμένη όραση | επίπεδο σπουδών | προβλήματα ακοής – νευρολογικά προβλήματα |
|-----|---------|---------|--------------------------|------------------|-----------------|---|
| 1 | 37 ετών | άντρας | όχι | ναι | Λύκειο | όχι |
| 2 | 38 ετών | γυναίκα | όχι | ναι | ΑΕΙ | όχι |
| 3 | 25 ετών | άντρας | όχι | όχι | ΑΕΙ | όχι |
| 4 | 25 ετών | γυναίκα | όχι | ναι | ΑΕΙ | όχι |
| 5 | 16 ετών | άντρας | όχι | ναι | Γυμνάσιο | όχι |

Στο σημείο αυτό, κρίνεται αναγκαίο να τονιστεί πως όλοι οι συμμετέχοντες πήραν μέρος στην πειραματική διαδικασία χωρίς να λάβουν χρηματική αμοιβή.

5.3 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά (Auditory Evoked Potentials). Συγκεκριμένα, ηχογραφήθηκαν 40 λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο, παραδείγματος χάριν «αυτοκίνητο» και «αστυνομικός», καθώς και 40 λέξεις άνευ σημασιολογικού περιεχομένου (ψευδολέξεις) όπως για παράδειγμα «μελάβο» και «αξύφελλο». Όλες οι λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν, παρατίθενται στους πίνακες 1 και 2 του παραρτήματος Α.

Όσον αφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά, αναφέρεται πως η αρχική ηχογράφιση πραγματοποιήθηκε στα 44,1kHz ενώ το τελικό αρχείο ήταν 128kbps (joint stereo). Επίσης, κανονικοποιήθηκε η ένταση στα -6dB και αφαιρέθηκε ο θόρυβος στα -12dB. Όλες οι λέξεις είχαν παρόμοια χρονική διάρκεια από 850 έως 950ms.

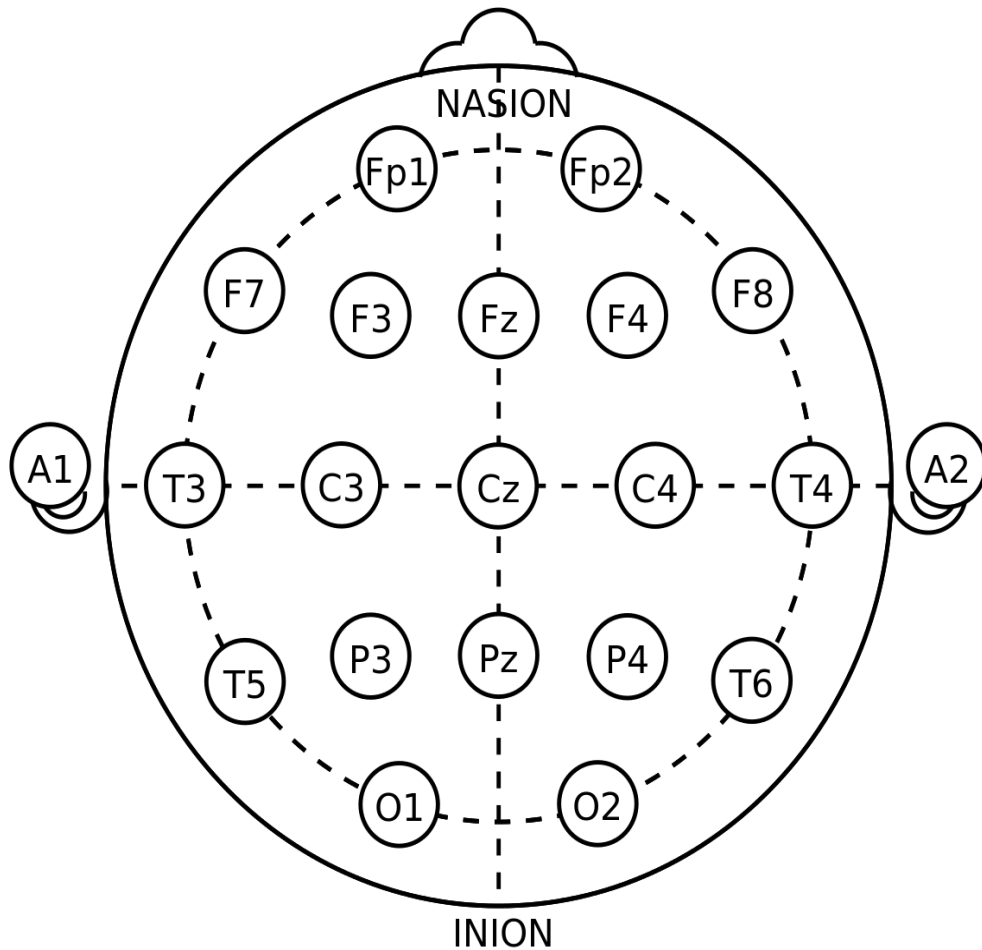
Οι συμμετέχοντες άκουσαν τις λέξεις χρησιμοποιώντας ενσύρματα ακουστικά (Σχήμα 12). Η τελική ένταση του ήχου στα ακουστικά καθορίστηκε στα 72dB. Με τη βοήθεια πηγαίου κώδικα σε Matlab, κάθε συμμετέχων άκουσε τις λέξεις δύο φορές με τυχαία διάταξη, δηλαδή συνολικά 160 λέξεις, οι οποίες παρουσίαζαν μεταξύ τους χρονική διαφορά 500ms. Η συνολική διάρκεια του πειράματος ήταν 6min και ξεκινούσε με έναν προειδοποιητικό ήχο διάρκειας 1s.



Σχήμα 12: Ακουστικά που χρησιμοποιήθηκαν στα πείραμα

Κατά τη διάρκεια του πειράματος ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να διακρίνουν νοητικά τις λέξεις δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο. Τόσο τα άτομα με οπτική αναπηρία όσο και τα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία είχαν τα μάτια τους κλειστά με τη βοήθεια μάσκας.

Μέσω ενισχυτή g.tec (36 κανάλια) πραγματοποιήθηκε καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια των 6 λεπτών του πειράματος. Η συχνότητα καταγραφής καθορίστηκε στα 512Hz (band pass filter: 0.01-100Hz). Χρησιμοποιήθηκαν 19 ηλεκτρόδια Ag/AgCl, τα οποία τοποθετήθηκαν στο κρανίο των συμμετεχόντων, βάσει του διεθνούς συστήματος 10-20 (Σχήμα 13). Εφαρμόστηκαν ηλεκτρόδια στη μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική, κεντρική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα καταγράφηκαν από: F_p1, F_p2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 και O2.



Σχήμα 13: Θέσεις ηλεκτροδίων με βάση το διεθνές σύστημα 10-20

(“EEG 10-20 System | NR Sign Inc.,” n.d.)

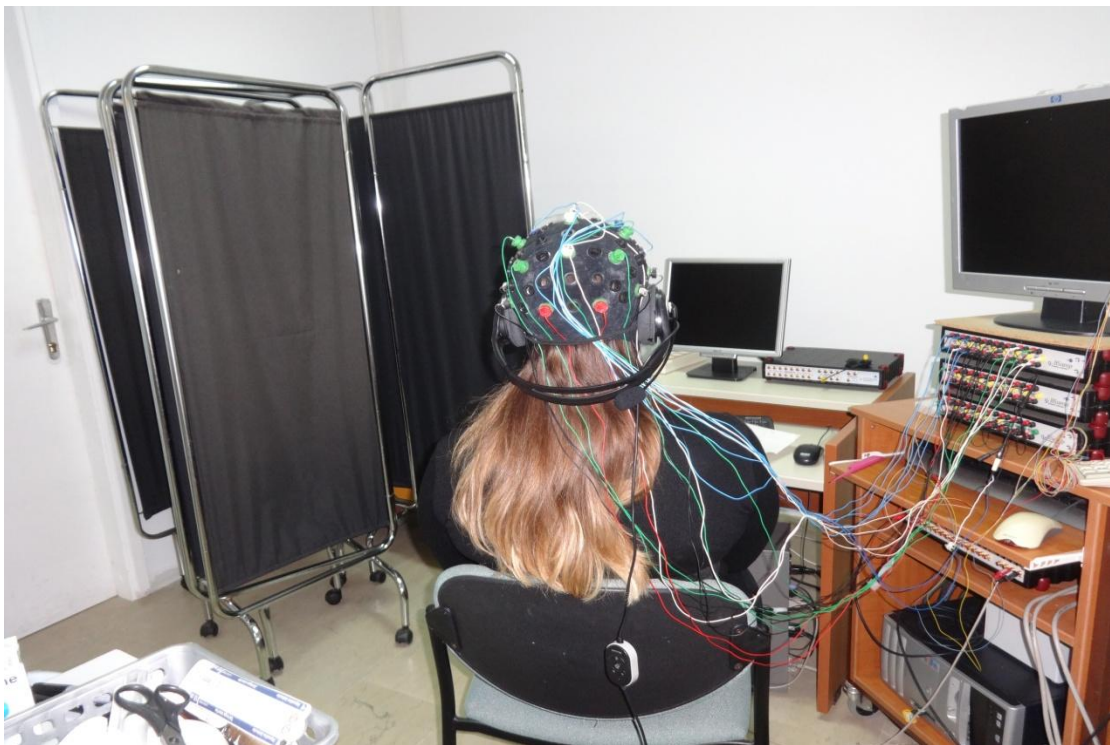
Οι αναφορές τοποθετήθηκαν στους λοβούς του δεξιού και αριστερού αυτιού, ενώ το ηλεκτρόδιο – γείωση στο μέτωπο. Σημειώνεται πως τα ηλεκτρόδια παρουσίαζαν αντίσταση μικρότερη των 5kΩ.

Για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων χρησιμοποιήθηκε κάσκα και για την ενίσχυση του σήματος καταγραφής εφαρμόστηκε στα ηλεκτρόδια και το τριχωτό της κεφαλής των συμμετεχόντων ηλεκτροαγωγίμο τζελ.

Σημειώνεται πως το πείραμα διεξήχθη την εβδομάδα 19 – 25 Νοεμβρίου 2016, στο Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Επίσης, αναφέρεται πως κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας στο χώρο επικρατούσαν συνθήκες χαμηλού φωτισμού και κανονικής θερμοκρασίας, ενώ είχαν περιοριστεί στο ελάχιστο οι εξωτερικοί θόρυβοι (σχήματα 14, 15 και 16). Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συναίνεση των ενηλίκων ατόμων και με τη συναίνεση των κηδεμόνων των ανηλίκων ατόμων.



Σχήμα 14: Φωτογραφία κατά τη διεξαγωγή του πειράματος



Σχήμα 15: Φωτογραφία κατά τη διεξαγωγή του πειράματος



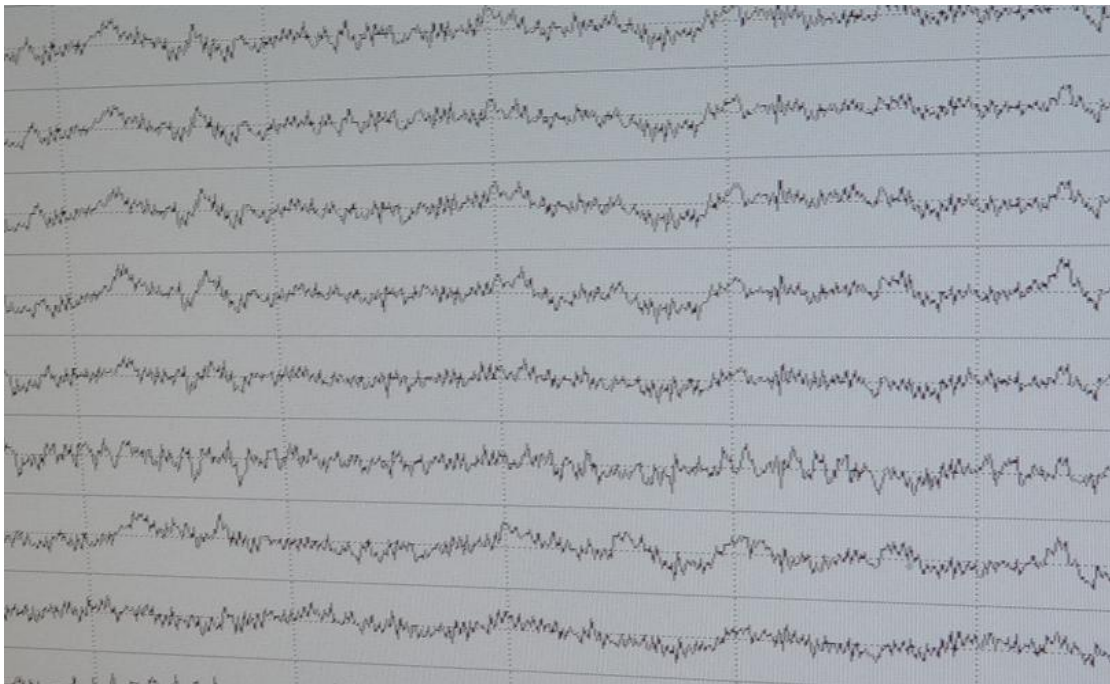
Σχήμα 16: Φωτογραφία κατά τη διεξαγωγή του πειράματος

Στο σημείο αυτό, θα ήταν παράληψη να μην γίνει αναφορά στις οδηγίες που δόθηκαν στους συμμετέχοντες πριν τη διεξαγωγή του πειράματος. Συγκεκριμένα, έπρεπε τα άτομα που συμμετείχαν στο πείραμα:

- ❖ Να μην έχουν καταναλώσει ποσότητες καφεΐνης ή αλκοολούχων ποτών το τελευταίο εικοσιτετράωρο.
- ❖ Να έχουν πλύνει πρόσφατα το τριχωτό της κεφαλής.
- ❖ Να μην έχουν χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε καλλυντικό (πχ λακ) ή κρέμα μαλλιών που θα μπορούσε να προκαλέσει αυξημένες αντιστάσεις ή προβλήματα στις επαφές των ηλεκτροδίων.
- ❖ Να μην έχουν λάβει φαρμακευτική αγωγή ή ουσίες που θα μπορούσαν να έχουν επίδραση στη λειτουργία του νευρικού συστήματος κατά την περίοδο πριν την πειραματική διαδικασία.

5.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Με το πέρας της πειραματικής διαδικασίας συλλέχθηκαν οι καταγραφές των σημάτων του εγκεφάλου και για τους δέκα συμμετέχοντες. Όπως προαναφέρθηκε, για κάθε άτομο που συμμετείχε στην έρευνα, τα δεδομένα προέρχονταν και από τα 19 ηλεκτρόδια. Το αρχικό σήμα που καταγράφηκε, εκτός από την ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία περιελάμβανε και παράσιτα (artifacts) που οφείλονται σε περιβαλλοντικούς θορύβους ή και στους ίδιους τους συμμετέχοντες (πχ βήξιμο, κούνημα χεριού). Καταγράφηκαν οι μετρούμενες διαφορές δυναμικού στον κατακόρυφο άξονα σε συνάρτηση με το χρόνο στον οριζόντιο άξονα (Σχήμα 17).



Σχήμα 17: Αρχική μορφή εγκεφαλικών σημάτων (χωρίς επεξεργασία)

Σημειώνεται πως η προεπεξεργασία και η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό πακέτο gBSanalyze.

Αρχικά, καθορίστηκε η συχνότητα ανάλυσης στα 256Hz. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε φίλτρο για την αφαίρεση των παρασίτων (artifacts) (0.01-30Hz), ενώ το σήμα καθαρίστηκε επιπλέον και «με το χέρι» όπου αφαιρέθηκαν ορισμένα τμήματα λόγω παρασίτων (artifacts). Επίσης, καθορίστηκε ο χρόνος ως 100ms πριν το κάθε ερέθισμα και 800ms μετά από αυτό. Συνεχίζοντας την επεξεργασία, δημιουργήθηκαν δύο αρχεία για το σήμα του κάθε συμμετέχοντα. Το πρώτο αρχείο περιελάμβανε τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο (no target) και το δεύτερο αρχείο τις λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (target). Τέλος, σχεδιάστηκαν οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού μετρημένης σε μV (κατακόρυφος άξονας) σε συνάρτηση με το χρόνο μετρημένο σε s (οριζόντιος άξονας). Σε κάθε γραφική

παράσταση εμφανίζονται μαζί δύο κυματομορφές, για παράδειγμα λέξεις για άτομα χωρίς οπτική αναπηρία με λέξεις για άτομα με οπτική αναπηρία, έχοντας διαφορετικά χρώματα (πράσινο – μπλε). Δημιουργήθηκαν όλες οι γραφικές παραστάσεις ώστε να πραγματοποιηθούν οι συγκρίσεις που απαιτούνται βάσει των ερευνητικών ερωτημάτων της εργασίας.

Στο σημείο αυτό αναφέρεται πως τα σήματα από τους ανήλικους συμμετέχοντες αναλύθηκαν χωριστά (single average) ώστε να αποφευχθούν διαφοροποιήσεις στην εγκεφαλική λειτουργία που οφείλονται στη διαφορετική διαμόρφωση του εγκεφάλου λόγω του νεαρού της ηλικίας.

Ακολουθεί το κεφάλαιο των αποτελεσμάτων, όπου παρατίθενται όλες οι γραφικές παραστάσεις και πραγματοποιούνται οι αντίστοιχες συγκρίσεις σύμφωνα πάντα με τα ερωτήματα της έρευνας.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα. Παρουσιάζεται η σύγκριση ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, τόσο των ενηλίκων όσο και των ανηλίκων, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις). Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν στη συγκριτική μελέτη ενηλίκων και ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο. Επίσης, παρατίθενται τα αποτελέσματα σχετικά με τη σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ενηλίκων και ανηλίκου ατόμου δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις - ψευδολέξεις). Ακόμη, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την αντίστοιχη σύγκριση σε ενήλικα άτομα και ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη σύγκριση των κυματομορφών στην ινιακή περιοχή για άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία.

6.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κρίνεται σκόπιμο στο σημείο αυτό, πριν πραγματοποιηθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, να γίνουν ορισμένες υπενθυμίσεις από το θεωρητικό μέρος. Καταρχήν, τα ακουστικά ερεθίσματα που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα ήταν λέξεις-ψευδολέξεις, δηλαδή γλωσσικής φύσεως. Επομένως, η συνιστώσα που ενδιαφέρει την παρούσα ερευνητική προσπάθεια είναι η N400 (Negative, 400 ms). Τα ερευνητικά ερωτήματα αφορούν δύο έννοιες: τον λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος τάσης.

Υπενθυμίζεται, επίσης, πως τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σε 19 σημεία: P3, P4, Pz (βρεγματική περιοχή), O1, O2 (ινιακή περιοχή), T3, T4, T5, T6 (κροταφική περιοχή), Fp1, Fp2 (μετωπο - πολική περιοχή), F3, F4, F7, F8, Fz (μετωπιαία περιοχή) και C3, C4, Cz (κεντρική περιοχή). Από τα δεδομένα που καταγράφηκαν, δημιουργήθηκαν οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) στον κατακόρυφο άξονα σε συνάρτηση με το χρόνο t (σε s) στον οριζόντιο άξονα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται βάσει των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν. Συγκεκριμένα:

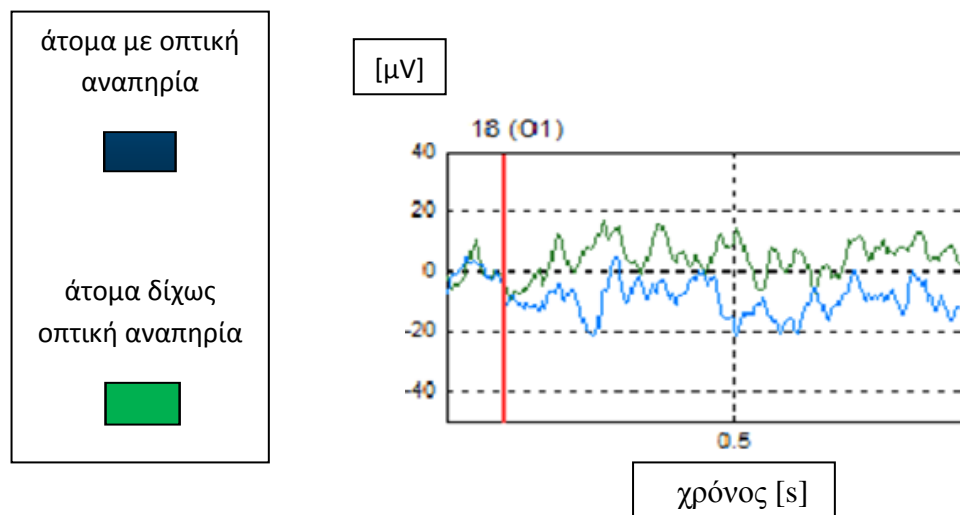
Το 1^ο ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο;» αφορά στην ύπαρξη διαφορών στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο.

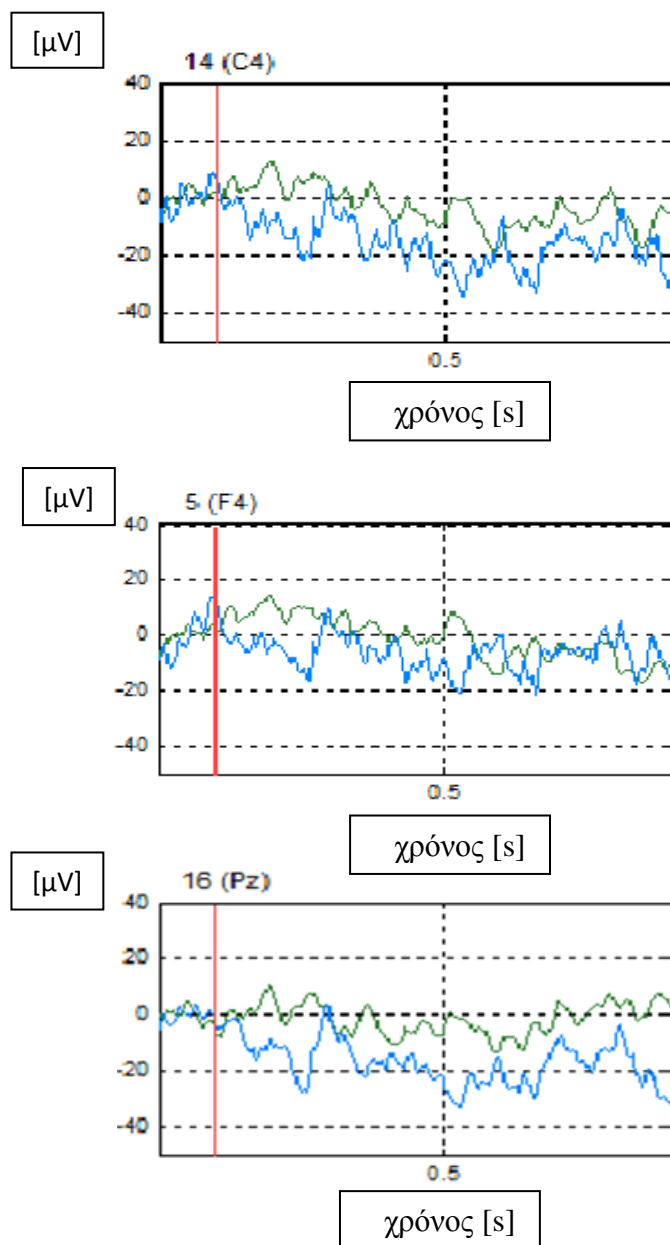
Όσον αφορά στο πλάτος παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα με

οπτική αναπηρία εμφανίζουν σαφώς πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -30\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ($V \approx -20\mu V$), (Σχήμα 18).

Αναφορικά με τον λανθάνοντα χρόνο φαίνεται να υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των ατόμων της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Παρουσιάζεται γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο από τα άτομα με οπτική αναπηρία, καθώς η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στα άτομα με οπτική αναπηρία ($500ms \leq t \leq 550ms$) σε σχέση με τα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ($550ms \leq t \leq 600ms$), (Σχήμα 18).

Συμπληρωματικά, παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί σε άτομα δίχως οπτική αναπηρία και η μπλε που αντιστοιχεί σε άτομα με οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 1 που ακολουθεί δίνονται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων O1 (ινιακή περιοχή), C4 (κεντρική περιοχή), F4 (μετωπιαία περιοχή) και Pz (βρεγματική περιοχή).





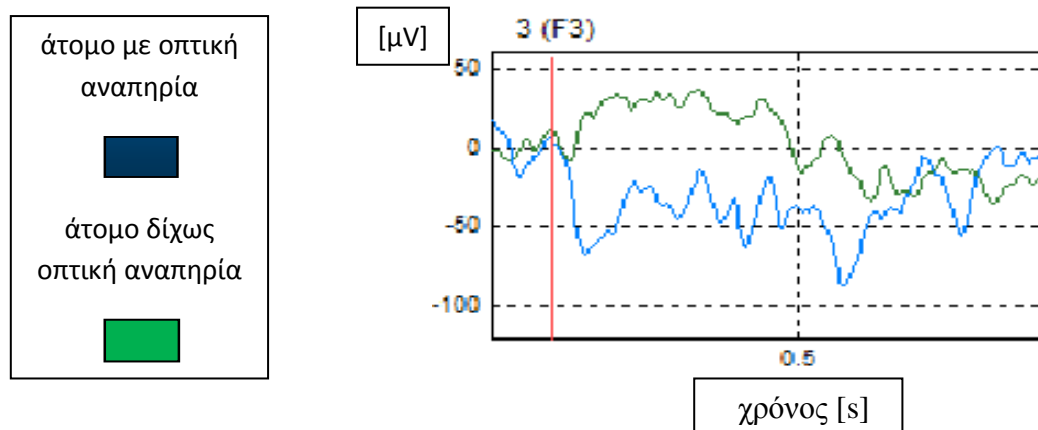
Σχήμα 18: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ψευδολέξεων.

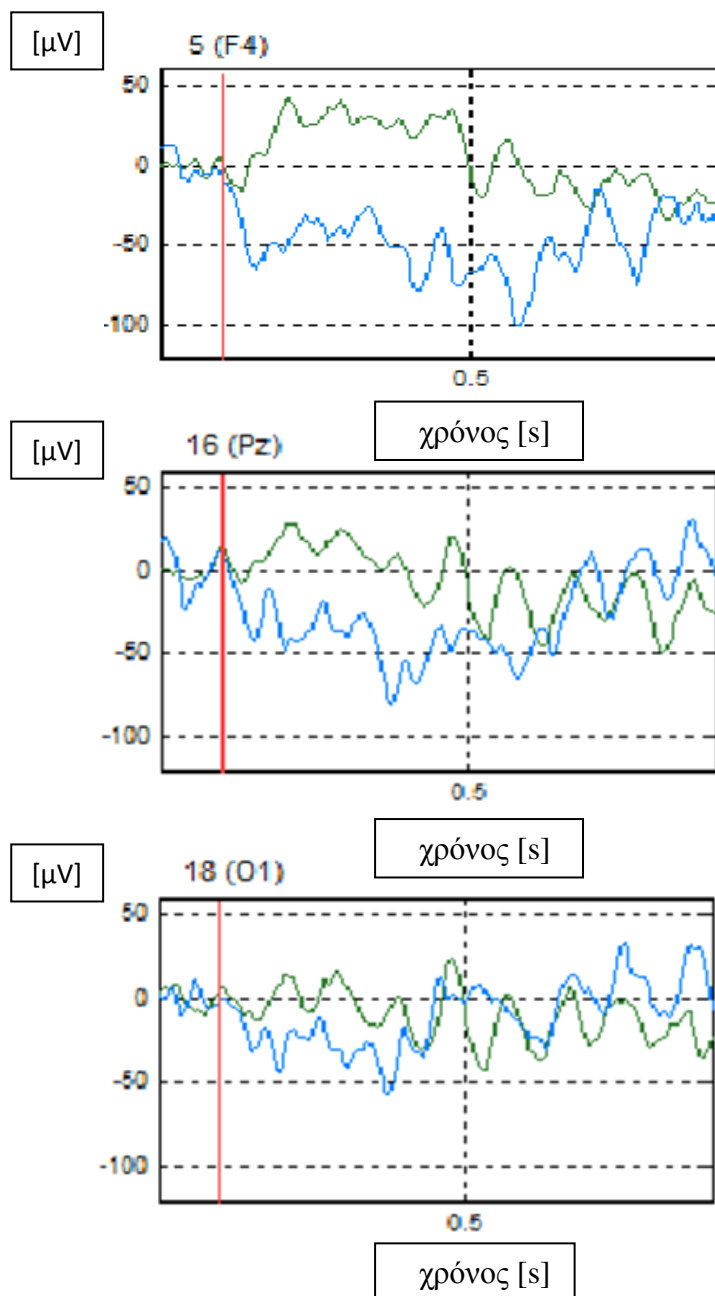
Το 2^ο ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο;» αναφέρεται στη σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ψευδολέξεων και την εύρεση διαφοροποιήσεων ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο.

Και στην περίπτωση των ανήλικων ατόμων εμφανίζονται διαφοροποιήσεις ως προς το πλάτος μεταξύ του ατόμου με οπτική αναπηρία και εκείνου χωρίς οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία παρουσιάζουν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -100\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία ($V \approx -50\mu V$) (Σχήμα 19: F3, F4, Pz). Η παραπάνω παρατήρηση αφορά την μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική, κεντρική και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου. Ανάλογη ήταν και η αντίστοιχη εικόνα στα ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Παρουσιάζεται, όμως, διαφοροποίηση στην ινιακή εγκεφαλική περιοχή, όπου οι διαφορές δυναμικού που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία και εκείνες που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία παρουσιάζουν περίπου το ίδιο εύρος τιμών ($-50\mu V \leq V \leq 25\mu V$) (Σχήμα 19: O1).

Επίσης, παρατηρείται πως το ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία αντιλαμβάνεται γρηγορότερα τις λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο συγκριτικά με το ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία, αφού η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία ($t \approx 550 ms$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία ($t \approx 600 ms$), (Σχήμα 19: F3, F4). Το παραπάνω αποτέλεσμα βρίσκεται σε συμφωνία με το αντίστοιχο αποτέλεσμα για τα ενήλικα άτομα, όπου τα άτομα με οπτική αναπηρία αντιλαμβάνονται νωρίτερα τις λέξεις δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο.

Συμπληρωματικά, παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία και η μπλε που αντιστοιχεί στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 2 που ακολουθεί δίνονται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων F3 (μετωπιαία περιοχή), F4 (μετωπιαία περιοχή), Pz (βρεγματική περιοχή) και O1 (ινιακή περιοχή).





Σχήμα 19: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ανήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ψευδολέξεων.

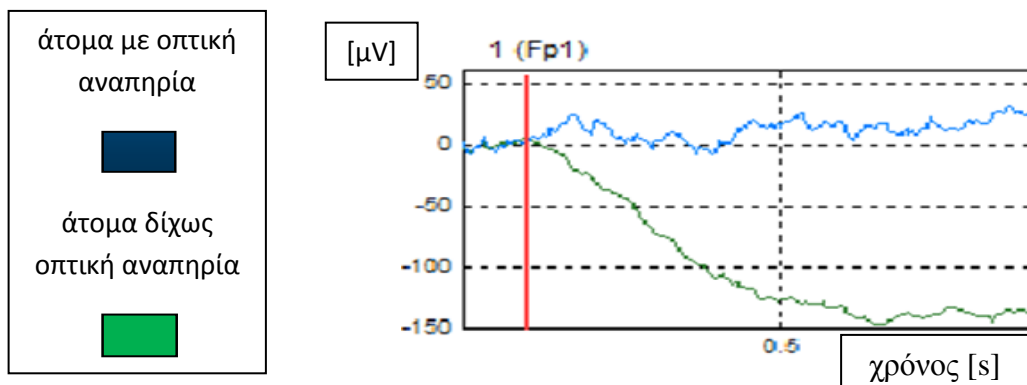
Το 3^ο ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο;», αναφέρεται στην αναζήτηση διαφορών ως προς το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο ανάμεσα σε ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, στην περίπτωση που τα ακουστικά ερεθίσματα είναι λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο.

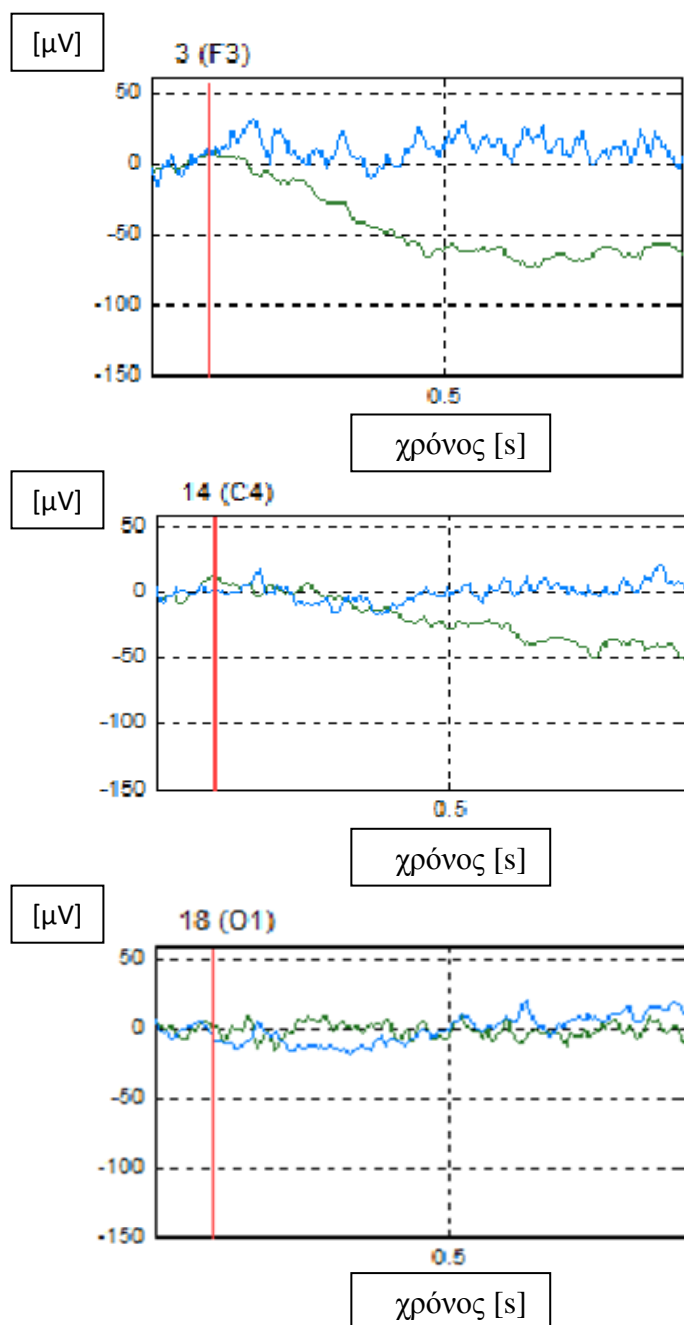
Παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, αναφορικά με το πλάτος. Συγκεκριμένα, στη μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική και κεντρική περιοχή, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία παρουσιάζουν σαφώς πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -150\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε άτομα με οπτική αναπηρία ($V \approx -10\mu V$) (Σχήμα 20:Fp1, F3, C4). Αντίθετα, στην περίπτωση των λέξεων δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα με οπτική αναπηρία εμφανίζουν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού.

Επίσης, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι δεν παρουσιάζεται διαφοροποίηση μεταξύ των ατόμων της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου αναφορικά με το πλάτος, στην βρεγματική και ινιακή εγκεφαλική περιοχή (Σχήμα 20:O1). Το εύρος τιμών των διαφορών δυναμικού είναι περίπου το ίδιο και για τις δύο κυματομορφές ($-10\mu V \leq V \leq 10\mu V$). Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση των ψευδολέξεων, όπου σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές, οι κυματομορφές που αφορούν σε άτομα με οπτική αναπηρία εμφάνιζαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -30\mu V$).

Σχετικά με το λανθάνοντα χρόνο, σημειώνεται πως υπάρχει γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο από τα άτομα με οπτική αναπηρία, αφού η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα με οπτική αναπηρία ($400ms \leq t \leq 500ms$) σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία ($t \approx 600ms$) (Σχήμα 20). Η παραπάνω παρατήρηση ισχύει και για την περίπτωση λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, τόσο για τα ενήλικα όσο και για τα ανήλικα άτομα.

Επιπροσθέτως, δίνονται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί στα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία και η μπλε που αντιστοιχεί στα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία για την περίπτωση επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο. Ενδεικτικά, στο σχήμα 3 που ακολουθεί παρατίθενται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων Fp1 (μετωπο - πολική περιοχή), F3 (μετωπιαία περιοχή), C4 (κεντρική περιοχή) και O1 (ινιακή περιοχή).





Σχήμα 20: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων.

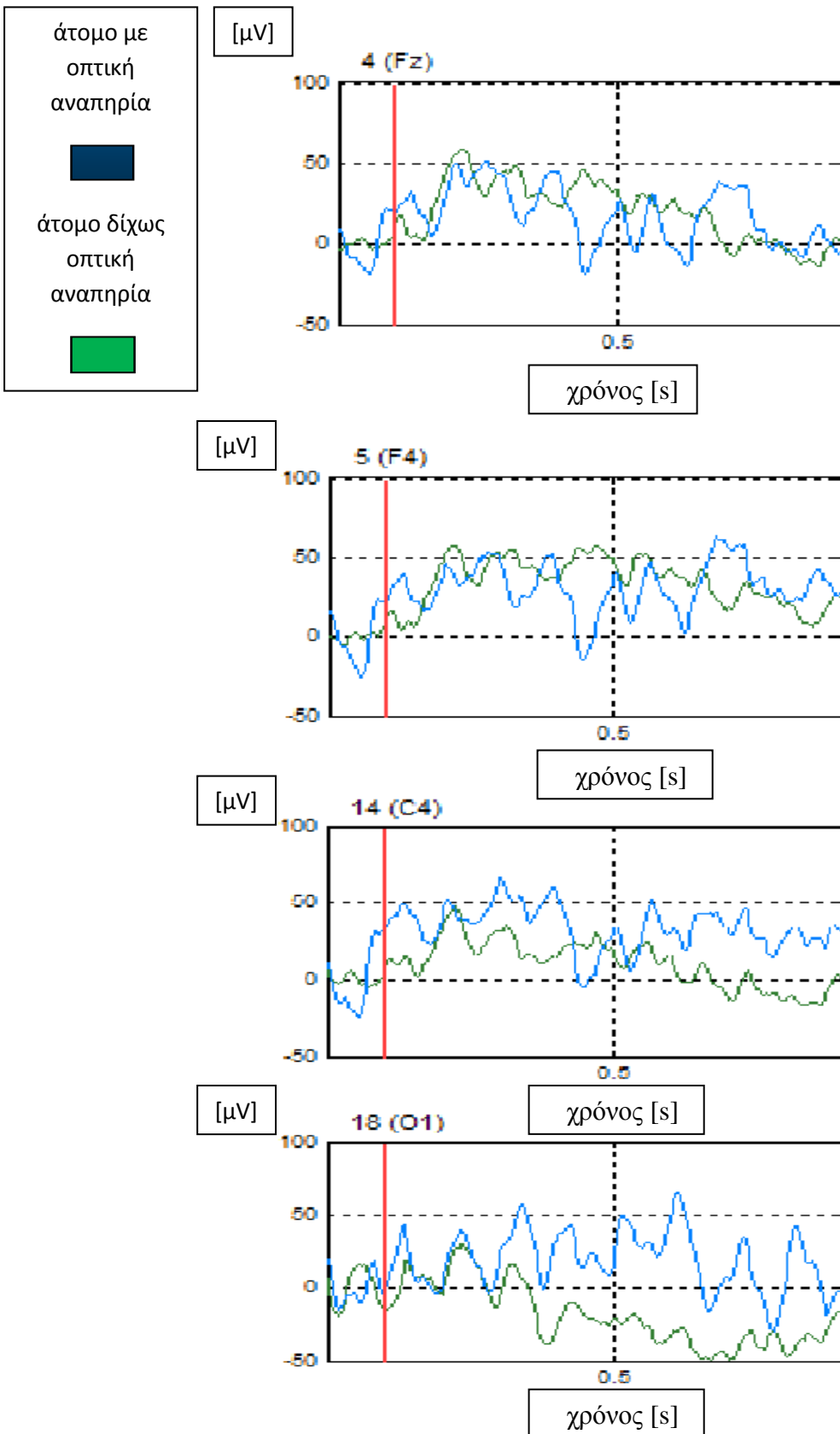
Το 4^ο ερευνητικό ερώτημα: «Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο;», αφορά την εύρεση διαφορών αναφορικά με το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο ανάμεσα σε ανήλικα άτομα με και χωρίς οπτική αναπηρία, στην περίπτωση που τα ακουστικά ερεθίσματα είναι λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο.

Όσον αφορά στο πλάτος, παρουσιάζεται διαφοροποίηση μεταξύ του ανηλικού ατόμου με οπτική αναπηρία και εκείνου δίχως οπτική αναπηρία, στην ινιακή και βρεγματική εγκεφαλική περιοχή. Συγκεκριμένα, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν στο άτομο δίχως οπτική αναπηρία παρουσιάζουν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -50\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία ($V \approx -25\mu V$), (Σχήμα 21: O1). Αντίθετα, στην μετωπο-πολική, μετωπιαία, κεντρική και κροταφική εγκεφαλική περιοχή, οι κυματομορφές και των δύο ανηλικών ατόμων εμφανίζουν περίπου ίδιο εύρος τιμών διαφορών δυναμικού ($-20\mu V \leq V \leq 50\mu V$), (Σχήμα 21: Fz, F4, C4). Η εικόνα είναι διαφοροποιημένη σε σχέση με τα ενήλικα άτομα όπου οι κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία εμφανίζουν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στην μετωπο-πολική, μετωπιαία, κεντρική και κροταφική περιοχή, ενώ παρουσιάζουν ίδιο εύρος τιμών για την ινιακή και βρεγματική περιοχή. Σημειώνεται, επίσης, ότι υπάρχει διαφοροποίηση με την αντίστοιχη σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ως προς το πλάτος ανηλικών ατόμων κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ψευδολέξεων. Στην περίπτωση εκείνη οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία παρουσίαζαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές εκτός της ινιακής, σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία.

Αναφορικά με το λανθάνοντα χρόνο, και στην περίπτωση επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο από ανήλικα άτομα προέκυψε πως το άτομο με οπτική αναπηρία επεξεργάζεται γρηγορότερα το συγκεκριμένο ακουστικό ερέθισμα σε σχέση με το ανήλικο άτομο που δεν παρουσιάζει οπτική αναπηρία. Η παρατήρηση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα ($400ms \leq t \leq 450ms$) στις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο άτομο με οπτική αναπηρία εν συγκρίσει με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο άτομο δίχως οπτική αναπηρία (Σχήμα 21). Η συγκεκριμένη παρατήρηση συμφωνεί με την αντίστοιχη για τα ενήλικα άτομα, όπου τα άτομα με οπτική αναπηρία επεξεργάζονται γρηγορότερα τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο.

Συμπληρωματικά, παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία και η μπλε που αντιστοιχεί στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 4 που ακολουθεί δίνονται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων Fz (μετωπιαία περιοχή), F4 (μετωπιαία περιοχή), C4 (κεντρική περιοχή) και O1 (ινιακή περιοχή).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 21: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ανήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων.

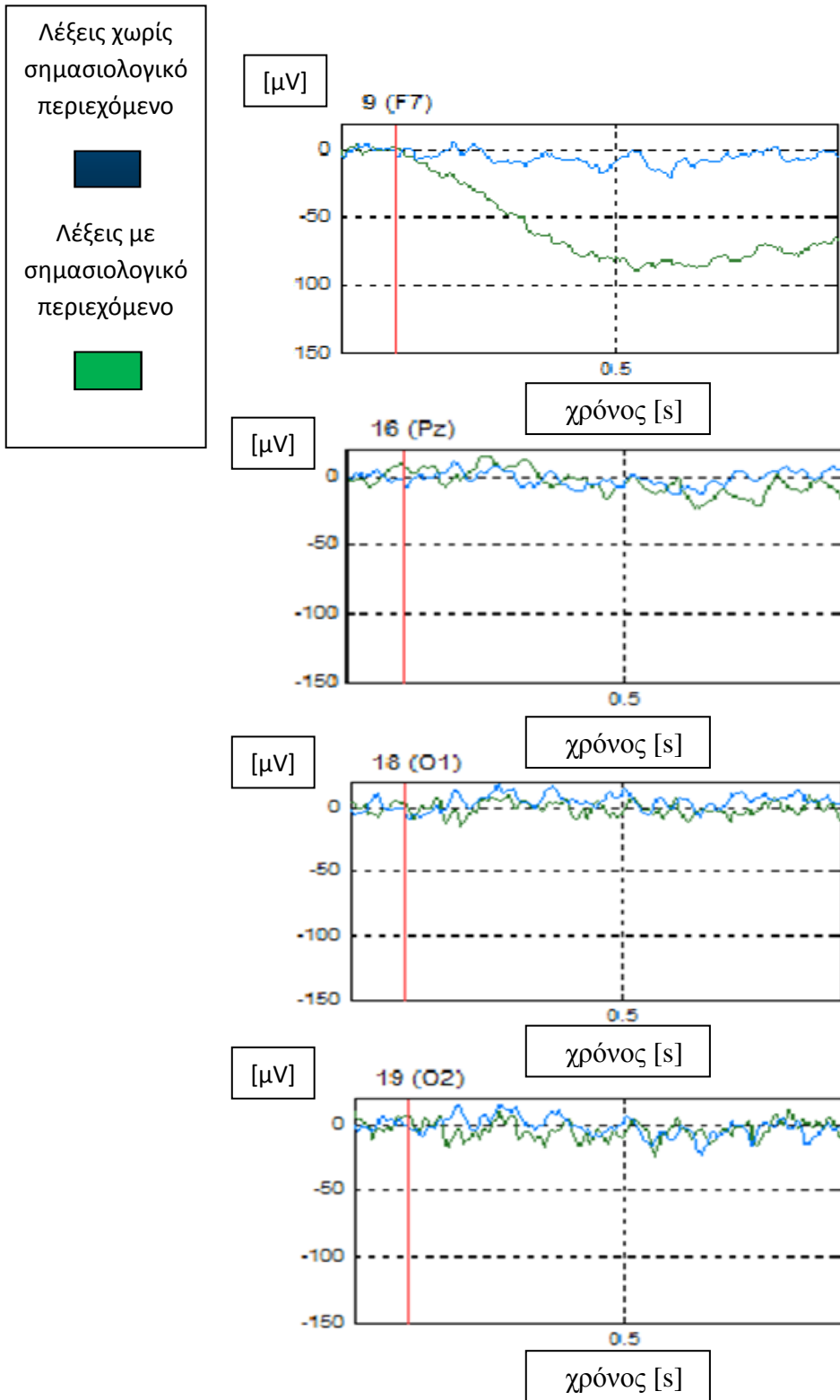
Το 5^ο ερευνητικό ερώτημα αναφέρεται στην ύπαρξη διαφορών στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις - ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο. Συγκεκριμένα, η ακριβής διατύπωση του είναι η εξής: «Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο;».

Όσον αφορά στο πλάτος, δεν παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο για τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, στην ινιακή και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου. Οι κορυφές που εμφανίζονται για τις λέξεις και τις ψευδολέξεις είναι περίπου ισοϋείς και οι διαφορές δυναμικού εμφανίζουν περίπου ίδιο εύρος τιμών ($-20\mu V \leq V \leq 10\mu V$), (Σχήμα 22: Pz, O1, O2). Το παραπάνω αποτέλεσμα υποδηλώνει την ύπαρξη νευρικών μηχανισμών που εν μέρει συμπίπτουν όσον αφορά στην επεξεργασία λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία.

Όπως προαναφέρθηκε, το άνωθεν αποτέλεσμα αφορά στην ινιακή και βρεγματική εγκεφαλική περιοχή. Η εικόνα, όμως, διαφοροποιείται στην κροταφική, κεντρική, μετωπιαία και μετωπο-πολική περιοχή του εγκεφάλου. Στις συγκεκριμένες γραφικές παραστάσεις, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο παρουσιάζουν διαφορές δυναμικού με σαφώς πιο αρνητικές τιμές ($V \approx -80\mu V$) σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις άνευ σημασιολογικού περιεχομένου ($V \approx -20\mu V$), (Σχήμα 22: F7).

Αναφορικά με το λανθάνοντα χρόνο, παρατηρείται πιο γρήγορη επεξεργασία των λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σύγκριση με τις λέξεις άνευ σημασιολογικού περιεχομένου στα ενήλικα άτομα που δεν εμφανίζουν οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στην κυματομορφή που αντιστοιχεί σε λέξεις ($t \approx 550 ms$) σε σχέση με την κυματομορφή που αντιστοιχεί σε ψευδολέξεις ($t \approx 600 ms$), (Σχήμα 22: F7).

Συμπληρωματικά, παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο και η μπλε που αντιστοιχεί σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, για τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 5 που ακολουθεί δίνονται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων F7 (μετωπιαία περιοχή), Pz (βρεγματική περιοχή), O1 (ινιακή περιοχή) και O2 (ινιακή περιοχή).



Σχήμα 22: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο.

Στο 6^ο ερευνητικό ερώτημα: «Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη και το λανθάνοντα χρόνο; », αναζητούνται διαφοροποιήσεις ως προς το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου χωρίς οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο.

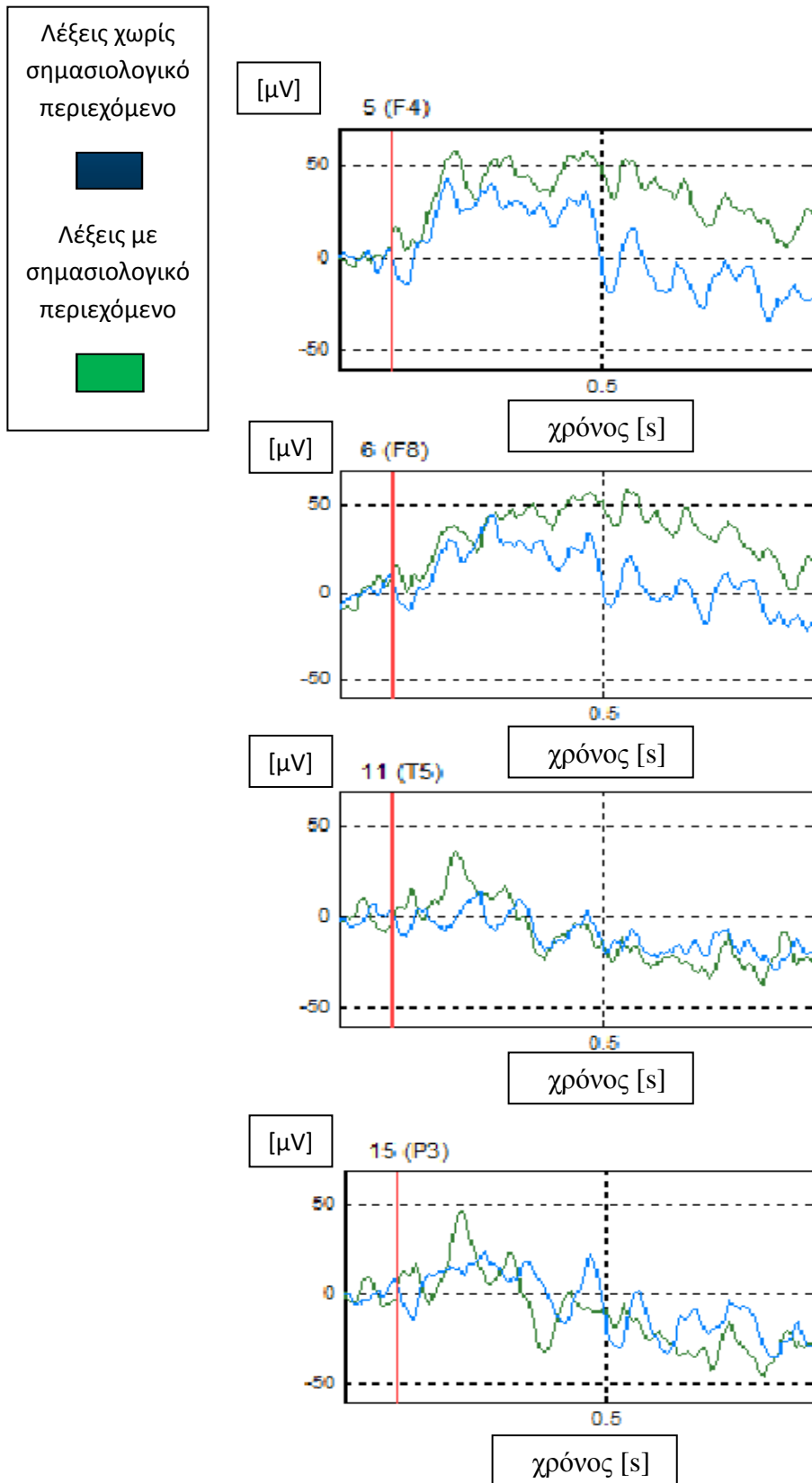
Όσον αφορά στο πλάτος δεν παρατηρούνται διαφοροποιήσεις ανάμεσα σε λέξεις και ψευδολέξεις στην ινιακή, βρεγματική, κροταφική και κεντρική εγκεφαλική περιοχή (Σχήμα 23: T₅, P3). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει την ύπαρξη νευρικών μηχανισμών που εν μέρει συμπίπτουν, για την επεξεργασία λέξεων και ψευδολέξεων από το ανήλικο άτομο χωρίς οπτική αναπηρία. Δεν υπήρξαν διαφοροποιήσεις αναφορικά με το πλάτος και στην περίπτωση των ενήλικων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία, όμως μόνο για την ινιακή και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου.

Αντίθετα, προέκυψαν διαφοροποιήσεις στο πλάτος στην μετωπιαία και μετωποπολική εγκεφαλική περιοχή, όπου οι κυματομορφές που αντιστοιχούν σε ψευδολέξεις παρουσιάζουν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -30\mu V$) σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις ($V \approx -5\mu V$), (Σχήμα 23: F4, F8). Στην περίπτωση των ενήλικων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία, οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο εμφάνιζαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού.

Επίσης, καταγράφηκε γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων από το ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία σε σύγκριση με τις ψευδολέξεις, καθώς η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα ($t \approx 400 ms$) στην κυματομορφή που αντιστοιχεί σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σχέση με την κυματομορφή που αντιστοιχεί σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ($t \approx 500 ms$), (Σχήμα 23: P3). Ομοίως, τα ενήλικα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία φάνηκε να επεξεργάζονται γρηγορότερα τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σύγκριση με τις λέξεις άνευ σημασιολογικού περιεχομένου.

Συμπληρωματικά, δημιουργήθηκαν οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο και η μπλε που αντιστοιχεί σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, για το ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 6 που έπεται δίνονται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων F4 (μετωπιαία περιοχή), F8 (μετωπιαία περιοχή), T5 (κροταφική περιοχή) και P3 (βρεγματική περιοχή).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 23: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο.

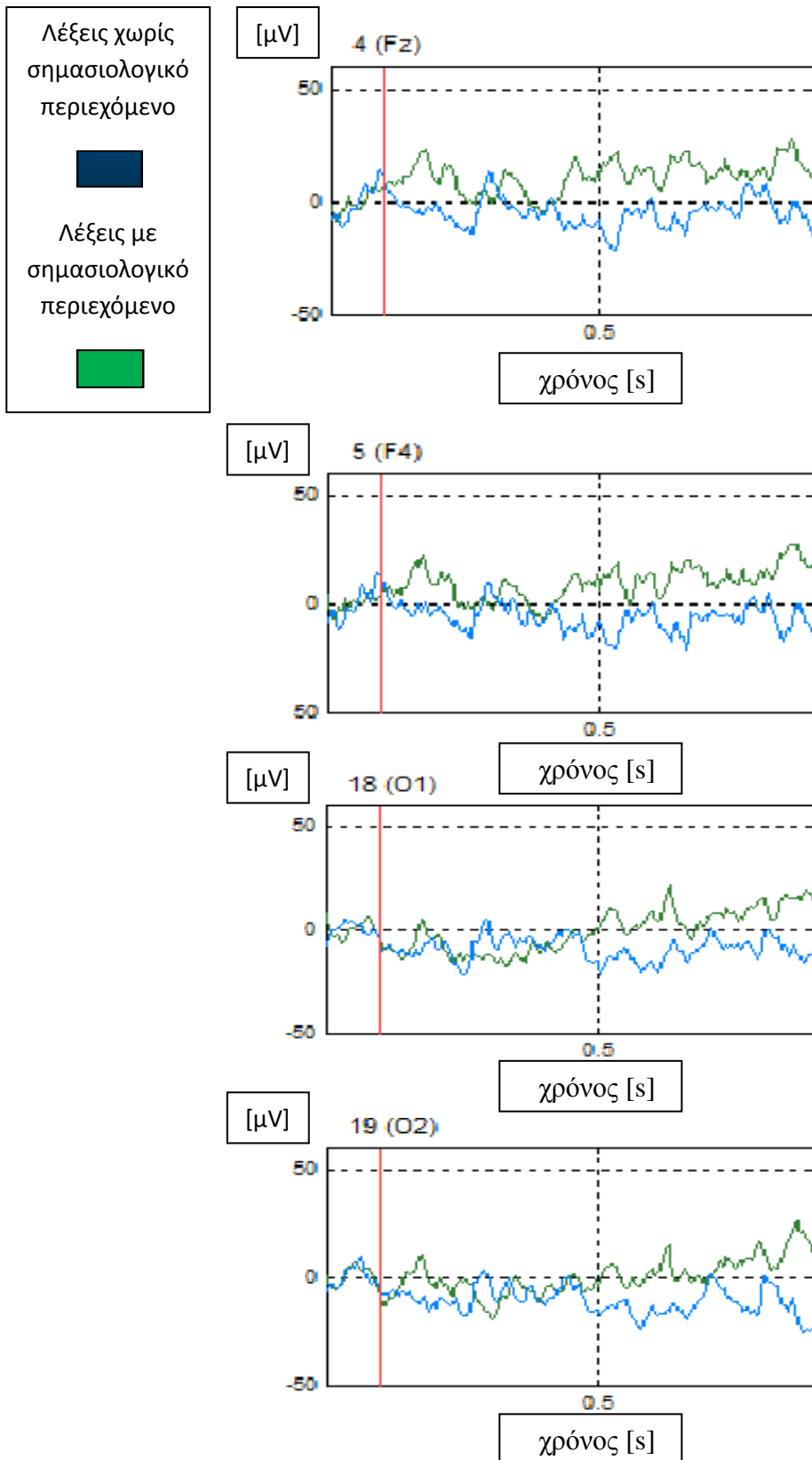
Το 7^ο ερευνητικό ερώτημα αναφέρεται στην ύπαρξη διαφοροποιήσεων στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων και ψευδολέξεων, ως προς το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο. Η ακριβής του διατύπωση είναι η ακόλουθη: «Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη και το λανθάνοντα χρόνο;».

Αναφορικά με το πλάτος παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των λέξεων και των ψευδολέξεων στα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, στην ινιακή και μετωπιαία περιοχή του εγκεφάλου, οι διαφορές δυναμικού εμφανίζουν πιο αρνητικές τιμές στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ($V \approx -25\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο ($V \approx -10\mu V$), (Σχήμα 24: Fz, F4, O1, O2). Ίδια παραμένει η εικόνα και για την μετωπο-πολική, κεντρική, κροταφική (εκτός από T5) και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου. Αντίθετα, στα ενήλικα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία, η εικόνα ήταν διαφοροποιημένη, όπως αναφέρθηκε στην απάντηση του 5^{ου} ερευνητικού ερωτήματος, το οποίο αναζητούσε διαφορές στο πλάτος μεταξύ λέξεων και ψευδολέξεων για ενήλικα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία. Στην περίπτωση των ενηλίκων ατόμων που δε εμφάνιζαν οπτική αναπηρία, οι διαφορές δυναμικού παρουσίαζαν πιο αρνητικές τιμές στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο για την μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική και κεντρική εγκεφαλική περιοχή, ενώ για την ινιακή και τη βρεγματική περιοχή παρουσίαζαν περίπου ίδιο εύρος τιμών.

Όσον αφορά στο λανθάνοντα χρόνο, παρατηρείται πιο γρήγορη επεξεργασία των ψευδολέξεων στα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία σε σχέση με τις λέξεις. Συγκεκριμένα, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα ($t \approx 500 ms$) στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο εν συγκρίσει με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο ($t \approx 600 ms$), (Σχήμα 24). Αντίθετα, στα ενήλικα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ο λανθάνων χρόνος ήταν μικρότερος για τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο.

Συμπληρωματικά, δημιουργήθηκαν οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο και η μπλε που αντιστοιχεί σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, για τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 7 που ακολουθεί δίνονται τα γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων Fz (μετωπιαία περιοχή), F4 (μετωπιαία περιοχή), O1 (ινιακή περιοχή) και O2 (ινιακή περιοχή).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 24: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο.

Το 8 ερευνητικό ερώτημα αφορά στην σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ως προς το πλάτος και το λανθάνοντα χρόνο κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο για ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, η διατύπωσή του έχει ως εξής: «Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς τα πλάτη και το λανθάνοντα χρόνο;».

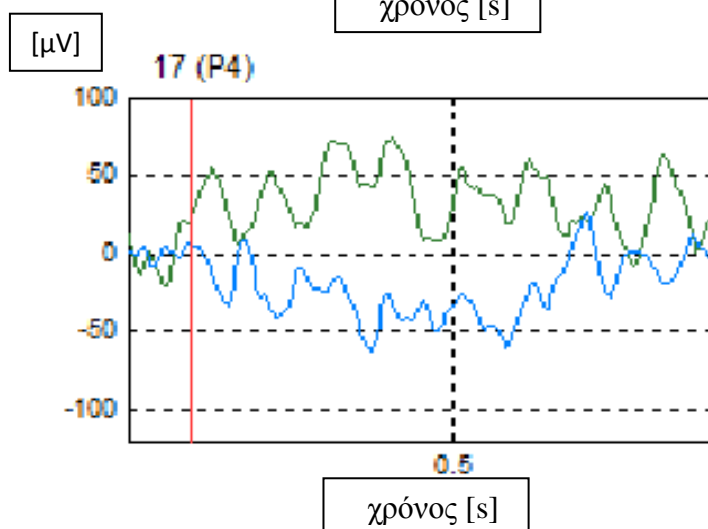
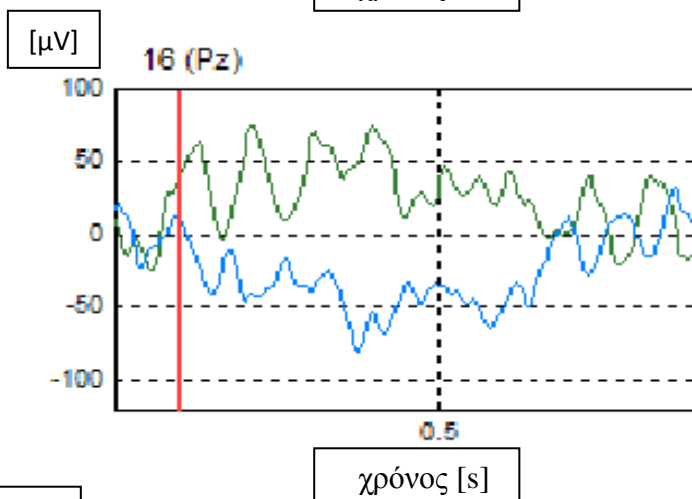
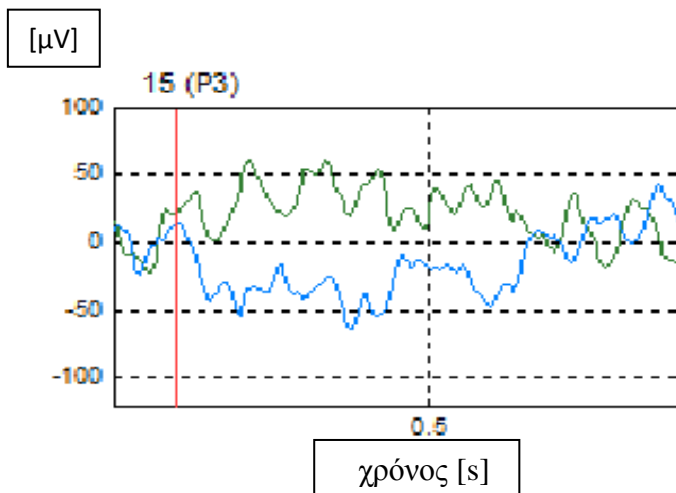
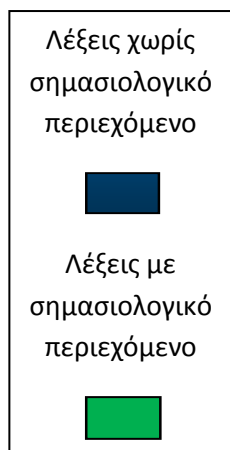
Αναφορικά με το πλάτος, προέκυψε πως στην ινιακή και βρεγματική εγκεφαλική περιοχή, οι κυματομορφές που αντιστοιχούν σε ψευδολέξεις παρουσιάζουν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -75\mu V$) σε σχέση με εκείνες που αντιστοιχούν σε λέξεις ($V \approx -25\mu V$), (Σχήμα 25: P3, Pz, P4, O1). Η ίδια εικόνα εμφανίζεται και στην μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική και κεντρική περιοχή του εγκεφάλου. Επομένως, και στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία παρατηρείται διαφοροποίηση στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία κατά την επεξεργασία λέξεων με και δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο, ως προς το πλάτος. Ωστόσο, η εικόνα είναι ίδια με τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία, που όπως προαναφέρθηκε, και σε εκείνη την περίπτωση οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε ψευδολέξεις εμφάνισαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -25\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις ($V \approx -10\mu V$). Ακόμη, η συγκεκριμένη παρατήρηση βρίσκεται εν μέρει σε συμφωνία με την αντίστοιχη για το ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία. Στην περίπτωση του ανήλικου ατόμου που δεν εμφάνιζε οπτική αναπηρία παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές των διαφορών δυναμικού για τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε ψευδολέξεις ($V \approx -30\mu V$), μόνο όμως για την μετωπο-πολική και μετωπιαία εγκεφαλική περιοχή. Στην ινιακή, βρεγματική, κεντρική και κροταφική περιοχή του εγκεφάλου οι διαφορές δυναμικού είχαν περίπου το ίδιο εύρος τιμών και για τις δύο κυματομορφές.

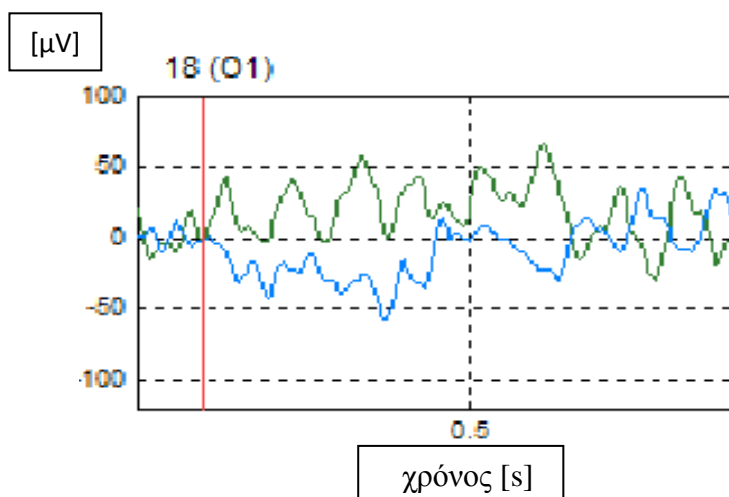
Όσον αφορά στον λανθάνοντα χρόνο, στην περίπτωση του ανήλικου ατόμου με οπτική αναπηρία παρατηρείται γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων άνευ σημασιολογικού περιεχομένου σε σχέση με τις λέξεις που έχουν σημασιολογικό περιεχόμενο, καθώς η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε ψευδολέξεις ($t \approx 400 ms$) συγκριτικά με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις ($t \approx 450 ms$), (Σχήμα 25: P3, Pz, P4). Το ίδιο παρατηρήθηκε και στα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία. Αντίθετα, στην περίπτωση των ατόμων δίχως οπτική αναπηρία, τόσο των ενηλίκων όσο και του ανήλικου, παρατηρήθηκε γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο.

Συμπληρωματικά, παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) ως συνάρτηση του χρόνου t (σε s). Σε κάθε γράφημα παρουσιάζονται δύο κυματομορφές: η πράσινη που αντιστοιχεί σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο και η μπλε που αντιστοιχεί σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, για το ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία. Ενδεικτικά, στο σχήμα 8 που έπεται δίνονται τα

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

γραφήματα που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων P3 (βρεγματική περιοχή), Pz (βρεγματική περιοχή), P4 (βρεγματική περιοχή) και O1 (ινιακή περιοχή).



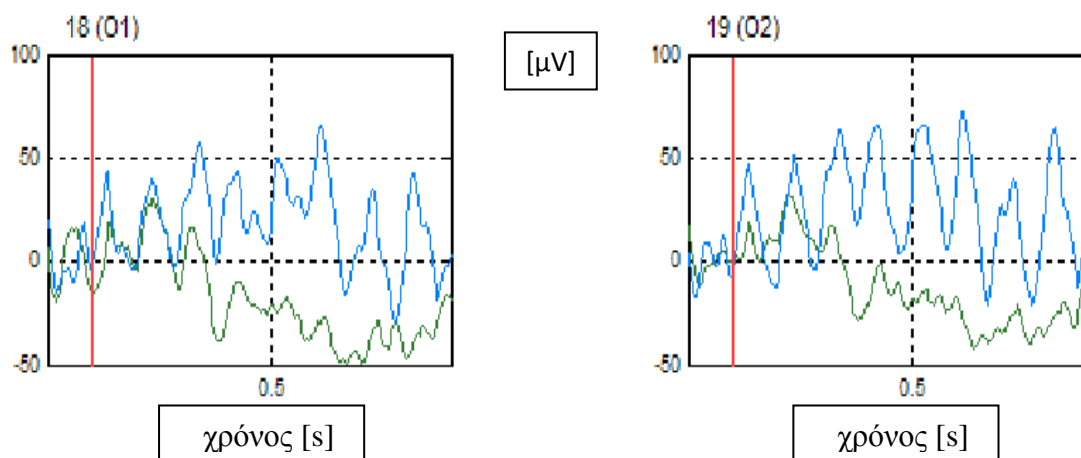


Σχήμα 25: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο.

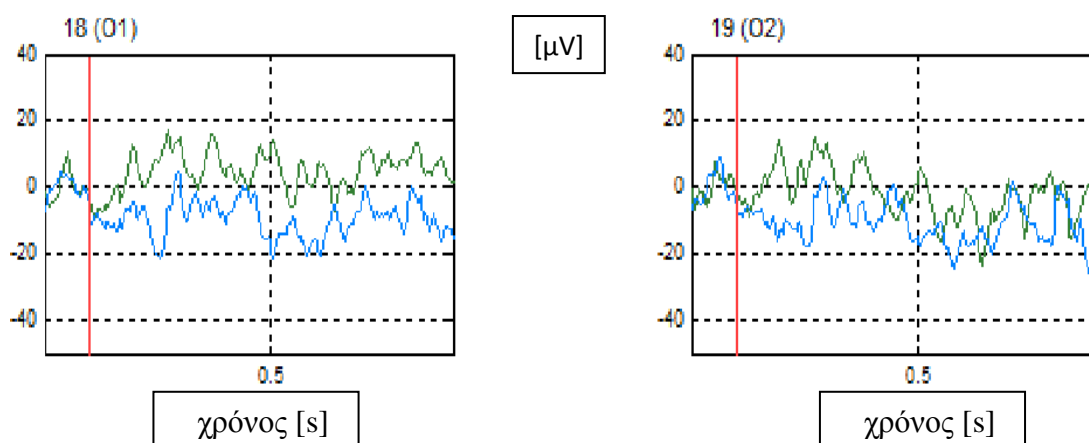
Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ολοκληρώνεται με το 9^ο ερευνητικό ερώτημα το οποίο αναφέρεται στην ύπαρξη διαφορών στις κυματομορφές που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων της ινιακής περιοχής (O1 και O2) και αντιστοιχούν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, τόσο ενήλικα όσο και ανήλικα, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων. Δηλαδή το τελευταίο ερευνητικό ερώτημα αφορά στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία της ινιακής περιοχής. Συγκεκριμένα, η ακριβής του διατύπωση έχει ως εξής: «Παρατηρούνται διαφορές στις κυματομορφές που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων της ινιακής περιοχής (ηλεκτρόδια O1 και O2) και αντιστοιχούν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία τόσο ενήλικα όσο και ανήλικα κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων;».

Προέκυψαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των κυματομορφών που αντιστοιχούν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, ως προς το πλάτος και γενικότερα ως προς τη μορφή τους. Ενδεικτικά, παρατίθενται τα αντίστοιχα γραφήματα από την περίπτωση επεξεργασίας των ψευδολέξεων-λέξεων (Σχήματα 26 και 27). Οι συγκεκριμένες γραφικές παραστάσεις προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων O₁ και O₂ της ινιακής περιοχής. Πρόκειται για τα γραφήματα της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) σε συνάρτηση με το χρόνο t (σε s), όπου η πράσινη κυματομορφή αντιστοιχεί σε άτομα δίχως οπτική αναπηρία ενώ η μπλε σε άτομα με οπτική αναπηρία. Στα άτομα με οπτική αναπηρία που συμμετείχαν στη συγκεκριμένη έρευνα, τα προβλήματα όρασης οφείλονται σε βλάβη στον οφθαλμό ή το οπτικό νεύρο και όχι σε κάποια βλάβη στον ινιακό λοβό του εγκεφάλου. Επομένως, η διαφοροποίηση στη μορφή των αντίστοιχων γραφημάτων οφείλεται στο γεγονός ότι στα άτομα με οπτική αναπηρία η συγκεκριμένη περιοχή δεν έχει δεχθεί οπτικά ερεθίσματα για μεγάλο χρονικό διάστημα (ή έχει δεχθεί περιορισμένα οπτικά ερεθίσματα). Ωστόσο, φαίνεται πως η οπτική αποστέρηση μπορεί να προκαλέσει αντισταθμιστική αναδιοργάνωση των

εγκεφαλικών περιοχών των ατόμων με οπτική αναπηρία ώστε να συνεισφέρουν στην επεξεργασία μη οπτικών ερεθισμάτων.



Σχήμα 26: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ανήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων (ινιακή περιοχή).



Σχήμα 27: Γραφικές παραστάσεις $V=f(t)$ για ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ψευδολέξεων (ινιακή περιοχή).

Συνοψίζοντας, διαπιστώθηκε πως τα άτομα με οπτική αναπηρία (ενήλικα και ανήλικα) επεξεργάζονται γρηγορότερα τα ακουστικά ερεθίσματα, είτε είναι λέξεις δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο είτε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σχέση με τα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία. Ακόμη, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις ως προς το πλάτος μεταξύ των δύο ομάδων. Επίσης, καταγράφηκε γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σχέση με τις λέξεις άνευ σημασιολογικού περιεχομένου από τα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία, τόσο τα ενήλικα όσο και το ανήλικα. Αντίθετα, στην περίπτωση των ατόμων με οπτική αναπηρία (ενήλικες και ανήλικα) σημειώθηκε γρηγορότερη επεξεργασία των ψευδολέξεων σε σύγκριση με τις λέξεις.

Σημειώνεται πως στο Παράρτημα Β της εργασίας περιέχονται τα γραφήματα που έχουν προκύψει από τα 19 ηλεκτρόδια { P3, P4, Pz (βρεγματική περιοχή), O1, O2 (ινιακή περιοχή), T3, T4, T5, T6 (κροταφική περιοχή), Fp1, Fp2 (μετωπο - πολική περιοχή), F3, F4, F7, F8, Fz (μετωπιαία περιοχή) και C3, C4, Cz (κεντρική περιοχή)}. που τοποθετήθηκαν στους συμμετέχοντες σε όλες τις περιπτώσεις.

Έπεται το 7^ο κεφάλαιο της εργασίας, όπου πραγματοποιείται συζήτηση επί των ερευνητικών ευρημάτων και σύγκρισή τους με τα αποτελέσματα άλλων παρεμφερών μελετών.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το 7^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας επιγράφεται «Συζήτηση – Συμπεράσματα» και αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος πραγματοποιείται συζήτηση επί των ερευνητικών ευρημάτων καθώς και σύγκριση αυτών με τα αποτελέσματα αντίστοιχων διεθνών ερευνών. Ακολουθεί το δεύτερο μέρος, στο οποίο παρουσιάζονται οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης και το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με το τρίτο μέρος όπου γίνεται λόγος για μελλοντικές προοπτικές και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση της συγκεκριμένης εργασίας.

7.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία χρησιμοποιήθηκαν Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά με στόχο τη διερεύνηση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ατόμων με οπτική αναπηρία και την εύρεση διαφοροποιήσεων ως προς το λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος τάσης σε σχέση με άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία. Ωστόσο, απώτερος σκοπός της μελέτης ήταν η αξιοποίηση των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων στην εκπαίδευση και τη βελτίωση της μάθησης ατόμων με οπτική αναπηρία.

Η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώθηκε στον εντοπισμό διαφοροποιήσεων στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων (λέξεις – ψευδολέξεις) ως προς τον λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος. Όπως προαναφέρθηκε, πρόκειται για μια βασική έρευνα σε πρωταρχικό επίπεδο όσον αφορά στην Ειδική Αγωγή και Εκπαίδευση. Ωστόσο, τονίζεται πως σημαίων στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η καταγραφή μιας τάσης διαφοροποίησης στη λειτουργία του εγκεφάλου ανάμεσα σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία και όχι η γενίκευση των συμπερασμάτων – παρατηρήσεων στον πληθυσμό.

Συγκεκριμένα, απαντήθηκαν τα ακόλουθα εννέα ερευνητικά ερωτήματα:

E₁: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₂: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₃: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με

σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₄: Υπάρχει διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία ανηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₅: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₆: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₇: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ενηλίκων ατόμων με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₈: Παρατηρούνται διαφορές στην εγκεφαλική λειτουργία ανήλικου ατόμου με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ως προς το πλάτος τάσης (ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού) και το λανθάνοντα χρόνο;

E₉: Παρατηρούνται διαφορές στις κυματομορφές που προέκυψαν από τα δεδομένα των ηλεκτροδίων της ινιακής περιοχής (ηλεκτρόδια O₁ και O₂) και αντιστοιχούν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία τόσο ενήλικα όσο και ανήλικα κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων;

Αρχικά, όσον αφορά στον λανθάνοντα χρόνο στην παρούσα έρευνα προέκυψε πως τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία επεξεργάζονται γρηγορότερα τα ακουστικά ερεθίσματα σε σχέση με τα άτομα που δεν εμφανίζουν οπτική αναπηρία, καθώς η συνιστώσα N400 παρουσιάζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε άτομα με οπτική αναπηρία. Η παρατήρηση αυτή ισχύει είτε τα ακουστικά ερεθίσματα είναι λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο είτε λέξεις δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις). Συγκεκριμένα, στην περίπτωση των ψευδολέξεων, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στα άτομα με οπτική αναπηρία ($500ms \leq t \leq 550ms$) σε σχέση με τα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ($550ms \leq t \leq 600ms$). Αντίστοιχα, στην περίπτωση των λέξεων, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα με οπτική αναπηρία ($400ms \leq t \leq$

500ms) σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία ($t \approx 600 \text{ ms}$).

Παρόμοια, οι Roder, Rosler και Neville (2000) στην έρευνά τους χρησιμοποίησαν ακουστικά προκλητά δυναμικά για να επαληθεύσουν την υπόθεση πως στα άτομα με οπτική αναπηρία, λόγω μεγαλύτερης εμπιστοσύνης στην ακουστική οδό, ο λόγος εξελίσσεται γρηγορότερα σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια στην ινιακή, βρεγματική, κροταφική, κεντρική και μετωπιαία περιοχή, καταγράφηκε η συνιστώσα N400. Οι ερευνητές κατέληξαν στο γεγονός ότι τα άτομα με οπτική αναπηρία διαχώριζαν γρηγορότερα τις προτάσεις σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία αφού η συνιστώσα N400 εμφανιζόταν γρηγορότερα στα γραφήματα που αντιστοιχούσαν στα άτομα με οπτική αναπηρία.

Πιο σύντομος λανθάνοντας χρόνος για τα άτομα με οπτική αναπηρία σε σύγκριση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία καταγράφηκε και στην έρευνα των Niemeier και Starlinger (1981). Κύριος στόχος της εργασίας τους ήταν η επαλήθευση της υπόθεσης ότι τα άτομα με οπτική αναπηρία παρουσιάζουν καλύτερη χρησιμοποίηση της ακουστικής πληροφορίας σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, γεγονός που συνδέεται με την πλαστικότητα του νευρικού συστήματος. Παρα το γεγονός πως δεν χρησιμοποιήθηκαν προκλητά δυναμικά αλλά ακουομετρία ηλεκτρικής απόκρισης (ERA), οι ερευνητές κατέληξαν σε γρηγορότερη ικανότητα διαχωρισμού και ολοκλήρωσης του λόγου στα άτομα με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία.

Οι Feinsod, Bach-Y-Rita και Madey (1973) χρησιμοποίησαν σωματοαισθητηριακά προκλητά δυναμικά προκειμένου να εντοπίσουν διαφορές στο λανθάνοντα χρόνο μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία. Το ερέθισμα που χρησιμοποίησαν ήταν ένα σύνολο απτικών δονήσεων διάρκειας 20ms που χορηγήθηκε στο δείκτη του δεξιού ή αριστερού χεριού κάθε συμμετέχοντα. Τα αποτελέσματα έδειξαν μικρότερους λανθάνοντες χρόνους για τις συνιστώσες P200 και N300 για τα άτομα με οπτική αναπηρία σε σύγκριση με τα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία.

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την παρούσα εργασία, εκτός από τα ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, συμμετείχαν και δύο ανήλικα άτομα, ένα 15χρονο με οπτική αναπηρία και ένα 16χρονο χωρίς οπτική αναπηρία. Τα σήματα από τους ανήλικους συμμετέχοντες αναλύθηκαν ξεχωριστά ώστε να διαπιστωθούν εάν υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εγκεφαλική τους λειτουργία. Ωστόσο, και στην περίπτωση των ανηλικών προέκυψε πως το ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία επεξεργάζεται γρηγορότερα τα ακουστικά ερεθίσματα, είτε αυτά είναι λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο είτε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο, σε σχέση με το ανήλικο άτομο χωρίς οπτική αναπηρία, δηλαδή καταγράφηκαν συντομότεροι λανθάνοντες χρόνοι για το ανήλικο άτομο που εμφάνιζε οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση των ψευδολέξεων, η συνιστώσα N₄₀₀ εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο με οπτική

αναπηρία ($t \approx 550 \text{ ms}$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία ($t \approx 600 \text{ ms}$). Αντίστοιχα, και στην περίπτωση των λέξεων, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα ($400 \text{ ms} \leq t \leq 450 \text{ ms}$) στις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο άτομο με οπτική αναπηρία εν συγκρίσει με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν στο άτομο δίχως οπτική αναπηρία.

Από την ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας προέκυψε πως είναι ελάχιστες οι έρευνες που σχετίζονται με προκλητά δυναμικά και ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και στις οποίες συμμετέχουν παιδιά. Σχετική με την οπτική αναπηρία βρέθηκε η έρευνα των Naveen, Srinivas και Nirmala (1998). Σε αυτή χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά με στόχο την ανάλυση της συνιστώσας P100 ως προς το λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος τάσης. Το ακουστικό ερέθισμα ήταν «κλικ» διάρκειας 40μs. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως οι λανθάνοντες χρόνοι ήταν σημαντικά μικρότερης διάρκειας στα παιδιά με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα παιδιά χωρίς οπτική αναπηρία. Κάτι τέτοιο, σύμφωνα με τους ερευνητές, υποδεικνύει ενισχυμένη αποδοτικότητα στην επεξεργασία της ακουστικής πληροφορίας στα νευρικά κέντρα του εγκεφάλου για τα άτομα με οπτική αναπηρία.

Εκτός από τον λανθάνοντα χρόνο, τα ερευνητικά ερωτήματα αφορούν και το πλάτος τάσης, δηλαδή την ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού (αφού η συνιστώσα N₄₀₀ είναι αρνητική). Πριν γίνει αναφορά στα αποτελέσματα που σχετίζονται με το πλάτος τάσης, υπενθυμίζεται πως στην παρούσα εργασία, τα ηλεκτρόδια για την καταγραφή των εγκεφαλικών σημάτων τοποθετήθηκαν σε 19 σημεία: P3, P4, Pz (βρεγματική περιοχή), O1, O2 (ινιακή περιοχή), T3, T4, T5, T6 (κροταφική περιοχή), Fp1, Fp2 (μετωπο - πολική περιοχή), F3, F4, F7, F8, Fz (μετωπιαία περιοχή) και C3, C4, Cz (κεντρική περιοχή). Όσον αφορά στο πλάτος, στην περίπτωση των λέξεων άνευ σημασιολογικού περιεχομένου, προέκυψαν πιο αρνητικές τιμές των διαφορών δυναμικού σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου (ινιακή, βρεγματική, κεντρική, κροταφική, μετωπιαία και μετωπο-πολική) για τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία σε σχέση με τα ενήλικα άτομα που δεν εμφάνιζαν οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία εμφάνιζαν σαφώς πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -30 \mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ($V \approx -20 \mu V$). Αντίθετα, στην περίπτωση των λέξεων με σημασιολογικό περιεχόμενο προέκυψαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού για τα ενήλικα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία σε σύγκριση με τα άτομα με οπτική αναπηρία. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για την μετωπο-πολική, μετωπιαία, κεντρική και κροταφική εγκεφαλική περιοχή. Δηλαδή, στη μετωπο-πολική, μετωπιαία, κροταφική και κεντρική περιοχή, οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στα άτομα δίχως οπτική αναπηρία παρουσίαζαν σαφώς πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -150 \mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε άτομα με οπτική αναπηρία ($V \approx -10 \mu V$). Όμως στην ινιακή και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου προέκυψε

περίπου ίδιο εύρος τιμών των διαφορών δυναμικού για τα ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία ($-10\mu V \leq V \leq 10\mu V$).

Παρόμοια, στην έρευνα των Roder, Rosler και Neville (1999), η οποία είχε ως στόχο την επαλήθευση της ακουστικής αναπλήρωσης σε άτομα με οπτική αποστέρωση, προέκυψαν πιο αρνητικές τιμές των διαφορών δυναμικού (για τη συνιστώσα N100) στους συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία σε σχέση με τους συμμετέχοντες χωρίς οπτική αναπηρία, στην κροταφική, βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Ακόμη, παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες τιμές των διαφορών δυναμικού για τη θετική συνιστώσα P200, κυρίως στην μπροστινή κεντρική εγκεφαλική περιοχή. Οι ερευνητές της συγκεκριμένης μελέτης, χρησιμοποιώντας ακουστικά προκλητά δυναμικά, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως τα στοιχειώδη ακουστικά ερεθίσματα επεξεργάζονται στα ίδια εγκεφαλικά συστήματα στα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία, αλλά αυτά εργάζονται πιο αποδοτικά στα άτομα με οπτική αποστέρωση.

Στην έρευνα των Niemeier και Starlinger (1981) που συνέκρινε την ακουστική οδό ατόμων με οπτική αναπηρία και βλέπόντων ατόμων με τη βοήθεια της ακουομετρίας ηλεκτρικής απόκρισης (ERA), δεν προέκυψαν διαφοροποιήσεις ως προς το πλάτος μεταξύ των δύο ομάδων, σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου.

Επιπροσθέτως, οι Rosler, Roder, Heil και Hennighausen (1993) επιδιώκουν να εντοπίσουν διαφοροποιήσεις μεταξύ ενηλίκων ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια απτικού πειράματος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, τα απτικά ερεθίσματα οδήγησαν σε ενεργοποίηση της ινιακής περιοχής στα άτομα με οπτική αναπηρία ενώ στα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία ενεργοποιήθηκε η μετωπική περιοχή. Παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις ως προς το πλάτος μεταξύ ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία, με τα άτομα με οπτική αναπηρία να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές διαφορών δυναμικού κυρίως στην ινιακή περιοχή. Σημειώνεται πως δεν υπήρξαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των ατόμων με οπτική αναπηρία εκ γενετής κι εκείνων που έχασαν την όρασή τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Αντίστοιχα, στην έρευνα των Roder, Rosler και Hennighausen (1997) που είχε σκοπό να ερευνηθεί εάν ο ινιακός λοβός στα άτομα με οπτική αναπηρία δραστηριοποιείται κατά τη διάρκεια απτικής αντίληψης ή/και μετασχηματισμού μιας απτικής εικόνας, καταγράφηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στην ινιακή περιοχή για τα άτομα που παρουσίαζαν οπτική αποστέρωση σε σχέση με τα άτομα που δεν είχαν οπτική αναπηρία.

Στην παρούσα εργασία, οι αντίστοιχες συγκρίσεις για το πλάτος πραγματοποιήθηκαν και για τα ανήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία. Στην περίπτωση των λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, προέκυψαν πιο αρνητικές τιμές των διαφορών δυναμικού σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές (κεντρική, κροταφική, μετωπιαία, μετωπο-πολική, βρεγματική) εκτός από την ινιακή περιοχή για

το ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία σε σύγκριση με το ανήλικο άτομο χωρίς οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία παρουσίαζαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -100\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία ($V \approx -50\mu V$). Στην ινιακή εγκεφαλική περιοχή προέκυψε περίπου ίδιο εύρος τιμών των διαφορών δυναμικού για το ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία και εκείνο χωρίς οπτική αναπηρία ($-50\mu V \leq V \leq 25\mu V$). Στην περίπτωση που τα ακουστικά ερεθίσματα ήταν λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο, προέκυψαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού για το ανήλικο άτομο χωρίς οπτική αναπηρία σε σχέση με το ανήλικο άτομο που εμφάνιζε οπτική αναπηρία στην βρεγματική και ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, οι κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία παρουσίαζαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού ($V \approx -50\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στο ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία ($V \approx -25\mu V$). Όμως στην κροταφική, κεντρική, μετωπιαία και μετωπο-πολική εγκεφαλική περιοχή προέκυψε περίπου ίδιο εύρος τιμών των διαφορών δυναμικού για το ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία και εκείνο χωρίς οπτική αναπηρία ($-20\mu V \leq V \leq 50\mu V$).

Αντίστοιχα, στην έρευνα των Naveen, Srinivas και Nirmala (1998) που συμμετείχαν παιδιά με οπτική αναπηρία (εκ γενετής) και παιδιά χωρίς οπτική αναπηρία και χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το πλάτος τάσης σε καμία εγκεφαλική περιοχή.

Επίσης, στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ως προς το λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος για ενήλικα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις - ψευδολέξεις). Αναφορικά με το πλάτος, προέκυψε περίπου ίδιο εύρος τιμών διαφορών δυναμικού για τις λέξεις και τις ψευδολέξεις στην ινιακή και βρεγματική εγκεφαλική περιοχή ($-20\mu V \leq V \leq 10\mu V$). Όμως στην κεντρική, κροταφική, μετωπιαία και μετωπο-πολική περιοχή του εγκεφάλου καταγράφηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο ($V \approx -80\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ($V \approx -20\mu V$). Όσον αφορά στο λανθάνοντα χρόνο, στην παρούσα μελέτη, προέκυψε πως τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία εντοπίζουν γρηγορότερα τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο αφού σε αυτές αντιστοιχούν μικρότεροι λανθάνοντες χρόνοι. Συγκεκριμένα, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στην κυματομορφή που αντιστοιχεί σε λέξεις ($t \approx 550 ms$ σε σχέση με την κυματομορφή που αντιστοιχεί σε ψευδολέξεις $t \approx 600 ms$).

Αντίστοιχα, η έρευνα των Tabullo, Yorio, Zanutto και Wainelboim (2015) στοχεύει στο συσχετισμό λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, αναζητώντας διαφοροποιήσεις ως προς το πλάτος τάσης μεταξύ των δύο κατηγοριών γλωσσικών ερεθισμάτων. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ακουστικά προκλητά δυναμικά και τα ακουστικά ερεθίσματα αποτέλεσαν λέξεις και ψευδολέξεις. Καταγράφηκε η συνιστώσα N400. Τα αποτελέσματα έδειξαν παρόμοιες επιδράσεις στις τιμές των διαφορών δυναμικού στην ινιακή και βρεγματική εγκεφαλική περιοχή τόσο για τις λέξεις όσο και τις ψευδολέξεις. Οι ερευνητές δεν αναφέρουν την εικόνα που επικρατεί στις υπόλοιπες περιοχές του εγκεφάλου (κροταφική, κεντρική, μετωπιαία, μετωπο-πολική), ενώ στη συγκεκριμένη έρευνα δεν γίνεται λόγος για τον λανθάνοντα χρόνο.

Στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια, η σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ως προς το λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο πραγματοποιήθηκε και για το ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία. Στην περίπτωση αυτή, προέκυψε περίπου ίδιο εύρος τιμών για τις διαφορές δυναμικού μεταξύ λέξεων και ψευδολέξεων στην ινιακή, βρεγματική, κροταφική και κεντρική εγκεφαλική περιοχή. Όμως, καταγράφηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στις ψευδολέξεις στην μετωπιαία και μετωπο-πολική περιοχή του εγκεφάλου ($V \approx -30\mu V$) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν στις λέξεις ($V \approx -5\mu V$). Σχετικά με το λανθάνοντα χρόνο και στην περίπτωση του ανηλικού ατόμου δίχως οπτική αναπηρία προέκυψε πως αντιλαμβάνεται γρηγορότερα τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο όπως και τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα ($t \approx 400 ms$) στην κυματομορφή που αντιστοιχεί σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο σε σχέση με την κυματομορφή που αντιστοιχεί σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο ($t \approx 500 ms$).

Από την ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, δεν κατέστη δυνατό να εντοπιστεί κάποια έρευνα που να αφορά σε γλωσσικής φύσεως ακουστικά ερεθίσματα όπως λέξεις ή προτάσεις με ή δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο και στην οποία να συμμετείχαν παιδιά. Συγκρίνοντας όμως τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία παρατηρήθηκε προς υπέρβαση συμφωνία ως προς το λανθάνοντα χρόνο αφού τόσο τα ενήλικα άτομα όσο και το ανήλικο άτομο αντιλαμβάνονται γρηγορότερα τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο, διότι και στις δύο περιπτώσεις η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις σε σχέση με τις ψευδολέξεις. Αναφορικά με το πλάτος παρατηρήθηκαν ορισμένες διαφοροποιήσεις. Στην περίπτωση των ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία οι διαφορές δυναμικού εμφάνιζαν ίδιο εύρος τιμών μεταξύ των λέξεων και των ψευδολέξεων στην ινιακή και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου, ενώ στην περίπτωση του ανηλικού ατόμου δίχως οπτική αναπηρία η

εικόνα αυτή ίσχυε για την ινιακή, την βρεγματική, την κεντρική και την κροταφική εγκεφαλική περιοχή. Επίσης, στην περίπτωση των ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο στην κεντρική, κροταφική, μετωπιαία και μετωπο-πολική εγκεφαλική περιοχή. Αντίθετα στο ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) στην μετωπιαία και μετωπο-πολική εγκεφαλική περιοχή. Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις είναι πιθανό να οφείλονται στη διαφορετική διαμόρφωση του εγκεφάλου του ανήλικου ατόμου (16 ετών) σε σύγκριση με τον ολοκληρωμένο εγκέφαλο ενηλίκων ατόμων (ηλικιακός μέσος 31,25 έτη). Επίσης, ίσως διαδραμάτισε κάποιο ρόλο η συναισθηματική κατάσταση των συμμετεχόντων (πχ αγωνία, άγχος).

Στην παρούσα εργασία, όπως για τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, έτσι και για τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία πραγματοποιήθηκε η σύγκριση της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ως προς τον λανθάνοντα χρόνο και το πλάτος κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο. Όσον αφορά στο πλάτος, προέκυψαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού για τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε ψευδολέξεις ($V \approx -25\mu V$) σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις ($V \approx -10\mu V$), σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου (ινιακή, βρεγματική, κεντρική, κροταφική, μετωπιαία, μετωπο-πολική). Αναφορικά με τον λανθάνοντα χρόνο παρατηρήθηκε γρηγορότερη επεξεργασία των λέξεων χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο (ψευδολέξεις) από τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα ($t \approx 500 ms$ στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο εν συγκρίσει με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο ($t \approx 600 ms$)).

Συγκρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, στην παρούσα εργασία, διαπιστώνονται διαφοροποιήσεις τόσο αναφορικά με τον λανθάνοντα χρόνο όσο και με το πλάτος. Τα ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία, δηλαδή, αντιλαμβάνονται γρηγορότερα τις λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο και όχι τις λέξεις που δεν έχουν σημασιολογικό περιεχόμενο, αντίθετα με τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία, τα οποία επεξεργάζονται νωρίτερα τις ψευδολέξεις σε σχέση με τις λέξεις. Στην περίπτωση των ενηλίκων ατόμων δίχως οπτική αναπηρία, οι διαφορές δυναμικού εμφάνιζαν ίδιο εύρος τιμών μεταξύ των λέξεων και των ψευδολέξεων στην ινιακή και βρεγματική περιοχή του εγκεφάλου ενώ παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο στην κεντρική, κροταφική, μετωπιαία και μετωπο-πολική εγκεφαλική περιοχή. Αντίθετα, στην περίπτωση των ενηλίκων ατόμων με οπτική αναπηρία παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού για τις κυματομορφές που

αντιστοιχούν σε ψευδολέξεις σε σύγκριση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις, σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου (ινιακή, βρεγματική, κεντρική, κροταφική, μετωπιαία, μετωπο-πολική). Οι προαναφερθείσες διαφορές είναι πιθανό να οφείλονται στις διαφοροποιήσεις της λειτουργίας του εγκεφάλου μεταξύ των συμμετεχόντων των δύο ομάδων εξαιτίας της οπτικής αναπηρίας. Στην περίπτωση των ατόμων με οπτική αναπηρία, η ινιακή περιοχή δεν έχει δεχθεί οπτικά ερεθίσματα για μεγάλο χρονικό διάστημα (ή έχει δεχθεί περιορισμένα οπτικά ερεθίσματα). Φαίνεται πως η οπτική αποστέρηση μπορεί να προκαλέσει αντισταθμιστική αναδιοργάνωση των εγκεφαλικών περιοχών των ατόμων αυτών ώστε να συνεισφέρουν στην επεξεργασία μη οπτικών ερεθισμάτων, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται διαφορές σε σχέση με τα άτομα που δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα όρασης.

Αντίστοιχα, οι Roder, Rosler και Neville (2000) χρησιμοποίησαν ακουστικά προκλητά δυναμικά προκειμένου να εξετάσουν την ακουστική γλωσσική διαδικασία σε εκ γενετής τυφλούς και σε βλέποντες ανθρώπους. Ως ακουστικό ερέθισμα χρησιμοποίησαν προτάσεις με σημασιολογικό περιεχόμενο και προτάσεις στις οποίες άλλαζε η τελευταία λέξη με αποτέλεσμα να μην έχουν σημασιολογικό περιεχόμενο. Καταγράφηκε η συνιστώσα N400. Αναφορικά με τις συγκρίσεις που αφορούσαν τα άτομα με οπτική αναπηρία για τις προτάσεις με και χωρίς νόημα, προέκυψε πως σε όλες τις περιοχές του εγκεφάλου (ινιακή, βρεγματική, κεντρική, κροταφική και μετωπική) παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε προτάσεις χωρίς νόημα. Οι ερευνητές δεν αναφέρονται στον λανθάνοντα χρόνο για τις προτάσεις με και χωρίς νόημα στα άτομα με οπτική αναπηρία.

Ακριβώς ίδια είναι η εικόνα και στην περίπτωση του ανήλικου ατόμου με οπτική αναπηρία, που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία. Εξετάζοντας την ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ως προς το πλάτος και τον λανθάνοντα χρόνο κατά τη διάρκεια επεξεργασίας λέξεων με και χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο για ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία προέκυψαν τα εξής ευρήματα: αναφορικά με τον λανθάνοντα χρόνο φάνηκε να επεξεργάζεται γρηγορότερα τις ψευδολέξεις, όπως και τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, η συνιστώσα N400 εμφανίζεται νωρίτερα στις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε ψευδολέξεις ($t \approx 400 \text{ ms}$) συγκριτικά με τις κυματομορφές που αντιστοιχούν σε λέξεις ($t \approx 450 \text{ ms}$). Όσον αφορά στο πλάτος, παρατηρήθηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού για τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε ψευδολέξεις ($V \approx -25 \mu V$) σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές (ινιακή, βρεγματική, κεντρική, κροταφική, μετωπιαία, μετωπο-πολική) σε σχέση με τις κυματομορφές που αντιστοιχούσαν σε λέξεις ($V \approx -10 \mu V$). Παρά τις διαφορές στην διαμόρφωση του εγκεφάλου του ανήλικου ατόμου λόγω του νεαρού της ηλικίας δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις ούτε αναφορικά με τον λανθάνοντα χρόνο ούτε και με το πλάτος, σε σχέση με τα ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία. Σημειώνεται πως από τη βιβλιογραφική επισκόπηση δεν ανέκυψε έρευνα

που να αφορά ακουστικά ερεθίσματα γλωσσικής φύσεως και στην οποία να συμμετέχουν ανήλικα άτομα με οπτική αναπηρία.

Ακόμη, στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ατόμων με και δίχως οπτική αναπηρία στην ινιακή περιοχή του εγκεφάλου. Προέκυψαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των κυματομορφών που αντιστοιχούσαν σε άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία (ενήλικα και ανήλικα), είτε τα ακουστικά ερεθίσματα είναι λέξεις με σημασιολογικό περιεχόμενο είτε λέξεις χωρίς σημασιολογικό περιεχόμενο, στην ινιακή εγκεφαλική περιοχή. Οι διαφοροποιήσεις αυτές στη μορφή και στο πλάτος πιθανό να οφείλονται στην οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, στα άτομα με οπτική αναπηρία που συμμετείχαν στη συγκεκριμένη έρευνα, τα προβλήματα όρασης οφείλονται σε βλάβη στον οφθαλμό ή το οπτικό νεύρο και όχι σε κάποια βλάβη στον ινιακό λοβό του εγκεφάλου. Επομένως, η διαφοροποίηση στα αντίστοιχα γραφήματα οφείλεται στο γεγονός ότι στα άτομα με οπτική αναπηρία η συγκεκριμένη περιοχή δεν έχει δεχθεί οπτικά ερεθίσματα για μεγάλο χρονικό διάστημα (ή έχει δεχθεί περιορισμένα οπτικά ερεθίσματα). Ωστόσο, φαίνεται πως η οπτική αποστέρηση μπορεί να προκαλέσει αντισταθμιστική αναδιοργάνωση των εγκεφαλικών περιοχών των ατόμων με οπτική αναπηρία ώστε να συνεισφέρουν στην επεξεργασία μη οπτικών ερεθισμάτων.

Αντίστοιχα, οι Roder, Rosler, Hennighausen και Nacker (1996) στην έρευνά τους εξέτασαν εάν ο ινιακός λοβός των τυφλών ατόμων μπορεί να συμμετάσχει στην επεξεργασία μη οπτικών ερεθισμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά και σωματοαισθητηριακά προκλητά δυναμικά. Από την ανάλυση των εγκεφαλικών σημάτων προέκυψε διαφοροποίηση στην εγκεφαλική λειτουργία των ατόμων με οπτική αναπηρία στην ινιακή περιοχή σε σύγκριση με τα άτομα χωρίς οπτική αναπηρία. Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν πιο αρνητικές τιμές διαφορών δυναμικού στα άτομα με οπτική αναπηρία, τόσο στα ακουστικά όσο και στα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα, στην ινιακή περιοχή. Τα δεδομένα αυτά οδηγούν, σύμφωνα με τους ερευνητές, στο συμπέρασμα ότι ο ινιακός λοβός των ατόμων με οπτική αναπηρία συνενεργοποιείται οποτεδήποτε το σύστημα εμπλέκεται σε δραστηριότητες-ασκήσεις που απαιτούν προσοχή, δηλαδή συμμετέχει στην επεξεργασία μη οπτικών πληροφοριών.

Επίσης, στην ερευνητική μελέτη των Rosler, Roder, Heil και Hennighausen (1993) προέκυψε διαφοροποίηση στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία των ατόμων με οπτική αναπηρία στην ινιακή περιοχή σε σχέση με τα άτομα δίχως οπτική αναπηρία. Η συγκεκριμένη έρευνα αφορούσε σε σωματοαισθητηριακού τύπου ερεθίσματα. Τα αποτελέσματα αυτά συμβάλλουν, σύμφωνα με τους ερευνητές, στην απάντηση του ερωτήματος εάν η οπτική αποστέρηση σε ένα άτομο με οπτική αναπηρία μπορεί να προκαλέσει αναδιοργάνωση των εγκεφαλικών φλοιών.

Ακόμη, στην έρευνα των Roder, Teder-Salejarvi, Sterr, Rosler, Hillyard και Neville (1999) επαληθεύθηκε η υπόθεση πως στα άτομα με οπτική αναπηρία η οπτική

αποστέρηση επιδρά πιο σαφώς στην επεξεργασία περιφερειακών ήχων. Καταγράφηκαν διαφοροποιήσεις στην ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία των ατόμων των δύο ομάδων, καθώς και συμμετοχή της ινιακής περιοχής στα άτομα με οπτική αναπηρία. Σύμφωνα με τους ερευνητές, τα συγκεκριμένα δεδομένα οδηγούν σε μία αντισταθμιστική αναδιοργάνωση των εγκεφαλικών περιοχών στα άτομα με οπτική αναπηρία που μπορεί να συνεισφέρει στη βελτιωμένη χωρική ανάλυση περιφερειακών πηγών.

Συμπερασματικά, η παρούσα εργασία συμβάλλει στο νέο επιστημονικό πεδίο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, δίνοντας πειραματικά δεδομένα για την ηλεκτρική εγκεφαλική λειτουργία ατόμων με οπτική αναπηρία κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων. Όπως, προαναφέρθηκε, προέκυψε πως οι νευρικοί μηχανισμοί κατά μήκος της ακουστικής οδού φαίνεται να είναι πιο αποδοτικοί στα άτομα με οπτική αναπηρία εν συγκρίσει με τα άτομα που δεν παρουσιάζουν οπτική αναπηρία. Επομένως, η αξιοποίηση της ακουστικής οδού είναι αναγκαία στην εκπαίδευση ατόμων που εμφανίζουν προβλήματα όρασης. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δύναται να χρησιμοποιηθούν τόσο στη βελτίωση της εκπαίδευσης ατόμων με οπτική αναπηρία όσο και στην ανάπτυξη κατάλληλων παρεμβάσεων γι' αυτά. Ακόμη, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη αποτελεσματικών ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης για άτομα με οπτική αναπηρία. Επιπλέον, λόγω του γεγονότος πως τα συγκεκριμένα ακουστικά ερεθίσματα ήταν λέξεις με και δίχως σημασιολογικό περιεχόμενο (λέξεις – ψευδολέξεις), τα αποτελέσματα αυτά θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην αξιολόγηση και την αντιμετώπιση μαθησιακών δυσκολιών στα άτομα με οπτική αναπηρία. Γενικότερα, υποδεικνύουν τη συνεισφορά της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης στην επιστήμη της εκπαίδευσης. Ωστόσο, η μελέτη της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας δεν δύναται από μόνη της να οδηγήσει σε εκπαιδευτικά σενάρια. Όπως οι Howard-Jones, Ott, van Leeuwen & De Smedt (2010) επισημαίνουν πως υπάρχει ανάγκη για μελέτες-γέφυρες που να ερμηνεύουν τα επιστημονικά αποτελέσματα από την άποψη δυνατών παρεμβάσεων καθώς και την αξιολόγηση αυτών των παρεμβάσεων σε κατάλληλα περιβάλλοντα μάθησης.

7.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο σημείο αυτό, είναι χρήσιμο να επισημανθούν ορισμένοι περιορισμοί της συγκεκριμένης ερευνητικής προσπάθειας. Ο περιορισμένος αριθμός των συμμετεχόντων που έλαβαν μέρος στην πειραματική διαδικασία δεν επιτρέπει τη γενίκευση των συμπερασμάτων. Επίσης, η μη συμμετοχή ατόμων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, παρά μόνο από τον νομό Ιωαννίνων, αποτελεί έναν βασικό περιορισμό στην αξιοποίηση των ευρημάτων.

Ακόμη, κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί το γεγονός ότι όλα τα μέλη της πειραματικής ομάδας παρουσίαζαν προβλήματα όρασης, τα οποία εμφανίστηκαν μετά το 1^ο έτος της ζωής τους. Δεν έλαβαν μέρος στην έρευνα εκ γενετής τυφλά άτομα ή άτομα που να έχουν χάσει εξ ολοκλήρου την όρασή τους.

Επιπλέον, αναφέρεται το γεγονός ότι η δραστηριότητα που χρησιμοποιήθηκε (λέξεις – ψευδολέξεις) ήταν σχετικά απλή και επικεντρωμένη μόνο στην ακουστική οδό, γι' αυτό κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός της με δραστηριότητες που να αφορούν και στην σωματοαισθητηριακή οδό.

7.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα έρευνα, συνιστά μια πρωταρχική προσπάθεια διερεύνησης της οπτικής αναπηρίας μέσω μελέτης της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας και αξιοποίησης των αποτελεσμάτων στην εκπαίδευση ατόμων με οπτική αναπηρία. Ωστόσο, οφείλει να δώσει το έναυσμα για περαιτέρω επιστημονικό προβληματισμό και διεξαγωγή περαιτέρω έρευνας στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο, και ιδιαίτερα στον ελλαδικό χώρο όπου τα υπάρχοντα δεδομένα είναι εξαιρετικά ανεπαρκή.

Καταρχήν, θα πρέπει σε μελλοντική έρευνα να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερο και αντιπροσωπευτικότερο δείγμα. Ο αριθμός των συμμετεχόντων με οπτική αναπηρία θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος των 30 ατόμων και να προέρχονται από διάφορες περιοχές της χώρας. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα θα είναι και η συμμετοχή εκ γενετής τυφλών ατόμων ώστε να καταστεί δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων με άτομα του έχασαν την όρασή τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Επίσης, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να υλοποιηθούν με στόχο τη διερεύνηση της σωματοαισθητηριακής οδού σε άτομα με οπτική αναπηρία, παραδείγματος χάριν ανάγνωση γραφής Braille, ώστε να πραγματοποιηθεί σύγκριση με την ακουστική οδό και να προκύψει η πιο αποτελεσματική για την εκπαίδευση των συγκεκριμένων ατόμων.

Θα μπορούσε ακόμη, με τη χρήση του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και των προκλητών δυναμικών, να μελετηθεί η ακουστική αναπηρία, τόσο ως προς την οπτική όσο και ως προς την σωματοαισθητηριακή οδό, με στόχο την ολοκληρωμένη διερεύνηση της αισθητηριακής αναπηρίας.

Ακόμη, χρήσιμα αποτελέσματα για την εκπαίδευση, θα μπορούσε να δώσει η μελέτη της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας και σε άλλες μορφές αναπηρίας όπως η ΔΑΦ (Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος) και η νοητική αναπηρία, με τις κατάλληλες, βέβαια, δραστηριότητες ώστε να διασφαλίζεται η συνεργασία των ατόμων. Επιπλέον, ιδιαίτερα ενδιαφέρονσα θα είναι και η χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας στην μελέτη της ηλεκτρικής εγκεφαλικής λειτουργίας ατόμων που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες όπως δυσλεξία, δυσαριθμησία κ.ά..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Atkinson, R., Atkinson, R.C., Smith, E., Bem, D., Nolen, S., (2003). *Εισαγωγή στην Ψυχολογία του Hilgard* (τόμος Α'), (2^η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Atkinson, R., Atkinson, R.C., Smith, E., Bem, D., Nolen, S., (2003). *Εισαγωγή στην Ψυχολογία του Hilgard* (τόμος Β'), (2^η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Heward, W.,(2011): *Παιδιά με ειδικές ανάγκες: Μία εισαγωγή στην ειδική εκπαίδευση* (δ' έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος.

Mason, H., McCall, S. (2004). *Παιδιά και νέοι με προβλήματα όρασης: Η πρόσβαση στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.

Young, H., (1992). *Πανεπιστημιακή Φυσική* (α' τόμος), (8^η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Young, H., (1992). *Πανεπιστημιακή Φυσική* (β' τόμος), (8^η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Warren, D. H., (2011). *Τύφλωση και παιδί*. Αθήνα: Εκδόσεις Πεδίο.

Αγγέλου, Μ., (2009). *Αστιγματισμός – Πρεσβυωπία*, Ελληνική Οφθαλμολογική Εταιρεία. Αθήνα.

Ζαχαρής, Γ. Κ. (2012). *Η επίδραση της στερεοσκοπίας σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα*. Διδακτορική Διατριβή. επιβλέπων Μικρόπουλος Τ.Α., ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Ζαχαρής, Γ.Κ. & Μικρόπουλος, Τ.Α. (2013). *Στερεοσκοπική όραση σε πραγματικό και εικονικό περιβάλλον εκπαιδευτικού περιεχομένου*. 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», 10-12 Μαΐου 2013, Πειραιάς.

Ζώνιου-Σιδέρη, Α. & Σπανδάγου, Η., (2011). *Εκπαίδευση και Τύφλωση*. Αθήνα: Εκδόσεις Πεδίο.

Κάτσιου - Ζαφράνα, Μ., (2001). *Εγκέφαλος και Εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Οίκος Αδελφών Κυριακίδη.

Κουτσούρης, Δ., Βεντούρας, Ε., (2004). *Φυσιολογία εγκεφάλου και ηλεκτροεγκεφαλογράφημα*. (πανεπιστημιακές σημειώσεις).

Λιοδάκης, Δ., (2000). *Εκπαιδευτικά προγράμματα για τυφλούς*. Αθήνα: Εκδόσεις Ατραπός.

Παπαδόπουλος, Κ., (2007): *Εκπαίδευση ατόμων με πρόβλημα όρασης (μέρος Α)*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Παπαχρήστος, Ν. (2006). *Εγκεφαλική δραστηριότητα κατά την παρατήρηση γεωμετρικών σχημάτων*. Master Thesis, επιβλέπων Μικρόπουλος Τ.Α., ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Πολυχρονοπούλου, Σ. (1995). *Παιδιά και έφηβοι με ειδικές ανάγκες και δυνατότητες*. Αθήνα: Εκδόσεις Γραφικές Τέχνες.

Πούλος, Μ., (2001). *Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ως εργαλείο ατομικής ταυτότητας*. Διδακτορική διατριβή, Πειραιάς: Τμήμα Πληροφορικής.

Πριοβόλου, Χ., Ζαχαρής, Γ., Τζίμας, Β., & Μικρόπουλος, Τ.Α. (2010), *Γνωστικές διαφυλικές διαφορές σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα*. Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), Πρακτικά εργασιών 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», τόμος 2, σ. 47-54, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος, 23-26 Σεπτεμβρίου 2010.

Τριανταφύλλου, Ν., (1994). *Χαρτογράφηση: ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και προκλητών δυναμικών*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη.

Χαραλαμπάκη, Ν., (2000). *Φυσιολογία του Κεντρικού νευρικού συστήματος*. (πανεπιστημιακές σημειώσεις).

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Beddington, J., Cooper, C.L., Field, J., Goswami, U., Huppert, F.A., Jenkins, R., Jones, H.S., Kirkwood, T.B.L., Sahakian, B.J., & Thomas, S.M. (2008). The mental wealth of nations. *Nature*, 455(7216), 1057-1060.

Bittencourt, P. & Kendall, B. (1983). Computerized axial tomography and diagnosis of multiple sclerosis. *Neuro-Psiquiatria*, 41, N° 8.

Bottari, D., Heimler, B., Caclin, A., Dalmolin, A., Giard, M-H. & Pavani, F. (2014). Visual change detection recruits auditory cortices in early deafness. *NeuroImage*, 94, 172-184.

Bruner, J. T. (1997). Education and the Brain: A Bridge Too Far. *Educational Researcher*, 26(8), 4-16.

Feinsod, M., Bach-Y-Rita, P. & Madey, J. (1973). Somatosensory evoked responses: latency differences in blind and sighted persons. *Brain Research*, 60, 219 – 223.

Ferrari, M. (2011). What Can Neuroscience Bring to Education? *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 31-36.

Focker, J., Best, A., Holig, C. & Roder, B. (2012). The superiority in voice processing of blind arises from neural plasticity at sensory processing stages. *Neuropsychologia*, 50, 2056-2067.

Glyn, V., Lim, V., Hamm, J., Mathur, A. & Hughes, B. (2015). Behavioral and Electrophysiological effects related to semantic violations during Braille reading. *Neuropsychologia*, 77, 298-312.

Gougoux, F., Belin, P., Voss, P., Lepore, F., Lassonde, M. & Zatorre, R. (2009). Voice perception in blind persons: A functional magnetic resonance imaging study. *Neuropsychologia*, 47, 2967-2974.

Hanson, L. (2009). Introduction to Magnetic Resonance Imaging Techniques. Danish Research Centre for Magnetic Resonance. (<http://www.drcmr.dk/>).

Hauthal, N., Torne, J., Debener, S. & Sandmann, P. (2013). Source Localisation of Visual Evoked Potentials in Congenitally Deaf Individuals. *Brain Topography*, 27, 412-424.

Hertrich, I., Dietrich, S. & Ackermann, H. (2012). Tracking the speech signal – Time-locked MEG signals during perception of ultra-fast and moderately fast speech in blind and in sighted listeners. *Brain & Language*, 124, 9-21.

Kelly, A. E. (2011). Can Cognitive Neuroscience Ground a Science of Learning? *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 17-23.

Kemmer, C., Verbaten, M., Cuperus, J., Camfferman, G. & Engeland, H. (1995). Auditory Event-Related Brain Potentials in Autistic Children and Three Different Control Groups. *Society of Biological Psychiatry*, 38, 150-165.

Kober, S., Wood, G., Kampl, C. & Neuper, C. (2014). Electrophysiological correlates of mental navigation in blind and sighted people. *Behavioral Brain Research*, 273, 106 – 115.

Koizoumi, H. (2011). Brain-Science Based Cohort Studies. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 48-55.

Kriegseis, A., Hennighausen, E., Rosler, F. & Roder, B. (2006). Reduced EEG alpha activity over parieto-occipital brain areas in congenitally blind adults. *Clinical Neurophysiology*, 117, 1560-1573.

Le C. and Silverman D. (2011). Neuroimaging and EEG-based explorations of cerebral substrates for suprapentasensory perception: A

critical appraisal of recent experimental literature. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 194, 105 - 110.

Longo, M., Trippier, S., Vagnoni, E. & Lourenco, S. (2014). Right hemisphere control of visuospatial attention in near space. *Neuropsychologia*, 70, 350-357.

Neil, R. A., & Fenelon, B. (1988). Scalp response topography to dynamic random dot stereograms. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 69(3), 209-217.

Mikropoulos, T (2001). Brain activity on navigation in virtual environments. *Journal of Educational Computing Research*, 24(1), 1-12.

Mikropoulos, T. A. (2003). Brain research in science education research. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tsefles, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos and M. Kallery editors. *Science Education Research in the Knowledge – Based Society*. The Netherlands: *Springer*.

Mikropoulos, T.A., Tzimas, E., & Dimou, G. El. (2004). *Objective Presence Measures through Electric Brain Activity*. In M. A. Raya & B. r. Solaz (eds.), *Proceedings of the 7th Annual International Workshop on Presence*, (259-265). Valencia.

Naveen, K.V., Srinivas, R. & Nirmala, K.S. (1998). Differences between congenitally blind and normally sighted subjects in the P₁ component of middle latency auditory evoked potentials. *Perceptual and motor skills*, 86, 1192 -1194.

Neville, H. & Lawson, D. (1986). Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. *Brain Research*, 405, 284-294.

Niemeyer, W. & Starlinger, I. (1981). Do the Blind Hear Better? Investigations on Auditory Processing in Congenital or Early Acquired Blindness. *Audiology*, 20, 510-515.

Roder, B. & Rosler, F. (2003). Memory for environmental sounds in sighted, congenitally blind and late blind adults: evidence for cross-modal compensation. *International Journal of Psychophysiology*, 50, 27-39.

Roder, B., Rosler, F. & Hennighausen, E. (1997). Different cortical activation patterns in blind and sighted humans during encoding and transformation of haptic images. *Psychophysiology*, 34, 292-307.

Roder, B., Rosler, F. & Neville, H. (1999). Effects of interstimulus interval on auditory event-related potentials in congenitally blind and normally sighted humans. *Neuroscience Letters*, 264, 53-56.

Roder, B., Rosler, F. & Neville, H. (2000). Auditory memory in congenitally blind adults: a behavioral-electrophysiological investigation. *Cognitive Brain Research*, 11, 289 – 303.

Roder, B., Rosler, F. & Neville, H. (2000). Event-related potentials during auditory language processing in congenitally blind and sighted people. *Neuropsychologia*, 38, 1482-1502.

Roder, B., Rosler, F. Hennighausen, E. & Nacker, F. (1996). Event-related potentials during auditory and somatosensory discrimination in sighted and blind human subjects. *Cognitive Brain Research*, 4, 77 – 93.

Roder, B., Teder-Salejarvi, W., Sterr, A., Rosler, F., Hillyard, S. & Neville, H. (1999). Improved auditory spatial tuning in blind humans. *Nature*, 400, 162 - 166.

Rokem, A. & Ahissar, M. (2008). Interactions of cognitive and auditory abilities in congenitally blind individuals. *Neuropsychologia*, 47, 843-848.

Rosler, F., Roder, B., Heil, M. & Hennighausen, E. (1993). Topographic differences of slow event-related brain potentials in blind and sighted adult human subjects during haptic mental rotation. *Cognitive Brain Research*, 1, 145 – 159.

Rugg, M. (1984). Event-Related Potentials in Phonological Matching Tasks. *Brain and Language*, 23, 225-240.

Rugg, M. (1985). The Effects of Semantic Priming and Word Repetition on Event-Related Potentials. *Psychophysiology*, 22, 642-648.

Sadato, N., Leone, P., Grafman, J., Deiber, M.-P., Ibanez, V. & Hallett, M. (1998). Neural networks for Braille reading by the blind. *Brain*, 121, 1213-1229.

Shukla, A.K. & Kumar, U. (2006). Positron emission tomography: An overview. *Journal of Medical Physics*, 31, 14-21.

Stocklin, G. & Pike, VW. (1993). Radiopharmaceuticals for Positron Emission Tomography, *Kluwer Academic Publishers*, ISBN 0-7923-2340-8.

Struiksma, M., Noordzij, M. & Postma, A. (2009). What is the link between language and spatial images? Behavioral and neural findings in blind and sighted individuals. *Acta Psychologica*, 132, 145-156.

Tabullo, A., Yorio, A., Zanutto, S. & Wainelboim, A. (2015). ERP correlates of priming in language and stimulus equivalence: Evidence of similar N400 effects in absence of semantic content. *International Journal of Psychophysiology*, 96, 74-83.

Tsiara, A., Stergios, G., Mikropoulos, T.A. (2015). Brain activity during learning from pictures: An event related potentials experiment. In E. A. Kyza and L. Nicolaidou (eds) EARLI 2015 16th European Conference for

Research on Learning and Instruction, 25-29 August 2015, Limassol, Cyprus.

Velzen, J., Eardley, A., Forster, B. & Eimer, M. (2006). Shifts of attention in the early blind: An ERP study of attentional control processes in the absence of visual spatial information. *Neuropsychologia*, 44, 2533-2546.

Xiao, X., Dupuis-Roy, N., Luo, Y., Zhang, Y., Chen, A.T. & Zhang, Q.L. (2011). The Event-Related Potential Elicited by Taste-Visual Cross-Modal Interference. *Neuroscience*, 199, 187-192.

Zacharis, G. K., Tsiara, A., Chalki, P., Vrellis, I. & Mikropoulos, T.A. (2014). *Brain activity during observation of affective pictures with scientific content*. Conference Paper.

Zacharis, G. K., Tsiara, A., Chalki, P., Vrellis, I. & Mikropoulos, T.A. (2016). Brain Activity and Visual Scientific Content: A Study on Earthquake Precaution. *New Developments in Science Education and Technology*, 23, 31-40, Springer.10.1007/978-3-319-22933-1-4.

Zacharis, G. K., Mikropoulos, T.A., Priovolou, C. (2013). *Stereoscopic perception of women in real and virtual environments: A study towards educational neuroscience themes in Science and Technology*, 6(2), 109-120.

Υπερμετροπία

Υπερμετροπία. (n.d.). Retrieved April 2, 2017, from http://www.ofthalmiatroithess.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=121&Itemid=838&lang=el

Δαλτωνισμός

Δαλτωνισμός/Δυσχρωματοψία. (n.d.). Retrieved April 2, 2017, from <http://www.eyeclinic.com.gr/el/daltnismos-dysxrwmatopsia.html>

Μάτι:

Το ανθρώπινο μάτι. (n.d.). Retrieved April 2, 2017, from <https://www.markakis.gr/optica/el/Article/%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82/%CF%84%CE%BF-%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%B9%CE%BD%CE%BF-%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B9-34.html>

Οπτική αντίληψη. (n.d.). Retrieved March 14, 2017, from http://vr.arch.uth.gr/VR-Arch/02_VR_Intro/physiology-perception.html

Νόσος Stargardt:

Νόσος του Stargardt. (n.d.). Retrieved March 14, 2017, from http://www.hontos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=159%3Astargardts-gr&catid=62%3Apathiseis-opisthiou-tmimatos&Itemid=97&lang=el

Σύνδρομο Cushing:

Merrin, P. K., & Alexander, W. D. (1990). Cushing's syndrome induced by medroxyprogesterone. *BMJ*, *301*(6747), 345–345. <http://doi.org/10.1136/bmj.301.6747.345-a>

Εγκέφαλος:

Ιατρική ορολογία H-M, Neurocenter.gr. Νευρολογικές παθήσεις και νευροχειρουργικές επεμβάσεις, εγκεφάλου και σπονδυλικής στήλης. (n.d.). Retrieved April 2, 2017, from <http://www.neurocenter.gr/H-M.html>

NEURO-TALKS / ΝΕΥΡΟ-ΔΙΑΛΟΓΟΙ: ΠΩΣ ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ Η ΟΡΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΓΚΕΦΑΛΟ; (n.d.). Retrieved March 14, 2017, from http://neurotalk.blogspot.gr/2013/04/blog-post_7855.html

Ανατομία Εγκεφάλου. (n.d.). Retrieved March 14, 2017, from <https://www.intensivecare.com.cy/teleprometheus/index.php/leksiko/110-a/162-anatomia-egkefalou>

Σύστημα 10-20:

EEG 10-20 System | NR Sign Inc. (n.d.). Retrieved March 14, 2017, from <http://www.nrsign.com/eeg-10-20-system/>

Howard-Jones, P., Ott, M., van Leeuwen, T. & De Smedt, B. (2010). *Neuroscience and technology enhanced learning*. Bristol: Futurelab; http://www.futurelab.org.uk/sites/default/files/NTEL_online_AW.pdf \

Faller, J., Scherer, R., Friedrich, E. V. C., Costa, U., Opisso, E., Medina, J., & MÃ¼ller-Putz, G. R. (2014). Non motor tasks improve adaptive brain-computer interface performance in users with severe motor impairment. *Frontiers in Neuroscience*, 8. <http://doi.org/10.3389/fnins.2014.00320>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στους δύο πίνακες του παρόντος παραρτήματος παρατίθενται οι λέξεις και οι ψευδολέξεις που χρησιμοποιήθηκαν ως ακουστικά ερεθίσματα στην πειραματική διαδικασία.

| ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΛΕΞΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ | |
|---|-----------------|
| 1. πατέρας | 21. καθρέφτης |
| 2. πετσέτα | 22. υπολογιστής |
| 3. μολύβι | 23. αυτοκίνητο |
| 4. λεμόνι | 24. παιχνίδια |
| 5. κάστανο | 25. εκκλησία |
| 6. παράθυρο | 26. καρπούζι |
| 7. δαχτυλίδι | 27. τραπεζαρία |
| 8. τηλέφωνο | 28. καραμέλα |
| 9. κροκόδειλος | 29. πεταλούδα |
| 10. παπαγάλος | 30. ελέφαντας |
| 11. βιβλιοθήκη | 31. παντελόνι |
| 12. ποδήλατο | 32. σοκολάτα |
| 13. κατσαρόλα | 33. μανιτάρι |
| 14. λουλούδι | 34. ανθοπωλείο |
| 15. πορτοκάλι | 35. πλυντήριο |
| 16. βατόμουρο | 36. αστυνομικός |
| 17. μπουκάλι | 37. περίπτερο |
| 18. παραμύθι | 38. καρχαρίας |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

| | |
|------------------|-----------------|
| 19. πρωθυπουργός | 39. οδοντίατρος |
| 20. ουρανός | 40. πανωφόρι |

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΛΕΞΕΙΣ ΔΙΧΩΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (ΨΕΥΔΟΛΕΞΕΙΣ)

| | |
|----------------|------------------|
| 1. μελάβο | 21. κοτοστρεφά |
| 2. κερέβο | 22. κερναργέτος |
| 3. κοστόνι | 23. πακεπερία |
| 4. μπελκίνα | 24. ενθαπήλης |
| 5. τσεγκέρος | 25. σαμβηλαύω |
| 6. καλακέπι | 26. λεθράμπιρις |
| 7. ταλήφενο | 27. νευτοργέτος |
| 8. σατορέα | 28. μπερμπελάθρο |
| 9. αρημέα | 29. επαλαγόζω |
| 10. δεχτολάδα | 30. ξοκιθιρέζω |
| 11. μενιστάρι | 31. κεπάλο |
| 12. σχαμιτέζω | 32. οπαλπεσέα |
| 13. φτάργοσμα | 33. οστραφιγγιό |
| 14. κρακάθολας | 34. λαοπέρδελο |
| 15. πητάρης | 35. εβραρωρείο |
| 16. πιγίκο | 36. τσοιγκρένε |
| 17. σεχάταση | 37. αξύφελλο |
| 18. πρέσανο | 38. κεστράποργος |
| 19. πναγμόνος | 39. ακπλόσσεμαι |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

| | |
|---------------|--------------|
| 20. περεφρανή | 40. τιχότατα |
|---------------|--------------|

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στο παρόν παράρτημα περιέχονται οι γραφικές παραστάσεις της διαφοράς δυναμικού V (σε μV) σε συνάρτηση με το χρόνο t (σε s) που προέκυψαν από τα δεδομένα και των 19 ηλεκτροδίων που εφαρμόστηκαν στους συμμετέχοντες. Συγκεκριμένα, O1 και O2 για την ινιακή περιοχή, P3, P4 και Pz για τη βρεγματική περιοχή, T3, T4, T5 και T6 για την κροταφική περιοχή, C3, C4 και Cz για την κεντρική περιοχή, F3, F4, F7, F8 και Fz για τη μετωπιαία περιοχή και Fp1 και Fp2 για την μετωπο-πολική περιοχή.

Οι γραφικές παραστάσεις δίνονται με την ακόλουθη σειρά:

1. Λέξεις – ψευδολέξεις για ανήλικο άτομο με οπτική αναπηρία.
2. Λέξεις – ψευδολέξεις για ενήλικα άτομα με οπτική αναπηρία.
3. Λέξεις για ανήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία.
4. Ψευδολέξεις για ανήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία.
5. Λέξεις για ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία.
6. Ψευδολέξεις για ενήλικα άτομα με και δίχως οπτική αναπηρία.
7. Λέξεις – ψευδολέξεις για ανήλικο άτομο δίχως οπτική αναπηρία.
8. Λέξεις - ψευδολέξεις για ενήλικα άτομα δίχως οπτική αναπηρία.

