

**ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ**

«ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ»

ΖΕΡΙΤΗ ΜΑΡΙΑ

(06Μ06)

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΛΕΙΑ ΟΦΘΑΛΜΙΚΗ
ΚΙΝΗΣΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΟΥΤΟΥΣΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΜΥΡΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2008

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ»

Υπεύθυνοι Καθηγητές

Κωνσταντίνος Μουτούσης

Νικόλαος Σμυρνής

ΑΘΗΝΑ 2008

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1. Οφθαλμικές Κινήσεις	3
1.1. Είδη Οφθαλμικών Κινήσεων	4
2. Σακκαδικές Κινήσεις	5
2.1. Σακκαδικές Κινήσεις: Εγκεφαλική Ενεργοποίηση	6
3. Λεία Οφθαλμική Κίνηση Παρακολούθησης (ΛΟΚΠ)	7
3.1. Περιγραφή	8
3.2. Ποιες Εγκεφαλικές Περιοχές ελέγχουν την ΛΟΚΠ	9
3.2.1. Απλό δίκτυο	10
3.2.2. Πολύπλοκο δίκτυο	11
3.2.3. Νευροαπεικονιστικά ευρήματα	16
4. Λεία Οφθαλμική Κίνηση Παρακολούθησης και Προσοχή	21
4.1. Η ΛΟΚΠ δεν προϋποθέτει προσοχή	23
4.2. Η διάσπαση της προσοχής διαταράσσει την ΛΟΚΠ	26
5. Η Παρούσα έρευνα	28
ΜΕΘΟΔΟΣ	30
Συμμετέχοντες	30
Υλικό	30
Διαδικασία	31
Ανάλυση των δεδομένων της Λείας Οφθαλμικής Κίνησης Παρακολούθησης	33

Σχεδιασμός	
35	
Υποθέσεις	35
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
Περιγραφική Στατιστική	38
Η επίδοση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες προτάσεων	
40	
Η επίδοση της ΛΟΚΠ με βάση την εξαρτημένη μεταβλητή «gain»	
43	
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	47
Επίδοση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες προτάσεων	
47	
Ταχύτητα	48
Σύγκριση της επίδοσης μεταξύ συνθήκης ελέγχου και	
συνθήκης νοερής απεικόνισης	49
Σύγκριση της επίδοσης μεταξύ συνθήκης ελέγχου και	
συνθήκης γενικών γνώσεων	50
Σύγκριση της επίδοσης μεταξύ συνθήκης νοερής απεικόνισης και	
συνθήκης γενικών γνώσεων	51
Μελλοντική έρευνα	53
Στατιστική ανάλυση	53
Συμπεράσματα	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55
Άμεση βιβλιογραφία	55

Έμμεση βιβλιογραφία	60
---------------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Προτάσεις για το κάθε έργο διάσπασης της προσοχής	64
1.1. Ομάδα προτάσεων γενικών γνώσεων για το 1 ^ο έργο διάσπασης της προσοχής	64
1.2. Ομάδα προτάσεων γενικών γνώσεων για το 2 ^ο έργο διάσπασης της προσοχής	69
2. Η επίδοση της ΛΟΚΠ με βάση την εξαρτημένη μεταβλητή «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων»	74
2.1. Περιγραφική στατιστική	74
2.2. Στατιστική ανάλυση των δεδομένων μας με εξαρτημένη μεταβλητή τη «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων»	76

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπεύθυνους καθηγητές μου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση τους. Τον κύριο επιβλέποντα, Επίκουρο Καθηγητή, Κωνσταντίνο Μουτούση, για την πολύτιμη επιστημονική καθοδήγηση και την βοήθεια στον σχεδιασμό της έρευνας. Επίσης τον δεύτερο επιβλέποντα, Νικόλαο Σμυρνή για την προσφορά του Eye Tracker, την πολύτιμη βοήθεια του στην ανάλυση των δεδομένων και τις χρήσιμες επιστημονικές συμβουλές του. Χωρίς τη βοήθεια του η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Επίσης, του συμμετέχοντες της έρευνας (Αγάπη, Θάλεια, Αρετή, Άρτεμις, Χαρά, Ελένη, Μαρία, Σοφία, Αποστόλης, Άρης, Βασίλης, Χάρης, Τάσος), οι οποίοι μπήκαν στον κόπο να λάβουν μέρος στην χρονοβόρα και δύσκολη πειραματική διαδικασία, με πολλή υπομονή και κατανόηση.

Τους γονείς μου, που μου πρόσφεραν την οικονομική ενίσχυση για να φοιτήσω στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη» και να πραγματοποιήσω αυτή την έρευνα.

Την αδερφή μου, την Θάλεια, την Ηρώ και την Αγάπη για την ψυχολογική υποστήριξη και την υπομονή τους.

Την Αγάπη και τον Χάρη για την αμέριστη επιστημονική και συναισθηματική στήριξη τους κατά τη διάρκεια της συγγραφής της διπλωματικής εργασίας μου.

Την Ελένη και την ομάδα μας που μου έμαθαν να μην το βάζω κάτω.

Τέλος, τον Αποστόλη για την συνεχή στήριξη και ενθάρρυνση της προσπάθειας μου με την αγάπη και την συμπαράσταση του, τα δύο χρόνια φοίτησης στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παραγωγή της Λείας Οφθαλμικής Κίνησης Παρακολούθησης (ΛΟΚΠ) προϋποθέτει την παρουσία ενός κινούμενου οπτικού ερεθίσματος από το περιβάλλον. Τα πειραματικά ευρήματα που έχουν εξετάσει την επίδραση της προσοχής στην ΛΟΚΠ παραμένουν ασαφή. Στην παρούσα έρευνα οι συμμετέχοντες έπρεπε να παρακολουθούν ένα οπτικό ερέθισμα το οποίο κινείται σε τρεις ταχύτητες και συγχρόνως να εκτελούν ένα έργο διάσπασης της προσοχής το οποίο εμπλέκει την νοερή απεικόνιση και ένα έργο διάσπασης της προσοχής το οποίο εμπλέκει την μακροχρόνια μνήμη. Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος μειώνεται η επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ. Επίσης, στην γρήγορη ταχύτητα και τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής προκάλεσαν μείωση στην επίδοση της ΛΟΚΠ. Τέλος, ένα έργο διάσπασης της προσοχής, το οποίο εμπλέκει την μακρόχρονη μνήμη προκαλεί μεγαλύτερη μείωση στην επίδοση της ΛΟΚΠ, συγκριτικά με ένα έργο το οποίο εμπλέκει την νοερή απεικόνιση, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται σε γρήγορη ταχύτητα. Ενδεχομένως, η διεργασία ανάσυρσης πληροφοριών από την μνήμη να χρειάζεται περισσότερους πόρους προσοχής από ότι η διεργασία νοερής απεικόνισης και στην πρώτη περίπτωση, το σύστημα της ΛΟΚΠ να χάνει περισσότερους πόρους προσοχής. Θα ήταν ενδιαφέρον να ελεγχθεί η σχέση της προσοχής με την μακρόχρονη μνήμη και την νοερή απεικόνιση και πως επιδράει σε μία οφθαλμική κίνηση όπως η ΛΟΚΠ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Οφθαλμικές κινήσεις

Για να μπορέσουμε να δούμε ένα αντικείμενο από το περιβάλλον, ο αμφιβληστροειδής θα πρέπει να εστιάσει πάνω στο αντικείμενο. Ο αμφιβληστροειδής είναι ευαίσθητος στο φως και βρίσκεται στο εσωτερικό τμήμα του οφθαλμού. Αποτελείται από νευρικό ιστό και από κύτταρα που ονομάζονται φωτοϋποδοχείς. Υπάρχουν δύο είδη φωτοϋποδοχέων, τα ραβδία και τα κωνία (Carlson, 2004).

Οι οφθαλμικές κινήσεις διακρίνονται σε εκούσιες και ακούσιες. Στόχος τους είναι οι οφθαλμοί να εντοπίσουν, να εστιάσουν και να παρακολουθήσουν ένα οπτικό ερέθισμα. Επίσης, οι ταχείες κινήσεις των οφθαλμών¹ (rapid eye movements) λαμβάνουν χώρα κατά το REM στάδιο του ύπνου (Carlson, 2004).

Το οπτικό σύστημα αργεί να επεξεργαστεί την πληροφορία, αν τα αντικείμενα μετακινούνται κατά μήκος του αμφιβληστροειδή περισσότερο από μερικές μοίρες το δευτερόλεπτο. Άρα, για να μπορούμε να βλέπουμε ενώ κινούμαστε, ο εγκέφαλος πρέπει να αντισταθμίσει την κίνηση της κεφαλής με το να κινήσει και τους οφθαλμούς (Carlson, 2004).

Μία ακόμα εξειδίκευση του οπτικού συστήματος είναι η ανάπτυξη μιας μικρής περιοχής στον αμφιβληστροειδή, η οποία έχει πολύ υψηλή οπτική οξύτητα και ονομάζεται κεντρικό βοθρίο. Το κεντρικό βοθρίο των ανθρώπων καλύπτει περίπου 2° του οπτικού πεδίου. Για να μπορέσουμε να έχουμε μία ξεκάθαρη εικόνα από το περιβάλλον, ο εγκέφαλος πρέπει να κινήσει τα μάτια, έτσι ώστε το αντικείμενο να πέσει μέσα στο κεντρικό βοθρίο. Για αυτό το λόγο, οι οφθαλμικές κινήσεις έχουν σημαντικό ρόλο στην οπτική αντίληψη και όταν δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν σωστά, εμφανίζονται σοβαρές οπτικές

¹ Η ορολογία έχει μεταφραστεί με βάση το «Αγγλοελληνικό Γλωσσάρι Βιοψυχολογίας» του Ανδρέα Α. Καστελλάκη (Βλέπε έμμεση βιβλιογραφία).

διαταραχές. Όταν, για παράδειγμα, το σύστημα παρακολούθησης δεν μπορεί να ακολουθήσει ένα κινούμενο αντικείμενο, η εικόνα γλιστρά στον αμφιβληστροειδή και βλέπουμε την εικόνα θολή. Για να αποφύγουμε την αντίληψη της διπλής κίνησης, ο εγκέφαλος πρέπει να εστιάσει και τους δύο οφθαλμούς στο αντικείμενο, ώστε η εικόνα να πέσει στα αντίστοιχα σημεία του αμφιβληστροειδή και των δύο οφθαλμών (Carlson, 2004).

1.1.Είδη οφθαλμικών κινήσεων

Οι οφθαλμικές κινήσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Μία οφθαλμική κίνηση μπορεί να εμπλέκει μόνο τον ένα οφθαλμό (duction), τους δύο οφθαλμούς, οι οποίοι κινούνται στην ίδια κατεύθυνση (version) και τους δύο οφθαλμούς, οι οποίοι κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση (vergence) (Kanski, 1989).

Ένα είδος οφθαλμικών κινήσεων είναι οι οφθαλμικές κινήσεις καθήλωσης (fixational eye movements). Οι οφθαλμικές κινήσεις καθήλωσης είναι μικρές, ακούσιες κινήσεις, οι οποίες εμφανίζονται κατά την οπτική καθήλωση. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες οφθαλμικών κινήσεων καθήλωσης: οι μικροσακκαδικές (microsaccades), οι οφθαλμικές μετατοπίσεις (ocular drifts) και τα οφθαλμικά μικροτρέμουλα (ocular microtremor). Οι οφθαλμικές κινήσεις καθήλωσης βοηθάνε στην διατήρηση της ορατότητας, ενεργοποιώντας νευρώνες στις πρωτοταγείς οπτικές περιοχές του εγκεφάλου, οι οποίες συνήθως ανταποκρίνονται σε προσωρινά ερεθίσματα. Κατά την απουσία αυτών των κινήσεων, το αντίλημμα υποχωρεί και σε μερικές περιπτώσεις εξαφανίζεται (Carpenter & Roger, 1988).

Τέλος, οι οφθαλμικές κινήσεις διακρίνονται σε αυτές όπου το βλέμμα παραμένει σταθερό (gaze stabilizing movements) και σε αυτές όπου το βλέμμα μετατοπίζεται (gaze shifting mechanisms).

Υπάρχουν δύο είδη οφθαλμικών κινήσεων όπου το βλέμμα παραμένει σταθερό. Το οφθαλμοαιθουσιαίο αντανακλαστικό (vestibule-ocular reflex) σταθεροποιεί

το είδωλο στον αμφιβληστροειδή, κατά τις κινήσεις της κεφαλής. Προκαλεί μία οφθαλμική κίνηση σε κατεύθυνση αντίθετη από αυτή της κίνησης της κεφαλής και με αυτό τον τρόπο διατηρεί το είδωλο στο κέντρο του οπτικού πεδίου. (Straka & Dieringer, 2004).

Το οπτικό κινητικό αντανακλαστικό (optokinetic reflex) επιτρέπει στον οφθαλμό να παρακολουθεί κινούμενα αντικείμενα, όταν η κεφαλή παραμένει σταθερή. Αναπτύσσεται κατά τον έκτο μήνα ζωής (Atkinson, 1984).

Υπάρχουν τρεις οφθαλμικές κινήσεις όπου το βλέμμα μετατοπίζεται. Είναι οι οφθαλμική κίνηση απόκλισης (vergence movement), η σακκαδική κίνηση (saccadic movement) και η λεία οφθαλμική κίνηση παρακολούθησης (smooth pursuit eye movement) (Carslon, 2004).

Η κίνηση απόκλισης είναι μία ταυτόχρονη κίνηση και των δύο οφθαλμών, οι οποίοι κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις, έτσι ώστε να διατηρηθεί η διοφθάλμια όραση. Κατά τη διοφθάλμια όραση, οι οφθαλμοί κινούνται με τέτοιο τρόπο ώστε η προβολή του ειδώλου να παραμένει στο κέντρο του αμφιβληστροειδή και στους δύο οφθαλμούς. Για να δούμε ένα αντικείμενο που βρίσκεται πολύ κοντά μας, οι οφθαλμοί συγκλίνουν (convergence), ενώ για ένα αντικείμενο που βρίσκεται μακριά, οι οφθαλμοί αποκλίνουν (diverge) (Carslon, 2004).

Τα πρωτεύοντα και ορισμένα θηλαστικά χρησιμοποιούν δύο είδη εκούσιων οφθαλμικών κινήσεων, την λεία οφθαλμική κίνηση παρακολούθησης και τη σακκαδική κίνηση (Krauzlis, 2004).

2. Σακκαδικές Κινήσεις

Οι σακκαδικές κινήσεις είναι διακεκριμένες κινήσεις, οι οποίες αλλάζουν τον προσανατολισμό των οφθαλμών, μεταφέροντας το είδωλο του αντικειμένου από μία εκκεντρική θέση στο κεντρικό βοθρίο του αμφιβληστροειδή. Με τη χρήση των σακκαδικών κινήσεων μπορούμε να δούμε τα αντικείμενα με

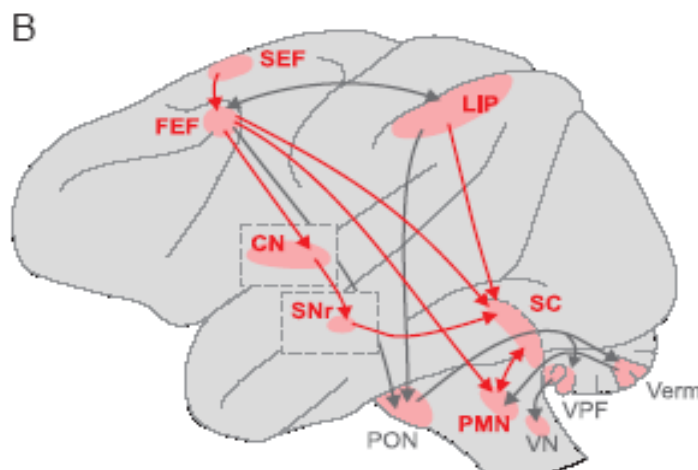
μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι σακκαδικές κινήσεις είναι οι πιο γρήγορες οφθαλμικές κινήσεις. Η μέγιστη ταχύτητα τους μπορεί να φτάσει στις 1000° ανά δευτερόλεπτο και διαρκούν από 20 μέχρι 200 χιλιοστά του δευτερολέπτου (msec) (Krauzlis, 2004).

2.1.Σακκαδικές Κινήσεις: Εγκεφαλική ενεργοποίηση

Οι σακκαδικές κινήσεις ελέγχονται από δύο μονοπάτια. Το πρώτο μονοπάτι, που όπως θα δούμε παρακάτω ταιριάζει με αυτό της λείας οφθαλμικής κίνησης παρακολούθησης, περιέχει *φλοιικό- γεφυρικό- παραγκεφαλιδικές* συνδέσεις (cortico- ronto- cerebellar). Οι περιοχές που εμπλέκονται στο μονοπάτι αυτό είναι το *μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο* (Frontal Eye Field), το *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο* (Supplementary Eye Field), η *πλάγια ενδό - βρεγματική περιοχή* (Lateral Intraparietal Area), οι *προ- παραγκεφαλιδικοί γεφυρικοί πυρήνες* (Precerebellar Pontine Nuclei), οι *αιθουσιαίοι πυρήνες* (Vestibular Nuclei), η *κοιλιακή παρακροκύδα* (Ventral Paraflocculus) και ο *σκώληκας* (Vermis) (Munoz 2002). Το δεύτερο μονοπάτι περιλαμβάνει άμεσες προβολές από το *μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο* (Frontal Eye Field), το *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο* (Supplementary Eye Field) και την *πλάγια ενδό - βρεγματική περιοχή* (Lateral Intraparietal Area) σε περιοχές που σχετίζονται με τις οφθαλμικές κινήσεις και βρίσκονται στο *εγκεφαλικό στέλεχος* (brain stem), όπως τα *άνω διδύμια* (Superior Colliculus) και τους *προκινητικούς πυρήνες*, οι οποίοι βρίσκονται στον *δικτυωτό σχηματισμό* (reticular formation), όπως επίσης και μονοπάτια που περνάνε από τα *βασικά γάγγλια* (basal ganglia) και περιλαμβάνουν τον *κερκοφόρο πυρήνα* (Caudate Nucleus) και την *μελανά ουσία στο δικτυωτό* (Substantia Nigra pars reticulata) (Βλέπε Εικόνα 1) (Krauzlis, 2004).

Το πρώτο μονοπάτι συνδέει τις οπτικές αισθητηριακές περιοχές με την *παραγκεφαλίδα*, η οποία ελέγχει την κίνηση των μυών του οφθαλμού για την παραγωγή των σακκαδικών κινήσεων (Munoz 2002). Το δεύτερο μονοπάτι, το οποίο αποτελείται από *φλοιικές και υποφλοιικές δομές*, ελέγχει την *πυροδότηση* και των *σχηματισμό των σακκαδικών κινήσεων*. Επομένως, η παραγωγή των

σακκαδικών κινήσεων εξαρτάται τόσο από τα σήματα που στέλνουν οι οπτικές περιοχές, οι οποίες ενεργοποιούνται με την παρουσία του οπτικού ερεθίσματος, στην παρεγκεφαλίδα (πρώτο μονοπάτι), όσο και από τις περιοχές του δεύτερου μονοπατιού, οι οποίες στέλνουν σήματα στην παρεγκεφαλίδα για την πυροδότηση των κινήσεων. Ο Munoz (2002) θεωρεί ότι το δεύτερο μονοπάτι ελέγχει την παραγωγή των σακκαδικών κινήσεων και υποστηρίζει ότι οι σακκαδικές κινήσεις είναι μία εκούσια συμπεριφορά.



Εικόνα 1: Οι περιοχές οι οποίες εμπλέκονται στις σακκαδικές κινήσεις. FEF: μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο, SEF: συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο, LIP: πλάγια ενδό βρεγματική περιοχή, CN: κερκοφόρος πυρήνας, SNr: μελανά ουσία του δικτυωτού, SC: άνω διδύμια, PON: προπαραγκεφαλιδικοί γεφυρικοί πυρήνες, PMN: προκινητικοί πυρήνες του εγκεφαλικού στελέχους, VN: αιθουσιαίοι πυρήνες, VPF: κοιλιακή παρακροκύδα, Verm: σκώληκας (από Krauzlis, 2004)

3. Λεία Οφθαλμική Κίνηση Παρακολούθησης (ΛΟΚΠ)

Όταν το αντικείμενο που μας ενδιαφέρει κινείται, τότε οι οφθαλμοί εκτελούν τις λείες οφθαλμικές κινήσεις παρακολούθησης (ΛΟΚΠ, Smooth Pursuit Eye Movements). Οι κινήσεις αυτές, αφού πρώτα οι σακκαδικές κινήσεις των ματιών φέρουν την εικόνα του αντικειμένου στο βοθρίο του αμφιβληστροειδή (η περιοχή του αμφιβληστροειδή με την υψηλή οπτική οξύτητα), την

σταθεροποιούν, προκαλώντας μια υψηλής ακρίβειας παρακολούθηση του οπτικού αντικειμένου (Thier & Ilg, 2005).

3.1. Περιγραφή

Η ΛΟΚΠ έχει αναπτυχθεί για να ανταποκριθεί σε πολλές απαιτήσεις που έχει επιβάλλει η εξέλιξη των διοφθάλμιων οπτικών πεδίων και η υψηλή ακρίβεια του κεντρικού βοθρίου. Χρησιμοποιούμε την ΛΟΚΠ για να παρακολουθήσουμε, με ακρίβεια, μικρά αντικείμενα τα οποία κινούνται αργά και ομαλά, έτσι ώστε να διατηρήσουμε ακριβή την όραση μας (Lisberger et al. 1987; Leigh & Zee, 1999, όπως αναφέρει ο Fukushima 2003). Για να πραγματοποιήσουμε την ΛΟΚΠ, θα πρέπει να επεξεργαστούν οι χωρικές (δηλαδή η κατεύθυνση) και οι χρονικές (δηλαδή η ταχύτητα) πληροφορίες για τον κινούμενο στόχο και θα πρέπει να ελέγχεται η δύναμη αυτής της οπτικό-κινητικής διαβίβασης (gain) (Schwartz & Lisberger, 1994; Tanaka & Lisberger, 2001, όπως αναφέρει ο Fukushima 2003). Επιπλέον, όταν κινείται το κεφάλι, το σύστημα της ΛΟΚΠ πρέπει να αλληλεπιδρά με το αιθουσιαίο σύστημα και να διατηρεί στο χώρο την ακρίβεια των οφθαλμικών κινήσεων, έτσι ώστε η ταχύτητα των οφθαλμών στο χώρο (gaze velocity) να ταιριάζει με την ταχύτητα του κινούμενου στόχου (Robinson, 1982, όπως αναφέρει ο Fukushima 2003). Επίσης, η λανθάνουσα κατάσταση (περίπου 100ms) μεταξύ των αλλαγών της κίνησης του στόχου και της έναρξης των αλλαγών στις κινήσεις παρακολούθησης, πρέπει να δημιουργεί την πρόβλεψη, για να αναπληρώνει τις καθυστερήσεις (Barnes, 1993, όπως αναφέρει ο Fukushima 2003). Επιπρόσθετα, όταν αλλάζουν οι αισθητηριακές είσοδοι και η κινητική επίδοση, είναι απαραίτητη η προσαρμογή, στην διατήρηση μίας αποδοτικής επίδοσης στην ΛΟΚΠ (Ortican et al., 1985, όπως αναφέρει ο Fukushima 2003). Τέλος, τα αντικείμενα κινούνται τρισδιάστατα. Για να τα παρακολουθήσουμε χρησιμοποιούμε συγκλίνουσες λείες οφθαλμικές κινήσεις παρακολούθησης, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται παράλληλα με τους οφθαλμούς, οι οποίες κινούν τους οφθαλμούς στην ίδια κατεύθυνση και το σύστημα απόκλισης (vergence system), το οποίο κινεί τους οφθαλμούς σε

αντίθετες κατευθύνσεις, όταν το οπτικό ερέθισμα απομακρύνεται από τους οφθαλμούς (Leigh & Zee, 1999, όπως αναφέρει ο Fukushima 2003). Εφόσον και τα δύο συστήματα λειτουργούν για να διατηρούν το είδωλο στο κεντρικό βοθρίο, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να συνεργάζονται (Fukushima, 2003).

Η επίδοση της ΛΟΚΠ μπορεί να υπολογιστεί με αρκετές μεταβλητές (gain, catch-up saccades, anticipatory saccades, square wave jerks). Δύο από τις πιο σημαντικές μετρήσεις είναι το gain και η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων. Το gain μετράει την ακρίβεια του οφθαλμού να ταιριάζει την ταχύτητα του με την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος και υπολογίζεται με έναν λόγο (Εξίσωση 1: $gain = \frac{\text{ταχύτητα οφθαλμού}}{\text{ταχύτητα οπτικού ερεθίσματος}}$). Οι σακκαδικές κινήσεις επιτρέπουν τον οφθαλμό να μετατοπίζει γρήγορα το βλέμμα του (gaze), με συνέπεια είτε να διορθώσουν την ΛΟΚΠ (να επαναφέρουν τον οφθαλμό στην ίδια ταχύτητα με το οπτικό ερέθισμα), ή να επαναφέρουν το οπτικό ερέθισμα στο βοθρίο του αμφιβληστροειδή (Clementz, et al., 1990).

3.2. Ποιες εγκεφαλικές περιοχές ελέγχουν την ΛΟΚΠ;

Η παραγωγή της ΛΟΚΠ προϋποθέτει την παρουσία ενός κινούμενου οπτικού ερεθίσματος από το περιβάλλον (Rashbass, 1961; όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004). Αυτή η ιδιότητα της ΛΟΚΠ έχει βοηθήσει στην εξέταση της οπτικής επεξεργασίας της κίνησης, αλλά στερείται αρκετές και σημαντικές ιδιότητες που έχουν οι σακκαδικές κινήσεις. Η ΛΟΚΠ θεωρείται μία σχετικά αυτόματη συμπεριφορά, συγκριτικά με τις σακκαδικές κινήσεις. Ωστόσο, με βάση τα τελευταία ανατομικά, φυσιολογικά και νευροαπεικονιστικά ευρήματα, έχουμε ισχυρές ενδείξεις ότι η ΛΟΚΠ είναι μία εκούσια οφθαλμική κίνηση (Krauzlis, 2004).

Επικρατούν αρκετές απόψεις για το ποιες περιοχές ελέγχουν την ΛΟΚΠ. Η αρχική άποψη, υποστηρίζει ότι η ΛΟΚΠ ελέγχεται από ένα απλό δίκτυο, το οποίο συνδέει περιοχές του κροταφικού και μετωπιαίου λοβού με κινητικές περιοχές

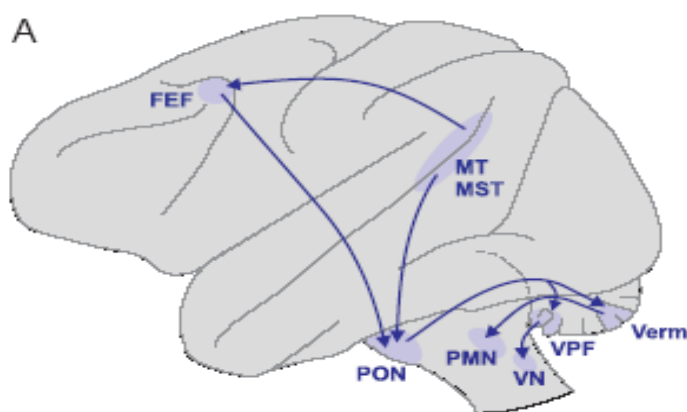
της παραγκεφαλίδας (Iig 1997, Lisberger et al., 1987). Παρόλα αυτά, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η ΛΟΚΠ ελέγχεται από ένα ευρύ δίκτυο φλοιικών περιοχών (Krauzlis, 2004). Το απλό δίκτυο παραμένει σημαντικό, αλλά υπάρχουν καινούρια μονοπάτια, τα οποία περιλαμβάνουν δομές, οι οποίες ελέγχουν και τις σακκαδικές κινήσεις. Παρόλο που η αρχική άποψη περιγράφει τα συστήματα των σακκαδικών κινήσεων και της ΛΟΚΠ σαν δύο ξεχωριστά νευρωνικά συστήματα, σήμερα, επικρατεί η άποψη ότι οι δύο κινήσεις είναι δύο διαφορετικά επακόλουθα από ένα κοινό δίκτυο αισθητηριακών και κινητικών λειτουργιών (Krauzlis, 2004).

3.2.1. Απλό δίκτυο

Για να ξεκινήσει η παραγωγή της ΛΟΚΠ, θα πρέπει ο οφθαλμός να δεχτεί πληροφορία από το περιβάλλον για ένα κινούμενο οπτικό ερέθισμα. Τα σήματα από τον αμφιβληστροειδή περνούν, μέσω του έξω γονατώδες σώματος, στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό. Ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός στέλνει τις πληροφορίες για το οπτικό ερέθισμα στην *μέση κροταφική* (Middle Temporal) και την *άνω μέση κροταφική* (Middle Superior Temporal) περιοχή του φλοιού, οι οποίες βρίσκονται στην *άνω κροταφική αύλακα* (superior temporal sulcus) και επεξεργάζονται πληροφορίες για την οπτική κίνηση και οφθαλμοκινητικά σήματα, τα οποία είναι αναγκαία για την ΛΟΚΠ. Από τις παραπάνω περιοχές, το σήμα διαβιβάζεται στην *κροκύδα* (Flocculus) και στην *κοιλιακή παρακροκύδα* (Ventral Paraflocculus) της παρεγκεφαλίδας, μέσω των οπτικοκινητικών πυρήνων στους *γεφυρικούς πυρήνες* (Pontine Nuclei) και κυρίως μέσω του *έξω ραχιαίου γεφυρικού πυρήνα* (Dorsolateral Pontine Nuclei). Οι παραπάνω περιοχές της παρεγκεφαλίδας έχουν πρόσβαση στον κινητικό πυρήνα, ο οποίος ελέγχει τους μύες των οφθαλμών, από προβολές στον *αιθουσιαίο πυρήνα* (vestibular nucleus). Παράλληλα με το παραπάνω μονοπάτι, ένα δεύτερο φλοιικό- γεφυρικό- παρεγκεφαλιδικό μονοπάτι ξεκινάει από το *μετωπιαίο οπτικό πεδίο* (Frontal Eye Field) και συνεχίζει, μέσω του *γεφυρικού πυρήνα των αμφιβληστροειδικών κάλυπτρων* (nucleus reticularis tegmenti pontis), το οποίο,

όπως ο έξω ραχιαίος γεφυρικός πυρήνας, καταλήγει αποκλειστικά στην παρεγκεφαλίδα και συγκεκριμένα στα λοβία VI και VII του σκώλυκα (vermis). Οι νευρώνες του έξω ραχιαίου γεφυρικού πυρήνα (Dorsolateral Pontine Nuclei) και του γεφυρικού πυρήνα των αμφιβληστοειδικών κάλυπτρων (nucleus reticularis tegmenti pontis) συντονίζονται με την ταχύτητα του οφθαλμού και την αλλάζουν όταν αλλάζει η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος. Τέλος, η παρεγκεφαλίδα στέλνει σήμα στους οπτικούς κινητικούς νευρώνες, οι οποίοι ελέγχουν τους μύες των οφθαλμών και προκαλούν την κίνηση τους. (Βλέπε Εικόνα 3) (Krauzlis, 2004).

Λόγω της σχετικά απλής νευρωνικής αρχιτεκτονικής του συστήματος, η ΛΟΚΠ θεωρείται ότι είναι ένα αυτόματο «οπτικό αντανακλαστικό» (Hutton & Tegally, 2005).



Εικόνα 2: Το παραδοσιακό δίκτυο της ΛΟΚΠ. FEF: μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο, MT: μέση κροταφική περιοχή, MST: άνω μέση κροταφική περιοχή, PON: προπαραγκεφαλιδικό γεφυρικό πυρήνα, PMN: προκινητικοί πυρήνες του εγκεφαλικού στελέχους, VN: αιθουσιαίοι πυρήνες, VPF: κοιλιακή παρακροκύδα, Verm: σκώληκας (από Krauzlis, 2004).

3.2.2. Πολύπλοκο δίκτυο

Πρόσφατες έρευνες διαφωνούν με την άποψη ότι το σύστημα της ΛΟΚΠ ελέγχεται από ένα απλό νευρωνικό δίκτυο, το οποίο είναι ξεχωριστό από εκείνο των σακκαδικών κινήσεων. Ο Krauzlis (2004) υποστηρίζει ότι θα πρέπει να αντιμετωπίζουμε τα δύο δίκτυα σαν δύο διαφορετικά επακόλουθα από ένα

«κοινό σύνολο αισθητηριακών και κινητικών λειτουργιών», με σημαντικά αλληλεπικαλυπτόμενα υποστρώματα. Νευροαπεικονιστικές, ανατομικές και φυσιολογικές έρευνες, οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω, υποστηρίζουν την παραπάνω άποψη.

Οι Newsome et al. (1985) μελέτησαν τα αποτελέσματα που προκαλούν χημικές βλάβες στους νευρώνες της μέσης κροταφικής περιοχής (MT) στις οφθαλμικές κινήσεις. Προκάλεσαν βλάβη στους νευρώνες της περιοχής MT των πιθήκων και εξέτασαν την επίδοση των ζώων στην ΛΟΚΠ και στις σακκαδικές κινήσεις. Οι πίθηκοι έπρεπε να παρακολουθήσουν ένα κινούμενο και ένα ακίνητο οπτικό ερέθισμα. Οι Newsome et al. (1985) βρήκαν δύο μορφές διαταραχής της ΛΟΚΠ, ύστερα από την βλάβη στους νευρώνες της MT. Πρώτον, η ικανότητα των πιθήκων να ταιριάζουν την ταχύτητα της ΛΟΚΠ με αυτή του οπτικού ερεθίσματος, ήταν διαταραγμένη. Δεύτερον, ο πίθηκος δεν μπορούσε να εκτελέσει σακκαδικές κινήσεις για να βελτιώσει την ΛΟΚΠ, όταν η ταχύτητα του οφθαλμού μειώνεται συγκριτικά με την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος, ήταν επίσης διαταραγμένη. Αντιθέτως, οι πίθηκοι δεν εμφάνισαν διαταραχή στην εκτέλεση σακκαδικών κινήσεων, κατά την παρουσία ενός ακίνητου ερεθίσματος.

Οι Dursteler & Wurtz, (1988), εξέτασαν την επίδοση των πιθήκων στην ΛΟΚΠ μετά από βλάβες στους νευρώνες της άνω μέσης κροταφικής περιοχής (MST). Προκάλεσαν χημικές βλάβες στους νευρώνες της MST και παρατήρησαν δύο μορφές διαταραχής στην ΛΟΚΠ. Οι αμφιβληστοτοπικές βλάβες στην έναρξη της ΛΟΚΠ, σχετίζονται με την ανικανότητα των ζώων να ταιριάζει την ταχύτητα του οφθαλμού με την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος. Η διαταραχή αυτή εμφανιζόταν όταν το οπτικό ερέθισμα κινούνταν σε οποιαδήποτε κατεύθυνση μέσα στο ετερόπλευρο οπτικό πεδίο της πλευράς του εγκεφάλου με την βλάβη και όταν προκαλούσαν βλάβη σε οποιονδήποτε από τους νευρώνες της MST. Η διαταραχή στην κατεύθυνση κατά την διατήρηση της ΛΟΚΠ σχετίζεται με την ανικανότητα του οφθαλμού να ταιριάζει την ταχύτητα του με την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος, όταν το κινούμενο οπτικό ερέθισμα βρίσκεται μέσα στο κεντρικό βοθρία. Οι διαταραχές στην κατεύθυνση προκαλούνταν μόνο όταν δημιουργούσαν βλάβες σε υποπεριοχές της MST και συγκεκριμένα στην έξω άνω

μέση κροταφική περιοχή (MSTI). Από τα παραπάνω, καταλήγουμε ότι βλάβη στην MST και στην MT προκαλεί διαταραχή στην ΛΟΚΠ. Επομένως, η MT και η MST παίρνουν μέρος στην παραγωγή της ΛΟΚΠ.

Μία υπό περιοχή του *μετωπιαίου οφθαλμικού πεδίου (FEF)* εμπλέκεται στον έλεγχο της ΛΟΚΠ. Οι MacAvoy et al., (1991) προκάλεσαν μικροδιέργεση στους νευρώνες της υποπεριοχής του FEF, η οποία βρίσκεται κοιλιακά από την υποπεριοχή, η οποία εμπλέκεται με την παραγωγή των σακκαδικών κινήσεων. Το αποτέλεσμα ήταν οι πίθηκοι να παράγουν μικρές κινήσεις, οι οποίες μοιάζουν με την ΛΟΚΠ και οι οποίες είχαν κατεύθυνση ομόπλευρα με το ημισφαίριο που είχε υποστεί την μικροδιέργεση. Στη συνέχεια προκάλεσαν δύο ειδών βλάβες στην υποπεριοχή της FEF, η οποία θεωρούν ότι εμπλέκεται με την ΛΟΚΠ. Μία επιφανειακή, η οποία δεν κατέστρεφε όλη την περιοχή και μία ολική αφαίρεση της υποπεριοχής. Στην πρώτη περίπτωση, παρατήρησαν ότι οι πίθηκοι μπορούσαν να εκτελέσουν ένα έργο ΛΟΚΠ. Αντιθέτως, στην δεύτερη περίπτωση, οι πίθηκοι δεν μπορούσαν να προβλέψουν την έναρξη της κίνησης του οπτικού ερεθίσματος προς παρακολούθηση, η ταχύτητα του οφθαλμού τους ήταν μεγαλύτερη από την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος και η ταχύτητα του οφθαλμού μεταβάλλονταν, ενώ το οπτικό ερέθισμα κινούνταν με σταθερή ταχύτητα.

Το *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο (SEF)* βρίσκεται στην *έσω ραχιαία περιοχή του μετωπιαίου λοβού (dorsal medial frontal lobe)* και σχετίζεται με την ΛΟΚΠ. Μικροδιέργεση των νευρώνων της SEF κατά την έναρξη της ΛΟΚΠ, αυξάνουν την ταχύτητα του οφθαλμού, όταν παρακολουθούν ένα κινούμενο οπτικό ερέθισμα. Επίσης, μειώνονται οι σακκαδικές κινήσεις που παράγονται όταν ο οφθαλμός έχει μικρότερη ταχύτητα από την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος, ώστε να επανέλθει ο οφθαλμός στην ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος (catch-up saccades)(Missal & Heinen, 2004). Επίσης, ο Heinen (1995) κατέγραψε από πιθήκους την δραστηριότητα μεμονωμένων νευρώνων της SEF, όταν εκτελούσαν ένα έργο ΛΟΚΠ. Η εκτέλεση της ΛΟΚΠ έλεγχε τον βαθμό πυροδότησης των νευρώνων, και οι νευρώνες είχαν την μέγιστη δραστηριότητα, κατά την έναρξη της ΛΟΚΠ. Τέλος, όταν το οπτικό ερέθισμα ξεκινούσε την κίνηση και στη συνέχεια εξαφανίζονταν, οι νευρώνες συνέχιζαν την εκφόρτιση

τους. Η δραστηριότητα τους αυξάνονταν κατά την αλλαγή της κίνησης και ειδικότερα όταν μπορούσαν τα ζώα να προβλέψουν αυτήν την αλλαγή (π.χ. όταν το οπτικό ερέθισμα έφτανε στα δεξιά της οθόνης και άλλαζε κατεύθυνση για να πάει προς τα αριστερά). Επομένως, η SEF εμπλέκεται με την έναρξη της ΛΟΚΠ, με την πρόβλεψη της, όπως επίσης και με την αλλαγή της κατεύθυνσης της.

Η *έξω ενδοβρεγματική περιοχή* (Lateral IntraParietal area) φαίνεται να ενεργοποιείται για τον έλεγχο της ΛΟΚΠ αλλά και των σακκαδικών κινήσεων, και προβολές από το *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο* δείχνουν ότι δύο υποπεριοχές σχετίζονται με τα δύο συστήματα (Tian & Lynch 1996). Οι Tian & Lynch (1996) προσπάθησαν να χαρτογραφήσουν το συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο των πιθήκων cebus και στη συνέχεια με την χρήση μικροδιέγερσης, ξεχώρισαν τις λειτουργικές υποπεριοχές του. Παρατήρησαν ότι υπάρχουν δύο υποπεριοχές. Η μία συμβάλει στην σακκαδική κίνηση και η άλλη στην ΛΟΚΠ. Επίσης, βρήκαν ότι οι νευρώνες από τις δύο υποπεριοχές προβάλλουν σε διαφορετικά τμήματα της έξω ενδοβρεγματικής περιοχής.

Επιπλέον, τα *βασικά γάγγλια* φαίνεται να εμπλέκονται στην ΛΟΚΠ αλλά και στις σακκαδικές κινήσεις. Ο *κερκοφόρος πυρήνας* (Caudate Nucleus) δέχεται σήμα από το τμήμα του *μετωπιαίου οφθαλμικού πεδίου* της ΛΟΚΠ αλλά και των σακκαδικών κινήσεων (Cui et al., 2003, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004). Επίσης, τα *βασικά γάγγλια* προβάλλουν πίσω στο μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο (Tian & Lynch, 1997, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004).

Οι *έξω ραχιαίοι γεφυρικοί πυρήνες* (Dorsolateral Pontine Nucleus) μεταφέρουν σήματα από τις φλοιικές περιοχές MT και MST στην *παρεγκεφαλίδα* (Mustari et al., 1988; Suzuki & Keller, 1984; Thier et al., 1988, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004). Βλάβη στους έξω ραχιαίους γεφυρικούς πυρήνες προκαλεί αμφιβληστροειδοτοπικά ελλείμματα στην έναρξη της ΛΟΚΠ και ελλείμματα κατεύθυνσης κατά τη διατήρηση της (May et al., 1988, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004). Οι *έσω ραχιαίοι γεφυρικοί πυρήνες* (Dorsomedial Pontine Nuclei) ενώνονται με τον *γεφυρικό πυρήνα των αμφιβληστοειδικών κάλυπτρων* (nucleus reticularis tegmenti pontis, NRTP).

Έχουμε ισχυρές ενδείξεις ότι η *παραγκεφαλιδική κροκύδα (cerebellar flocculus)* και η *κοιλιακή παρακροκύδα (ventral paraflocculus)* παίρνουν μέρος στη παραγωγή της ΛΟΚΠ. Βλάβη στις περιοχές προκαλεί σοβαρές διαταραχές στην ΛΟΚΠ (Zee et al., 1981, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004). Ωστόσο, μία πρόσφατη έρευνα δείχνει ότι η *κοιλιακή παρακροκύδα* είναι περισσότερο σημαντική στον έλεγχο της ΛΟΚΠ, από ότι η *παραγκεφαλιδική κροκύδα* (Rambold et al., 2002, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004).

Επίσης, τα κύτταρα Purkinje του *παραγκεφαλικού σκώληκα* παίρνουν μέρος στην ΛΟΚΠ. Η περιοχή ελέγχει την ΛΟΚΠ αλλά και τις σακκαδικές κινήσεις, με το να διαμορφώνει την τροχιά τους, ενδεχομένως αλλάζοντας τις εντολές της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης του οφθαλμού (Kase et al., 1979).

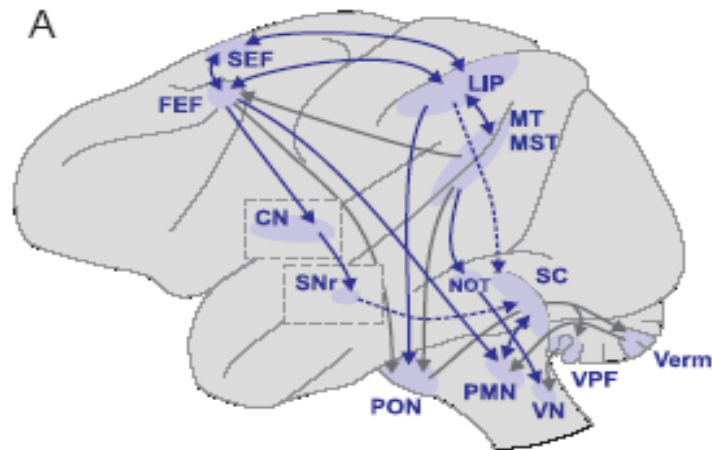
Επίσης, βλάβη στους *προτετραδυμικούς πυρήνες της οπτικής ταινίας (pretectal nucleus of the optic tract)* προκαλεί μείωση της ταχύτητας της ΛΟΚΠ (Iig et al., 1993; Inoue et al., 2000, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004).

Τα *άνω διδύμια (superior colliculus)* σχηματίζουν ένα αμφιβληστροειδοτοπικό χάρτη για τον έλεγχο των κινήσεων των οφθαλμών και του κεφαλιού. Στα *κεφαλικά άνω διδύμια*, τα οποία ανταποκρίνονται στην αναπαράσταση του κεντρικού οπτικού πεδίου, πολλοί νευρώνες ελέγχουν τον ρυθμό εκφόρτισης τους, κατά την ΛΟΚΠ και τις σακκαδικές κινήσεις, και αυτή η δραστηριότητα εξαρτάται από την θέση του οπτικού ερεθίσματος στο υποδεκτικό πεδίου του νευρώνα (Krauzlis et al., 1997, 2000, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004).

Τέλος, παλαιότερα, το *εγκεφαλικό στέλεχος (brain stem)* είχε συσχετιστεί με τις σακκαδικές κινήσεις, αλλά όχι με την ΛΟΚΠ. Ωστόσο, οι κύριοι πυρήνες του στελέχους δέχονται άμεσες εισόδους από την υποπεριοχή του *μετωπιαίου οφθαλμικού πεδίου* που εμπλέκεται με την ΛΟΚΠ, αλλά και από την υποπεριοχή που εμπλέκεται με τις σακκαδικές κινήσεις (Yan et al., 2000, όπως αναφέρει ο Krauzlis, 2004).

Από την παραπάνω σύντομη ανασκόπηση μπορούμε να καταλήξουμε ότι το δίκτυο της ΛΟΚΠ διαφέρει από το απλό δίκτυο που αναφερθήκαμε παραπάνω και μοιάζει περισσότερο με το σύστημα των σακκαδικών κινήσεων (Βλέπε

Εικόνα 4). Επίσης, αρκετές περιοχές φαίνεται να χωρίζονται σε υποπεριοχές, οι οποίες ελέγχουν την ΛΟΚΠ και τις σακκαδικές κινήσεις, αντίστοιχα.



Εικόνα 3: Το δίκτυο της ΛΟΚΠ, όπως φαίνεται από την πλευρική όψη του εγκεφάλου του πιθήκου. FEF: μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο, SEF: συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο, LIP: έξω ενδοβραγματική περιοχή, MT: μέση κροταφική περιοχή, MST: άνω μέση κροταφική περιοχή, CN: κερκοφόρος πυρήνας, SNr: μέλανα ουσία του δικτυωτού, NOT: πυρήνες της οπτικής ταινίας, SC: άνω διδύμια, PON: προπαραγκεφαλικοί γεφυρικοί πυρήνες, PMN: προκινητικοί πυρήνες του εγκεφαλικού στελέχους, VN: αιθουσιαίοι πυρήνες, VPF: κοιλιακή παρακροκύδα, Verm: σκώληκας (από τον Krauzlis, 2004).

3.2.3. Νευροαπεικονιστικά ευρήματα

Νευροαπεικονιστικά ευρήματα υποστηρίζουν το πολύπλοκο νευρωνικό δίκτυο της ΛΟΚΠ. Κατά την εκτέλεση της ΛΟΚΠ μέσα στον μαγνητικό τομογράφο (fMRI), φαίνεται ότι ενεργοποιούνται, αν όχι όλες, οι περισσότερες περιοχές τις οποίες περιγράφει ο Krauzlis (2004). Επίσης, ορισμένες περιοχές ενεργοποιούνται τόσο κατά την ΛΟΚΠ όσο και κατά την εκτέλεση σακκαδικών κινήσεων. Στα ανατομικά ευρήματα παρατηρήσαμε αρκετές περιοχές, οι οποίες χωρίζονται σε υποπεριοχές και εμπλέκονται με τις σακκαδικές κινήσεις και την ΛΟΚΠ, αντίστοιχα (π.χ. μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο).

Οι Petit & Haxby (1999) εξέτασαν ποιες περιοχές ενεργοποιούνται κατά την εκτέλεση σακκαδικών κινήσεων και ΛΟΚΠ, μέσα σε μαγνητικό τομογράφο. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να εκτελούν είτε σακκαδικές κινήσεις σε έναν οπτικό στόχο, είτε ΛΟΚΠ, δηλαδή να παρακολουθούν έναν οπτικό κινούμενο στόχο. Κατά τη συνθήκη ελέγχου, οι συμμετέχοντες δεν έβλεπαν τίποτα, η αίθουσα ήταν σκοτεινή και τους ζητήθηκε να μην κινούν τα μάτια τους.

Οι Petit & Haxby (1999) βρήκαν ότι ενεργοποιείται ένα σύνολο φλοιικών περιοχών, κατά την εκτέλεση λείων οφθαλμικών κινήσεων παρακολούθησης, οι οποίες εμπλέκονται στον έλεγχο των σακκαδικών οφθαλμικών κινήσεων. Συγκεκριμένα, το *μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο* (FEF) ενεργοποιείται κατά την εκτέλεση και των δύο κινήσεων. Το πλάγιο και έξω τμήμα της FEF είχε αυξημένη ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση των λείων οφθαλμικών κινήσεων παρακολούθησης, ενώ το πλάγιο τμήμα της εμφάνιζε αυξημένη ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση των σακκαδικών κινήσεων. Επίσης, το οπίσθιο τμήμα του συμπληρωματικού οφθαλμικού πεδίου (SEF) ενεργοποιείται περισσότερο κατά την ΛΟΚΠ, ενώ φαίνεται ότι η περιοχή αυτή είναι μικρότερη συγκριτικά με την αντίστοιχη περιοχή η οποία εμπλέκεται με τις σακκαδικές κινήσεις. Ο *ενδοβρεγματικός φλοιός* (ή βρεγματικό οφθαλμικό πεδίο) ενεργοποιείται κατά την εκτέλεση και των δύο οφθαλμικών κινήσεων. Η περιοχή που σχετίζεται με την ΛΟΚΠ βρίσκεται πίσω από την περιοχή που σχετίζεται με τις σακκαδικές κινήσεις (οπίσθιο τμήμα του ενδοβρεγματικού φλοιού). Ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση των δύο κινήσεων βρέθηκε στην *μέση κροταφική περιοχή* (MT) και στην *άνω μέση κροταφική περιοχή* (MST). Τέλος, κατά την εκτέλεση λείων οφθαλμικών κινήσεων παρακολούθησης εμφανίστηκε ενεργοποίηση στην *έσω ραχιαία βρεγματική οπτική περιοχή* (precuneus) και συγκεκριμένα πίσω και κάτω από το τμήμα της περιοχής το οποίο φαίνεται ότι εμπλέκεται στο δίκτυο των σακκαδικών κινήσεων.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας τους, οι Petit & Haxby (1999) κατέληξαν ότι υπάρχουν δύο παράλληλα φλοιικά συστήματα, τα οποία ελέγχουν τις σακκαδικές και την ΛΟΚΠ αντίστοιχα. Το κάθε σύστημα αποτελείται από τις ίδιες περιοχές (FEF, SEF, PEF, MT/MST, precuneus), οι οποίες χωρίζονται σε υποπεριοχές για να ελέγχουν τις διαφορετικές οφθαλμικές κινήσεις. Θεωρούν

ότι η μερική αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των υποπεριοχών ενδεχομένως να βρέθηκε λόγω της χωρικής ανάλυσης του μαγνητικού τομογράφου (1.5 T). Παρόλα αυτά, οι Petit & Haxby (1999) επιχειρηματολογούν υπέρ της άποψης ότι το σύστημα της ΛΟΚΠ είναι πιο πολύπλοκο από το απλό δίκτυο που πίστευαν μέχρι τότε και μοιάζει με αυτό των σακκαδικών κινήσεων.

Οι Tanabe et al. (2002) θέλησαν να επιβεβαιώσουν τις περιοχές οι οποίες εμπλέκονται κατά την εκτέλεση ενός έργου ΛΟΚΠ. Εξέτασαν τους συμμετέχοντες μέσα και έξω από το μαγνητικό τομογράφο χρησιμοποιώντας ένα έργο ΛΟΚΠ. Οι μεταβλητές του έργου ήταν ίδιες και στις δύο συνθήκες (χρονικό διάστημα μεταξύ των φορών εξέτασης στο έργο της ΛΟΚΠ και ο αριθμός των φορών εξέτασης), αλλά η διάρκεια της δοκιμασίας ήταν μικρότερη έξω από τον μαγνητικό τομογράφο. Κατά την συνθήκη ελέγχου, οι συμμετέχοντες κοιτούσαν μία μαύρη οθόνη.

Οι ερευνητές ισχυρίζονται ότι, συνήθως, εμφανίζεται ανάμεσα στους συμμετέχοντες μία απόκλιση στην απόκριση τους στο έργο της ΛΟΚΠ και ο πρώτος σκοπός της έρευνας τους ήταν να εξετάσουν την ΛΟΚΠ με περισσότερους συμμετέχοντες και να ελέγξουν την απόκλιση ανάμεσα τους χρησιμοποιώντας, στην ανάλυση των δεδομένων από τον μαγνητικό τομογράφο, το μοντέλο της τυχαίας επίδρασης (random-effect). Επίσης, προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει διαφορετικές ενεργοποιήσεις, οι οποίες εξαρτώνται από το αν το ερέθισμα είναι προβλεπόμενο και αν επαναλαμβάνονται οι δοκιμασίες (Schmid et al., 2001; Dejardin et al., 1998, όπως αναφέρουν οι Tanabe et al. 2002). Οι διαφορές αυτές μπορεί να εμπλέκονται στην λειτουργική εξειδίκευση, όπως η κίνηση, η μάθηση και η προσοχή στις οφθαλμικές κινήσεις. Συνεπώς, ο δεύτερος στόχος της έρευνας τους ήταν να εκτιμήσουν την επίδραση της επανάληψης του έργου ΛΟΚΠ στην εγκεφαλική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, ήθελαν να εξετάσουν αν οι εγκεφαλικές περιοχές που εμπλέκονται στους παράγοντες της προσοχής, οι οποίοι ελέγχουν τις οφθαλμικές κινήσεις, έχουν διαφορετική ενεργοποίηση ανάμεσα στις φορές που εξετάζονται οι συμμετέχοντες στο έργο της ΛΟΚΠ.

Οι Tanabe et al. (2002) βρήκαν ότι η ενεργοποίηση στο *μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο*, στο *βρεγματικό οφθαλμικό πεδίο*, στην *μέση κροταφική (MT)* και στην *άνω μέση κροταφική περιοχή (MST)*, στην *οπίσθια έλικα του προσαγωγίου (posterior cingulate gyrus)* και στην *παρεγκεφαλίδα* είναι ίδια σε όλους τους συμμετέχοντες. Αντιθέτως, η ενεργοποίηση στο *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο*, στην *πρόσθια έλικα του προσαγωγίου*, και στον *θάλαμο* ποικίλει ανάμεσα στους συμμετέχοντες. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μία μείωση στην δραστηριότητα στην *δεξιά παρεγκεφαλίδα*, στο *δεξιό ινιακοκροταφικό φλοιό* και στο *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο*. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι η μείωση της δραστηριότητας αντανακλά την μείωση της προσοχής κατά την παρακολούθηση του ερεθίσματος στις μετέπειτα δοκιμασίες. Στις μετέπειτα δοκιμασίες, οι συμμετέχοντες γνώριζαν το έργο και δεν απαιτούσε την ίδια προσοχή όσο απαιτείται στην πρώτη δοκιμασία. Έδωσαν έμφαση στις περιοχές οι οποίες εμπλέκονται στην προσοχή. Συγκεκριμένα, θεωρούν ότι το *συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο* εμπλέκεται στον σχεδιασμό και την καθήλωση της προσοχής κατά την ΛΟΚΠ. Η *έλικα του προσαγωγίου* εμπλέκεται σε λειτουργίες που απαιτούν προσοχή. Οι Mesulam et al., (2001) περιγράφουν την *έλικα του προσαγωγίου* ως μία παραμεταχμιακή ζώνη, η οποία προσφέρει μία κυτοαρχιτεκτονική μεταβατική ζώνη μεταξύ μεταχμιακών περιοχών και του *μετωπιαίοβραγματικού φλοιού*. Οι περιοχές *MT/MST* είναι σχετικά ευαίσθητες στην κατάσταση της προσοχής, ενώ η ενεργοποίηση της *παρεγκεφαλίδας* εξαρτάται από την επανάληψη, γιατί εμπλέκεται στην προσοχή (Dieterich et al. 2000, όπως αναφέρουν οι Tanabe et al., 2002). Αν καταφέρουμε να εξετάσουμε σε ποιες εγκεφαλικές περιοχές του δικτύου της ΛΟΚΠ, επιδρά η προσοχή, ενδεχομένως να μπορέσουμε να διερευνήσουμε την επίδραση της και στην ίδια την ΛΟΚΠ.

Έχουμε ισχυρές ενδείξεις ότι ένα δίκτυο από φλοιικές περιοχές εμπλέκεται στην παραγωγή των σακκαδικών κινήσεων και στην χωρική προσοχή. Καταγραφές από μεμονωμένους νευρώνες μας κατευθύνουν στο *μετωπιαίο και συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο* και στον *οπίσθιο βραγματικό φλοιό* (Robinson et al., 1978; Bruce & Goldberg, 1985; Schlag & Schlag-Rey, 1987; Anderson, 1990; Schall 1990; Colby et al., 1996, όπως αναφέρουν οι Berman et al., 1999). Η ΛΟΚΠ

μαζί με τις μικρές σακκαδικές κινήσεις (catch-up saccades) απαιτούν τη συνεχή προσοχή. Για να παρακολουθήσουμε ένα ερέθισμα, θα πρέπει να εστιάζουμε την προσοχή μας σε αυτό. Το σύστημα της ΛΟΚΠ, δεσμεύει μερικές περιοχές τις οποίες δεσμεύει και το σύστημα των σακκαδικών κινήσεων (μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο) και χρειάζεται την συνεχή προσοχή. Συνεπώς, η ΛΟΚΠ, όπως και η οπτικοχωρική προσοχή, ενδεχομένως να δεσμεύει περιοχές που εμπλέκονται στις σακκαδικές κινήσεις (Berman et al., 1999). Οι Berman et al., 1999, εξέτασαν, με τη χρήση fMRI το δίκτυο το οποίο εμπλέκεται στην ΛΟΚΠ και το συνέκριναν με αυτό των σακκαδικών κινήσεων. Οι περιοχές που τους ενδιέφεραν ήταν το *μετωπιαίο και το συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο*, η *έσω ραχιαία οπτική περιοχή*, η *ενδοβραγματική αύλακα* και η *οπίσθια και πρόσθια έλικα του προσαγωγίου*. Χρησιμοποίησαν ένα έργο ΛΟΚΠ και ένα έργο σακκαδικών κινήσεων. Κατά την συνθήκη ελέγχου, οι συμμετέχοντες έβλεπαν έναν άσπρο σταυρό.

Οι Berman et al., 1999, παρατήρησαν ότι η ΛΟΚΠ απασχολεί ορισμένες φλοιικές περιοχές οι οποίες ενεργοποιούνται κατά την εκτέλεση των σακκαδικών κινήσεων (*μετωπιαίο και συμπληρωματικό οφθαλμικό πεδίο, έσω ραχιαία οπτική περιοχή, ενδοβραγματική αύλακα και οπίσθια και πρόσθια έλικα του προσαγωγίου*). Οι παραπάνω περιοχές εμπλέκονται με την οπτικοχωρική προσοχή και τις σακκαδικές κινήσεις (Corbetta et al., 1998; Culham et al., 1998, όπως αναφέρουν οι Berman et al., 1999).

Συγκεκριμένα, υπήρχε ίδια ενεργοποίηση στην *κάτω προκεντρική αύλακα* (precentral culcus – *preCS*) κατά την εκτέλεση και των δύο οφθαλμικών έργων (σακκαδική κίνηση και ΛΟΚΠ), και η ενεργοποίηση βρισκόταν στην ίδια περίπου περιοχή της *κάτω προκεντρικής αύλακας*. Τα αποτελέσματα των ερευνητών ταιριάζουν με αυτά των Corbetta et al., (1998), οι οποίοι εξέτασαν την προσοχή και τις σακκαδικές κινήσεις, με την χρήση fMRI και βρήκαν ότι στον βρεγματικό, μετωπιαίο και κροταφικό λοβό του δεξιού ημισφαίριο εμφάνισε αυξημένη ενεργοποίηση σε έργα προσοχής και σε έργα σακκαδικών κινήσεων. Ενδεχομένως, να υπάρχει εξειδίκευση στο δεξί ημισφαίριο για την οπτικοχωρική επεξεργασία και για την προσοχή (Mesulam, 1981). Επιπλέον, εμφανίστηκε αυξημένη ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση και των δύο έργων (σακκαδική

κίνηση και ΛΟΚΠ) στην *έσω ραχιαία οπτική περιοχή* και στην *ενδοβρεγματική αύλακα* (βρεγματικός φλοιός). Κατά την εκτέλεση χωρικών έργων προσοχής υπάρχει αυξημένη δραστηριότητα στις παραπάνω περιοχές (Corbetta et al., 1998). Παρόλα αυτά, η δραστηριότητα της *ενδοβρεγματικής αύλακας* ήταν μεγαλύτερη στο δεξί ημισφαίριο και κατά την εκτέλεση του έργου σακκαδικών κινήσεων, εκφράζοντας τον ρόλο του δεξιού *βρεγματικού φλοιού* στην προσήλωση της προσοχής σε σταθερά ερεθίσματα (Mesulam, 1981). Επίσης, οι Berman et al. (1999) βρήκαν ότι κατά την εκτέλεση του έργου ΛΟΚΠ υπήρχε μεγαλύτερη δραστηριότητα στην *οπίσθια αύλακα του προσαγωγίου*.

Παρατηρήθηκε μία αλληλοεπικάλυψη ανάμεσα στην ενεργοποίηση κατά των σακκαδικών κινήσεων και της ΛΟΚΠ, την οποία οι Berman et al., (1999) απέδωσαν στην οπτικοχωρική προσοχή. Τα ευρήματα των Berman et al., (1999) μαζί με απεικονιστικές έρευνες πάνω στην οπτικοχωρική προσοχή και τις οφθαλμικές κινήσεις (Corbetta et al., 1998; Culham et al., 1998) όπως αναφέρουν οι Berman et al., 1999) αποτελούν ένδειξη για ένα κοινό δίκτυο φλοιικών περιοχών το οποίο ενεργοποιείται όταν μετατοπίζεται η προσοχή σε ένα οπτικό ερέθισμα, ανεξάρτητα από το είδος της οφθαλμικής κίνησης και από το αν το οπτικό ερέθισμα παραμένει ακίνητο ή κινείται.

4. Λεία Οφθαλμική Κίνηση Παρακολούθησης και Προσοχή

Η προσοχή μας επιτρέπει να εντοπίζουμε και να διακρίνουμε ερεθίσματα από το περιβάλλον, τα οποία μας ενδιαφέρουν, ενώ απορρίπτουμε αποτελεσματικά τα υπόλοιπα ερεθίσματα τα οποία εισέρχονται στους αισθητηριακούς υποδοχείς (Van Donkelaar & Drew, 2002). Τα πλεονεκτήματα που κερδίζουμε όταν προσέχουμε είναι να αντιλαμβανόμαστε πιο γρήγορα τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος και να παρατηρούμε πιο γρήγορα τις αλλαγές των ερεθισμάτων. Εκτός από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η προσοχή στην οπτική αντίληψη, προσφέρει και στην ακριβή παραγωγή των οφθαλμικών κινήσεων (Van Donkelaar & Drew, 2002). Ενώ οι περισσότερες έρευνες που σχετίζουν την προσοχή με τις οφθαλμικές κινήσεις εξετάζουν τις σακκαδικές κινήσεις

(Corbetta, 1998) δεν έχουμε πολλές πληροφορίες για την σχέση της προσοχής με την ΛΟΚΠ.

Η ΛΟΚΠ είναι μία πολύπλοκη οφθαλμική κίνηση, η οποία περιλαμβάνει αισθητηριακές, γνωσιακές και κινητικές διεργασίες του ΚΝΣ (Chen et al., 2002). Το σύστημα της ΛΟΚΠ χρησιμοποιεί πολλές μορφές σημάτων (οπτικά, μη οπτικά) για να ενεργοποιήσει τα διάφορα στάδια της κίνησης της (έναρξη, διατήρηση και λήξη της κίνησης). Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις, τις οποίες θα αναφέρουμε αναλυτικά παρακάτω, ότι η προσοχή συμβάλλει στην παραγωγή της ΛΟΚΠ.

Πρώτων, για να παρακολουθήσουμε με ακρίβεια ένα οπτικό ερέθισμα, το ΚΝΣ πρέπει να υπολογίσει την ταχύτητα του ερεθίσματος. Οι νευρώνες της MT και της MST ενεργοποιούνται κατά την οπτική κίνηση (Zeki et al., 1991) και όπως είδαμε εμπλέκονται στην παραγωγή της ΛΟΚΠ (Krauzlis, 2004). Επίσης, οι Culham et al., (1998) έδειξαν ότι η δραστηριότητα των παραπάνω περιοχών αυξάνεται όταν πρέπει να προσέξουμε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό του οπτικού ερεθίσματος προς παρακολούθηση (αλλαγή του χρώματος του ερεθίσματος). Επομένως, η προσοχή επηρεάζει την δραστηριότητα των δικτύων του ΚΝΣ που σχετίζονται με την μετατροπή των αισθητηριακών- αντιληπτικών πληροφοριών στην παραγωγή της ΛΟΚΠ.

Δεύτερων, όταν έχουμε και ένα ερέθισμα διάσπασης της προσοχής, πριν από την έναρξη της ΛΟΚΠ, θα πρέπει να επιλέξουμε ποιο ερέθισμα θα παρακολουθήσουμε (Ferrera & Lisberger, 1995). Η κατεύθυνση του ερεθίσματος διάσπασης της προσοχής επηρεάζει την επίδοση στην ΛΟΚΠ. Όταν το ερέθισμα διάσπασης της προσοχής κινείται σε αντίθετη κατεύθυνση από το ερέθισμα προς παρακολούθηση, η επίδοση στην ΛΟΚΠ μειώνεται συγκριτικά με όταν τα δύο ερεθίσματα κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. (Ferrera & Lisberger, 1997).

Τρίτων, υπάρχει μία συσχέτιση μεταξύ της διαταραχής της προσοχής με την διαταραγμένη ΛΟΚΠ που έχουν άτομα που πάσχουν από σχιζοφρένεια. Επιπλέον, οι ασθενείς που πάσχουν από σχιζοφρένεια έχουν μειωμένο gain σε σύγκριση με τους υγιείς ανθρώπους (Friedman et al., 1995). Παρόμοια

προβλήματα προσοχής και παραγωγής της ΛΟΚΠ παρουσιάζουν παιδιά τα οποία πάσχουν από διαταραχή ελλείμματος προσοχής και υπερκινητικότητα (McDonald et al., 1999, Jacobsen et al., 1999).

Συνεπώς, η προσοχή μπορεί να θεωρηθεί ως προϋπόθεση για την εκτέλεση της ΛΟΚΠ (Kathmann et al., 1999). Έχει ελεγχθεί ο ρόλος της προσοχής στην έναρξη της ΛΟΚΠ (Ferrera & Lisberger, 1995; Knox & Bekkour, 2002; Recanzone & Wurtz, 2000). Παρόλο αυτά, τα ευρήματα που εξέτασαν την επίδραση που έχει η προσοχή κατά την εκτέλεση των ΛΟΚΠ παραμένουν ασαφή. Παρακάτω θα αναφέρουμε αναλυτικά ορισμένες έρευνες που υποστηρίζουν την άποψη ότι η ΛΟΚΠ δεν απαιτεί την εμπλοκή της προσοχής και ορισμένες που υποστηρίζουν ότι η ΛΟΚΠ απαιτεί την προσοχή.

4.1. Η ΛΟΚΠ δεν προϋποθέτει Προσοχή

Μερικές έρευνες οι οποίες έχουν εξετάσει την επίδραση της προσοχής στην ΛΟΚΠ, έχουν καταλήξει ότι η ΛΟΚΠ είναι μία «αυτόματο αντανακλαστικό» και δεν προϋποθέτει την προσοχή. Συγκεκριμένα, όταν διασπάται η προσοχή, κατά την εκτέλεση της ΛΟΚΠ, με ένα δευτερεύων έργο διάσπασης, η επίδοση των συμμετεχόντων στην οφθαλμική κίνηση δεν επηρεάζεται και πολλές φορές βελτιώνεται. Παρακάτω θα αναφερθούμε στις 4 πιο σημαντικές έρευνες που υποστηρίζουν αυτή την άποψη.

Έχει παρατηρηθεί ότι ασθενείς που πάσχουν από σχιζοφρένεια έχουν διαταραγμένη την ΛΟΚΠ. Την πιθανότητα ότι η διαταραχή αυτή σχετίζεται με διαταραχές της προσοχής την έχουν προτείνει πρώτα από όλους οι Diefendorf & Dodge το 1908 (όπως αναφέρουν οι Shagass et al., 1976). Παρόλα αυτά, δεν έχουν καταφέρει να βελτιώσουν την προσοχή με το να αλλάξουν τις οδηγίες που δίνουν στους συμμετέχοντες. Οι Shagass et al., (1976) υπέθεσαν ότι η επίδοση στην ΛΟΚΠ μπορεί να βελτιωθεί αν οι οδηγίες περιλαμβάνουν την δέσμευση της προσοχής. Εξέτασαν υγιείς συμμετέχοντες και ασθενείς που πάσχουν από σχιζοφρένεια σε τέσσερα έργα ΛΟΚΠ. Στην συνθήκη ελέγχου, οι συμμετέχοντες

έπρεπε να παρακολουθήσουν είτε ταλαντευόμενο εκκρεμές ή την οριζόντια κίνηση ενός ερεθίσματος. Στην πειραματική συνθήκη οι συμμετέχοντες έπρεπε να διαβάζουν αριθμούς, είτε από μέσα τους είτε δυνατά, οι οποίοι βρίσκονταν πάνω στο ταλαντευόμενο εκκρεμές που παρακολουθούσαν. Η ΛΟΚΠ καταγράφηκε με τη χρήση ηλεκτροοφθαλμογραφήματος (EOG) και μετρήθηκε ποσοτικά με βάση την αναστολή της ταχύτητας (πόσο μειώνονταν η ταχύτητα του οφθαλμού σε σχέση με την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος).

Οι ερευνητές βρήκαν ότι 9 από τους συμμετέχοντες είχαν βελτίωση στην ΛΟΚΠ κατά την ανάγνωση των αριθμών. Συγκεκριμένα, όταν η επίδοση στην οφθαλμική κίνηση ήταν μειωμένη στην συνθήκη ελέγχου, τότε παρατηρήθηκε βελτίωση κατά την πειραματική συνθήκη. 2 από τους υγιείς συμμετέχοντες και 1 ασθενής είχαν την εξής συμπεριφορά: Όταν παρακολουθούσαν το ερέθισμα στις συνθήκες ελέγχου, η ΛΟΚΠ η αναστολή της ταχύτητας ήταν αυξημένη, ενώ στην πειραματική συνθήκη μειώνονταν η αναστολή της ταχύτητας. Άρα, όταν παρακολουθούσαν το ερέθισμα και διάβαζαν τους αριθμούς, είχαν καλύτερη επίδοση στην ΛΟΚΠ. Το κύριο εύρημα της έρευνας των Shagass et al., (1976) ήταν ότι όταν οι συμμετέχοντες χρειάστηκε να διαβάσουν αριθμούς ενώ παρακολουθούσαν ένα εκκρεμές, υπήρχε βελτίωση της επίδοσης, η οποία παρατηρείται μόνο όταν η ΛΟΚΠ ήταν διαταραγμένη στην συνθήκη ελέγχου.

Οι Shagass et al., (1976) θεωρούν ότι η πρόσθεση ενός απλού αντιληπτικού-γνωσιακού έργου, διευκολύνει την ΛΟΚΠ. Οι συμμετέχοντες αυξάνουν την προσοχή τους λόγω της αυξημένης απαίτησης του έργου ανάγνωσης. Επίσης, θεωρούν ότι η ανάγνωση των αριθμών προσφέρει μία ανάδραση (feedback). Ο συμμετέχων προσπαθεί να διαβάσει τους αριθμούς και με αυτόν τον τρόπο διατηρείται η εστίαση του ερεθίσματος στο κεντρικό βοθρίο. Συνεπώς, η παρουσία ενός έργου διάσπασης της προσοχής (ανάγνωση αριθμών) βελτιώνει την επίδοση στην ΛΟΚΠ. Τα μειονεκτήματα της έρευνας των Shagass et al., (1976) ήταν η διαφορά της ηλικίας ανάμεσα στις δύο ομάδες και η χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής στους ασθενείς.

Οι Holtzman et al., (1976) επανέλαβαν το πείραμα των Shagass et al., (1976). Οι συμμετέχοντες ήταν ασθενείς που πάσχουν από σχιζοφρένεια, συγγενείς

πρώτου βαθμού και υγιείς συμμετέχοντες. Στο πρώτο πείραμα το έργο προϋπέθετε να παρακολουθήσουν ένα εκκρεμές και στην πειραματική συνθήκη έπρεπε να διαβάσουν αραβικούς αριθμούς που βρίσκονταν πάνω στο εκκρεμές. Οι Holtzman et al., (1976) βρήκαν ότι η ανάγνωση των αριθμών βελτίωνε την ΛΟΚΠ, περισσότερο στους σχιζοφρενείς.

Στο δεύτερο πείραμα, υγιείς άνθρωποι εξετάστηκαν στο ίδιο πείραμα, πριν και μετά τη χορήγηση chloral hydrate. Το συγκεκριμένο φάρμακο προκαλεί διατάραξη της ΛΟΚΠ (Holtzman et al., 1975; Benitez, 1970; Corvera et al., 1974; von Noorden et al., 1964, όπως αναφέρουν οι Holtzman et al., 1976). Η ΛΟΚΠ των συμμετεχόντων χειροτέρευε μετά την χορήγηση του φαρμάκου και βελτιώνονταν κατά την ανάγνωση των αριθμών. Τέλος, στο τρίτο πείραμα, εξέτασαν τους σχιζοφρενείς και τους συγγενείς πρώτου βαθμού στην ίδια πειραματική διαδικασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε βελτίωση κατά την ανάγνωση των αριθμών.

Οι Holtzman et al., (1976) πρότειναν ότι η διαταραχή της ΛΟΚΠ στους σχιζοφρενείς οφείλεται στην αποτυχία διατήρησης της προσοχής στο ερέθισμα, μία γνωσιακή αποτυχία παρόλο που υπάρχει η επιθυμία ολοκλήρωσης του έργου.

Οι Van Gelder et al., (1994) εξέτασαν την επίδοση της ΛΟΚΠ όταν διασπάται η προσοχή. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες έπρεπε να παρακολουθήσουν ένα ερέθισμα (έργο παρακολούθησης), να παρακολουθούν γράμματα τα οποία αλλάζουν όσο κινούνται και να διαβάζουν από μέσα τους τα γράμματα που έβλεπαν (έργο ανάλυσης στόχου), να ακούνε γράμματα και να παρακολουθούν το ερέθισμα (ακουστικό έργο) και να ακούνε λέξεις που έπρεπε να τις αναπαράγουν μετά την λήξη του έργου (έργο διάσπασης). Το ερέθισμα παρακολούθησης είχε είτε σταθερή ταχύτητα, είτε μεταβαλλόμενη.

Παρατηρήθηκε βελτίωση της ΛΟΚΠ κατά το έργο ανάλυσης του στόχου. Όταν το οπτικό ερέθισμα που έπρεπε να παρακολουθούν ήταν ένα γράμμα που άλλαζε κατά την εκτέλεση του ΛΟΚΠ και οι συμμετέχοντες έπρεπε να διαβάζουν από μέσα τους τα γράμματα, το gain αυξήθηκε. Στο ακουστικό έργο υπήρχε βελτίωση όχι όμως όσο στο έργο ανάλυσης. Συγκεκριμένα, μειώθηκαν οι

σακκαδικές κινήσεις. Οι σακκαδικές κινήσεις παρουσιάζονται κατά την εκτέλεση ενός έργου ΛΟΚΠ συνήθως γιατί ο οφθαλμός δεν έχει την ίδια ταχύτητα με το οπτικό ερέθισμα. Τότε εκτελεί απότομες και γρήγορες σακκαδικές κινήσεις για να επανέλθει στην ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος. Τέλος, κατά το έργο διάσπασης δεν παρατηρήθηκε βελτίωση αλλά ούτε και διατάραξη της ΛΟΚΠ. Οι ερευνητές θεωρούν ότι το έργο δεν ήταν τόσο δύσκολο, όσο ήταν σε άλλες έρευνες (π.χ. Acker & Toone, 1978). Οι Van Gelder et al., (1994) υποστηρίζουν ότι η ΛΟΚΠ είναι μία αυτόματη διαδικασία και ένα έργο διάσπασης της προσοχής δεν επηρεάζει την επίδοση της ΛΟΚΠ, αλλά αντιθέτως την βελτιώνει.

Οι Kathmann et al., (1999) εξέτασαν την επίδοση των συμμετεχόντων στην ΛΟΚΠ. Η ομάδα ελέγχου εκτέλεσε ένα έργο ΛΟΚΠ, ενώ η πειραματική ομάδα έπρεπε να εκτελεί συγχρόνως ένα έργο ακουστικής διάκρισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα είχε καλύτερη επίδοση στην εκτέλεση του έργου ΛΟΚΠ σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Οι συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερο gain όταν έπρεπε να εκτελούν μαζί με το οπτικό έργο παρακολούθησης και ένα οπτικό έργο διάκρισης. Εφόσον η επίδοση στο οπτικό έργο δεν επιβαρύνθηκε από το επιπλέον έργο ακουστικής διάκρισης, η ΛΟΚΠ δεν προϋποθέτει την προσοχή για την εκτέλεση της, άρα είναι μία αυτόματη διαδικασία.

4.2. Η διάσπαση της προσοχής διαταράσσει την ΛΟΚΠ

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών, ορισμένες έρευνες έδειξαν ότι όταν διχάζεται η προσοχή με ένα δευτερεύων έργο, η επίδοση της ΛΟΚΠ χειροτερεύει. Δύο έρευνες βρήκαν ότι όταν οι συμμετέχοντες μετρούσαν ανάποδα αυξήθηκαν οι σακκαδικές κινήσεις και χειροτέρευσε η επίδοση στο οπτικό έργο, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Brezinova & Kendell, 1977; Lipton et al., 1980). Οι Acker & Toone (1978) χρησιμοποίησαν παρόμοια μεθοδολογία με μία ομάδα σχιζοφρενών και μία ομάδα υγιών συμμετεχόντων. Το έργο διάσπασης της προσοχής οδήγησε σε χειρότερη επίδοση του έργου της ΛΟΚΠ.

Οι Hutton & Tegally (2005) ήθελαν να εξετάσουν κατά πόσο η διάσπαση της προσοχής βελτιώνει ή διαταράσσει την ΛΟΚΠ. Έδωσαν έμφαση στο γεγονός ότι η προσοχή εστιάζει σε συγκεκριμένες θέσεις στον χώρο (Posner & Driver, 1992). Στο πρώτο πείραμα εξέτασαν τους συμμετέχοντες στην επίδραση που έχει η ταυτόχρονη εκτέλεση χωρικών και μη- χωρικών ακουστικών έργων διάκρισης στην ΛΟΚΠ. Το χωρικό έργο διάκρισης περιλάμβανε τρεις τόνους οι οποίοι παρουσιάζονταν είτε στο αριστερό αυτί, είτε στο δεξιό αυτί ή και στα δύο αυτιά του συμμετέχων. Το μη χωρικό έργο διάκρισης περιλάμβανε ήχους οι οποίοι είχαν μικρή, μέση ή μεγάλη ένταση. Και για τα δύο έργα, οι συμμετέχοντες έπρεπε να δίνουν την αντίστοιχη πληροφορία για το ακουστικό ερέθισμα. Η ταυτόχρονη εκτέλεση των έργων διάκρισης οδήγησε σε μείωση του gain, και στατιστικά σημαντική αύξηση των λαθών (Root Mean Square Error) στο μη-χωρικό έργο. Η επιδείνωση της ΛΟΚΠ οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν είναι ένα αυτόματο αντανακλαστικό, προϋποθέτει την προσοχή και ότι το μη- χωρικό έργο προκάλεσε την μετατόπιση της προσοχής από το οπτικό έργο. Οι Hutton & Tegally (2005) θεώρησαν ότι το χωρικό έργο που χρησιμοποίησαν δεν απαιτούσε επαρκή χωρική προσοχή για την εκτέλεση του, με συνέπεια να μην επιδράσει στην επίδοση της λείας οφθαλμικής κίνησης παρακολούθησης.

Στο δεύτερο πείραμα, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν ταυτόχρονα με το έργο ΛΟΚΠ δύο διαφορετικά χωρικά και μη- χωρικά έργα. Κατά το χωρικό έργο, οι συμμετέχοντες έπρεπε να χτυπούν τα πλήκτρα ενός πληκτρολογίου με έναν συγκεκριμένο τρόπο (δόθηκε από τον πειραματιστή), ενώ στο μη χωρικό έργο, έπρεπε να χτυπούν ένα μόνο πλήκτρο. Βρέθηκε ότι η ΛΟΚΠ επιδεινώθηκε κατά το χωρικό έργο. Οι Hutton & Tegally (2005) κατέληξαν ότι η προσοχή επιδρά στην έναρξη και διατήρηση της λείας οφθαλμικής κίνησης παρακολούθησης. Το μειονέκτημα της έρευνας των Hutton & Tegally (2005) είναι ότι δεν ελέγχθηκε η επίδοση των συμμετεχόντων στα έργα διάσπασης της προσοχής. Ειδικότερα στα έργα που δεν επηρέασαν την επίδοση της ΛΟΚΠ θα ήταν χρήσιμο να ξέρουμε αν οι συμμετέχοντες παρακολούθησαν το έργο ή το αγνόησαν και εστίασαν την προσοχή τους στο έργο της οφθαλμικής κίνησης.

Οι Kaufman & Abel (1986) χρησιμοποίησαν οπτικά και ακουστικά έργα διάσπασης της προσοχής. Κατά το οπτικό έργο διάσπασης της προσοχής, οι

συμμετέχοντες παρακολουθούσαν ένα οπτικό ερέθισμα, ενώ πίσω από το ερέθισμα προβάλλανε διαφόρων ειδών φωτογραφίες. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι το οπτικό έργο διάσπασης της προσοχής διαταράσσει το έργο της ΛΟΚΠ. Από τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε ότι η επίδραση που έχει η προσοχή στην ΛΟΚΠ δεν είναι ξεκάθαρη, όπως επίσης και ότι το είδος του έργου διάσπασης της προσοχής είναι καθοριστικό στην επίδραση που θα παρατηρηθεί. Η προσοχή δεν επηρεάζει το ίδιο το κάθε δευτερεύων έργο. Ανάλογα με το είδος του έργου, πόσο προσοχή απαιτεί και πόσο η προσοχή που απαιτεί το έργο παρεμβαίνει στην προσοχή που απαιτεί η ΛΟΚΠ, το δευτερεύων έργο μπορεί είτε να βελτιώσει είτε να παρέμβει στην επίδοση της ΛΟΚΠ.

5. Η παρούσα έρευνα

Στην παρούσα έρευνα θα εξετάσουμε την επίδραση της προσοχής στην διατήρηση της ΛΟΚΠ. Θέλουμε να εξετάσουμε αν η εκτέλεση ενός έργου μη οπτικής προσοχής θα επηρεάσει την ΛΟΚΠ. Έχει παρατηρηθεί ότι η οπτικοχωρική προσοχή επηρεάζει την επίδοση της ΛΟΚΠ. Χωρικά ακουστικά και οπτικά έργα διάκρισης διαταράσσουν τη ΛΟΚΠ (Hutton & Tegally, 2005; Ferrera & Lisberger, 1995). Τι συμβαίνει όμως όταν ένα έργο μη οπτικής προσοχής εμφανίζεται κατά την εκτέλεση της οφθαλμικής κίνησης; Και κατά πόσο θα επηρεάζεται η ΛΟΚΠ συγκριτικά με την επίδοση των συμμετεχόντων στο έργο διάσπασης της προσοχής; Επίσης, θέλουμε να εξετάσουμε πως επιδράει ένα έργο νοερής απεικόνισης (visual imagery) στην επίδοση της ΛΟΚΠ. Η διεργασία της νοερής απεικόνισης απαιτεί την οπτική προσοχή. Η νοερή απεικόνιση μοιράζεται κοινούς πόρους προσοχής με την ΛΟΚΠ;

Στην παρούσα έρευνα οι συμμετέχοντες παρακολουθήσουν ένα κινούμενο ερέθισμα που κινείται σε τρεις σταθερές ταχύτητες (10°/sec, 20°/sec και 30°/sec). Στην συνθήκη ελέγχου, οι συμμετέχοντες θα πρέπει να παρακολουθούν ένα οπτικό ερέθισμα, το οποίο θα κινείται οριζόντια σε τρεις ταχύτητες. Στη συνέχεια, θα χρειαστεί να παρακολουθούν το οπτικό ερέθισμα και να απαντούν σε μία ομάδα προτάσεων νοερής απεικόνισης. Οι προτάσεις για

να απαντηθούν θα απαιτούν την εμπλοκή της νοερής απεικόνισης. Τέλος, θα χρειαστεί να παρακολουθούν το οπτικό ερέθισμα και να απαντούν σε μία ομάδα προτάσεων γενικών γνώσεων. Οι προτάσεις γενικών γνώσεων απαιτούν την ανάσυρση πληροφοριών από την μακρόχρονη μνήμη.

Θα μετρηθεί το gain (βλέπε εξίσωση 1) και η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων για κάθε συνθήκη και σε κάθε ταχύτητα. Θα ελέγξουμε την επίδραση που έχει το έργο μη οπτικής προσοχής (προτάσεις γενικών γνώσεων) και το έργο οπτικής προσοχής (προτάσεις νοερής απεικόνισης) στην επίδοση της ΛΟΚΠ.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Συμμετέχοντες

Δεκαέξι υγιείς συμμετέχοντες (6 άντρες, 10 γυναίκες), με μέσο όρο ηλικίας 28,5 ετών έλαβαν μέρος στην παρούσα έρευνα. Ωστόσο, τρεις δεν μπόρεσαν να ολοκληρώσουν τη διαδικασία, λόγω κόπωσης. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν φυσιολογική ακοή και φυσιολογική ή διορθωμένη (φακοί επαφής) όραση. Οι συμμετέχοντες είχαν αποκτήσει τουλάχιστον το απολυτήριο λυκείου, ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις προτάσεις των δύο έργων διάσπασης της προσοχής. Τέλος, οι συμμετέχοντες δεν είχαν ιστορικό ψυχωτικής ή νευρολογικής διαταραχής, γιατί έχει βρεθεί ότι άνθρωποι που πάσχουν από σχιζοφρένεια έχουν διαταραχές προσοχής και χαμηλή επίδοση στην ΛΟΚΠ (βλέπε π.χ. Tregellas et al., 2004, Schulze et al., 2006, Hong et al., 2005, Keedy et al., 2006, Braff 1993). Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν πληροφορηθεί για τον σκοπό της έρευνας και λάβαμε την συγκατάθεση τους.

Υλικό

Καταγράφηκε η οφθαλμική κίνηση μόνο του δεξιού οφθαλμού, με μία συσκευή IRIS SCALAR infrared (Smyrnis et al., 2003). Για την απόκτηση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο μετατροπέας δεδομένων 12-bit A/D converter (Advantech PC-Lab Card 818L). Τα δεδομένα της οφθαλμικής κίνησης καταγράφηκαν στην συχνότητα των 600 Hz και αποθηκεύτηκαν στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Η οθόνη από την οποία παρουσιάστηκε το οπτικό ερέθισμα προς παρακολούθηση ήταν 21 ιντσών και επίπεδη και η απόσταση της από τους οφθαλμούς των

συμμετεχόντων ήταν περίπου ένα μέτρο. Επίσης, για τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής, χρησιμοποιήσαμε 198 προτάσεις. Η ομάδα προτάσεων νοερής απεικόνισης περιείχε 99 προτάσεις και οι συμμετέχοντες για να τις απαντήσουν έπρεπε να εκτελέσουν την διεργασία της νοερής απεικόνισης (π.χ. Η σημαία της Αγγλίας έχει 4 χρώματα). Η ομάδα προτάσεων γενικών γνώσεων περιείχε 99 προτάσεις γενικών γνώσεων (π.χ. Το ψηλότερο βουνό στην Ελλάδα είναι ο Όλυμπος) (βλέπε παράρτημα 1). Στο κάθε έργο διάσπασης της προσοχής, οι 51 προτάσεις ήταν σωστές και οι υπόλοιπες ήταν λάθος. Για να μην μπορούν οι συμμετέχοντες να καταλάβουν τη σειρά των σωστών απαντήσεων, η παρουσίαση των προτάσεων ήταν τυχαία. Χρησιμοποιήθηκε ένα κασετόφωνο για την παρουσίαση των προτάσεων. Οι περισσότερες προτάσεις είχαν διάρκεια 4 δευτερόλεπτα (2 προτάσεις γενικών γνώσεων και 1 πρόταση νοερής απεικόνισης είχαν διάρκεια 5 δευτερόλεπτα) και η παύση ανάμεσα τους διαρκούσε 2 δευτερόλεπτα.

Διαδικασία

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα ήσυχο και σκοτεινό δωμάτιο, για να μην αποσπάται η προσοχή των συμμετεχόντων και για να μην αντανακλούν οπτικά ερεθίσματα στην οθόνη του υπολογιστή και διασπάται η προσοχή τους. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να καθίσουν σε μία καρέκλα και να ρυθμιστεί το ύψος της, ώστε να είναι άνετα για τον κάθε συμμετέχων. Στη συνέχεια έπρεπε να τοποθετήσουμε το κασκέτο του IRIS SCALAR στο κεφάλι των συμμετεχόντων και να το σταθεροποιήσουμε, ώστε να μην κινείται το κασκέτο και αλλάζει το σήμα καταγραφής. Μόλις σταθεροποιούσαμε το κασκέτο, ο συμμετέχων έπρεπε να τοποθετήσει το κεφάλι του στη βάση και να το προσαρμόσουμε για να παραμείνει ακίνητο κατά τη διάρκεια της καταγραφής. Η απόσταση της οθόνης από τους οφθαλμούς των συμμετεχόντων ήταν περίπου 1 μέτρο.

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία καταγραφής της ΛΟΚΠ, έπρεπε να εκτελέσουμε την διαδικασία διόρθωσης (calibration). Το οπτικό ερέθισμα ήταν ένας λευκός σταυρός μεγέθους $0.5 \times 0.5^\circ$, ο οποίος εμφανίζονταν στο κέντρο της οθόνης και

κινούνταν 10° προς τα δεξιά και πίσω στο κέντρο και 10° προς τα αριστερά και πίσω στο κέντρο, με σταθερή διάρκεια 2 δευτερόλεπτων. Η παραπάνω κίνηση επαναλαμβάνονταν 2 φορές και ύστερα κινούνταν για 2 φορές, 5° προς τα δεξιά και πίσω στο κέντρο και 5° προς τα αριστερά και πίσω στο κέντρο. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να κοιτάνε το οπτικό ερέθισμα. Καταγράφηκαν 4 σακκαδικές κινήσεις για τις 4 θέσεις που βρέθηκε το οπτικό ερέθισμα (δεξιά/αριστερά, $5/10^\circ$). Αν χρειαζόταν, οι δεξιά/αριστερά διαφορές στο εύρος ρυθμίζονταν με μία χειροκίνητη προσαρμογή του gain της συσκευής IRIS, και επαναλαμβάνονταν η διαδικασία διόρθωσης.

Στο κυρίως πείραμα (έργο ΛΟΚΠ), οι συμμετέχοντες έπρεπε να παρακολουθούν το οπτικό ερέθισμα και να προσπαθούν να μην κλείνουν τα μάτια τους. Το οπτικό ερέθισμα κινούνταν οριζόντια στην οθόνη και με σταθερή ταχύτητα. Η οπτική γωνία του οπτικού ερεθίσματος ήταν $\pm 10^\circ$ από το κέντρο της οθόνης. Χρησιμοποιήσαμε 5 ταχύτητες ($10^\circ/\text{sec}$, $20^\circ/\text{sec}$, $30^\circ/\text{sec}$, $40^\circ/\text{sec}$, και $50^\circ/\text{sec}$), αλλά αναλύσαμε τα δεδομένα από τις 3 πρώτες ταχύτητες ($10^\circ/\text{sec}$, $20^\circ/\text{sec}$, $30^\circ/\text{sec}$), γιατί είδαμε ότι οι 2 τελευταίες ταχύτητες είναι πολύ γρήγορες για τον ανθρώπινο οφθαλμό και δεν θα μπορούσαμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα καταγραφής. Επίσης, η οθόνη δεν είχε καλή οπτική ανάλυση για να παρουσιάσει το οπτικό ερέθισμα στις 2 τελευταίες ταχύτητες. Το οπτικό ερέθισμα άφηγε ίχνος, και δεν μπορούσαμε να έχουμε έγκυρα αποτελέσματα. Για κάθε ταχύτητα το οπτικό ερέθισμα κινούνταν 5 φορές, 20° προς τα δεξιά και 5 φορές, 20° προς τα αριστερά.

Οι συμμετέχοντες έπρεπε να παρακολουθούν το οπτικό ερέθισμα στις παρακάτω πειραματικές συνθήκες: παρακολούθηση του ερεθίσματος χωρίς έργο διάσπασης της προσοχής (συνθήκη ελέγχου), ενώ θα απαντούν σε προτάσεις γενικών γνώσεων (πρώτη πειραματική συνθήκη) και ενώ θα απαντούν σε προτάσεις νοερής απεικόνισης (δεύτερη πειραματική συνθήκη). Τα έργα διάσπασης της προσοχής ξεκινούσαν την ίδια στιγμή με την έναρξη του έργου ΛΟΚΠ.

Κατά τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής, οι συμμετέχοντες έπρεπε να παρακολουθούν το οπτικό ερέθισμα και συγχρόνως να απαντούν αν οι προτάσεις που άκουγαν από το κασετόφωνο ήταν σωστές ή λάθος. Επειδή δεν

μπορούσαν να μιλήσουν (λόγω της ακινητοποίησης του κεφαλιού) , σήκωναν τον αντίχειρά κάθε φορά που πίστευαν ότι οι πρόταξη ήταν σωστή και τον δείκτη κάθε φορά που πίστευαν ότι η πρόταξη ήταν λάθος. Καταγράψαμε τις απαντήσεις των συμμετεχόντων για να ελέγξουμε την επίδοση τους στο αντίστοιχο έργο διάσπασης της προσοχής.

Επειδή χρειαζόμασταν όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα για να έχουμε έγκυρα αποτελέσματα, οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν στο έργο της ΛΟΚΠ 30 φορές, δηλαδή 10 φορές για κάθε συνθήκη και για κάθε ταχύτητα. Η σειρά παρουσίασης των συνθηκών ήταν τυχαία. Σε κάθε έργο ΛΟΚΠ παρουσιάζονταν 12 ερωτήσεις (120 ερωτήσεις ανά συνθήκη). Επομένως, στις 2 τελευταίες φορές εκτέλεσης του έργου ΛΟΚΠ, παρουσιάζονταν από την αρχή οι ίδιες ερωτήσεις.

Μετά το τέλος εκτέλεσης του έργου ΛΟΚΠ και στις τρεις πειραματικές συνθήκες, ζητούσαμε από τους συμμετέχοντες να αξιολογήσουν τον βαθμό δυσκολίας των προτάσεων, με βάση μία κλίμακα 1-5 (1: πολύ εύκολο, 2: εύκολο, 3: μέτριο, 4: δύσκολο, 5: πολύ δύσκολο). Με αυτόν τον τρόπο θα εξετάζαμε τον βαθμό δυσκολίας των 2 ομάδων.

Ανάλυση των δεδομένων της Λείας Οφθαλμικής Κίνησης Παρακολούθησης

Η ανίχνευση και η μέτρηση του gain και της συχνότητας εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων καταγράφηκαν από ένα πρόγραμμα που δημιουργήθηκε με τη χρήση του Test Point CEC. Αρχικά, εισάγαμε τα δεδομένα από τη διαδικασία ρύθμισης (calibration data) σε ένα πολυώνυμο μοντέλο (χρησιμοποιώντας την εντολή του Test Point “fitpolynomial”) και χρησιμοποιήσαμε ένα γραμμικό μοντέλο για να διορθώσουμε τις διαφορές ανάμεσα στο δεξιό και αριστερό ημιπεδίο, τις οποίες δεν μπορούσε να τις διακρίνει ο πειραματιστής. Είναι σημαντική η γραμμικοποίηση για να μετρηθεί με ακρίβεια η μετατόπιση της ΛΟΚΠ ανάμεσα στο δύο ημιπεδία (Smyrnis et al., 2003).

Στη συνέχεια, το πρόγραμμα επιλέγει μία περίοδο των 113 ms, κατά την οποία ο στόχος περνάει από το κέντρο της οθόνης (5 περιόδους ανά φορά και 10 περιόδους για κάθε ταχύτητα). Χρησιμοποιήσαμε αυτή τη μέτρηση για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του οφθαλμού στο κέντρο (Leigh & Zee, 1991, όπως αναφέρουν οι Smyrnis et al., 2003). Απορρίψαμε οποιαδήποτε περίοδο

στην οποία εμφανίζονταν οφθαλμικές κινήσεις, οι οποίες δεν είναι λείες (για παράδειγμα ανοιγοκλείσιμο των ματιών). Αν η περίοδος περιείχε μόνο ΛΟΚΠ, τότε το πρόγραμμα υπολόγιζε την ταχύτητα και την διάμεση τιμή του. Στη συνέχεια, αναγνώριζε τα σημεία που η ταχύτητα ξεπερνούσε μία σταθερή διάμεση τιμή. Το πρόγραμμα θεωρεί ότι σε αυτές τις τιμές θα υπάρχουν σακκαδικές κινήσεις και μετρούσε σε ποιο διάστημα υπάρχουν οι σακκαδικές κινήσεις από την έναρξη της περιόδου και την διάρκεια της.

Με την απόρριψη των τμημάτων τα οποία περιέχουν σακκαδικές κινήσεις, σημειώνονταν τα υπόλοιπα τμήματα, τα οποία περιείχαν ξεκάθαρες ΛΟΚΠ. Σημειώθηκε η θέση τους, μετρήθηκε η μέση ταχύτητα τους και διαιρέθηκε με την αντίστοιχη ταχύτητα του ερεθίσματος για να υπολογιστεί το gain.

Για κάθε συμμετέχων, υπολογίστηκε:

- Η διάμεσος του gain (βλέπε εξίσωση 1) για την κάθε ταχύτητα: υπολογισμός όλων των διαμέσων του gain για όλα τα τμήματα καθαρής ΛΟΚΠ (χωρίς σακκαδικές κινήσεις και ανοιγοκλείσιμο των ματιών) για την ταχύτητα 10°/sec, 20°/sec, 30°/sec αντίστοιχα.

- Η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων ανά δευτερόλεπτο για τις ταχύτητες 10°/sec, 20°/sec, 30°/sec αντίστοιχα: υπολογισμός του συνολικού αριθμού σακκαδικών κινήσεων για όλες τις περιόδους, διά το σύνολο των χρονικών περιόδων.

Το gain μετράει την ακρίβεια του οφθαλμού να ταιριάζει την ταχύτητα του με την ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος και το μετράμε με έναν λόγο (βλέπε εξίσωση 1). Οι σακκαδικές κινήσεις επιτρέπουν τον οφθαλμό να μετατοπίζει γρήγορα το βλέμμα του (gaze), με συνέπεια είτε να διορθώσουν την ΛΟΚΠ (να επαναφέρουν τον οφθαλμό στην ίδια ταχύτητα με το οπτικό ερέθισμα), ή να επαναφέρουν το οπτικό ερέθισμα στο βοθρίο του αμφιβληστροειδή (Clementz, et al., 1990). Το gain και η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων είναι σαφείς μετρήσεις της κύριας λειτουργίας του συστήματος ΛΟΚΠ (Hutton & Tegally 2005). Επιπλέον, μπορούμε να μετρήσουμε εύκολα τις σακκαδικές κινήσεις, λόγω της υψηλής ταχύτητας τους και της ξεχωριστής μορφολογίας τους (Clementz, et al., 1990). Επίσης, η διάμεσος δεν είναι τόσο ευαίσθητη σε ακραίες τιμές όσο ο μέσος όρος και θεωρείται καλύτερη μέτρηση για μία ετεροκλητή κατανομή (Field, 2000).

Οι παραπάνω μεταβλητές του gain και της συχνότητας εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων για μία ταχύτητα και για κάθε συμμετέχοντα προέρχονταν από τουλάχιστον 3 περιόδους μέτρησης καθαρής ΛΟΚΠ (δηλαδή, χωρίς ανοιγοκλείσιμο των ματιών). Εκτελέστηκε η ανάλυση για τους συμμετέχοντες, οι οποίοι είχαν έγκυρες μετρήσεις για όλες τις μεταβλητές της ΛΟΚΠ.

Σχεδιασμός

Στο συγκεκριμένο πείραμα έχουμε έναν σχεδιασμό 3x3 εξαρτημένων μετρήσεων, με ανεξάρτητες μεταβλητές την ταχύτητα (10° /sec, 20°/sec, 30°/sec) και το έργο διάσπασης της προσοχής (ελέγχου, νοερής απεικόνισης, γενικών γνώσεων) και με εξαρτημένες μεταβλητές το «gain» και τη «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων».

Για να ελέγξουμε την επίδραση της ταχύτητας και του έργου διάσπασης της προσοχής, όπως επίσης και την αλληλεπίδραση των 2 ανεξάρτητων μεταβλητών θα χρησιμοποιήσουμε την παραγοντική ανάλυση διακύμανσης εξαρτημένων μετρήσεων (factorial repeated measures ANOVA). Όσον αφορά τον έλεγχο της επίδοσης των συμμετεχόντων στις 2 ομάδες προτάσεων και τον βαθμό δυσκολίας των 2 ομάδων προτάσεων, θα χρησιμοποιήσουμε το στατιστικό κριτήριο t εξαρτημένων μετρήσεων (paired sample t-test). Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS 16.0. Τέλος, θα χρησιμοποιήσαμε την διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability density function) με τη βοήθεια του προγράμματος Matlab 7.0.

Υποθέσεις

Οι Hutton & Tegally (2005) χρησιμοποίησαν στο πείραμα τους 2 ταχύτητες, 0.25 Hz και 0.5 Hz. Βρήκαν ότι στην πιο γρήγορη ταχύτητα (0.5 Hz), μειώνεται η

επίδοση των συμμετεχόντων στην ΛΟΚΠ, με βάση το gain. Φαίνεται πως όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος προς παρακολούθηση, δυσκολεύονται οι συμμετέχοντες να το παρακολουθήσουν και να διατηρούν την ίδια ταχύτητα με αυτή του οπτικού ερεθίσματος. Οι Van Donkelaar et al., (2002) βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα. Παρατήρησαν ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος μειώνεται και η επίδοση των συμμετεχόντων στην ΛΟΚΠ (3°/sec, 5°/sec, 10° /sec, 15°/sec). Van Donkelaar et al., (2002) μέτρησαν την επίδοση της ΛΟΚΠ με την λανθάνουσα απόκριση (response latency) και βρήκαν ότι με την αύξηση της ταχύτητας του οπτικού ερεθίσματος, αυξάνεται και η λανθάνουσα απόκριση. Οι Van Donkelaar et al., (2002) κατέληξαν ότι ένα έργο ΛΟΚΠ απαιτεί περισσότερη προσοχή όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος. Επίσης, μέτρησαν την θέση του οφθαλμού σε σχέση με την θέση του οπτικού ερεθίσματος και βρήκαν ότι στην ταχύτητα 10° /sec, ο οφθαλμός μετατοπίζεται κατά 1-2° πίσω από το ερέθισμα, ενώ στην ταχύτητα 15°/sec, ο οφθαλμός μετατοπίζεται κατά 2-3° πίσω από το ερέθισμα. Κατέληξαν ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος, η προσοχή μετατοπίζεται από το οπτικό ερέθισμα προς την περιφέρεια.

Οι Chen et al., (2002) πρότειναν 2 μοντέλα για να εξηγήσουν τον έλεγχο της οπτικής και της μη-οπτικής προσοχής στην ΛΟΚΠ. Το μοντέλο της δομής (structure model) υποστηρίζει ότι όταν υπάρχουν δύο διεργασίες μέσα σε μία δομή οι οποίες ανταγωνίζονται για την προσοχή, οι μηχανισμοί ελέγχου της προσοχής ρυθμίζουν τις αποκρίσεις οι οποίες βρίσκονται μέσα στη δομή και δεν επηρεάζουν τις αποκρίσεις οι οποίες βρίσκονται μέσα σε άλλες δομές. Για παράδειγμα, ένα δευτερεύων έργο το οποίο προϋποθέτει την οπτική προσοχή, παρεμβαίνει στην οπτική προσοχή που χρειάζεται το έργο της ΛΟΚΠ. Ένα δευτερεύων έργο το οποίο προϋποθέτει την μη οπτική προσοχή, δεν παρεμβαίνει στην οπτική προσοχή που χρειάζεται το έργο της ΛΟΚΠ.

Αντιθέτως, το μοντέλο της χωρητικότητας (capacity model) υποστηρίζει ότι η προσοχή ελέγχεται από όλη την δομή. Όταν δύο διεργασίες ανταγωνίζονται για προσοχή, όλες οι αποκρίσεις επηρεάζονται, είτε βρίσκονται μέσα στις ίδιες ή μέσα σε διαφορετικές δομές ή μηχανισμούς. Για παράδειγμα, ένα δευτερεύων έργο μη οπτικής προσοχής, παρεμβαίνει στην οπτική προσοχή που χρειάζεται το έργο της ΛΟΚΠ. Στην περίπτωση της ΛΟΚΠ, οι Chen et al., (2002) θεωρούν ότι

ένα δευτερεύων έργο μη οπτικής προσοχής επιδρά στο έργο της ΛΟΚΠ, γιατί ο συμμετέχων προβλέπει την εμφάνιση του δευτερεύοντος έργου.

Αντιθέτως, όπως περιγράψαμε στην εισαγωγή αναλυτικά τα πειράματα των Shagass et al., (1976), των Holtzman et al., (1976), των Van Gelder et al., (1995) και των Kathman et al., (1999), οι παραπάνω ερευνητές βρήκαν ότι ένα έργο διάσπασης της προσοχής, είτε είναι οπτικό (ανάγνωση αριθμών), είτε είναι νοερής απεικόνισης (διαίρεση αριθμών), ή μη οπτικό (ακουστικό έργο διάκρισης), δεν επηρεάζει την επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ. Οι παραπάνω ερευνητές θεωρούν ότι η ΛΟΚΠ είναι ένα «αυτόματο αντανακλαστικό». Μία διεργασία η οποία δεν προϋποθέτει την προσοχή, αλλά απλά απαιτεί την παρουσία του οπτικού ερεθίσματος προς παρακολούθηση. Με βάση τα παραπάνω, θεωρούμε ότι τα έργα διάσπασης της προσοχής δεν θα επηρεάσουν την επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ.

Οι υποθέσεις μας είναι οι εξής:

1. Σύμφωνα με τους Hutton & Tegally (2005) και τους Van Donkelaar & Drew (2002) η επίδοση της ΛΟΚΠ θα μειώνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος.
2. Με βάση το μοντέλο της δομής, θεωρούμε ότι το έργο διάσπασης της προσοχής το οποίο προϋποθέτει την οπτική προσοχή (συνθήκη νοερής απεικόνισης), θα παρεμβαίνει στο έργο της ΛΟΚΠ και οι συμμετέχοντες θα έχουν χειρότερη επίδοση, συγκριτικά με την συνθήκη ελέγχου (όλη η προσοχή είναι συγκεντρωμένη στο έργο της ΛΟΚΠ) και την συνθήκη γενικών γνώσεων (προϋποθέτει μη οπτική προσοχή, επομένως δεν παρεμβαίνει στην οπτική προσοχή του έργου της ΛΟΚΠ).
3. Με βάση το μοντέλο της χωρητικότητας, θεωρούμε ότι και το έργο διάσπασης της προσοχής, το οποίο προϋποθέτει την μη οπτική προσοχή (συνθήκη γενικών γνώσεων) θα παρεμβαίνει στο έργο της ΛΟΚΠ και οι συμμετέχοντες θα έχουν χειρότερη επίδοση, συγκριτικά με την συνθήκη ελέγχου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Περιγραφική Στατιστική

Ο πίνακας 1 παρουσιάζει τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση της ηλικίας, του φύλου και των δύο πειραματικών συνθηκών της ανεξάρτητης μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής».

	Φύλο	Ηλικία	Ποσοστό σωστών απαντήσεων νοερής απεικόνισης	Ποσοστό σωστών απαντήσεων γενικών γνώσεων
Αριθμός συμμετεχόντων	13	13	13	13
Μέσος όρος	1.62	27.92	84.00	86.51
Τυπική απόκλιση	.50	3.52	6.97	6.55

Πίνακας 1: Μέσος Όρος & Τυπική Απόκλιση για το φύλο, την ηλικία και τις δύο πειραματικές συνθήκες της ανεξάρτητης μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής».

Εξετάζοντας τους μέσους όρους της επίδοσης των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες προτάσεων, παρατηρούμε ότι είναι περίπου η ίδια και για τις δύο ομάδες (μ.ό. νοερής απεικόνισης: 84. μ.ό. γενικών γνώσεων: 86.51). Είναι αναγκαίο να ελέγξουμε αν το παραπάνω συμπέρασμα είναι στατιστικά σημαντικό.

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τον μέσο όρο, την διάμεσο και την τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής «gain» στις τρεις ταχύτητες (10°/sec, 20°/sec, 30°/sec) και στις τρεις συνθήκες της ανεξάρτητης μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής» (συνθήκη ελέγχου, νοερής απεικόνισης, γενικών γνώσεων).

Gain	Αριθμός συμμετεχόντων	Μέσος Όρος	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση
------	-----------------------	------------	----------	-----------------

Συνθήκης ελέγχου με ταχύτητα 10°/sec	13	1.11	1.04	.23
Συνθήκης ελέγχου με ταχύτητα 20°/sec	13	.93	1.01	.23
Συνθήκης ελέγχου με ταχύτητα 30°/sec	13	.82	.91	.30
Συνθήκης νοερής απεικόνισης με ταχύτητα 10° /sec	13	.96	1.00	.16
Συνθήκης νοερής απεικόνισης με ταχύτητα 20°/sec	13	.75	.97	.14
Συνθήκης νοερής απεικόνισης με ταχύτητα 30°/sec	13	.91	.73	.25
Συνθήκης γενικών γνώσεων με ταχύτητα 10° /sec	13	1.05	1.03	.22
Συνθήκης γενικών γνώσεων με	13	.94	.95	.21

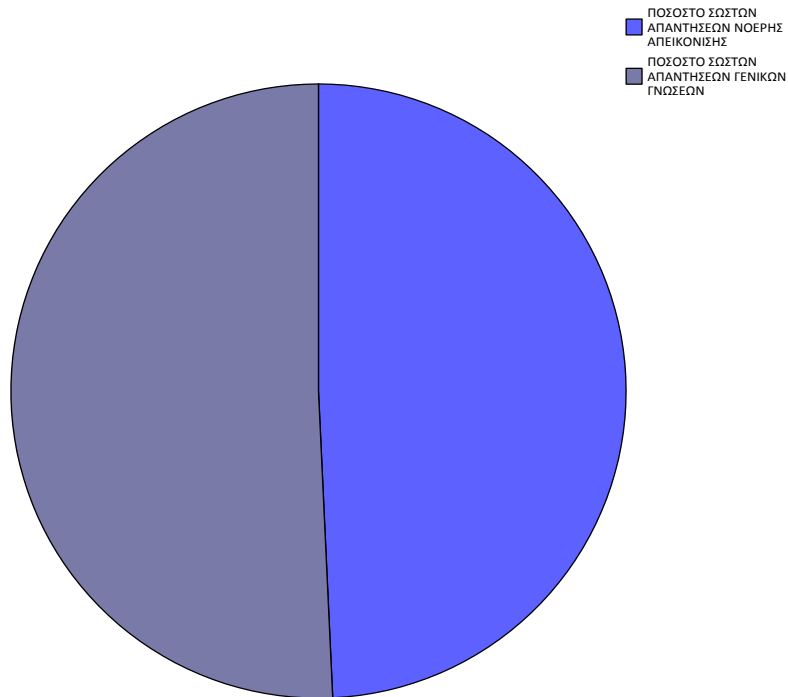
ταχύτητα 20°/sec				
Συνθήκης γενικών γνώσεων με ταχύτητα 30°/sec	13	.70	.72	.31

Πίνακας 2: Μέσος Όρος, Διάμεσος και Τυπική Απόκλιση για την εξαρτημένη μεταβλητή «gain» στις τρεις ταχύτητες & στα τρία έργα διάσπασης της προσοχής.

Εξετάζοντας τις διαμέσους για την συνθήκη ελέγχου, παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος, μειώνεται και η επίδοση των συμμετεχόντων (συνθήκη ελέγχου: 10° /sec: 1.04, 20°/sec: 1.01, 30°/sec: .91). Το ίδιο ισχύει και για τις δύο πειραματικές συνθήκες (συνθήκη νοερής απεικόνισης: 10° /sec: 1. 20°/sec: .97, 30°/sec: .73, συνθήκη γενικών γνώσεων: 10° /sec: 1.03, 20°/sec: .94, 30°/sec: .70). Για την ταχύτητα 10° /sec το μεγαλύτερο gain είναι στην συνθήκη ελέγχου και το μικρότερο στην συνθήκη νοερής απεικόνισης (10° /sec: συνθήκη ελέγχου: 1.04, συνθήκη νοερής απεικόνισης: 1.00. συνθήκη γνώσης: 1.03). Ωστόσο, για τις υπόλοιπες δύο ταχύτητες, το μεγαλύτερο gain εμφανίζεται στην συνθήκη ελέγχου και το μικρότερο στην συνθήκη γενικών γνώσεων (20°/sec: συνθήκη ελέγχου: 1.01, συνθήκη νοερής απεικόνισης: .97, συνθήκη γενικών γνώσεων: .94, 30°/sec: συνθήκη ελέγχου: .91, συνθήκη νοερής απεικόνισης: .73, συνθήκη γενικών γνώσεων: .70).

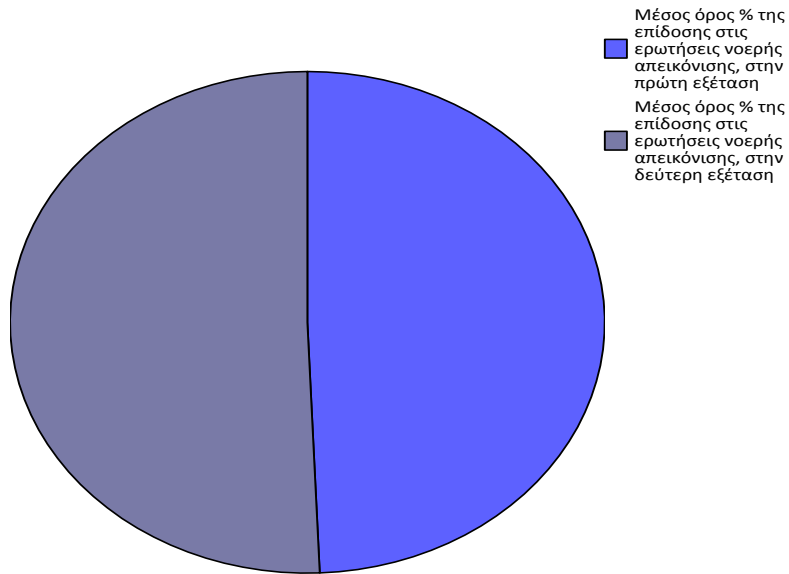
Επίδοση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες προτάσεων

Θελήσαμε να ελέγξουμε αν η επίδοση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες προτάσεων διαφέρει. Χρησιμοποιήσαμε το στατιστικό κριτήριο t εξαρτημένων μετρήσεων (paired sample t-test). Βρέθηκε ότι η επίδοση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες δεν είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετική ($t(12)=-1.05$, n.s.) (βλέπε γράφημα 1).



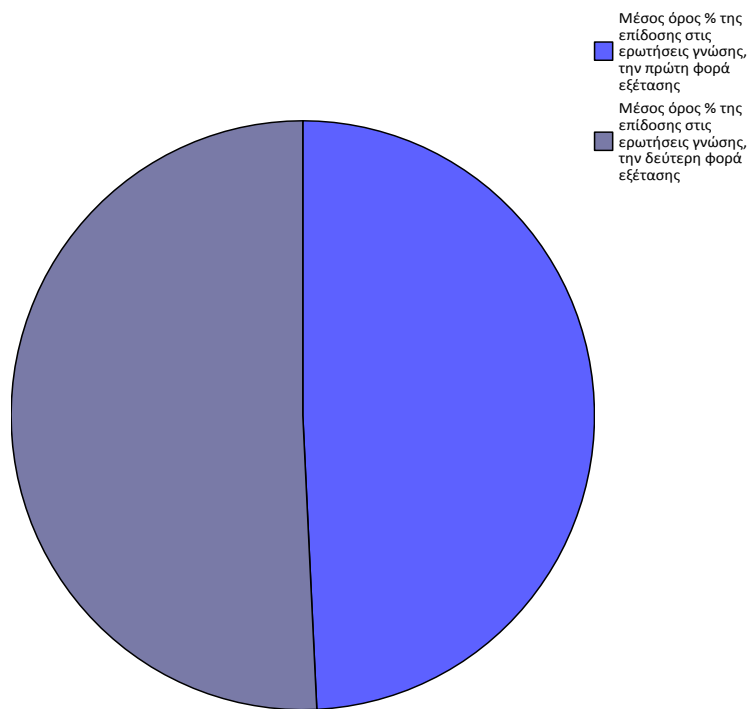
Γράφημα 1: Η επίδοση των συμμετεχόντων στις 2 ομάδες προτάσεων (νοερής απεικόνισης & γενικών γνώσεων).

Επίσης, επειδή οι συμμετέχοντες απάντησαν στις πρώτες προτάσεις της κάθε ομάδας δύο φορές, θέλαμε να ελέγξουμε αν τη δεύτερη φορά, απαντήσανε καλύτερα. Χρησιμοποιήσαμε το στατιστικό κριτήριο t εξαρτημένων μετρήσεων (paired sample t-test) και συγκρίναμε την επίδοση στις προτάσεις και των 2 ομάδων για τις πρώτες 2 φορές εξέτασης και τις 2 τελευταίες φορές εξέτασης αντίστοιχα. Βρέθηκε ότι η επίδοση των συμμετεχόντων δεν διαφέρει στατιστικά στην ομάδα προτάσεων νοερής απεικόνισης ($t(12)=- 1.08$, n.s.) τις δύο φορές εξέτασης (βλέπε γράφημα 2).



Γράφημα 2: Ο μέσος όρος % της επίδοσης των συμμετεχόντων στις προτάσεις νοερής απεικόνισης, την πρώτη & την δεύτερη φορά εξέτασης.

Το ίδιο ισχύει και για την ομάδα προτάσεων γενικών γνώσεων ($t(12)=-1.49, n.s.$) (βλέπε γράφημα 3).



Γράφημα 3: Ο μέσος όρος % της επίδοσης των συμμετεχόντων στις προτάσεις γενικών γνώσεων, την πρώτη & την δεύτερη φορά εξέτασης.

Τέλος, ζητήσαμε από τους συμμετέχοντες να μας αξιολογήσουν τις προτάσεις στις δύο ομάδες και ελέγξαμε αν ο βαθμός δυσκολίας ανάμεσα στις δύο ομάδες διαφέρει. Βρέθηκε ότι με βάση την αξιολόγηση των συμμετεχόντων, οι δύο ομάδες προτάσεων έχουν τον ίδιο βαθμό δυσκολίας ($t(11)=.998$, n.s.).

Η επίδοση της ΛΟΚΠ με βάση την εξαρτημένη μεταβλητή «gain»

Με βάση των παραγοντική ανάλυση διακύμανσης εξαρτημένων μετρήσεων (factorial repeated measures ANOVA) με εξαρτημένη μεταβλητή το «gain», βρέθηκε ότι το έργο διάσπασης της προσοχής δεν επιδρά στην ΛΟΚΠ ($F(2,24)=1.81$, n.s.), ενώ η ταχύτητα επιδρά στην ΛΟΚΠ ($F(2,24)=34.21$, $p<.001$) και δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του έργου στην ταχύτητα ($F(4,48)=2.29$, n.s.).

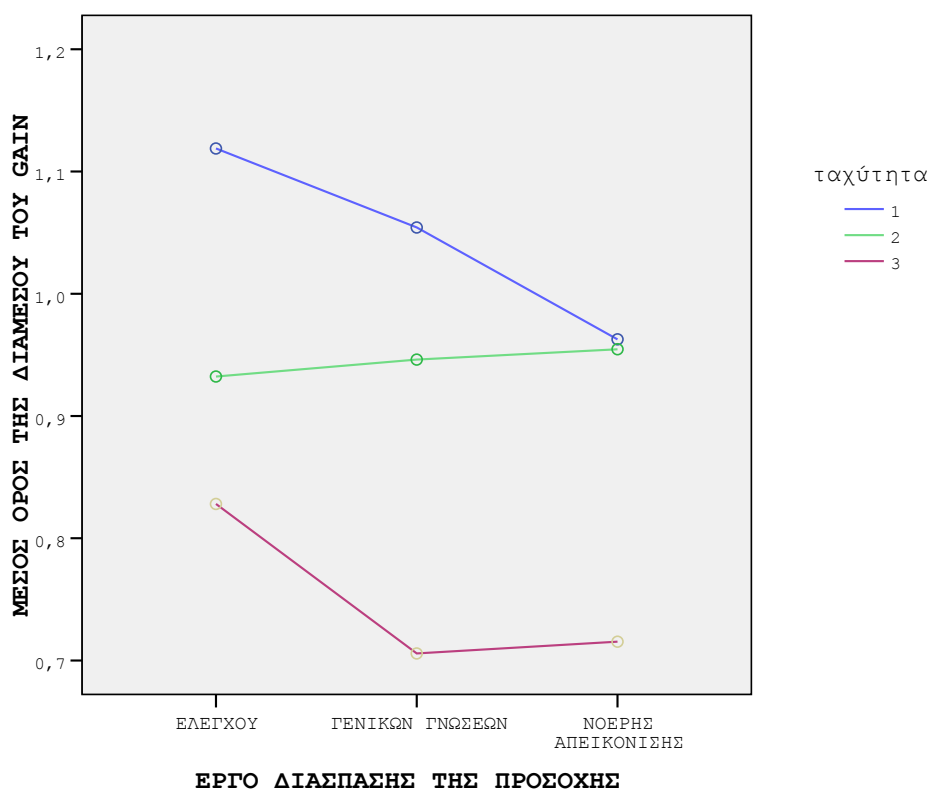
Για την επίδραση της ταχύτητας, το στατιστικό κριτήριο Bonferroni (post hoc test) (Field, 2002) έδειξε ότι στην ταχύτητα 10° /sec η επίδοση στην ΛΟΚΠ είναι καλύτερη από ότι στην ταχύτητα 20° /sec ($p<.05$) και στην ταχύτητα 30° /sec ($p<.001$) και στην ταχύτητα 20° /sec η επίδοση στην ΛΟΚΠ είναι καλύτερη σε σχέση με την ταχύτητα 30° /sec ($p<.001$).

Για να ελέγξουμε περισσότερο την επίδραση του έργου διάσπασης της προσοχής στην ΛΟΚΠ, χρησιμοποιήσαμε το στατιστικό κριτήριο t εξαρτημένων μετρήσεων (paired sample t-test). Βρήκαμε ότι το gain στην συνθήκη ελέγχου και με ταχύτητα 10° /sec είναι μεγαλύτερο από το gain στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και με ίδια ταχύτητα, αλλά η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($t(12)=1.83$, $p=.09$). Το ίδιο βρέθηκε και για την ταχύτητα 20° /sec ($t(12)=-.44$, n.s.), ενώ για την ταχύτητα 30° /sec το gain είναι μεγαλύτερο στην συνθήκη ελέγχου σε σχέση με την συνθήκη νοερής απεικόνισης ($t(12)=2.12$, $p=.05$).

Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν όταν συγκρίναμε το gain μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης γενικών γνώσεων. Για την μικρότερη

ταχύτητα ($10^\circ / \text{sec}$), το gain ήταν μεγαλύτερο στη συνθήκη ελέγχου από ότι στην συνθήκη γενικών γνώσεων, αλλά αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($t(12)=.77$, n.s.), ενώ στην ενδιάμεση ταχύτητα ($20^\circ / \text{sec}$) το gain ήταν μικρότερο στην συνθήκη ελέγχου από ότι στην συνθήκη γενικών γνώσεων, αλλά και πάλι αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($t(12)=-.27$, n.s.). Αντιθέτως, στην μεγαλύτερη ταχύτητα ($30^\circ / \text{sec}$) το gain είναι μεγαλύτερο στην συνθήκη ελέγχου από ότι στην συνθήκη γενικών γνώσεων και αυτή η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($t(12)=2.32$, $p<.05$).

Τέλος, όταν συγκρίναμε την διαφορά του gain μεταξύ της συνθήκης νοερής απεικόνισης με την συνθήκη γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι και στις τρεις ταχύτητες το gain είναι μεγαλύτερο στην συνθήκη γενικών γνώσεων από ότι στην συνθήκη νοερής απεικόνισης, αλλά αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική (βλέπε γράφημα 4).



Γράφημα 4: Μέσος όρος του gain των συμμετεχόντων, στις τρεις ταχύτητες & για τις τρεις συνθήκες της ανεξάρτητης μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής». Ταχύτητα:1: $10^\circ / \text{sec}$, 2: $20^\circ / \text{sec}$, 3: $30^\circ / \text{sec}$.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε τη διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution function) (βλέπε πίνακα 4). Για τις ταχύτητες 10° /sec και 30°/sec βρήκαμε ότι το gain είναι μεγαλύτερο στην συνθήκη ελέγχου από ότι στην συνθήκη νοερής απεικόνισης στους 9 από τους 13 συμμετέχοντες και αυτή η διαφορά προσεγγίζει την στατιστική σημαντικότητα ($p=.08$). Για την ενδιάμεση ταχύτητα (20°/sec) για το gain δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης νοερής απεικόνισης (n.s.).

Συγκρίνοντας το gain και για τις τρεις ταχύτητες ανάμεσα στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και στην συνθήκη γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι στην ταχύτητα 10° /sec , εφτά από τους 13 συμμετέχοντες και στην ταχύτητα 20°/sec, πέντε από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μικρότερο gain στην συνθήκη νοερής απεικόνισης, αλλά η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική. Αντιθέτως, στην ταχύτητα 30°/sec, 11 από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερο gain στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και η διαφορά δεν είναι τυχαία ($p<.05$).

Τέλος, συγκρίνοντας το gain και για τις τρεις ταχύτητες ανάμεσα στην συνθήκη ελέγχου και στην συνθήκη γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι στην ταχύτητα 10° /sec , εφτά από τους 13 συμμετέχοντες και στην ταχύτητα 20°/sec, έξι από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερο gain στην συνθήκη ελέγχου, αλλά αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική. Αντιθέτως, στην ταχύτητα 30°/sec, 11 από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μικρότερο gain στην συνθήκη γενικών γνώσεων και η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική ($p<.001$).

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης της εξαρτημένης μεταβλητής «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων» παρουσιάζονται στο παράστημα 2.

	Gain συνθήκης ελέγχου>Gain συνθήκης νοερής απεικόνισης	Gain συνθήκης ελέγχου>Gain συνθήκης γενικών γνώσεων	Gain συνθήκης νοερής απεικόνισης>Gain συνθήκης γενικών γνώσεων
Ταχύτητα: 10°/sec	9/13 συμμετέχοντες (p=.08) (t(12)=1.83, p=.09)	7/13 συμμετέχοντες (p=.20) (t(12)=.77, n.s.)	7/13 συμμετέχοντες (p=.20) (t(12)=-1.52, n.s.)
Ταχύτητα: 20°/sec	5/13 συμμετέχοντες (p=.15) (t(12)=-.44, n.s.)	6/13 συμμετέχοντες (p=.20) (t(12)=-.27, n.s.)	5/13 συμμετέχοντες (p=.15) (t(12)=.87, n.s.)
Ταχύτητα: 30°/sec	9/13 συμμετέχοντες (p=.08) (t(12)=2.12, p=.05)	11/13 συμμετέχοντες (p=.009) (t(12)=2.32, p<.05)	11/13 συμμετέχοντες (p=.009) (t(12)=.23, n.s.)

Πίνακας 3: Σύγκριση του gain μεταξύ των τριών συνθηκών, στις τρεις ταχύτητες, με βάση την διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution function).

[Εξίσωση: $\text{binopdf}(X, Y, 0.5)$, όπου X: ο αριθμός των συμμετεχόντων με την παρατηρούμενη συμπεριφορά, Y: ο αριθμός των συμμετεχόντων] και το στατιστικό κριτήριο t εξαρτημένων μετρήσεων (paired sample t-test).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Επίδοση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες προτάσεων

Θελήσαμε να ελέγξουμε την επίδοση των συμμετεχόντων στις 2 ομάδες προτάσεων. Ο βαθμός δυσκολίας ανάμεσα τους χρειάζεται να είναι ίδιος, ώστε να γνωρίζουμε ότι αν η επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ μειώνεται σε κάποιο από τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής, συμβαίνει λόγω του ίδιου του έργου και των πόρων προσοχής που απαιτεί και όχι λόγω του βαθμού δυσκολίας του. Βρέθηκε ότι η επίδοση των συμμετεχόντων στις 2 ομάδες προτάσεων ήταν ίδια (βλέπε γράφημα 1). Οι συμμετέχοντες είχαν και στις 2 ομάδες προτάσεων επίδοση μεγαλύτερη από 80% (νοερής απεικόνισης: 84%, γενικών γνώσεων: 86.5%).

Επιπλέον, θελήσαμε να ρωτήσουμε τους ίδιους τους συμμετέχοντες την άποψη τους για τον βαθμό δυσκολίας των προτάσεων. Όταν συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο για την κάθε ομάδα, βρέθηκε ότι οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι οι προτάσεις στην νοερή απεικόνιση ήταν πιο δύσκολες από τις προτάσεις στην ομάδα προτάσεων γενικών γνώσεων, αλλά αυτή η διαφορά δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι σε μερικές από τις προτάσεις γενικών γνώσεων, εμπλέκεται η νοερή απεικόνιση. Ενδεχομένως οι προτάσεις να μην είχαν επιλεγθεί σωστά, τόσο για τον βαθμό δυσκολίας τους, όσο και για το πόσο αντιπροσωπεύουν την μεταβλητή που θέλαμε να ελέγξουμε. Οι προτάσεις νοερής απεικόνισης ίσως να ήταν πιο δύσκολες και μερικές από τις προτάσεις γενικών γνώσεων να απαιτούσαν την διεργασία της νοερής απεικόνισης.

Τέλος, επειδή στις τελευταίες φορές εξέτασης, οι συμμετέχοντες έπρεπε να απαντήσουν στις ίδιες προτάσεις, ελέγξαμε αν την δεύτερη φορά εξέτασης, αυξήθηκε η επίδοση τους. Με αυτό τον τρόπο θέλαμε να εξετάσουμε αν οι συμμετέχοντες είχαν επεξεργαστεί τις απαντήσεις τους από την πρώτη εξέταση και αν συνέβαλλε η εμπλοκή της μάθησης στην επίδοση τους στην δεύτερη φορά

εξέτασης. Βρέθηκε ότι και για τις 2 ομάδες προτάσεων, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση (βλέπε γράφημα 3, 4).

Ταχύτητα

Στην παρούσα έρευνα βρέθηκε ότι όταν το οπτικό ερέθισμα προς παρακολούθηση κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα, το gain μειώνεται, δηλαδή χειροτερεύει η επίδοση των συμμετεχόντων στο έργο της ΛΟΚΠ. Συγκεκριμένα, το gain είναι μεγαλύτερο στην αργή ταχύτητα (10° /sec), μειώνεται στην ταχύτητα 20° /sec και συνεχίζει να μειώνεται στην ταχύτητα 30° /sec. Η μείωση του gain όσο αυξάνεται η ταχύτητα παρατηρήθηκε και στις τρεις συνθήκες και είναι στατιστικά σημαντική (βλέπε γράφημα 4). Επομένως, με βάση το gain επιβεβαιώθηκε η υπόθεση 1.

Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με αυτά των Hutton & Tegally (2005). Οι Hutton & Tegally (2005) χρησιμοποίησαν και στα δύο πειράματά τους δύο ταχύτητες (πείραμα 1: 0.25 Hz, 0.5 Hz, πείραμα 2: 0.5Hz, 0.75 Hz) και βρήκαν ότι στην πιο γρήγορη ταχύτητα, το gain μειώνεται και αυτή η μείωση ήταν στατιστικά σημαντική. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Kathman et al., (1999). Με την αύξηση της ταχύτητας, η επίδοση των συμμετεχόντων μειώθηκε. Τέλος, οι Van Donkelaar & Drew (2002) παρατήρησαν ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος, ο οφθαλμός των συμμετεχόντων μετατοπίζεται όλο και περισσότερο προς την περιφέρεια.

Η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος προς παρακολούθηση είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επίδοση της ΛΟΚΠ. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα του, ο οφθαλμός δυσκολεύεται να κρατήσει την ίδια ταχύτητα με το οπτικό ερέθισμα και μειώνει το gain. Η διατήρηση της ΛΟΚΠ σε μεγαλύτερες ταχύτητες προϋποθέτει περισσότερη προσοχή (Van Donkelaar & Drew, 2002).

Σύγκριση επίδοσης μεταξύ συνθήκης ελέγχου και συνθήκης νοερής απεικόνισης.

Στην παραγοντική ανάλυση διακύμανσης, δεν βρέθηκε επίδραση του έργου διάσπασης της προσοχής στην επίδοση της ΛΟΚΠ. Στην περαιτέρω στατιστική ανάλυση, όταν συγκρίναμε το gain μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης νοερής απεικόνισης, βρέθηκε ότι στην μικρότερη ταχύτητα το gain ήταν μεγαλύτερο στην ομάδα ελέγχου, αλλά αυτή η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Στην ενδιάμεση ταχύτητα δεν υπήρχε στατιστική σημαντικότητα ανάμεσα στις δύο συνθήκες, ενώ στην μεγαλύτερη ταχύτητα, το gain ήταν μεγαλύτερο στη συνθήκη ελέγχου από ότι στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική (βλέπε γράφημα 4).

Από τα αποτελέσματα μας μπορούμε να υποθέσουμε ότι για τις μικρές ταχύτητες, το έργο της ΛΟΚΠ είναι εύκολο και οι συμμετέχοντες δεν χρειάζεται να έχουν όλη την προσοχή συγκεντρωμένη σε αυτό. Ωστόσο, στην ταχύτητα 30°/sec το έργο της ΛΟΚΠ δυσκολεύει και απαιτεί περισσότερη προσοχή.

Με βάση το μοντέλο της δομής για την προσοχή (Chen et al., 2002) όταν δύο έργα απαιτούν την ίδια μορφή προσοχής, τότε διχάζεται η προσοχή με αποτέλεσμα να μειώνεται σε ένα από τα δύο έργα. Η ΛΟΚΠ απαιτεί την οπτική προσοχή, τόσο γιατί χρειάζεται να προσέχουμε ένα οπτικό ερέθισμα, όσο και γιατί είναι αναγκαία η νοερή επεξεργασία της ΛΟΚΠ. Για να εκτελέσουμε την ΛΟΚΠ και να την διατηρήσουμε μας διευκολύνει η νοερή απεικόνιση της κίνησης του οπτικού ερεθίσματος. Ένα έργο διάσπασης της προσοχής το οποίο απαιτεί την διεργασία της νοερής απεικόνισης (στην δική μας περίπτωση η ομάδα προτάσεων νοερής απεικόνισης) παρεμβάλλει στην νοερή επεξεργασία της ΛΟΚΠ και την διαταράσσει.

Οι Meyer et al., (2007) όταν χρησιμοποίησαν για έργο διάσπασης της προσοχής την μέτρηση αριθμών ανάποδα, παρατήρησαν ότι το gain της ΛΟΚΠ μειώθηκε. Θεωρούν ότι το έργο διάσπασης της προσοχής μοιράζεται τους ίδιους πόρους προσοχής με την ΛΟΚΠ, με συνέπεια να μειωθεί η επίδοση στην ΛΟΚΠ. Επιπλέον, θεωρούν ότι το έργο διάσπασης της προσοχής απαιτεί την επεξεργασία οπτικών

νοερών εικόνων και για να ολοκληρωθεί η επεξεργασία, θα πρέπει ο συμμετέχων να αποσυνδεθεί από τα εξωτερικά οπτικά ερεθίσματα (οπτικό ερέθισμα προς παρακολούθηση). Συνεπώς, θα υπάρχει μετατόπιση της οπτικής προσοχής από το εξωτερικό ερέθισμα, προς τις εσωτερικές νοερές εικόνες με συνέπεια την αλλαγή στην επίδοση της ΛΟΚΠ.

Με βάση τα αποτελέσματα μας, θεωρούμε ότι το μοντέλο της δομής επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα μας, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται με ταχύτητα $30^\circ/\text{sec}$ (υπόθεση 2).

Σύγκριση επίδοσης μεταξύ συνθήκης ελέγχου και συνθήκης γενικών γνώσεων.

Όταν συγκρίναμε το gain μεταξύ της συνθήκης ελέγχου με τη συνθήκη γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι μόνο στην μεγαλύτερη ταχύτητα, το gain ήταν μεγαλύτερο στη συνθήκη ελέγχου από ότι στη συνθήκη γενικών γνώσεων και αυτή η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική (βλέπε γράφημα 4). Το ίδιο αποτέλεσμα βρήκαμε και στην διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution). Δώδεκα από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μικρότερο gain στην συνθήκη γενικών γνώσεων και η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική.

Με βάση τα αποτελέσματα μας, θεωρούμε ότι το μοντέλο της χωρητικότητας επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα μας, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται με ταχύτητα $30^\circ/\text{sec}$ (υπόθεση 3).

Παρατηρείται ένα πρότυπο στην επίδοση της ΛΟΚΠ, με βάση την εξαρτημένη μεταβλητή gain. Στις πρώτες δύο ταχύτητες, κανένα από τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής δεν επιδρούν στην ΛΟΚΠ. Στην τελευταία ταχύτητα, στην οποία το οπτικό ερέθισμα κινείται με μία γρήγορη ταχύτητα και προφανώς ο παρατηρητής δυσκολεύεται να το παρακολουθήσει, και τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής επιδρούν στην οφθαλμική κίνηση και μειώνουν την επίδοση της. Η παρακολούθηση ενός οπτικού ερεθίσματος το οποίο κινείται με ταχύτητα

30°/sec, ενδεχομένως να απαιτεί περισσότερη προσοχή. Με βάση το μοντέλο της δομής, αλλά και το μοντέλο της χωρητικότητας, ένα έργο διάσπασης της προσοχής θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσει τους πόρους προσοχής που χρειάζεται η ΛΟΚΠ και είναι απαραίτητοι για την παραγωγή της οφθαλμικής κίνησης, ειδικότερα όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται με γρήγορη ταχύτητα (30°/sec).

Η ΛΟΚΠ είναι μία οφθαλμική κίνηση που απαιτεί τόσο την οπτική όσο και την μη οπτική προσοχή στα διάφορα στάδια παραγωγής της (έναρξη, διατήρηση, λήξη) (Chen et al., 2002). Ενδεχομένως, να μην είναι απαραίτητη η χρήση όλων των πόρων προσοχής, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται σε μικρές ταχύτητες και για αυτό το λόγο να μην επιδρά ένα έργο διάσπασης της προσοχής στην επίδοση της. Όταν όμως, αυξάνεται η ταχύτητα, το σύστημα της ΛΟΚΠ χρειάζεται τους πόρους προσοχής και ένα έργο διάσπασης της προσοχής να την διχάζει και να επιδρά στην επίδοση της οφθαλμικής κίνησης.

Σύγκριση επίδοσης μεταξύ συνθήκης νοερής απεικόνισης και συνθήκης γενικών γνώσεων.

Όταν συγκρίναμε την επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ μεταξύ της συνθήκης νοερής απεικόνισης και της συνθήκης γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι και στις τρεις ταχύτητες το gain ήταν μεγαλύτερο στην συνθήκη γενικών γνώσεων από ότι στη συνθήκη νοερής απεικόνισης, αλλά αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική. Από τα αποτελέσματα μπορούμε να υποθέσουμε ότι ένα έργο διάσπασης της προσοχής το οποίο απαιτεί την διεργασία της νοερής απεικόνισης παρεμβαίνει περισσότερο στην παραγωγή της οφθαλμικής κίνησης, σε σχέση με ένα έργο διάσπασης της προσοχής το οποίο προϋποθέτει την ανάσυρση πληροφοριών από την μνήμη και την μη οπτική προσοχή.

Ωστόσο, όταν χρησιμοποιήσαμε τη διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution) βρέθηκε ότι στην ταχύτητα 20°/sec η συνθήκη γενικών γνώσεων επιδρά περισσότερο στην επίδοση της

ΛΟΚΠ (οκτώ από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μικρότερο gain), αλλά αυτή η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Στην μεγαλύτερη ταχύτητα, παρατηρήθηκε το ίδιο πρότυπο σε περισσότερους συμμετέχοντες και η διαφορά αυτή την φορά ήταν στατιστικά σημαντική (11 από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μικρότερο gain, $p < .05$).

Οι Chen et al., (2002) θεωρούν ότι το σύστημα της ΛΟΚΠ απαιτεί την οπτική αλλά και την μη οπτική προσοχή για την σωστή παραγωγή της οφθαλμικής κίνησης. Ισχυρίζονται βασισμένοι στο μοντέλο της χωρητικότητας της προσοχής, ότι ένα έργο διάσπασης της προσοχής διχάζει την προσοχή ανάμεσα στα δύο έργα και το έργο διάσπασης της προσοχής παίρνει κάποιους πόρους προσοχής που χρειάζεται το έργο της ΛΟΚΠ. Ως μη οπτική προσοχή θεωρούν ότι είναι η αναμονή έναρξης του έργου διάσπασης της προσοχής. Στην ΛΟΚΠ η μη οπτική προσοχή χρειάζεται για την έναρξη αλλά και για την διατήρηση της οφθαλμικής κίνησης και επιδρά στην επίδοση της ΛΟΚΠ. Αντιθέτως, η οπτική προσοχή χρειάζεται κυρίως για την έναρξη της οφθαλμικής κίνησης.

Επομένως, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι στην δική μας περίπτωση, η συνθήκη γενικών γνώσεων επηρεάζει την επίδοση της ΛΟΚΠ γιατί οι συμμετέχοντες περιμένουν το έργο διάσπασης της προσοχής. Ωστόσο, το ίδιο ισχύει και για τη συνθήκη νοερής απεικόνισης. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των δύο έργων ώστε η συνθήκη γενικών γνώσεων να μειώνει περισσότερο την επίδοση της ΛΟΚΠ, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται σε ταχύτητα 30°/sec;

Η συνθήκη γενικών γνώσεων αποτελείται από ερωτήσεις γενικών γνώσεων. Οι συμμετέχοντες πρέπει να ανασύρουν πληροφορίες από την μακρόχρονη μνήμη τους για να απαντήσουν σωστά. Ενδεχομένως αυτή η διεργασία να είναι αρκετά απαιτητική και να παρεμβαίνει περισσότερο στην ΛΟΚΠ από ότι η διεργασία της νοερής απεικόνισης.

Επίσης, οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι στην συνθήκη γενικών γνώσεων, μερικές προτάσεις απαιτούσαν την νοερή απεικόνιση. Αν θεωρήσουμε ότι οι προτάσεις χρειάζονταν την εμπλοκή τόσο της νοερής απεικόνισης όσο και της μνήμης, η συνθήκη γενικών γνώσεων είναι πιο απαιτητική από τη συνθήκη νοερής απεικόνισης και ίσως να χρειάζεται περισσότερους πόρους προσοχής.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η συνθήκη νοερής απεικόνισης, απαιτεί την νοερή απεικόνιση, αλλά ενδεχομένως να χρειάζεται και την μακρόχρονη μνήμη. Για παράδειγμα, για να εξετάσουμε αν η πρόταση «Η αγγλική σημαία έχει τρία χρώματα» χρειάζεται να ανασύρουμε από την μνήμη την εικόνα της αγγλικής σημαίας και με την νοερή απεικόνιση να εξετάσουμε πόσα χρώματα έχει.

Μελλοντική έρευνα

Μία πιθανή συνέχεια της πειραματικής διαδικασίας θα μπορούσε να εμπλέκει την νοερή απεικόνιση με την μνήμη. Θα πρέπει τα δύο έργα διάσπασης της προσοχής να έχουν ελεγχθεί στο βαθμό δυσκολίας τους και το ένα να απαιτεί μόνο τη διεργασία της νοερής απεικόνισης και το άλλο μόνο τη διεργασία ανάκλησης από τη μακρόχρονη μνήμη. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε ποιες από τις δύο διεργασίες απαιτούν περισσότερη προσοχή και τι επίδραση έχει στην ΛΟΚΠ.

Τέλος, ελέγξαμε την επίδοση των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις την πρώτη φορά εξέτασης και την δεύτερη και βρήκαμε ότι η επίδοση τους ήταν η ίδια. Οι συμμετέχοντες απάντησαν με την ίδια ακρίβεια τόσο όταν έπρεπε να ανασύρουν τις πληροφορίες από την μακρόχρονη μνήμη (πρώτη φορά εξέτασης) όσο και όταν έπρεπε να τις ανασύρουν από τη μνήμη εργασίας (δεύτερη φορά εξέτασης). Θα ήταν ενδιαφέρον να μπορούσαμε να ελέγχαμε την επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ μεταξύ των δύο συνθηκών. Να εξετάζαμε κατά πόσο η διεργασία ανάσυρσης από την μακρόχρονη μνήμη, σε σχέση με την μνήμη εργασίας, επηρεάζει την επίδοση στην ΛΟΚΠ.

Στατιστική Ανάλυση

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η παραγοντική ανάλυση διακύμανσης χρειάζεται αρκετές μετρήσεις για να έχουμε ισχυρές επιδράσεις και

αλληλεπιδράσεις (Field, 2000). Ενδεχομένως, οι 13 συμμετέχοντες που χρησιμοποιήσαμε στην έρευνα μας να μην ήταν αρκετοί για να έχουμε στατιστική σημαντικότητα. Η παραγοντική ανάλυση διακύμανσης προσθέτει όλες τις μετρήσεις από όλους τους συμμετέχοντες και συγκρίνει αν η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Ακραίες μετρήσεις συμπεριλαμβάνονται και μπορούν να επηρεάσουν τη στατιστική σημαντικότητα. Στην έρευνα μας είχαμε μερικές ακραίες μετρήσεις, ειδικά στην συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων. Αυτές οι μετρήσεις ενδεχομένως να επηρέασαν τη στατιστική σημαντικότητα. Με βάση την διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution), για να θεωρήσουμε ότι οι μετρήσεις μας δεν είναι τυχαίες, έπρεπε να βρίσκουμε διαφορά ανάμεσα στις συνθήκες σε τουλάχιστον 10 από τους 13 συμμετέχοντες. Ίσως να χρειαζόμασταν μεγαλύτερο δείγμα και περισσότερες μετρήσεις για να βρούμε αποτελέσματα στατιστικά σημαντικά.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του οπτικού ερεθίσματος μειώνεται η επίδοση στο έργο της ΛΟΚΠ. Επίσης, στις γρήγορες ταχύτητες (30°/sec), η προσθήκη ενός έργου διάσπασης της προσοχής, είτε εμπλέκει τη διεργασία της νοερής απεικόνισης, ή την μακρόχρονη μνήμη προκαλεί μείωση στην επίδοση της ΛΟΚΠ. Τέλος, ένα έργο διάσπασης της προσοχής, το οποίο εμπλέκει την μακρόχρονη μνήμη προκαλεί μεγαλύτερη μείωση στην επίδοση της ΛΟΚΠ, συγκριτικά με ένα έργο το οποίο εμπλέκει την νοερή απεικόνιση, όταν το οπτικό ερέθισμα κινείται με ταχύτητα 30°/sec . Ενδεχομένως, η διεργασία ανάσυρσης πληροφοριών από την μνήμη να χρειάζεται περισσότερους πόρους προσοχής από ότι η διεργασία νοερής απεικόνισης και στην πρώτη περίπτωση, το σύστημα της ΛΟΚΠ να χάνει περισσότερους πόρους προσοχής. Θα ήταν ενδιαφέρον να ελεγχθεί η σχέση της προσοχής με την μακρόχρονη μνήμη και την νοερή απεικόνιση και πως επιδράει σε μία οφθαλμική κίνηση όπως η ΛΟΚΠ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΜΕΣΗ

- Acker, W. Q. & Toone, B. (1978). Attention, eye tracking and schizophrenia. *British Journal of Social Psychology*, 17, 173- 181.
- Atkinson J (1984). "Human visual development over the first 6 months of life. A review and a hypothesis". *Hum Neurobiol* 3 (2): 61–74.
- Berman R.A., Colby C.L., Genovese C.R., Voyvodic J.T., Luna B., Thulborn K.R., Sweeney J.A. (1999). Cortical Networks Subservicing Pursuit and Saccadic Eye Movements in Humans: An FMRI Study. *Human Brain Mapping*, 8: 209-225.
- Brezinova, V. & Kendell, R. E. (1977). Smooth pursuit eye movements of schizophrenics and normal people under stress. *British Journal of Psychiatry*, 130, 59 63.
- Carlson N.,R., (2004). *Physiology of Behavior*, 8th Edition. U.S.A. Allyn & Bacon
- Carpenter, Roger H.S. (1988). *Movements of the Eyes* (2nd ed.). Pion Ltd, London
- Chen Y., Holzman P. S., Nakayama K., (2002). Visual and cognitive control of attention in smooth pursuit. *Progress in Brain Research*, 140: 255-265.
- Clementz BA, Sweeney JA, Hirt M, Haas G.(1990).Pursuit gain and saccadic intrusions in first-degree relatives of probands with schizophrenia.J *Abnorm Psychol*, 99(4):327-35.
- Corbetta M, Akbudak E, Conturo TE, Snyder AZ, Ollinger JM, Drury HA, Linenweber MR, Petersen SE, Raichle ME, Van Essen DC, Shulman GL. (1998). A common network of functional areas for attention and eye movements. *Neuron* 21:761–73.
- Corbetta M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: identical, independent,or overlapping neural systems? *Proc Natl Acad Sci USA* 95:831–838.
- Dursteler MR and Wurtz RH. (1988). Pursuit and optokinetic deficits following chemical lesions of cortical areas MT and MST. *J Neurophysiol* 60: 940– 965.

- Ferrera, V.P., Lisberger, S., G., (1995). Attention and target selection for smooth pursuit eye movements. *J. Neurosci.*, 15: 7472-7484.
- Field, A., (2002). *Discovering Statistics Using SPSS for Windows. Advanced Techniques for the beginner.* U.K. Sage Publications
- Friedman, L., Jesberger, J.,A., Siever, L., J., Thompson, P., Mohs, R., Meltzer, H., Y., (1995). Smooth pursuit performance in patients with affective disorders or schizophrenia and normal controls: analysis with specific oculomotor measures. RMS error and qualitative measures. *Psychol. Med.*, 25: 387-403.
- Fukushima K., (2003). Frontal cortical control of smooth pursuit. *Current Opinion in Neurobiology*, 13: 647-654.
- Heinen SJ. (1995). Single neuron activity in the dorsomedial frontal cortex during smooth pursuit eye movements. *Exp Brain Res* , 104: 357–361.
- Holzman P.S., Levy D., L., Proctor L., R., (1976). Smooth Pursuit Eye Movements, Attention and Schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 33: 1415-1420.
- Hong, L., E., Tagamets M., Avila, M., Wonodi, I., Holcomb, H., Thaker, G., K., (2005). Specific Motion Processing Pathway Deficit During Eye Tracking in Schizophrenia: Performance-Matched Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *BIOL PSYCHIATRY*, 57:726–732
- Hutton S.B., Tegally D. (2005). The effects of dividing attention on smooth pursuit eye tracking. *Exp Brain Res*, 163: 306-314.
- Ilg UJ, Bremmer F, and Hoffmann KP. (1993). Optokinetic and pursuit system: a case report. *Behav Brain Res*, 57: 21–29.
- Jacobsen, L., K., Hong, W., L., Hommer, D., W., Hamburger, S., D., Castellanos, F., X., Frazier, J., A., Giedd, J., N., Gordon, C., T., Karp, B., I., McKenna, K., Rapoport, J., L., (1996). Smooth pursuit eye movements in childhood onset schizophrenia: comparison with attention-deficit hyperactivity disorder and normal controls. *Biol. Psychiatry*, 40: 1144-1154.
- Kanski, JJ. (1989). *Clinical Ophthalmology: A Systematic Approach.* Boston:Butterworth-Heinemann

- Kathmann N, Hochrein A, Uwer R (1999) Effects of dual task demands on the accuracy of smooth pursuit eye movements. *Psychophysiology* 36:158–163.
- Kathmann N, Hochrein A, Uwer R (1999) Effects of dual task demands on the accuracy of smooth pursuit eye movements. *Psychophysiology* 36:158–163.
- Kaufman S.R., Abel L. A., (1986). The effects of distraction on smooth pursuit in normal subjects. *Acta Otolaryngol*, 102: 57-64.
- Keedy, S., K., Ebens, C., L., Keshavan, M., S., Sweeney, J., A., (2006). Functional magnetic resonance imaging studies of eye movements in first episode schizophrenia: Smooth pursuit, visually guided saccades and the oculomotor delayed response task. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 146, 199–211
- Knox PC, Bekkour T (2002) Non-target influences on the initiation of smooth pursuit. *Prog Brain Res* 140:211–224.
- Krauzlis R.J. (2004). Recasting the Smooth Pursuit Eye Movement System. *Journal of Neurophysiology*, 91, 591-603.
- Lipton, R. B., Frost, L. A. & Holzman P. S (1980a). Smooth pursuit eye movements, schizophrenia, and distraction. *Perceptual Motor Skills*, 50, 159-167.
- Lisberger SG, Morris EJ, Tychsen L. (1987). Visual motion processing and sensory-motor integration for smooth pursuit eye movements. *Annu Rev Neurosci* , 10:97-129.
- MacAvoy MG, Gottlieb JP, and Bruce CJ. (1991) Smooth-pursuit eye movement representation in the primate frontal eye field. *Cereb Cortex* 1: 95–102,
- McDonald, S., Bennett, K., M., Chambers, H., Castiello, U., (1999). Covert orienting and focusing of attention in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychologia*, 37: 345-356
- Mesulam MM. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Ann Neurol* 10:309–325.
- Mesulam MM. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Ann Neurol* 10:309–325.

- Meyer C., Gauchard, G., C., Deviterne, D., Perrin, P., P., (2007). Cognitive task fulfilment may decrease gaze control performances. *Physiology & Behavior* 92, 861–866
- Missal M, Heinen SJ (2004) Supplementary eye fields stimulation facilitates anticipatory pursuit. *J Neurophysiol* 92:1257–1262.
- Munoz DP.(2002). Commentary: saccadic eye movements: overview of neural circuitry. *Prog Brain Res*, 140: 89–96.
- Newsome WT, Wurtz RH, Dursteler MR, and Mikami A. (1985). Deficits in visual motion processing following ibotenic acid lesions of the middle temporal visual area of the macaque monkey. *J Neurosci*, 5: 825–840.
- Petit L., Haxby V.J., (1999). Functional Anatomy of Pursuit Eye Movements in Humans as Revealed by fMRI. *J Neurophysiol*, 82: 463-471.
- Posner MI, Driver J (1992) The neurobiology of selective attention. *Curr Opin Neurobiol* 2:165–169.
- Recanzone GH, Wurtz RH (2000) Effects of attention on MT and MST neuronal activity during pursuit initiation. *J Neurophysiol* 83:777–790.
- Schulze, K., MacCabe, J., H., Rabe-Hesketh, S., Crawford, T., Marshall, N., Zanelli, J., Walshe, M., Bramon, E., Murray, R., M., McDonald, C., (2006). The relationship between eye movement and brain structural abnormalities in patients with schizophrenia and their unaffected relatives. *Journal of Psychiatric Research* 40, 589–598
- Shagass C., Roemer R.A., Amadeo M., (1976). Eye-Tracking Performance and Engagement of Attention. *Arch Gen Psychiatry*, 33: 121-125.
- Smyrnis N., Evdokimidis I., Stefanis N.C., Avramopoulos D., Costantinidis T.S., Stavropoulos A. & Stefanis C.N. (2003). Antisaccade performance of 1273 men: effects of schizotypy, anxiety, and depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 112, 403-414.
- Straka H, Dieringer N (2004). "Basic organization principles of the VOR: lessons from frogs". *Prog. Neurobiol.* 73 (4): 259–309.
- Tanabe J., Tregellas, J., Miller, D., Ross, G.R., Freedman, R., (2002). Brain Activation During Smooth Pursuit Eye Movements. *NeuroImage*, 17, 1315-1324.

- Their P., Iig J.U. (2005). The neural basis of smooth-pursuit eye movements. *Current Opinion in Neurobiology*, 15: 645-652.
- Tian JR and Lynch JC. (1996). Corticocortical input to the smooth and saccadic eye movement subregions of the frontal eye field in Cebus monkeys. *J Neurophysiol* 76: 2754–2771.
- Tregellas, J., R., Tanabe, J., L., Miller, D., E., Ross, R., G., Olincy, A., Freedman, R., (2004). Neurobiology of Smooth Pursuit Eye Movement Deficits in Schizophrenia: An fMRI Study. *Am J Psychiatry*, 161:315–321
- Van Donkelaar P, Drew AS (2002) The allocation of attention during smooth pursuit eye movements. *Prog Brain Res* 140:267–277.
- Van Gelder P., Lebedev S., Liu P., M., Tsui W., H., (1994). Anticipatory Saccades in Smooth Pursuit: Task Effects and Pursuit Vector After Saccades. *Vision Res.* Vol. 35, No. 5, pp. 667--678.
- Zeki, S., Watson, J.D., Lueck, C.J., Friston, K.,J., Kennard, C., Frackowiak, R.S. (1991). A direct demonstration of functional specialisation in human visual cortex. *J. Neurosci.*, 11: 641-649
- Καστελλάκης Α.Α. (2002) Αγγλοελληνικό Γλωσσάρι Βιοψυχολογίας. Αθήνα: Εκδόσεις Έλλην

ΕΜΜΕΣΗ

- Barnes G (1993). Visual-vestibular interaction in the control of head and eye movement: the role of visual feedback and predictive mechanisms. *Prog Neurobiol* , 41:435-472.
- Benitez, J., T., (1970). Eye tracking and optokinetic tests: Diagnostic significance in peripheral and central vestibular disorders. *Laryngoscope*. 80: 834-848.
- Corvera, J., Torres-Courtney, G., Lopez-Rios, G., (1974). The neurological significance of alterations of pursuit eye movements and the pendular eye tracking test. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 82: 855-867.
- Cui DM, Yan YJ, and Lynch JC.(2003). Pursuit subregion of the frontal eye field projects to the caudate nucleus in monkeys. *J Neurophysiol* , 89: 2678–2684.
- Culham JC, Brandt SA, Cavanagh P, Kanwisher NG, Dale AM, Tootell RB. (1998). Cortical fMRI activation produced by attentive tracking of moving targets. *J Neurophysiol* 80:2657–70.
- Dejardin, S., Dubois, S., Bodart, J. M., Schiltz, C., Delinte, A., Michel, C., et al. (1998). PET study of human voluntary saccadic eye movements in darkness: Effect of task repetition on the activation pattern. *Eur. J. Neurosci*. 10: 2328–2336.
- Diefendorf, A., R., Dodge, R., (1908). An experimental study of the ocular reactions of the insane from photographic records. *Brain*, 31: 451-489
- Dieterich, M., Bucher, S. F., Seelos, K. C., and Brandt, T. (2000). Cerebellar activation during optokinetic stimulation and saccades. *Neurology* 54: 148–155.
- Leigh J.R. & Zee D.S. (1991) *The neurology of eye movements* Edition 2. F.A. Davis Company, Philadelphia.
- Yan YJ, Cui DM, and Lynch JC. (2000). Pursuit subregion of the frontal eye field projects directly to brainstem premotor areas in cebus monkey. *Soc Neurosci Abstr* , 26:1717.

- Tian JR and Lynch JC. (1997). Subcortical input to the smooth and saccadic eye movement subregions of the frontal eye field in Cebus monkey. *J Neurosci*, 17: 9233–9247.
- Thier P, Koehler W, and Buettner UW.(1988). Neuronal activity in the dorsolateral pontine nucleus of the alert monkey modulated by visual stimuli and eye movements. *Exp Brain Res* 70: 496–512.
- Tanaka M, Lisberger SG (2001). Regulation of the gain of visually guided smooth-pursuit eye movements by frontal cortex. *Nature*, 409:191-194.
- Suzuki DA and Keller EL. (1984). Visual signals in the dorsolateral pontine nucleus of the alert monkey: their relationship to smooth-pursuit eye movements. *Exp Brain Res*, 53: 473–478.
- Schwartz JD, Lisberger SG (1994). Initial tracking conditions modulate the gain of visual-motor transmission for smooth pursuit eye movements in monkeys. *Vis Neurosci*, 11:411-424.
- Schmid, A., Rees, G., Frith, C., and Barnes, G. (2001). An fMRI study of anticipation and learning of smooth pursuit eye movements in humans. *NeuroReport* 12: 1409–1414.
- Robinson DL, Goldberg ME, Stanton GB.(1978). Parietal association cortex in the primate: sensory mechanisms and behavioral modulations. *J Neurophysiol* 41:910–932.
- Rashbass C. (1961). The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements. *J Physiol*, 159: 326–338.
- Rambold H, Churchland A, Selig Y, Jasmin L, and Lisberger SG. (2002). Partial ablations of the flocculus and ventral paraflocculus in monkeys cause linked deficits in smooth pursuit eye movements and adaptive modification of the VOR. *J Neurophysiol*, 87: 912–924.
- Optican LM, Zee DS, Chu FC (1985). Adaptive response to ocular muscle weakness in human pursuit and saccadic eye movements. *J Neurophysiol*, 54:110-122.
- Mustari MJ, Fuchs AF, and Wallman J.(1988). Response properties of dorsolateral pontine units during smooth pursuit in the rhesus macaque. *J Neurophysiol*, 60: 664–686.

- Lisberger SG, Morris EJ, Tychsen L. (1987). Visual motion processing and sensory-motor integration for smooth pursuit eye movements. *Annu Rev Neurosci* , 10:97-129.
- Leigh RJ, Zee DS (1999). *The Neurology of Eye Movements*, edn 3. New York: Oxford University Press; 4-197.
- Krauzlis RJ, Basso MA, and Wurtz RH. (1997). Shared motor error for multiple eye movements. *Science* , 276: 1693–1695.
- Krauzlis RJ. (2000). Population coding of movement dynamics by cerebellar Purkinje cells. *Neuroreport* , 11: 1045–1050.
- Inoue Y, Takemura A, Kawano K, and Mustari MJ.(2000). Role of the pretectal nucleus of the optic tract in short-latency ocular following responses in monkeys. *Exp Brain Res* 131: 269–281.
- Ilg UJ, Bremmer F, and Hoffmann KP. (1993). Optokinetic and pursuit system: a case report. *Behav Brain Res*, 57: 21–29.
- Holzman, P., S., Levy, D., L., Uhlenhuth, E., H., et al., (1975). Smooth pursuit eye movements and diazepam, CPZ, and secobarbital. *Psychopharmacologia*, 44: 111-115.
- Fukushima K., (2003). Frontal cortical control of smooth pursuit. *Current Opinion in Neurobiology*, 13: 647-654.
- von Noorden, G., K., Thompson, H., S., Van Allen, M., W., (1964). Eye movements in myotonic dystrophy: An electrooculographic study. *Invest Ophthalmol*, 3: 314-324
- Anderson, T. J., Jenkins, I. H., Brooks, D. J., Hawken, M. B., Frackowiak, R. S. J., & Kennard, C. (1994). Cortical control of saccades and fixation in man. A PET Study. *Brain*, 117, 1073- 1084.
- Bruce CJ, Goldberg ME, Bushnell MC, Stanton GB. Primate frontal eye fields. II. Physiological and anatomical correlates of electrically evoked eye movements. *J Neurophysiol*. 1985 Sep;54(3):714–734.
- Colby CL, Duhamel JR, Goldberg ME. Oculocentric spatial representation in parietal cortex. *Cereb Cortex*. 1995 Sep-Oct;5(5):470-81.

- Schall, J., D., (1991). Neuronal activity related to visually guided saccades in the frontal eye fields of rhesus monkeys: comparison with supplementary eye fields. *J Neurophysiol* 66: 559-579
- Schlag J, Schlag-Rey M. (1987). Evidence for a supplementary eye field. *Neurophysiol.*, 57: 179-200
- Zee DS, Yamazaki A, Butler PH, and Gucer G.(1981). Effects of ablation of flocculus and paraflocculus of eye movements in primate. *J Neurophysiol* 46: 878-899.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. ΕΡΓΑ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

1.1. ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ 1^ο ΕΡΓΟ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

Η Λέσβος είναι πρωτεύουσα της Χίου	Λάθος
Το 1992 οι ολυμπιακοί αγώνες έγιναν στην Βαρκελώνη	Σωστό
Ο Τσακάλωφ ήταν μέλος της Φιλικής Εταιρείας	Σωστό
Οι γωνίες του τριγώνου έχουν άθροισμα 360μοίρες	Λάθος
Η πρωτεύουσα της Αυστραλίας είναι το Σιδνεϋ	Λάθος
Ο Φλέμινγκ ανακάλυψε την πενικιλίνη	Σωστό
Το ζιου ζιτσου είναι ολυμπιακό άθλημα	Λάθος
Η Λιουμπλιάνα είναι πρωτεύουσα της Σλοβενίας	Σωστό
Η Τρίπολη είναι πρωτεύουσα του νομού Αχαΐας	Λάθος
Το 1992 οι ολυμπιακοί αγώνες έγιναν στο Μόναχο	Λάθος
Ο γερμανικός ποιμενικός είναι το λυκόσκυλο	Σωστό
Το Καρπενήσι είναι πρωτεύουσα της Ευρυτανίας	Σωστό
Το 2ο Παγκόσμιο πόλεμο η Αγγλία υποδουλώθηκε στους Γερμανούς	Λάθος
Ο Αχιλλέας είχε πατέρα του τον Πηλέα	Σωστό
Ο Καβάφης έχει πάρει Νόμπελ Λογοτεχνίας	Λάθος
Ο Μίμης Δομάζος ήταν του Παναθηναϊκού	Σωστό
Το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας είναι ο Παρνασσός	Λάθος
Ο Πάρης έκλεψε την Ελένη από τον Μενέλαο	Σωστό

Μετά τη δικτατορία έγινε πρωθυπουργός ο Παπανδρέου	Λάθος
Ο Ελύτης έχει πάρει Νόμπελ Λογοτεχνίας	Σωστό
Η Βαγδάτη είναι η πρωτεύουσα του Ιράκ	Σωστό
Η Αμοργός ανήκει στις Κυκλάδες	Σωστό
Ο μακάκος ανήκει στην οικογένεια των πιθήκων	Σωστό
Το 2ο Παγκόσμιο πόλεμο η Αγγλία δεν υποδουλώθηκε στους Γερμανούς	Σωστό
Η Αρτεμις ήταν η θεά της Γεωργίας	Λάθος
Το Καρπενήσι είναι πρωτεύουσα της Μεσσηνίας	Λάθος
Η Φωκίωνος Νέγρη βρίσκεται στο Μοναστηράκι	Λάθος
Η Χιροσίμα έγινε στον 1ο Παγκόσμιο πόλεμο	Λάθος
Ο Πύρος Δήμας είναι ολυμπιονίκης στην κολύμβηση	Λάθος
Το Ραμπάτ είναι η πρωτεύουσα του Μαρόκο	Σωστό
Η Αρτεμις ήταν η θεά του κυνηγιού	Σωστό
Ο Νεύτωνας διατύπωσε τον νόμο της παγκόσμιας έλξης	Σωστό
Στην Κύπρο οδηγούν όπως στην Ελλάδα	Λάθος
Η Πάτμος ανήκει στις Κυκλάδες	Λάθος
Στο Γοργοπόταμο νικήσαμε τους Ιταλούς	Λάθος
Ο πρώτος κυβερνήτης της Ελλάδας ήταν ο Καποδίστριας	Σωστό
Η Τρίπολη είναι πρωτεύουσα του νομού Αρκαδίας	Σωστό
Τα θαύματα του κόσμου είναι 7	Σωστό
Ο χρυσός αιώνας του Πραξιτέλη	Λάθος
Το νόμισμα της Ιρλανδίας είναι η λίρα	Λάθος
Η πρωτεύουσα της Αυστραλίας είναι η Καμπέρα	Σωστό

Ο Ριχάρδος ο Λεοντόκαρδος ήταν βασιλιάς της Γαλλίας	Λάθος
Ο Churchill ήταν πρωθυπουργός στον 1ο Παγκόσμιο πόλεμο	Λάθος
Ο Ριχάρδος ο Λεοντόκαρδος ήταν βασιλιάς της Αγγλίας	Σωστό
Ο Κακλαμανάκης είναι ολυμπιονίκης της ιστιοπλοΐας	Σωστό
Η Βουδαπέστη είναι πρωτεύουσα της Βουλγαρίας	Λάθος
Η Χιροσίμα έγινε στον 2ο Παγκόσμιο πόλεμο	Σωστό
Ο Πύρος Δήμας είναι ολυμπιονίκης στην άρση βαρών	Σωστό
Ο μακάκος ανήκει στην οικογένεια των αιλουροειδών	Λάθος
Το κρυφό σχολειό ήταν επί γερμανικής κατοχής	Λάθος
Ο Πάρης έκλεψε την Ελένη από τον Πάτροκλο	Λάθος
Στην Κύπρο οδηγούν ανάποδα	Σωστό
Τα τρωκτικά είναι θηλαστικά	Σωστό
Ο Ρίγκαν ήταν πρόεδρος της Αμερικής	Σωστό
Η Πράγα είναι πρωτεύουσα της Αυστρίας	Λάθος
Η Βηρυτός είναι πρωτεύουσα της Ιορδανίας	Λάθος
Ο Churchill ήταν πρωθυπουργός στον 2ο Παγκόσμιο πόλεμο	Σωστό
Ο Καρυωτάκης πέθανε από πνιγμό	Λάθος
Το νόμισμα της Αγγλίας είναι το Ευρώ	Λάθος
Η Λιουμπλιάνα είναι πρωτεύουσα της Σλοβακίας	Λάθος
Ο Αϊνστάιν πήρε το Νόμπελ για τη θεωρία της σχετικότητας	Λάθος
Ο Αϊνστάιν πήρε το Νόμπελ για την εξήγηση του φωτοηλεκτρικού Φαινομένου	Σωστό
Ο Αχιλλέας είχε πατέρα του το Δία	Λάθος

Το Αμμάν είναι πρωτεύουσα της Ιορδανίας	Σωστό
Το κρυφό σχολειό ήταν επί τουρκοκρατίας	Σωστό
Ο Κακλαμανάκης είναι ολυμπιονίκης του στίβου	Λάθος
Πρωτεύουσα της CA είναι το Σαν Φραντσίσκο	Λάθος
Ο Μίμης Δομάζος ήταν του Ολυμπιακού	Λάθος
Ο Ρήγας Φεραίος ήταν μέλος της Φιλικής Εταιρείας	Λάθος
Η Πράγα είναι πρωτεύουσα της Τσεχίας	Σωστό
Στο Γοργοπόταμο αντισταθήκαμε στους Γερμανούς	Σωστό
Το τρίαθλο είναι ολυμπιακό άθλημα	Σωστό
Ο Νεύτωνας διατύπωσε τον νόμο της πυρηνικής φυσικής	Λάθος
Πρωτεύουσα της CA είναι το Σακραμέντο	Σωστό
Μετά τη δικτατορία έγινε πρωθυπουργός ο Καραμανλής	Σωστό
Ο χρυσός αιώνας του Περικλή	Σωστό
Ο πρώτος κυβερνήτης της Ελλάδας ήταν ο Μεταξάς	Λάθος
Το καράτε είναι ολυμπιακό άθλημα	Λάθος
Η Φωκίωνος Νέγρη βρίσκεται στην Κυψέλη	Σωστό
Το 2ο Παγκόσμιο πόλεμο η Γαλλία υποδουλώθηκε στους Γερμανούς	Σωστό
Η Βαγδάτη είναι η πρωτεύουσα του Ιράν	Λάθος
Η Μυτιλήνη είναι πρωτεύουσα της Λέσβου	Σωστό
Ο Καρυωτάκης πέθανε από πυροβολισμό	Σωστό
Η Βουδαπέστη είναι πρωτεύουσα της Ουγγαρίας	Σωστό
Η Βέρνη είναι πρωτεύουσα της Ελβετίας	Σωστό
Η Αμοργός ανήκει στα Επτάνησα	Λάθος
Η Κέρκυρα ανήκει στα Δωδεκάνησα	Λάθος

Το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας είναι ο Όλυμπος	Σωστό
Ο Φλέμινγκ ανακάλυψε το ράδιο	Λάθος
Το τζούντο είναι ολυμπιακό άθλημα	Σωστό
Ο γερμανικός ποιμενικός είναι το τσομπανόσκυλο	Λάθος
Το νόμισμα της Αγγλίας είναι η λίρα	Σωστό
Η Πάτμος ανήκει στα Δωδεκάνησα	Σωστό
Το νόμισμα της Ιρλανδίας είναι το Ευρώ	Σωστό
Η Βέρνη είναι πρωτεύουσα του Λουξεμβούργου	Λάθος
Το χλώριο ανήκει στα αμέταλλα	Σωστό
Τα θαύματα του κόσμου είναι 9	Λάθος
Οι γωνίες του τριγώνου έχουν άθροισμα 180 μοίρες	Σωστό
Το 2ο Παγκόσμιο πόλεμο η Γαλλία υποδουλώθηκε στους Ιταλούς	Λάθος

1.2. ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΝΟΕΡΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2^ο ΕΡΓΟ
ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

Ο Ανδρέας Παπανδρέου ήταν караφλός	Σωστό
Ο Hulk είναι κίτρινος	Λάθος
Το σήμα του Batman έχει 3 χρώματα	Λάθος
Ο Ντοναλντ Ντακ έχει έναν κόκκινο φιόγκο στο σακάκι του	Σωστό
Η Λέσβος είναι πιο νότια από τη Χίο	Λάθος
Ένας από τους εχθρούς του rac man έχει πράσινο χρώμα	Λάθος
Ο Goofy δεν φοράει καπέλο	Λάθος
Η μπανάνα έχει τριγωνικό σχήμα	Λάθος
Η Ιταλία έχει κλήση προς τα αριστερά	Λάθος
Ο Hulk είναι πράσινος	Σωστό
Το σήμα των Ολυμπιακών Αγώνων έχει 7 κύκλους	Λάθος
Ο κύβος έχει 8 κορυφές	Σωστό
Η σημαία της ΑΕΚ έχει 2 χρώματα	Σωστό
Η παπαρούνα έχει 6 φύλλα	Λάθος
Η Σαντορίνη έχει σχήμα μισοφέγγαρου	Σωστό
Ο Bill Clinton είχε μούσι	Λάθος
Η ουρά της αλεπούς είναι μεγαλύτερη από το πόδι της	Σωστό
Τα λυκόσκυλα έχουν τα αυτιά τους κάτω	Λάθος
Το σήμα της BMW έχει 6 χρώματα	Λάθος
Η Σαντορίνη έχει σχήμα στρογγυλό	Λάθος
Η Λευκάδα βρίσκεται πιο βόρεια από την Ζάκυνθο	Σωστό

Τα κουνέλια έχουν τα μάτια τους μπροστά	Λάθος
Το σήμα της Coca Cola έχει 2 χρώματα	Σωστό
Η σημαία της ΑΕΚ έχει 3 χρώματα	Λάθος
Ο Batman δεν φοράει μπότες	Λάθος
Ο κύβος έχει 10 κορυφές	Λάθος
Τα φύλλα της ελιάς είναι ελλειπτικά	Σωστό
Ο Miki δεν φοράει καπέλο	Σωστό
Ο ρας man είναι κόκκινος	Λάθος
Η Βουγιουκλάκη είχε καστανά μάτια	Σωστό
Ο Batman φοράει μπότες	Σωστό
Ο Ποσειδώνας κρατάει τρίαινα	Σωστό
Οι αρουραίοι έχουν τα μάτια τους μπροστά	Λάθος
Η μπάλα του μπάσκετ είναι μεγαλύτερη από του ποδοσφαίρου	Σωστό
Η στολή του Spiderman έχει 2 χρώματα	Σωστό
Το κεφαλαίο σίγμα έχει 4 γραμμές	Σωστό
Η Ιταλία έχει κλήση προς τα δεξιά	Σωστό
Οι καρχαρίες έχουν οριζόντια ουρά	Λάθος
Ο Asterix είναι μελαχρινός	Λάθος
Η τίγρης έχει ρίγες	Σωστό
Η Λέσβος είναι πιο βόρεια από τη Χίο	Σωστό
Η Εύβοια είναι οριζόντια στη Κρήτη	Λάθος
Η αγγλική σημαία έχει 5 χρώματα	Λάθος
Η Εύβοια είναι κάθετη στη Κρήτη	Σωστό
Στο ρολόι η γωνία των 9 είναι μεγαλύτερη από τη γωνία των 9 και 10	Λάθος

Ο Superman δεν φοράει μάσκα	Σωστό
Ο Miki φοράει καπέλο	Λάθος
Ο ρας man είναι κίτρινος	Σωστό
Το σήμα της Coca Cola έχει 4 χρώματα	Λάθος
Τα δελφίνια έχουν κάθετη ουρά	Λάθος
Τα λυκόσκυλα έχουν όρθια αυτιά	Σωστό
Οι αρουραίοι έχουν τα μάτια τους στο πλάι	Σωστό
Η σημαία της Ιαπωνίας έχει 2 χρώματα	Σωστό
Η Νορβηγία είναι μεγαλύτερη από τη Σουηδία	Λάθος
Το αστέρι του Ισραήλ έχει 5 κορυφές	Λάθος
Η καμηλοπάρδαλη έχει 2 κέρατα	Σωστό
Η αγγλική σημαία έχει τρία χρώματα	Σωστό
Οι γάτες έχουν τα μάτια τους στο πλάι	Λάθος
Η Νέα Ζηλανδία είναι βόρεια της Αυστραλίας	Λάθος
Η φράουλα έχει τριγωνικό σχήμα	Σωστό
Το σήμα της AUDI έχει 3 κύκλους	Λάθος
Το σήμα της AUDI έχει 4 κύκλους	Σωστό
Η παπαρούνα έχει 4 φύλλα	Σωστό
Η καμηλοπάρδαλη δεν έχει κέρατα	Λάθος
Τα δελφίνια έχουν οριζόντια ουρά	Σωστό
Στο ρολόι η γωνία των 9 είναι μικρότερη από τη γωνία των 9 και 10	Σωστό
Ο πύργος του Άιφελ έχει 3 πλευρές	Λάθος
Ο Bill Clinton δεν είχε μούσι	Σωστό
Το σήμα του Batman έχει 2 χρώματα	Σωστό

Το αστέρι του Ισραήλ έχει 6 κορυφές	Σωστό
Η στολή του Spiderman έχει 4 χρώματα	Λάθος
Ο Goofy φοράει καπέλο	Σωστό
Ο Ποσειδώνας φοράει κράνος	Λάθος
Ο πύργος του Άιφελ έχει 4 πλευρές	Σωστό
Το σήμα της BMW έχει 3 χρώματα	Σωστό
Ο Asterix είναι ξανθός	Σωστό
Το κεφαλαίο σίγμα έχει 5 γραμμές	Λάθος
Ο ροζ πάνθηρας έχει μαύρα μάτια	Λάθος
Τα φύλλα της ελιάς είναι στρογγυλά	Λάθος
Η Πελοπόννησος έχει 5 δάχτυλα	Λάθος
Η Λευκάδα βρίσκεται πιο νότια από την Ζάκυνθο	Λάθος
Ο Ανδρέας Παπανδρέου είχε μουστάκι	Λάθος
Οι γάτες έχουν τα μάτια τους μπροστά	Σωστό
Ο Superman φοράει μάσκα	Λάθος
Η ελληνική σημαία έχει 8 οριζόντιες γραμμές	Λάθος
Τα κουνέλια έχουν τα μάτια τους στο πλάι	Σωστό
Ο Ερμής φοράει κράνος με φτερά	Σωστό
Η ουρά της αλεπούς είναι μικρότερη από το πόδι της	Λάθος
Ένας από τους εχθρούς του Pac Man έχει κόκκινο χρώμα	Σωστό
Ο ροζ πάνθηρας έχει κίτρινα μάτια	Σωστό
Το σήμα των Ολυμπιακών Αγώνων έχει 5 κύκλους	Σωστό
Η Νέα Ζηλανδία είναι νότια της Αυστραλίας	Σωστό
Η μπάλα του μπάσκετ είναι μικρότερη από του ποδοσφαίρου	Λάθος

Η λεοπάρδαλη έχει ρίγες	Λάθος
Η ελληνική σημαία έχει 9 οριζόντιες γραμμές	Σωστό
Το άγαλμα της ελευθερίας κρατάει έναν πυρσό	Σωστό
Οι καρχαρίες έχουν κάθετη ουρά	Σωστό
Ο Ντόναλντ Ντακ έχει έναν κίτρινο φιόγκο στο σακάκι του	Λάθος
Η Πελοπόννησος έχει 4 δάχτυλα	Σωστό

2. Η ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΗΣ ΛΟΚΠ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ «ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΑΚΚΑΔΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ»

2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Τέλος, ο πίνακας 4 παρουσιάζει τον μέσο όρο, την διάμεσο και την τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων» στις τρεις ταχύτητες (10° /sec, 20°/sec, 30°/sec) και στις τρεις συνθήκες της ανεξάρτητης μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής» (συνθήκη ελέγχου, νοερής απεικόνισης, γενικών γνώσεων).

Συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων	Αριθμός συμμετεχόντων	Μέσος Όρος	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση
Συνθήκη ελέγχου με ταχύτητα 10° /sec	13	2.28	1.76	1.23
Συνθήκη ελέγχου με ταχύτητα 20°/sec	13	1.43	1.29	.53
Συνθήκη ελέγχου με ταχύτητα 30°/sec	13	1.16	1.05	.63
Συνθήκη νοερής απεικόνισης με ταχύτητα 10° /sec	13	2.39	1.67	2.72
Συνθήκη νοερής απεικόνισης με	13	1.29	1.29	.27

ταχύτητα 20°/sec				
Συνθήκη νοερής απεικόνισης με ταχύτητα 30°/sec	13	.89	.92	.23
Συνθήκη γενικών γνώσεων με ταχύτητα 10° /sec	13	1.67	1.56	.47
Συνθήκη γενικών γνώσεων με ταχύτητα 20°/sec	13	2.81	1.38	5.45
Συνθήκη γενικών γνώσεων με ταχύτητα 30°/sec	13	1.51	1.00	2.20

Πίνακας 4: Μέσος Όρος, Διάμεσος και Τυπική Απόκλιση για την εξαρτημένη μεταβλητή «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων» στις τρεις ταχύτητες & στις τρεις συνθήκες της μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής».

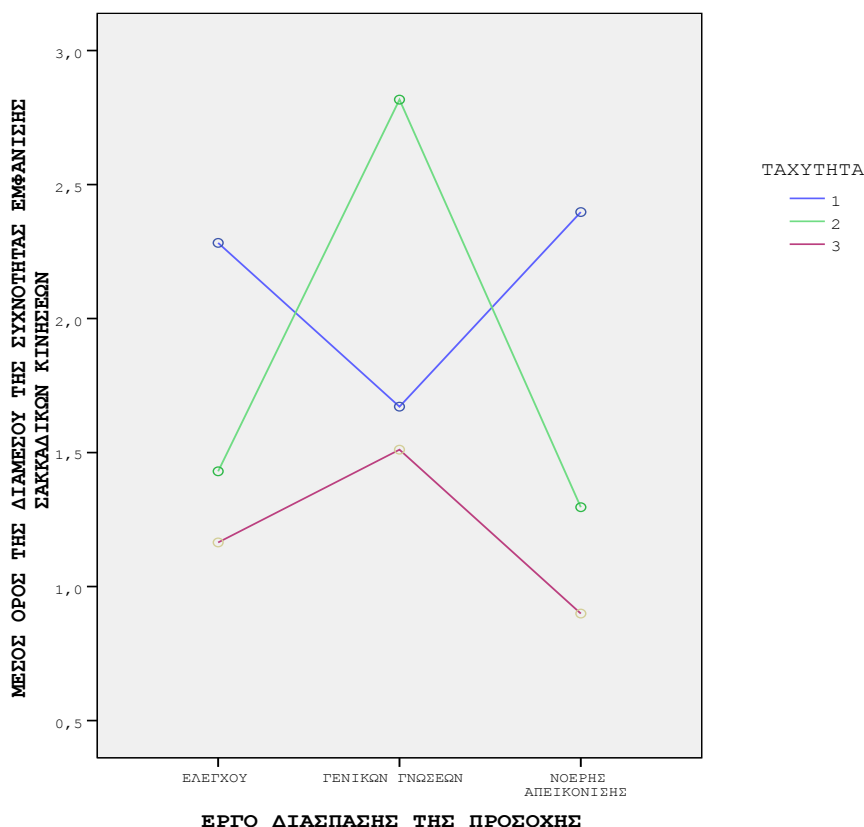
Σε αντίθεση με την εξαρτημένη μεταβλητή «gain», η «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων» φαίνεται να μειώνεται και στις τρεις συνθήκες, όσο αυξάνεται η ταχύτητα (συνθήκη ελέγχου: 10° /sec: 1.76, 20° /sec: 1.29, 30° /sec: 1.05, συνθήκη νοερής απεικόνισης: 10° /sec: 1.67, 20° /sec: 1.29, 30° /sec: .92, συνθήκη γενικών γνώσεων: 10° /sec: 1.56, 20° /sec: 1.38, 30°/sec: 1.00).

Επίσης, εξετάζοντας τις διαμέσους παρατηρούμε ότι η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων για την ταχύτητα 20° /sec παραμένει σταθερή στην συνθήκη ελέγχου και στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και αυξάνεται στην

συνθήκη γενικών γνώσεων (20°/sec: συνθήκη ελέγχου: 1.29, συνθήκη νοερής απεικόνισης: 1.29, συνθήκη γενικών γνώσεων: 1.38), ενώ για την ταχύτητα 30°/sec η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων είναι μικρότερη στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και μεγαλύτερη στην συνθήκη ελέγχου (30°/sec: συνθήκη ελέγχου: 1.05, συνθήκη νοερής απεικόνισης: .92, συνθήκη γενικών γνώσεων: 1.00). Τέλος για την ταχύτητα 10° /sec, παρατηρούμε ότι η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων είναι μεγαλύτερη στην συνθήκη ελέγχου και μικρότερη στην συνθήκη γενικών γνώσεων (10° /sec: συνθήκη ελέγχου: 1.76, συνθήκη νοερής απεικόνισης: 1.67, συνθήκη γενικών γνώσεων: 1.56). Παρόλα αυτά, οι διαφορές είναι αμελητέες και χρειάζεται περαιτέρω στατιστική ανάλυση για να εξετάσουμε την στατιστική σημαντικότητα τους.

2.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΣ ΜΕ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΤΗ «ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΑΚΚΑΔΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ»

Με βάση των παραγοντική ανάλυση διακύμανσης εξαρτημένων μετρήσεων (factorial repeated measures ANOVA) με την εξαρτημένη μεταβλητή «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων» βρέθηκε ότι το έργο διάσπασης της προσοχής δεν επιδρά στην ΛΟΚΠ ($F(2,24)=.28$, n.s.), όπως επίσης και η ταχύτητα ($F(2,24)=2.39$, $p<.001$) και η αλληλεπίδραση του έργου διάσπασης της προσοχής στην ταχύτητα δεν είναι στατιστικά σημαντική ($F(4,48)=1.42$, n.s.) (βλέπε γράφημα 5).



Γράφημα 5: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων, στις τρεις ταχύτητες & για τις τρεις συνθήκες της ανεξάρτητης μεταβλητής «έργο διάσπασης της προσοχής». Ταχύτητα: 1:10°/sec, 2:20°/sec, 3:30°/sec.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε τη διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution) (βλέπε πίνακα 5). Για την ταχύτητα 10° /sec, παρατηρήσαμε ότι η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων ήταν μεγαλύτερη στην συνθήκη νοερής απεικόνισης στους έξι από τους 13 συμμετέχοντες, σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου. Αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική (n.s.). Για την ταχύτητα 20°/sec, επτά από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων και πάλι αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική (n.s.). Τέλος, για την ταχύτητα 30°/sec, μόνο τέσσερις από τους 13 συμμετέχοντες είχαν ψηλότερη συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων στην συνθήκη γενικών νοερής απεικόνισης και αυτή η διαφορά προσεγγίζει την στατιστική σημαντικότητα ($p=.08$).

Όταν συγκρίναμε την συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι και για τις δύο πρώτες ταχύτητες, στην συνθήκη γενικών γνώσεων υπήρχε μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων από ότι στην συνθήκη ελέγχου και αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική (10° /sec: επτά από τους 13 συμμετέχοντες, n.s., 20°/sec: οκτώ από τους 13 συμμετέχοντες, n.s.). Στην ταχύτητα 30°/sec, μόνο 3 από τους 13 συμμετέχοντες εμφάνισαν μεγαλύτερη συχνότητα σακκαδικών κινήσεων στην συνθήκη γενικών γνώσεων και αυτή η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($p < .05$).

Τέλος, όταν συγκρίναμε τη συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων μεταξύ της συνθήκης νοερής απεικόνισης και της συνθήκης γενικών γνώσεων, βρέθηκε ότι στην ταχύτητα 10° /sec, επτά από τους 13 συμμετέχοντες, και στην ταχύτητα 30°/sec, οκτώ από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στην ενδιάμεση ταχύτητα, τέσσερις από τους 13 συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και αυτή η διαφορά προσεγγίζει την στατιστική σημαντικότητα ($p = .08$).

	ΣΕΣΚ συνθήκης ελέγχου < ΣΕΣΚ συνθήκης νοερής απεικόνισης	ΣΕΣΚ συνθήκης ελέγχου < ΣΕΣΚ συνθήκης γενικών γνώσεων	ΣΕΣΚ συνθήκης νοερής απεικόνισης > ΣΕΣΚ συνθήκης γενικών γνώσεων
Ταχύτητα: 10°/sec	6/13 συμμετέχοντες ($p = .20$) ($t(12) = -.14$, n.s.)	7/13 συμμετέχοντες ($p = .20$) ($t(12) = .89$, n.s.)	7/13 συμμετέχοντες ($p = .20$) ($t(12) = 1.66$, n.s.)

Ταχύτητα: 20°/sec	7/13 συμμετέχοντες (p=.20) (t(12)=.78, n.s.)	8/13 συμμετέχοντες (p=.15) (t(12)=.94, n.s.)	4/13 συμμετέχοντες (p=.08) (t(12)=-.88, n.s.)
Ταχύτητα: 30°/sec	4/13 συμμετέχοντες (p=.08) (t(12)=1.87, p=.08)	3/13 συμμετέχοντες (p=.03) (t(12)=.97, n.s.)	8/13 συμμετέχοντες (p=.09) (t(12)=-52, n.s.)

Πίνακας 3: Σύγκριση της συχνότητας εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων μεταξύ των τριών συνθηκών, στις τρεις ταχύτητες, με βάση την διωνυμική συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (binomial probability distribution function). [Εξίσωση: $\text{binorpdf}(X, Y, 0.5)$, όπου X: ο αριθμός των συμμετεχόντων με την παρατηρούμενη συμπεριφορά, Y: ο αριθμός των συμμετεχόντων] και το στατιστικό κριτήριο t εξαρτημένων μετρήσεων (paired sample t-test)

Η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων μας έδωσε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Στην συνθήκη νοερής απεικόνισης και ειδικότερα στις 2 τελευταίες ταχύτητες, η συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων μειώνονταν σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου. Όταν όμως συγκρίναμε ανάμεσα στην συνθήκη ελέγχου και στην συνθήκη γενικών γνώσεων, όπως επίσης και ανάμεσα στη συνθήκη νοερής απεικόνισης και στη συνθήκη γενικών γνώσεων, τα αποτελέσματα συμπίπτουν με αυτά που πήραμε από τη μέτρηση του gain (αύξηση της συχνότητας εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων στη συνθήκη γενικών γνώσεων). Ένας λόγος για τον οποίο θα μπορούσε να συμβαίνει αυτό είναι ότι ίσως η αρχική ανάλυση των δεδομένων να μην πραγματοποιήθηκε σωστά και να επηρέασε τα αποτελέσματά μας. Επίσης θα πρέπει να ξεχωρίσουμε αν οι σακκαδικές κινήσεις που εμφανίζονταν, γίνονται γιατί όταν κινείται το οπτικό ερέθισμα με μεγάλη ταχύτητα ο οφθαλμός δεν μπορεί να δυσκολεύεται να κινηθεί με την ίδια ταχύτητα και δημιουργεί τις γρήγορες και απότομες σακκαδικές κινήσεις για να διορθώσει το πρόβλημα (catch-up saccades). Μία άλλη περίπτωση είναι οι σακκαδικές κινήσεις να είναι κινήσεις, οι οποίες προβλέπουν την θέση του κινούμενου ερεθίσματος (anticipatory

saccades) (Friedman et al., 1995). Με βάση τα αποτελέσματα, χρειάζεται να ελέγξουμε την εγκυρότητα της μεταβλητής «συχνότητα εμφάνισης σακκαδικών κινήσεων» ως μέτρηση για την επίδοση της ΔΟΚΠ.