



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ, ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΙΛΟΛΟΓΙΑΣ

Μαρία Κουτρομάνου

15M07

«Διοφθάλμιος Ανταγωνισμός και Επιδράσεις της Προσοχής»

Διπλωματική εργασία
για τη λήψη μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης από το
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Γνωσιακή Επιστήμη

Συμβουλευτική επιτροπή:
Κωνσταντίνος Μουτούσης, Καθηγητής, ΕΚΠΑ
Ειρήνη Σκαλιώρα, Καθηγήτρια, ΕΚΠΑ
Αργυρώ Βατάκη, Επίκουρη καθηγήτρια, Πάντειος

Αθήνα 2019

Εγκρίνεται η διπλωματική εργασία

Κωνσταντίνος Μουτούσης

Ειρήνη Σκαλιώρα

Αργυρώ Βατάκη

©2019 Μαρία Κουτρομάνου

Διαθέσιμη στο διαδίκτυο με διατήρηση πνευματικών δικαιωμάτων δημιουργού

(άδεια χρήσης τύπου Creative Commons Attribution 4.0 International, CC-BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.el>

Σύνοψη

Έρευνες δείχνουν ότι η προσοχή μπορεί να τροποποιήσει διάφορες παραμέτρους του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Για να διερευνηθεί αν το φαινόμενο συνεχίζει να εξελίσσεται ακόμη και με την πλήρη απουσία της προσοχής, πρέπει να δούμε αν οι αντιληπτικές εναλλαγές παύουν ή αν συνεχίζονται όταν η προσοχή αποσύρεται από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Ενδείξεις ότι ο ανταγωνισμός παύει ή αλλοιώνεται υπό αυτές τις συνθήκες παρέχουν έρευνες με τη χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (Zhang, Jamison, Engel, He και He, 2011), με τη χρήση fMRI (Lee, Blake και Heeger, 2005), αλλά και συμπεριφορικές έρευνες που επιστρατεύουν τη σποραδική εστίαση της προσοχής στα ερεθίσματα και τη χρήση των αποκρίσεων σε αυτές τις περιόδους για να εξαχθεί η δυναμική του ανταγωνισμού στις περιόδους απροσεξίας (Brascamp και Blake, 2012; Cavanagh και Holcombe, 2006), όπως επίσης και έρευνες με τη μέτρηση φυσιολογικών μέτρων (Einhauser και λοιποί, 2008, όπου μετρήθηκε η διάμετρος της κόρης ενώ τα άτομα έκαναν έργα με αμφίσημα οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα). Ωστόσο υπάρχουν και ενδείξεις προς την αντίθετη κατεύθυνση (Leopold και λοιποί, 1995, όπου αξιοποιήθηκε η συγχρονία φάσης του οπτικοκινητικού νυσταγμού; Roeber, Vesper, Schröger και O'Shea, 2011, με τη μέτρηση ERPs; Xu και λοιποί, 2016, όπου μετρήθηκε το ενδογενές οπτικό σήμα). Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να φανεί αν εξακολουθεί να υπάρχει διοφθάλμιος ανταγωνισμός όταν η προσοχή απομακρύνεται πλήρως από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, κάνοντας αναπαραγωγή της έρευνας των Brascamp και Blake (2012). Οι διαφορές έγκεινται στη διάταξη των ερεθισμάτων και στο RSVP που χρησιμοποιήθηκε.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, Κωνσταντίνο Μουτούση, για την υποστήριξη που μου παρείχε τόσο σε συμβουλευτικό επίπεδο όσο και σε ηθικό. Επίσης, ευχαριστώ την κυρία Δάφνη Ρουμάνη που με εισήγαγε σε αυτό το συναρπαστικό θέμα και ήταν αρωγός σε όλη την πορεία της προσπάθειάς μου. Σε αυτό το σημείο της εργασίας, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές μου από το μεταπτυχιακό, οι οποίοι συνέβαλαν στο γνωσιακό μου υπόβαθρο, και κυριότερα στην κυρία Αργυρώ Βατάκη, που μου εμφύσησε την αγάπη για την πολυαισθητηριακή αντίληψη και την ευαισθησία για τους μη ανθρώπινους οργανισμούς στο πεδίο της έρευνας, αλλά και την κυρία Ειρήνη Σκαλιόρα, της οποίας τις υπέροχες διαλέξεις είχα την ευκαιρία να παρακολουθήσω.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις φίλες μου Γεωργία, Ναταλία και Κατερίνα, χωρίς τις οποίες θα ήταν αδύνατη η διαμονή μου στην Αθήνα για τις ανάγκες του μεταπτυχιακού. Ένα μεγάλο ευχαριστώ το αφιερώνω και στη μητέρα και την αδερφή μου, οι οποίες με υποστήριξαν σε όλη την πορεία της εργασίας μου.

Περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ Ι: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. Εισαγωγή.....	4
2. Ιστορική Επισκόπηση του φαινομένου.....	6
3. Ανταγωνισμός ματιών έναντι ανταγωνισμού ερεθισμάτων.....	11
4. Ο ρόλος της προσοχής.....	28
4.1 Η προσοχή στην αρχική επιλογή του ερεθίσματος.....	29
4.2 Η προσοχή στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού.....	32
5. Διοφθάλμιος ανταγωνισμός χωρίς προσοχή.....	46
5.1 Έρευνες μέτρησης της νευρωνικής δραστηριότητας στη διάρκεια μη προσεγμένου ανταγωνισμού.....	47
5.2 Συμπεριφορικές έρευνες για τη μέτρηση της δραστηριότητας στη διάρκεια του ανταγωνισμού με πλήρη απουσία της προσοχής.....	53
5.3 Έρευνες με τη μέτρηση φυσιολογικών μέτρων που προβλέπουν το συνολικό ποσοστό κυριαρχίας του διοφθάλμιου ανταγωνισμού.....	60
5.4 Επίλογος.....	63

ΜΕΡΟΣ ΙΙ: Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ

1. Εισαγωγή.....	66
2. Μέθοδος.....	66
2.1 Συμμετέχοντες.....	66
2.2 Εξοπλισμός και Ερεθίσματα.....	66
2.3 Σχεδιασμός.....	67
2.4 Διαδικασία.....	68
2.5 Ανάλυση.....	69
3. Αποτελέσματα.....	70
3.1.Επιδράσεις του flash suppression.....	70
3.2.Ισχύς του αντιληπτικού σήματος (RMSD).....	76
3.3.Ο χρόνος ως την πρώτη αντιληπτική εναλλαγή.....	81
4. Συζήτηση.....	93

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βλέπουμε τον κόσμο αβίαστα και κατασκευάζουμε μία ενιαία και συνεκτική ερμηνεία, παρόλο που το περιβάλλον μας είναι μεταβαλλόμενο και σύνθετο. Για παράδειγμα, καθώς κινούμαστε στο περιβάλλον, αλλάζει η φωτεινότητα, το μέγεθος και το σχήμα των αντικειμένων, όμως εμείς δεν αντιλαμβανόμαστε αλλαγές στα ίδια τα αντικείμενα. Είτε κοιτάζουμε ένα γαλάζιο φλιτζάνι σε συνθήκες φυσικού φωτισμού, είτε σε συνθήκες φωτισμού δωματίου, το αντιλαμβανόμαστε σαν να έχει την ίδια απόχρωση αν και η ένταση του φωτός που φτάνει στον αμφιβληστροειδή είναι πολύ διαφορετική στις δύο περιπτώσεις (Hatfield, 2002).

Παρόλο λοιπόν που στο επίπεδο της εισροής στον αμφιβληστροειδή «όλα τα κομμάτια του πάζλ δεν είναι παρόντα» (Alais & Blake, 2015), το αντιληπτικό μας σύστημα εξάγει αξιόπιστα συμπεράσματα για τις ιδιότητες του περιβάλλοντος κόσμου, στηριζόμενο σε δομές που έχουν αποκτηθεί μέσω της εξέλιξης και σε γνώσεις που έχουν συσσωρευτεί από την εμπειρία της αλληλεπίδρασής μας με το εξωτερικό περιβάλλον, προκειμένου να κάνει ασυνείδητους συμπερασμούς (von Helmholtz, 1925).

Επιπλέον, παρόλο που τα μάτια βλέπουν τον κόσμο από δύο ελαφρώς διαφορετικές γωνίες λόγω της θέσης τους στο κρανίο, η όραση δεν χαρακτηρίζεται από διπλοπία. Αυτές οι αξιοθαύμαστες ικανότητες υποστηρίζονται βέβαια από τον εγκέφαλο, που δεν έχει χαρακτηριστεί άδικα ως μία από τις συνθετότερες δομές στο σύμπαν (Thompson, 1985). Ωστόσο, υπάρχουν φορές που ο εγκέφαλος αδυνατεί να κατασκευάσει μία συνεκτική ερμηνεία από αυτό που βλέπει. Όταν κοιτάζουμε εικόνες όπως η σκάλα του Schroeder (βλέπε *Εικόνα 1.*), εναλλάσσονται στην αντίληψη φάσεις που κυριαρχεί η εντύπωση ότι η σκάλα ξεκινάει από πάνω αριστερά και οδηγεί κάτω δεξιά, με φάσεις που αντιλαμβανόμαστε ότι κρέμεται από την οροφή (Alais & Blake, 2015). Τέτοιου τύπου εικόνες είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε να υπάρχει αμφισημία (π.χ. ως προς την προοπτική στην περίπτωση της σκάλας του Schroeder αλλά και στην περίπτωση του κύβου του Necker) και να υποστηρίζονται δύο ερμηνείες. Σε άλλες εικόνες, η αμφισημία μπορεί να αφορά τη σχέση μορφής-φόντου, όπως στην πλάνη βάζου-προσώπων του Edgar Rubin (1915), ή στο αντικείμενο που απεικονίζεται, όπως στην Εικόνα 1C όπου μπορεί κανείς να διακρίνει τόσο μια νεαρή κοπέλα όσο και μια ηλικιωμένη κυρία (βλέπε *Εικόνα 1.* σε Leopold & Logothetis, 1999).

Ένα ακόμη εντυπωσιακότερο παράδειγμα, είναι ο *διοφθάλμιος ανταγωνισμός*. Για τη βίωσή του, είναι απαραίτητη η χρήση συσκευών όπως το στερεοσκόπιο (Carmel, Arcaro, Kastner, & Hasson, 2010), με τις οποίες μπορεί να γίνει ανεξάρτητος χειρισμός των εικόνων σε κάθε μάτι. Οι συνθήκες πρόκλησης του διοφθάλμιου ανταγωνισμού είναι πολύ συγκεκριμένες, καθώς οι εικόνες πρέπει να είναι επαρκώς διαφορετικές, όπου η επάρκεια σχετίζεται με διαφορά στο χρώμα, στη φωτεινότητα, στην πόλωση της αντίθεσης, στη μορφή, στο μέγεθος και στην ταχύτητα κίνησης (Blake, 2001) και να προβάλλονται σε αντίστοιχες περιοχές των

αμφιβληστροειδών. Υπό αυτές τις συνθήκες, δίνεται η εντύπωση ότι δύο διαφορετικά αντικείμενα καταλαμβάνουν την ίδια θέση στον χώρο, την ίδια χρονική στιγμή. Μετά από μία πρώτη απόπειρα συγχώνευσης των εικόνων, που έχει κυριαρχήσει στη βιβλιογραφία ως «περίοδος εσφαλμένης συγχώνευσης» και διαρκεί περίπου για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου, ξεκινούν οι αντιληπτικές εναλλαγές, οπότε και περίοδοι στις οποίες είναι κυρίαρχη η εικόνα του ενός ματιού εναλλάσσονται με περιόδους στις οποίες κυριαρχεί η εικόνα του άλλου ματιού, εναλλαγές που συνεχίζονται για όσο είναι κανείς αντιμέτωπος με αυτά τα ερεθίσματα (Blake & O'Shea, 2009).

Το κοινό χαρακτηριστικό του διοφθάλμιου ανταγωνισμού και των άλλων μορφών πολυσταθούς αντίληψης είναι ότι περιλαμβάνουν αντιληπτικές εναλλαγές, αν και ο λόγος πρόκλησης αυτών των εναλλαγών παραμένει άγνωστος. Οι Blake και Wilson (2011) αναφέρουν ότι σε όλη τη δεκαετία του 1980, κυριαρχούσε η παραδοσιακή αντίληψη, σύμφωνα με την οποία ο ανταγωνισμός συνέβαινε ανάμεσα σε μονοφθάλμιες νευρωνικές αναπαραστάσεις των ανόμοιων ερεθισμάτων και κατ' επέκταση ότι οι εναλλαγές οφείλονταν σε νευρωνικά γεγονότα σε κατώτερα επίπεδα του οπτικού συστήματος, όπως η V1(πρωτοταγής οπτικός φλοιός) ή ο LGN (έξω γονατώδης πυρήνας) (Lehky & Maunsell, 1996). Όμως, στα τέλη της δεκαετίας του '90, δημοσιεύτηκε μία επισκόπηση, που υποστήριξε ότι οι εναλλαγές προκαλούνται από ανώτερες μη-αισθητηριακές περιοχές, τόσο στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό όσο και στις λοιπές μορφές πολυσταθούς αντίληψης (Leopold & Logothetis, 1999). Αυτή η προσέγγιση, έχει τις βάσεις της στον Helmholtz και στην ακραία της μορφή, θα μπορούσαμε να πούμε ότι άπτεται της θεώρησης ότι η όραση είναι στενά συνυφασμένη με ανώτερες γνωσιακές λειτουργίες (Newen, & Vetter, 2017).

Ευθύς εξαρχής λοιπόν, θα πρέπει να τονιστεί ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός ως φαινόμενο, προσεγγίζεται μέσα από δύο σχολές σκέψης : σύμφωνα με την πρώτη σχολή, διακρίνεται από άλλες μορφές αντιληπτικής αμφισημίας, καθώς περιλαμβάνει το στοιχείο της διχοπτικής διέγερσης και αποδίδεται σε αμοιβαία καταστολή νευρώνων σε πρώιμα στάδια της οπτικής επεξεργασίας, που εμπλέκονται στη στερεοσκοπική όραση (Blake, 1989). Σύμφωνα με τη δεύτερη σχολή σκέψης, ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός συνιστά ένα παράδειγμα του γενικότερου τρόπου λειτουργίας του αντιληπτικού μας συστήματος, κύρια συνιστώσα του οποίου είναι η ερμηνεία αμφίσημων εισροών (Leopold & Logothetis, 1999). Υπό αυτό το πρίσμα, παύει να αποτελεί εργαστηριακό φαινόμενο (βλέπε Clifford, 2006· Fox, 2005) και ειδώνεται ως το κατάλληλο εργαλείο για την απομόνωση και εξέταση των εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με την προσοχή και την επιλογή (Alais & Blake, 2004). Πράγματι η επιλογή ενός ερεθίσματος για πρόσβαση στη συνείδηση, που συμβαίνει στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, και η επιλογή ενός ερεθίσματος ανάμεσα σε ανταγωνιστικά για ενισχυμένη επεξεργασία, ακόμη και δαισθητικά παρουσιάζουν στενή σχέση (Leopold & Logothetis, 1999). Επιπλέον, τόσο ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός (Blake & Logothetis, 2002· Tong, Meng, & Blake, 2006) όσο και η προσοχή, εμπλέκουν νευρωνικά γεγονότα σε πολλά επίπεδα της οπτικής οδού, ομοιότητα που πιθανά υποδηλώνει ισχυρές αλληλεπιδράσεις (Leopold

& Logothetis, 1999). Ωστόσο, το αν η προσοχή είναι απαραίτητη για να συμβούν οι αντιληπτικές εναλλαγές, το ορόσημο του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, ή αν απλά επιδρά στο φαινόμενο, που ως αντιληπτικό φαινόμενο δεν θα μπορούσε να είναι γνωσιακά αδιαπέραστο (Pylyshin, 1999), είναι ακόμη υπό συζήτηση.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός αναφέρθηκε για πρώτη φορά ήδη από τον 16^ο αιώνα, όταν ο Giambattista della Porta (1593) τοποθέτησε ένα διαχωριστικό ανάμεσα στα μάτια και προσπάθησε να διαβάσει ταυτόχρονα τις σελίδες ενός βιβλίου, παρατηρώντας ότι του ήταν αδύνατο (Wade, 1998). Όμως ο πρώτος που περιέγραψε συστηματικά το φαινόμενο ήταν ο Sir Charles Wheatstone, ο οποίος εφηύρε το στερεοσκόπιο¹, μία συσκευή που επέτρεπε τον ανεξάρτητο χειρισμό των εικόνων στα μάτια, προκειμένου να εξετάσει τη στερεοσκοπική αντίληψη². Οι παρατηρήσεις του για το φαινόμενο ήταν ιδιαίτερα οξυδερκείς, καθώς περιέγραψε τόσο την καθολική καταστολή του ενός ερεθίσματος, όσο και τις εναλλαγές της κυριαρχίας και τον χωρικό κατακερματισμό των εικόνων στη διάρκεια των μεταβατικών περιόδων. Κυριότερα, ο Wheatstone παρατήρησε ότι δεν ήταν σε θέση να προκαλέσει εσκεμμένα την κυριαρχία της μίας εικόνας έναντι της άλλης: οι αντιληπτικές εναλλαγές συνέβαιναν αθέλητα και σε απρόβλεπτα χρονικά διαστήματα. Η παρουσίαση του φαινομένου από τον Wheatstone, υποκίνησε το ενδιαφέρον και άλλων γιγάντων της επιστημονικής σκέψης, όπως οι Hermann von Helmholtz, William James και Sir Charles Sherrington, οι οποίοι αντίθετα, εξίσωσαν τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό με την προσοχή (Blake & Logothetis, 2002).

Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση του Helmholtz (1925), ο οποίος θεωρούσε ότι μπορούσε να διατηρήσει στην αντίληψή του μία εικόνα επ' αόριστο, αρκεί να επικέντρωνε την προσοχή του σε αυτή, μετρώντας λόγω χάρη της γραμμής της. Υπό αυτή τη σκοπιά, βάσει της οποίας η επιλογή μίας εικόνας για κυριαρχία γίνεται από τον παρατηρητή και όχι αυτόματα, οι μηχανισμοί που ευθύνονται γι' αυτή την επιλογή ανάγονται σε ανώτερο επίπεδο. Αυτός ήταν και ο λόγος που ο Helmholtz πρότεινε ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός είναι φαινόμενο ανώτερου επιπέδου, ή αλλιώς «ψυχική δράση» (psychic act).

Κριτική σε αυτό άσκησε ο κύριος ανταγωνιστής του, ο Hering (1964) που έδωσε μία περισσότερο φυσιολογική (physiological) και όχι ψυχολογική ερμηνεία του φαινομένου, υποστηρίζοντας ότι ο φαινομενικός έλεγχος που ασκούσε ο

¹ Η συσκευή αυτή περιγράφεται στο άρθρο Charles Wheatstone, Contributions to the Physiology of Vision, -Part first. On some remarkable, and hitherto unobserved, Phenomena of Binocular Vision, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1838, σελ. 374-375.

² Η στερέοψη ορίζεται ως η αντίληψη του βάθους, για την κατασκευή της οποίας αξιοποιείται –σε άτομα με φυσιολογική διοφθάλμια όραση– η διαφορά των εικόνων που προέρχονται από τα δύο μάτια, λόγω της θέσης τους στο κρανίο.

Helmholtz στις εναλλαγές οφειλόταν στις οφθαλμοκινήσεις (Miller, 2013). Έρευνα στην άποψη του Hering, έδωσε η έρευνα του Breese (1899), που έδειξε ότι οι εσκεμμένες οφθαλμοκινήσεις μπορούσαν να προάγουν το ποσοστό συνολικής κυριαρχίας στον χρόνο.

Ο Breese (1899), διεξήγαγε πειράματα στα οποία οι συμμετέχοντες έβλεπαν διχοπτικά ένα κόκκινο και ένα πράσινο πεδίο, με την οδηγία να διατηρήσουν το ένα από τα δύο στην κυριαρχία για όσο το δυνατόν περισσότερο. Βρήκε ότι μπορούσαν να παρατείνουν την κυριαρχία, χωρίς όμως να αλλάζει ο μέσος αριθμός των εναλλαγών και ότι σε αυτή τους την προσπάθεια έκαναν έντονες οφθαλμοκινήσεις. Υποπευδόμενος ότι ρόλο στην παράταση της κυριαρχίας έπαιζαν οι οφθαλμοκινήσεις, επανέλαβε το πείραμα στον εαυτό του, κρατώντας το βλέμμα σταθερό ενόσω κοίταζε τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα και διαπίστωσε ότι αδυνατούσε να διατηρήσει την κυριαρχία της μίας εικόνας. Έτσι, συμπέρανε όπως και ο Hering πριν από αυτόν, ότι οι οφθαλμοκινήσεις και όχι ο ηθελημένος έλεγχος, ευθύνονταν για τη διατήρηση της κυριαρχίας (Paffen & Alais, 2011).

Πέρα από την έρευνά του για την αλληλεπίδραση της προσοχής με οφθαλμικούς παράγοντες στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, η έρευνα του Breese (1899) είναι αξιοσημείωτη και για έναν ακόμη λόγο: έδειξε ότι η διεργασία που ευθύνεται για την επιλογή (δηλ. για τη συνολική κυριαρχία μίας εικόνας), είναι διακριτή από εκείνη που ευθύνεται για τις εναλλαγές (Alais & Blake, 2004), μέσω του χειρισμού κατώτερων παραγόντων. Συγκεκριμένα, παρατήρησε ότι όταν όλες οι παράμετροι ήταν ίσες για τις δύο εικόνες, καθεμιά κυριαρχούσε για το μισό του χρόνου θέασης. Όμως, η αύξηση της διακριτότητας των γραμμών και στα δύο ερεθίσματα (εν προκειμένω gratings), αύξανε τον ρυθμό εναλλαγών χωρίς να αυξάνει το συνολικό ποσοστό του χρόνου για το οποίο ήταν κυρίαρχες. Επιπλέον, παρατήρησε και περιέγραψε τις αντιληπτικές εναλλαγές που συμβαίνουν όταν παρουσιάζονται στο ίδιο μάτι δύο ανταγωνιστικά gratings ως προς το χρώμα, ένα φαινόμενο που καθιερώθηκε έκτοτε στη βιβλιογραφία ως «μονοφθάλμιος ανταγωνισμός», για το οποίο έχει διατυπωθεί η άποψη ότι στηρίζεται στους ίδιους νευρωνικούς μηχανισμούς με τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό και με τις άλλες περιπτώσεις πολυσταθούς αντίληψης (Andrew & Purves, 1997), με την οποία βέβαια δεν συμφωνούν όλοι (Blake, 2001). Εν κατακλείδι, η δουλειά του Breese ήταν πολύ σημαντική, γιατί έδειξε ότι τόσο τα χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου, όσο και «ανώτερες» ή κεντρικές διεργασίες (Walker, 1978), παίζουν ρόλο στην κυριαρχία του ερεθίσματος.

Στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα, το ενδιαφέρον για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό άρχισε να φθίνει, ίσως λόγω της ανόδου του συμπεριφορισμού, ενώ αντίστοιχη τάση παρατηρήθηκε και στην έρευνα που αφορούσε την προσοχή (Alais & Blake, 2004). Ωστόσο, η έρευνα του Breese (1899) είχε βάλει τους σπόρους για την εξέταση της συμβολής περιφερειακών παραγόντων στη μεσολάβηση της σχέσης διοφθάλμιου ανταγωνισμού και προσοχής, πλαίσιο που συμφωνούσε με τη λιγότερο γνωσιακή εξέταση του φαινομένου. Έτσι, ακόμη και σε αυτή την περίοδο

δημοσιεύονται έρευνες που εξετάζουν μία τέτοιου τύπου συμβολή, όπως για παράδειγμα, των McDougall (1903) και George (1936), οι οποίοι παρέλυσαν τους οφθαλμικούς μύες του ενός ματιού και βρήκαν ότι αυτό μείωνε τον ηθελημένο έλεγχο στην αντιληπτική κυριαρχία, χωρίς όμως να τον καταργεί. Άλλος περιφερειακός παράγοντας που εξετάστηκε ως πιθανός παράγοντας σύγχυσης στο ρόλο του ηθελημένου ελέγχου στις αντιληπτικές εναλλαγές, ήταν το βλεφαρίσμα, το οποίο βρέθηκε να μην επιδρά σημαντικά στη μεσολάβηση του ηθελημένου ελέγχου (Washburn & Gillette, 1933· Bárány & Halldén, 1947· Meredith & Meredith, 1962).

Παρόλο όμως που οι οφθαλμοκινήσεις και τα βλεφαρίσματα, δεν φαίνεται να είναι απαραίτητα για να εκδηλωθούν οι αντιληπτικές εναλλαγές, οι οποίες φαίνεται να ενέχουν ένα γνωσιακό στοιχείο, υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στις οφθαλμοκινήσεις και τις αντιληπτικές εναλλαγές. Μία τέτοια έρευνα ήταν εκείνη των van Dam και van Ee, (2006), οι οποίοι εξέτασαν αν ο ηθελημένος έλεγχος ασκείται από τις οφθαλμοκινήσεις, χρησιμοποιώντας τόσο ερεθίσματα αντιληπτικού ανταγωνισμού (ανταγωνισμός slant και κύβος του Necker) όσο και ερεθίσματα διοφθάλμιου ανταγωνισμού (ερεθίσματα με gratings και με σπίτια/πρόσωπα), σε μία συνθήκη φυσικής θέασης στην οποία οι συμμετέχοντες δεν καλούνταν να επηρεάσουν την πορεία του ανταγωνισμού και σε μια συνθήκη διατήρησης του ενός από τα δύο ερεθίσματα. Η βασική υπόθεση ήταν ότι αν παρουσιάζονταν διαφορετικά μοτίβα συσχέτισης ανάμεσα στις σακκαδικές και στις αντιληπτικές εναλλαγές στις δύο συνθήκες, τότε ο ηθελημένος έλεγχος θα μπορούσε να ασκείται αλλάζοντας τα μοτίβα συσχέτισης.

Βρέθηκε ότι οι αυξήσεις και οι μειώσεις στην πιθανότητα σακκαδικών συνέβαιναν στο ίδιο χρονικό σημείο από το πάτημα του κουμπιού στις διαφορετικές συνθήκες ελέγχου, υποδηλώνοντας έτσι ότι ο ηθελημένος έλεγχος δεν ασκείται προκαλώντας διαφορετικό μοτίβο συσχέτισης στις συνθήκες. Παράλληλα όμως, δείχτηκε ότι για τα παραδείγματα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού υπήρχε ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στις σακκαδικές και στις αντιληπτικές εναλλαγές τη στιγμή της εναλλαγής, αναδεικνύοντας τον ενεργητικό ρόλο των μεν στις δε. Αντίθετα, για τον αντιληπτικό ανταγωνισμό βρέθηκε ότι η θετική συσχέτιση ήταν είτε πολύ ασθενής είτε απύσχα, υποδηλώνοντας ότι οι σακκαδικές επηρεάζουν την οπτική επεξεργασία σε πρώιμα επίπεδα αλλά όχι απαραίτητα σε ύστερα επίπεδα. Επιπλέον, η ανάλυση των χωρικών θέσεων εστίασης τη στιγμή των εναλλαγών, έδειξε ότι στη συνθήκη φυσικής θέασης, η θέση των ματιών ήταν ελαφρά διαφορετική για τα δύο πιθανά αντιλήμματα, όμως αυτές οι αλλαγές στις θέσεις εστίασης, συνέβαιναν μετά την εναλλαγή, πράγμα που σημαίνει ότι το αντίλημμα ωθεί μια συγκεκριμένη θέση εστίασης, ενώ δεν ισχύει η αντίθετη σχέση αιτιότητας.

Τη δεκαετία του '50 και του '60, η ζυγαριά άρχισε να κλίνει υπέρ πιο γνωσιακών ερμηνειών του φαινομένου καθώς κυριαρχούσε το πρίσμα των ψυχολόγων της σχολής New Look, που επιδίωκαν να δείξουν τις επιδράσεις της προσωπικότητας και των κοινωνικών επιρροών στην αντίληψη (Blake & O'Shea, 2009). Σε διαμετρικά αντίθετη κατεύθυνση κινήθηκε η δουλειά του Levelt (1965), ο

οποίος στο μονόγραφο του, ασχολήθηκε με το ερώτημα του τι προκαλεί την αντιληπτική σύγκρουση στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Η απάντηση που έδωσε ήταν ότι αυτό που ανταγωνίζεται είναι τα θεμελιακά στοιχεία της εικόνας, όπως η αντίθεση της φωτεινότητας και η πυκνότητα του περιγράμματος, ανάγοντας έτσι τον ανταγωνισμό σε φαινόμενο κατώτερου επιπέδου. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η έρευνά του είχε καθοδηγηθεί εν μέρει και από τα ευρήματα των Hubel και Wiesel (1962) για τις αποκρίσεις νευρώνων που εντοπίζονταν σε πρώιμες περιοχές του οπτικού φλοιού, στην αντίθεση και στον προσανατολισμό. Πάντως η καίρια συμβολή του μονογράφου του, ήταν ότι τεκμηρίωσε αυτή του τη θέση με μια σειρά φορμαλιστικών κανόνων για το φαινόμενο, οι οποίοι σχηματίστηκαν γύρω από την έννοια της ισχύος του ερεθίσματος, όπου η ισχύς καθοριζόταν από βασικούς παράγοντες όπως η φωτεινότητα, η αντίθεση, το περίγραμμα και η πυκνότητα (Blake & Logothetis, 2002). Οι κανόνες που παρέθεσε ήταν οι εξής:

- 1) Αν αυξηθεί η ισχύς του ερεθίσματος σε ένα μάτι, θα αυξηθεί και η συνολική του επικράτηση.
- 2) Αυτή η αύξηση δεν θα επηρεάσει τη μέση διάρκεια κυριαρχίας του (dominance), αλλά θα μειώσει τη μέση διάρκεια κυριαρχίας του άλλου ερεθίσματος.
- 3) Αν αυξηθεί η ένταση του ερεθίσματος στο ένα μάτι, θα αυξήσει τον ρυθμό των αντιληπτικών εναλλαγών και
- 4) Το ίδιο θα ισχύει όταν αυξηθεί η ένταση των ερεθισμάτων και στα δύο μάτια (Levelt, 1965).

Παρόλο που οι κανόνες έχουν αναθεωρηθεί με την πρόοδο της έρευνας στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό (Brascamp, Klink, & Levelt 2015), το μονόγραφο του Levelt αποτέλεσε ορόσημο στην ιστορία του φαινομένου, καθώς έστρεψε το ενδιαφέρον στους κατώτερους παράγοντες που επιδρούν σε αυτό. Επιπλέον περιέγραψε τον στοχαστικό χαρακτήρα των μεμονωμένων περιόδων κυριαρχίας, μέσω της γάμμα κατανομής, (η χρήση της οποίας έχει γίνει και για να επαληθευτεί η βίωση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού από πρωτεύοντα, όπως πιθήκους, βλέπε: Myerson, Miezins, & Allman, 1981· Logothetis, 1998), και δανείστηκε την ιδέα της αμοιβαίας καταστολής από τον χώρο της νευροφυσιολογίας για να εξηγήσει πώς η μία εικόνα πετυχαίνει την κυριαρχία έναντι της άλλης (Alais & Blake, 2015).

Η εναλλαγή της κυριαρχίας εξηγείται αν απλά προστεθεί στο μοντέλο η νευρωνική προσαρμογή: ο νευρωνικός πληθυσμός που κωδικοποιεί την κυρίαρχη εικόνα σταδιακά υφίσταται κόπωση και μειώνεται η ανασταλτική του δράση στον πληθυσμό που κωδικοποιεί την άλλη εικόνα, ενώ παράλληλα εκείνος ανακτά την ισχύ του από την προσαρμογή που είχε δεχτεί όταν κυριαρχούσε η άλλη εικόνα. Σε κάποιο σημείο, οι νευρωνικές αποκρίσεις αγγίζουν την ισορροπία, οπότε και η παραμικρή αλλαγή, είτε εξωτερική (π.χ. οφθαλμοκινήσεις ή βλεφαρίσματα) είτε εσωτερική (π.χ. μετατόπιση της προσοχής ή νευρωνικός θόρυβος), αρκεί για να αλλάξει η ισορροπία ανάμεσα στις αποκρίσεις των πληθυσμών. Για περισσότερες πληροφορίες σε σχέση με την επίδραση της νευρωνικής προσαρμογής και την αλληλεπίδρασή της με άλλους

παράγοντες στα μοντέλα του ανταγωνισμού, ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην ανασκόπηση των Roumani και Moutoussis (2012).

Σε παρόμοια κατεύθυνση κινήθηκε και η έρευνα του Fox που ενδιαφέρθηκε να εξετάσει τι συμβαίνει κατά την καταστολή, χρησιμοποιώντας μία μέθοδο που ξέφευγε από την υποκειμενικότητα των φαινομενολογικών αναφορών (Alais & Blake, 2004). Η μέθοδος ελέγχου που ανέπτυξε (probe method) περιλάμβανε την εισαγωγή ενός ερεθίσματος ελέγχου (π.χ. μιας κουκίδας φωτός, βλέπε Wales και Fox, 1970) πάνω σε ένα από τα ανταγωνιζόμενα ερεθίσματα, είτε στη φάση κυριαρχίας είτε στη φάση καταστολής και τη μέτρηση της ανιχνευσιμότητάς του σε αυτές τις δύο φάσεις (Fox & Check, 1968· Blake & Fox, 1974a). Το ερέθισμα ελέγχου είτε διέφερε σημαντικά από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα (π.χ. κινούμενο στους Fox & Check, 1968), είτε είχε μικρές διαφορές σε χαρακτηριστικά όπως η χωρική συχνότητα και ο προσανατολισμός (Blake & Fox, 1974b) και το μέτρο ήταν οι χρόνοι απόκρισης που απαιτούνταν για τη διάκριση των διαφορών. Το εύρημα που προέκυψε από όλες αυτές τις έρευνες, ήταν ότι παρά τη φαινομενολογική εξαφάνιση του ερεθίσματος στη διάρκεια της καταστολής, η οπτική ευαισθησία μειωνόταν σε μέτριο βαθμό (σπάνια περισσότερο από 0,3 μονάδες log), ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος που άλλαζαν.

Όλα τα παραπάνω, συνηγορούν υπέρ της γενικότητας ή μη επιλεκτικότητας της καταστολής, καθώς όμοια επίπεδα καταστολής αναδύονταν σε τόσο διαφορετικές συνθήκες. Η έννοια της γενικότητας της καταστολής είναι πολύ σημαντική, καθώς σε θεωρητικό επίπεδο υποδεικνύει ότι επιδρά στην περιοχή του ματιού που καταστέλλεται και όχι στο ερέθισμα, πράγμα που σημαίνει - τουλάχιστον για τους Blake & Fox (1974a) - ότι ανώτερες ή κεντρικές διεργασίες όπως η προσοχή, αποκλείονται από τις διεργασίες που σχετίζονται με τον ανταγωνισμό, τουλάχιστον μετά την αρχική φάση επιλογής του ματιού που θα υποστεί καταστολή (Ρουμάνη, 2010).

Βέβαια, η καθολική απώλεια σε αντιληπτικό επίπεδο, αντιστοιχεί σε μέτρια απώλεια της ευαισθησίας, με την έννοια ότι η καταστολή μειώνει σαν ένα φίλτρο τις εισροές στο κατεσταλμένο μάτι σε έναν βαθμό που είναι ικανός να μειώσει αλλά όχι να καταργήσει την οπτική επίδοση (Blake & Logothetis, 2002), πράγμα που μετατρέπεται σε ερμηνευτικό παράδοξο. Το γιατί συμβαίνει αυτή η μείωση, είναι ακόμη υπό διερεύνηση, όμως νεότερες έρευνες έχουν κάνει βήματα προς την απάντηση αυτού του ερωτήματος. Για παράδειγμα, οι Nguyen, Freeman και Alais, (2003) έδειξαν ότι το βάθος της καταστολής, δηλαδή ο λόγος των ουδών ανίχνευσης της διαφοράς στη συνθήκη κυριαρχίας προς τη συνθήκη καταστολής, αυξάνεται με ερεθίσματα αυξημένης συνθετότητας (π.χ. παρασυρόμενα gratings και περιστρεφόμενες σπείρες), στο εύρος των 0,3 – 0,7 μονάδων log. Οι Alais & Melcher (2007), εξέτασαν ένα αντίστοιχο ερώτημα, διερευνώντας αν η καταστολή είχε μεγαλύτερο βάθος για φυσικές εικόνες (δηλ. σπίτια, πρόσωπα, αυτοκίνητα) από ότι για gratings, πράγμα που έδειξαν, όπως επίσης και ότι το ανακάτεμα της φάσης των ανταγωνιστικών φυσικών εικόνων μείωνε την καταστολή, εξισώνοντάς την με το

επίπεδο που είχε όταν τα άτομα έβλεπαν ανταγωνιστικά gratings. Αυτό το εύρημα υποδηλώνει ότι η αύξηση του βάθους καταστολής για τις φυσικές εικόνες δεν ωθούνταν από την ευρυζωνική φύση των εικόνων, αλλά από το γεγονός ότι αναπαριστούσαν συγκεκριμένα οπτικά αντικείμενα που διέγειραν τις εξωταινωτές οπτικές περιοχές. Αυτές οι έρευνες, θα μπορούσαν να υποδεικνύουν ότι ενώ η απώλεια της ευαισθησίας αφορά κατώτερες οπτικές περιοχές όπως η V1, η αντιληπτική απώλεια συμβαίνει σε ανώτερες, εξωταινωτές οπτικές περιοχές (Alais, 2011).

Επιπλέον, έρευνες όπως αυτή των Stuit, Cass, Paffen και Alais (2009), δείχνουν ότι η καταστολή, εκτός από την καθολικότητά της ως προς το μάτι, ενέχει και ένα στοιχείο που σχετίζεται με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά του ερεθίσματος. Σε αυτή την έρευνα εξετάστηκε αν η καταστολή μπορούσε να είναι συντονισμένη σε ένα συγκεκριμένο, κατεσταλμένο συστατικό, εύρημα που θα ισχυροποιούσε τη θέση ότι η καταστολή σχετίζεται με κατώτερους παράγοντες. Για την εξέταση αυτού του ερωτήματος, παρουσιάστηκαν ορθογώνια gratings και πάνω σε ένα από αυτά ένα μικρό grating ελέγχου, το οποίο ήταν είτε γερμένο στη φορά του ρολογιού, είτε γερμένο στην αντίθετη φορά, συγκριτικά με τον προσανατολισμό του grating του ελεγχόμενου ματιού. Η κεντρική υπόθεση ήταν ότι αν η καταστολή δεν ήταν συντονισμένη, τότε το βάθος της θα έπρεπε να είναι σταθερό για όλες τις διαφορές γωνίας ανάμεσα στο ανταγωνιστικό grating και στο grating ελέγχου. Βρέθηκε ότι η καταστολή ήταν ισχυρότερη για μικρές γωνίες ως προς το ανταγωνιστικό grating, υποστηρίζοντας έτσι ότι η καταστολή ήταν συντονισμένη ως προς τον προσανατολισμό. Ενώ υπήρχε ένα ευρύ επίπεδο καταστολής, σταθερό σε όλες τις γωνίες του grating ελέγχου, σημειωνόταν μια μικρή κορυφή ισχυρότερης καταστολής, που συνιστούσε τον συντονισμό της καταστολής σε αυτές τις μικρές γωνίες. Ένα αντίστοιχο πείραμα οδήγησε σε όμοια αποτελέσματα αναφορικά με την χωρική συχνότητα. Κυριότερα, τα εύρη αυτών των συντονισμένων καταστολών, ήταν όμοια με εκείνα που έχουν αναφερθεί για κύτταρα της V1 σε έρευνες νευροφυσιολογίας με μεμονωμένα κύτταρα. Αν λοιπόν οι πιο πρώιμες έρευνες για το βάθος της καταστολής ανίχνευαν ένα συστατικό γενικής καταστολής, καθολικής ως προς το μάτι, αυτή η έρευνα ανέδειξε ένα συστατικό της καταστολής που είναι συντονισμένο ως προς συγκεκριμένα κατώτερα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος. Αυτά τα δύο συστατικά της καταστολής θα μπορούσαν να συνδυάζονται, ώστε το συντονισμένο συστατικό να οδηγεί σε αυξημένη καταστολή.

Εν κατακλείδι, παρόλο που οι έρευνες των Levelt και Fox έστρεψαν το ενδιαφέρον στη σχέση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού με διεργασίες κατώτερου επιπέδου, στο προσκήνιο έφερε και πάλι τη σχέση του ηθελημένου ελέγχου με το φαινόμενο ο Lack (1974), ο οποίος εξάλειψε τις μεθοδολογικές αδυναμίες των προηγούμενων ερευνών και απέκλεισε το ενδεχόμενο να μεσολαβείται από οφθαλμοκινήσεις, βλεφαρίσματα, accommodation και δραστηριότητα της κόρης. Κυριότερα, βρήκε ότι η προσοχή ασκούσε μέτριο έλεγχο στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, ο οποίος αυξανόταν με την εξάσκηση, παρόλο που από τους

συμμετέχοντές του δεν κατάφερε να σταματήσει εντελώς τις αντιληπτικές εναλλαγές μέσω του ηθελημένου ελέγχου. Μέσω αυτής της έρευνας, τροφοδότησε τα ευρήματα που έδειχναν προς την κατεύθυνση ενός φαινομένου με κεντρική προέλευση.

Συνοπτικά, σε όλη την ιστορία του φαινομένου αναδεικνύεται ο διπολικός τρόπος εξέτασής του. Έτσι, δίπλα στις έρευνες που υπερτονίζουν την εξάρτηση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού από διεργασίες κατώτερου επιπέδου, εμφανίζονται άλλες που εστιάζουν στην εξάρτησή του από ανώτερους παράγοντες. Στη νεότερη ιστορία του φαινομένου, ο απόηχος της διαλεκτικής διαμάχης που ξεκίνησε ανάμεσα στους Helmholtz και Hering, κορυφώνεται, όταν τίθεται το ερώτημα του τι είναι τελικά αυτό που ανταγωνίζεται στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Τα μάτια ή τα ερεθίσματα;

3. ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΜΑΤΙΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ

Στο έργο του Blake, είναι εμφανείς οι επιρροές της δουλειάς του Fox, δίπλα στον οποίο μαθήτευσε. Σε μία πολυαναφερόμενη έρευνα (Blake, 1989) ανέπτυξε τη νευρωνική του θεωρία για το φαινόμενο προτείνοντας ότι *η καταστολή καθοδηγείται από το μάτι και όχι από την αναπαράσταση του ερεθίσματος και κατ' επέκταση ότι ο ανταγωνισμός εκδηλώνεται ανάμεσα στις μονοφθάλμιες οδούς του οπτικού συστήματος. Μαζί με τους συνεργάτες του (Blake, Westendorf, & Overton, 1980), είχε υποστηρίξει αυτή την υπόθεση σε μια ψυχοφυσική έρευνα, στην οποία δημιουργήθηκε η «τεχνική εναλλαγής ματιών».* Εκεί είχε φανεί ότι ένα κατεσταλμένο ερέθισμα επανερχόταν σε κυριαρχία, εάν τοποθετούταν στο κυρίαρχο μάτι. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες ανέφεραν τότε κυριαρχούσε το ένα από τα δύο ανταγωνιστικά ερεθίσματα με το πάτημα ενός κουμπιού, το οποίο στην πειραματική συνθήκη οδηγούσε στην εναλλαγή των ερεθισμάτων στα μάτια. Αυτή η μετατόπιση στο κυρίαρχο μάτι είχε ως αποτέλεσμα να εξαφανίζεται από τη συνείδηση το μέχρι τότε αντιληπτό ερέθισμα και να εμφανίζεται το άλλο. Το συμπέρασμα ήταν ότι είναι το μάτι αυτό που καταστέλλεται στη διάρκεια του ανταγωνισμού.

Σύμφωνα με τον Blake (1989) αλλά και άλλους εκπροσώπους της σχολής σκέψης που αντιμετωπίζουν τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό περισσότερο σαν εργαστηριακό φαινόμενο παρά σαν οικολογική συνθήκη, το φαινόμενο εκδηλώνεται, αφού αποτύχει η προσπάθεια συγχώνευσης των εικόνων στα μάτια, και οι συνθήκες πρόκλησής του (δηλ. η επάρκεια της διαφορετικότητας και η προβολή των εικόνων σε αντίστοιχες περιοχές του αμφιβληστροειδούς) είναι ίδιες τόσο για απλά όσο και για σύνθετα ερεθίσματα. Από τη σκοπιά αυτού του μοντέλου αμφίδρομης καταστολής, η ανομοιότητα ή μη των ερεθισμάτων ανιχνεύεται μόνο από μονοφθάλμιους νευρώνες, που δέχονται διεγερτικά σήματα από το ένα μάτι ενώ αναστέλλουν τους αντίστοιχους νευρώνες στο άλλο μάτι, επομένως αυτό που καταστέλλεται είναι «η περιοχή του ματιού». Με άλλα λόγια η καταστολή έχει

τοπική δράση³ και αναστέλλει «ολόκληρη τη φλοιϊκή αναπαράσταση του οπτικού πεδίου» (Blake, 1989).

Βέβαια, αυτό δεν σημαίνει ότι καταστέλλεται ολόκληρο το μάτι, όπως υποδεικνύει άλλωστε η ύπαρξη της μεικτής κυριαρχίας (piecemeal states) στον ανταγωνισμό, η οποία όπως προειπώθηκε είναι συχνότερη για μεγαλύτερα ερεθίσματα και εκδηλώνεται ως ένα μωσαϊκό των ερεθισμάτων σε κάθε μάτι. Αυτές οι καταστάσεις υποδηλώνουν τον τοπικό χαρακτήρα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, που εκδηλώνεται σε χωρικά προσδιορισμένες ζώνες, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από το μέγεθος των υποδεκτικών πεδίων στον πρώιμο οπτικό φλοιό (Blake, O'Shea, & Mueller, 1992· O'Shea, Sims, & Govan, 1997).

Μάλιστα, αυτές οι ζώνες δεν λειτουργούν εντελώς ανεξάρτητα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε την έρευνα των Alais και Blake (1999), στην οποία γειτονικά gratings έτειναν να βρίσκονται ταυτόχρονα σε ανταγωνισμό αν βρίσκονταν στην ίδια ευθεία και ήταν γειτονικά, σύμφωνα με την αρχή του «πεδίου συσχετισμού» (association field) που προτάθηκε σε θεωρητικό επίπεδο από τους ψυχολόγους της σχολής Gestalt (Koffka, 1935). Σε επίπεδο νευρωνικού υποβάθρου, το πεδίο συσχετισμού στηρίζεται στις οριζόντιες συνδέσεις μακριού εύρους της V1 που είναι πιο μακριές και πιο ισχυρές για προσανατολισμούς που βρίσκονται στην ίδια ευθεία και πέφτουν μονοτονικά με τη διαφορά γωνίας (Kapadia, Ito, Gilbert, & Westheimer, 1995· Malach, Amir, Harel, & Grinvald, 1993). Σε παρόμοιο σκεπτικό κινήθηκε και η έρευνα των Wilson, Blake και Lee (2001), όπου υπολογίστηκε η ταχύτητα των κυμάτων με τα οποία εξαπλώνεται η κυριαρχία στις μεταβατικές φάσεις και βρέθηκε ότι εξαρτιόταν από την εκκεντρικότητα και από τον χωρικό σχηματισμό των ερεθισμάτων. Αυτό το εύρημα συμβαδίζει με την υπόθεση ότι αμοιβαίες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις ζώνες (οι οποίες βρίσκονται σε αμφιβληστροειδικό χάρτη) προάγουν την κυριαρχία ενός ερεθίσματος (Blake & Logothetis, 2002), στηρίζοντας έτσι τις θεωρήσεις σύμφωνα με τις οποίες ο ανταγωνισμός ξεκινάει από κατώτερα στάδια της οπτικής οδού.

Όλες αυτές οι πληροφορίες για την καταστολή συνέβαλαν στην πρόοδο της έρευνας για το φαινόμενο, όμως σε ποιο σημείο μπλοκάρεται η ροή της πληροφορίας για το ερέθισμα; Αυτό το ερώτημα είναι βασικό, καθώς αν απαντηθεί θα μπορούσαμε ίσως να δώσουμε απάντηση στο ποια είναι τα νευρωνικά σύστοιχα της συνείδησης⁴ (Blake, Brascamp, & Heeger, 2014). Έρευνες από οπτικά μετεϊκασματα που οφείλονται σε τοπική προσαρμογή, όπως λόγω χάρη το μετεϊκασμα κλίσης (tilt aftereffect) (Wade & Wenderoth, 1978) και το translational motion aftereffect (Lehmkuhle & Fox, 1976· O'Shea & Crassini, 1981), έχουν δείξει ότι εκδηλώνονται στην πλήρη τους ισχύ ακόμη και όταν το ερέθισμα προσαρμογής εμφανιστεί στη

³Η τοπική προσαρμογή συμβαίνει σε πρώιμο, πιθανά μονοφθάλμιο επίπεδο που καθορίζεται από τοπικές διεργασίες που στηρίζονται στο μάτι (Roumani & Moutoussis, 2012).

⁴Τα νευρωνικά σύστοιχα της συνείδησης (NCC) ορίζονται ως το ελάχιστο σύνολο νευρωνικών γεγονότων και μηχανισμών που είναι επαρκείς για ένα συγκεκριμένο συνειδητό αντίλημμα (Crick & Koch, 1998).

διάρκεια της καταστολής. Αντίθετα, μετεικάσματα που οφείλονται σε καθολική προσαρμογή⁵, μειώνονται σε μέγεθος, πράγμα που υποδεικνύει ότι οι μηχανισμοί που ευθύνονται για την καταστολή είναι φλοιϊκοί (Blake & Logothetis, 2002) και πιθανά το σημείο όπου μπλοκάρεται η ροή της πληροφορίας να εντοπίζεται μετά τη V1 (Logothetis, 1998). Αυτή η υπόθεση ενισχύεται περαιτέρω από έρευνες για την οπτική προέγερση⁶, όπου το ερέθισμα προέγερσης δίνεται στη φάση της καταστολής. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι προέγερση εικόνων (picture priming) και σημασιολογική προέγερση, δηλαδή τύποι στους οποίους οι διεργασίες αφορούν περιοχές εκτός του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού, παύουν να υφίσταται (Blake & Logothetis, 2002). Επανερχόμενοι λοιπόν στο ερώτημα που τέθηκε, τα παραπάνω ευρήματα συνηγορούν υπέρ του ότι η ροή της πληροφορίας για το κατεσταλμένο ερέθισμα, ανακόπτεται σε πρώιμο στάδιο της οπτικής οδού, πιθανά στη V1 (Blake&Fox, 1974).

Το μοντέλο του Blake για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό (Blake, 1989) είναι πολύ σημαντικό καθώς συγκεντρώνει εμπειρικά δεδομένα για να υποστηρίξει μια συνεκτική θεωρία για την οφθαλμική φύση του φαινομένου, η οποία έκανε πολύ συγκεκριμένες προβλέψεις. Η τοποθέτηση του ανταγωνισμού σε κατώτερα επίπεδα της οπτικής οδού συμβαδίζει με την εξάρτηση της δυναμικής του ανταγωνισμού από τους κατώτερους παράγοντες που εντόπισε ο Levelt (1965), δηλαδή από την αντίθεση, τη φωτεινότητα, τη χωρική συχνότητα, τον προσανατολισμό και με τα ευρήματα για τη γενικότητα της καταστολής και τεκμηριώνεται πειραματικά από την ψυχοφυσική έρευνα των Blake, Westendorf και Overton (1980).

Το σκηνικό στην έρευνα άλλαξε ριζικά το 1980 και το 1990 (όπως αναφέρεται στους Crewther και λοιπούς, 1998) με την έκρηξη των νευροεπιστημών και με την επιστράτευση νέων μεθοδολογιών για την κατανόηση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Βέβαια, ακολούθησαν έρευνες που αποκάλυπταν τα τρωτά σημεία της ερμηνείας του διοφθάλμιου ανταγωνισμού βάσει του μοντέλου του Blake, (1989). Μία τέτοια έρευνα-ορόσημο, ήταν εκείνη των Logothetis, Leopold, & Sheinberg, (1996), όπου χρησιμοποιήθηκε μία τεχνική εναλλαγής των ανταγωνιστικών εικόνων στα δύο μάτια, όμοια με αυτή των Blake και λοιπών (1980). Μεταχειρίστηκαν gratings με ορθογώνιους προσανατολισμούς που αναβόσβηναν με συχνότητα 18 Hz σε δύο είδη δοκιμών: στις πειραματικές δοκιμές τα gratings εναλλάσσονταν στα δύο μάτια κάθε 333 ms ενώ στις δοκιμές ελέγχου παρέμεναν σταθερά στο ίδιο μάτι παρουσίασης. Η υπόθεση ήταν ότι, αν αυτό που κυριαρχεί και καταστέλλεται στον ανταγωνισμό ανά πάσα στιγμή είναι το μάτι, τότε η αντίληψη θα ακολουθεί το ερέθισμα που παρουσιάζεται στο κυρίαρχο μάτι. Επειδή η εναλλαγή των gratings ήταν πολύ γρήγορη, σε αυτή την περίπτωση θα εναλλασσόταν στην αντίληψη ένα grating με διαφορετικούς προσανατολισμούς και αυτή η εναλλαγή θα ήταν γρήγορη.

⁵ Είναι η προσαρμογή που συμβαίνει σε ανώτερο επίπεδο της οπτικής επεξεργασίας, όπου οι νευρώνες έχουν πιο σύνθετες ιδιότητες υποδεκτικών πεδίων, σύμφωνα με τους Roumani & Moutoussis, (2012).

⁶ Η οπτική προέγερση αφορά στην ταχύτερη αναγνώριση ή στη μεγαλύτερη ακρίβεια με την οποία ανιχνεύονται ερεθίσματα που είναι σχετικά με ερέθισμα το οποίο είχε εμφανιστεί νωρίτερα (Ρουμάνη, 2010).

Αντίθετα, αν ο ανταγωνισμός συνέβαινε σε ανώτερες περιοχές, η εναλλαγή στα μάτια δεν θα έπρεπε να επηρεάζει την αντίληψη, οπότε σε αυτή την περίπτωση οι αντιληπτικές εναλλαγές θα ήταν αργές, όπως και στις δοκιμές ελέγχου. Η σύγκριση της χρονικής δυναμικής των εναλλαγών στις δύο συνθήκες αποκάλυψε ότι δεν υπήρχε διαφορά, υποστηρίζοντας έτσι τη θεώρηση του *ανταγωνισμού ερεθισμάτων*.

Σε παρόμοιο πλαίσιο κινήθηκε και η έρευνα Kovacs, Parathomas, Yang, Kosfeher (1996). Αφορμώμενοι από την παραδοχή ότι τα ερεθίσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για την εξέταση του φαινομένου δεν αποσυσχετίζουν τη συνάφεια του ερεθίσματος από το μάτι, χρησιμοποίησαν πρωτότυπα ερεθίσματα κατανέμοντας τα ομαδοποιητικά τους χαρακτηριστικά στα δύο μάτια (βλέπε *Εικόνα 2*, επάνω μέρος). Αν λοιπόν οι Logothetis και λοιποί (1996) κατακερμάτισαν τη συνάφεια στον χρόνο, οι Kovacs και λοιποί (1996) έκαναν κατακερματισμό στον χώρο (Parathomas, Kovacs, Feher και Julesz, 1999). Η υπόθεση ήταν ότι, αν ανταγωνίζονται τα ερεθίσματα, τότε θα υπάρχουν φάσεις όπου θα κυριαρχεί μία εικόνα με ομαδοποιημένο το συνεκτικό στοιχείο-χρώμα στα δύο μάτια (βλέπε *Εικόνα 2*, κάτω μέρος), ενώ αν ανταγωνίζονται τα μάτια, θα εναλλάσσονται στην αντίληψη οι εικόνες των δύο ματιών (βλέπε *Εικόνα 1*, Kovacs και λοιποί, 1996).

Βρέθηκε ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό των αναφορών από τους συμμετέχοντες, κυριαρχούσε το αντίλημμα με τα ομαδοποιημένα χαρακτηριστικά, επαληθεύοντας την υπόθεση του ανταγωνισμού ερεθισμάτων, καθώς ένας ανώτερος παράγοντας, η συνάφεια, έπαιζε καταλυτικό ρόλο. Μία εναλλακτική εξήγηση των ευρημάτων των Kovacs (1996) και λοιπών, είναι ότι η ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών στα μάτια, θα μπορούσε να έχει προέλθει από την ταυτόχρονη κυριαρχία των τοπικών ζωνών (Lee & Blake, 2004). Αυτή η ερμηνεία συνάδει με τις προσεγγίσεις για κατώτερο εντοπισμό του φαινομένου (Blake, 1989) και υποστηρίζεται διαισθητικά από τα χωρικά χαρακτηριστικά του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, που περιλαμβάνουν τη μεικτή κυριαρχία και τις μεταβατικές φάσεις (Alais & Blake, 2015). Βέβαια, η αλληλεπίδραση των τοπικών ζωνών κυριαρχίας δεν αποκλείει την ταυτόχρονη επίδραση και άλλων παραγόντων, όπως λόγου χάρη της προσοχής, η οποία θα μπορούσε να έχει συντονιστική δράση (Alais & Blake, 2015). Οι Ooi και He (1999) πρότειναν ότι καθώς η κύρια λειτουργία της προσοχής είναι να επιλέγει, διατηρεί και να συνδέει το αντικείμενο-στόχο, στην έρευνα των Kovacs και λοιπών (1996) θα μπορούσε αυτή να είναι υπεύθυνη για την ομαδοποίηση των συνεκτικών στοιχείων στα μάτια.

Πέρα από τις ψυχοφυσικές έρευνες, στροφή στο ερμηνευτικό πλαίσιο για την εξήγηση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, σημειώθηκε χάρη στις ηλεκτροφυσιολογικές έρευνες που έκαναν κυρίως ο Λογοθέτης και οι συνεργάτες του (Logothetis, 1998). Απώτερος στόχος αυτών των ερευνών ήταν να εξεταστεί η σχέση ανάμεσα στη νευρωνική δραστηριότητα και στα αντίλημματα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Το πρώτο βήμα έγινε όταν οι Logothetis και Schall (1989) κατέγραψαν τη δραστηριότητα νευρώνων στη μέση κροταφική περιοχή (MT/V5) και

βρήκαν ότι κάποιοι εκπολώνονταν μόνο όταν γινόταν αντιληπτή η προτιμώμενή τους κατεύθυνση.

Ωστόσο, επειδή αυτή η απόκριση η συναφής με την αντιληπτική κυριαρχία θα μπορούσε να είναι προϊόν της δραστηριότητας στη V1, σε επόμενη έρευνα (Leopold & Logothetis, 1999) έγιναν προσπάθειες να εξαιρεθεί αυτή η μεθοδολογική αδυναμία, κάνοντας καταγραφή από τις περιοχές V1, V2 και V4 ενόσω οι πίθηκοι αποκρίνονταν για τον προσανατολισμό του grating που αντιλαμβάνονταν στη διάρκεια παρουσίασης ερεθισμάτων με ανταγωνιστικό προσανατολισμό. Βρέθηκε ένα μικρό ποσοστό νευρώνων (20% σύμφωνα με τους Polonsky, Blake, Braun, και Heeger, 2000) στις V1/V2 που η δραστηριότητά τους αντανάκλούσε το αντίλημμα και στην πλειονότητά τους ήταν διοφθάλμιοι, ενώ αυτό το ποσοστό ήταν μεγαλύτερο στη V4 (40%). Αντίθετα, το ποσοστό των νευρώνων που ήταν αναίσθητοι στην αντιληπτική εμπειρία ήταν μεγαλύτερο στις V1/V2 (80%) απ' ό,τι στη V4/MT (60%).

Τα παραπάνω δεδομένα πλήττουν την υπόθεση του οφθαλμικού ανταγωνισμού: καθολική καταστολή δεν υφίσταται, δεδομένου ότι ενεργοποιούνται και νευρώνες που δεν αποκρίνονται στην αντιληπτική εμπειρία. Επιπρόσθετα, οι ανασταλτικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους μονοφθάλμιους νευρώνες της V1, αποκλείεται να παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο στον ανταγωνισμό όσο εικάζει το μοντέλο του Blake (Blake, 1989), εφόσον οι νευρώνες της V1 που επηρεάζονταν από την καταστολή ήταν στην πλειονότητά τους διοφθάλμιοι.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η καταστολή δεν είναι πλήρης μετά το επίπεδο της V1, επομένως δεν έχει νόημα να μιλάμε για «τον» νευρωνικό της τόπο, όπως ίσχυε για τις ακραίες θεωρήσεις του οφθαλμικού ανταγωνισμού (Crewther et al., 1998). Η μείωση της ροής πληροφορίας στη διάρκεια της καταστολής, ίσως να μην οφείλεται σε ανατομικά και λειτουργικά όρια (Logothetis, 1998). Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός ότι κάποιοι νευρώνες στη V4 και στον MT παρουσιάζουν αλλαγές στη δραστηριότητά τους που αντανάκλουν το κατεσταλμένο ερέθισμα, υποδηλώνοντας ότι αυτές οι περιοχές εμπλέκονται στην αντιληπτική οργάνωση (Logothetis, 1998).

Λαμβάνοντας ως δεδομένο το γεγονός ότι στις V1/V2 (Leopold & Logothetis, 1996), στη V4 και στον MT (Leopold & Logothetis, 1996; Logothetis & Schall, 1989) ένα μικρό ποσοστό των νευρώνων αντανάκλούσε τη συνειδητή εμπειρία, οι Sheinberg και Logothetis (1997), αναζήτησαν τα νευρωνικά σύστοιχα της συνείδησης σε ιεραρχικά ανώτερη περιοχή, στον κάτω κροταφικό λοβό (inferotemporal cortex, IT), όπου οι νευρώνες αποκρίνονται σε ολόκληρα σχήματα. Βρέθηκε ότι η πλειονότητα των νευρώνων (το 90%) στον IT και στην άνω κροταφική αύλακα (superior temporal sulcus, STS) πυροδοτούνταν όταν κυριαρχούσε αντιληπτικά το προτιμώμενό τους ερέθισμα, και κανένα δεν πυροδοτούνταν όταν ήταν κατεσταλμένο, βρισκόμενη έτσι σε πλήρη συμβατότητα με τη συνειδητή εμπειρία. Βέβαια αυτό δεν συνεπάγεται ότι τα νευρωνικά σύστοιχα της συνείδησης εντοπίζονται στη δραστηριότητα των νευρώνων στον IT, καθώς δεν γνωρίζουμε τη

σχέση μεταξύ ρυθμού πυροδότησης και αντίληψης (Blake & Logothetis, 2002). Ίσως η συνειδητή εμπειρία να απορρέει από τη συγχρονισμένη εκπόλωση ενός πληθυσμού νευρώνων (Crick & Koch, 1998).

Πάντως η ύπαρξη νευρώνων αναισθητών στην αντιληπτική εμπειρία ήδη από τη V1 και η προοδευτική τους αύξηση σε ιεραρχικά ανώτερες περιοχές, σηματοδοτεί είτε ότι η οπτική συνείδηση ξεκινάει από τη V1, είτε ότι η V1 επιλέγει ποια οπτικά σήματα θα αποκτήσουν πρόσβαση στη συνείδηση. Η πρώτη εκδοχή, συμβαδίζει με τα ιεραρχικά μοντέλα για τη συνείδηση (Crick και Koch, 1995· Rees, Kreiman, & Koch, 2002), ενώ η δεύτερη εκδοχή συμβαδίζει με τα ενσωματωτικά μοντέλα (Lamme και Roelfsema, 2000· Pollen, 1999), βάσει των οποίων η συνειδητή εμπειρία απορρέει από τις δυναμικές, αμφίδρομες συνδέσεις της V1 με ανώτερες εξωταινωτές περιοχές.

Από την άλλη, μία μελέτη που έγινε με τη μέθοδο πρόκλησης οπτικών δυναμικών ενεργείας, υποστηρίζει μία πρώιμη τοποθέτηση του φαινομένου (Brown & Norcia, 1997). Ίσως σημαντικότερο όμως είναι ότι αυτή η έρευνα, αντίθετα με προηγούμενες που χρησιμοποίησαν οπτικά προκεκλημένες αποκρίσεις ενόσω οι συμμετέχοντες βίωναν διοφθάλμιο ανταγωνισμό, οι οποίες είχαν βρει μειώσεις στο πλάτος του σήματος που συσχετιζόταν με τον κατεσταλμένο στόχο (Spekreijse, van der Tweel, & Regan, 1972), μπόρεσε να διαχωρίσει τα σήματα που προερχόταν από κάθε μάτι, παρέχοντας έτσι μια ηλεκτροφυσιολογική μέθοδο κατάλληλη για τη μέτρηση του ανταγωνισμού σε ανθρώπους και σε ζώα, που δεν απαιτεί ενεργητική συμπεριφορά. Οι Brown και Norcia (1997) επιχείρησαν να αναλύσουν τη φυσιολογική κυριαρχία κάθε ματιού σε πραγματικό χρόνο και να τη συγκρίνουν με τις υποκειμενικές αναφορές των συμμετεχόντων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν σήματα με διαφορετική χωρική συχνότητα ώστε από την ανάλυση φάσματος του ηλεκτροεγκεφαλογράμματος (HEΓ) να προκύψει διαφορετικό οπτικό προκλητό δυναμικό (visualevokedpotential, VEP). Βρέθηκε αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην κυριαρχία των δύο ματιών, δηλαδή όταν το πλάτος της απόκρισης από το grating του ενός ματιού ήταν μεγάλο, το πλάτος της απόκρισης από το grating του άλλου ματιού ήταν μικρό, καταδεικνύοντας έτσι την σύμπτωση της κυριαρχίας του ενός ματιού με την καταστολή του άλλου. Επιπρόσθετα, αυτές οι τροποποιήσεις του σήματος που συνέβαιναν σε πραγματικό χρόνο συσχετιζόταν καλά με τις υποκειμενικές αναφορές της κυριαρχίας κάθε ματιού από τους συμμετέχοντες, επαληθεύοντας τη σχέση ανάμεσα στις φυσιολογικές και στις υποκειμενικές μεταβάσεις. Βέβαια, η εγκυρότητα των συμπερασμάτων τους περιορίζεται από το γεγονός ότι χρησιμοποίησαν μεγάλα σχήματα, που οδηγούσαν σε μεικτή κυριαρχία (Blake, 2001), όπως επίσης και από τους περιορισμούς της ίδιας της μεθόδου HEΓ ως προς τον χωρικό εντοπισμό (Blake & Logothetis, 2002).

Το νευρωνικό υπόβαθρο του ανταγωνισμού έχει εξεταστεί και σε αρκετές έρευνες με λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (functional magnetic resonance imaging, fMRI). Χαρακτηριστική είναι αυτή των Tong, Nakayama, Vaughan και Kanwisher (1998), οι οποίοι αναζήτησαν πού επιλύεται ο ανταγωνισμός. Οι Leopold και Logothetis (1995) είδαμε ότι βρήκαν πως η δραστηριότητα στην

πλειονότητα των νευρώνων αλλά όχι όλοι στον IT/STS, πυροδοτούνταν όταν κυριαρχούσε αντιληπτικά το προτιμώμενό τους ερέθισμα αλλά αυτές οι νευρωνικές αλλαγές είχαν το μισό μέγεθος από αυτό που προκαλείται από τις μη ανταγωνιστικές αλλαγές των ερεθισμάτων (Sheinberg & Logothetis, 1997), πράγμα που υποδηλώνει ότι δεν έχει επιλυθεί η σύγκρουση σε αυτό το στάδιο επεξεργασίας.

Στο ακριβώς αντίθετο συμπέρασμα κατέληξαν οι Tong, Nakayama, Vaughan και Kanwisher (1998), αξιοποιώντας την ιδιότητα της ατρακτοειδούς έλικας (face fusiform area- FFA) να αποκρίνεται σε πρόσωπα και της περιοχής του παραϊπποκάμπιου φλοιού της επιλεκτικής σε τόπους (parahippocampal place area- PPA) να αποκρίνεται σε σπίτια και τα αντίστοιχα ερεθίσματα, είτε σε συνθήκες πρόκλησης διοφθάλμιου ανταγωνισμού είτε σε συνθήκες φυσικής εναλλαγής στα μάτια. Βρέθηκε ότι, όταν εναλλασσόταν το αντίλημμα του σπιτιού με το αντίλημμα του προσώπου, αυξανόταν η δραστηριότητα στον FFA και μειωνόταν στον PPA, ενώ, όταν εναλλασσόταν το αντίλημμα του προσώπου με του , υπήρχε το αντίθετο μοτίβο.

Κυριότερα, αυτές οι εναλλαγές είχαν ίσο μέγεθος με εκείνες που σημειώνονταν στη συνθήκη της φυσικής εναλλαγής των ερεθισμάτων στα μάτια, δείχνοντας ότι στον IT η δραστηριότητα αντανακλά το ερέθισμα που γίνεται αντιληπτό και όχι αυτό που παρουσιάζεται στον αμφιβληστροειδή. Με άλλα λόγια, έχει πλέον επιλυθεί η σύγκρουση σε αυτό το στάδιο. Αυτό το εύρημα είναι σημαντικό και ήρθε να συμπληρώσει τις έρευνες που έδειξαν ότι η δραστηριότητα των νευρώνων αυτών των περιοχών τροποποιείται από την επιλεκτική προσοχή⁷ (Wojciulik, Kanwisher, & Driver, 1998) αλλά και από τη νοερή αποτύπωση προσώπων και σπιτιών, όταν απουσιάζουν σε υλικό επίπεδο τα ερεθίσματα (O'Craven & Kanwisher, 2000).

Μία δεύτερη σημαντική έρευνα είναι αυτή των Polonsky (2000), όπου έψαξαν πού ξεκινάει ο ανταγωνισμός. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιώντας fMRI μέτρησαν τη δραστηριότητα του εγκεφάλου ενώ οι συμμετέχοντες έβλεπαν gratings με διαφορετική αντίθεση, προκειμένου να θέσουν ετικέτα στο σήμα και βρήκαν ότι οι αποκρίσεις στη V1 αυξανόταν για το ερέθισμα υψηλής αντίθεσης και μειωνόταν για το ερέθισμα χαμηλής αντίθεσης, αντανακλώντας έτσι της αντιληπτικές εναλλαγές. Επιπλέον, επανέλαβαν το πείραμα σε συνθήκη φυσικής εναλλαγής των ερεθισμάτων στα μάτια και για να συγκρίνουν τη δραστηριότητα της V1 σε αυτές τις δύο συνθήκες έκαναν προσαρμογή των δεδομένων σε ένα μοντέλο με το οποίο εκτιμήθηκαν δύο παράμετροι ξεχωριστά σε κάθε συνθήκη: το πλάτος της δραστηριότητας της αντιληπτικής κατάστασης, δηλαδή η διαφορά στα μεγέθη απόκρισης για το αντίλημμα της υψηλής και για το αντίλημμα της χαμηλής αντίθεσης, και το πλάτος των παροδικών αποκρίσεων στη διάρκεια των μεταβάσεων. Βρέθηκε ότι το πλάτος

⁷Η ενδογενής προσοχή ή από πάνω προς τα κάτω προσοχή, είναι εκείνη που καθοδηγείται από τους εκάστοτε στόχους. Συχνά αντιδιαστέλλεται στη βιβλιογραφία με την εξωγενή ή από κάτω προς τα πάνω προσοχή, η οποία καθοδηγείται από εξωτερικά γεγονότα του περιβάλλοντος (π.χ. Posner & Cohen, 1984, όπως αναφέρονται στους MacLean και λοιπούς, 2009).

της αντιληπτικής κατάστασης στη V1 στη διάρκεια του ανταγωνισμού, αντιστοιχούσε στο 45-83% του πλάτους στη φυσική εναλλαγή.

Στη συνέχεια, αναλύθηκαν με το ίδιο μοντέλο τα δεδομένα από τις περιοχές V2, V3, V4v, V3α ξεχωριστά και βρέθηκε ότι οι αποκρίσεις ήταν ίσες με τις αποκρίσεις στη V1, εύρημα που διαφέρει από εκείνο των Logothetis (1996) αλλά και από εκείνο των Tong και λοιπών (1998) που βρήκαν ότι ο ανταγωνισμός έχει επιλυθεί στις εξωταινωτές περιοχές. Αντίθετα λοιπόν με τους Logothetis (1998) που τα ευρήματα των ερευνών τους έδειξαν ότι η δραστηριότητα σε ένα μικρό μόνο ποσοστό των νευρώνων αντανακλούσε την αντιληπτική εμπειρία, σε αυτή την έρευνα η V1 φάνηκε να παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στον ανταγωνισμό με τις υπόλοιπες περιοχές.

Μία ερμηνεία αυτών των δεδομένων είναι ότι οι αντιληπτικές εναλλαγές ξεκινούν στη V1 και μεταδίδονται σε ανώτερες περιοχές μέσω προσθιοδρομικών συνδέσεων, ενώ μία εναλλακτική ερμηνεία είναι ότι ξεκινούν σε ανώτερες περιοχές και μεταδίδονται σε κατώτερες μέσω οπισθοδρομικών συνδέσεων. Ενδέχεται βέβαια να ισχύουν και οι δύο εκδοχές, αλλά λόγω της πολύπλοκης συνδεσιμότητας του εγκεφάλου είναι δύσκολο να διαπιστωθεί (βλέπε Sterzer, Kleinschmidt και Rees, 2009). Αυτό που πρέπει να κρατήσει κανείς από αυτή την έρευνα είναι ότι δεν θα πρέπει να παραγνωρίζεται ο ρόλος της V1 στον ανταγωνισμό, αντίθετα με ό,τι προτείνεται στους Logothetis (1998), αν και οι Polonsky (2000) παίρνουν ίσες αποστάσεις από τη θεώρηση του ανταγωνισμού ματιών και του ανταγωνισμού ερεθισμάτων (Ρουμάνη, 2010).

Η τρίτη έρευνα που εξέτασε τη νευρωνική βάση του ανταγωνισμού και θέλησε να ελέγξει αν ισχύει η θεωρία του Blake (1989) για την οφθαλμική καταστολή ή η θεωρία των Leopold και Logothetis (2002) σύμφωνα με την οποία ο ανταγωνισμός ξεκινάει σε ανώτερες περιοχές και είναι ανταγωνισμός ερεθισμάτων, είναι αυτή των Tong και Engel (2001). Οι Tong και Engel (2001) απομόνωσαν μια περιοχή της V1 που δέχεται εισροή μόνο από το ομόπλευρο μάτι και αντιστοιχεί στο τυφλό σημείο του αμφιβληστροειδούς, η οποία είναι αρκετά μεγάλη ώστε να γίνει καταγραφή της δραστηριότητας με χρήση της μεθοδολογίας fMRI.

Προκειμένου να δουν αν ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός απορρέει από τον ανταγωνισμό των μονοφθάλμιων καναλιών, παρουσίασαν διχοπτικά δύο ερεθίσματα με ανταγωνιστικούς προσανατολισμούς, το ένα από τα οποία έπεφτε γύρω από το τυφλό σημείο (για το οποίο γινόταν αντιληπτική συμπλήρωση) και βρέθηκε ότι οι νευρώνες στην περιοχή που αναπαριστούσε το τυφλό σημείο είχαν αυξημένη δραστηριότητα όταν οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονταν ένα grating που παρουσιαζόταν στο ομόπλευρο μάτι και κατεσταλμένη δραστηριότητα όταν οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονταν ένα grating που παρουσιαζόταν στο τμήμα του ματιού που έβλεπε το τυφλό σημείο. Έδειξαν έτσι ότι ο ανταγωνισμός προκαλείται από τον ανταγωνισμό ματιών παρέχοντας αδιάσειστες ενδείξεις υπέρ της θεωρίας του Blake (1989) και τεκμηριώνοντας τον ρόλο της V1 στη συνειδητή εμπειρία.

Επιπρόσθετα, οι αποκρίσεις των νευρώνων στην αναπαράσταση του τυφλού σημείου ήταν εξίσου μεγάλες με τις αποκρίσεις που σημειώνονταν, όταν γινόταν εναλλαγές των ερεθισμάτων στα δύο μάτια σε υλικό επίπεδο, καταδεικνύοντας έτσι για πρώτη φορά ότι ο ανταγωνισμός έχει ήδη επιλυθεί όταν η πληροφορία φτάνει στη V1. Βέβαια, ένας περιορισμός της έρευνας που απορρέει από τους περιορισμούς της μεθοδολογίας fMRI, είναι ότι η δραστηριότητα που παρατηρήθηκε θα μπορούσε να προέρχεται από ανατροφοδότηση από ανώτερες περιοχές, όμως μία τέτοια ερμηνεία καλείται να εξηγήσει πώς οι ανατροφοδοτικές συνδέσεις από τους διοφθάλμιους νευρώνες μπορούν να στοχεύουν σε ένα μονοφθάλμιο κανάλι νευρώνων.

Σε ακόμη πιο πρώιμο επίπεδο της οπτικής οδού τοποθετεί τον ανταγωνισμό η έρευνα των Haynes, Deichmann και Rees (2005). Ο LGN περιλαμβάνει έξι στιβάδες, σε καθεμία από τις οποίες υπάρχουν μονοφθάλμιοι νευρώνες που θα μπορούσαν να είναι υπεύθυνοι για τη διάκριση της ανομοιότητας των ερεθισμάτων στα μάτια (Lehky & Maunsell, 1996). Ηλεκτροφυσιολογικές έρευνες σε γάτεςοδήγησαν σε αντικρουόμενα συμπεράσματα, με τους Varela και Singer (1987) να βρίσκουν σημαντική τροποποίηση των κυττάρων και τους Sengpiel, Blakemore και Harrad (1994) να βρίσκουν ότι οι επιδράσεις στον LGN ήταν ανεξάρτητες από τον προσανατολισμό των ερεθισμάτων και ασθενείς. Έτσι οι Haynes και λοιποί (2005) διεξήγαγαν την πρώτη έρευνα για την εξέταση της συμβολής του LGN στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό σε ανθρώπους, με τη χρήση της μεθόδου fMRI.

Αφού έγινε ανατομικός προσδιορισμός του LGN, εξετάστηκαν οι αποκρίσεις των voxels με προτίμηση στο δεξί ή στο αριστερό μάτι, όταν κυριαρχούσε στην αντίληψη το προτιμώμενο ή το αντιπροτιμώμενο τους ερέθισμα. Βρέθηκαν σημαντικές αυξήσεις στο σήμα του LGN, όταν κυριαρχούσε το προτιμώμενό τους ερέθισμα και μειώσεις, όταν κυριαρχούσε το αντιπροτιμώμενο, επαληθεύοντας έτσι ότι ο LGN είναι ο πρώτος νευρωνικός τύπος όπου γίνονται εμφανείς οι επιδράσεις του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Βέβαια, αυτές οι τροποποιήσεις θα μπορούσαν να είναι αποτέλεσμα ανατροφοδότησης από τη V1 και σίγουρα δεν αποκλείουν τον ρόλο ανώτερων παραγόντων στο φαινόμενο, όπως της συνάφειας, της προσοχής και του συναισθήματος (Alais & Blake, 2015).

Τα ευρήματα όμως δεν σταματούν εδώ. Οι Lumer, Friston και Rees (1998) προσπάθησαν να εντοπίσουν εγκεφαλικές περιοχές που η δραστηριότητά τους συσχετιζόταν με τις αντιληπτικές εναλλαγές και όχι με τις αντιληπτικές καταστάσεις όπως είδαμε έως τώρα, σε μία έρευνα με τη χρήση fMRI. Βρέθηκε ότι η δραστηριότητα στις εξωταινωτές περιοχές της ατρακτοειδούς έλικας αλλά όχι στον ταινιωτό φλοιό συσχετιζόταν με τις αντιληπτικές εναλλαγές. Αυτά τα ευρήματα συμβαδίζουν με την πρόταση των Logothetis (1998), σύμφωνα με την οποία ο ανταγωνισμός είναι μια κεντρική διεργασία που λαμβάνει χώρα μετά την ανάλυση των μονοφθάλμιων ερεθισμάτων. Κυριότερα, η σύγκριση της πειραματικής συνθήκης με μια συνθήκη στην οποία γινόταν υλική εναλλαγή των ερεθισμάτων στα μάτια αποκάλυψε για πρώτη φορά τον ρόλο των εμπρόσθιων και βρεγματικών περιοχών στον ανταγωνισμό. Συγκεκριμένα, υπήρχε διπλή αποσυσχέτιση: η δραστηριότητα

στις εμπρόσθιες και βρεγματικές περιοχές του δεξιού ημισφαιρίου ήταν μεγαλύτερη στη διάρκεια των αντιληπτικών εναλλαγών ενώ η δραστηριότητα στον πρώιμο οπτικό φλοιό ήταν μεγαλύτερη στη συνθήκη υλικής εναλλαγής.

Αυτό είναι βασικό, καθώς ο άνω βρεγματικός φλοιός εμπλέκεται επίσης στις μετακινήσεις της χωρικής προσοχής, ενώ ο δεξιός εξωταινωτός φλοιός εμπλέκεται σε έργα προσοχής που αφορούν σε καθολικά χαρακτηριστικά (Lumer και λοιποί, 1998). Η ερμηνεία που μπορεί να δοθεί σε αυτή την ενεργοποίηση ανώτερων μη αισθητηριακών περιοχών είναι ότι αυτές υποκινούν τις αντιληπτικές εναλλαγές και στην πορεία η δραστηριότητα μεταδίδεται σε κατώτερες οπτικές περιοχές. Αυτή η εξήγηση συμβαδίζει με το πλαίσιο των Leopold και Logothetis (1999), βάσει του οποίου οι εναλλαγές αποτελούν μια μορφή ενεργητικής συμπεριφοράς. Δεν αποκλείεται όμως η δραστηριότητα σε αυτές τις ανώτερες περιοχές να προέρχεται από προσθιοδρομικές συνδέσεις μέσω κατώτερων περιοχών.

Ένας τρόπος να διαχωριστούν αυτά τα δύο τινά είναι μέσω της χρονομετρικής ανάλυσης της χρονικής πορείας των σημάτων που σχετίζονται με τα γεγονότα. Αυτήν ακριβώς τη μεθοδολογία επιστράτευσαν οι Sterzer και Kleinschmidt (2007) σε μία έρευνα όπου έγινε μέτρηση της δραστηριότητας εγκεφαλικών περιοχών μέσω fMRI, ενόσω οι συμμετέχοντες ανέφεραν τις αυθόρμητες εναλλαγές που βίωναν στη διάρκεια παρουσίασης ενός αμφίσημου ερεθίσματος με φαινομενική κίνηση. Στη συνθήκη ελέγχου έγινε επανάληψη των αντιληπτικών εναλλαγών και η σύγκριση με την πειραματική συνθήκη αποκάλυψε αυξημένη δραστηριότητα στον κάτω εμπρόσθιο φλοιό. Το σημαντικότερο όμως εύρημα αυτής της έρευνας ήταν ότι η δραστηριότητα στον δεξί κάτω εμπρόσθιο φλοιό σημειώθηκε ταχύτερα στη διάρκεια των αυθόρμητων εναλλαγών απ' ότι στη διάρκεια των επανειλημμένων εναλλαγών, υποστηρίζοντας έτσι τον αιτιακό ρόλο αυτής της περιοχής στις εναλλαγές.

Ένα βασικό μειονέκτημα της παραπάνω έρευνας είναι ότι χρησιμοποιήθηκε μία μορφή δισταθούς αντίληψης που δεν περιλαμβάνει τον ανταγωνισμό ματιών, ενώ τόσο οι Sterzer και Kleinschmidt (2007) όσο και οι Lumer και λοιποί (1998) στη συνθήκη ελέγχου μεταχειρίστηκαν απότομες μεταβάσεις, οι οποίες δεν είναι ακριβώς σαν τις μεταβάσεις που συμβαίνουν σε πραγματικές συνθήκες διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Οι Knapen, Brascamp, Pearson, vanEe και Blake (2011), προσπάθησαν να διορθώσουν αυτά τα μεθοδολογικά σφάλματα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν δύο είδη αμφίσημων ερεθισμάτων: ερεθίσματα με φαινομενική κίνηση και ερεθίσματα που προκαλούσαν διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Επιπρόσθετα χρησιμοποίησαν δύο συνθήκες επανάληψης, μία με απότομες μεταβάσεις και μία με πιο σταδιακές.

Βρέθηκε ότι ένα μεγάλο τμήμα του εμπρόσθιου και βρεγματικού δικτύου ενεργοποιούνταν ισχυρότερα για τις μεταβάσεις μεγάλης διάρκειας απ' ότι για τις μεταβάσεις μικρότερης διάρκειας. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να ερμηνευτεί με δύο τρόπους. Αφενός, θα μπορούσε να παρατηρείται ισχυρότερη ενεργοποίηση σε αυτές

τις περιοχές για να είναι οι μεταβάσεις διαρκέστερες. Αφετέρου, η δραστηριότητα σε αυτό το δίκτυο θα μπορούσε να είναι το αποτέλεσμα της ενεργοποίησης κατώτερων περιοχών.

Για να διακρίνουν ανάμεσα στις δύο ερμηνείες, προχώρησαν σε ένα δεύτερο πείραμα, μετρώντας τις ενεργοποιήσεις του εγκεφάλου σε δύο είδη επαναλήψεων, δηλαδή ένα που περιλάμβανε απότομες εναλλαγές και ένα που οι διάρκειες των μεταβάσεων είχαν εξαχθεί από τις πραγματικές διάρκειες του προηγούμενου πειράματος. Η σύγκριση των αντιληπτικών εναλλαγών στον ανταγωνισμό με τη συνθήκη που περιλάμβανε τις διάρκειες μεταβάσεων που είχαν εξαχθεί από τις πραγματικές διάρκειες έδειξε ότι δεν υπήρχε δραστηριότητα στο εμπρόσθιο βρεγματικό δίκτυο. Ένα τέτοιο εύρημα τάσσεται σαφώς υπέρ των θεωριών του πρώιμου εντοπισμού του φαινομένου και έρχεται σε αντίθεση με τα ευρήματα των Sterzer και Kleinschmidt (2007). Οι Knaper και λοιποί (2011) υποστηρίζουν ότι η εμπλοκή του εμπρόσθιου βρεγματικού δικτύου στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού ίσως σχετίζεται με αλλαγές στην αντιληπτική εμπειρία, στην κατάσταση της προσοχής και στις απαιτήσεις του έργου.

Μία νευροψυχολογική έρευνα που παρουσιάζει ενδιαφέρον, είναι αυτή των Windmann, Wehrmann, Calabrese και Güntürkün (2006), οι οποίοι έλεγξαν τον ρόλο του προμετωπιαίου φλοιού στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, εξετάζοντας ασθενείς με εστιακές βλάβες. Συγκεκριμένα, ήθελαν να δουν αν ο προμετωπιαίος φλοιός παίζει ρόλο στη διατήρηση και επιλογή μιας αντιληπτικής ερμηνείας, παράλληλα με την προστασία της από την ανταγωνιστική, αν παίζει ρόλο στην πρόκληση εναλλαγών ή αν συντονίζει και τις δύο αυτές διεργασίες, επιστρατεύοντας διαφορετικές υποπεριοχές. Για να το κάνουν αυτό παρουσίασαν πέντε στατικές δισταθείς εικόνες και ένα μοτίβο φαινομενικής κίνησης σε ασθενείς με βλάβη στον προμετωπιαίο φλοιό και σε υγιείς συμμετέχοντες σε τρεις συνθήκες: μία συνθήκη παθητικής θέασης στην οποία εξέταζαν τις αυθόρμητες αντιληπτικές τους εναλλαγές, μία συνθήκη διατήρησης της κυρίαρχης εικόνας και μία συνθήκη πρόκλησης όσο το δυνατόν περισσότερων αντιληπτικών εναλλαγών, που την ονόμασαν συνθήκη ταχύτητας.

Βρέθηκε ότι οι ασθενείς ήταν λιγότερο ικανοί από τους υγιείς συμμετέχοντες στη συνθήκη ταχύτητας, παρόλο που οι ρυθμοί των εναλλαγών τους και οι κατανομές των διαστημάτων ανάμεσα στις εναλλαγές στην ουδέτερη συνθήκη ήταν κανονικοί. Με άλλα λόγια, η προσπάθεια των ασθενών να προκαλέσουν ηθελημένα εναλλαγές φαινόταν να εξουδετερώνεται από διεργασίες από κάτω προς τα πάνω, παρουσιάζοντας ένα μοτίβο σαν να εμπλέκονταν σε παθητική και όχι σε ενεργητική θέαση, διαφορά που παρουσιαζόταν για όλα τα στατικά μοτίβα αλλά όχι και για το μοτίβο φαινομενικής κίνησης.

Διερευνήθηκε επίσης η διαφορετική συμβολή των κοιλιακών και των ραχιαίων περιοχών του προμετωπιαίου φλοιού, καθώς για τις μεν υπάρχουν ενδείξεις ότι εμπλέκονται περισσότερο στη διατήρηση της κυρίαρχης εικόνας και στην καταστολή της άλλης, ενώ για τις δε, υπάρχουν ενδείξεις ότι εμπλέκονται

περισσότερο στην επιλογή μέσω της προσοχής και στην αλλαγή κατάστασης (set shifting). Αυτό το εγχείρημα έδειξε ότι υπήρχαν ενισχυμένοι ρυθμοί εναλλαγών στην υποκατηγορία των κοιλιακών περιοχών συγκριτικά με τις ραχιαίες, αναδεικνύοντας έτσι ότι αυτές συμβάλουν στη διατήρηση της κυριαρχίας.

Είναι χαρακτηριστικό ότι τα ελλείμματα των ασθενών δεν οφείλονταν σε προβλήματα εγρήγορης, συντηρητικότερης λήψης απόφασης, κινητικών προβλημάτων ή σε άλλες μεταβλητές, ενώ η ερμηνεία ότι η μειωμένη επιτάχυνση του ρυθμού εναλλαγών ήταν αποτέλεσμα του μειωμένου εκτελεστικού ελέγχου, επαληθεύτηκε και από μία πρόσθετη ανάλυση. Επιπλέον, τα ευρήματά τους δεν οφείλονταν στη δυσλειτουργία ελέγχου των οφθαλμοκινήσεων από τα εμπρόσθια οπτικά πεδία (frontal eye-fields), αλλά υποδείκνυαν ότι ο ηθελημένος έλεγχος εμπλέκει ένα ευρέως καταναμημένο δίκτυο. Αντίθετα, η ικανότητα διατήρησης του επιλεγμένου αντιλήμματος δεν ήταν επηρεασμένη στους ασθενείς. Βέβαια, θα μπορούσε κανείς να πει ότι η διαφορά αυτών των ομάδων στις συνθήκες, αφορά στο γεγονός ότι η συνθήκη ταχύτητας ήταν δυσκολότερη γιατί απαιτούσε υψηλό ρυθμό αποκρίσεων, όμως αυτή η πρόταση αναιρείται από το γεγονός ότι η σύγκριση της υποκατηγορίας ασθενών με υψηλούς ρυθμούς εναλλαγής συγκρινόταν με την ομάδα ελέγχου στη συνθήκη ταχύτητας, έδειχνε το ίδιο αποτέλεσμα μειωμένης ικανότητας για επιτάχυνση και ανέπαφης διατήρησης.

Τα παραπάνω ευρήματα υποδηλώνουν ότι ο προμετωπιαίος φλοιός δεν είναι απαραίτητος για τη διατήρηση των αντιληπτικών καταστάσεων στην πολυσταθίη αντίληψη, αλλά είναι απαραίτητος για την ηθελημένη εναλλαγή των αντιληπτικών καταστάσεων. Μία ερμηνεία που δένει καλά με αυτά τα ευρήματα, στηρίζεται στην κατευθυνόμενη λήθη που υποστηρίζει ο προμετωπιαίος φλοιός. Η κατευθυνόμενη λήθη αφορά ένα ερευνητικό παράδειγμα στο οποίο οι συμμετέχοντες καλούνται να ξεχάσουν κάποιες πληροφορίες ενόσω διατηρούν στη μνήμη τους άλλες, που παρουσιάζονται στο ίδιο πλαίσιο (Paz-Caballero, Menor, & Jimenez, 2004). Τα ελλείμματα των ασθενών στη συνθήκη επιτάχυνσης, θα μπορούσαν να είναι αποτέλεσμα της μειωμένης ικανότητας να «παραγραφτεί» από τη μνήμη το κυρίαρχο ερέθισμα. Αυτή η αντιληπτική αποσταθεροποίηση θα πρέπει να διακριθεί από την απλή επιλογή για κυριαρχία. Οι νευρωνικοί μηχανισμοί με τους οποίους ο προμετωπιαίος φλοιός αποσταθεροποιεί τη δραστηριότητα σε πιο πρώιμες αισθητηριακές περιοχές δεν είναι καλά κατανοητοί, όμως μία πρόταση είναι ότι τα σήματα των μη αισθητηριακών περιοχών ενδεχομένως βοηθούν στην εδραίωση της δέσμευσης των χαρακτηριστικών (feature binding) των σχετικών αναπαραστάσεων που αξιοποιούνται για την επιλογή μέσω της προσοχής, προκαλώντας εκπόλωση υψηλής συχνότητας στο εύρος γάμμα. Αυτή η ερμηνεία, συμβαδίζει με άλλα ευρήματα, σύμφωνα με τα οποία ενισχύεται η συγχρονία στο εύρος γάμμα στη διάρκεια των εναλλαγών αλλά όχι στη διάρκεια της αντιληπτικής διατήρησης-σταθεροποίησης (Windmann, Wehrmann, Calabrese & Güntürkün, 2006). Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες που δείχνουν εμπλοκή του προμετωπιαίου φλοιού στη σταθεροποίηση της σχετικής πληροφορίας και τις προεκτάσεις του για την

εργαζόμενη μνήμη (Curtis & D'Esposito, 2003· Fuster, 2000· Petrides, 2000), οι οποίες συγκρούονται με την ερμηνεία που προαναφέρθηκε. Αυτές όμως, διαφέρουν από την παρούσα έρευνα στο ότι η πληροφορία δεν είναι συνεχώς παρούσα στα έργα εργαζόμενης μνήμης, αντίθετα με την περίπτωση της πολυσταθούς αντίληψης όπου η πληροφορία είναι πάντα παρούσα σε υλικό επίπεδο.

Αν τα παραπάνω ευρήματα τάσσονται υπέρ του θεωρητικού πλαισίου που πρότειναν οι Leopold και Logothetis (1999) για την υποκίνηση από πάνω προς τα κάτω του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, ο αιτιακός ρόλος της V1 στις αντιληπτικές εναλλαγές φαίνεται πιο ξεκάθαρα από την έρευνα των Pearson, Tadin και Blake (2007), οι οποίοι χορηγούσαν παλμούς TMS – που είναι γνωστό ότι διαταράσσουν τοπικά τη νευρωνική δραστηριότητα - πάνω από τη V1, ενόσω οι συμμετέχοντες ανέφεραν τα αντιλήμματα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Βρέθηκε ότι η επίδραση της διακρανιακής μαγνητικής διέγερσης (transcranial magnetic stimulation, TMS) στη δυναμική του ανταγωνισμού εξαρτιόταν από τη θέση της σπείρας και συγκεκριμένα, όταν η τοποθέτησή της ήταν κεντρική και το φώσφημα αλληλοεπικαλυπτόταν με το ερέθισμα του ανταγωνισμού, το μέγεθος αυτής της επίδρασης ήταν μεγαλύτερο και συνέβαινε πιο άμεσα απ' ότι όταν τοποθετούνταν περιφερειακά. Αυτή η επίδραση στις αντιληπτικές εναλλαγές υποδηλώνει ότι τα νευρωνικά σύστοιχα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού εντοπίζονται στη φλοιϊκή αναπαράσταση του οπτικού πεδίου, δηλαδή σε πρώιμες οπτικές περιοχές και έρχεται να συμπληρώσει άλλες έρευνες (βλέπε Blake, Sobel, & Gilroy, 2003) που δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση. Μάλιστα, η στενή συνάφεια ανάμεσα στο TMS και στις αντιληπτικές εναλλαγές σηματοδοτεί την εξάρτηση από έναν παράγοντα διαφορετικό για κάθε συμμετέχοντα. Η έρευνα των Pearson και λοιπών (2007) είναι σημαντική για άλλον ένα λόγο. Διεξάγοντας αντίστοιχα πειράματα με τη χρήση εναλλαγής ματιών του ανταγωνισμού ερεθισμάτων βρήκαν ότι δεν υπήρχαν ανάλογες επιδράσεις και η ερμηνεία που δόθηκε σε αυτό ήταν ότι ο κανονικός διοφθάλμιος ανταγωνισμός και ο ανταγωνισμός ερεθισμάτων μεσολαβούνται από διαφορετικά, τουλάχιστον εν μέρει, στάδια επεξεργασίας.

Έρευνες με TMS έχουν γίνει και για να συσχετιστεί η δραστηριότητα στον βρεγματικό φλοιό με τις αντιληπτικές εναλλαγές. Σε μία τέτοια έρευνα οι Carmel, Walsh, Lavie και Rees (2010), εφάρμοσαν επαναλαμβανόμενη διακρανιακή μαγνητική διέγερση (repetitive/rTMS) πάνω από τον δεξί άνω βρεγματικό λοβό (right superior parietal lobe/ RSPL), επιστρατεύοντας μια μεθοδολογία με την οποία γινόταν δυνατή η παρατεταμένη νευρωνική καταστολή στους διεγερμένους τόπους. Μετά από αυτή τη διέγερση τα άτομα εκτίθονταν σε διοφθάλμιο ανταγωνισμό και έκαναν αναφορά των αντιλημμάτων. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων, συγκρίθηκε η διάρκεια κυριαρχίας μετά τη διέγερση σε μία συνθήκη στην οποία γινόταν rTMS στην ομόλογη περιοχή του αριστερού SPL και σε μία συνθήκη χωρίς TMS. Βρέθηκε ότι η διέγερση του RSPL μείωνε τη διάρκεια κυριαρχίας συγκριτικά με τις συνθήκες ελέγχου και αποκλείστηκαν δευτερογενείς επιδράσεις του TMS όπως η μεροληψία απόκρισης. Η ερμηνεία που έδωσαν οι Carmel και λοιποί (2010) σε

αυτά τα αποτελέσματα ήταν ότι οι μικρότερες διάρκειες κυριαρχίας που παρατηρήθηκαν με το rTMS υποδηλώνουν ότι η δραστηριότητα στον RSPL είναι απαραίτητη για την αντιληπτική σταθεροποίηση και όχι για την πρόκληση των αντιληπτικών εναλλαγών, καθώς σε αυτή την περίπτωση το rTMS θα προκαλούσε διαρκέστερες διάρκειες κυριαρχίας. Η επίδραση στη χρονική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, εξηγείται αν η βλάβη στη δραστηριότητα αυτής της περιοχής οδηγούσε σε ασθενέστερο σήμα από πάνω προς τα κάτω, διευκολύνοντας έτσι την μετάβαση της κατεσταλμένης εικόνας στην κυριαρχία. Αυτό συνάδει με το ενδεχόμενο η βλάβη στη δραστηριότητα του RSPL να βλάπτει την κατανομή της προσοχής και την διατήρηση της ήδη κυρίαρχης εικόνας στη συνείδηση.

Σε μία παρόμοια έρευνα οι Kanai, Bahrami και Rees (2010), εξέτασαν αν υπήρχε μη εξηγημένη μεταβλητότητα ανάμεσα στους παρατηρητές ως προς τον ρυθμό των αντιληπτικών εναλλαγών και επιχείρησαν να συσχετίσουν αυτή τη μεταβλητότητα με τις μεμονωμένες διαφορές στην εγκεφαλική δομή, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία του fMRI. Αυτό το εγχείρημα είναι σημαντικό γιατί η μεταβλητότητα στον ρυθμό των αντιληπτικών εναλλαγών έχει συσχετιστεί με τις επιδράσεις ψυχιατρικών διαταραχών, με τη φυσιολογική γήρανση και με βλάβες στον εγκέφαλο, οπότε κατ' επέκταση τα αποτελέσματα μπορούν να αξιοποιηθούν στην εφαρμοσμένη έρευνα.

Για να ελέγξουν την υπόθεσή τους εξέτασαν τη φλοιϊκή πυκνότητα, την τοπική πυκνότητα της φαιάς ουσίας και την ακεραιότητα της λευκής ουσίας. Όλα αυτά τα μέτρα αποκάλυψαν τον SPL (superior parietal lobe) αμφίπλευρα ως κρίσιμη περιοχή για την εξήγηση της μεταβλητότητας στον ρυθμό εναλλαγών. Στη συνέχεια έγινε πείραμα με TMS για να αναδειχτεί η πιθανή αιτιακή συμβολή αυτής της περιοχής στη μεταβλητότητα. Το ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα αμφίσημο ερέθισμα δομής από κίνηση και οι συμμετέχοντες έκαναν τρία σύνολα δοκιμών όπου ανέφεραν τα αμφίσημα αντιλήμματα της κίνησης πριν τη συνεδρία με TMS και τρία σύνολα όπου ανέφεραν τα αμφίσημα αντιλήμματα μετά. Το μέτρο που πάρθηκε ήταν οι μέσες διάρκειες κυριαρχίας, για τις οποίες έγινε σύγκριση πριν και μετά τη διέγερση θήτα έκρηξης (theta burst stimulation/ cTBS) που εφαρμόστηκε είτε στον δεξί SPL είτε στον αριστερό. Βρέθηκε ότι το cTBS αύξησε τις διάρκειες αντιλημμάτων συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου.

Αυτό το εύρημα αντικρούει το εύρημα των Carmel και λοιπών (2010) αλλά αυτή η φαινομενική σύγκρουση επιλύθηκε σε μια μεταγενέστερη έρευνα των Kanai, Carmel, Bahrami και Rees (2011), εφαρμόζοντας ανάλυση περιοχών ενδιαφέροντος (regions of interest-ROI) και βρέθηκε ότι, όταν διαταρασσόταν η δραστηριότητα στον δεξί άνω SPL, μειωνόταν η διάρκεια των αντιλημμάτων, ενώ όταν διαταρασσόταν η δραστηριότητα στον δεξί οπίσθιο SPL, αυξανόταν η διάρκεια των αντιλημμάτων, επομένως η διαφορά των δύο ερευνών που προαναφέρθηκαν έγκειται στις διαφορετικές υποπεριοχές του SPL που εμπλέκονται κάθε φορά. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην έρευνα των Kanai και λοιπών (2011), αυτά τα αποτελέσματα ίσχυαν τόσο για ένα ερέθισμα δομής από κίνηση όσο και για ένα ερέθισμα διοφθάλμιου

ανταγωνισμού, διευρύνοντας έτσι τα αποτελέσματα των Kanai και λοιπών (2010), που δεν χρησιμοποίησαν κλασικό διοφθάλμιο ανταγωνισμό, δείχνοντας ότι οι τροποποιήσεις στη δραστηριότητα του SPL που συσχετίζονται με τη διάρκεια των αντιληψιμάτων, ήταν όμοιες και για τις δύο μορφές αντιληπτικής αστάθειας.

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα των Kanai και λοιπών (2011), ήταν ότι μετρώντας την κλασματική ανισοτροπία (fractional anisotropy, FA), που αποτελεί έμμεσο μέτρο της συνδεσιμότητας της εργαζόμενης μνήμης, βρήκαν ότι υπήρχαν σημαντικές αρνητικές συσχετίσεις ανάμεσα στην FA και στη διάρκεια του αντιλήψματος, στη λευκή ουσία κάτω από τον δεξί και τον αριστερό SPL. Αυτό συμβαδίζει με τα ευρήματα που δείχνουν ότι όταν υπάρχει στροφή της προσοχής ανάμεσα σε θέσεις (Corbetta, Shulman, Miezin, & Petersen, 1995· Yantis και λοιποί, 2002, όπως αναφέρονται στους Kanai και λοιπούς, 2010) και ανάμεσα σε αντικείμενα που συμπίπτουν στον χώρο (Serences, Schwarzbach, Courtney, Golay, & Yantis, 2004, όπως αναφέρονται στους Kanai και λοιπούς, 2010), τότε σημειώνονται παροδικές ενεργοποιήσεις στον SPL. Συνοψίζοντας, τα ευρήματα των Kanai και λοιπών, (2011) δείχνουν ότι οι διατομικές διαφορές στον ρυθμό των αντιληπτικών εναλλαγών, εξηγούνται από τις δομικές διαφορές στον SPL, παρέχοντας την πρώτη νευροβιολογική ένδειξη. Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι αυτή η έρευνα δεν αποκάλυψε συσχετίσεις με τον προμετωπιαίο φλοιό, ενώ έρευνες που προαναφέρθηκαν έδειξαν ότι παίζει ρόλο στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, επομένως ενώ οι περιοχές του προμετωπιαίου φλοιού ενεργοποιούνται όταν συμβαίνουν αυθόρμητες αντιληπτικές εναλλαγές, η δομή τους δεν συσχετίζεται με τον ρυθμό εναλλαγών.

Μία τρίτη έρευνα που στόχευσε στις επιδράσεις του βρεγματικού λοβού στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό και χρησιμοποίησε TMS μαζί με fMRI είναι αυτή των Zaretskaya, Thielscher, Logothetis και Bartels, (2010). Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν fMRI για να εντοπίσουν τέσσερις βρεγματικές περιοχές που εμπλέκονταν στις αντιληπτικές εναλλαγές στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, οι οποίες βρέθηκε να είναι το άνω βρεγματικό λοβίο και η εμπρόσθια διαβρεγματική αύλακα (anterior intraparietal sulcus) και μάλιστα με ισχυρότερη στατιστική σημαντικότητα στο δεξί ημισφαίριο. Έπειτα προκάλεσαν διαταραχή στη νευρωνική τους επεξεργασία με τη χρήση online επαναλαμβανόμενου TMS⁸ που γινόταν στα 2 Hz κατά τη διάρκεια αναφοράς αντιληψιμάτων στην πορεία του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, ο οποίος προκλήθηκε με την διχοπτική παρουσίαση ενός σπιτιού και ενός προσώπου. Για να ελεγχθεί αν τα αποτελέσματα στον ανταγωνισμό προκαλούνταν από μη συγκεκριμένες επιδράσεις που οφείλονται στη μεθοδολογία του TMS, επιστρατεύτηκε μία συνθήκη επανάληψης, η οποία επαλήθευσε ότι τα αποτελέσματα δεν οφείλονται σε γενικές επιδράσεις στην επίδοση στο έργο.

⁸ Τα πρωτόκολλα του online TMSαφορούν σε γνωσιακά έργα που γίνονται ενόσω χορηγείται το TMS, ενώ τα πρωτόκολλα του offline TMSαφορούν σε γνωσιακά έργα που γίνονται μετά τη χορήγηση του TMS (Rotenberg, Horvath, & Pascual-Leone, 2014).

Η διέγερση με TMS έδειξε σημαντική επίδραση στο δεξί IPS, με μία τάση στον δεξί SPL και η πλευρικότητα του σήματος BOLD προέβλεπε εκείνη του TMS. Το εύρημα των Zaretskaya και λοιπών (2010), για επιμήκυνση των χρόνων κυριαρχίας με το TMS έρχεται σε αντίθεση με τα ευρήματα των δύο προηγούμενων ερευνών, η οποία μπορεί να εξηγείται από τις διαφορετικές μεθολογίες TMS που χρησιμοποιήθηκαν. Οι Zaretskaya και λοιποί (2010), χρησιμοποίησαν online TMS, ενώ οι Kanai και λοιποί (2010) offline, με το οποίο είναι πιθανό η ενεργοποίηση να εξαπλώνεται στη διάρκεια της offline περιόδου και να επηρεάζει μη στοχευμένες περιοχές (Paffen & Alais, 2011). Από αυτό συνάγεται ότι ο χαρακτηρισμός της λειτουργίας του TMS στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό ως σταθεροποιητικής ή μη σταθεροποιητικής δεν είναι γόνιμος, καθώς φαίνεται να υπάρχει ένα σημείο ισορροπίας ανάμεσα στην απόσυρση της προσοχής και στην εστίαση στα ερεθίσματα, με τα δύο άκρα να οδηγούν στην ίδια επίδραση επιμήκυνσης των περιόδων κυριαρχίας (Zaretskaya και λοιποί, 2010).

Στην προκαθορισμένη δραστηριότητα του αντιληπτικού συστήματος, θα μπορούσε ο βρεγματικός λοβός να συμβάλει στην εκ νέου επιλογή ερμηνειών για ό,τι βλέπουμε και το TMS σε αυτή την περιοχή θα μπορούσε να έχει όμοιες επιδράσεις για το αντιληπτικό σύστημα όπως η απόσυρση της προσοχής. Όταν αντίθετα το οπτικό σύστημα πρέπει να επικεντρωθεί σε έναν συγκεκριμένο στόχο, ο βρεγματικός λοβός θα μπορούσε να σταθεροποιεί το αντίλημμα. Αφορμώμενοι από την παρατήρηση των Leopold και Logothetis (1999), ότι όλες οι μορφές αντιληπτικής αστάθειας αλλά και συμπεριφορές που σχετίζονται με αυθόρμητες δράσεις αντιληπτικής επιλογής όπως ο ρυθμός των σακκαδικών, περιγράφονται καλά από την γάμμα κατανομή και ελέγχονται από ένα εμπροσθιο-βρεγματικό σύστημα, οι Zaretskaya και λοιποί (2010) πρότειναν ότι η ενεργοποίηση του SPL, που ήταν πιο κοντά σε οπτικοαισθητηριακές περιοχές, μπορεί να είναι το αποτέλεσμα των αντιληπτικών εναλλαγών, παρά η αιτία τους.

Όλες οι παραπάνω έρευνες έδειξαν ότι ο βρεγματικός φλοιός που είναι μια βασική δομή για τη χωρική προσοχή, έχει σημασία και για τη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, αν και δεν μπορούν να ρίξουν φως στο αν οι αντιληπτικές εναλλαγές προκύπτουν από προσθιοδρομική ή από οπισθοδρομική δραστηριότητα (Paffen & Alais, 2011). Εν κατακλείδι, είδαμε ότι υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα που υποστηρίζουν τόσο την υπόθεση του οφθαλμικού ανταγωνισμού όσο και την υπόθεση του ανταγωνισμού ερεθισμάτων. Ο ρόλος των κατώτερων περιοχών στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό καταδεικνύεται από τη γενικευμένη επίδραση της καταστολής, τα χαρακτηριστικά των τοπικών ζωνών κυριαρχίας, την εξάρτηση της δυναμικής εξέλιξης του φαινομένου από παράγοντες όπως η αντίθεση και η φωτεινότητα. Επιπρόσθετα, το γεγονός ότι ένα κατεσταλμένο ερέθισμα επανέρχεται στην κυριαρχία όταν τοποθετηθεί στο κυρίαρχο μάτι, αλλά και τα ευρήματα των Tong και Engel (2001), Haynes και λοιπών (2005), Pearson και λοιπών (2007), που έφεραν στο φως τον σημαντικό ρόλο της V1 και του LGN στο φαινόμενο,

παραπέμπουν στη σημασία των μονοφθάλμιων νευρώνων για την ανίχνευση σύγκρουσης στα ερεθίσματα.

Από την άλλη, οι έρευνες που δείχνουν τη σημασία της συνεργασίας των τοπικών ζωνών κυριαρχίας σε διοφθάλμιο επίπεδο, η ψυχοφυσική έρευνα των Logothetis και λοιπών (1996), αλλά και οι ηλεκτροφυσιολογικές έρευνες του Λογοθέτη και των συνεργατών του όπου βρέθηκε μικρή δραστηριότητα στη V1 αλλά και νευρώνες που η δραστηριότητά τους βρισκόταν σε αντίστροφη σχέση με τα αντιλήψιμα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, συνηγορούν υπέρ της ανώτερης φύσης του φαινομένου. Η σύγκρουση των δύο σχολών σκέψης για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό ήταν πάντως σημαντική για να αναδειχτούν όλες οι πλευρές του φαινομένου, το οποίο περιλαμβάνει την πρόκληση του ανταγωνισμού, την προαγωγή της αντιληπτικής κυριαρχίας και την εφαρμογή της καταστολής (Blake & Logothetis, 2002).

Η συσσώρευση αυτών των ευρημάτων, οδήγησε στην παραδοχή ότι το φαινόμενο στηρίζεται σε έναν καταρράκτη νευρωνικών γεγονότων που συμβαίνει σε πολλούς νευρωνικούς τόπους (βλέπε Wilson, 2003) με το βάθος της καταστολής να αυξάνεται καθώς προχωράμε σε ιεραρχικά ανώτερες περιοχές (Blake, 2001), όπως δείχνουν τουλάχιστον οι έρευνες ηλεκτροφυσιολογίας και αρκετά υπολογιστικά μοντέλα, αλλά όχι οι έρευνες με fMRI (Suzuki & Grabowecy, 2002). Τα υβριδικά μοντέλα που έχουν προταθεί φαίνεται να ενσωματώνουν καλύτερα την πλειονότητα των εμπειρικών δεδομένων. Για παράδειγμα, οι Tong, Meng και Blake (2006), πρότειναν ότι για σύνθετα ερεθίσματα η καταστολή είναι μόνο μερική και τα νευρωνικά σήματα του ανταγωνισμού περνούν σε ανώτερες περιοχές όπου ο ανταγωνισμός συνεχίζεται, δίνοντας έτσι έμφαση στην ανατροφοδότηση από ανώτερες περιοχές που τροποποιεί τη δραστηριότητα σε κατώτερες (για παρόμοια μοντέλα βλέπε Wilson, Blake, & Lee, 2001 · Freeman, & Driver, 2006 · Alais και Melcher, 2007). Αρκετά είναι όμως και τα υβριδικά μοντέλα που θεωρούν ότι οι αντιληπτικές εναλλαγές προκύπτουν από την τάση του εγκεφάλου να επαναξιολογεί συνεχώς τις αντιληπτικές ερμηνείες της αισθητηριακής πληροφορίας (Hohwy, Roepstorff, Friston, 2008 · Stertzler και λοιποί, 2009) και μπορούν να εξηγήσουν ικανοποιητικά την εμπλοκή ανώτερων περιοχών όπως το εμπροσθιο-βρεγματικό δίκτυο στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό.

4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

Η διαμάχη που ξεκίνησε ανάμεσα στους Helmholtz και Hering για τον ρόλο ανώτερων παραγόντων στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό συνεχίζεται έως σήμερα και μετουσιώνεται στο ερώτημα τι σημασία μπορεί να έχει η προσοχή για το φαινόμενο. Πρόκειται για ένα πολύ ενδιαφέρον ερώτημα, καθώς η απάντηση σε αυτό μπορεί να βοηθήσει να απαντηθούν και άλλα ερωτήματα, όπως σε τι βαθμό μπορούμε να καθορίσουμε τη συνειδητή μας εμπειρία και ποιοι είναι οι μηχανισμοί που βοηθούν στην επίλυση της σύγκρουσης στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό και σε άλλες μορφές ανταγωνισμού Dieter, & Tadin (2011).

Παρόλο που ο ανταγωνισμός είναι ένα σπάνιο αντιληπτικό φαινόμενο, υπάρχουν λόγοι να θεωρήσουμε ότι τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα γίνονται αντιληπτά από μηχανισμούς που συμμετάσχουν στον τρόπο που δομείται η συνήθης αντιληπτική μας εμπειρία. Για παράδειγμα, ο Arnold (2011a) πρότεινε ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός είναι ένα ασυνήθιστο φαινόμενο στην καθημερινότητα, γιατί οι εικόνες των πλησιέστερων αποφράξεων καταστέλλονται με επιμονή από τις εικόνες των αντικειμένων που βρίσκονται στο εγγύτερο σημείο εστίασης (near fixation), πράγμα που είναι προσαρμοστικό, καθώς αυξάνει την ορατότητα των εστιασμένων αντικειμένων.

Από την άλλη, ο O'Shea (2011), υποστήριξε ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός συμβαίνει πάντα, απλά δεν τον παρατηρούμε, καθώς οι διαφορές των εικόνων είναι μεγάλες στην περιφερειακή όραση, για την οποία εργαστηριακά δεδομένα δείχνουν ότι ο ανταγωνισμός είναι πιο αργός απ' ό,τι στην κεντρική όραση. Επιπρόσθετα, οι οφθαλμοκινήσεις, με τις οποίες τοποθετούνται νέες εικόνες σε κάθε περιοχή του αμφιβληστροειδή, εμποδίζουν το φαινόμενο να εξελιχθεί. Όμως ακόμη και αν ο ανταγωνισμός συμβαίνει και σε φυσιολογικές συνθήκες διοφθάλμιας όρασης, απαιτείται υπερβολικά πολύς χρόνος στον οποίο είναι αδύνατο να διατηρηθεί ενεργητικά η προσοχή του συμμετέχοντα στα ερεθίσματα (Arnold, 2011b). Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς ότι είναι αδύνατο να μιλήσει για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό αποφεύγοντας εντελώς την έννοια της προσοχής. Άλλωστε, ο ανταγωνισμός είναι χαρακτηριστικό εκ των ων ουκ άνευ για την προσοχή και η προσοχή επιδρά σε ολόκληρο το οπτικό σύστημα όπως και ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός (Leopold & Logothetis, 1999), παραλληλίες που σηματοδοτούν ισχυρές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα δύο φαινόμενα.

Όπως είδαμε, ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που περιλαμβάνει την καταγραφή της ασυμβατότητας των ερεθισμάτων, την προαγωγή της κυριαρχίας του ενός ερεθίσματος και την ταυτόχρονη καταστολή του άλλου και αντιληπτικές εναλλαγές στην πορεία του χρόνου. Πώς επιδρά λοιπόν η προσοχή σε κάθε συνιστώσα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού;

4.1Η ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΟΣ

Στην αρχή του διοφθάλμιου ανταγωνισμού το οπτικό σύστημα επιχειρεί να συγχωνεύσει τις δύο εικόνες στα μάτια και αυτή είναι μία περίοδος στην οποία υπάρχει αυξημένη αντιληπτική σύγκρουση (Dieter και λοιποί, 2016). Αν μία επιφάνεια φράσσει μία άλλη και μόνο το ένα μάτι βλέπει την φραγμένη επιφάνεια, τότε δεν προκύπτει διοφθάλμιος ανταγωνισμός, πράγμα που υποδηλώνει τον ρόλο οπτογεωμετρικών περιορισμών στο φαινόμενο (Shimojo & Nakayama, 1990). Από την άλλη, όταν παρουσιάζονται πανομοιότυπα μονοφθάλμια ερεθίσματα, δεν συγχωνεύονται όταν ερμηνεύονται ως διαφορετικά αντικείμενα που καταλαμβάνουν την ίδια θέση στο χώρο, ενώ συγχωνεύονται όταν ερμηνεύονται ως το ίδιο αντικείμενο σε μία θέση στο χώρο, εύρημα που σηματοδοτεί τις επιδράσεις του πλαισίου στην αρχική φάση του ανταγωνισμού (Andrews & Lotto, 2004).

Ανώτερες επιρροές στην αρχική φάση του ανταγωνισμού καταδείχτηκαν και στην έρευνα των Mitchell, Stoner και Reynolds (2004), που εξέτασαν αν «η επιλογή ενός αντικειμένου μέσω της προσοχής προκαλεί την κυριαρχία του στη διάρκεια του ανταγωνισμού». Αυτό έγινε σε ένα πείραμα διοφθάλμιου ανταγωνισμού, προκαλώντας την εστίαση της προσοχής σε μία από δύο υπερβεβλημένες επιφάνειες (δύο σε κάθε μάτι) και αφαιρώντας στη συνέχεια τη μία επιφάνεια ώστε να προκληθεί διοφθάλμιος ανταγωνισμός. Αναλυτικότερα, στο πρώτο πείραμα δινόταν και στα δύο μάτια ένα αντικείμενο που αποτελούνταν από δύο επιφάνειες κουκίδων οι οποίες περιστρέφονταν σε αντίθετες κατευθύνσεις και έδιναν το αντίλημμα μίας ενιαίας, διαφανούς εικόνας. Έπειτα η εξωγενής προσοχή στρεφόταν σε μία από τις δύο επιφάνειες, με την κίνηση ενός μεγάλου ποσοστού κουκίδων προς μία από επτά κατευθύνσεις και μόλις ολοκληρωνόταν η κίνηση, οι κουκίδες επανέρχονταν στην αρχική τους κατάσταση για 150ms. Τέλος, αφαιρούνταν μία επιφάνεια από κάθε ενιαίο αντικείμενο των ματιών, ώστε να παραμείνουν μόνο οι επιφάνειες με τις κουκίδες που κινούνταν αντίθετα και να προκληθεί ανταγωνισμός. Στο τέλος κάθε δοκιμής, οι συμμετέχοντες απαντούσαν αν είχε κυριαρχήσει μία επιφάνεια και ποια ήταν. Βρέθηκε ότι η ενδεδειγμένη επιφάνεια κυριαρχούσε σημαντικά.

Στη συνέχεια, έγινε ένα πείραμα όπου υπήρχε διοφθάλμιος ανταγωνισμός για να δουν αν θα παρατηρηθούν αυτές οι επιδράσεις της προσοχής που βασίζονται στο αντικείμενο. Και σε αυτό το πείραμα γινόταν αρχικά περιστροφή των δύο επιφανειών και στη συνέχεια η μία επιφάνεια κινούνταν προς μία από οχτώ κατευθύνσεις. Έπειτα το άτομο ανέφερε την κατεύθυνση της κίνησης και τέλος, 150 ms μετά την κίνηση-ένδειξη αφαιρούνταν η μία επιφάνεια από κάθε μάτι ώστε να παραμείνουν οι ανταγωνιστικές επιφάνειες, αλλά αντίθετα με το πρώτο πείραμα το άτομο δεν ανέφερε ποια επιφάνεια ήταν κυρίαρχη, αλλά την κατεύθυνση μιας δεύτερης κίνησης. Για να συγκριθεί η επιλογή από την εξωγενή προσοχή σε συνθήκες ανταγωνισμού με συνθήκες μη ανταγωνιστικές, οι παραπάνω δοκιμές αναμείχθηκαν με δοκιμές στις οποίες δεν παρουσιάζονταν ποτέ διχοπτικά ερεθίσματα. Στις μισές από αυτές τις δοκιμές εμφανίζονταν σε όλη τη διάρκεια δύο υπερβεβλημένες διαφανείς επιφάνειες σε κάθε μάτι, ενώ στις άλλες μισές και οι δύο επιφάνειες αφαιρούνταν από το ένα μάτι μετά την πρώτη κίνηση.

Βρέθηκε ότι ενώ με τη μονοφθάλμια θέαση η ένδειξη οδηγούσε σε άμεση βλάβη στην κρίση της κατεύθυνσης της μη ενδεδειγμένης επιφάνειας, με τη διχοπτική θέαση οι επιδράσεις της ένδειξης ήταν ασθενείς στην αρχή αλλά αυξάνονταν στην πορεία, και κατέληγαν να προκαλούν διαρκέστερη βλάβη από ότι στη μονοφθάλμια θέαση. Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι ότι, αν η εξωγενής προσοχή εστιαστεί σε ένα αντικείμενο πριν την έναρξη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, μπορεί να οδηγήσει στην κυριαρχία του. Αυτό που πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι οι ερευνητές προσπάθησαν να διασφαλίσουν ότι αυτή η επιλογή δεν ήταν συνέπεια άλλων μηχανισμών, όπως λόγου χάρη χωρικών, οπτικών ή μηχανισμών που στηρίζονταν σε επιμέρους χαρακτηριστικά, υπερτονίζοντας έτσι τον ρόλο της εξωγενούς προσοχής. Ωστόσο, δεν καθορίστηκε αν οι μηχανισμοί που εμπλέκονται

επιδρούν σε ύστερα επίπεδα όπου γίνεται αναπαράσταση των επιφανειών ή σε πιο πρώιμα επίπεδα όπου παίζει μεγαλύτερο ρόλο ο οφθαλμικός παράγοντας.

Σε επόμενη έρευνα οι Khoe, Mitchell, Reynolds και Hillyard (2008) εξέτασαν τη νευρωνική δράση των επιδράσεων της προσοχής για να καθορίσουν αν η επιλογή που σχετίζεται με την επιφάνεια η οποία προάχθηκε στον σχεδιασμό των Mitchell και λοιπών (2004) συμβαίνει νωρίτερα στις διχοπτικές συνθήκες θέασης από ότι στις μονοφθάλμιες, καταγράφοντας δυναμικά σχετικά με τα γεγονότα (event-related potentials, ERPs). Υπάρχει το ενδεχόμενο στη διάρκεια της διχοπτικής παρουσίασης οι ενδείξεις να τροποποιούν ένα συστατικό των ERPs που εκδηλώνεται πριν από το N1 (150-250 ms), δηλαδή σε ένα στάδιο επεξεργασίας όπου κωδικοποιείται το μάτι προέλευσης. Αυτή η υπόθεση ελέγχθηκε καταγράφοντας ERPs στη διάρκεια διχοπτικής και μονοφθάλμιας παρουσίασης.

Αρχικά εμφανίζονταν διοφθάλμια (δηλ. το ίδιο μοτίβο σε κάθε μάτι) δύο υπερβεβλημένα μοτίβα με κουκίδες που κινούνταν σε αντίθετες κατευθύνσεις γύρω από ένα σημείο εστίασης. Αμέσως μετά οι κουκίδες σε μία από τις επιφάνειες κινούνταν σε μία από τέσσερις κατευθύνσεις για να αποφευχθεί να γίνουν ενδογενείς ενδείξεις της προσοχής. Έπειτα η περιστροφή συνεχιζόταν για κάποια δευτερόλεπτα και είτε αφαιρούνταν μία επιφάνεια από κάθε μάτι, στη συνθήκη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, είτε αφαιρούνταν και οι δύο επιφάνειες από το ένα μάτι, στη μονοφθάλμια συνθήκη. Η σύγκριση αυτών των δύο συνθηκών έκανε δυνατή την αποσυσχέτιση της επίδρασης που ασκούσε η επιλογή βάσει της επιφάνειας από εκείνη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Τέλος, συνεχιζόταν η περιστροφή για λίγο και στην πορεία εισαγόταν μία νέα κίνηση (T2) σε μία από τις δύο επιφάνειες (είτε στην ενδεδειγμένη από την T1 είτε στην μη ενδεδειγμένη). Σε ένα μικρό ποσοστό των δοκιμών και οι δύο κινήσεις είχαν την ίδια κατεύθυνση, ενώ σε ένα μεγαλύτερο ποσοστό η T2 σημειωνόταν σε μία από τρεις κατευθύνσεις που δεν αντιστοιχούσαν σε εκείνη της T1. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να αποκριθούν αν οι κινήσεις είχαν την ίδια κατεύθυνση. Το μέτρο που πάρθηκε ήταν τα ERPs που συσχετιζόταν με την T2, καθώς αυτή ήταν η κίνηση που σημειωνόταν στην περίοδο του διοφθάλμιου ή του μονοφθάλμιου ανταγωνισμού, ανάλογα με τη συνθήκη και κατ' επέκταση επέτρεπε τη μέτρηση της επίδρασης της ένδειξης επιφάνειας στα πρώιμα (μονοφθάλμιος ανταγωνισμός) και στα ύστερα στάδια της οπτικής επεξεργασίας (διοφθάλμιος ανταγωνισμός).

Σε συμπεριφορικό επίπεδο, βρέθηκε ότι η σύντομη κίνηση T1 μείωνε την ικανότητα κρίσης για την επόμενη κίνηση T2 στην επιφάνεια που δεν ήταν ενδεδειγμένη και αυτή η μείωση ήταν πιο αισθητή στη συνθήκη διοφθάλμιου ανταγωνισμού από ό,τι στη μονοφθάλμια συνθήκη. Η ανάλυση των ERPs έδειξε ότι το ινιακό P1(110-160 ms) ήταν ενισχυμένο όταν η κίνηση σημειωνόταν στην ενδεδειγμένη επιφάνεια από ό,τι όταν σημειωνόταν στη μη ενδεδειγμένη, όμως μόνο για τη συνθήκη διχοπτικής διέγερσης. Στο ινιακό N1(160-220 ms) η ένδειξη τροποποιούσε περισσότερο το εύρος στη διχοπτική συνθήκη έναντι της μονοπτικής, ενώ αντίστοιχο μοτίβο βρέθηκε και για το P2(250-300 ms). Χαρακτηριστικό είναι ότι

διέφερε και η τοπογραφία των σημάτων στις δύο συνθήκες, με τη διοφθάλμια συνθήκη να οδηγεί σε δραστηριότητα σε πλευρικές ινιακές περιοχές, σε αμφίπλευρα ινιακά και σε κεντρικά και βρεγματικά σημεία στην περίπτωση της διχοπτικής διέγερσης, και σε δραστηριότητα στο επίπεδο θορύβου, σε ραχιαίες ινιακο-βρεγματικές περιοχές και σε πιο κεντρική κατανομή στον βρεγματικό φλοιό στην περίπτωση της μονοφθάλμιας συνθήκης.

Τα παραπάνω ευρήματα υποδηλώνουν ότι η επιλογή που γίνεται στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού συμβαίνει σε ένα στάδιο επεξεργασίας που γίνεται πριν από την επιλογή της μονοφθάλμιας εικόνας. Συγκεκριμένα, οι διαφορετικές επιδράσεις του P1 στις δύο συνθήκες (πιο ενισχυμένο όταν η κίνηση σημειωνόταν στην ενδεδειγμένη επιφάνεια στην περίπτωση της διχοπτικής διέγερσης, απουσία αυτής της επίδρασης στη μονοφθάλμια συνθήκη), μιας συνιστώσας που εκδηλώνεται πριν από το N1, δείχνει προς αυτή την κατεύθυνση. Με άλλα λόγια, η κινητοποίηση των μηχανισμών επιλογής του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, φαίνεται να συμβαίνει σε πιο πρώιμο στάδιο επεξεργασίας από αυτό των μηχανισμών που εμπλέκονται στην επιλογή της επιφάνειας. Αυτό αποκαλύπτεται και από το γεγονός ότι η τοπογραφία του P1 και του N1 εντοπιζόταν σε ινιακές περιοχές, όμοια με έρευνες που έχουν εξετάσει τη χωρική προσοχή με σύντομα παρουσιασμένα ερεθίσματα (Di Russo, Martinez, & Hillyard, 2003, όπως αναφέρονται στους Kloe και λοιπούς, 2008), όπου οι τροποποιήσεις των P1 και N1 εντοπιζόνταν στον κοιλιακό και στον πλευρικό εξωταινωτό οπτικό φλοιό. Η τοπογραφία του N1, όπως έχουν αναδείξει έρευνες με ερεθίσματα έναρξης κίνησης, εντοπίζεται στον πλευρικό-κοιλιακό οπτικό-κροταφικό φλοιό, που συμπεριλαμβάνει τις περιοχές MT/V5 και τη V3/V3a (Heinrich, 2007, όπως αναφέρεται στους Kloe και λοιπούς, 2009). Επιπρόσθετα οι μεγαλύτερες τροποποιήσεις του N1 και του P2 στη συνθήκη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, θα μπορούσαν να σημαίνουν ότι η επιλογή που γίνεται στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού περνά σε ανώτερες περιοχές επεξεργασίας.

Παρόλο που ένας βασικός περιορισμός αυτής της έρευνας είναι το γεγονός ότι με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν είναι δυνατός ο ακριβής χωρικός εντοπισμός, το σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι χάρη στις ακριβείς χρονικές επιδράσεις που αποκαλύπτει, μπόρεσε να υποστηρίξει τα υβριδικά μοντέλα για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Η τροποποίηση του P1 στη διάρκεια της διχοπτικής παρουσίασης που πιθανά αντανακλά επιλογή στο επίπεδο του πρώιμου εξωταινωτού οπτικού φλοιού, μπορεί να αντανακλά από πάνω προς τα κάτω τροποποιήσεις των μονοφθάλμιων νευρώνων του ματιού που είδε την ενδεδειγμένη επιφάνεια, από την προσοχή. Στη συνέχεια αυτή η επιλογή ρέει σε ανώτερες περιοχές και πιθανά ενισχύεται σε αυτές, όπως δείχνουν οι επιδράσεις στα N1 και P2. Από την άλλη, είναι πιθανό αυτή η επιλογή να συμβαίνει στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό αλλά να μην γεννά οργανωμένο πεδίο ERP μέχρι να φτάσει στον εξωταινωτό φλοιό, και στη συνέχεια να μεταδίδεται προσθιοδρομικά σε ανώτερες περιοχές, πράγμα που θα υποστήριζε τα μοντέλα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, σύμφωνα με τα οποία ο ανταγωνισμός είναι ανάμεσα σε μονοφθάλμια κανάλια.

Οι Chong και Blake (2006), θέλησαν να ελέγξουν τα ευρήματα των Mitchell (2004) με διαφορετικά ερεθίσματα. Για τον σκοπό αυτό παρουσίασαν δύο αλληλεπικαλυπτόμενα gratings (ένα σε κάθε μάτι) για 3 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια έκαναν σύντομη αύξηση της αντίθεσης στο ένα από τα δύο για να προσελκύσουν την εξωγενή προσοχή. Έπειτα ακολουθούσε μία κενή περίοδος και μία περίοδος στην οποία απέμεναν μόνο τα ανταγωνιστικά gratings. Βρέθηκε ότι η εξωγενής προσοχή επηρέαζε το ερέθισμα που γινόταν αντιληπτό στην αρχική φάση του ανταγωνισμού, επαληθεύοντας έτσι ότι η εξωγενής προσοχή επηρεάζει την αρχική κυριαρχία. Τέλος, διεύρυναν αυτά τα αποτελέσματα θέτοντας το ερώτημα αν η ενδογενής προσοχή μπορεί να επηρεάσει επίσης την αρχική κυριαρχία. Τα ερεθίσματα ήταν όμοια με εκείνα του πρώτου πειράματος, με την εξαίρεση ότι υφίσταντο αλλαγές σε κάποια χαρακτηριστικά τους στη διάρκεια της διοπτικής παρουσίασης. Στην έναρξη της διοπτικής παρουσίασης, δόθηκε οδηγία για να προσδιοριστεί ποιο από τα δύο gratings του plaid έπρεπε να παρακολουθούν. Μετά από ένα σύντομο διάστημα ακινησίας των ερεθισμάτων, προκειμένου να εστιαστεί η προσοχή, τα gratings υφίσταντο αλλαγές συνεχόμενα και ανεξάρτητα στον προσανατολισμό τους και στη χωρική τους συχνότητα για 5 sec. Στο τέλος αυτής της περιόδου και τα δύο gratings παρέμεναν στατικά για μια σύντομη φάση, ώστε ο συμμετέχοντας να παρατηρήσει αν το προσεγγμένο grating κατέληγε προσανατολισμένο στις +45 μοίρες ή στις -45. Τέλος, παρουσιάζονταν διχοπτικά τα δύο gratings με τους κάθετους προσανατολισμούς και στο τέλος αυτής της διχοπτικής παρουσίασης, ο συμμετέχοντας ανέφερε την αντιληπτική του κατάσταση και τον προσανατολισμό του grating που παρατηρούσε στη διάρκεια των 5 sec.

Βρέθηκε ότι στην αρχική κυριαρχία αναδυόταν το grating που είχε ανιχνευτεί σωστά στην προηγούμενη φάση με την επιστράτευση της ενδογενούς προσοχής. Συμπερασματικά, ο ρόλος τόσο της ενδογενούς όσο και της εξωγενούς προσοχής στην αρχική φάση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού όπου υπάρχει ανεπίλυτη σύγκρουση σε πολλαπλά στάδια της οπτικής οδού (Dieter & Tandin, 2011), ήρθε στην επιφάνεια από δύο ανεξάρτητες έρευνες. Τι συμβαίνει όμως στην πορεία της δυναμικής εξέλιξης του φαινομένου; Μπορεί η προσοχή να ασκήσει έλεγχο εκεί;

4.2 Η ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΔΙΟΦΘΑΛΜΙΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ

Οι Ooi και He (1999) ενδιαφέρθηκαν να εξετάσουν τον ρόλο της ενδογενούς και της εξωγενούς προσοχής στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποίησαν ένα ερέθισμα φαινομενικής κίνησης για να αλλάξουν την κυριαρχία του ματιού, τόσο σε συνθήκη με προσοχή όσο και σε συνθήκη χωρίς. Αυτός ο χειρισμός για να επανέλθει το κατεσταλμένο μάτι στην κυριαρχία έχει τις ρίζες του στο Cheshire effect (Duensing και Miller, όπως αναφέρονται στους Ooi & He, 1999) και στη διοφθάλμια συγκάλυψη της κίνησης (Grindley και Townsend 1965, όπως αναφέρονται στους Ooi & He, 1999). Σε αυτά τα παραδείγματα το ένα μάτι αντικρίζει ένα αντικείμενο (π.χ. ένα πρόσωπο) ενώ το άλλο μάτι αντικρίζει ένα κενό πεδίο. Μετά ο πειραματιστής διαταράσσει το μάτι που αντικρίζει το κενό πεδίο με ένα ερέθισμα κίνησης (π.χ. κουνώντας το χέρι του) και τότε ο παρατηρητής βλέπει το

αντικείμενο να εξαφανίζεται και σαν να σβήνεται από το κενό πεδίο. Για να αναπαράγουν το Cheshire effect, οι Ooi και He (1999) χρησιμοποίησαν ένα ερέθισμα φαινομενικής κίνησης στο οποίο παρουσιαζόταν μαύρα τετράγωνα στο μάτι που έβλεπε το κενό πεδίο, σε μια περιοχή που αντιστοιχούσε στη θέση κάποιου grating στο άλλο μάτι.

Η υπόθεσή τους ήταν ότι, αν η ενδογενής προσοχή βοηθάει ένα ερέθισμα να παραμείνει στην κυριαρχία, τότε στη συνθήκη με προσοχή θα ήταν λιγότερο συχνή η αλλαγή της κυριαρχίας. Αρχικά καθόρισαν ποιο μάτι θα κυριαρχούσε, παρουσιάζοντας στο κυρίαρχο μάτι τέσσερα gratings και στο άλλο μάτι κενό πεδίο. Χειρίστηκαν την ενδογενή προσοχή, υποδεικνύοντας στους συμμετέχοντες ποιο από τα gratings έπρεπε να προσέχουν. Έπειτα χρησιμοποίησαν το ερέθισμα φαινομενικής κίνησης στο κατεσταλμένο μάτι, το οποίο διερχόταν είτε μέσα από μια περιοχή που ήταν αντίστοιχη με την περιοχή παρουσίας του προσεγμένου grating (με έγκυρη ένδειξη), είτε μέσα από μια άλλη περιοχή (με άκυρη ένδειξη). Το ερέθισμα κίνησης ήταν γνωστό ότι θα «έσβηνε» το grating που βρισκόταν στην αντίστοιχη περιοχή του κυρίαρχου ματιού. Μετά από κάθε δοκιμή οι συμμετέχοντες απαντούσαν αν η κίνηση εξαφάνιζε το grating από το οποίο διερχόταν και υπολογίστηκε το ποσοστό εξαφάνισης του grating, ξεχωριστά στις δύο συνθήκες. Αυτό το ποσοστό βρέθηκε ότι ήταν μικρότερο στη συνθήκη με έγκυρη ένδειξη από ότι στη συνθήκη με άκυρη ένδειξη, επαληθεύοντας έτσι ότι η ενδογενής προσοχή επιδρά στις φάσεις κυριαρχίας ενός ερεθίσματος, διατηρώντας το κυρίαρχο.

Στο δεύτερο πείραμα ελέγχθηκε αν η εξωγενής προσοχή μπορούσε να επιδράσει σε ένα κατεσταλμένο ερέθισμα και πώς. Χρησιμοποιήθηκαν δύο gratings-στόχοι που είχαν ανταγωνιστικό προσανατολισμό και χρώμα στα δύο μάτια και έγινε έλξη της εξωγενούς προσοχής στο ένα από αυτά με την εμφάνιση μιας ένδειξης. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να απαντήσουν ποιο ήταν το χρώμα του grating όπου είχε παρουσιαστεί η ένδειξη. Η υπόθεση ήταν ότι αν η εξωγενής προσοχή δεν επαναφέρει το ερέθισμα στην κυριαρχία, τότε οι σωστές αποκρίσεις για το χρώμα θα ήταν στο τυχαίο επίπεδο, γιατί οι συμμετέχοντες θα απαντούσαν σωστά μόνο όταν το grating με την ένδειξη τύχαινε να είναι ήδη κυρίαρχο. Αντίθετα, αν η εξωγενής προσοχή επανέφερε το ερέθισμα στην κυριαρχία, τότε οι σωστές αποκρίσεις θα ήταν πάνω από το επίπεδο της τύχης.

Για τον έλεγχο αυτής της υπόθεσης, τα gratings-στόχοι εμφανίστηκαν ανάμεσα σε άλλα πέντε gratings και η ένδειξη που τραβούσε την εξωγενή προσοχή ήταν ένα ζεύγος κάθετων γραμμών γύρω από το grating-στόχο, το οποίο ξεχώριζε επειδή τα υπόλοιπα gratings (τόσο στο ίδιο μάτι όσο και στο άλλο) περιβάλλονταν από ένα ζεύγος οριζόντιων γραμμών (βλέπε *Εικόνα 1* a,b στους Ooi και He, 1999). Αυτός ο σχεδιασμός διασφάλισε ότι αν επανερχόταν στην κυριαρχία το grating-στόχος γύρω από το οποίο εμφανιζόταν η ένδειξη, αυτό θα οφειλόταν στην προσοχή και όχι στην ενίσχυση ισχύος του σήματος στο συγκεκριμένο μάτι. Βρέθηκε ότι οι σωστές αποκρίσεις ήταν πάνω από το επίπεδο της τύχης, δείχνοντας έτσι ότι η

εξωγενής προσοχή μπορεί να επαναφέρει ένα κατεσταλμένο ερέθισμα στην κυριαρχία.

Το γεγονός ότι η ενδογενής προσοχή ασκεί τις επιδράσεις της μόνο όταν ερέθισμα είναι κυρίαρχο στην αντίληψη, ενώ η εξωγενής μπορεί να επιδράσει στις φάσεις καταστολής, συντελεί υπέρ της ανεξαρτησίας αυτών των φάσεων του ανταγωνισμού, ή όπως πολύ γλαφυρά το έθεσαν οι Blake και Logothetis (2002), «οι φάσεις κυριαρχίας και καταστολής δεν είναι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος».

Σε όμοιο πνεύμα, οι Meng και Tong (2004) εξέτασαν τον ρόλο της επιλεκτικής προσοχής στην πορεία του διοφθάλμιου ανταγωνισμού τον σύγκριναν με τον ρόλο της στην εξέλιξη των εναλλαγών που θα συνέβαιναν όταν παρουσιαζόταν ο κύβος του Necker. Προηγούμενες έρευνες είχαν δείξει ότι οι παρατηρητές μπορούσαν ηθελημένα να ελέγξουν τον ρυθμό των αντιληπτικών εναλλαγών χωρίς να παίζει ρόλο το είδος των ερεθισμάτων, παραπέμποντας σε έναν κοινό μηχανισμό επιλογής που εμπλέκει την επιλεκτική προσοχή, όπως είχαν προτείνει οι Leopold και Logothetis (1999). Βέβαια, οι Meng και Tong (2004) υπερτόνισαν ότι ο ηθελημένος έλεγχος των αντιληπτικών εναλλαγών δεν σημαίνει αναγκαστικά έλεγχο του ανταγωνισμού, καθώς οι εναλλαγές θα μπορούσαν να οφείλονται σε μία πληθώρα περιφερειακών παραγόντων, όπως ο αριθμός των βλεφαρισμάτων και των μικροσακκαδικών (Peckham, 1936), η διέγερση (arousal) και η νευρωνική διέγερση (neural excitation) (Chong, Tadin & Blake, 2005).

Μεταχειριζόμενοι δύο μορφές πολυσταθούς αντίληψης (ένα παράδειγμα με διοφθάλμιο ανταγωνισμό και ένα παράδειγμα με τον Necker cube) εξέτασαν τον ρόλο της επιλεκτικής προσοχής στην αύξηση της διάρκειας της επιθυμητής αναπαράστασης και στην ταυτόχρονη μείωση της μη επιθυμητής. Βρέθηκε ότι ο έλεγχος για τα διχοπτικά παρουσιασμένα ερεθίσματα ήταν ασθενέστερος από ότι για τον κύβο του Necker, ακόμη και όταν αυτά μεγιστοποιούσαν τις ευκαιρίες για την επίδραση της προσοχής της σχετικής με χαρακτηριστικά, αντικείμενα και χώρο. Από αυτό συνήγαγαν ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός είναι πιο αυτόματο φαινόμενο από άλλες μορφές πολυσταθούς αντίληψης, ερμηνεία που συνάδει με τα μοντέλα που θέλουν τον ανταγωνισμό να ξεκινάει από κατώτερα στάδια της οπτικής οδού. Αξίζει να σημειωθεί ότι όμοια ευρήματα έχουν προκύψει και με άλλους τύπους πολυσταθών ερεθισμάτων, όπως ερεθισμάτων με φαινομενική κίνηση (Suzuki & Peterson, 2000) και με τρισδιάστατη δομή από την κίνηση (Hol, Koene, & van Ee, 2003).

Ο λόγος που ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός είναι λιγότερο ευάλωτος στους χειρισμούς της προσοχής από άλλα φαινόμενα πολυσταθούς αντίληψης δεν είναι γνωστός, όμως ένα ενδιαφέρον ερώτημα που προκύπτει είναι τι θα συνέβαινε αν το ένα από τα ερεθίσματα γινόταν ενδιαφέρον επιστρατεύοντας, λόγου χάρη, ένα απαιτητικό έργο προσοχής. Οι van Ee, van Dam και Brouwer (2005) μεταχειρίστηκαν ένα επικλινές ερέθισμα στο οποίο αξιοποιούνταν η πληροφορία για το βάθος που προερχόταν τόσο από μονοφθάλμιους όσο και από διοφθάλμιους νευρώνες, για να συγκρίνουν την επίδραση του ηθελημένου ελέγχου σε αυτό με την επίδρασή του σε

άλλους τύπους ανταγωνισμού και συγκεκριμένα στον ανταγωνισμό μεταξύ gratings, μεταξύ σπιτιού και προσώπου και στον κύβο του Necker. Η λογική αυτού του ερεθίσματος είναι η κατασκευή στερεογραμμμάτων όπου η μονοφθάλμια ανασκευή του βάθους συγκρούεται με τη διοφθάλμια, εν προκειμένω με τον χειρισμό ερεθισμάτων στα οποία η μονοφθάλμια προοπτική και η διοφθάλμια ανισότητα (disparity) καθόριζαν αντίθετα επικλινή ερεθίσματα στον κάθετο άξονα (βλέπε *Εικόνα 1 a*, van Ee, 2005).

Βρέθηκε ότι για το επικλινές ερέθισμα τα άτομα μπορούσαν να υπακούσουν στην οδηγία διατηρώντας κυρίαρχο για αρκετό χρόνο το ένα αντίλημμα. Ωστόσο, επειδή αυτός ο τύπος ανταγωνισμού είναι φαινομενολογικά πιο κοντά στον ανταγωνισμό που συμβαίνει με τον κύβο του Necker, δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτό το εύρημα για τον ηθελημένο έλεγχο μπορεί να γενικευτεί και σε πιο κλασικά ερεθίσματα διοφθάλμιου ανταγωνισμού (Chong και λοιποί, 2005).

Οι Chong και λοιποί (2005) μεταχειρίστηκαν gratings με ανταγωνιστικούς προσανατολισμούς για να εξετάσουν τον ρόλο του ηθελημένου ελέγχου στον ανταγωνισμό και υπέθεσαν ότι τα αντικρουόμενα ευρήματα ίσως έχουν να κάνουν με το πόσο απαιτητικό είναι το έργο προσοχής που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Στο πρώτο πείραμα αυτής της έρευνας χρησιμοποίησαν τρεις συνθήκες προσοχής: μία συνθήκη παθητικής θέασης, μία συνθήκη προσοχής στην οποία ταυτόχρονα με την αναφορά της αντιληπτικής κυριαρχίας τα άτομα παρακολουθούσαν τις αλλαγές στη χωρική συχνότητα του ενός grating για να αναφέρουν τον αριθμό τους στο τέλος της δοκιμής και μία δεύτερη συνθήκη προσοχής που ήταν όμοια με την πρώτη, με την εξαίρεση ότι παρακολουθούσαν τις αλλαγές και στα δύο gratings. Βρέθηκε ότι και στις δύο συνθήκες που η προσοχή ήταν στραμμένη σε ένα *χαρακτηριστικό* των ανταγωνιστικών ερεθισμάτων, η μέση διάρκεια κυριαρχίας ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι στην παθητική συνθήκη. Αυτά τα αποτελέσματα επαληθεύτηκαν και σε ένα δεύτερο πείραμα, όπου η επιστράτευση της προσοχής και της παρακολούθησης ερεθισμάτων έγινε χωρίς διττό έργο.

Η ερμηνεία που δόθηκε ήταν ότι η επιλεκτική προσοχή μπορεί να αυξάνει τη διάρκεια κυριαρχίας του προσεγγμένου ερεθίσματος αυξάνοντας την αποτελεσματική του αντίθεσή του, καθώς είναι γνωστό ότι η προσοχή μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματική αντίθεση ενός μοτίβου (Lu & Doshier, 1998· Carrasco, Ling, & Read, 2004). Αυτό επαληθεύτηκε στο τρίτο πείραμα της έρευνας των Chong και λοιπών (2005), στο οποίο εκτός από τη συνθήκη παθητικής θέασης και τη συνθήκη προσοχής στις αλλαγές της χωρικής συχνότητας, υπήρχε και μία συνθήκη στην οποία έγινε αύξηση της αντίθεσης ταυτόχρονα με την έναρξη της κυριαρχίας του grating που η χωρική του συχνότητα άλλαζε αλλά δεν γινόταν αναφορά αυτής της αλλαγής. Βρέθηκε ότι οι επιδράσεις της ενδογενούς προσοχής ισοδυναμούσαν με διπλασιασμό της αντίθεσης του προσεγγμένου ερεθίσματος ενώ ήταν κυρίαρχο.

Βέβαια, στους Chong και λοιπούς (2005) βρέθηκε ότι η προσοχή άλλαζε τη διάρκεια κυριαρχίας του προσεγγμένου ερεθίσματος, αφήνοντας ανεπηρέαστη τη μέση

διάρκεια κυριαρχίας του άλλου, εύρημα που ήταν κοινό τόσο στο πρώτο πείραμα της έρευνας όσο και στο τρίτο, οπότε ακόμη κι αν θεωρήσουμε ότι η προσοχή επιδρά στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό επιδρώντας στην αντίθεση, το παραπάνω αποτέλεσμα έρχεται σε αντίθεση με τη δεύτερη πρόταση του Levelt, σύμφωνα με την οποία η αλλαγή στην αντίθεση του ενός ερεθίσματος επηρεάζει τη μέση διάρκεια κυριαρχίας του άλλου ερεθίσματος, αφήνοντας ανεπηρέαστη τη μέση διάρκεια κυριαρχίας του ερεθίσματος που υφίσταται την αλλαγή. Ένας λόγος γι' αυτό μπορεί να είναι απλά το γεγονός ότι η ενδογενής προσοχή δεν μπορεί να επηρεάσει σε ένα φαινομενικά αόρατο (κατεσταλμένο ερέθισμα).

Στο ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα κατέληξε η έρευνα των Hancock και Andrews (2007), οι οποίοι έθεσαν ένα grating πάνω από ένα άλλο και στα δύο μάτια και εισήγαγαν περιστροφή στο ένα από τα δύο gratings για να προσελκύσουν την εξωγενή προσοχή (βλέπε *Εικόνα 1*). Βρήκαν ότι το ενδεδειγμένο grating κυριαρχούσε περισσότερο από το μη ενδεδειγμένο και αυτή η επίδραση της προσοχής ήταν μεγαλύτερη όταν μεσολαβούσε μικρότερο χρονικό διάστημα από την έναρξη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Κυριότερα, όταν υπήρχε ένα έργο που έστρεφε την ενδογενή προσοχή σε ένα από δύο ανταγωνιστικά ερεθίσματα, μειωνόταν η μέση διάρκεια κυριαρχίας του μη προσεγμένου ερεθίσματος, εύρημα που συμβαδίζει με τη δεύτερη πρόταση του Levelt. Ο λόγος της διαφοράς από τους Chong και λοιπούς (2005) δεν είναι κατανοητός, όμως η αναθεώρηση της δεύτερης πρότασης του Levelt με τη χρήση περισσότερο ποικίλων συνδυασμών ισχύος των ερεθισμάτων (Brascamp και λοιποί, 2015) μπορεί να ενσωματώσει τις επιδράσεις της ενδογενούς προσοχής στο κυρίαρχο ερέθισμα.

Αν οι παραπάνω έρευνες εξέτασαν τι συμβαίνει όταν η προσοχή κατευθυνόταν μόνο σε ένα από τα δύο ανταγωνιζόμενα ερεθίσματα, οι Paffen, Alais και Verstraten (2006) εξέτασαν τη σχέση της προσοχής και στα δύο ερεθίσματα με την αντίθεση. Στον δικό τους σχεδιασμό οι συμμετέχοντες παρακολουθούσαν τις αντιληπτικές εναλλαγές σε ένα κεντρικό ερέθισμα, ενώ ταυτόχρονα γινόταν ανίχνευση εκρήξεων κίνησης σε μία στεφάνη που περιέκλειε τους ανταγωνιστικούς στόχους. Αυτή η συνθήκη προσοχής συγκρίθηκε με μία συνθήκη παθητικής θέασης και οι δύο συνθήκες παρουσιάστηκαν σε τέσσερα επίπεδα αντίθεσης και για τα δύο gratings-στόχους. Βρέθηκε ότι η μείωση του ρυθμού εναλλαγής που προκαλούνταν στη συνθήκη της διηρημένης προσοχής ισοδυναμούσε με τη μείωση του ρυθμού όταν η αντίθεση μειωνόταν στο μισό, τεκμηριώνοντας πειραματικά ότι η προσοχή ενδεχομένως ασκεί τις επιδράσεις της στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό διαμέσου της αντίθεσης.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα των van Ee, van Boxtel, Parker και Alais (2009), που συσχετίζει την επιλογή ενός αντιλήμματος μέσω της επιλεκτικής προσοχής με πολυτροπικές συνθήκες. Δεδομένου ότι οι αισθήσεις αλληλεπιδρούν και το ερέθισμα στη μία τροπικότητα μπορεί να αλλάξει την αντίληψη στην άλλη, οι van Ee και λοιποί (2009) υπέθεσαν ότι η συνάφεια μπορεί να διευκολύνει τον ηθελημένο

έλεγχο και το ένα από τα δύο αντιλήμματα να ενισχύεται περισσότερο όταν θα υπάρχει συνάφεια από ερέθισμα μίας άλλης τροπικότητας.

Για να ελέγξουν αυτή την υπόθεση χρησιμοποίησαν ένα ερέθισμα που προκαλούσε διοφθάλμιο ανταγωνισμό ταυτόχρονα με ένα ερέθισμα που αποτελούνταν από δύο ήχους, ο ένας από τους οποίους ήταν συναφής με το ένα από τα δύο ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να διατηρήσουν για όσο το δυνατόν περισσότερο είτε το ένα είτε το άλλο ερέθισμα στην ενεργητική συνθήκη, ενώ στην παθητική συνθήκη δεν ασκούσαν κανενός είδους έλεγχο και οι τρεις συνθήκες ελέγχθηκαν με και χωρίς τα ακουστικά ερεθίσματα. Βρέθηκε ότι στη συνθήκη με ήχο όταν αυτός ήταν προσεγγμένος και ταιριαστός με το ένα από τα δύο ερεθίσματα, ενισχυόταν η ικανότητα να επιλεγεί και να διατηρηθεί το ταιριαστό ερέθισμα, ενώ ταυτόχρονα μειωνόταν η ικανότητα να επιλεγεί και να διατηρηθεί το μη ταιριαστό ερέθισμα. Επιπρόσθετα, βρέθηκε ότι όταν ο ήχος ήταν ασυγχρόνιστος με το οπτικό μοτίβο, μειώνει τον ηθελημένο έλεγχο και ότι η προσοχή στον ήχο και όχι η απλή παρουσία του ήταν απαραίτητη συνθήκη για να παρατηρηθεί η ενίσχυση του πολυαισθητηριακού ελέγχου της οπτικής αμφισημίας.

Σε θεωρητικό επίπεδο, οι van Ee και λοιποί (2009) υποστήριξαν ότι η ενίσχυση της ικανότητας για παρατεταμένη διάρκεια ενός αμφίσημου ερεθίσματος για το οποίο υπήρχε συναφές ερέθισμα σε άλλη τροπικότητα, οφείλονταν σε από πάνω προς τα κάτω ανατροφοδότηση από πολυαισθητηριακές διεργασίες προσοχής, οι οποίες επέλεγαν το συναφές χαρακτηριστικό του σήματος εισροής. Υπέρ αυτής της ερμηνείας τάσσονται και οι έρευνες που προαναφέρθηκαν οι οποίες συσχετίζουν τις επιδράσεις της προσοχής στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό με τις επιδράσεις της αντίθεσης αλλά και ψυχοφυσικές και νευροφυσιολογικές έρευνες που δείχνουν ότι ο νευρωνικός μηχανισμός που υποθάλπει την επιλεκτική προσοχή επιδρά ενισχύοντας την αύξηση (gain) του σχετικού νευρωνικού πληθυσμού, που εικάζεται ότι βρίσκεται σε πρώιμα φλοιϊκά επίπεδα της οπτικής και της ακουστικής επεξεργασίας. Αξιοσημείωτο είναι ότι έχει προταθεί και θεωρητικό νευρωνικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο η αύξηση τροποποίησης της προσοχής σε πρώιμα φλοιϊκά επίπεδα επαρκεί για να εξηγήσει τα δεδομένα που σχετίζονται με τον ηθελημένο έλεγχο πολυσταθών οπτικών ερεθισμάτων και ότι πρώιμοι μηχανισμοί εμπλέκονται σε αυτόν τον έλεγχο (Noest, van Ee, Nijss και van Wezel, 2007).

Επιπρόσθετα, τα παραπάνω ευρήματα υποστηρίζουν τον ρόλο νευρώνων που ανακαλύφθηκαν πρόσφατα στον οπίσθιο βρεγματικό, άνω προμετωπιαίο και άνω κροταφικό ανθρώπινο φλοιό, οι οποίοι συνδυάζουν την επίδραση της προσοχής στις διαφορετικές τροπικότητες. Θα μπορούσε να ισχύει ότι όταν ο εγκέφαλος ανιχνεύει τον ρυθμό σε ένα έργο, η προσοχή δίνει ανατροφοδότηση στον φλοιό που είναι αφιερωμένος στην ενιαία επεξεργασία αισθητηριακών ερεθισμάτων (unisensory cortex), προκειμένου να ενισχύσει τη σύνθετη και ενισχυμένη εκροή της ταιριαστής αντιληπτικής ερμηνείας. Με άλλα λόγια, οι ίδιοι νευρωνικοί πληθυσμοί που ελέγχουν την πολυτροπική αισθητηριακή ενσωμάτωση ασκούν και τον ηθελημένο έλεγχο. Υπάρχει βέβαια και η εναλλακτική άποψη, σύμφωνα με την οποία οι

πολυαισθητηριακές αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν εξαιτίας της προσθιοδρομικής σύγκλισης σε πολύ πρώιμες φλοιϊκές περιοχές που προηγουμένως θεωρούνταν αποκλειστικά αφιερωμένες στην ενιαία επεξεργασία αισθητηριακών ερεθισμάτων, όμως η περαιτέρω σύγκριση αυτών των δύο θεωρήσεων είναι πέρα από τις σκοπιμότητες της παρούσας εργασίας.

Αν οι παραπάνω έρευνες εξέτασαν την αλληλεπίδραση της προσοχής και του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, οι Pastukhon και Braun (2007) πρόσθεσαν ευρήματα στη σχετική βιβλιογραφία εξετάζοντας αν η προσοχή είναι απαραίτητη για την εκδήλωση αντιληπτικών εναλλαγών. Για να το πετύχουν αυτό συνδύασαν την διακεκομμένη παρουσίαση των ερεθισμάτων με τον χειρισμό της προσοχής. Στο πείραμα με πλήρη προσοχή, παρουσιαζόταν ένα κινούμενο plaid στην περιφέρεια και κινούμενα βάρακια στο κέντρο, ενώ τα άτομα έπρεπε να χαρακτηρίσουν τη φαινομενική εμφάνιση του plaid. Συγκεκριμένα, τα κινούμενα plaids εμφανίζονταν είτε ως δύο επιφάνειες που κυλούσαν η μία μέσα στην άλλη, είτε ως μία επιφάνεια που κινούνταν ενιαία προς μία κατεύθυνση, και οι συμμετέχοντες έπρεπε να αναφέρουν αν η κίνηση ήταν ενιαία (μία επιφάνεια που κινούνταν), διαφανείς (δύο επιφάνειες με κίνηση) ή αβέβαιοι (βλέπε *Εικόνα 1*, Pastukhon και Braun, 2007).

Στο πείραμα με περιορισμένη προσοχή τους ζητήθηκε να παρατηρούν και το περιφερειακό και το κεντρικό ερέθισμα, τα οποία ήταν ίδια με του πρώτου πειράματος, ώστε να αποκριθούν τόσο για την φαινομενική εμφάνιση του plaid όσο και για την κατεύθυνση κίνησης του κεντρικού ερεθίσματος. Στο πείραμα χωρίς προσοχή, για να αποθαρρύνουν τις μετατοπίσεις της προσοχής τους ζητήθηκε να αγνοήσουν πλήρως το plaid και να εκτελούν μόνο το έργο για το κεντρικό ερέθισμα σε δέκα διαδοχικές παρουσιάσεις, με την προσδοκία η επίδοση να είναι καλύτερη σε αυτό το έργο και να δημιουργηθεί ένας ευαίσθητος δείκτης της κατανομής της προσοχής. Στις επόμενες δύο παρουσιάσεις όμως του συγκεκριμένου συνόλου δοκιμών, οι κεντρικοί στόχοι παραλήφθηκαν και οι συμμετέχοντες είχαν την οδηγία να στρέψουν την προσοχή τους και να αναφέρουν μόνο τα αντιλήμματά τους από την αμφίσημη παρουσίαση (κινούμενα plaids), ώστε να συνάγουν την πορεία των αντιληπτικών εναλλαγών σε αυτή τη συνθήκη. Η σύγκριση του πρώτου και του τρίτου πειράματος έδειξε ότι η απομάκρυνση της προσοχής από το περιφερειακό ερέθισμα παρέτεινε τις μεταβατικές φάσεις, ενώ η πορεία των εναλλαγών ήταν όμοια στη συνθήκη χωρίς προσοχή και στη συνθήκη με περιορισμένη προσοχή, με τις εναλλαγές να καθυστερούν όταν υπήρχε ένα δύσκολο δευτερεύον έργο προσοχής.

Πιο σημαντικό εύρημα, είναι η διαφοροποιημένη επίδραση της προσοχής και της αντίθεσης που βρήκαν οι Pastukhon και Braun (2007) στα αντιλήμματα. Όπως είδαμε και παραπάνω, η δεύτερη πρόταση του Levelt περιγράφει την αποσταθεροποίηση των κυρίαρχων και μη αντιληπμάτων με την ισόρροπη αύξηση της δραστηριότητας στις νευρωνικές αναπαραστάσεις κάθε αντιλήμματος, αλλά και το γεγονός ότι μια μονομερής αύξηση της δραστηριότητας αποσταθεροποιεί το κατεσταλμένο ερέθισμα σταθεροποιώντας το κυρίαρχο.

Στους Pastukhov και Braun (2007) οι επιδράσεις της προσοχής ήταν όμοιες με τις επιδράσεις του αυξημένου χρόνου παρουσίας, καθώς και οι δύο μεταβλητές προκαλούσαν αυξημένη δραστηριότητα που αποσταθεροποιούσε το κυρίαρχο και το μη κυρίαρχο ερέθισμα, ενώ αντίθετα η αύξηση της αντίθεσης σταθεροποιούσε το κυρίαρχο ερέθισμα αλλά αποσταθεροποιούσε το μη κυρίαρχο. Ποιοτικά λοιπόν, η εστίαση της προσοχής και η αύξηση της αντίθεσης δεν εξισώνονται, τουλάχιστον όχι για τον τύπο των ερεθισμάτων που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα. Συνοψίζοντας, βρέθηκε ότι η προσοχή δεν είναι η αιτία των εναλλαγών, παρόλο που δεν αποκλείεται να παίζει κάποιο ρόλο σε αυτές, μαζί με άλλους παράγοντες αποσταθεροποίησης, όπως είναι η προσαρμογή και ο νευρωνικός θόρυβος.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η προσοχή είναι σχετικά δύσκολο να ασκεί τις επιδράσεις της στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό μόνο διαμέσου της αντίθεσης. Ένα ενδιαφέρον ερώτημα είναι τι συμβαίνει όταν το ένα από τα δύο ερεθίσματα αποκτά ιδιαίτερη σημασία, λόγου χάρη με την επιστράτευση ενός δευτερεύοντος έργου ή με τον χειρισμό μεταβλητών όπως το συναισθηματικό πρόσημο των ερεθισμάτων. Σε τέτοια κατεύθυνση κινήθηκε το πείραμα των Chopin και Mamassian (2010), στο οποίο εξετάστηκε αν θα γινόταν μία από τις ανταγωνιζόμενες εικόνες περισσότερο αντιληπτή από την άλλη, δεδομένου ότι θα διευκόλυνε σε ένα δευτερεύον έργο. Τα δύο είδη δοκιμών περιλάμβαναν εκείνες που είχαν ένα έργο αναζήτησης, όπου έπρεπε να εντοπίσουν το gabor-στόχο που είχε μικρότερη αντίθεση ανάμεσα σε gabors με μεγαλύτερη αντίθεση και εκείνες που περιλάμβαναν ένα έργο αναφοράς του ανταγωνισμού όπου ανέφεραν τον προσανατολισμό του gabor που κυριαρχούσε κάθε φορά.

Στο πρώτο σύνολο δοκιμών ο στόχος παρουσιαζόταν εξίσου συχνά με προσανατολισμό προς τα αριστερά και με προσανατολισμό προς τα δεξιά, ενώ αντίθετα στα επόμενα δύο σύνολα ο στόχος είχε πάντα τον ίδιο προσανατολισμό, αυτό όμως δεν ειπώθηκε ρητά στους συμμετέχοντες. Στο τελευταίο σύνολο η παρουσίαση ήταν όμοια με τους πρώτους. Οι παρατηρητές θα μπορούσαν να εκτελέσουν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα το έργο αναζήτησης, αν μπορούσαν να μάθουν άρρητα την κανονικότητα του προσανατολισμού του στόχου και να φέρουν στην κυριαρχία την εικόνα που περιείχε τα συγκεκριμένα αντικείμενα. Στο έργο του διοφθάλμιου ανταγωνισμού βρέθηκε μια μεροληψία να γίνεται αντιληπτή η εικόνα που περιείχε τον στόχο και, το οποίο συνέβαινε νωρίς στο δεύτερο σύνολο και παρατεινόταν μέχρι το τέταρτο σύνολο. Μάλιστα, αυτή η μεροληψία οφειλόταν σε αύξηση στο ποσοστό των πρώτων αντιληψιμάτων και όχι σε επίδραση στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, εύρημα που συνηγορεί υπέρ της ανεξαρτησίας των διεργασιών που υποστηρίζουν το αρχικό αντίλημμα από τις διεργασίες που υποστηρίζουν την πορεία του ανταγωνισμού (Dieter & Tandin, 2011).

Οι Chopin και Mamassian (2010) απέκλεισαν εναλλακτικές ερμηνείες των ευρημάτων τους, όπως τις επιδράσεις της ισχύος του σήματος, της προσοχής και της

αντιληπτικής σταθεροποίησης⁹ και έδειξαν ότι οι στατιστικοί συσχετισμοί που προερχόταν από τις απαιτήσεις του έργου μπορούσαν να καθορίσουν άμεσα αυτό που γίνεται αντιληπτό. Με άλλα λόγια, παρόλο που ο ανταγωνισμός εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από κατώτερου τύπου διεργασίες, φαίνεται να επιδρά σε αυτόν ένας μηχανισμός που υπολογίζει τη χρησιμότητα στη βάση των παρελθοντικών εμπειριών, μάθηση που συμβαίνει άρρητα. Οι ερευνητές πρότειναν ότι η λειτουργία της αύξησης σε ένα Μπεϋζιανό πλαίσιο θα μπορούσε να περιγράψει τα ευρήματά τους.

Τις επιδράσεις του συναισθήματος στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό εξέτασαν οι Alpers και Pauli (2006) οι οποίοι βρήκαν ότι τα πρόσωπα με συναισθηματικό φορτίο κυριαρχούσαν για μεγαλύτερο συνολικό ποσοστό του χρόνου από ότι πρόσωπα με ουδέτερο φορτίο και η επίδραση του συναισθήματος ήταν επίσης εμφανής στο αρχικό αντίλημμα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Οι Anderson, Siegel, Bliss-Moreau και Barrett (2011) διεύρυναν τα ευρήματα ακόμη περισσότερο, δείχνοντας ότι ακόμη και ουδέτερα πρόσωπα μπορούσαν να κυριαρχήσουν σημαντικά περισσότερο, αν προηγουμένως είχαν συσχετιστεί με αρνητικές κοινωνικές συμπεριφορές μέσω των περιγραφών που δινόταν για τη συμπεριφορά τους, από ότι πρόσωπα που είχαν συσχετιστεί με θετικές ή ουδέτερες συμπεριφορές. Έγινε σαφές λοιπόν ότι η κοινωνική μάθηση που επιδρά στα συναισθήματα μπορεί να επιδράσει στην όραση μέσω διεργασιών που ασκούνται από πάνω προς τα κάτω, ανεξάρτητα από κατώτερους παράγοντες που αφορούν τα χαρακτηριστικά των προσώπων.

Στη σχετική βιβλιογραφία πρόσθεσε η έρευνα των Yang, Zald και Blake (2007) οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση του συναισθήματος. Χρησιμοποιήθηκε μια παραλλαγή της παρατεταμένης καταστολής φλας (continuous flash suppression, CFS) το οποίο είναι μια εύρωστη μορφή διοφθάλμιου ανταγωνισμού, όπου στο ένα μάτι παρουσιάζεται μια ταχέως εναλλασσόμενη παράταξη πυκνών σχημάτων μεγάλης αντίθεσης και στο άλλο μάτι παρουσιάζεται μια συμβατική στατική ανταγωνιστική εικόνα. Λόγω του εύρους του ενεργειακού φάσματος του ερεθίσματος CFS, αυτό κυριαρχεί αρχικά και για μεγαλύτερες περιόδους από ότι τα συμβατικά ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Στην παραλλαγή αυτού του έργου παρουσιάζεται ένα ερέθισμα ελέγχου στο ένα μάτι και ένα ερέθισμα CFS στο άλλο μάτι, με το CFS να εμποδίζει αρχικά να γίνει αντιληπτό το ερέθισμα ελέγχου και την επίδραση αυτή να φθίνει σταδιακά μέχρι που γίνεται αντιληπτό το ερέθισμα ελέγχου. Το εξαρτημένο μέτρο είναι η διάρκεια της καταστολής, δηλαδή η περίοδος από την παρουσίαση του ερεθίσματος ελέγχου μέχρι την ανίχνευσή του. Με τη χρήση της παραπάνω μεθοδολογίας, οι Yang, Zald και Blake (2007), βρήκαν ότι τα φοβισμένα πρόσωπα έτειναν να αναδύονται ταχύτερα από την καταστολή από ότι τα ουδέτερα ή τα χαρούμενα πρόσωπα και αυτό το μοτίβο ίσχυε ακόμη και όταν τα πρόσωπα είχαν αντιστραφεί, παρόλο που υπήρχε μια χρονική καθυστέρηση. Αυτό συνηγορεί υπέρ

⁹Η αντιληπτική σταθεροποίηση μπορεί να συμβεί όταν τα οπτικά ερεθίσματα εξαφανιστούν περιοδικά και αυτή η καθυστέρηση των αντιληπτικών εναλλαγών σχετίζεται με την αντιληπτική εξαφάνιση και όχι με την πραγματική απομάκρυνση του ερεθίσματος (Leopold, Wilke, Maier και Logothetis, 2002).

του ότι υπάρχει κάτι στο συναισθηματικό περιεχόμενο των προσώπων και όχι στα κατώτερα χαρακτηριστικά τους, που υποκινεί αυτές τις επιδράσεις στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό.

Έρευνες όπως η παραπάνω μας δείχνουν ότι όταν το ερέθισμα του ενός ματιού γίνεται σχετικό με την επίδοση σε ένα έργο, τότε προάγεται ο έλεγχος από την προσοχή. Τι συμβαίνει όμως όταν παρατείνεται η συμπεριφορική συνάφεια του ερεθίσματος στο μάτι; Το μέγεθος των επιδράσεων που παρατηρούνται μπορεί να αυξηθεί; Απαντήσεις σε τέτοιου τύπου ερωτήματα μας δίνουν έρευνες με αντιληπτική εξάσκηση (Dieter & Tadin, 2011). Σε μία τέτοια έρευνα οι Suzuki και Grabowecy (2007) εξέτασαν τις επιδράσεις της εμπειρίας στη δυναμική των αντιληπτικών εναλλαγών του ανταγωνισμού και τους νευρωνικούς μηχανισμούς που υποστήριζαν αυτή την πλαστικότητα. Προηγούμενες έρευνες που εξέτασαν τις επιδράσεις της έκθεσης σε ένα μοτίβο, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι περίπου ένα λεπτό έκθεσης μείωνε τη διάρκεια κυριαρχίας του προσαρμοσμένου μοτίβου σε μετέπειτα παράδειγμα διοφθάλμιου ανταγωνισμού, επίδραση που αποδίδεται στην απευαισθητοποίηση των οπτικών νευρώνων λόγω της ενεργοποίησης, οι οποίοι αποκρίνονται επιλεκτικά στο μοτίβο προσαρμογής (πχ Blake και Overton, 1979). Επιπρόσθετα, υπάρχουν ανεκδοτικές αναφορές ότι τα άτομα που έχουν βιώσει πολλές ώρες και μέρες διοφθάλμιου ανταγωνισμού, τείνουν να εκδηλώνουν ταχύτερες αντιληπτικές εναλλαγές. Ο στόχος της έρευνας των Suzuki και Grabowecy (2007), ήταν να καθοριστεί συστηματικά η χρονική πορεία αυτής της πλαστικότητας στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού και να επιδειχτεί επιτάχυνση των αντιληπτικών εναλλαγών μετά από μακρόχρονη προσαρμογή, να διερευνηθεί το νευρωνικό υπόστρωμα αυτών των αλλαγών και να αξιολογηθεί η συμπεριφορική σχετικότητα της μακρόχρονης επιτάχυνσης του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, με τον χειρισμό της προσοχής προς ή μακριά από τα ανταγωνιζόμενα ερεθίσματα.

Οι χρονικές κλίμακες που χρησιμοποιήσαν ήταν τρεις: μία εικοσάλεπτη δοκιμή διοφθάλμιου ανταγωνισμού (δοκιμές), επανειλημμένες δοκιμές που διαχωρίζονταν από μικρά διαστήματα (συνεδρίες) και επανειλημμένες δοκιμές που διαχωρίζονταν από μεγάλα διαστήματα (1,7 ημέρες, για την αξιολόγηση της μακρόχρονης πλαστικότητας). Μετρήθηκε η ταχύτητα των αντιληπτικών εναλλαγών, βάσει των διαρκειών της αντιληπτικής κυριαρχίας και στη συνέχεια αναλύθηκαν οι ρυθμοί των αντιληπτικών εναλλαγών. Βρέθηκε ότι ο ρυθμός εναλλαγών μειωνόταν σε μικρό διάστημα που διαρκούσε περίπου 20 λεπτά, σταθεροποιούνταν σε μεσαίο διάστημα που διαρκούσε περίπου μία ώρα και αυξανόταν περίπου κατά το τριπλάσιο σε μεγάλο χρονικό διάστημα που διαρκούσε μήνες. Για τη διερεύνηση των νευρωνικών τόπων της πλαστικότητας, χρησιμοποίησαν ένα παράδειγμα μεταφοράς όμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται σε έρευνες αντιληπτικής μάθησης¹⁰, το οποίο

¹⁰Πρέπει να σημειωθεί ότι στα έργα αντιληπτικής μάθησης απαιτείται συνειδητή προσπάθεια για μάθηση, ενώ η επιτάχυνση του ρυθμού εναλλαγών στην παρούσα έρευνα δεν γινόταν με ηθελημένη προσπάθεια, παράγοντας που αποτελεί σημαντικό διαφοροποιητικό στοιχείο ανάμεσα στις δύο διεργασίες.

στηριζόταν στην υπόθεση ότι αν η επιτάχυνση εμπλέκει μηχανισμούς που αποκρίνονται επιλεκτικά σε ένα χαρακτηριστικό, τότε θα εξαλείφεται με την αλλαγή αυτού του χαρακτηριστικού, ενώ αν εμπλέκει μηχανισμούς που επιδρούν ανεξάρτητα από αυτό το χαρακτηριστικό, η επιτάχυνση θα παραμένει ακόμη και αν αλλάζει αυτό το χαρακτηριστικό.

Για την εξέταση αυτής της υπόθεσης χρησιμοποιήθηκαν τόσο χαρακτηριστικά κατώτερου επιπέδου, όπως οι αλλαγές στη θέση, στον προσανατολισμό και στο μάτι προέλευσης, όσο και χαρακτηριστικά μεσαίου επιπέδου, όπως το οπτικό ημιπεδίο και η πόλωση αντίθεσης. Βρέθηκε ότι η επιτάχυνση δεν μεταφερόταν στο οπτικό ημιπεδίο παρόλο που η μετατόπιση του ερεθίσματος ήταν μόλις $1,3^\circ$, εξειδίκευση που απέκλειε τη συμβολή μη αισθητηριακών παραγόντων όπως η αυξημένη αστάθεια του ματιού και η αυξημένη διέγερση. Κυριότερα, η μερική αλλά στατιστικώς σημαντική εξειδίκευση στο μάτι προέλευσης υποδήλωνε ότι ένα σημαντικό ποσοστό της επιτάχυνσης που συμβαίνει μετά από μακρόχρονη έκθεση σε ανταγωνισμό δεν μπορεί να οφείλεται σε συνειδητά επιλεγμένη στρατηγική. Επίσης, η επιτάχυνση ήταν σημαντική για τα χαρακτηριστικά των εικόνων που κωδικοποιούνταν κυρίως σε οπτικές περιοχές κατώτερου επιπέδου, εύρημα που ερμηνεύεται αν θεωρήσουμε ότι η επιτάχυνση μεσολαμβάνεται από την πλαστικότητα σε κατώτερες περιοχές. Βέβαια, αυτή η εξάρτηση από κατώτερες περιοχές δεν αποκλείει και τη συμβολή ανώτερων. Αυτά τα ευρήματα δένουν όμορφα με τα υβριδικά μοντέλα που έχουν προταθεί για την εξήγηση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού.

Επιπρόσθετα, εξετάστηκε αν η επιτάχυνση των αντιληπτικών εναλλαγών συνέβαινε μόνο όταν τα άτομα πρόσεχαν ηθελημένα τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, πράγμα που θα υποδείκνυε μια προσαρμοστική διεργασία, στη βάση της οποίας ο οργανισμός εξετάζει τις εναλλακτικές ερμηνείες από μια συχνά παρουσιαζόμενη οπτική σκηνή. Με ένα έργο ταχείας σειριακής οπτικής παρουσίασης (rapid serial visual presentation, RSVP) στο σημείο εστίασης, βρέθηκε ότι ο ρυθμός των εναλλαγών δεν άλλαζε στη διάρκεια της παρατεταμένης έκθεσης, επομένως η μακρόχρονη επιτάχυνση απαιτούσε εστίαση της προσοχής στις ανταγωνιστικές εικόνες.

Σε άλλη μία έρευνα αντιληπτικής εξάσκησης οι Paffen, Verstraten και Vidnyánszky (2008), εξέτασαν πώς οι αλλαγές στην επεξεργασία χαρακτηριστικών λόγω της μάθησης επιδρούσαν στην αντιληπτική κυριαρχία αυτών των χαρακτηριστικών στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Η υπόθεση εργασίας, η οποία στηρίχτηκε στα ευρήματα άλλων σχετικών ερευνών, ήταν ότι αν η μάθηση οδηγεί σε αυξημένη καταστολή του οπτικού χαρακτηριστικού που ήταν άσχετο στην εξάσκηση, η περίοδος κυριαρχίας αυτού του χαρακτηριστικού θα μειωνόταν συγκριτικά με την κυριαρχία του πριν την εξάσκηση. Τα ερεθίσματα σε ήταν κυκλικοί δίσκοι που περιλάμβαναν κουκίδες κινούμενες σε τυχαία κατεύθυνση, η συνάφεια των οποίων άλλαζε, αλλάζοντας το ποσοστό των κουκίδων που κινούνταν προς κάποια κατεύθυνση. Τα άτομα έκαναν ένα έργο ανίχνευσης κίνησης για πέντε συνεχόμενες ημέρες το οποίο γινόταν για δεξιόστροφη κίνηση, ενώ εξάχθηκαν επίσης

τα κατώφλια της συνάφειας κίνησης ώστε να ελεγχθούν οι αλλαγές στην ευαισθησία των κατευθύνσεων κίνησης λόγω της μάθησης. Μετά την εξάσκηση, η εξασκημένη κατεύθυνση και μια άλλη κατεύθυνση (στο εξής άσχετο χαρακτηριστικό) τοποθετήθηκαν η μία έναντι της άλλης σε συνθήκες διοφθάλμιου ανταγωνισμού.

Συγκεκριμένα, κάθε άτομο έκανε τρία πειράματα σε επτά ημέρες. Την πρώτη και την τελευταία μέρα αξιολογήθηκαν τα κατώφλια συνάφειας για τη δεξιόστροφη κίνηση (τη σχετική με το έργο), την προς τα κάτω κίνηση (την άσχετη με το έργο) και την αριστερή προς τα πάνω κίνηση (ουδέτερη σε σχέση με το έργο). Επίσης, στην πρώτη και την τελευταία μέρα αξιολογήθηκε η αντιληπτική κυριαρχία των συνδυασμών αυτών των κατευθύνσεων κίνησης (δηλ. προς τα δεξιά έναντι προς τα κάτω, προς τα δεξιά έναντι προς τα αριστερά και πάνω και προς τα κάτω έναντι αριστερά και προς τα πάνω) σε ένα πείραμα διοφθάλμιου ανταγωνισμού, με συνάφεια κίνησης 100%, ενώ από την δεύτερη ως την έκτη ημέρα, έγινε η εξάσκηση σε ένα έργο ανίχνευσης κίνησης 2 διαστημάτων για 30 min στο οποίο κάθε διάστημα περιλάμβανε προς τα κάτω κίνηση (άσχετη με το έργο) και προς τα δεξιά κίνηση. Η ταχύτητα της προς τα κάτω κίνησης ήταν σταθερή σε όλη τη συνεδρία, ενώ η ταχύτητα της κίνησης προς τα δεξιά ήταν σταθερή στο ένα διάστημα ενώ ποίκιλε στο άλλο διάστημα. Η συνάφεια και για τις δύο κινήσεις ήταν 100% και οι συμμετέχοντες έπρεπε να πούνε σε ποιο διάστημα περιλαμβανόταν η ταχύτερη προς τα δεξιά κίνηση.

Βρέθηκε ότι η κατεύθυνση της κίνησης της άσχετης με το έργο γινόταν αντιληπτή για μειωμένο ποσοστό του χρόνου στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού στην περίοδο μετά την εξάσκηση έναντι της περιόδου πριν την εξάσκηση και αυτό οφειλόταν σε μείωση της μέσης διάρκειας κυριαρχίας της άσχετης κίνησης, χωρίς συνακόλουθη αύξηση του χρόνου που ήταν αντιληπτή η ανταγωνιστική της κίνηση. Αυτό το εύρημα αντικρούει άλλες έρευνες, που έδειξαν ότι δεν υπήρχαν επιδράσεις της μάθησης για τα μη προσεγμένα χαρακτηριστικά. Όμως μία ερμηνεία που μπορεί να δοθεί σε αυτό, εκτός από το ότι η προσοχή θα μπορούσε να είναι απαραίτητη για τη μάθηση, είναι ότι η προσοχή επιδρά ασκώντας αυξημένη καταστολή της οπτικής πληροφορίας που είναι ασύμβατη με το έργο στη διάρκεια της εξάσκησης. Βρέθηκε επίσης ότι η εξάσκηση επιδρούσε σημαντικά στην ευαισθησία της κατεύθυνσης κίνησης που ήταν σχετική στη διάρκεια της εξάσκησης. Δηλαδή, το κατώφλι της συνάφειας κίνησης για την κατεύθυνση τη σχετική με το έργο μειωνόταν σημαντικά μετά την εξάσκηση, ενώ τα κατώφλια για την άσχετη κατεύθυνση κίνησης δεν επηρεάζονταν από την εξάσκηση.

Χαρακτηριστικό είναι ότι η αύξηση της ευαισθησίας σημειωνόταν μόνο για το εξασκημένο χαρακτηριστικό όταν αυτό ήταν σχετικό με το έργο, πράγμα που συμβαδίζει με τη βασική συνιστώσα της αντιληπτικής μάθησης, δηλαδή την επιλεκτική επίδραση. Η επιλεκτικότητα της επίδρασης φαίνεται και από το γεγονός ότι στον διοφθάλμιου ανταγωνισμό μειωνόταν η κυριαρχία της πληροφορίας της άσχετης με το έργο, ενώ η κυριαρχία της σχετικής παρέμενε ανεπηρέαστη. Όταν ελέγχθηκαν οι αποκρίσεις στη συνάφεια της κίνησης, το μοτίβο ήταν διαφορετικό, με την ευαισθησία στην πληροφορία τη σχετική με το έργο να αυξάνεται και την

ευαισθησία στο άσχετο έργο να παραμένει ανεπηρέαστη. Ένας λόγος γι' αυτή την ασυμφωνία των ευρημάτων μπορεί να είναι το γεγονός ότι η κρίση της καθολικής κίνησης όπως στο πείραμα της συνάφειας εμπλέκει την περιοχή MT, ενώ η ενισχυμένη καταστολή της άσχετης κίνησης μπορεί να αντανakλά ενισχυμένη καταστολή στη V1.

Άλλο ένα εύρημα με δύσκολη ερμηνεία, είναι το γεγονός ότι η αυξημένη ευαισθησία στο σχετικό χαρακτηριστικό δεν σχετιζόταν και με αυξημένη κυριαρχία στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Πάντως, είναι αξιοσημείωτο ότι και η αυξημένη καταστολή του άσχετου χαρακτηριστικού δεν αντανakλάται απαραίτητα στη μειωμένη ευαισθησία για τη συγκεκριμένη κατεύθυνση κίνησης, όπως έδειξε το αυξημένο κατώφλι στη συνάφεια κίνησης. Αξίζει να αναφερθεί επίσης ότι τα αποτελέσματα των Paffen και λοιπών (2008) έρχονται σε αντίθεση με τη δεύτερη πρόταση του Levelt (1965), καθώς η καταστολή του άσχετου ερεθίσματος αυξανόταν όταν παρουσιαζόταν σε επίπεδο πάνω από τον ουδό (suprathreshold) στη διάρκεια της εξάσκησης, πράγμα που θα μπορούσε να εξηγηθεί αν υιοθετήσουμε την πρόταση των Chong και λοιπών (2005), ότι η προσοχή επιδρά μόνο στο κυρίαρχο ερέθισμα. Τέλος, βρέθηκε διαφοροποίηση της επίδρασης της εξάσκησης στο αρχικό αντίλημμα και στην αντιληπτική κυριαρχία, καθώς στα αρχικά αντίλημματα υπήρχε μεροληψία προς το σχετικό χαρακτηριστικό και η αντιληπτική κυριαρχία ήταν επιλεκτικά μειωμένη στο άσχετο χαρακτηριστικό, πράγμα που συνηγορεί υπέρ της ανεξαρτησίας του αρχικού αντίλημματος και της αντιληπτικής κυριαρχίας, όπως προτείνουν και οι Dieter και Tadin (2011).

Συνοψίζοντας, και στην έρευνα των Paffen και λοιπών (2008) βρέθηκε στενός σύνδεσμος ανάμεσα στην αντιληπτική μάθηση και στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό και καταδείχτηκε ότι υπάρχει αλληλοεπικάλυψη επιλεκτικής προσοχής και διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Το πρώτο κύριο σημείο της έρευνας είναι ότι η εξάσκηση ωθεί την καταστολή του άσχετου χαρακτηριστικού (εν προκειμένω της κίνησης), ενώ συνοδεύεται από αυξημένη ευαισθησία στη σχετική πληροφορία και προτείνεται ότι η προσοχή ισχυροποιεί το άσχετο χαρακτηριστικό προκαλώντας παρεμβολή στην επεξεργασία της σχετικής πληροφορίας. Το δεύτερο σημαντικό σημείο της έρευνας είναι ότι στην αρχική κυριαρχία υπήρχε μεροληψία υπέρ της σχετικής κατεύθυνσης, μοτίβο που διαφοροποιούνταν για την αντιληπτική κυριαρχία, πράγμα που υποδηλώνει την μερική ανεξαρτησία των νευρωνικών μηχανισμών που υποστηρίζουν αυτές τις διεργασίες.

Η σημασία της εξάσκησης για την τροποποίηση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού αναδείχτηκε και στην έρευνα των Carter και Cavanagh (2007), παρόλο που στόχος αυτής της έρευνας δεν ήταν να αναδειχτούν οι επιδράσεις της εξάσκησης στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, αλλά να βρεθεί αν ο ανταγωνισμός έναρξης (onset rivalry) αντανakλά μια πρώιμη φάση αντιληπτικού ανταγωνισμού που διαφέρει από τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Ο ανταγωνισμός έναρξης αφορά στην αρχική κατάσταση κυριαρχίας, που διαφέρει από τις μετέπειτα περιόδους κυριαρχίας και καταστολής, ενώ με ποσοτικούς όρους, ο ανταγωνισμός έναρξης αφορά στον χρόνο

ανάμεσα στην έναρξη του ερεθίσματος και στην πρώτη μετάβαση. Το πρώτο πείραμα περιλάμβανε σύντομους χρόνους παρουσιάσεων των ερεθισμάτων (1 sec) και μεγάλα διαστήματα ανάμεσα στα ερεθίσματα. Η αντιληπτική κυριαρχία στη διάρκεια αυτού του διακεκομμένου ανταγωνισμού, συγκρίθηκε με τον συνεχόμενο διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Και στις δύο συνθήκες, παρουσιάζονταν κόκκινοι και πράσινοι στόχοι για 60 sec και οι συμμετέχοντες ήταν Θιβητιανοί Βουδιστές. Βρέθηκε ότι ενώ στη συνθήκη κανονικού ανταγωνισμού δεν άλλαζε ο ρυθμός των αντιληπτικών εναλλαγών, στη συνθήκη διακεκομμένου ανταγωνισμού αυξήθηκαν κατά πολύ οι διάρκειες κυριαρχίας, ενώ κάποιοι μοναχοί ανέφεραν πλήρη σταθεροποίηση του αντιλήμματος. Η χρήση μιας άλλης μορφής αντιληπτικής αστάθειας, της τύφλωσης της προκεκλημένης από κίνησης (motion induced blindness) σε έναν μοναχό με πολυετή εμπειρία, έδειξε ότι μπορούσε να διατηρήσει την αντιληπτική εξαφάνιση επ' αόριστον. Συνεπώς, οι μοναχοί μπορούσαν να ελέγξουν ποια πληροφορία θα προσεχτεί και θα εισχωρήσει στη συνείδηση, χάρη στην επανειλημμένη τους εμπειρία με τον διαλογισμό, μέσω του οποίου τροποποιούν ηθελημένα τις συνειδητές καταστάσεις του νου.

Σε όλα τα παραπάνω πειράματα βρέθηκε ότι η προσοχή μπορεί να τροποποιήσει τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Υπάρχουν όμως και αρκετές έρευνες που υποδηλώνουν την αντίστροφη σχέση, με τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα να προσελκύουν την προσοχή αυτόματα ή να λειτουργούν ως εξέχοντα χαρακτηριστικά (pop-out). Σε μία τέτοια έρευνα οι Wolfe και Franzel (1988), δημιούργησαν παρουσιάσεις στις οποίες υπήρχε ένας στόχος που καθοριζόταν από την διοφθάλμια σύγκρουση με τον στόχο του άλλου ματιού, ανάμεσα σε διασπαστές που είχαν αντίστοιχους προσανατολισμούς στα δύο μάτια (βλέπε *Εικόνα 1*, Wolfe και Franzel, 1988). Μέτρησαν τους χρόνους αναζήτησης για αυτούς τους στόχους και υπολόγισαν την αποτελεσματικότητα της αναζήτησης, δηλαδή τον χρόνο που χρειαζόταν για την αναζήτηση κάθε αντικειμένου και βρήκαν ότι η αναζήτηση ενός στόχου που καθοριζόταν από τη διοφθάλμια σύγκρουση δεν ήταν παράλληλη¹¹, εκτός από όταν παρουσιαζόταν ανταγωνισμός με λάμψη. Αυτή η μορφή ανταγωνισμού εκδηλώνεται όταν το ερέθισμα του ενός ματιού είναι πιο σκοτεινό από το φόντο, ενώ το ερέθισμα του άλλου ματιού είναι πιο φωτεινό, και το εύρημα ότι σε αυτή την περίπτωση η αναζήτηση είναι παράλληλη, τάσσεται υπέρ της υπόθεσης ότι η λάμψη λειτουργεί ως βασικό οπτικό χαρακτηριστικό, όπως η κίνηση, το χρώμα και το μέγεθος. Η ερμηνεία για αυτά τα ευρήματα ήταν ότι ο ανταγωνισμός δεν προσελκύει αυτόματα την προσοχή.

Στο ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα κατέληξαν οι Paffen, Hooge, Benjamins και Hogendoorn (2011), οι οποίοι χρησιμοποίησαν ένα ερέθισμα που αποτελούνταν

¹¹Όταν ο χρόνος της αναζήτησης αυξάνεται με την αύξηση των στοιχείων του συνόλου, τότε κάνουμε λόγο για σειριακό ή αναποτελεσματικό τρόπο αναζήτησης, καθώς ο στόχος δεν τραβάει την προσοχή αλλά εντοπίζεται είτε με οφθαλμοκινήσεις είτε ελέγχοντας την παρουσίαση αντικείμενο προς αντικείμενο. Όταν αντίθετα δεν υπάρχει επίδραση του αριθμού των στοιχείων ενός συνόλου στην αναζήτηση, τότε αυτή χαρακτηρίζεται παράλληλη και έχει βρεθεί ότι ωθείται από χαρακτηριστικά όπως το χρώμα και η κίνηση (Paffen και λοιποί, 2011).

από πολλαπλά στοιχεία επάνω σε έναν φανταστικό κύκλο γύρω από το σημείο εστίασης, τα οποία ήταν gabor's με οριζόντιο ή κατακόρυφο προσανατολισμό (βλέπε *Εικόνα 1a*) σε δύο τύπους διατάξεων: μία στην οποία ο προσανατολισμός του στόχου στο αριστερό μάτι ήταν ορθογώνιος με αυτόν στο δεξί μάτι και οι προσανατολισμοί των διασπαστών ήταν ίδιοι και για τα δύο μάτια, στη συνθήκη που όρισαν ως συνθήκη με ανταγωνιστικό στόχο, και μία διάταξη στην οποία ο προσανατολισμός του στόχου ήταν όμοιος για το δεξί και για το αριστερό μάτι και οι προσανατολισμοί των διασπαστών για το αριστερό μάτι ήταν ανταγωνιστικοί με τους προσανατολισμούς στο δεξί μάτι, στη συνθήκη που όρισαν ως συνθήκη με ανταγωνιστικούς διασπαστές.

Βρέθηκε ότι η αναζήτηση ήταν ταχύτερη όταν παρουσιαζόταν ένας ανταγωνιστικός στόχος μεταξύ μη ανταγωνιστικών διασπαστών απ' ό, τι στην άλλη συνθήκη. Με άλλα λόγια, ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός προσελκύει την προσοχή ανεξάρτητα από τον αριθμό των διασπαστών και διέπεται από παράλληλη αναζήτηση, στην οποία είναι χαρακτηριστική η ασυμμετρία (δηλ. οι χρόνοι αναζήτησης επηρεάζονται από την αντιστροφή των ιδιοτήτων του στόχου και των διασπαστών, λόγου χάρη είναι ταχύτερη για ένα L ανάμεσα σε I). Επιπρόσθετα, απέκλεισαν το ενδεχόμενο να μεσολαβείται αυτό το εύρημα από τις αντιληπτικές εναλλαγές, καθώς η μέση διάρκεια του αντιλήμματος υπερέβαινε τους χρόνους αναζήτησης.

Στα επόμενα πειράματα εξέτασαν πού οφειλόταν αυτή η διαφορά από την έρευνα των Wolfe και Franzel (1988) και βρήκαν ότι έπαιξε ρόλο η αντίθεση της φωτεινότητας. Συγκεκριμένα στο πέμπτο και στο έκτο πείραμα της έρευνάς τους, η αντίθεση των στοιχείων αναζήτησης ήταν υψηλή, οδηγώντας σε ανεπαρκή αναζήτηση όταν υπήρχε διοφθάλμια σύγκρουση και σε απουσία της ασυμμετρίας αναζήτησης, ενώ στο πρώτο και στο έβδομο πείραμα όπου ήταν πολύ μικρότερη η αντίθεση των στοιχείων με διοφθάλμιο ανταγωνισμό, η αναζήτηση ήταν πιο αποτελεσματική και εμφανιζόταν ασυμμετρία. Ο λόγος γι' αυτή τη συμπεριφορά αναζήτησης θα μπορούσε να αποδοθεί στον πρωτοανταγωνισμό ή αλλιώς εσφαλμένη συγχώνευση, η οποία αυξάνεται καθώς μειώνεται η αντίθεση των ανταγωνιστικών στόχων Liu, Larsson και Carrasco (2007). Σε αυτή την κατεύθυνση έδειξε το πείραμα οχτώ, στο οποίο παρουσιάστηκαν τα ερεθίσματα του πρώτου πειράματος για 150ms, χρόνος στον οποίο συμβαίνει η εσφαλμένη συγχώνευση και βρήκαν ότι ο στόχος εντοπιζόταν εύκολα παρά τη σύντομη διάρκεια παρουσίασης.

Κλείνοντας, είδαμε ότι η προσοχή έχει ποικίλες επιδράσεις στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Στη φάση εσφαλμένης συγχώνευσης, όπου το οπτικό σύστημα προσπαθεί να συγχωνεύσει τις εικόνες των δύο ματιών, πριν ξεκινήσουν οι αντιληπτικές εναλλαγές, παίζουν ρόλο οικολογικοί παράγοντες (Shimojo & Nakayama, 1990), ενώ καθοριστική είναι και η συνεισφορά του πλαισίου (Andrews & Lotto, 2004). Στη φάση της αρχικής επιλογής παίζει ρόλο τόσο η εξωγενής προσοχή (Mitchell και λοιποί, 2004) όσο και η ενδογενής (Chong και Blake, 2006). Από την άλλη, ο ρόλος της προσοχής στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού

είναι πιο περιορισμένος. Αυτός ο διαχωρισμός στις επιδράσεις της προσοχής στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό και σε άλλες μορφές πολυσταθούς αντίληψης, δεν συμβαδίζει με την πρόταση ότι όλες οι μορφές ανταγωνισμού συνδέονται από μία διεργασία προσοχής όπου ενισχύεται η μία αναπαράσταση και καταχωρείται σε ανώτερες περιοχές, όπως πρότειναν αρχικά οι Leopold και Logothetis (1999).

Αναφορικά με τη διαίρεση της προσοχής, έχει βρεθεί ότι μειώνει τις αντιληπτικές εναλλαγές (Paffen και λοιποί, 2006), επίδραση που ισοδυναμεί με τις επιδράσεις της μείωσης της αντίθεσης στο μισό, επομένως υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για να θεωρήσουμε ότι η προσοχή ασκεί τις επιδράσεις της στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό επιδρώντας στην αντίθεση (Paffen & Alais, 2011). Με άλλα λόγια, η προσοχή μπορεί να θεωρηθεί ως το διαμετρικό αντίθετο της αντίθεσης, καθώς εμποδίζει τις επιδράσεις της από το να εξελιχθούν πλήρως. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι και για τη σταθεροποίηση που προκαλείται στη διάρκεια του διακοπόμενου (Leopold, Wilke, Maier, & Logothetis, 2002) ανταγωνισμού, έχει προταθεί ότι επιδρά ένας αντίστοιχος μηχανισμός (Chen και He, 2004, όπως αναφέρεται στους Roumani & Moutoussis, 2012), αν και υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι η τοπική προσαρμογή δεν μπορεί να εξηγήσει την σταθεροποίηση (Pearson και Clifford, 2005, όπως αναφέρεται στους Roumani & Moutoussis, 2012).

Αν και η προσοχή δεν μπορεί να επιδράσει σημαντικά αφότου αρχίσει να εξελίσσεται ο ανταγωνισμός, όταν αυξάνονται οι απαιτήσεις του έργου της προσοχής και αυτή πρέπει να εστιαστεί σε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό του ερεθίσματος, τότε αυξάνεται η μέση διάρκεια κυριαρχίας του προσεγγμένου ερεθίσματος, ενώ παραμένει ανεπηρέαστη η μέση διάρκεια κυριαρχίας του μη προσεγγμένου (Chong και λοιποί, 2005), εύρημα που δεν συμβαδίζει με την 2^η πρόταση του Levelt (τουλάχιστον στην αρχική της μορφή, αλλά βλέπε Brascamp και λοιποί, 2015). Ωστόσο, έχει βρεθεί και το αντίθετο, σε συμβατότητα με τη 2^η πρόταση του Levelt (Hancock & Andrews, 2007). Επιπρόσθετα, όταν η συνάφεια του ερεθίσματος σε ένα μάτι είναι συνεχιζόμενη, έχει βρεθεί ότι αυξάνονται και οι επιδράσεις της προσοχής, υποδηλώνοντας έτσι τον ρόλο της πλαστικότητας σε αυτή την περίπτωση (Carter και λοιποί, 2005).

Όλα αυτά τα ευρήματα, όπως επίσης και οι έρευνες που υποδηλώνουν άλλου τύπου ανώτερες επιδράσεις, όπως λόγου χάρη του συναισθηματικού συγκειμένου (Alpers & Pauli, 2006· Chopin & Mamassian, 2010), υποδεικνύουν ότι η προσοχή είναι μάλλον απίθανο να ασκεί τις επιδράσεις της αποκλειστικά μέσω της αντίθεσης (Dieter & Tandin, 2011). Τέλος, βασική είναι και η έρευνα των Pastukhov και Braun (2007) που βρήκαν ότι η απομάκρυνση της προσοχής παρέτεινε τις μεταβατικές φάσεις και οι αντιληπτικές εναλλαγές καθυστερούσαν όταν γινόταν ένα δύσκολο έργο προσοχής. Κυριότερα, βρέθηκαν διαφοροποιημένες επιδράσεις της προσοχής και της αντίθεσης, υποστηρίζοντας πρόσθετα ότι η προσοχή επιδρά στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό και άμεσα. Βρέθηκε πάντως ότι η προσοχή δεν ήταν η αιτία των αντιληπτικών εναλλαγών, αν και αυτό το εύρημα θα πρέπει να το αντιμετωπίσουμε με επιφυλακτικότητα γιατί στην έρευνα των Pastukhov και Braun (2007) δεν

χρησιμοποιήθηκε διχοπτική παρουσίαση, αλλά άλλη μορφή αντιληπτικής αμφισημίας.

5. ΔΙΟΦΘΑΛΜΙΟΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΟΧΗ

Είδαμε ότι η προσοχή μπορεί να τροποποιήσει τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, όμως έρευνες όπως οι παραπάνω δεν μας δείχνουν αν η προσοχή είναι απαραίτητη για το φαινόμενο. Ειδικά έρευνες όπως αυτή των Paffen και λοιπών (2006) στις οποίες η προσοχή διαιρείται, ενέχουν το βασικό μειονέκτημα ότι ένα ποσοστό της προσοχής εξακολουθεί να στρέφεται στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Όμως, όταν θέλουμε να μετρήσουμε τις επιδράσεις μιας διεργασίας πάνω σε μια άλλη, είναι απαραίτητο πρώτα να απομονώσουμε τις δύο διεργασίες και μετά να εξετάσουμε την αλληλεπίδρασή τους (Dieter & Tadin, 2012). Κάτι τέτοιο είναι δύσκολο στην περίπτωση της προσοχής και της συνειδητής εμπειρίας, έννοιες πολύ συνυφασμένες καθώς έχουμε συνειδητή εμπειρία όλων των πραγμάτων που προσέχουμε, παρόλο που δεν προσέχουμε όλα τα πράγματα που συνειδητοποιούμε (Mole, 2008).

Ωστόσο, πέρα από την ψυχολογία του κοινού νου που ρίχνει φως στη στενή σύνδεση των δύο μορφών διεργασίας, υπάρχουν πλέον αρκετά εμπειρικά στοιχεία που δείχνουν ότι πρόκειται για δύο διακριτές διεργασίες (Koch & Tsuchiya, 2007· Ahmadi, Gilakjani και Ahmadi, 2011). Ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός αποτελεί το καταλληλότερο παράδειγμα για την αναζήτηση των νευρωνικών σύστοιχων της συνείδησης (αν και βλέπε Blake και λοιπούς, 2014), όμως επειδή στα κλασικά παραδείγματα απαιτούνται υποκειμενικές αναφορές, μπορεί να υπερεκτιμούνται τα σύστοιχα της συνείδησης, περιλαμβάνοντας και μηχανισμούς που δεν είναι απαραίτητοι για την ανάδυση της εμπειρίας, παρά μόνο για την υποκειμενική αναφορά της. Μία λύση είναι να αξιοποιηθούν παραδείγματα χωρίς υποκειμενικές αναφορές, στα οποία αποκωδικοποιούνται τα νευρωνικά σήματα, όμως αυτοί οι σχεδιασμοί ενέχουν το πρόβλημα ότι μπορεί να γίνει υπερεκτίμηση των νευρωνικών σύστοιχων της συνείδησης γιατί θα συμπεριλαμβάνονται και νευρώνες που η πυροδότησή τους συνδέεται με την ασυνείδητη εμπειρία (Koch & Tsuchiya, 2007).

Αναφορικά με τη σχέση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού με την προσοχή, για να εξετάσουμε αν το φαινόμενο εξακολουθεί να εξελίσσεται και χωρίς προσοχή, μπορούμε να διερευνήσουμε αν οι αντιληπτικές εναλλαγές παύουν ή αν συνεχίζονται με την πλήρη απόσυρση της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι μέσω της σποραδικής εστίασης της προσοχής στα ερεθίσματα και της χρήσης των αποκρίσεων σε αυτές τις περιόδους για να συμπεράνουμε τη δυναμική του ανταγωνισμού στις περιόδους που δεν εστιάζεται η προσοχή στα ερεθίσματα. Ένας δεύτερος τρόπος, είναι με τη μέτρηση της νευρωνικής δραστηριότητας στη διάρκεια της μη προσεγμένης αμφισημίας, για την οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν νευροαπεικονιστικές μέθοδοι. Ο τρίτος τρόπος είναι με τη μέτρηση φυσιολογικών χαρακτηριστικών που προβλέπουν το συνολικό ποσοστό

κυριαρχίας του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, όπως ο οπτοκινητικός νυσταγμός¹² (Leopold, Fitzgibbons και Logothetis, 1995) και η διάμετρος της κόρης (Einhauser, Stout, Koch και Carter, 2008).

5.1 ΕΡΕΥΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΟΧΗ

Επειδή το αν συνεχίζεται ο ανταγωνισμός χωρίς προσοχή είναι δύσκολο να συναχθεί με ψυχοφυσικές μεθόδους, οι Zhang, Jamison, Engel, He και He (2011), μέτρησαν τα σήματα του φλοιού που σχετίζονταν με τη δραστηριότητα σε κάθε μάτι κατά τη διάρκεια παρουσίασης ανταγωνιστικών ερεθισμάτων, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (HEΓ). Για να το πετύχουν αυτό, μεταχειρίστηκαν δύο μοτίβα checkerboards (ένα σε κάθε μάτι), τα οποία αντέστρεφαν την αντίθεσή τους σε διαφορετικές χρονικές συχνότητες. Στη συνθήκη με προσοχή, τα άτομα εστίαζαν σε ένα κεντρικό σημείο και ανέφεραν τα αντιλήμματά τους για τα checkerboards, ενώ στη διάρκεια χωρίς προσοχή εστίαζαν στο κέντρο για να κάνουν ένα απαιτητικό έργο σύνδεσης χρώματος-σχήματος και δεν ανέφεραν τα αντιλήμματα που προέκυπταν από τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Ο χαρακτηρισμός των ερεθισμάτων με διαφορετικές συχνότητες, επέτρεπε την αποσυσχέτιση και την ανίχνευση των νευρωνικών σημάτων στο φασματικό των καταγραφών από το HEΓ που μετρούνταν πάνω από τον οπτικό λοβό.

Βρέθηκε ότι στη συνθήκη με προσοχή το σήμα που συσχετιζόταν με το ένα μάτι ήταν ισχυρό, το άλλο ήταν ασθενές, ενώ δεν βρέθηκε τέτοια σχέση αντίστροφης συσχέτισης ανάμεσα στα σήματα των δύο ματιών στη διάρκεια του μη προσεγμένου διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Η ερμηνεία που δόθηκε σε αυτό το εύρημα ήταν ότι ο ανταγωνισμός παύει όταν η προσοχή αποσύρεται από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Ο εντοπισμός της πηγής των τοπογραφιών των οπτικών προκλητών δυναμικών σταθερής κατάστασης (steady state visual evoked potentials, SSVEP) υποδήλωνε ότι η κυρίαρχη πηγή ήταν στις V1/V2 κοντά στον οπίσθιο πόλο, ενώ υπήρχαν και μικρές συμβάλλουσες πηγές σε αμφίπλευρες περιοχές κοντά στον MT. Επιπρόσθετα, στη συνθήκη χωρίς προσοχή τα εύρη των αποκρίσεων ήταν ισχυρότερα σε συχνότητες διατροπικής διαμόρφωσης (intermodulation), πράγμα που υποδήλωνε τον συνδυασμό των συχνοτήτων που προέρχονταν από κάθε μάτι. Πώς μεταφράζεται όμως αυτό το εύρημα ως προς την αντιληπτική κατάσταση στην οποία βρίσκεται το οπτικό σύστημα ενόσω δεν αφιερώνεται η πλήρης προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα; Μία πιθανότητα είναι το σήμα που αντιστοιχεί στο ένα μάτι να παραμένει ισχυρό για

¹²Ο οπτοκινητικός νυσταγμός αναφέρεται στη μη ηθελημένη, ταχεία, ρυθμική κίνηση (οριζόντια, κάθετη, περιστροφική, ή μεικτή, π.χ. δύο τύπων) του ματιού (Smith, 1963).

παρατεταμένες διάρκειες, ενώ δύο άλλες πιθανότητες είναι ότι τα σήματα των δύο ματιών είτε εμπλέκονται σε μεικτό ανταγωνισμό είτε παραμένουν σε κατάσταση όμοια με εκείνη της συγχώνευσης. Οι Zhang και λοιποί (2011) προσπάθησαν να διακρίνουν αυτά τα ενδεχόμενα και βρήκαν ότι το αντιληπτικό σύστημα πάγωνε σε μια κατάσταση συγχώνευσης.

Μία άλλη έρευνα όπου εξετάστηκαν οι επιδράσεις της απομάκρυνσης της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, με τη χρήση όμως fMRI και με απώτερο στόχο να ελεγχθεί η συμβολή της V1 στη συνειδητή εμπειρία ήταν εκείνη των Lee, Blake και Heeger 2007. Εκεί, αξιοποιήθηκε η μεθοδολογία που εισήγαγαν οι Wilson, Blake και Lee (2001) για τη μέτρηση της ταχύτητας των κυμάτων κυριαρχίας στον ανταγωνισμό, όπου ένα κύμα σαρώνει την ήδη κυρίαρχη εικόνα, φέρνοντας στην κυριαρχία την άλλη, όταν χρησιμοποιούνται ερεθίσματα όπως αυτά της *Εικόνας 1a* (Wilson, Blake και Lee, 2001), τα οποία είναι αρκετά μεγάλα. Το άτομο πατούσε και κρατούσε πατημένο ένα κουμπί όταν το ακτινωτό grating με τη χαμηλή αντίθεση ήταν εντελώς κατεσταλμένο από το σπειροειδές υψηλής αντίθεσης. Αυτή η κίνηση προκαλούσε μια σύντομη αύξηση της αντίθεσης στο κατεσταλμένο μοτίβο σε ένα από οχτώ σημεία και οι συμμετέχοντες είχαν την οδηγία να αφήσουν το κουμπί μόνο όταν το κύμα σάρωνε το κατεσταλμένο μοτίβο μέχρι ένα μαρκαρισμένο σημείο. Για κάθε άτομο εξετάστηκε η σχέση των χρόνων μετάδοσης του κύματος με τη φλοιϊκή απόσταση, χρησιμοποιώντας μια εξίσωση που ενσωμάτωνε την σταθερή ταχύτητα μετάδοσης του κύματος με μια πιθανότητα γάμμα για την αυθόρμητη εναλλαγή από την καταστολή στο σημείο που γινόταν η αύξηση της αντίθεσης. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε επίσης μια λογαριθμική προσέγγιση σε έναν πεπλατυσμένο αμφιβληστροειδικό χάρτη της V1 που είχε αναφερθεί σε προηγούμενη έρευνα. Βρέθηκε ότι όταν γινόταν αντιστοίχιση στον οπτικό φλοιό, η ταχύτητα ήταν ανεξάρτητη από την εκκεντρικότητα και διπλασιαζόταν όταν το κύμα μεταδιδόταν σε συνεχόμενα περιγράμματα, επιδεικνύοντας διευκόλυνση των σχημάτων που βρίσκονταν στην ίδια ευθεία (collinear facilitation) και υποδηλώνοντας ότι η μετάδοση γίνεται σε περιοχές όπως η V1 όπου υποστηρίζονται αυτές οι ιδιότητες.

Σε επέκταση αυτής της έρευνας, οι Lee, Blake και Heeger (2005) επαλήθευσαν ότι η χωροχρονική συνιστώσα της ταχύτητας αντιληπτικής μετάδοσης αντιστοιχίζονταν με τη μετάδοση στη V1. Οι Lee και λοιποί (2007) εξέτασαν τη δραστηριότητα σε πολλές περιοχές του φλοιού για να γίνει αντιστοίχιση με τα αντιληπτικά κύματα, προεκτείνοντας τα ευρήματα των Wilson και λοιπών (2001). Οι Lee και λοιποί (2007), χρησιμοποίησαν ως ανταγωνιστικές εικόνες ένα ακτινωτό grating με σχήμα στεφάνης και ένα σπειροειδές grating, ένα με υψηλή αντίθεση και ένα με χαμηλή, τα οποία ήταν περιορισμένα σε μια περιοχή-αύλακα του οπτικού πεδίου και παρουσιάζονταν στα δύο μισά της παρουσίας. Μια εναλλαγή στην αντιληπτική κυριαρχία προκλήθηκε μέσω μιας σύντομης και ξαφνικής αύξησης της αντίθεσης σε μια μικρή περιοχή του grating με χαμηλή αντίθεση. Με αυτόν τον χειρισμό, οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονταν το κατεσταλμένο grating να αναδύεται από την καταστολή, ξεκινώντας από την θέση του παλμού που έδινε το έναυσμα και

διαγράφοντας προοδευτικά το άλλο grating. Αυτά τα πειράματα εκτελέστηκαν μέσα σε ένα σκάνερ λειτουργικής μαγνητικής απεικόνισης, ώστε μετά τη συλλογή των λειτουργικών σκαν να αναλυθούν τα δεδομένα σε σχέση με τις οπτικές περιοχές που ενεργοποιούνταν από τους πειραματικούς χειρισμούς.

Οι συμμετέχοντες είτε έκαναν ένα έργο αντιληπτικής αφάνειας (perceptual latency) είτε ένα έργο διηρημένης προσοχής. Στο έργο αντιληπτικής αφάνειας οι συμμετέχοντες έστρεφαν την προσοχή τους στα ανταγωνιστικά gratings και όταν το κύμα έφτανε σε μια περιοχή-στόχο πατούσαν ένα κουμπί, παρέχοντας ένα μέτρο του χρόνου άφιξης του αντιληπτικού κύματος. Το πάτημα του κουμπιού προκαλούσε την εξαφάνιση των ανταγωνιστικών gratings. Στο έργο αποστροφής της προσοχής η διαδοχή των γεγονότων ήταν πανομοιότυπη με το έργο αντιληπτικής αφάνειας, αλλά οι συμμετέχοντες παρατηρούσαν μικρά χρωματιστά γράμματα και αριθμούς που εμφανίζονταν στη θέση του σημείου εστίασης ώστε να βρουν αν το αντικείμενο που επαναλαμβανόταν ήταν γράμμα ή αριθμός. Για την ανάλυση των δεδομένων του σκάνερ, σε κάθε οπτική περιοχή που αντιστοιχούσε αμφιβληστροειδικά στο ερέθισμα, έγινε ανάλυση για voxels φαιάς ουσίας και καθορίστηκαν οι αμφιβληστροειδικά οργανωμένες οπτικές περιοχές και επιλέχθηκε ένα υποσύνολο των voxels σε αυτές τις περιοχές που αντιστοιχούσε στη φλοιϊκή αναπαράσταση του ερεθίσματος. Έπειτα υπολογίστηκαν τα εύρη απόκρισης και οι καθυστερήσεις απόκρισης (response latencies) στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού και στη διάρκεια ενός πειράματος με ψευδοανταγωνισμό (πανομοιότυπο με το κύριο πείραμα, με την εξαίρεση ότι οι εναλλαγές των ερεθισμάτων ήταν πραγματικές), τόσο με όσο και χωρίς διαίρεση της προσοχής.

Βρέθηκε ότι η δραστηριότητα στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό αντανακλούσε τη χωροχρονική δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, ενόσω οι παρατηρητές πρόσεχαν τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, παρόλο που η διαίρεση της προσοχής καταργούσε την επίγνωση των κυμάτων. Βέβαια, οι αποκρίσεις κορυφώσης και τα εύρη των αποκρίσεων ήταν ασθενέστερα από τις κορυφώσεις και τα εύρη που μετρούνταν όταν υπήρχε συνειδητή αντίληψη των κυμάτων. Χαρακτηριστικό είναι ότι επίσης στις V2 και V3 τα φλοιϊκά κύματα επηρεάζονταν όταν αποστρεφόταν η προσοχή. Στη συνθήκη πλήρους προσοχής η χρονική καθυστέρηση των αποκρίσεων του fMRI στις V2 και V3 αυξανόταν με την απόσταση από τη φλοιϊκή αναπαράσταση του εναύσματος, όμοια με τις αποκρίσεις στη V1, όμως στη συνθήκη διηρημένης προσοχής οι διαφορές στους χρόνους απόκρισης καταργούνταν στη V2 και αντιστρέφονταν στη V3. Σε μια προσπάθεια ερμηνείας αυτής της αντιστροφής στη V3, οι Lee και λοιποί (2007) πρότειναν ότι η δραστηριότητα στη V1 κατέστειλε τη δραστηριότητα σε αμφιβληστροειδικά αντίστοιχες θέσεις στη V3, προκαλώντας ένα κύμα καταστολής, ωστόσο αυτό δεν συμβαδίζει με τις ισχυρές αποκρίσεις που παρατηρήθηκαν στις V2 και V3 σε συνθήκη επανάληψης.

Συνοψίζοντας, οι Lee και λοιποί (2007) βρήκαν ότι η χρονική πορεία της φλοιϊκής δραστηριότητας ποίκιλε σημαντικά στον πρώιμο οπτικό φλοιό, σε αντιστοιχία με την υποκειμενική αντίληψη των ταξιδευόντων κυμάτων, ενώ σε

ανώτερες περιοχές τα φλοιϊκά κύματα εξαλείφονταν (στη V2) είτε αντιστρέφονταν (στη V3), στη συνθήκη διηρημένης προσοχής. Με άλλα λόγια, η προσοχή φαίνεται απαραίτητη για τη μετάδοση των νευρωνικών υπογραφών του διοφθάλμιου ανταγωνισμού σε ιεραρχικά ανώτερες περιοχές. Αναφορικά με τις ερμηνείες που μπορούν να λάβουν τα αποτελέσματα, τα φλοιϊκά κύματα θα μπορούσαν αφενός να είναι εγγενή στη V1, με συμβολές από τον LGN, αφετέρου όμως θα μπορούσαν να προέρχονται από ανατροφοδοτική δραστηριότητα σε ακόμη ανώτερες περιοχές, όπως η V4 και ο ΙΤ. Τα δεδομένα πάντως συμβαδίζουν σίγουρα με υβριδικά μοντέλα για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, που δίνουν έμφαση στην εμπλοκή πολλών επεξεργασιακών σταδίων. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι καταδείχτηκε πως η επεξεργασία στη V1 είναι απαραίτητη αλλά όχι επαρκής για τη συνειδητή εμπειρία.

Τη συμβολή της V1 στον ανταγωνισμό σε συνθήκη χωρίς συνειδητή εμπειρία, εξέτασαν οι Xu και λοιποί (2016), οι οποίοι παρουσίασαν ανταγωνιστικά ερεθίσματα σε πιθήκους που είχαν υποβληθεί σε γενική αναισθησία και μέτρησαν το ενδογενές οπτικό σήμα (intrinsic signal optical imaging) (που είναι κυρίως αιμοδυναμικό και υπό αυτό το πρίσμα είναι μεθοδολογικά κοντά στο fMRI) στη V1. Μετά την αναισθησία καθορίστηκαν οι περιοχές της V1 όπου υπήρχαν μονοφθάλμιοι νευρώνες και προσδιορίστηκε ο προτιμώμενός τους προσανατολισμός με τη χρήση λειτουργικών χαρτών. Στα πειράματά τους χρησιμοποίησαν τρεις συνθήκες: μία συνθήκη διοφθάλμιου ανταγωνισμού στην οποία παρουσιαζόταν ένα grating με προσανατολισμό προς τα δεξιά και ένα άλλο με προσανατολισμό προς τα αριστερά, πράσινου ή κόκκινου χρώματος, μία συνθήκη υλικής εναλλαγής των ερεθισμάτων, όπου έδειχναν πρώτα το ένα grating στο ένα μάτι και μετά το ανταγωνιστικό του grating στο άλλο μάτι, μιμούμενοι έτσι τις αντιληπτικές καταστάσεις στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού και τέλος μία συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, στην οποία παρουσιαζόταν ταυτόχρονα και στα δύο μάτια ένα plaid που αποτελούνταν από τα δύο ανταγωνιστικά gratings.

Βρέθηκε ότι τα σήματα από το δεξί και το αριστερό μάτι βρισκόταν σε ταλάντωση αντίθετης φάσης (counterphase fluctuations) που υποδήλωναν ότι όταν το σήμα από τις στήλες του ενός ματιού είχε τη μέγιστη ισχύ, το σήμα από τις στήλες του άλλου ματιού είχε την ελάχιστη ισχύ. Αυτά τα ευρήματα καθιστούν σαφές ότι ο ανταγωνισμός διατηρούνταν στη V1 ακόμη και σε συνθήκες γενικής αναισθησίας, καθώς σημειώθηκαν οι αντίστοιχες τροποποιήσεις των σημάτων, ενώ αντίθετα στη συνθήκη ελέγχου, τα σήματα δεν παρουσίασαν τέτοιες τροποποιήσεις. Η ερμηνεία των Xu και λοιπών (2016), ήταν ότι η προσοχή δεν είναι απαραίτητη για την ύπαρξη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, καθώς ακόμη και σε «αναίσθητους πιθήκους οι αυτόματοι μηχανισμοί κατώτερου επιπέδου της V1 μπορούσαν να υποκινήσουν τον ανταγωνισμό».

Η απουσία των επιδράσεων της προσοχής τεκμηριώνεται από το γεγονός ότι χωρίς συνείδηση δεν μπορούν να επιδράσουν παράγοντες ανώτερου επιπέδου, όπως η επιλεκτική προσοχή, ενώ αν δεν υπάρχει ανταγωνισμός χωρίς συνείδηση, τότε το φαινόμενο δεν απαιτεί προσοχή για την επιλογή του ερεθίσματος που θα

κυριαρχήσει. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και ανώτεροι παράγοντες που επιδρούν ακόμη και χωρίς συνειδητή εμπειρία, όπως ο διαχωρισμός μορφής-φόντου και η αντιληπτική ομαδοποίηση, οι οποίοι θα μπορούσαν να ευθύνονται για τα συγκεκριμένα σήματα στη V1, όμως μία τέτοια εξήγηση δεν συμβαδίζει με τις γνώσεις μας για τη λειτουργική συνδεσιμότητα του οπτικού συστήματος, καθώς αυτοί οι ανώτεροι παράγοντες είναι περισσότερο πιθανό να επιδρούν σε διοφθάλμιο επίπεδο, ενώ στην έρευνα των Xu και λοιπών (2016) εξετάστηκαν οι αποκρίσεις μονοφθάλμιων νευρώνων.

Επιπρόσθετα, για να είναι έγκυρος ο συλλογισμός των Xu και λοιπών (2016) ότι χωρίς προσοχή δεν υπάρχει ανταγωνισμός, θα πρέπει ο ανταγωνισμός χωρίς συνείδηση να είναι όσο το δυνατόν πιο όμοιος με τον ανταγωνισμό που συμβαίνει όταν το άτομο έχει συνειδητή εμπειρία των αντιληπτικών εναλλαγών. Αυτή η ομοιότητα τεκμηριώθηκε από το γεγονός ότι η κατανομή των φάσεων κυριαρχίας κάθε ματιού ταίριαζε καλά με την γάμμα κατανομή και από το ότι υπήρχαν όμοιες τροποποιήσεις του συνολικού ποσοστού κυριαρχίας ενός ερεθίσματος από τη μεγαλύτερη ισχύ του ενός ερεθίσματος και από τις επιρροές πλαισίου. Η σημαντικότερη συμβολή της V1 στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό ακόμη και σε συνθήκες γενικής αναισθησίας και άρα πλήρους απουσίας προσοχής, συμπληρώνουν τα ευρήματα των Lee, Blake και λοιπών (2007) οι οποίοι βρήκαν ότι ίσχυε το ίδιο και σε ανθρώπους σε συνθήκη εγρήγορσης. Ωστόσο, το κατά πόσο μπορούμε να θεωρήσουμε κανονικό τον ανταγωνισμό χωρίς προσοχή, δεδομένου μάλιστα ότι τα νευρωνικά του σήματα αντιστρέφονται σε ιεραρχικά ανώτερες περιοχές, παραμένει υπό συζήτηση.

Τις επιδράσεις της απόσυρσης της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα εξέτασαν και οι Roeber, Vesper, Schröger και O'Shea (2011), χρησιμοποιώντας ERPs. Τα ERPs είναι αλλαγές στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου που ακολουθούν κάποιο γεγονός, τα οποία μετριοούνται από ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο κρανίο. Όταν εμφανίζεται ξαφνικά ένα οπτικό αντικείμενο, το ERP λαμβάνει αρχικά μια θετική μορφή που κορυφώνεται 100 ms μετά το γεγονός και ονομάζεται P1, και μία αρνητική μορφή 170 ms μετά το γεγονός, που ονομάζεται N1. Στη συγκεκριμένη έρευνα οι Roeber και λοιποί (2011), εξέτασαν την πρόταση των Paffen και λοιπών (2006) ότι η προσοχή αυξάνει τη νευρωνική δραστηριότητα καθεμιάς από τις αναπαραστάσεις των ανταγωνιστικών ερεθισμάτων με όμοιο τρόπο όπως η αύξηση της αντίθεσης, και αυτή η ενίσχυση οδηγεί σε μεγαλύτερη προσαρμογή, που με τη σειρά της οδηγεί σε ταχύτερες εναλλαγές. Το σκεπτικό τους ήταν το εξής: αν η προσοχή επιδρά στο φαινόμενο ενισχύοντας τις νευρωνικές αναπαραστάσεις, τότε η προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα θα αυξήσει τα ERPs όταν θα συμβεί μια αλλαγή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, όμως μόνο όταν είναι στραμμένη σε αυτά. Από την άλλη, αν η προσοχή συνοδεύεται από αυξημένη προσαρμογή όπως πρότειναν οι Paffen και λοιποί (2006), τότε η προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα θα πρέπει να μειώνει τα ERPs από μια αλλαγή σε ένα ανταγωνιστικό ερέθισμα.

Για τον έλεγχο αυτών των υποθέσεων χρησιμοποιήθηκε μία συνθήκη προσοχής στο grating, όπου η προσοχή των συμμετεχόντων εστιαζόταν στην ανταγωνιστική ή στη συγχωνευμένη εικόνα, ενώ στη συνθήκη προσοχής στο σημείο εστίασης οι συμμετέχοντες καλούνταν να αναφέρουν αλλαγές σε αυτή τη θέση. Περίοδοι διοφθάλμιου ανταγωνισμού και διοφθάλμιας συγχώνευσης παρουσιάζονταν η μια μετά την άλλη σε τυχαία σειρά, παρουσίαση που έκανε δυνατή την ανίχνευση τεσσάρων ειδών μεταβάσεων: από ανταγωνισμό σε ανταγωνισμό, από συγχώνευση σε συγχώνευση, από ανταγωνισμό σε συγχώνευση και από συγχώνευση σε ανταγωνισμό (βλέπε *Εικόνα 1*, Roeber και λοιποί, 2011),

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι το έργο προσοχής ήταν αρκετά δύσκολο ώστε να μην αφιερώνεται σχεδόν καθόλου προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα στη φάση χωρίς προσοχή. Η εξέταση των ERPs που πάρθηκαν κυρίως από ινιακά ηλεκτρόδια, γιατί εκεί είναι πιο κυρίαρχα τα οπτικά ERPs και η τροποποίησή τους από την προσοχή, έδειξε ότι στα οπίσθια και βρεγματικά σημεία, όλες οι αντιληπτικές μεταβάσεις προκαλούσαν ένα P1 γύρω στα 100 ms, το οποίο ακολουθούσαν από ένα N1 γύρω στα 180 ms, που ήταν μικρότερο στη συνθήκη προσοχής του grating απ' ότι στη συνθήκη προσοχής στο σημείο εστίασης. Χαρακτηριστικό είναι επίσης ότι στην αντιληπτική μετάβαση από συγχώνευση σε ανταγωνισμό, το N1 ακολουθούσαν από παρατεταμένη αρνητικότητα σε ινιακές περιοχές και στις δύο συνθήκες, δίνοντας έτσι άλλη μία νευρωνική υπογραφή του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Σε βρεγματικά σημεία υπήρχαν πιο ύστερες θετικές εκτροπές γύρω στα 300 ms (P3), που ήταν μεγαλύτερες στη συνθήκη προσοχής στο grating από ό, τι στην άλλη, πράγμα που οι Roeber και λοιποί (2011) εικάζουν ότι αντανάκλα την ετοιμότητα για το πάτημα ενός κουμπιού. Σε κροταφικές και εμπρόσθιες περιοχές όλες οι μεταβάσεις προκαλούνταν από ένα N1 στα 180 ms το οποίο όμως ήταν πολύ ασθενέστερο απ' ότι στα ινιακά και βρεγματικά σημεία, υποδηλώνοντας ότι η μερίδα του λέοντος της δραστηριότητας που προκαλεί το N1 προερχόταν από οπτικές περιοχές του εγκεφάλου. Τέλος, υπήρχαν έντονα P3 που ήταν μεγαλύτερα στη συνθήκη προσοχής του grating.

Τα παραπάνω ευρήματα δείχνουν ότι οι επιδράσεις της προσοχής αναδύονται στο N1 και συγκεκριμένα ότι η προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα οδηγεί σε μικρότερο N1. Η πρόταση των Roeber και λοιπών (2011) είναι ότι αυτή η επίδραση του N1 προέρχεται από διαφορετική προσαρμογή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα στη συνθήκη με προσοχή στα gratings και στη συνθήκη χωρίς προσοχή, διευρύνοντας έτσι τα αποτελέσματα των Paffen και λοιπών (2006). Το γεγονός ότι η απουσία προσοχής δεν παύει τον ανταγωνισμό, φάνηκε από το ότι τα ERPs που προκαλούνταν από τις μεταβάσεις του συγχωνευμένου ανταγωνισμού έδειχναν παρατεταμένη αρνητικότητα στα 210-300 ms μετά την έναρξη του ανταγωνισμού, η οποία σημειωνόταν ανεξάρτητα από το αν η προσοχή ήταν στραμμένη στα gratings ή όχι. Δεύτερον, η οπτική συνείδηση επηρέαζε το μέγεθος του P1, καθώς μετά τα 100 πρώτα ms της συνθήκης προσοχής στα gratings αναδύονταν το P1.

Εν κατακλείδι, στους Roeber και λοιπούς (2011) βρέθηκε ότι το N1 ήταν μικρότερο όταν η προσοχή βρισκόταν στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα από ότι όταν

αποστρεφόταν από αυτά, επίδραση που εικάζεται ότι προερχόταν από τη διαφοροποιημένη προσαρμογή στα ερεθίσματα στις δύο συνθήκες. Επίσης, η πρώτη τροποποίηση που συσχετιζόταν με τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό στο ερευνητικό παράδειγμα που χρησιμοποιήσαν ήταν το P1, επίδραση που έχει βρεθεί με τα ίδια ερεθίσματα (Veser, O'Shea, Schroger, Trujillo-Barreto, Roeber, 2008) και με διαφορετικά ερεθίσματα χρησιμοποιώντας το ίδιο ερευνητικό παράδειγμα (Roeber, Schroger, 2004) ή διαφορετικά ερευνητικά παραδείγματα (Kornmeier & Bach, 2005), ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι έχει βρεθεί επίσης με τις μεταβάσεις του κύβου του Necker (Kornmeier & Bach, 2005). Τέλος η παρατεταμένη αρνητικότητα μετά το N1 στη μετάβαση συγχώνευση-ανταγωνισμός αλλά όχι στην αντίστροφη μετάβαση, αποτελεί ένδειξη ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός εξακολουθεί να υπάρχει ακόμη και όταν η προσοχή αποστρέφεται από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, καθώς παρατηρήθηκε και στις δύο συνθήκες. Κυριότερα, βρέθηκε ότι το N1 ήταν μικρότερο όταν η προσοχή ήταν στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα από ότι όταν αποστρεφόταν από αυτά. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με άλλες έρευνες που έχουν βρει ενισχυμένα ERPs όταν η προσοχή βρισκόταν στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, όμως αυτή η διαφορά έχει να κάνει με την προσαρμογή των πληθυσμών που κωδικοποιούσαν τις αναπαραστάσεις των δύο ερεθισμάτων: αφενός στη συγκεκριμένη έρευνα η προσοχή βρισκόταν και στα δύο gratings και ο πειραματικός χειρισμός περιλάμβανε την αλλαγή ενός ερεθίσματος το οποίο γινόταν ίδιο με το άλλο, πράγμα που διασφάλιζε ότι η επεξεργασία του αλλαγμένου ερεθίσματος γινόταν από έναν προσαρμοσμένο νευρωνικό πληθυσμό. Αφετέρου, η προσοχή διατηρούνταν στα ερεθίσματα για οχτώ sec μέχρι την αλλαγή του ερεθίσματος, χρόνος που οδηγούσε στην συσσώρευση προσαρμογής, αντίθετα με άλλες έρευνες όπου τα γεγονότα-χειρισμοί συνέβαιναν πριν να συσσωρευτεί αρκετή προσαρμογή, οδηγώντας έτσι σε ενισχυμένα ERPs.

5.2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΑΗΠΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΟΛΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΑΠΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

Αρκετές συμπεριφορικές έρευνες που ελέγχουν τις επιδράσεις της πλήρους απόσυρσης της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, ζητούν από τους συμμετέχοντες να προσέχουν περιοδικά τα ερεθίσματα και εξετάζουν τις συνέπειες του μη προσεγμένου διοφθάλμιου ανταγωνισμού στη μετέπειτα αντιληπτική εμπειρία του προσεγμένου ανταγωνισμού. Αυτή η μεθοδολογία συνδυάζεται συνήθως με τη χρήση flash suppression, όπου μία εικόνα παρουσιάζεται σε μονοφθάλμιο επίπεδο για περίπου ένα δευτερόλεπτο και ακολουθείται από την παρουσίαση του ανταγωνιστικού ερεθίσματος στο άλλο μάτι. Αυτή η μορφή διέγερσης οδηγεί σε κυριαρχία της εικόνας του δεύτερου ματιού (του flash) στην περίοδο της διοφθάλμιας παρουσίασης. Το αντιληπτικό μοτίβο στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, επιδεικνύει στη συνέχεια καταστολή της αρχικά κυρίαρχης εικόνας μετά το φλας και ανάκτηση της κυριαρχίας λίγο αργότερα, με άλλα λόγια ακολουθεί τις εναλλαγές που είναι χαρακτηριστικές στον κανονικό διοφθάλμιο ανταγωνισμό.

Τέτοια μεθοδολογία χρησιμοποιήσαν οι Brascamp και Blake (2012) για να ελέγξουν αν η δυναμική του ανταγωνισμού συνεχίζεται κανονικά σε συνθήκες απροσεξίας. Τα ερεθίσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν gabor's παρατεταγμένα σε μια κυκλική διάταξη γύρω από το σημείο εστίασης. Σε κάθε δοκιμή, το ερέθισμα-στόχος (που ανταγωνίζονταν με το άλλο ως προς τον προσανατολισμό), εμφανιζόταν σε μία από έξι ισαπέχουσες θέσεις, ενώ οι υπόλοιπες πέντε θέσεις καλύπτονταν από συγχωνεύσιμα gabor's με ορθογώνιο ή κάθετο προσανατολισμό, για τα οποία ο προσανατολισμός και το μάτι παρουσίασης εναλλάσσονταν σε γειτονικά ερεθίσματα. Αυτό γινόταν, γιατί αν παρουσιαζόταν ένα μεμονωμένο ερέθισμα, είναι πιθανό η προσοχή να πάει αυτόματα εκεί, ακόμη και αν αυτό δεν συμβαδίζει με την οδηγία. Πρόσθετα, για να διασφαλιστεί ότι στη διάρκεια χωρίς προσοχή, η προσοχή δεν μετέβαινε στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, γινόταν κύλιση του κυκλικού δίσκου, πράγμα που απέκλειε επίσης τις επιδράσεις της εναπομείνουσας προσαρμογής στην αντίληψη, μετά τη διάρκεια της απροσεξίας, καθώς αυτή έχει βρεθεί να ισχύει μόνο για τη θέση του αμφιβληστροειδούς όπου εγείρεται.

Στην πρώτη φάση που ήταν ίδια για όλες τις συνθήκες, εμφανιζόταν αρχικά ένα grating με έναν από τους δύο προσανατολισμούς για 2 δευτερόλεπτα, ώστε να καθοριστεί το ερέθισμα που θα κυριαρχούσε (δηλαδή το ανταγωνιστικό του) στη δεύτερη φάση. Η φάση δύο, που διαρκούσε επίσης 2 δευτερόλεπτα, διέφερε ανάμεσα στις συνθήκες. Στη συνθήκη με και χωρίς προσοχή, εμφανιζόταν το ανταγωνιστικό gabor εκείνου που είχε γίνει flashed στην πρώτη φάση, ενώ στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, εμφανιζόνταν δύο μη ανταγωνιστικά gratings στις θέσεις-στόχους. Ταυτόχρονα με αυτή την αλλαγή παρουσιάζονταν ένα RSVP με γράμματα κόκκινου ή μπλε χρώματος, τα οποία έπρεπε να παρατηρούν οι συμμετέχοντες στη συνθήκη χωρίς προσοχή και στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, ώστε να αναφέρουν αν ο συνολικός αριθμός των κόκκινων k και των μπλε j ήταν άρτιος ή περιττός και τα γράμματα παρουσιάζονταν σε ταχύτερη χρονική διαδοχή καθώς βελτιωνόταν η επίδοση, προκειμένου να διασφαλιστεί η μέγιστη απαιτητικότητα του έργου προσοχής. Στη συνθήκη με προσοχή, οι συμμετέχοντες είχαν την οδηγία να αγνοήσουν το RSVP και να αναφέρουν τα αντιλήμματά τους από τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Στην τρίτη φάση, το RSVP απομακρυνόταν, εμφανιζόνταν δύο ανταγωνιστικά gabor's στη θέση στόχο σε όλες τις συνθήκες και οι συμμετέχοντες έπρεπε να αναφέρουν τα αντιλήμματά τους από τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Η παρουσίαση διαρκούσε μέχρι να αναφερθεί η τρίτη αντιληπτική εναλλαγή.

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε μια τεχνική bootstrap στη βάση της ανάμειξης (reshuffling). Στην ανάλυση των μη αναμειγμένων δεδομένων, ταξινομήθηκαν τα δεδομένα του κάθε συμμετέχοντα βάσει του προσανατολισμού του flash suppression, έτσι ώστε το αντιληπτό grating ήταν είτε ίδιο είτε κάθετο σε αυτό τον προσανατολισμό. Όμως, σε κάθε επανάληψη της διαδικασίας ανάμειξης έγινε τυχαία επιλογή για κάθε θέση έναρξης και κατεύθυνση κύλισης, των μισών από τις δοκιμές που χρησιμοποιούσαν έναν προσανατολισμό flash suppression και των μισών που χρησιμοποιούσαν τον άλλο προσανατολισμό, ενώ η ανάλυση έγινε σαν να

χρησιμοποιούσαν όλες οι δοκιμές τον ίδιο προσανατολισμό. Με αυτή τη διαδικασία οι επιδράσεις του flash suppression αλληλοεξουδετερώθηκαν και αποκαλύφθηκε το εύρος της ισχύος των σημάτων που αναμενόταν χωρίς τις επιδράσεις του flash suppression. Έπειτα, υπολογίστηκε αν το σήμα στα μη αναμειγμένα δεδομένα ενός συμμετέχοντα σε μια συγκεκριμένη συνθήκη, διέφερε σημαντικά από αυτό που αναμενόταν χωρίς τις επιδράσεις του flash suppression, συγκρίνοντας το σήμα στα μη αναμειγμένα δεδομένα με την κατανομή του σήματος που παρατηρούνταν στις επαναλήψεις της διαδικασίας ανάμειξης.

Βρέθηκε ότι το ερέθισμα που ωθούνταν στην κυριαρχία (δηλ. το flashed) κυριαρχούσε επιτυχώς σε ένα μεγάλο ποσοστό των δοκιμών στην αρχή της αναφοράς αντιληψιμάτων, ενώ ο αντιληπτικός κύκλος εμφάνιζε στη συνέχεια τη χαρακτηριστική του περιοδικότητα. Αντίθετα, στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό και στη συνθήκη χωρίς προσοχή, δεν υπήρχε αντίστοιχο αποτέλεσμα: σε κάθε χρονικό σημείο της δοκιμής, ήταν ισοπίθανο να γίνει αντιληπτή η αρχικά ωθημένη εικόνα, όσο και η άλλη εικόνα (βλέπε *Εικόνα 2a*, Brascamp και Blake, 2012). Αυτή η αντανάκλαση της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό στη συνθήκη χωρίς προσοχή, υποδηλώνει ότι όταν δεν προσέχονται τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, ο ανταγωνισμός σταματάει. Στη συνέχεια, εξετάστηκε η ισχύς των ανταγωνιστικών σημάτων σε όλες τις συνθήκες, η οποία ποσοτικοποιήθηκε ως το τετράγωνο της ρίζας της μέσης απόστασης ανάμεσα σε αντιληπτικές καμπύλες όπως αυτή της εικόνας 11 και της γραμμής 0,5. Βρέθηκε ότι η ισχύς ήταν μεγαλύτερη στη συνθήκη με προσοχή έναντι της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό, ενώ η ισχύς του αντιληπτικού σήματος δεν διέφερε ανάμεσα στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό και στη συνθήκη χωρίς προσοχή. Έπειτα, ελέγχθηκε η ισχύς του σήματος στα αναμειγμένα δεδομένα, έτσι ώστε να αλληλοεξουδετερωθούν οποιεσδήποτε επιδράσεις του flash suppression και βρέθηκε ότι αυτό το σήμα ήταν ισχυρό στην προσεγμένη συνθήκη, ενώ στις άλλες δύο συνθήκες όχι.

Εν ολίγοις, όλες οι συγκρίσεις έδειξαν την ισοδυναμία της συνθήκης χωρίς προσοχή και της συνθήκης με υλική αφαίρεση των ανταγωνιστικών ερεθισμάτων, πράγμα που επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι ο ανταγωνισμός παύει χωρίς προσοχή. Οι μεροληψίες για το πρώτο αντίλημμα μετά την αποστροφή της προσοχής στη μη προσεγμένη συνθήκη, εμφάνιζαν σημαντική συσχέτιση με εκείνα που ακολουθούσαν την φυσική απουσία του ερεθίσματος, παρέχοντας άλλη μία ένδειξη ισοδυναμίας τη συνθήκης χωρίς προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό.

Στον τελευταίο έλεγχο που έγινε, οι Brascamp και Blake (2012) εστίασαν στη στιγμή της αλλαγής της αντιληπτικής κυριαρχίας. Το σκεπτικό τους ήταν ότι αν ο ανταγωνισμός δεν συνεχιζόταν χωρίς προσοχή, τότε η πρώτη αντιληπτική εναλλαγή στη φάση τρία, θα διαρκούσε μία μέση διάρκεια αντιλήψιματος στη διάρκεια της μη προσεγμένης συνθήκης, όπως ίσχυε και για τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Αν αντίθετα ο ανταγωνισμός συνεχιζόταν ακόμη και σε συνθήκη απροσεξίας, τότε η πρώτη αντιληπτική εναλλαγή θα συνέβαινε νωρίτερα στη φάση τρία για τη συνθήκη χωρίς προσοχή, έναντι της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό, καθώς οι εναλλαγές θα συνεχιζόταν στη φάση δύο. Οι κατανομές του χρόνου έδειξαν ότι δεν υπήρχε

σημαντική διαφορά ανάμεσα στη συνθήκη χωρίς προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό, ενώ στη συνθήκη με προσοχή η πρώτη εναλλαγή συνέβαινε νωρίτερα από ότι στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Εξετάστηκε επιπλέον η έκταση (spread/variability) της κατανομής του χρόνου που αναφέρθηκε η πρώτη αντιληπτική εναλλαγή, με την υπόθεση ότι αν οι εναλλαγές συνέβαιναν στη διάρκεια της συνθήκης χωρίς προσοχή, τότε η έκταση θα ήταν μεγαλύτερη, επειδή ο χρονισμός θα γινόταν μη προβλέψιμος με αυξανόμενο τρόπο στη πορεία της δοκιμής. Αυτή η υπόθεση επαληθεύτηκε, ενώ αντίθετα στη συνθήκη με προσοχή, αυτή η έκταση ήταν μεγαλύτερη. Επομένως, και η σύγκριση ως προς τον χρόνο της πρώτης αντιληπτικής εναλλαγής έδειξε ισοδυναμία στη συνθήκη χωρίς προσοχή και στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Όλα αυτά υποδηλώνουν ότι η προσοχή είναι απαραίτητη για την εκδήλωση του διορθώσιμου ανταγωνισμού.

Άλλο παράδειγμα έρευνας όπου συγκρίθηκε τι συνέβαινε σε ένα διάστημα χωρίς προσοχή συγκριτικά με ένα διάστημα προσεγμένων ανταγωνιστικών ερεθισμάτων, είναι αυτή των Cavanagh και Holcombe (2006) οι οποίοι εξέτασαν αν ο ανταγωνισμός μπορεί να εκδηλωθεί χωρίς προσοχή, χρησιμοποιώντας οκτώ ανταγωνιστικά gratings παρατεταγμένα κυκλικά γύρω από ένα σημείο εστίασης, τα οποία αναβόσβηναν εκτός φάσης στα δύο μάτια ώστε να προκληθεί ανταγωνισμός. Οι συμμετέχοντες ανέφεραν τις αλλαγές στην κυριαρχία όταν έβλεπαν μια μεμονωμένη κηλίδα και το μοτίβο της κυριαρχίας σε πολλαπλές κηλίδες. Αυτό οδηγούσε σε ίσες διάρκειες κυριαρχίας των ανταγωνιστικών μοτίβων και σε έλλειψη συγχρονίας της κυριαρχίας των κηλίδων. Κυριότερα, υπήρχε διαφορά των αποτελεσμάτων σε αυτή τη συνθήκη ελέγχου από την πειραματική συνθήκη, όπου η προσοχή μετακινούνταν από τη μία κηλίδα στην άλλη γύρω από τη διάταξη. Σε αυτή την περίπτωση, αν ο ανταγωνισμός συνέβαινε στις μη προσεγμένες θέσεις, τότε η κυριαρχία κάθε θέσης θα μπορούσε να σαρωθεί από την προσοχή και η αντιληπτική μετάβαση θα ήταν τυχαία από θέση σε θέση. Ωστόσο, η μείωση της εναλλαγής ήταν τόσο σημαντική ώστε το ένα από τα μοτίβα σταθεροποιούνταν αντιληπτικά και παρέμενε κυρίαρχο στο 90 % του χρόνου, με την αντίληψη να ομοιάζει με ό,τι παρατηρείται με την περιοδική αφαίρεση της αντιληπτικής εμπειρίας και όχι με την περιοδική αποστροφή της προσοχής. Με άλλα λόγια, οι Cavanagh και Holcombe (2006) βρήκαν ότι ο ανταγωνισμός έπαυε χωρίς προσοχή.

Μία έρευνα που απέτυχε επίσης να εντοπίσει το σήμα της αντιληπτικής καταστολής στη διάρκεια του μη προσεγμένου flash suppression, είναι αυτή των Moradi και Heeger (2009). Οι Moradi και Heeger (2009) εξέτασαν πώς συνδυάζονται οι εισροές από τα δύο μάτια στον οπτικό φλοιό. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει κατασταλτικές αλληλεπιδράσεις, όπως για παράδειγμα η έρευνα των Bauman και Bonds (1991) όπου βρέθηκε ότι η απόκριση ενός νευρώνα της V1 μειωνόταν με την τοποθέτηση ενός ορθογώνιου ερεθίσματος πάνω στο ήδη υπάρχον (προτιμώμενο ερέθισμα του νευρώνα), και η έρευνα των Bair, Cavanaugh και Movshon (2003) που έδειξε ότι οι νευρώνες της V1 καταστέλλονται από ερεθίσματα σε περιβάλλουσες θέσεις. Αυτά τα κατασταλτικά φαινόμενα, έχουν εξηγηθεί από μοντέλα

κανονικοποίησης, σύμφωνα με τα οποία η διεγερτική ώθηση που λαμβάνει ένας νευρώνας από ένα προτιμώμενο ερέθισμα, κανονικοποιείται σε σχέση (ή διαιρείται από) τη δραστηριότητα σε άλλους νευρώνες που αποκρίνονται στο περιβάλλον πλαίσιο.

Οι Moradi και Heeger (2009) εξέτασαν μια περίπτωση φλοιϊκής κανονικοποίησης, στην οποία το οπτικό σύστημα θεωρήθηκε ανεπηρέαστο κατά έναν παράγοντα δύο, από την αλλαγή στη διεγερτική εισροή από τον LGN, η οποία προκύπτει από την ταυτόχρονη διέγερση των δύο ματιών. Χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία fMRI και με η επιστράτευση ενός απαιτητικού έργου στο σημείο εστίασης για να μειωθεί η από πάνω προς τα κάτω τροποποίηση των κατώτερων επιδράσεων, παρόλο που η προσοχή δεν ήταν ο παράγοντας χειρισμού. Συγκεκριμένα, μέτρησαν τις αποκρίσεις από των νευρωνικών αναπαραστάσεων μεμονωμένων gratings που παρουσιάζονταν σε μονοφθάλμιο επίπεδο και σε ζεύγη gratings που παρουσιάζονταν μονοφθάλμια, διοπτικά ή διχοπτικά με διάφορα εύρη αντιθέσεων (Εικόνα 1, Moradi και Heeger, 2009). Τα μέτρα που συλλέχθηκαν ήταν η μέση χρονική πορεία του fMRI για κάθε συνθήκη ερεθίσματος, η οποία συγκρίθηκε μεταξύ των συνθηκών. Στο τρίτο πείραμα υπολογίστηκε επίσης η καθολική δραστηριότητα, και τα πλάτη των αποκρίσεων. Από αυτά τα μέτρα πάρθηκε ο μέσος όρος στα voxels για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος (V1, V2, V3), μεταξύ των συμμετεχόντων. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσαρμογή (fitting) των δεδομένων ήταν της μονοφθάλμιας κανονικοποίησης αντίθεσης, της γραμμικής διοφθάλμιας άθροισης, της μη γραμμικής διοφθάλμιας άθροισης, της διοφθάλμιας κανονικοποίησης, και ο νόμος ισχύος (power law).

Στο πρώτο πείραμα μετρήθηκε η φλοιϊκή δραστηριότητα συναρτήσει της αντίθεσης (6 επίπεδα αντίθεσης) σε μονοφθάλμια gratings, ως συνθήκη ελέγχου για τις αποκρίσεις σε διοφθάλμια gratings. Το μοντέλο της μονοφθάλμιας κανονικοποίησης αντίθεσης χρησιμοποιήθηκε για να γίνει προσαρμογή των δεδομένων και οι τιμές των παραμέτρων που βρέθηκαν χρησιμοποιήθηκαν στα υπόλοιπα πειράματα.

Στο δεύτερο πείραμα, εξετάστηκε η fMRI απόκριση σε ένα ζεύγος πανομοιότυπων gratings, με εξαίρεση την αντίθεση η οποία ήταν σταθερή για το grating του αριστερού ματιού αλλά ποίκιλε για το grating του δεξιού ματιού. Σύμφωνα με την αρχή της προσθετικότητας (additivity) η fMRI απόκριση σε ένα ζεύγος gratings θα είναι μεγαλύτερη ή ίση με την απόκριση σε ένα μονοφθάλμια grating, καθώς το δεύτερο grating θα προκαλέσει περισσότερη δραστηριότητα σε έναν υποπληθυσμό νευρώνων, παρόλο που μπορεί να καταστέλλει τη δραστηριότητα σε έναν άλλο υποπληθυσμό. Επομένως, η υπογραφή της καταστολής θα είναι η απώλεια της προσθετικότητας, παρά η μείωση των fMRI αποκρίσεων. Βρέθηκε ότι οι αποκρίσεις δεν ήταν προσθετικές. Επιπλέον οι fMRI αποκρίσεις αυξήθηκαν με την αύξηση της αντίθεσης στο grating του δεξιού ματιού. Ο υπολογισμός του δείκτη προσθετικότητας (δηλ της σχετικής διαφοράς ανάμεσα στις διοφθάλμιες δραστηριότητες και στη μονοφθάλμια, με την τιμή 1 να υποδηλώνει

προσθετικότητα), έδειξε ότι για όλες τις αντιθέσεις του αριστερού ματιού ήταν υποπροσθετικές. Με άλλα λόγια, η προσθήκη του grating στο αριστερό μάτι είχε μικρότερη επίδραση στις αποκρίσεις όταν η αντίθεση του δεξιού ματιού ήταν υψηλότερη. Αναφορικά με τα μοντέλα που προσαρμόζονταν καλύτερα στα δεδομένα, αυτά ήταν το μοντέλο της διοφθάλμιας κανονικοποίησης και το μη γραμμικό μοντέλο της διοφθάλμιας άθροισης, επομένως τα δεδομένα ήταν συμβατά με την ύπαρξη κατασταλτικών ενδοφθάλμιων επιδράσεων στη V1.

Στο τρίτο πείραμα, εξετάστηκε αν υπήρχαν ενδείξεις για μη γραμμικότητα στην αιμοδυναμική των fMRI αποκρίσεων και αξιολογήθηκε η προσθετικότητα των αποκρίσεων για διαφορετικά επίπεδα απόκρισης σε σταθερή αντίθεση. Αυτό το πείραμα ήταν όμοιο με το δεύτερο, με την εξαίρεση ότι τα gratings παρουσιάζονταν σε διάφορες διάρκειες και η αντίθεση στα δύο μάτια ήταν σταθερή στο 50 %. Κατ' επέκταση στη διοφθάλμια συνθήκη του πειράματος, τα δύο gratings ήταν πανομοιότυπα. Βρέθηκε ότι η αύξηση της διάρκειας του ερεθίσματος οδηγούσε σε μεγαλύτερες και διαρκέστερες fMRI αποκρίσεις. Τόσο η μονοφθάλμια, όσο και η διοφθάλμια συνθήκη είχαν όμοια γραμμική τάση. Παρόλο που η προσθήκη του ερεθίσματος στο αριστερό μάτι αύξανε τη συνολική δραστηριότητα, η διαφορά ανάμεσα στη μονοφθάλμια και στη διοφθάλμια απόκριση δεν ήταν στατιστικώς σημαντική και αυτή η επίδραση δεν μειωνόταν για μεγαλύτερες διάρκειες ερεθισμάτων. Παρόλο που υπήρχε γραμμική τάση, το θετικό σημείο τομής με τον κατακόρυφο άξονα υποδείκνυε μια μη γραμμική συνιστώσα για τις σύντομες διάρκειες του ερεθίσματος, αν και θα μπορούσε να ισχύει εναλλακτικά ότι η συνολική δραστηριότητα στις νευρωνικές αποκρίσεις αυξανόταν γραμμικά με τη διάρκεια του ερεθίσματος, αλλά η αιμοδυναμική εκδήλωνε μη γραμμικότητα. Για την εξέταση αυτής της πιθανότητας έγινε προσαρμογή των δεδομένων με μια συνάρτηση ισχύος (power function), όμως δεν προέκυψε καλή προσαρμογή και επιπλέον το μοντέλο του νόμου ισχύος δεν μπορούσε να εξηγήσει την αποτυχία προσθετικότητας του δεύτερου πειράματος. Επομένως, έγινε δεκτή η εναλλακτική υπόθεση ότι η αποτυχία της προσθετικότητας αντανακλούσε νευρωνικές αλληλεπιδράσεις που εξαρτιόταν από την αντίθεση, όπως η κανονικοποίηση.

Στο τέταρτο πείραμα εξετάστηκε αν η καταστολή εξαρτιόταν από τον προσανατολισμό. Για τον σκοπό αυτό μετρήθηκαν οι fMRI αποκρίσεις, συναρτήσει της αντίθεσης του grating που παρουσιαζόταν στο δεξί μάτι σε μια μονοφθάλμια και σε μια διοφθάλμια συνθήκη. Αντίθετα με το δεύτερο πείραμα, τα gratings ήταν ορθογώνια, σχηματίζοντας ένα διχοπτικό plaid. Καθώς η μονοφθάλμια συνθήκη ήταν πανομοιότυπη με εκείνη του δεύτερου πειράματος, ήταν ίδιες και οι μονοφθάλμιες αποκρίσεις. Κυριότερα, η προσθήκη του αριστερού ερεθίσματος οδηγούσε σε μεγαλύτερες αποκρίσεις ειδικά όταν ήταν χαμηλή η αντίθεση στο δεξί μάτι, αλλά και για τις μεγαλύτερες αντιθέσεις, αντίθετα με το δεύτερο πείραμα όπου η προσθήκη του ερεθίσματος οδηγούσε σε μεγαλύτερες αποκρίσεις μόνο όταν η αντίθεση στο άλλο μάτι ήταν χαμηλή. Συνολικά, οι αποκρίσεις στα ασύμβατα ερεθίσματα του τέταρτου πειράματος ήταν μεγαλύτερες από εκείνες που προκαλούνταν με συμβατά

ερεθίσματα στο δεύτερο πείραμα, πράγμα που υποδηλώνει ότι οι μηχανισμοί που υποστηρίζουν την κανονικοποίηση της απόκρισης για διοφθάλμιες εισροές είναι επιλεκτικοί ως προς τον προσανατολισμό. Ακόμη όμως και στο τέταρτο πείραμα υπήρχε αποτυχία της προσθετικότητας, όπως έδειξε η τιμή 0,5 του δείκτη προσθετικότητας. Αυτή η αποτυχία μπορεί να αποδοθεί σε ενδοφθάλμια καταστολή, σε καταστολή διασταυρωμένου προσανατολισμού ή σε έναν συνδυασμό αυτών των παραγόντων.

Τα παραπάνω τινά εξετάστηκαν στο πέμπτο πείραμα μετρώντας τις αποκρίσεις σε τέσσερεις συνθήκες ερεθίσματος: α) με μονοφθάλμια gratings (ένα grating παρουσιάζοταν σε ένα από τα δύο μάτια), β) με διοφθάλμια gratings (πανομοιότυπα gratings παρουσιάζονταν και στα δύο μάτια), γ) μονοφθάλμια plaids (δύο υπερβεβλημένα ορθογώνια gratings παρουσιάζονταν στο ένα μάτι, δ) διχοπτικά plaids (δύο ορθογώνια gratings παρουσιάζονταν και στα δύο μάτια). Βρέθηκε ότι όταν ένα grating παρουσιάζοταν σε ένα μάτι, η προσθήκη ενός συμβατού grating στο άλλο μάτι, αύξανε μόνο ελάχιστα τις αποκρίσεις, ενώ η προσθήκη ενός ορθογώνιου grating στο ίδιο ή στο άλλο μάτι, αύξανε σημαντικά (αλλά όχι σε σημείο να διπλασιάζει) τις αποκρίσεις. Όμοιες επιδράσεις με τη V1 εντοπίστηκαν και στις V2 και V3, ευρήματα που δείχνουν την ύπαρξη κατασταλτικών διοφθάλμιων αλληλεπιδράσεων στον οπτικό φλοιό, αν και στις εξωταινιωτές περιοχές η δραστηριότητα θα μπορούσε να προέρχεται από τη V1.

Η τάση των μικρότερων αποκρίσεων στα διχοπτικά plaids έναντι των μονοφθάλμιων, εξετάστηκε πρόσθετα στο τελευταίο πείραμα, στο οποίο οι Moradi και Heeger (2009) προσπάθησαν να μεγιστοποιήσουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μάτια, χρησιμοποιώντας flash suppression. Σε δοκιμές με μονοφθάλμια gratings ένα grating παρουσιάζοταν στο ένα μάτι και μετά ένα δεύτερο grating παρουσιάζοταν στο άλλο μάτι, επομένως δεν υπήρχε αλληλεπίδραση ή ανταγωνισμός στις αποκρίσεις στα δύο ερεθίσματα. Στις δοκιμές με μονοφθάλμια και διχοπτικά plaids, το πρώτο grating παρουσιάζοταν για 2 sec και τα τελευταία 1,5 sec της παρουσίας, εμφανίζονταν το δεύτερο, ορθογώνιο grating. Στις δοκιμές με μονοφθάλμιο plaid τα δύο gratings παρουσιάζονταν στο ίδιο μάτι, επομένως δεν υπήρχε διοφθάλμια αλληλεπίδραση, αν και θα μπορούσε να υπάρχει καταστολή διασταυρωμένου προσανατολισμού. Στις δοκιμές του διχοπτικού plaid, ορθογώνια gratings παρουσιάζονταν σε διαφορετικά μάτια, προκαλώντας πιθανά διοφθάλμιες αλληλεπιδράσεις, που θα μπορούσαν να έχουν οδηγήσει σε ισχυρότερη καταστολή των αποκρίσεων στη V1. Όπως και στα προηγούμενα πειράματα οι συμμετέχοντες έκαναν ένα απαιτητικό έργο προσοχής στο σημείο εστίασης. Η βασική τους υπόθεση ήταν ότι αν οι συμμετέχοντες παρακολουθούσαν τα gratings (αντί να κάνουν το έργο στο σημείο εστίασης), η αντιληπτική τους εμπειρία σε δοκιμές με διχοπτικά plaids θα ήταν όμοια με τις δοκιμές μονοφθάλμιου grating, λόγω του flash suppression. Βρέθηκε ότι οι αποκρίσεις σε plaids (και διχοπτικά και μονοφθάλμια) ήταν μεγαλύτερες από τις αποκρίσεις σε μονοφθάλμια gratings. Όμως, δεν υπήρχαν ενδείξεις ισχυρότερης καταστολής για διχοπτικά από ότι για μονοπτικά plaids.

Επομένως, δεν βρέθηκαν ενδείξεις του νευρωνικού σύστοιχου του flash suppression στη δραστηριότητα της V1.

Το γενικότερο συμπέρασμα ήταν ότι όταν αποστρέφεται η προσοχή, η διοφθάλμια καταστολή στη V1 μπορεί να εξηγηθεί από ένα μοντέλο κανονικοποίησης στο οποίο η αμοιβαία καταστολή ανάμεσα σε ορθογώνιους προσανατολισμούς δεν εξαρτάται από το μάτι προέλευσης ούτε από τους χρόνους έναρξης, και η καταστολή του διασταυρωμένου προσανατολισμού (cross orientation) είναι ασθενέστερη από την διοφθάλμια. Κυριότερα όμως, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι ελέγχθηκε αν οι διαφορές στην κατάσταση της προσοχής μπορούσαν να εξηγήσουν γιατί τα αποτελέσματα των Moradi και Heeger (2009) διέφεραν από άλλα στα οποία φαινόταν σχεδόν πλήρης καταστολή των αποκρίσεων του ενός από τα δύο ασύμβατα ερεθίσματα. Ενώ οι Lee και λοιποί (2007) όπως είδαμε βρήκαν ότι η προσοχή ήταν απαραίτητη για τη μετάδοση των σημάτων του ανταγωνισμού σε ανώτερες περιοχές, οι Moradi και Heeger (2009) δεν βρήκαν ενδείξεις ότι η διοφθάλμια καταστολή ήταν ισχυρότερη από τη μονοφθάλμια, ακόμη και όταν υπήρχε χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στις παρουσιάσεις των ασύμβατων ερεθισμάτων, που σε κανονικές συνθήκες οδηγεί σε flash suppression. Αυτή η διαφορά στις έρευνες θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι τα ταξιδεύοντα κύματα αντανακλούσαν καταστολή διασταυρωμένου προσανατολισμού παρά διοφθάλμιο ανταγωνισμό, στο ότι ο μηχανισμός που υποστηρίζει τα ταξιδεύοντα κύματα διαφέρει από εκείνον του flash suppression, ή ότι το ταξιδεύον κύμα αντανακλά την αναδύομενη κυριαρχία ενός grating παρά την καταστολή του ανταγωνιστικού του.

Τον ρόλο της κανονικοποίησης (normalization) στην οπτική επίγνωση κατά τη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού εξέτασαν και οι Ling και Blake (2012). Στόχος της έρευνας ήταν να βρεθεί αν ένας κοινός νευρωνικός υπολογισμός (η κανονικοποίηση) μεσολαβεί ανταγωνιστικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα τόσο στη διάρκεια του ανταγωνισμού, όσο και στη διάρκεια της επιλογής από την προσοχή. Στο πρώτο πείραμα, εξετάστηκαν οι νευρωνικές αποκρίσεις στην αντίθεση του ερεθίσματος, στη διάρκεια διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Με τα κλασικά μοντέλα της διοφθάλμιας κανονικοποίησης (Moradi και Heeger, 2009), προβλέπεται ότι η εισαγωγή ενός ανταγωνιστικού ερεθίσματος θα τροποποιήσει την ωφέλεια (gain) της αντίθεσης, δηλαδή θα προκαλέσει ισχυρότερες επιδράσεις σε ενδιάμεσες αντιθέσεις της ψυχομετρικής καμπύλης αλλά όχι την ωφέλεια της απόκρισης (δηλαδή δεν θα προκαλέσει δηλαδή ισχυρότερες επιδράσεις στην ψυχομετρική καμπύλη για υψηλές αντιθέσεις). Όμως, αν ο ανταγωνισμός περιλαμβάνει την προσοχή, τότε όταν το κυρίαρχο ερέθισμα είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το ερέθισμα ελέγχου στο άλλο μάτι, προκαλώντας μεγαλύτερο τροποποιητικό πεδίο¹³, τότε προβλέπεται μια μείωση στην ωφέλεια της αντίθεσης για το ερέθισμα ελέγχου. Όταν όμως το κυρίαρχο

¹³ Το τροποποιητικό πεδίο, που αναφέρεται και ως πεδίο της προσοχής, εκδηλώνεται είτε με την ενίσχυση της απόκρισης σε ένα ερέθισμα, όπως συμβαίνει όταν στρέφεται σε αυτό η προσοχή, είτε με τη μείωση της απόκρισης σε ένα ερέθισμα, όπως συμβαίνει με τη διοφθάλμια καταστολή

ερέθισμα προκαλεί μικρό τροποποιητικό πεδίο, η συνάρτηση που περιγράφει την απόκριση αντίθεσης θα πρέπει δείχνει μείωση της ωφέλειας απόκρισης.

Για να ελεγχθεί αν η κανονικοποίηση τροποποιεί τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, εξετάστηκε πώς άλλαζαν οι ψυχομετρικές καμπύλες για ένα εξασθενημένο ερέθισμα στη διάρκεια του ανταγωνισμού. Αναλυτικότερα, μέτρησαν την ικανότητα των συμμετεχόντων να εντοπίσουν μικρές αλλαγές στον προσανατολισμό του ερεθίσματος ελέγχου που είτε παρουσιαζόταν μονοφθάλμια, είτε καταστέλλόταν στη διάρκεια του διοφθάλμιου ανταγωνισμού (Εικόνα 1, Ling και Blake, 2012). Επιπρόσθετα, έγινε χειρισμός του μεγέθους του τροποποιητικού πεδίου, αλλάζοντας το μέγεθος του κυρίαρχου ερεθίσματος, το οποίο είτε είχε το ίδιο μικρό μέγεθος με το ερέθισμα ελέγχου, είτε είχε λίγο μεγαλύτερο μέγεθος είτε σημαντικά μεγαλύτερο. Η αντίθεση των ερεθισμάτων ελέγχου βρισκόταν στο εύρος 0,8 – 23% για να μετρηθεί ολόκληρη η ψυχομετρική συνάρτηση. Η υπόθεση που υποβόσκει εδώ είναι ότι αλλαγές στη συνάρτηση της νευρωνικής απόκρισης αντίθεσης έχουν αντίκτυπο στην ικανότητα διάκρισης αλλαγών στον προσανατολισμό του ερεθίσματος ελέγχου, ο οποίος αντανακλάται σε αλλαγές στις ψυχομετρικές συναρτήσεις.

Βρέθηκε ότι ενώ ένα μεγάλο κυρίαρχο ερέθισμα μετατόπιζε μόνο την ωφέλεια της αντίθεσης, ένα ενδιάμεσο κυρίαρχο ερέθισμα μείωνε και την ωφέλεια της απόκρισης και την ωφέλεια της αντίθεσης και ένα μικρό κυρίαρχο ερέθισμα μείωνε πρόσθετα την ωφέλεια της απόκρισης. Η ταυτόχρονη μείωση και στην ωφέλεια της αντίθεσης και στην ωφέλεια της απόκρισης όταν το κυρίαρχο ερέθισμα ήταν μικρό, επαληθεύει την πρόβλεψη του μοντέλου κανονικοποίησης της προσοχής και έρχεται σε αντίθεση με τα παραδοσιακά μοντέλα κανονικοποίησης. Τα μοντέλα της κανονικοποίησης της προσοχής, στηρίζονται στην υπόθεση ότι το τροποποιητικό πεδίο ενισχύει την ισχύ του ερεθίσματος πριν τη διαιρετική κανονικοποίηση, καθώς αν δεν ίσχυε αυτό, τότε η υπογραφή της τροποποίησης θα ήταν πάντα η ωφέλεια της αντίθεσης.

Το εύρημα ότι η συνάρτηση της απόκρισης τροποποιείται και από την ωφέλεια της αντίθεσης και από την ωφέλεια της απόκρισης, υποδηλώνει ότι υπάρχει ένας πρόσθετος παράγοντας εν ενεργεία. Ένας τέτοιος υποψήφιος παράγοντας είναι η προσοχή: όταν ένα ερέθισμα είναι κατεσταλμένο στη διάρκεια του ανταγωνισμού, η προσοχή μπορεί να στρέφεται στο κυρίαρχο ερέθισμα, παρά στο κατεσταλμένο ερέθισμα ελέγχου. Ο αντίκτυπος αυτής της απόσυρσης της προσοχής από το κατεσταλμένο ερέθισμα θα εξαρτάται από το μέγεθος του τροποποιητικού πεδίου. Ένα μικρό τροποποιητικό πεδίο θα μειώνει μόνο την απόκριση στην κεντρική περιοχή του κατεσταλμένου ερεθίσματος, αλλάζοντας την ισορροπία ανάμεσα στη διέγερση και στην καταστολή υπέρ της καταστολής και προκαλώντας έτσι μια μείωση στην ωφέλεια της αντίθεσης και στην ωφέλεια της απόκρισης. Αντίθετα, ένα μεγάλο τροποποιητικό πεδίο θα μείωνε την απόκριση στο ερέθισμα ελέγχου σε μεγαλύτερη χωρική έκταση, διατηρώντας την ισορροπία ανάμεσα στη διέγερση και στην καταστολή και προκαλώντας έτσι μόνο τη μετατόπιση της ωφέλειας αντίθεσης.

Αυτή η σχέση ανάμεσα στην προσοχή και στη συνείδηση μπορεί να τυποποιηθεί σε ένα πλαίσιο κανονικοποίησης.

Οι Ling και Blake (2012), μοντελοποίησαν την απόκριση του ερεθίσματος ελέγχου, κάνοντας την υπόθεση ότι η προσοχή παίζει καίριο ρόλο στην οπτική επίγνωση. Συγκεκριμένα, υπέθεσαν ότι υπήρχε σημαντική ενίσχυση στα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος ελέγχου όταν ήταν κυρίαρχο, ενώ όταν ήταν κατεσταλμένο οι περισσότεροι πόροι της προσοχής στρέφονταν στο άλλο ερέθισμα. Αυτή η μοντελοποίηση κατέδειξε την μετατόπιση μόνο της ωφέλειας της αντίθεσης στην περίπτωση όπου το τροποποιητικό πεδίο ήταν μεγάλο (μεγάλο ανταγωνιστικό ερέθισμα), και τη μετατόπιση της ωφέλειας αντίθεσης όπως επίσης και τη μείωση της ωφέλειας απόκρισης της συνάρτησης απόκρισης αντίθεσης, στην περίπτωση όπου το τροποποιητικό πεδίο ήταν μικρό.

Το παραπάνω μοντέλο προτείνει ότι η προσοχή παίζει σημαντικότερο ρόλο στον ανταγωνισμό: ένας κυρίαρχος μικρός ανταγωνιστής αποσύρει την προσοχή από την κεντρική περιοχή του ερεθίσματος ελέγχου και ως συνέπεια της κανονικοποίησης προκαλεί μείωση στην ωφέλεια της απόκρισης του ερεθίσματος ελέγχου. Αυτό το μοντέλο συνοδεύεται από μια πρόσθετη πρόβλεψη: η απόσυρση της προσοχής και από τα δύο ανταγωνιστικά ερεθίσματα θα άφηνε την ισορροπία ανάμεσα στη διέγερση και την καταστολή άθικτη, καταργώντας τις επιδράσεις του μικρότερου ανταγωνιστή στην ωφέλεια της απόκρισης του ερεθίσματος ελέγχου, πράγμα που θα παρατηρούνταν με την απουσία καταστολής του ερεθίσματος υψηλής αντίθεσης. Για να ελεγχθεί αυτή η πρόβλεψη, στο δεύτερο πείραμα έγινε ένα περιφερειακό έργο προσοχής που αποσκοπούσε στην αποστροφή της από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα και μετρήθηκε στις δύο συνθήκες η ισχύς της καταστολής που προκαλούνταν είτε από έναν μεγάλο είτε από έναν μικρό ανταγωνιστή. Η υπόθεση εργασίας ήταν ότι όταν η προσοχή αποσύρεται από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, ο ανταγωνιστής θα τροποποιήσει μόνο την ωφέλεια της αντίθεσης, ανεξάρτητα από το μέγεθός του.

Για να ελεγχθεί ο ρόλος της προσοχής στη μεσολάβηση του ανταγωνισμού, δημιουργήθηκαν συνθήκες στις οποίες προκαλούνταν αρνητικές μεταεικόνες¹⁴ σε συνθήκες διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Για να προκληθούν μεταεικόνες, έγιναν σύντομες εκθέσεις των 2 sec σε ένα ημιτονοειδές grating (ο παρακινητής, inducer) που παρουσιάζονταν στο ένα μάτι, ενώ ταυτόχρονα το άλλο μάτι ερεθιζόταν από μία από τρεις πιθανές διατάξεις ερεθισμάτων (Εικόνα 13): α) ένα πεδίο χωρίς περίγραμμα που δεν προκαλούσε καταστολή του παρακινητή, β) έναν μεγάλο ανταγωνιστή, γ) έναν μικρό ανταγωνιστή. Μετά από κάθε περίοδο πρόκλησης μεταεικόνας αφαιρούνταν το ανταγωνιστικό grating, αν ήταν παρόν, και η αντίθεση του παρακινητή αντικαθιστούνταν από ένα ακυρωτικό ερέθισμα, το οποίο ήταν επίσης ένα ημιτονοειδές grating που παρουσιαζόταν στο μάτι παρουσίασης του παρακινητή. Το ακυρωτικό ερέθισμα είχε πάντα την ίδια χωρική φάση με τον παρακινητή και κατ'

¹⁴Μεταεικόνα είναι το «αρνητικό μιας εικόνας» που συνιστά πλάνη και βιώνεται αμέσως μετά την έκθεση σε ένα πραγματικό ερέθισμα (Ling & Blake, 2012).

επέκταση αντίθετη χωρική φάση από κάθε αρνητική μεταεικόνα και μετά την παρουσίασή του, οι συμμετέχοντες έλεγαν αν έβλεπαν ένα grating. Ανάλογα με την αντίθεση του ακυρωτικού ερεθίσματος και την ισχύ της μεταεικόνας, οι συμμετέχοντες μπορεί να έβλεπαν την αρνητική μεταεικόνα, το ακυρωτικό ερέθισμα ή κανένα grating, επειδή ο συγκεκριμένος συνδυασμός ισχύος μεταεικόνας και αντίθεσης ακυρωτικού ερεθίσματος αλληλοεξουδετερώνονταν. Η μέτρηση του ποσοστού των δοκιμών που οι συμμετέχοντες έβλεπαν το grating συναρτήσεως των αντιθέσεων του ακυρωτικού ερεθίσματος, έδωσε τις συναρτήσεις της μεταεικόνας, που προσέγγιζαν ανεστραμμένες Γκαουσιανές κατανομές. Το μέσο αυτών των κατανομών αντιστοιχούσε στην αντίθεση που απαιτούνταν για να εξουδετερωθεί η αρνητική μεταεικόνα, παρέχοντας έτσι ένα μέτρο της ισχύος της. Για την αποστροφή της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα έγινε ένα απαιτητικό έργο RSVP.

Βρέθηκε ότι δεν υπήρχαν διαφορές στην ισχύ της μεταεικόνας ανάμεσα στις συνθήκες με μεγάλο ανταγωνιστή και χωρίς ανταγωνιστή, όμως παρατηρήθηκαν σημαντικά εξασθενημένες μεταεικόνες όταν ο μικρός ανταγωνιστής αντιπαραβαλλόταν με τον παρακινητή. Το δεύτερο εύρημα ήταν συμβατό με τη μείωση της ωφέλειας απόκρισης του πρώτου πειράματος, όπου οι τροποποιητικές επιδράσεις της καταστολής ήταν μεγαλύτερες σε υψηλές αντιθέσεις. Όμοιο μοτίβο (μη τροποποίηση της ισχύος της μεταεικόνας από μεγάλο ανταγωνιστή και μείωση της ισχύος της με μικρό ανταγωνιστή), βρέθηκε και όταν έγινε προσαρμογή των δεδομένων κάθε συμμετέχοντα με ανεστραμμένες Γκαουσιανές κατανομές.

Χωρίς προσοχή, ο ανταγωνιστής δεν είχε επίδραση στην ισχύ της μεταεικόνας και αυτό ίσχυε και για τον μεγάλο και για τον μικρό ανταγωνιστή. Αυτό είναι συμβατό με τις προβλέψεις του μοντέλου, καθώς η μείωση της ωφέλειας απόκρισης που προέρχεται από τον μικρό ανταγωνιστή, είναι παραπροϊόν της τροποποίησης της κανονικοποίησης από την προσοχή. Επομένως, χωρίς προσοχή, η αλλαγή της ωφέλειας αποτελείται μόνο από τη μετατόπιση της ωφέλειας αντίθεσης, όπως αυτό που παρατηρήθηκε για το μεγάλο κατασταλτικό ερέθισμα.

Όλα τα παραπάνω, υποδηλώνουν ότι η προσοχή είναι βασική για τον ανταγωνισμό, καθώς χωρίς αυτήν η καταστολή των ανταγωνιστικών ερεθισμάτων εξασθενεί σε υψηλές αντιθέσεις. Με άλλα λόγια, η προσοχή αλληλεπιδρά με την αναστολή, όμως αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η καταστολή δεν συμβαίνει χωρίς προσοχή, καθώς το μέγεθος της καταστολής εξαρτάται από μια ποικιλία παραγόντων, όπως το μέγεθος του ερεθίσματος, την κατάσταση της προσοχής και την αντίθεση των ανταγωνιζόμενων ερεθισμάτων. Πιθανά προηγούμενες έρευνες που απέτυχαν να βρουν ενδείξεις για καταστολή χωρίς προσοχή να στηρίζονται σε σχεδιασμό με υψηλές αντιθέσεις, όπου η καταστολή μπορεί να συγκαλύπτεται από την επίδραση της τροποποίησης της ωφέλειας αντίθεσης. Ας σημειωθεί τέλος, ότι τα παραπάνω αποτελέσματα υποδηλώνουν πολύ πρώιμο φλοιϊκό τόπο για τις επιδράσεις της καταστολής, πιθανά τη V1 και τον LGN που έχουν μικρά υποδεκτικά πεδία, καθώς χρησιμοποιήθηκαν μικρά ερεθίσματα ελέγχου. Ωστόσο, αυτό το συμπέρασμα

χρειάζεται πρόσθετη τεκμηρίωση από νευροαπεικονιστικές και ηλεκτροφυσιολογικές μεθόδους που είναι σε θέση να απαντήσουν καλύτερα σε ζητήματα εντοπισμού.

Απουσία των νευρωνικών συστοίχων της αντιληπτικής καταστολής και στο ισχυρότερο CFS βρέθηκε και από τους Watanabe και λοιπούς (2011). Σε αυτή την έρευνα, εξέτασαν πού αποσυσχετίζονται νευρωνικά στο οπτικό σύστημα η προσοχή και η συνείδηση. Για να το κάνουν αυτό χειρίστηκαν την ορατότητα του στόχου, παρουσιάζοντας ένα grating κίνησης στο ένα μάτι ως στόχο και πολλά μικρότερα κινούμενα gratings είτε στο ίδιο μάτι είτε στο αντίθετο, ώστε στην πρώτη περίπτωση ο στόχος να παραμένει ορατός και στη δεύτερη περίπτωση ο στόχος να διαφεύγει της συνείδησης, χάρη στη διοφθάλμια καταστολή (*Εικόνα 1 a, b*, Watanabe και λοιποί, 2011). Η προσοχή ελεγχόταν είτε ζητώντας από τους συμμετέχοντες να προσέχουν τον στόχο, είτε ζητώντας τους να εντοπίσουν έναν χαρακτήρα σε μια τυχαίως παρουσιασμένη σειρά χαρακτήρων στο κέντρο της εστίασης. Σε μια πρόσθετη συνεδρία εντοπισμού, ανιχνεύτηκε το τμήμα της V1 που αντιστοιχούσε στον μονοφθάλμιο στόχο, και για να μετρηθούν οι επιδράσεις της από πάνω προς τα κάτω προσοχής και της οπτικής επίγνωσης στο BOLD σήμα αυτής της περιοχής-στόχου, συγκρίθηκαν τα μετρημένα πλάτη του BOLD στους τέσσερις τύπους ερεθισμάτων που προαναφέρθηκαν.

Στους μισούς συμμετέχοντες, στη συνθήκη προσοχής στο κέντρο της εστίασης, το ορατό ερέθισμα προκαλούσε υψηλότερη απόκριση του BOLD σήματος από ότι το αόρατο ερέθισμα. Σε έναν συμμετέχοντα, στη συνθήκη προσοχής στον στόχο, το αόρατο ερέθισμα οδηγούσε σε ενισχυμένο σήμα σε σχέση με το ορατό ερέθισμα. Χαρακτηριστικό είναι ότι βρέθηκε αντίθετα σημαντική επίδραση της προσοχής, ανεξάρτητα από τις συνθήκες ορατότητας για όλους τους συμμετέχοντες.

Η μικρή τροποποίηση της δραστηριότητας στη V1 από την οπτική επίγνωση είναι καίρια επειδή βρίσκεται σε αντίθεση με έρευνες όπως αυτή των Tong και Engel (2001) όπου βρέθηκε ισχυρή τροποποίηση του σήματος BOLD στη V1, που συνδεόταν με τη συνειδητή επίγνωση των ερεθισμάτων, ένδειξη που απέτυχαν να δείξουν έρευνες όπως εκείνες του Λογοθέτη και των συνεργατών του με τη χρήση μεθοδολογίας ηλεκτροφυσιολογίας (Leopold & Logothetis, 1996 □ Logothetis & Schall, 1989 □ Sheinberg & Logothetis, 1997). Η παρούσα έρευνα είναι σημαντική γιατί μπορεί να επιλύσει την ασυμβατότητα ερευνών όπως οι παραπάνω, γιατί πέρα από τις μεθοδολογικές τους διαφορές,¹⁵ η σύγκρουση των ευρημάτων θα μπορούσε να εξηγηθεί από την τροποποίηση από την προσοχή, καθώς αυτή δεν ελεγχόταν συστηματικά σε αυτές τις έρευνες, κατάσταση εμφανώς προβληματική αφού η προσοχή και η συνείδηση είναι στενά συνυφασμένες διεργασίες. Τα αποτελέσματα

¹⁵ Η νευρωνική ακιδωτή (spiking) δραστηριότητα που μετρείται με ηλεκτροφυσιολογικές έρευνες συσχετίζεται λιγότερο στενά με την αντιληπτική επίγνωση από ότι τα τοπικά δυναμικά πεδίου (local field potentials), τα οποία συσχετίζονται ισχυρότερα με το fMRI σήμα BOLD, καταδεικνύοντας έτσι τη σημαντικότητα του fMRI για τη μελέτη των νευρωνικών συστοίχων της συνείδησης (Sterzer και λοιποί, 2009).

των Watanabe και λοιπών (2011) δείχνουν ότι αυτό ισχύει, υποδηλώνοντας ότι η εμπλοκή της V1 στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό σε προηγούμενες έρευνες είναι απόρροια των επιδράσεων της προσοχής. Βέβαια, κάτι τέτοιο δεν παραγνωρίζει τον ρόλο της V1 στη συνειδητή εμπειρία, καθώς, παρόλο που φαίνεται ότι η ενεργοποίησή της δεν είναι επαρκής για τη συνειδητή εμπειρία, δεν συνεπάγεται ότι δεν είναι και αναγκαία.

5.3. ΕΡΕΥΝΕΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΒΛΕΠΟΥΝ ΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΟΦΘΑΛΜΙΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ

Μία τέτοια έρευνα είναι εκείνη των Leopold και λοιποί (1995) στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της προσοχής στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα επάνω στη χρονική δυναμική του φαινομένου. Με άλλα λόγια, εξέτασαν αν οι φάσεις σχετικής κυριαρχίας εμφάνιζαν τη συνηθισμένη γάμμα κατανομή, όταν η προσοχή αποστρεφόταν από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Για τη μέτρηση αυτής της επίδρασης αξιοποιήθηκε η συγχρονία φάσης του οπτικοκινητικού νυσταγμού (OKN) και της αντιληπτής κατεύθυνσης κίνησης, καθώς το άτομο έκανε ένα απαιτητικό παράλληλο έργο που απέστρεφε την προσοχή από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, τόσο σε ένα πείραμα με ακουστικό παράλληλο έργο, όσο και σε ένα πείραμα με οπτικό.

Στις αρχικές συνεδρίες παρουσιάζονταν στα άτομα μη ανταγωνιστικά gratings που κινούνταν προς την ίδια κατεύθυνση και στα δύο μάτια, με την κατεύθυνση ροής να αλλάζει κάθε λίγα δευτερόλεπτα και τα άτομα εστίαζαν στην κεντρική περιοχή των gratings για να αναφέρουν την κατεύθυνση κίνησης των gratings, πατώντας ένα από δύο κουμπιά. Καθώς τα άτομα έκαναν το έργο μετρήθηκε και συγκεντρώθηκε το ίχνος του ηλεκτρο-οφθαλμο-γράμματος (electrooculography, EOG). Αυτές οι συνεδρίες αποσκοπούσαν στην εξοικείωση των συμμετεχόντων με το έργο και στη δημιουργία μιας συνθήκης ελέγχου χωρίς αμφισημία, μέσω της οποίας θα συσχετιζόταν η πόλωση του OKN με την κατεύθυνση κίνησης του ερεθίσματος. Στις μετέπειτα δοκιμές τα gratings ήταν ανταγωνιστικά (αντίθετες κατευθύνσεις κίνησης στα δύο μάτια) και τα άτομα έκαναν ένα δύσκολο έργο που απέστρεφε την προσοχή από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Στο πείραμα με το ακουστικό έργο προσοχής, παρουσιάζονταν μια σειρά τόνων με χαμηλό, μέτριο και υψηλό ύψος και τα άτομα μετρούσαν τους τόνους ενός προκαθορισμένου ύψους ώστε να πατήσουν ένα κουμπί μετά την παρουσίαση του δέκατου τόνου. Στο πείραμα με το οπτικό έργο προσοχής, το άτομο έστρεφε την προσοχή του σε μια σειρά σύντομων διοφθάλμιων παρουσιάσεων ερεθισμάτων γύρω από την περιοχή που περιέκλειε τα κεντρικά παρουσιασμένα gratings. Τα ερεθίσματα ήταν μικροί κόκκινοι ή κίτρινοι κύκλοι, τοποθετημένοι σε μια ορθογώνια διάταξη γύρω από την κεντρική περιοχή και κάθε 3 sec, αυτό το ερέθισμα παρουσιάζονταν για 125ms. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να αναφέρουν αν το χρώμα του ενός ερεθίσματος ήταν διαφορετικό από τα υπόλοιπα, πατώντας ένα από δύο κουμπιά.

Η ανάλυση του σήματος EOG στόχευσε αρχικά στην ανίχνευση των φάσεων προς τα πάνω και προς τα κάτω του OKN. Για τον σκοπό αυτό πάρθηκε η παράγωγος ($y(t)$) του φιλτραρισμένου σήματος, ως αναπαράσταση της κάθετης ταχύτητας του ματιού. Οι κορυφές αυτού του ίχνους είναι γνωστό ότι αναπαριστούν σακκαδικές όπου οι προς τα πάνω κορυφές συνιστούν προς τα πάνω σακκαδικές και οι προς τα κάτω κορυφές, προς τα κάτω σακκαδικές. Επιπλέον, οι φάσεις που περιλάμβαναν προς τα πάνω σακκαδικές αναπαριστούσαν φάσεις όπου τα άτομα αντιλαμβάνονταν την κίνηση του αμφίσημου grating προς τα κάτω, στη διάρκεια των οποίων η αργή φάση του $y(t)$ κινείται προς τα κάτω. Ομοίως οι περιοχές των προς τα κάτω κορυφών αναπαριστούσαν περιόδους αντιληπτής κίνησης προς τα πάνω. Για την εξαγωγή της παρούσας OKN φάσης, στηρίχτηκαν κυρίως στο ίχνος ταχύτητας ($y(t)$) όπου μια σειρά κορυφών (σακκαδικών) στην ίδια κατεύθυνση συνιστούσαν μια διακριτή φάση.

Για να ελεγχθεί η αξιολόγηση της αξιοπιστίας του OKN ως αντικειμενικού δείκτη του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, στην ανάλυση του πρώτου πειράματος όπου εξήχθησαν οι φάσεις του OKN, συγκρίθηκαν με τις υποκειμενικές αναφορές του αντιλήμματος με τη ροή κίνησης προς τα πάνω και εκείνου με τη ροή προς τα κάτω. Βρέθηκε υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στους χρόνους φάσης, επαληθεύοντας έτσι την αξιοπιστία της μεθόδου. Επιπρόσθετα, οι αναφερμένες αντιληπτικές μεταβάσεις συνέβαιναν μετά τη μετάβαση του εξαγμένου ίχνους.

Στο πείραμα ελέγχου, έγινε προσαρμογή μιας συνάρτησης γάμμα στις τιμές του ιστογράμματος συχνότητας των αντιληπτικών φάσεων κυριαρχίας και αξιολογήθηκαν οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων, οι οποίες βρέθηκε να συμβαδίζουν με τις τιμές που έχουν αναφερθεί σε άλλες έρευνες. Στο πείραμα με τη μέτρηση τόνων, βρέθηκε ότι το έργο μέτρησης δεν επιδρούσε στις αντιληπτικές εναλλαγές του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Ο OKN συνέχιζε να συμβαίνει με τις εναλλαγές, παρόλο που η προσοχή είχε απομακρυνθεί από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Ωστόσο, ο ολικός ρυθμός εναλλαγής ήταν ελαφρά υψηλότερος στη διάρκεια αυτού του έργου. Σε συμφωνία με το πείραμα ελέγχου, οι φάσεις κυριαρχίας αντιστοιχούσαν καλά σε μια συνάρτηση γάμμα με το αναμενόμενο εύρος τιμών των παραμέτρων της. Στο πείραμα με το οπτικό έργο προσοχής, βρέθηκε επίσης ελάχιστη ή καθόλου επίδραση της αποστροφής της προσοχής στη δυναμική των εναλλαγών του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, με εξαίρεση μια μικρή αύξηση στον ρυθμό των εναλλαγών.

Εν κατακλείδι, βρέθηκε ότι η δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού δεν επηρεαζόταν από την κατανομή της προσοχής στο ανταγωνιστικό ερέθισμα, με εξαίρεση μια μικρή μείωση στον ρυθμό των εναλλαγών. Αυτό το εύρημα, υποδεικνύει ότι ούτε η προσοχή, ούτε μια διαδικασία λήψης απόφασης δεν ευθύνονται για το χαρακτηριστικό σχήμα της κατανομής γάμμα. Ένας περιορισμός της έρευνας των Leopold και λοιπών (1995) είναι ότι τα αποτελέσματα πάρθηκαν από έναν παρατηρητή στη διάρκεια της μη προσεγμένης συνθήκης, επομένως είναι ασαφές το εύρος της γενικευσιμότητάς τους, ενώ η αποσυσχέτιση των οπτικοκινητικών διεργασιών από τη συνειδητή εμπειρία που έχουν βρεθεί σε μία

άλλη έρευνα (Glasser & Tadin, 2014, όπως αναφέρεται στους Dieter, Brascamp, Tadin και Blake, 2016) περιπλέκει τα αποτελέσματα.

Μία δεύτερη έρευνα που προσπάθησε να συσχετίσει την αντιληπτική επιλογή στη διάρκεια του ανταγωνισμού με έναν φυσιολογικό δείκτη που στηριζόταν στη διάμετρο της κόρης, ήταν εκείνη των Einhauser και λοιπών (2008). Συγκεκριμένα, μετρήθηκε η διάμετρος της κόρης ενώ τα άτομα έκαναν έργα με αμφίσημα οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα. Τα ερεθίσματα διοφθάλμιου ανταγωνισμού ήταν plaids που αποτελούνταν από υπερβεβλημένα gratings που κινούνταν μαζί προς τα πάνω και μεμονωμένα κινούνταν είτε στη φορά του ρολογιού είτε στην αντίστροφη φορά. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να αναφερθούν οι εναλλαγές ανάμεσα στη συναφή κίνηση (του plaid) και στην κίνηση των gratings-συστατικών. Το ερέθισμα δομής από την κίνηση ήταν ένας κύλινδρος από κουκίδες, ο οποίος περιστρεφόταν στα 0.5 Hz. Ο ακουστικός ανταγωνισμός περιλάμβανε δύο τόνους διαφορετικού ύψους, «A» και «B» που παρουσιάζονταν με τη μορφή A-B-A και προκαλούσαν είτε μια συναφή αλυσίδα A-B-A, είτε δύο μεμονωμένες ροές τόνων A και B. Για όλα τα ερεθίσματα χρησιμοποιήθηκαν δύο συνθήκες: μία συνθήκη άμεσης αναφοράς, όπου οι συμμετέχοντες πατούσαν ένα από δύο κουμπιά ανάλογα με το αντίλημμά τους μετά από μια πεντάλεπτη παρουσίαση του ερεθίσματος και μία συνθήκη μέτρησης, στην οποία ζητούνταν από τους παρατηρητές να μετρήσουν τον αριθμό των εναλλαγών στη διάρκεια κάθε δοκιμής για να την αναφέρουν μετά το πέρας της. Μετά από κάθε πεντάλεπτη παρουσίαση ανταγωνισμού, δινόταν μία συνθήκη επανάληψης, ως συνθήκη ελέγχου. Η διάμετρος της κόρης του δεξιού ματιού καταγράφηκε για όλους τους συμμετέχοντες σε όλους τους τύπους των ερεθισμάτων που προαναφέρθηκαν και στον κύβο του Necker. Στη συνθήκη άμεσης αναφοράς, βρέθηκε μια απότομη αύξηση της διαμέτρου της κόρης γύρω από τον χρόνο της αντιληπτικής εναλλαγής, μοτίβο που ίσχυε για όλα τα ερεθίσματα και τους συμμετέχοντες.

Στη συνέχεια, οι Einhauser και λοιποί (2008) ενδιαφέρθηκαν να ελέγξουν αν η διαστολή της κόρης παρουσίαζε κάποια συσχέτιση με τα διαστήματα ανάμεσα στις αντιληπτικές εναλλαγές και για τον σκοπό αυτό υπολογίστηκε ένα κανονικοποιημένο μέτρο στο οποίο συγκρινόταν οι διάρκειες πριν από κάθε εναλλαγή, με τις διάρκειες μετά από κάθε εναλλαγή. Βρέθηκε συσχέτιση ανάμεσα στη διαστολή της κόρης στο παράθυρο γύρω από τον χρόνο της αντιληπτικής εναλλαγής, καθώς 600 ms πριν την έναρξη ενός νέου διαστήματος κυριαρχίας, η διάμετρος της κόρης αντανάκλουσε τη διάρκειά της, με τη μεγαλύτερη διαστολή να συσχετίζεται με σταθερότερο αντίλημμα. Σε επόμενα πειράματα, αποκλείστηκε το ενδεχόμενο τα παρατηρούμενα αποτελέσματα να ήταν προϊόν της θέσης των ματιών, των βλεφαρισμάτων και των σακκαδικών.

Στη συνθήκη μέτρησης, εξετάστηκε αν η σχέση διαμέτρου κόρης και αντιληπτικών εναλλαγών συμβάδιζε με μια έκδηλη κινητική απόκριση, με την παρουσίαση δοκιμών στις οποίες οι διάρκειές τους ταίριαζαν με τη μέση διάρκεια κυριαρχίας της συνθήκης άμεσης αναφοράς, για κάθε ερέθισμα. Βρέθηκε ότι μικρότερη διάμετρος της κόρης ακολουθούταν από συντομότερες διάρκειες

κυριαρχίας και αύξαναν τη συχνότητα της μετάβασης σε ένα μετέπειτα σταθερό διάστημα, ενώ αντίθετα μετά την αντιληπτική εναλλαγή, σημειωνόταν ταχεία αύξηση στη διαστολή της κόρης. Επαληθεύτηκε έτσι ότι η διαστολή δεν ήταν αποτέλεσμα της κινητικής απόκρισης.

Τα ευρήματα της παραπάνω έρευνας τεκμηριώνουν ότι υπάρχει μία στενή σχέση ανάμεσα στο μέγεθος της κόρης και στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, πράγμα που υποδηλώνει την εμπλοκή της νοροεπινεφρίνης (στο εξής NE) που απελευθερώνεται από τον υπομέλανα τόπο (locus coeruleus, στο εξής LC). Το σύμπλεγμα NE-LC μπορεί να παίζει γενικότερα ρόλο στις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις που στηρίζονται στην αμοιβαία αναστολή για τη σταθεροποίηση του επιλεγμένου αντιλήμματος. Είναι πιθανό μόλις μια από τις εναλλακτικές αρχίσει να επικρατεί και αγγίζει έναν ουδό ενεργοποίησης, να οδηγεί σε οδηγεί σε φασική ενεργοποίηση νευρώνων του LC που με τη σειρά της οδηγεί σε απότομες εκρήξεις απελευθέρωσης NE. Ο ρόλος της NE θα μπορούσε να είναι η ενίσχυση των διεγερτικών ή των κατασταλτικών αποκρίσεων και η ταυτόχρονη μείωση της αυθόρμητης δραστηριότητας μεμονωμένων νευρώνων, η οποία προκαλεί απότομη ενίσχυση της αύξησης στους ανταγωνιζόμενους νευρωνικούς πληθυσμούς και κατ' επέκταση παγιώνει τη συμπεριφορική απόφαση.

Είναι όμως υπό συζήτηση αν το σύμπλεγμα LC-NE παίζει ρόλο στην πρόκληση αντιληπτικών εναλλαγών. Οι Aston-Jones και Cohen (2005) (όπως αναφέρονται στους Einhauser και λοιπούς, 2008) υποστηρίζουν έναν τέτοιο ρόλο, προτείνοντας ότι η αυξημένη τονική απελευθέρωση NE, οδηγεί σε μεγαλύτερη γενική νευρωνική αποκρισιμότητα και συνδεσιμότητα που αυξάνει την πιθανότητα ενός νέου γεγονότος να αλλάξει την ισορροπία της δραστηριότητας, όμως αυτό δεν μπορεί να ενταχθεί στο πλαίσιο της στοχαστικής φύσης του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Αντίθετα, οι Bouret και Sara (2005) (όπως αναφέρονται στους Einhauser και λοιπούς, 2008), προτείνουν ότι η φασική απελευθέρωση NE εμπλέκεται μόνο στην παγίωση και όχι στη διευκόλυνση των μεταβατικών γεγονότων.

Κυριότερα, η έρευνα των Einhauser και λοιπών (2008) προσθέτει στις έρευνες που υποδεικνύουν έναν στενό σύνδεσμο ανάμεσα στην προσοχή και στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, καθώς το σύστημα LC-NE εμπλέκεται κυρίως στον συμπεριφορικό προσανατολισμό και στη γνωσιακή εμπλοκή. Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι πριν μιλήσουμε για αιτιακή σχέση ανάμεσα στην ενεργοποίηση αυτού του συστήματος και στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, χρειάζεται περισσότερη έρευνα, καθώς αυτή η ενεργοποίηση θα μπορούσε να είναι συνέπεια των διεγερτικών αλλαγών που προκύπτουν από κάτω προς τα πάνω με την πρόσφατη άφιξη του νέου αντιλήμματος.

5.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Αρκετές είναι οι έρευνες που δείχνουν ότι η προσοχή είναι απαραίτητη για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, οι οποίες μεταχειρίζονται τόσο τα νευρωνικά σύστοιχα του

φαινομένου, όσο και τις υποκειμενικές αναφορές ή φυσιολογικούς δείκτες. Οι Zhang και λοιποί (2011) χρησιμοποιώντας ερεθίσματα ετικετοποιημένα ως προς τη συχνότητα για την ανάλυση των σημάτων EEG, βρήκαν ότι σε συνθήκες απροσεξίας δεν υπήρχε σχέση αντίστροφης συσχέτισης των σημάτων από τα δύο μάτια, πράγμα που δηλώνει ότι η προσοχή είναι απαραίτητη για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Σε όμοιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Lee και λοιποί (2007) οι οποίοι βρήκαν με τη χρήση της μεθοδολογίας fMRI και με τον χειρισμό του τόπου αύξησης της αντίθεσης στα ερεθίσματα, ότι η δραστηριότητα στη V1 αντανakλούσε τη δυναμική του ανταγωνισμού στη συνθήκη που η προσοχή ήταν στραμμένη στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, και αυτά τα νευρωνικά σήματα μεταδίδονταν και σε ανώτερες περιοχές (στις V2 και V3). Αντίθετα, όταν η προσοχή αποστρεφόταν από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, τα σήματα διατηρούνταν στη V1, αλλά εξαλείφονταν από τη V2 και αντιστρέφονταν στη V3.

Τον ρόλο της V1 στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό σε συνθήκες γενικής αναισθησίας σε πιθήκους, εξέτασαν και οι Xu και λοιποί (2016), οι οποίοι βρήκαν ότι ακόμη και σε αυτές της συνθήκες όπου ήταν αδύνατο να επιδρά η επιλεκτική προσοχή, διατηρούνταν οι νευρωνικές υπογραφές του ανταγωνισμού στη V1. Βέβαια, το κατά πόσο ο ανταγωνισμός που συμβαίνει όταν γίνεται γενική αναισθησία, ο οποίος περιορίζεται στη V1, ομοιάζει με τον κανονικό ανταγωνισμό, είναι υπό συζήτηση. Τις επιδράσεις της προσοχής στη δυναμική του διοφθάλμιου ανταγωνισμού χωρίς υποκειμενικές αναφορές των αντιλημμάτων, εξέτασαν και οι Roeber και λοιποί (2011), χρησιμοποιώντας ERPs. Βρέθηκε ότι το N1 ήταν μικρότερο όταν η προσοχή βρισκόταν στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα από ό, τι όταν αποστρεφόταν από αυτά, η πρώτη τροποποίηση που συνδεόταν με τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό ήταν το P1 και κυριότερα, η παρατεταμένη αρνητικότητα μετά το N1 όταν γινόταν μετάβαση από μία συνθήκη συγχώνευσης σε μία συνθήκη ανταγωνισμού αλλά όχι στην αντίθετη μετάβαση, υποδήλωνε ότι ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός συμβαίνει και χωρίς προσοχή.

Αναφορικά με τις έρευνες που αξιοποιούν τις υποκειμενικές αναφορές, οι Brascamp και Blake (2012) που χρησιμοποίησαν μία φάση flash suppression, μία φάση χειρισμού της προσοχής (με προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, χωρίς προσοχή σε αυτά και μη ανταγωνιστικά ερεθίσματα) και μία φάση κανονικού διοφθάλμιου ανταγωνισμού, έδειξαν ότι η συνθήκη απροσεξίας ισοδυναμούσε με τη συνθήκη υλικής απομάκρυνσης των ανταγωνιστικών ερεθισμάτων. Αλλά και οι Cavanagh και Holcombe (2006) κατέληξαν σε όμοια συμπεράσματα, χρησιμοποιώντας μία διάταξη με οχτώ gratings καθένα από τα οποία αναβόσβηνε εκτός φάσης ανάμεσα στα μάτια. Στη συνθήκη ελέγχου αναφερόταν οι αλλαγές στην κυριαρχία, ενόσω η προσοχή ήταν σε ένα ερέθισμα και το μοτίβο της κυριαρχίας όταν η προσοχή διαμοιραζόταν σε πολλά ερεθίσματα. Βρέθηκε ότι οι διάρκειες κυριαρχίας ήταν ίσες στις δύο περιπτώσεις και απουσίαζε η συγχρονία στα ερεθίσματα. Εντούτοις, η μετακίνηση της προσοχής από το ένα μοτίβο στο άλλο, έδειξε ότι οι εναλλαγές μειωνόταν ή σταματούσαν εντελώς και το ένα ερέθισμα πάγωνε στην

κυριαρχία. Η ερμηνεία ήταν ότι δεν συμβαίνει ανταγωνισμός χωρίς προσοχή, καθώς αν συνέβαινε στις μη προσεγμένες θέσεις, τότε θα υπήρχε τυχαία εναλλαγή από θέση σε θέση, ακόμη και αν η εναλλαγή σε κάθε ερέθισμα σταματούσε χωρίς προσοχή.

Όμοιο ήταν και το εύρημα των Moradi και Heeger (2009), οι οποίοι με την ταυτόχρονη χρήση fMRI και ενός απαιτητικού έργου στο σημείο εστίασης, βρήκαν ότι το σήμα της καταστολής εξαλείφονταν στη διάρκεια του μη προσεγμένου flash suppression. Και οι Ling και Blake (2012) συμπέραναν ότι η προσοχή είναι εκ των ων ουκ άνευ για τον ανταγωνισμό, εξηγώντας τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις με ένα μοντέλο κανονικοποίησης και δια φωτίζοντας τον ρόλο της προσοχής στην πρόκληση αλλαγών στην αύξηση των νευρωνικών αποκρίσεων αλλά και στην καταστολή ερεθισμάτων μεγάλης αντίθεσης.

Τέλος, έρευνες που αξιοποίησαν φυσιολογικούς δείκτες, κατέληξαν σε διαφορετικά συμπεράσματα. Για παράδειγμα, οι Leopold και λοιποί (1995) εξήγαγαν τις φάσεις της κυριαρχίας με τη χρήση οπτικοκινητικού νυσταγμού και βρήκαν ότι ένα δύσκολο παράλληλο έργο δεν επιδρούσε στις αντιληπτικές εναλλαγές, με εξαίρεση μια μικρή αλλά σημαντική αύξηση στον συνολικό ρυθμό εναλλαγών, αν και είναι αμφίβολο κατά πόσο μπορούν να γενικευτούν τα συμπεράσματά τους με ασφάλεια, λόγω προβλημάτων με τη στατιστική ισχύ της έρευνας (Dieter και λοιποί, 2016). Αντίθετα, οι Einhauser (2008), οι οποίοι χρησιμοποίησαν ως δείκτη τη διαστολή της κόρης, βρήκαν ότι αυτή αυξανόταν πριν την αντιληπτική εναλλαγή, και το ποσοστό της αύξησης ήταν σημαντικός δείκτης πρόβλεψης της μετέπειτα διάρκειας της αντιληπτικής σταθερότητας, συμπεραίνοντας έτσι ότι το δίκτυο LC-NE παίζει αντίστοιχο ρόλο στην αντιληπτική επιλογή με αυτόν που παίζει στη λήψη απόφασης.

Η πλειονότητα των ερευνών, δείχνει λοιπόν ότι η προσοχή είναι απαραίτητη για τις αντιληπτικές εναλλαγές του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, αν και στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι με άλλα παραδείγματα αντιληπτικής αστάθειας παρατηρείται το αντίθετο μοτίβο (Dieter και λοιποί, 2016). Αυτό εκ πρώτης όψεως φαίνεται παράδοξο, ειδικά αν αναλογιστούμε ότι οι επιδράσεις της προσοχής στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό δείχνουν ότι είναι πιο αυτόματο φαινόμενο από τα άλλα παραδείγματα αντιληπτικής αστάθειας, όμως σίγουρα δείχνει ότι αυτές οι μορφές ανταγωνισμού είναι διαφορετικές, αντίθετα με ότι είχαν προτείνει οι Leopold και Logothetis (1999).

ΜΕΡΟΣ II : Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός του κυρίως πειράματος στην παρούσα εργασία ήταν να φανεί αν εξακολουθεί να υπάρχει διοφθάλμιος ανταγωνισμός όταν η προσοχή απομακρύνεται πλήρως από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, κάνοντας αναπαραγωγή της έρευνας των Brascamp και Blake (2012). Οι διαφορές της παρούσας έρευνας έγκεινται στη

διάταξη των ερεθισμάτων και στο RSVP που χρησιμοποιήθηκε. Οι Brascamp και Blake (2012) είδαμε ότι χρησιμοποίησαν περισσότερα από δύο gratings που διατάσσονταν γύρω από τα σημεία εστίασης, μέσα σε έναν νοητό δακτύλιο που περιστρεφόταν αργά στη διάρκεια της φάσης δύο. Εδώ αντίθετα, χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο gratings (ένα σε κάθε μάτι), που βρίσκονταν πάντα στην ίδια θέση, για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της διάταξης ερεθισμάτων, επομένως η ανάλυση των επιδράσεων του flash suppression είναι ευάλωτη στην κριτική της επίδρασης του adaptation. Ωστόσο, δεν βρέθηκαν τέτοιες επιδράσεις στη συνθήκη χωρίς προσοχή.

Αναφορικά με το RSVP, οι Brascamp και Blake (2012) αξιοποίησαν μια παρουσίαση στην οποία ήταν απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη και ο αριθμός και το χρώμα των γραμμάτων-στόχων, ενώ το RSVP που χρησιμοποιήθηκε εδώ περιγράφεται παρακάτω. Η δυσκολία του οφείλεται στη σύντομη παρουσίαση κάθε γράμματος και στη χρωματική ομοιότητα των γραμμάτων.

2. ΜΕΘΟΔΟΣ

2.1 Συμμετέχοντες

Στη διεξαγωγή του πειράματος συμμετείχαν 30 άτομα, ηλικίας 19-36 ετών, με κανονική ή διορθωμένη όραση. Από αυτούς εξαιρέθηκαν πέντε άτομα γιατί δεν μπόρεσαν να ολοκληρώσουν τη διαδικασία και πέντε γιατί δεν βίωναν ανταγωνισμό, όπως έδειξε το τεστ εξοικείωσης με τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό (βλέπε παρακάτω). Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν πανεπιστημιακή εκπαίδευση και αγνοούσαν τους σκοπούς του πειράματος. Η δειγματοληψία ήταν ευκαιριακή.

2.2 Εξοπλισμός και Ερεθίσματα

Τα πειράματα διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Γνωσιακής Επιστήμης του τμήματος ΜΙΘΕ, την περίοδο Απριλίου - Μαΐου 2018. Το πρόγραμμα για την παρουσίαση των ερεθισμάτων γράφτηκε σε Matlab έκδοσης 2016b, με τη χρήση του Psychophysics toolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997; Kleiner et al, 2007) και η παρουσίαση των ερεθισμάτων έγινε σε οθόνη CRT (ανάλυση: 1600 x 1200 pixels, ρυθμός ανανέωσης: 60 Hz) με τη χρήση κατοπτρικού στερεοσκοπίου Screenscope με καθρέφτες. Για κάθε συμμετέχοντα γινόταν προσαρμογή του στερεοσκοπίου σε κατάλληλο ύψος από την οθόνη του υπολογιστή και σε κατάλληλη απόσταση (περίπου 35 cm).

Όλα τα ερεθίσματα εμφανίζονταν σε γκριζο φόντο. Χρησιμοποιήθηκαν gratings με διαστάσεις 1.2 x 1.2 cm, ένα σε κάθε μάτι, που περιβάλλονταν από ένα μαύρο τετράγωνο για τη διευκόλυνση της σταθερής διοφθάλμιας συγχώνευσης (binocular fusion), όμοια με τους Lunghi και Alais (2015).

Η μεταξύ τους απόσταση (κέντρο με κέντρο) ήταν 8.8 cm. Κάτω από κάθε grating υπήρχε ένας σταυρός εστίασης, σε απόσταση 4.3 cm. Όλα τα ερεθίσματα

διατάσσονταν στο άνω τμήμα της οθόνης. Τα gratings είχαν χωρική συχνότητα 1.5 κύκλους ανά μοίρα και αντίθεση 50%¹⁶. Όταν τα gratings ήταν ανταγωνιστικά, το grating του ενός ματιού είχε προσανατολισμό +45° και του άλλου ματιού -45°, ενώ όταν ήταν μη ανταγωνιστικά, είτε είχαν και τα δύο προσανατολισμό 0° είτε 90°.

Για την απομάκρυνση της προσοχής απ' τα διοφθάλμια ερεθίσματα χρησιμοποιήθηκε ένα RSVP, σαν αυτό που χρησιμοποίησαν οι Huang και Dobkins (2005) που περιλάμβανε τα λατινικά γράμματα: A,B,C,D,E,F,G,H,T, τα οποία εμφανίζονταν στη θέση του σταυρού εστίασης και είχαν ίδιες διαστάσεις με αυτόν. Κάθε γράμμα παρέμενε στην οθόνη για 0.15 sec και είχε είτε κόκκινο είτε πορτοκαλί χρώμα. Το RSVP ξεκινούσε είτε με κόκκινο είτε με πορτοκαλί και αυτά τα δύο χρώματα εναλλάσσονταν. Το γράμμα-στόχος για το οποίο αποκρίνονταν οι συμμετέχοντες ήταν το T και εμφανιζόταν έκτο, έβδομο, όγδοο ή ένατο στη σειρά και είχε είτε κόκκινο είτε πορτοκαλί χρώμα. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να αναφέρουν το χρώμα του γράμματος T στο τέλος της δοκιμής.

2.3 Σχεδιασμός

Πριν την έναρξη του πειράματος έγινε ένα τεστ εξοικείωσης με τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, όπου παρουσιάζονταν gratings με αντίθετους προσανατολισμούς (+45°, -45° : ένα σε κάθε μάτι) για 30 ms, με τα ίδια μεγέθη και διάταξη που είχαν και στο κυρίως πείραμα. Ο συμμετέχοντας καλούνταν να κρατάει πατημένο το «Q» για όσο έβλεπε το grating με τον προσανατολισμό προς τα αριστερά και το «P» για όσο έβλεπε το άλλο, ενώ έπρεπε να μην πατάει τίποτα όσο δεν ήταν σίγουρος ποιο από τα δύο κυριαρχούσε. Μέσα στο σύνολο των δοκιμών υπήρχαν και κάποιες δοκιμές-παγίδες, στις οποίες εμφανιζόταν μη ανταγωνιστικά ερεθίσματα (είτε gratings των +45° και στα δύο μάτια, είτε των -45°) για 15ms. Μεταξύ των δοκιμών εμφανιζόταν τα τετράγωνα που περιέβαλαν τα gratings και οι σταυροί εστίασης για 0.5 sec. Το πρόγραμμα κατέγραφε τον τύπο της δοκιμής (κανονική ή παγίδα), τα κουμπιά που πατούσε ο συμμετέχοντας και τη διάρκεια που έμεναν πατημένα.

Αμέσως μετά έγινε ένα σύνολο εξοικείωσης, που περιείχε τέσσερις επαναλήψεις των δοκιμών του κυρίως πειράματος που θα έκανε ο συγκεκριμένος συμμετέχοντας. Στο κυρίως πείραμα υπήρχαν τρεις συνθήκες: με προσοχή, χωρίς προσοχή (στα gratings) και χωρίς ανταγωνισμό που οργανώθηκαν σε δύο σύνολα δοκιμών. Το σύνολο με προσοχή έγινε από 9 συμμετέχοντες και το σύνολο που περιλάμβανε τυχαία ανάμειξη δοκιμών χωρίς προσοχή και δοκιμών χωρίς ανταγωνισμό έγινε από 11. Χρησιμοποιήθηκαν 90 δοκιμές για κάθε συνθήκη και το σύνολο με προσοχή διαρκούσε περίπου 40 λεπτά, ενώ το σύνολο χωρίς προσοχή/χωρίς ανταγωνισμό είχε περίπου διπλάσια διάρκεια. Με άλλα λόγια ο σχεδιασμός ήταν μεταξύ συμμετεχόντων, πράγμα που δυσκόλευε λίγο την ερμηνεία των συγκρίσεων μεταξύ των συνθηκών, δεδομένης της μεταβλητότητας που

¹⁶ Αυτή είναι η αντίθεση που εισάγαμε στο πρόγραμμα, παρόλο που η οθόνη δεν έγινε gamma-corrected.

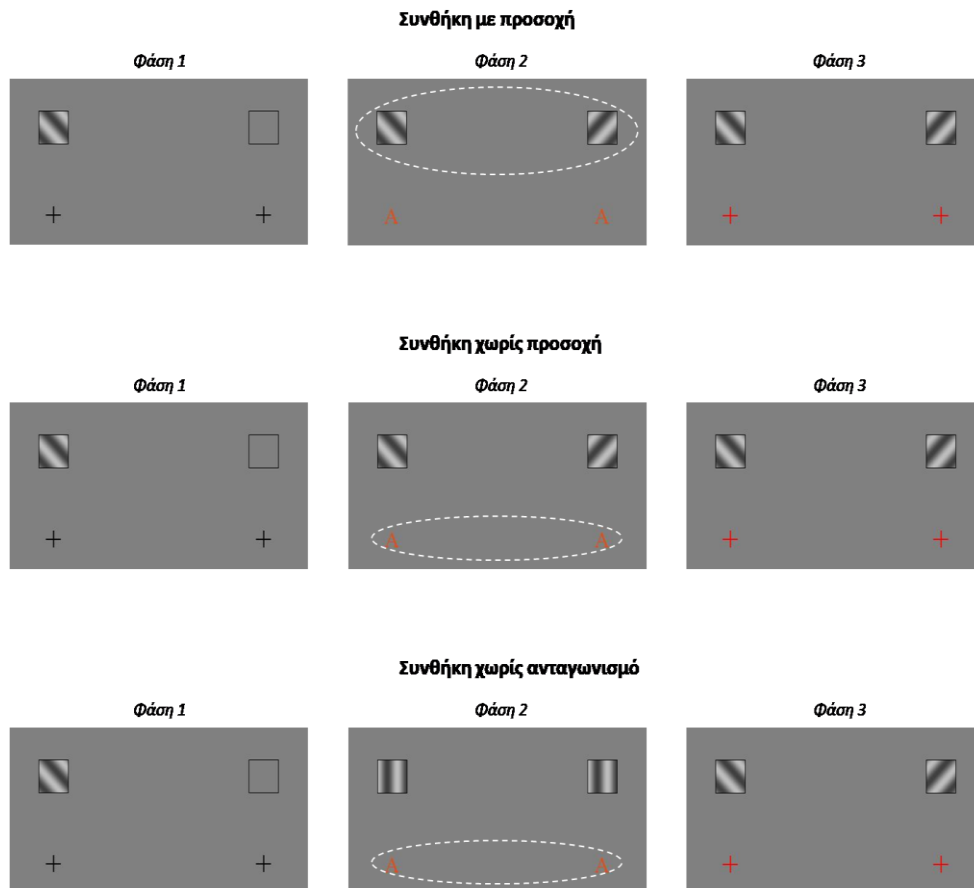
παρουσιάζουν τα άτομα ως προς τους ρυθμούς των αντιληπτικών εναλλαγών (Kleinschmidt, Sterzer και Rees, 2012).

2.4 Διαδικασία

Η Εικόνα 1 δείχνει τα γεγονότα μίας δοκιμής. Κάθε δοκιμή ήταν οργανωμένη σε τρεις φάσεις που διαδέχονταν συνεχόμενα η μία την άλλη. Οι φάσεις 1 και 3 ήταν κοινές και στις τρεις συνθήκες, ενώ η φάση 2 διαφοροποιούνταν και στις τρεις.

Στη φάση 1 παρουσιαζόταν είτε το grating με προσανατολισμό $+45^\circ$ είτε με προσανατολισμό -45° (τυχαία πλευρά παρουσίασης), και στο άλλο μάτι εμφανιζόταν το κενό τετράγωνο που θα περιέκλειε το grating στις επόμενες φάσεις. Η οδηγία που δόθηκε στους συμμετέχοντες ήταν να κοιτάζουν τον σταυρό εστίασης, που σε αυτή τη φάση ήταν μαύρος και με την περιφερειακή όραση να προσπαθούν να αντιληφθούν αν βλέπουν το grating με προσανατολισμό προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά.

Στη φάση 2 γινόταν αντικατάσταση του σταυρού εστίασης από τα γράμματα του RSVP και το κενό τετράγωνο καλύπτονταν από grating. Αν η δοκιμή ανήκε στη συνθήκη με ή χωρίς προσοχή, το grating που είχε εμφανιστεί στη φάση 1 παρέμενε στην πλευρά του και στο κενό τετράγωνο εισαγόταν το grating με τον ανταγωνιστικό προσανατολισμό. Αν όμως η δοκιμή ανήκε στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, ένα grating με προσανατολισμό 0 ή 90° αντικαθιστούσε το grating που είχε εμφανιστεί στη φάση 1 και στο άλλο μάτι εμφανιζόταν ένα πανομοιότυπο grating.



Εικόνα 1. Ακολουθία των γεγονότων στις δοκιμές. Και στις τρεις συνθήκες αρχικά εισήχθηκε ένα grating για 2 sec (Φάση 1), στη συνέχεια έγινε flash suppression με την προσθήκη του ανταγωνιστικού gabor και άρχισε η διαδοχή των γραμμάτων του RSVP για 2 sec (Φάση 2). Τέλος τα γράμματα αντικαταστάθηκαν από τους σταυρούς εστίασης (Φάση 3). Παρατηρείστε ότι στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό οι προσανατολισμοί είναι ίδιοι και στα δύο gabors. Η λευκή έλλειψη σηματοδοτεί που εστιαζόταν η προσοχή του συμμετέχοντα ανάλογα με τις οδηγίες που είχε λάβει. Σημειώνεται ότι το λευκό σχήμα έλλειψης δεν εμφανιζόταν στη διάρκεια του πειράματος, αλλά προστίθεται στην εικόνα για να καταστεί σαφέστερο το νόημα.

Παρόλο που οι συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή διέφεραν σε επίπεδο ερεθισμάτων στη φάση 2, η οδηγία ήταν ίδια: «εστιάστε την προσοχή σας στα γράμματα» και μετά το τέλος της δοκιμής γινόταν η ερώτηση αν το T είχε κόκκινο ή πορτοκαλί χρώμα. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να πατήσουν «L» αν το T ήταν κόκκινο και «A» αν ήταν πορτοκαλί και αμέσως μετά την απόκριση δινόταν ανατροφοδότηση που διαρκούσε 0.2 sec. Αντίθετα, στις δοκιμές με προσοχή, η οδηγία ήταν να εστιάζουν στα γράμματα αλλά να έχουν την προσοχή τους στραμμένη στα gratings και να αναφέρουν τα αντιλήγματα για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Συγκεκριμένα έπρεπε να πατάνε Q για όσο έβλεπαν το grating των -45° και το P για όσο έβλεπαν εκείνο των $+45^\circ$, ενώ αν δεν ήταν ξεκάθαρο ποιο από τα δύο έβλεπαν

(δηλαδή όσο υπήρχε μεικτός ανταγωνισμός), θα έπρεπε να μην πατάνε κανένα κουμπί.

Στη φάση 3 απομακρύνονταν τα γράμματα και εμφανιζόταν ξανά ο σταυρός εστίασης κάτω από τα gratings, όμως σε αυτή την περίπτωση ήταν κόκκινος ώστε οι συμμετέχοντες να μπορούν εύκολα να την διακρίνουν από τη φάση 1. Στις συνθήκες με και χωρίς προσοχή τα gratings ήταν αυτά που υπήρχαν εκεί ήδη από τη φάση 2, ενώ στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό επανερχόταν το grating που είχε εμφανιστεί στη φάση 1, στην πλευρά που είχε εμφανιστεί και στην άλλη πλευρά γινόταν προσθήκη του ανταγωνιστικού του grating. Και στις τρεις συνθήκες η οδηγία ήταν να αναφέρουν τα αντιλήψιμα για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό πατώντας Q ή P.

Η πρώτη και η δεύτερη φάση διαρκούσαν από 2 sec, ενώ η τρίτη φάση διαρκούσε μέχρι την τρίτη αντιληπτική εναλλαγή. Ανάμεσα στις δοκιμές μεσολαβούσε ένα διάστημα των 0.9 sec, στο οποίο εμφανίζονταν τα κενά τετράγωνα που οριοθετούσαν τα gratings και οι μαύροι σταυροί εστίασης.

Το πρόγραμμα κατέγραφε τον αριθμό της δοκιμής, τα κουμπιά που πατιούνταν μέσα στη δοκιμή (με τη σειρά), τη χρονική στιγμή που πατιόταν κάθε κουμπί σε σχέση με τον χρόνο έναρξης της δοκιμής και τη διάρκεια που έμενε πατημένο κάθε κουμπί. Επίσης, καταγραφόταν η συνθήκη και αν στη φάση 1 προβαλλόταν το grating με προσανατολισμό προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Για τις δοκιμές όπου γινόταν το έργο RSVP, καταγραφόταν αν ανήκαν στη συνθήκη χωρίς προσοχή ή χωρίς ανταγωνισμό, το χρώμα του T και αν η απάντηση ήταν σωστή (1) ή λάθος (0).

2.5 Ανάλυση

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων του flash suppression χρησιμοποιήθηκε η τεχνική bootstrap που στηρίχθηκε σε ανασχηματισμό των δεδομένων. Όπως προαναφέρθηκε στον σχεδιασμό, υπήρχαν δύο πιθανές εικόνες προβάλλονταν στη φάση 1: το grating με προσανατολισμό προς τα δεξιά και το grating με προσανατολισμό προς τα αριστερά. Κάθε συμμετέχοντας έκανε 45 δοκιμές με τη μία εικόνα και 45 με την άλλη, ολοκληρώνοντας έτσι συνολικά 90 δοκιμές για τη συνθήκη/τις συνθήκες όπου είχε εκτεθεί. Όταν αναλύθηκαν τα αυθεντικά δεδομένα, έγινε κατηγοριοποίησή τους ανάλογα με την εικόνα που προβαλλόταν στη φάση 1 (βλέπε παράρτημα για κώδικα bootstrap). Για τη δημιουργία κάθε δείγματος bootstrap έγινε ο εξής ανασχεδιασμός: επιλέχθηκαν οι μισές δοκιμές όπου ήταν κατεσταλμένη η μία εικόνα και οι μισές δοκιμές όπου ήταν κατεσταλμένη η άλλη και η ανάλυση έγινε σαν να ήταν σε όλες τις δοκιμές κατεσταλμένη η ίδια εικόνα. Με αυτή την τεχνική αλληλοεξουδετερώνονται οι επιδράσεις του flash suppression, αν υπάρχουν. Για κάθε συμμετέχοντα υπολογίστηκαν 100 δείγματα bootstrap.

Σε κάθε δείγμα bootstrap και στα αυθεντικά δεδομένα υπολογίστηκε το αντιληπτικό σήμα που ορίστηκε ως η ρίζα της μέσης τετραγωνικής απόκλισης (Root Mean Square Distance ή RMSD). Για να υπολογιστεί, αν το σήμα διέφερε σημαντικά

στα αυθεντικά δεδομένα από το σήμα που παρατηρείται όταν δεν υπάρχει flash suppression, ελέγχθηκε για κάθε συμμετέχοντα αν το σήμα του στα αυθεντικά δεδομένα προερχόταν από την κατανομή σημάτων στα δείγματα bootstrapped (την μηδενική κατανομή).

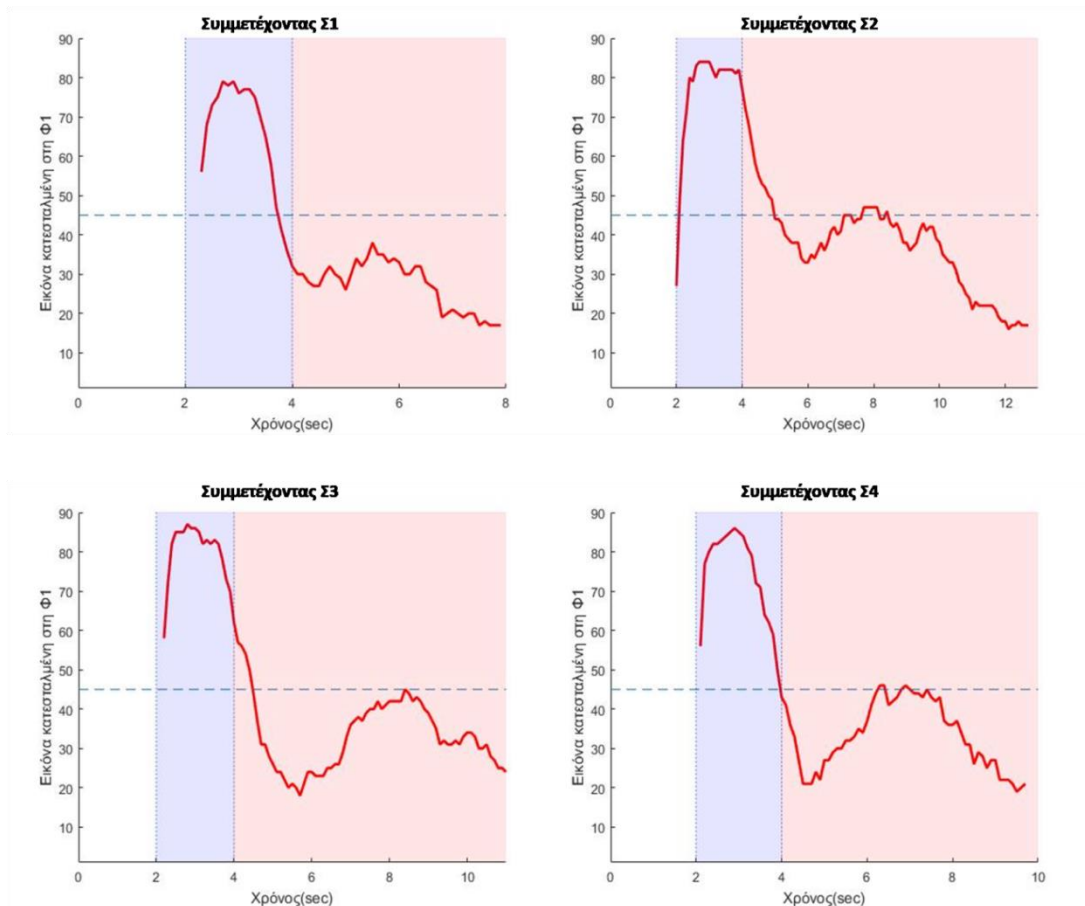
3. Αποτελέσματα

3.1 Επιδράσεις του flash suppression

Στις Εικόνες 2α και 2β παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συμμετεχόντων που έκαναν το σύνολο με προσοχή (στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα). Στον άξονα χ φαίνεται ο χρόνος της δοκιμής με τη μεγαλύτερη διάρκεια και στον άξονα ψ ο συνολικός αριθμός δοκιμών που έκανε κάθε συμμετέχοντας. Για τη δημιουργία των εικόνων, έγινε δειγματοληψία του χρόνου κάθε δοκιμής ανά 0.1 sec και απομονώθηκαν μόνο τα χρονικά σημεία που ο συμμετέχοντας έβλεπε το flashed grating, δηλαδή αυτό που ήταν κατεσταλμένο στη φάση 1. Σε κάθε σημείο της κόκκινης καμπύλης αντιστοιχίζεται το εκάστοτε χρονικό σημείο στον αριθμό των δοκιμών που έβλεπε το flashed grating. Η διακεκομμένη ευθεία τέμνει τις δοκιμές στη μέση (αναλυτικότερα, στο παράρτημα για τον κώδικα image-flash suppression).

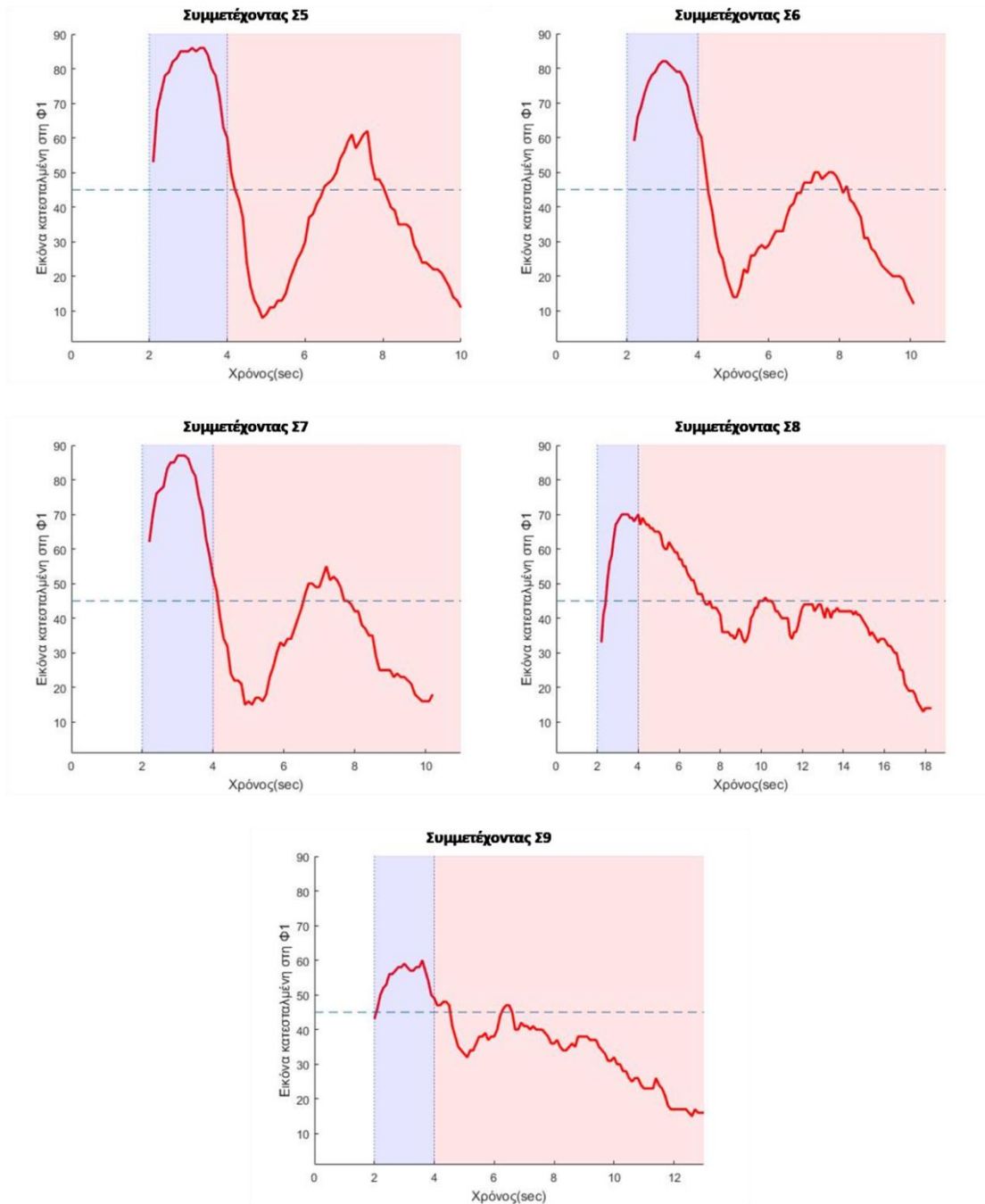
Στις Εικόνες 2α και 2β φαίνεται ότι για τους περισσότερους συμμετέχοντες η καμπύλη ξεκινάει ψηλά στη φάση 2 που σημαίνει ότι μόλις εισαγόταν το ανταγωνιστικό grating, κυριαρχούσε. Στα αρχικά διαστήματα της φάσης 3 το grating που εισήχθηκε στη φάση 2 καταστέλλεται, αφού η καμπύλη πέφτει κάτω από την γραμμή των 45 δοκιμών, ενώ λίγο μετά τείνει να κυριαρχήσει ξανά. Επομένως τα αποτελέσματα στη συνθήκη με προσοχή συμβαδίζουν με την επίδραση του flash suppression, σύμφωνα με το οποίο αρχικά κυριαρχεί το ερέθισμα που γίνεται flashed και στην πορεία εναλλάσσεται η κυριαρχία ανάμεσα σε αυτό το ερέθισμα και στο ανταγωνιστικό του. Αυτή η οπτική παρατήρηση επαληθεύτηκε και μέσω του bootstrap για τους περισσότερους συμμετέχοντες. Οι συμμετέχοντες Σ1, Σ2, Σ3, Σ4, Σ5, Σ6, Σ7, Σ8 είχαν $p < 0.01$ και ο συμμετέχοντας Σ9 είχε $p < 0.05$.

Συνθήκη: με προσοχή



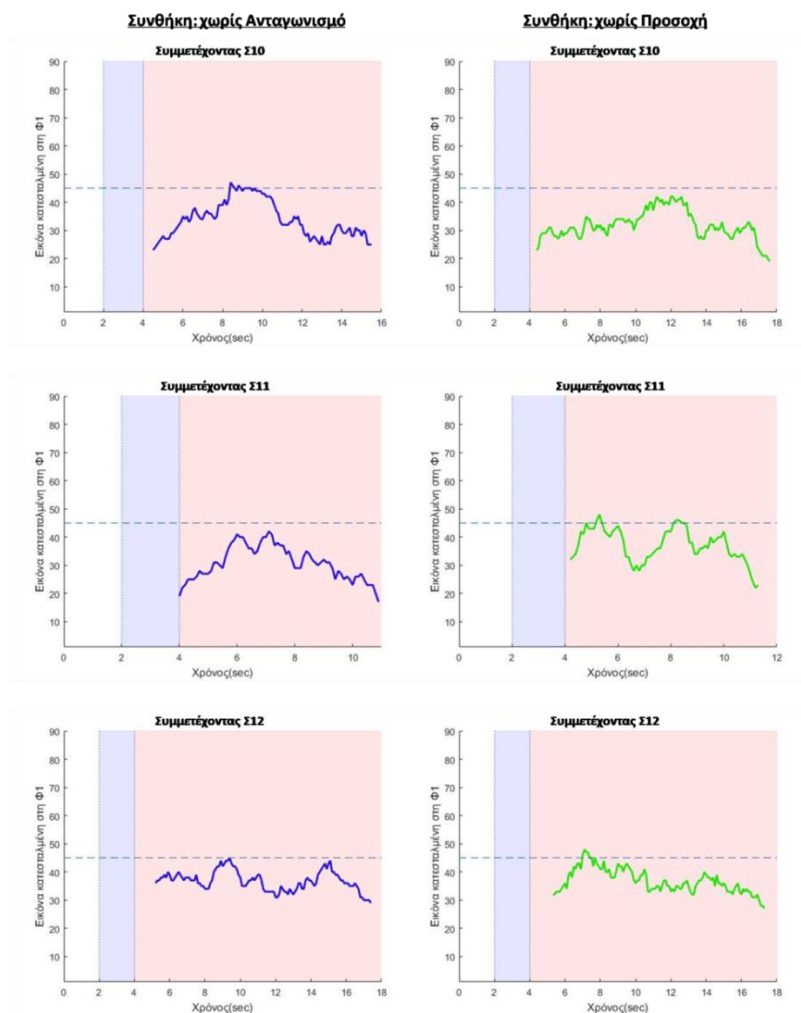
Εικόνα 2α. Επιδράσεις του flashsuppression στη συνθήκη με προσοχή για τέσσερις συμμετέχοντες. Η καμπύλη δείχνει τον αριθμό των δοκιμών όπου κυριαρχούσε το grating που είχε κάθετο προσανατολισμό από αυτό που εμφανιζόταν στη φάση 1 (flashed grating), σε κάθε χρονικό σημείο μίας δοκιμής. Το διάφανο γαλάζιο τετράγωνο ορίζει το χρονικό διάστημα της φάσης 2 και το διάφανο κόκκινο ορίζει το διάστημα της φάσης 3. Ο άξονας x περιλαμβάνει τον χρόνο της δοκιμής με τη μεγαλύτερη διάρκεια και ο άξονας ψ τον συνολικό αριθμό (όχι ποσοστό) δοκιμών που έκανε κάθε συμμετέχοντας. Η διακεκομμένη κάθετη τέμνει τον άξονα ψ στη μέση.

Συνθήκη: με προσοχή

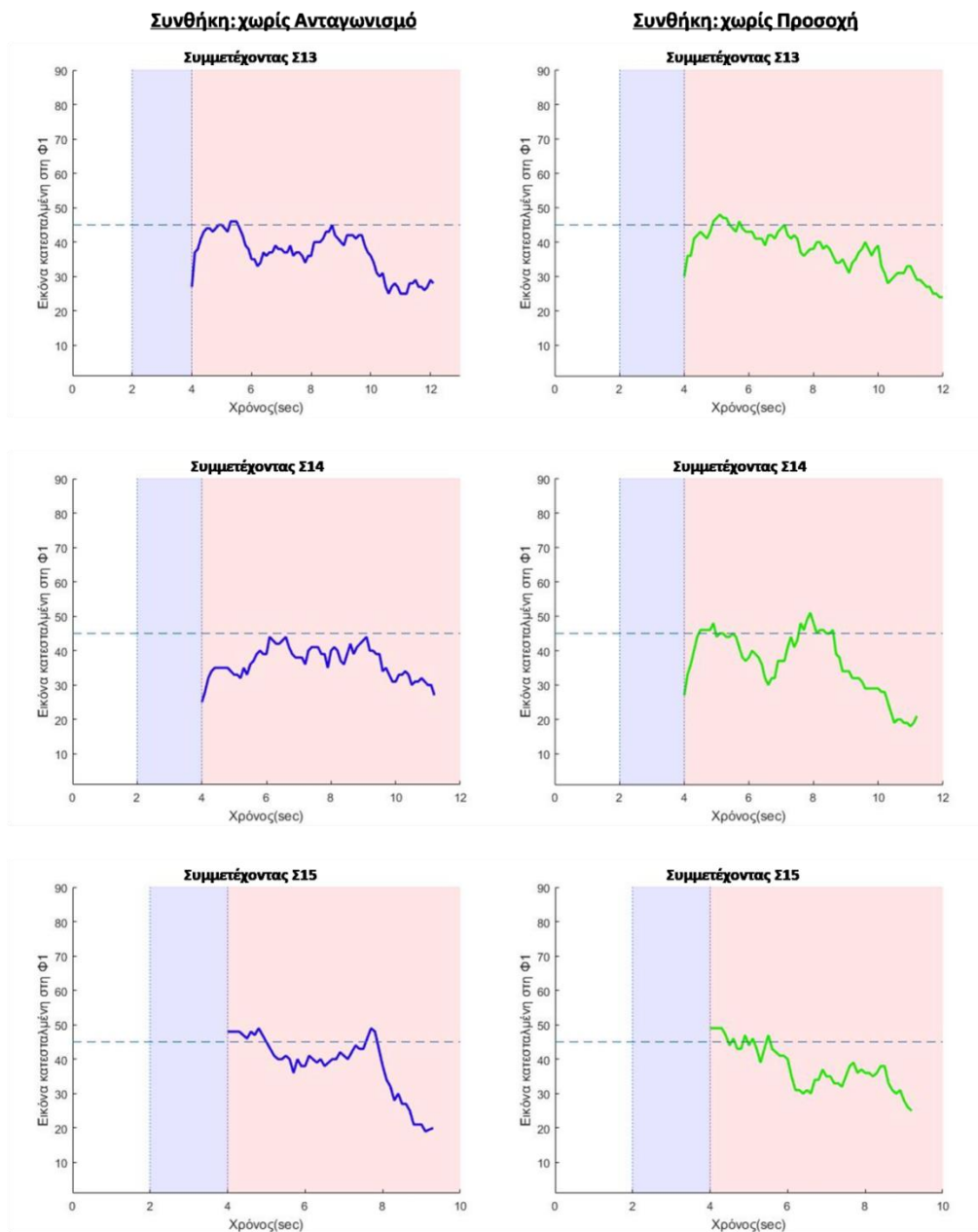


Εικόνα 2β.Επιδράσεις του flash suppression στη συνθήκη με προσοχή για πέντε συμμετέχοντες. Η καμπύλη δείχνει τον αριθμό των δοκιμών όπου κυριαρχούσε το flashed grating, σε κάθε χρονικό σημείο μίας δοκιμής. Το διάφανο γαλάζιο τετράγωνο ορίζει το χρονικό διάστημα της φάσης 2 και το διάφανο κόκκινο ορίζει το διάστημα της φάσης 3. Η διακεκομμένη κάθετη τέμνει τον άξονα ψ στη μέση.

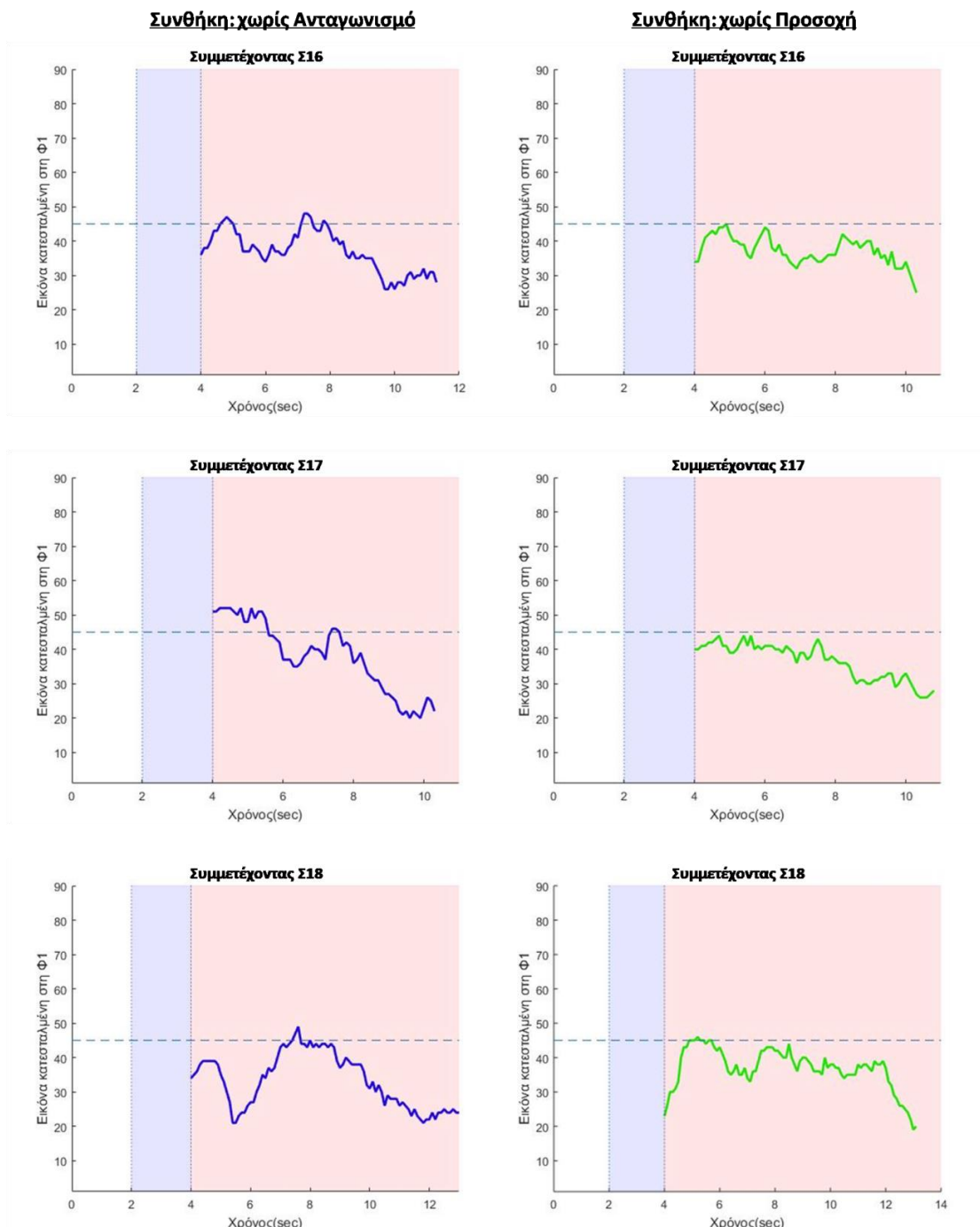
Στην Εικόνα 3α ως 3δ, στην αριστερή στήλη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συμμετεχόντων για τις δοκιμές χωρίς ανταγωνισμό και στη δεξιά στήλη τα αποτελέσματα των ίδιων συμμετεχόντων για τις δοκιμές χωρίς προσοχή. Και στις δύο περιπτώσεις η καμπύλη ξεκινάει μετά τη φάση 2, γιατί τότε οι συμμετέχοντες παρατηρούσαν το RSVP. Αν στη συνθήκη χωρίς προσοχή ο ανταγωνισμός συνεχιζόταν, τότε η καμπύλη στη φάση 3 θα είχε όμοιο μοτίβο με την καμπύλη στη φάση 2 της δοκιμής με προσοχή. Κάτι τέτοιο όμως δεν φαίνεται να ισχύει και για κάθε συμμετέχοντα υπάρχει μεγάλη ομοιότητα ανάμεσα στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή. Τόσο στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό όσο και στη συνθήκη χωρίς προσοχή το p ήταν μεγαλύτερο του 0.05, επομένως δεν υπήρχε επίδραση του flash suppression.



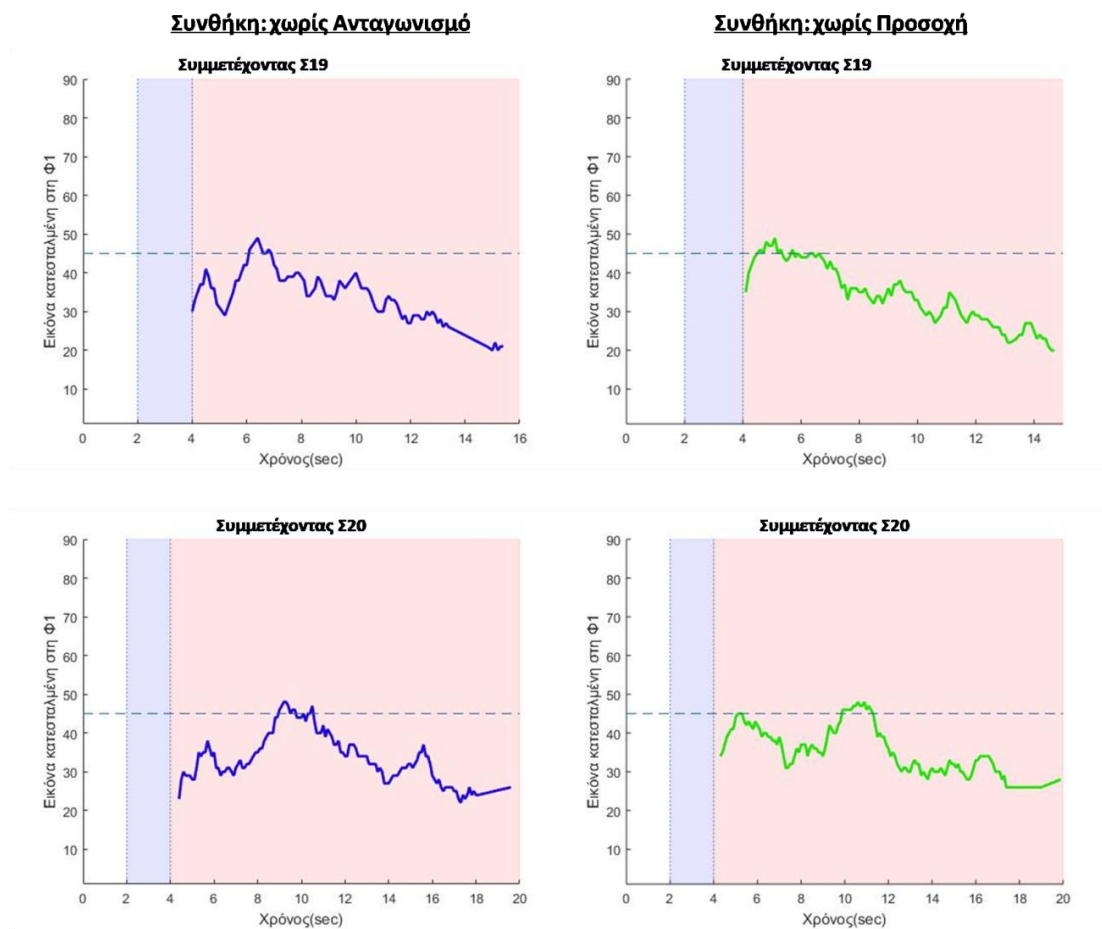
Εικόνα 3α.Επιδράσεις του flash suppression στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό (αριστερή) και στη συνθήκη χωρίς προσοχή (δεξιά στήλη) για τρεις συμμετέχοντες. Η καμπύλη δείχνει τον αριθμό των δοκιμών όπου κυριαρχούσε το flashed grating, σε κάθε χρονικό σημείο μίας δοκιμής. Το διάφανο γαλάζιο τετράγωνο ορίζει το χρονικό διάστημα της φάσης 2 και το διάφανο κόκκινο ορίζει το διάστημα της φάσης 3. Η διακεκομμένη κάθετη τέμνει τον άξονα ψ στη μέση.



Εικόνα 3β.Επιδράσεις του flash suppression στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό (αριστερή) και στη συνθήκη χωρίς προσοχή (δεξιά στήλη) για τρεις συμμετέχοντες. Η καμπύλη δείχνει τον αριθμό των δοκιμών όπου κυριαρχούσε το flashed grating, σε κάθε χρονικό σημείο μίας δοκιμής. Το διάφανο γαλάζιο τετράγωνο ορίζει το χρονικό διάστημα της φάσης 2 και το διάφανο κόκκινο ορίζει το διάστημα της φάσης 3. Η διακεκομμένη κάθετη τέμνει τον άξονα ψ στη μέση.



Εικόνα 3γ.Επιδράσεις του flash suppression στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό (αριστερή) και στη συνθήκη χωρίς προσοχή (δεξιά στήλη) για τρεις συμμετέχοντες. Η καμπύλη δείχνει τον αριθμό των δοκιμών όπου κυριαρχούσε το flashed grating, σε κάθε χρονικό σημείο μίας δοκιμής. Το διάφανο γαλάζιο τετράγωνο ορίζει το χρονικό διάστημα της φάσης 2 και το διάφανο κόκκινο ορίζει το διάστημα της φάσης 3. Η διακεκομμένη κάθετη τέμνει τον άξονα ψ στη μέση.

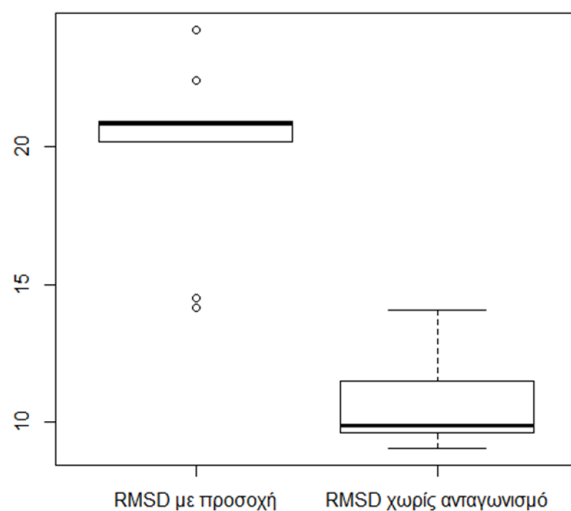


Εικόνα 3δ.Επιδράσεις του flash suppression στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό (αριστερή) και στη συνθήκη χωρίς προσοχή (δεξιά στήλη) για δύο συμμετέχοντες. Η καμπύλη δείχνει τον αριθμό των δοκιμών όπου κυριαρχούσε το flashed grating, σε κάθε χρονικό σημείο μίας δοκιμής. Το διάφανο γαλάζιο τετράγωνο ορίζει το χρονικό διάστημα της φάσης 2 και το διάφανο κόκκινο ορίζει το διάστημα της φάσης 3. Η διακεκομμένη κάθετη τέμνει τον άξονα ψ στη μέση.

3.2 Ισχύς του αντιληπτικού σήματος (RMSD)

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση των συνθηκών (με προσοχή, χωρίς προσοχή, χωρίς ανταγωνισμό) ως προς την ισχύ του αντιληπτικού σήματος (RMSD), που είναι ευαίσθητη στις επιδράσεις του flash suppression χωρίς να επηρεάζεται απ' τον χρόνο των αντιλημμάτων ή την κατεύθυνση (Brascamp & Blake, 2012). Το κριτήριο Levene ανάμεσα στη συνθήκη με προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό έδειξε ότι υπάρχει ομοιογένεια διακυμάνσεων ($F(1,18) = 2,25, p = 0.15$), επομένως έγινε το κριτήριο t διπλής κατεύθυνσης για ανεξάρτητα δείγματα (Ρούσσοσ & Τσαούσης, 2011). Βρέθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο συνθήκες ($t(18) = 7,8657, p < 0,001$) και η συνθήκη με προσοχή είχε μεγαλύτερη ισχύ σήματος κατά μέσο όρο

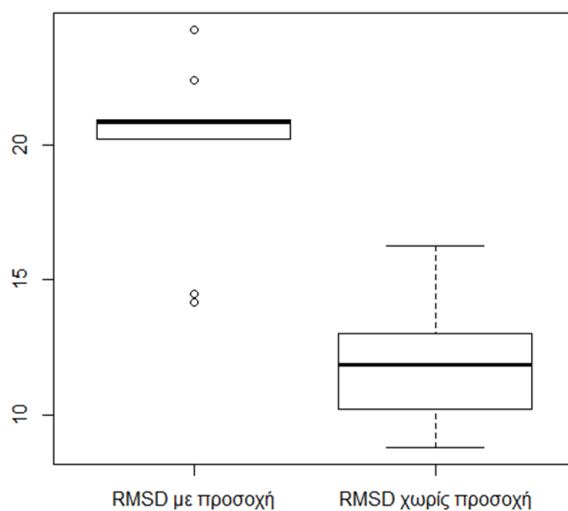
($M=19,9$) από τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό ($M=10,7$). Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται τα θηκογράμματα με την ισχύ του σήματος στις δύο συνθήκες.



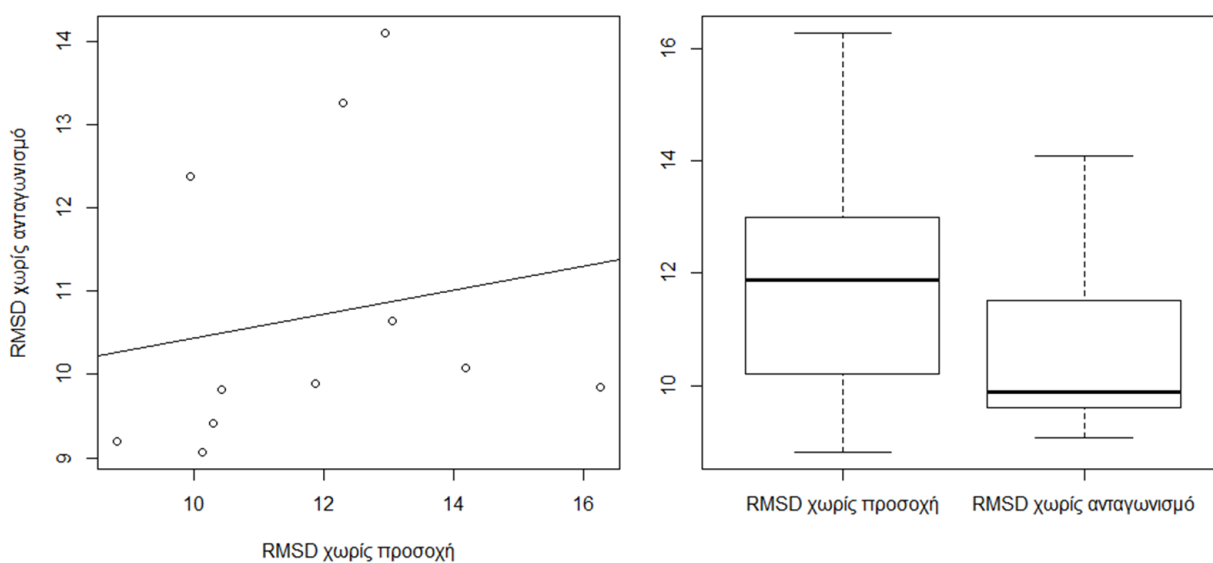
Εικόνα 4. Θηκογράμματα της ισχύος σήματος (ρίζα της μέσης τετραγωνικής απόκλισης -Root Mean Square Distance ή RMSD- από την ευθεία που τέμνει τον άξονα ψ στη μέση, όπως φαίνεται στις Εικόνες 2 και 3) στη συνθήκη με προσοχή (αριστερά) και στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό (δεξιά).

Η σύγκριση της συνθήκης με προσοχή και της συνθήκης χωρίς προσοχή έγινε επίσης με τη χρήση του t διπλής κατεύθυνσης για ανεξάρτητα δείγματα, καθώς δεν παραβιαζόταν η ομοιογένεια των διακυμάνσεων ($F(1,18) = 0,89, p = 0.36$). Βρέθηκε ότι τα RMSD των δύο συνθηκών διέφεραν σε στατιστικώς σημαντικό βαθμό ($t(18) = 6,42, p < 0,001$) και ο μέσος όρος του RMSD ήταν μεγαλύτερος στη συνθήκη με προσοχή ($M = 19,9$) απ' ό, τι στη συνθήκη χωρίς προσοχή ($M = 11,8$). Η διαφορά των RMSD είναι εμφανής και στα θηκογράμματα των συνθηκών (Εικόνα 5).

Τέλος, συγκρίθηκε η συνθήκη χωρίς προσοχή με τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό με τη χρήση του κριτηρίου t εξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης. Βρέθηκε ότι δεν υπήρχε διαφορά ανάμεσα στις δύο συνθήκες ($t(10) = 1,50, p = 0,17$). Αυτό αποτελεί άλλη μία ένδειξη ότι, όταν υπήρχε αποστροφή της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, έπαυε ο ανταγωνισμός. Στην Εικόνα 6 (αριστερά) φαίνεται το διάγραμμα διασποράς με τα RMSD κάθε συμμετέχοντα στις δύο συνθήκες και δεξιά βρίσκονται τα θηκογράμματα.



Εικόνα 5. Θηκογράμματα της ισχύος σήματος στη συνθήκη με προσοχή (αριστερά) και στη συνθήκη χωρίς προσοχή (δεξιά).

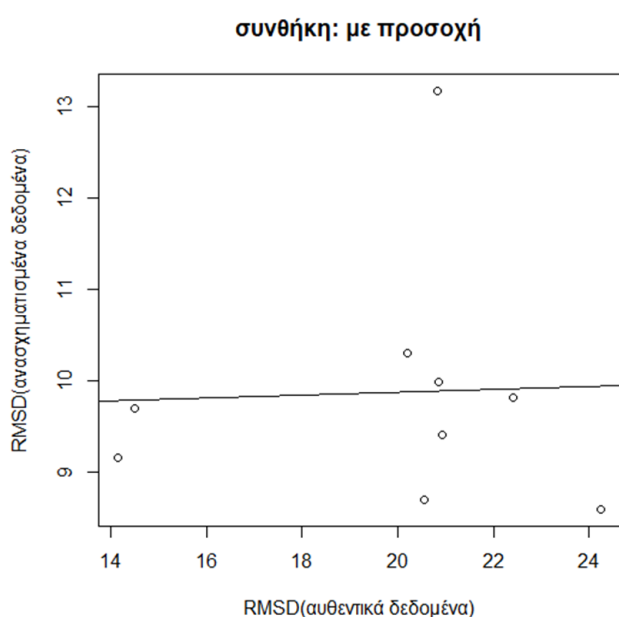


Εικόνα 6. Διάγραμμα διασποράς της ισχύος σήματος στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό συναρτήσει της ισχύος σήματος στη συνθήκη χωρίς προσοχή (αριστερά). Κάθε κουκίδα αντιστοιχεί σε έναν συμμετέχοντα του συνόλου χωρίς προσοχή/χωρίς ανταγωνισμό. Η ευθεία είναι η γραμμή παλινδρόμησης. Θηκογράμματα της ισχύος σήματος στη συνθήκη χωρίς προσοχή και στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό (δεξιά).

Το επόμενο σύνολο αναλύσεων αφορά τη σύγκριση της ισχύος του αντιληπτικού σήματος στα αυθεντικά δεδομένα των συμμετεχόντων με την ισχύ του

αντιληπτικού σήματος στα δείγματα bootstrap. Συγκεκριμένα για τη συνθήκη με προσοχή συγκρίθηκε το RMSD κάθε συμμετέχοντα στα αυθεντικά δεδομένα του με το μέσο RMSD του ίδιου συμμετέχοντα στα δείγματα bootstrap και αντίστοιχη σύγκριση έγινε για τη συνθήκη χωρίς προσοχή. Αυτή η ανάλυση έχει το πλεονέκτημα ότι γίνονται συγκρίσεις κάθε συμμετέχοντα με τον εαυτό του (Brascamp & Blake, 2012)

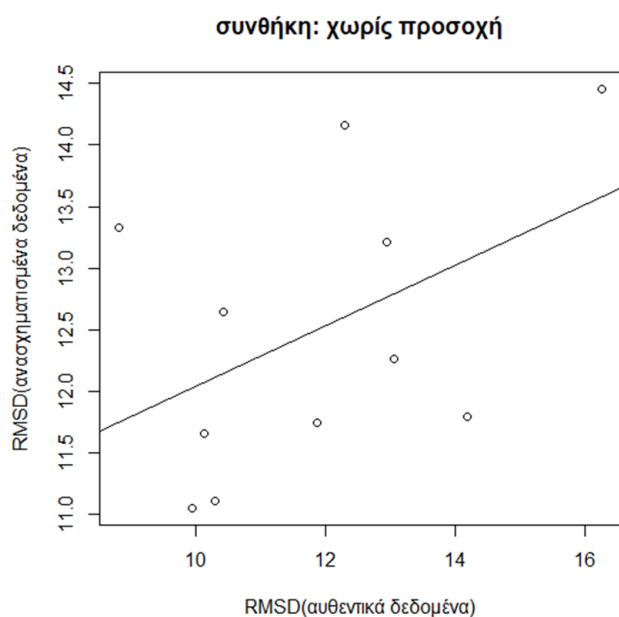
Επειδή τα δείγματα bootstrap δημιουργήθηκαν με ανάμειξη των δοκιμών που ήταν κατεσταλμένο το grating με προσανατολισμό προς τα αριστερά στη φάση 1 και των δοκιμών που ήταν κατεσταλμένο το άλλο grating, αλληλοεξουδετερωνόταν οι επιδράσεις του flashsuppression, επομένως στη συνθήκη με προσοχή που υπήρχε επίδραση του flashsuppression αναμένεται να υπάρχει διαφορά του RMSD στα αυθεντικά δεδομένα από το μέσο RMSD στα δείγματα bootstrap. Αυτό ακριβώς υποδεικνύουν τα αποτελέσματα του κριτηρίου t εξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης ($t(8) = 8,35, p < 0,001$). Στην Εικόνα 7 εμφανίζεται το διάγραμμα διασποράς που δείχνει το μέσο RMSD κάθε συμμετέχοντα στα ανασχηματισμένα δεδομένα, συναρτήσει του RMSD στα αυθεντικά δεδομένα.



Εικόνα 7. Διάγραμμα διασποράς αντιστοίχισης του μέσου RMSD κάθε συμμετέχοντα στα δείγματα bootstrap με το RMSD του ίδιου συμμετέχοντα στα αυθεντικά δεδομένα, για τη συνθήκη με προσοχή. Κάθε κουκίδα αντιστοιχεί σε έναν συμμετέχοντα του συνόλου χωρίς προσοχή/χωρίς ανταγωνισμό. Η ευθεία είναι η γραμμή παλινδρόμησης.

Αντίθετα, στη συνθήκη χωρίς προσοχή που δεν επιδρούσε το flashsuppression αναμένεται να μην διαφέρουν τα RMSD στα αυθεντικά δεδομένα από το μέσο RMSD στα δείγματα bootstrap. Το αποτέλεσμα του κριτηρίου t εξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης ($t(10) = 1,11, p = 0,29$) επαληθεύει αυτή την υπόθεση. Για τη

συνθήκη χωρίς προσοχή το διάγραμμα διασποράς με το μέσο RMSD στα ανασχηματισμένα δεδομένα συναρτήσει του RMSD στα αυθεντικά, βρίσκεται στην Εικόνα 8.



Εικόνα 8. Διάγραμμα διασποράς αντιστοίχισης του μέσου RMSD κάθε συμμετέχοντα στα δείγματα bootstrap με το RMSD του ίδιου συμμετέχοντα στα αυθεντικά δεδομένα, για τη συνθήκη με προσοχή. Κάθε κουκίδα αντιστοιχεί σε έναν συμμετέχοντα του συνόλου χωρίς προσοχή/χωρίς ανταγωνισμό. Η ευθεία είναι η γραμμή παλινδρόμησης. Εδώ δεν συμπεριλαμβάνονται τα RMSD των συμμετεχόντων στους οποίους δεν επέδρασε το flash suppression.

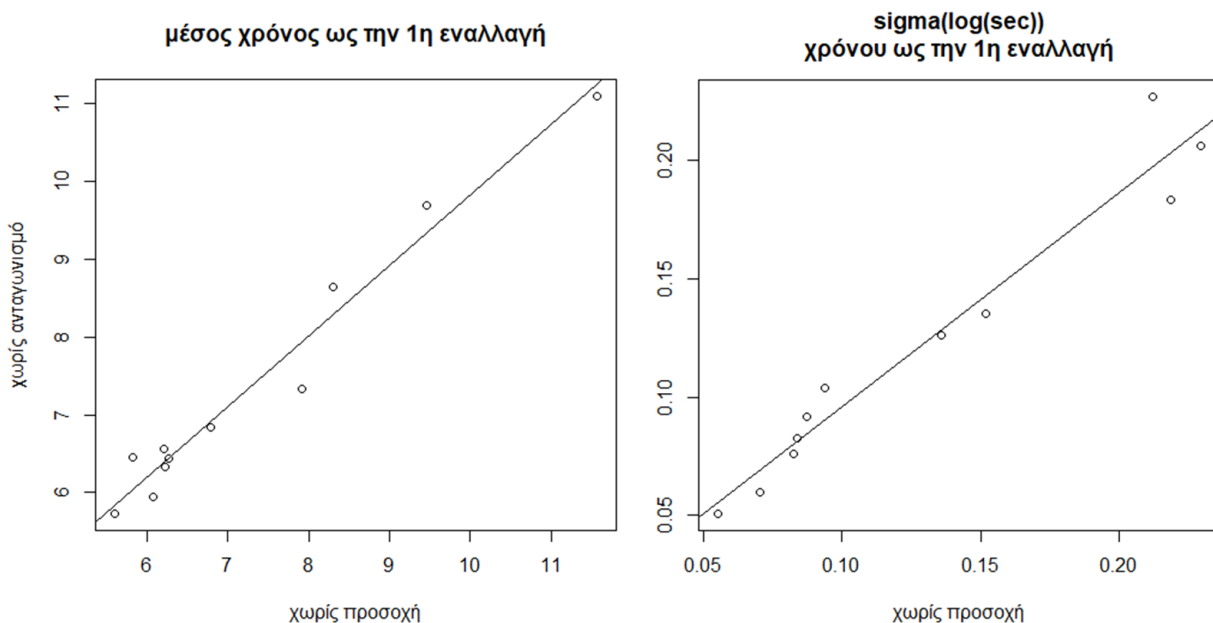
3.3 Ο χρόνος ως την πρώτη αντιληπτική εναλλαγή

Πέρα από τις ενδείξεις του flash suppression, χρησιμοποιήθηκε άλλη μία μορφή ελέγχου: ο χρόνος της πρώτης αντιληπτικής εναλλαγής στη φάση 3. Η υπόθεση ήταν ότι αν ο ανταγωνισμός ξεκινάει νωρίτερα, τότε και η πρώτη εναλλαγή θα συμβαίνει νωρίτερα. Με άλλα λόγια, στη συνθήκη με προσοχή που υπήρχε ανταγωνισμός ήδη από τη φάση 2 η πρώτη εναλλαγή θα συμβαίνει νωρίτερα απ' ό, τι στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, όπου δεν υπάρχουν ανταγωνιστικά ερεθίσματα στη φάση 2. Το βασικό ερώτημα είναι πότε συμβαίνει η πρώτη εναλλαγή για τη συνθήκη χωρίς προσοχή. Αν ο χρόνος αυτής της εναλλαγής δεν διαφέρει απ' το χρόνο της εναλλαγής στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, αυτό θα αποτελεί μία πρόσθετη ένδειξη ότι στη συνθήκη χωρίς προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα ο ανταγωνισμός εξαλείφεται.

Πιο συγκεκριμένα, συγκρίθηκε ο μέσος χρόνος της πρώτης εναλλαγής στις συνθήκες και την τυπική απόκλιση (sigma) του χρόνου της πρώτης εναλλαγής, αντίστοιχα με τους Brascamp και Blake (2012). Πρέπει να σημειωθεί ότι όσο

περισσότερο διαρκεί ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός, τόσο πιο απρόβλεπτοι γίνονται οι χρόνοι που θα σημειωθούν οι αλλαγές κυριαρχίας, επομένως στη συνθήκη με προσοχή που ο ανταγωνισμός διαρκεί περισσότερο αναμένεται να υπάρξει μεγαλύτερη τυπική απόκλιση του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή από τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Το βασικότερο ερώτημα είναι αν στη συνθήκη χωρίς προσοχή η τυπική απόκλιση διαφέρει ή όχι από αυτήν της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό.

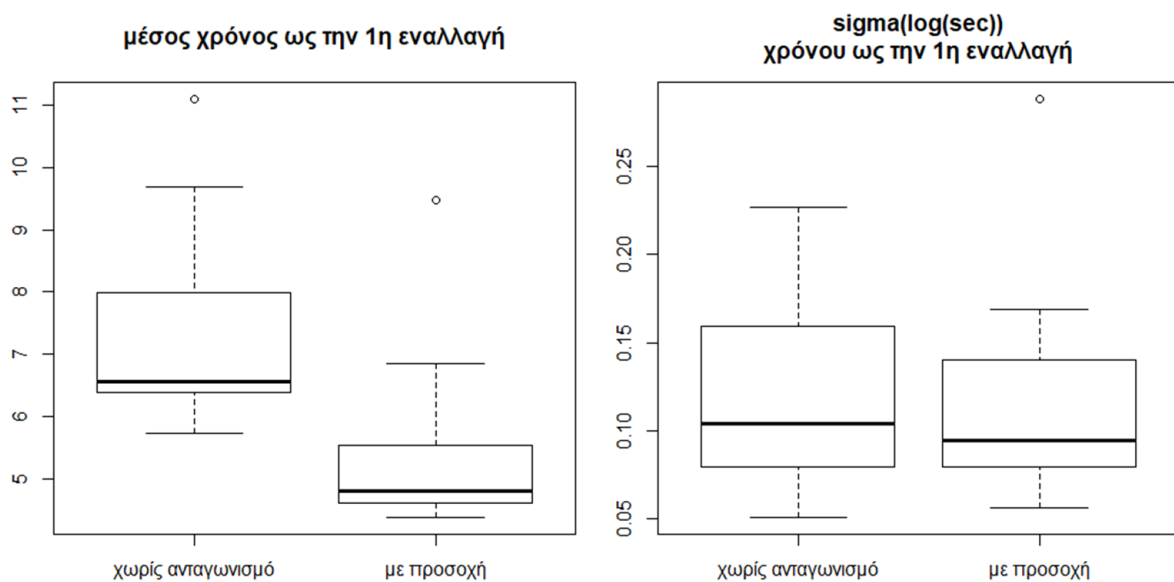
Η σύγκριση της συνθήκης χωρίς προσοχή με τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό ως προς τον μέσο χρόνο της πρώτης αντιληπτικής εναλλαγής έγινε με τη χρήση του κριτηρίου t εξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης. Βρέθηκε ότι δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των συνθηκών ($t(10) = 0,70, p = 0.5$). Στην Εικόνα 9 στα αριστερά παρουσιάζεται το διάγραμμα διασποράς του μέσου χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό συναρτήσει του αντίστοιχου χρόνου στη συνθήκη χωρίς προσοχή. Όταν συγκρίθηκε η τυπική απόκλιση του χρόνου της πρώτης εναλλαγής στη συνθήκη χωρίς προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό, βρέθηκε και πάλι ότι δεν υπήρχε διαφορά ($t(10) = 1,64, p = 0,13$ (κριτήριο t εξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης). Στη δεξιά στήλη της Εικόνας 9 παρουσιάζεται το διάγραμμα διασποράς της τυπικής απόκλισης για τον χρόνο ως την πρώτη εναλλαγή στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, συναρτήσει της συνθήκης χωρίς προσοχή. Επαληθεύτηκε έτσι ξανά η ομοιότητα ανάμεσα σε αυτές τις δύο συνθήκες και ενισχύθηκε η θέση ότι, όταν η προσοχή αποσύρεται απ' τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, αυτό ισοδυναμεί με την κατάσταση όπου δεν υπάρχουν ανταγωνιστικά ερεθίσματα, ή με άλλα λόγια ο ανταγωνισμός παύει να υφίσταται.



Εικόνα 9. Διάγραμμα διασποράς της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό συναρτήσει της συνθήκης χωρίς προσοχή, ως προς τον μέσο χρόνο της πρώτης εναλλαγής (αριστερά) και ως προς την τυπική απόκλιση του χρόνου της πρώτης εναλλαγής (δεξιά). Κάθε

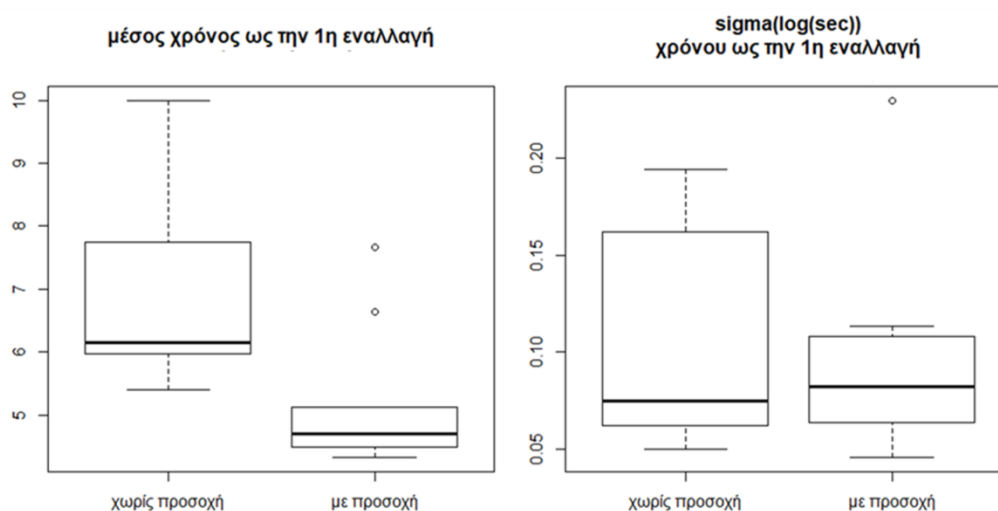
κουκίδα αντιστοιχεί σε κάθε συμμετέχοντα που έκανε το σύνολο χωρίς προσοχή/χωρίς ανταγωνισμό. Η ευθεία είναι η γραμμή παλινδρόμησης.

Στη συνέχεια συγκρίθηκε η συνθήκη με προσοχή με τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Για τον μέσο χρόνο ως την πρώτη εναλλαγή το κριτήριο Levene έδειξε ότι υπήρχε ομοιογένεια διακυμάνσεων ($F(1,18) = 0,14, p = 0,71$) επομένως εφαρμόστηκε το κριτήριο t ανεξάρτητων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης. Βρέθηκε ότι υπήρχε διαφορά ανάμεσα στις δύο συνθήκες ($t(18) = 2,36, p = 0,029$). Στην αριστερή στήλη της Εικόνας 10 βρίσκονται τα θηκογράμματα του μέσου χρόνου στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό και στη συνθήκη με προσοχή. Για την τυπική απόκλιση του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή δεν υπήρχε παραβίαση του κριτηρίου της ομοιογένειας διακυμάνσεων $F(1,18) = 0,047, p = 0,83$ (κριτήριο Levene), οπότε έγινε το κριτήριο t ανεξάρτητων δειγμάτων διπλής κατεύθυνσης, το οποίο έδειξε ότι δεν υπήρχε διαφορά ανάμεσα στις δύο συνθήκες, αντίθετα με την υπόθεσή μας και αντίθετα με τους Brascamp και Blake (2012), ($t(18) = 0,010, p = 0,99$). Δεν είναι σαφές γιατί προέκυψε αυτή η διαφορά, όμως ενδεχομένως να είναι θέμα στατιστικής ισχύος. Στη δεξιά στήλη της Εικόνας 10 βρίσκονται τα θηκογράμματα της τυπικής απόκλισης χρόνου στις δύο συνθήκες.



Εικόνα 10. Θηκογράμματα της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό και της συνθήκης με προσοχή, για τον μέσο χρόνο ως την πρώτη αντιληπτική εναλλαγή (αριστερή στήλη) και για την τυπική απόκλιση του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή (δεξιά στήλη).

Τέλος, συγκρίθηκε η συνθήκη με προσοχή με τη συνθήκη χωρίς προσοχή. Για τον μέσο χρόνο ως την πρώτη εναλλαγή το κριτήριο Levene έδειξε ότι υπήρχε ομοιογένεια διακυμάνσεων ($F(1,18) = 0,43, p = 0,52$) επομένως εφαρμόστηκε το κριτήριο t ανεξάρτητων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης, το οποίο έδειξε ότι διέφερε η συνθήκη χωρίς προσοχή από τη συνθήκη με προσοχή ($t(18) = 2,16, p = 0,045$). Στην Εικόνα 11, στο αριστερό σκέλος, βρίσκονται τα θηκογράμματα του μέσου χρόνου για τις συνθήκες με και χωρίς προσοχή. Για την τυπική απόκλιση του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή, βρέθηκε ότι υπήρχε ομοιογένεια διακυμάνσεων ($F(1,18) = 0,024, p = 0,88$). Το κριτήριο t ανεξάρτητων δειγμάτων διπλής κατεύθυνσης έδειξε ότι δεν υπήρχε διαφορά της τυπικής απόκλισης του χρόνου στη συνθήκη με προσοχή από τη συνθήκη χωρίς προσοχή ($t(18) = 0,24, p = 0,81$), αποτέλεσμα που αντιβαίνει στην υπόθεσή μας και στα ευρήματα των Brascamp και Blake (2012). Στο δεξί σκέλος της Εικόνας 11 βρίσκονται τα θηκογράμματα της τυπικής απόκλισης του χρόνου για τις συνθήκες με και χωρίς προσοχή.

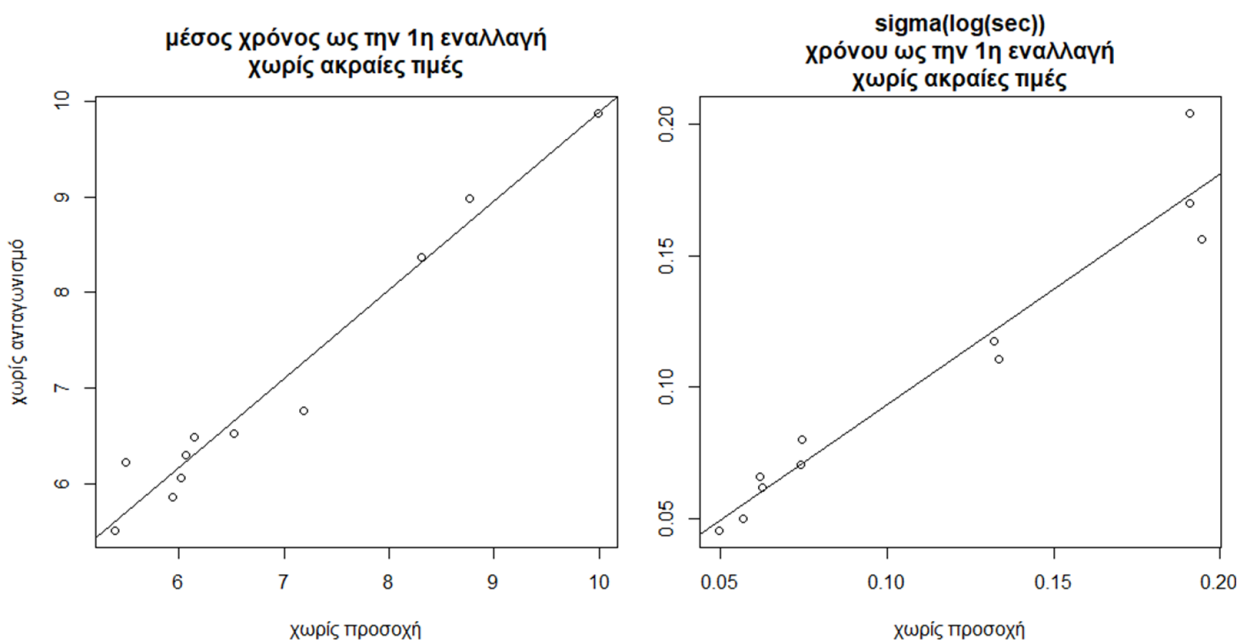


Εικόνα 11. Θηκογράμματα για τη συνθήκη χωρίς προσοχή και για τη συνθήκη με προσοχή, ως προς τον μέσο χρόνο ως την πρώτη αντιληπτική εναλλαγή (αριστερή στήλη) και ως προς την τυπική απόκλιση του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή (δεξιά στήλη).

Έπειτα επαναλήφθηκαν οι παραπάνω αναλύσεις για τον χρόνο ως την πρώτη εναλλαγή, αφαιρώντας όμως τους χρόνους που είχαν ακραίες τιμές (outliers) σε κάθε συμμετέχοντα. Οι ακραίες τιμές ορίζονται ως δεδομένα με ισχυρή απόκλιση απ' τη γραμμή παλινδρόμησης (De Sá, Marques, 2007) και επιλέχθηκε να αφαιρεθούν, γιατί ενδέχεται να επηρέασαν τον υπολογισμό του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης. Για τον εντοπισμό τους χρησιμοποιήθηκε η απόσταση του Cook, ένα μέτρο που εξαρτάται από την επιρροή του σημείου (leverage) και από τις τιμές των υπολοίπων (residual values), καθώς, όσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή και το υπόλοιπο ενός σημείου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόσταση του Cook. Η αφαίρεση αυτών των

ακραίων τιμών δεν μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στα δεδομένα, καθώς όλοι οι συμμετέχοντες είχαν ελάχιστες τέτοιες τιμές (εύρος = 5). Αυτό επαληθεύτηκε και από το γεγονός ότι οι παρακάτω αναλύσεις οδήγησαν σε πανομοιότυπα αποτελέσματα με τις αναλύσεις που έγιναν προηγουμένως, όπου συμπεριλαμβάνονταν οι ακραίες τιμές.

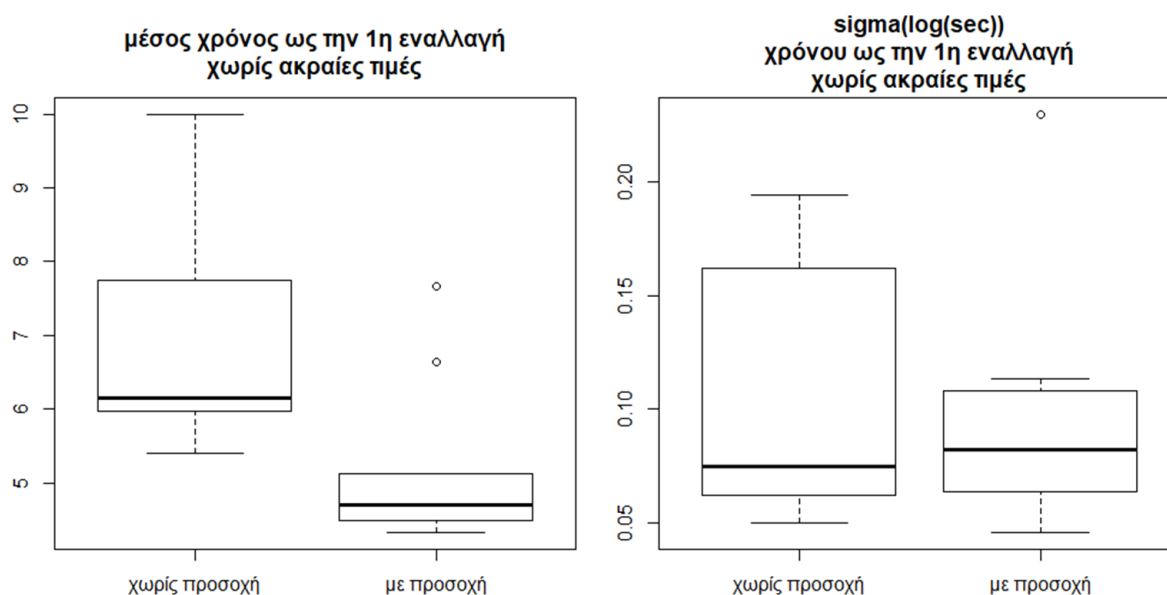
Ο μέσος χρόνος στη συνθήκη χωρίς προσοχή δεν διέφερε από εκείνον στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό: $t(10) = 1,12, p = 0,29$ (κριτήριο τεξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης). Επίσης η τυπική απόκλιση του χρόνου στη συνθήκη χωρίς προσοχή δεν διέφερε από εκείνη στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό: $t(10) = 1,79, p = 0,10$ (κριτήριο τεξαρτημένων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης). Στην Εικόνα 12 απεικονίζεται το διάγραμμα διασποράς γι' αυτές τις συνθήκες ως προς τον μέσο χρόνο (αριστερά) και ως προς την τυπική απόκλιση του μέσου χρόνου (δεξιά).



Εικόνα 12. Διάγραμμα διασποράς της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό συναρτήσει της συνθήκης χωρίς προσοχή, ως προς τον μέσο χρόνο της πρώτης εναλλαγής (αριστερά) και ως προς την τυπική απόκλιση του χρόνου της πρώτης εναλλαγής (δεξιά). Εδώ έχει γίνει αφαίρεση των ακραίων τιμών κάθε συμμετέχοντα. Κάθε κουκίδα αντιστοιχεί σε κάθε συμμετέχοντα που έκανε το σύνολο χωρίς προσοχή/χωρίς ανταγωνισμό. Η ευθεία είναι η γραμμή παλινδρόμησης.

Ο μέσος χρόνος στις συνθήκες με προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό είχε ομοιογενείς διακυμάνσεις ($F(1,18) = 0,60, p = 0,45$) και το κριτήριο t ανεξάρτητων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης έδειξε ότι υπήρχε διαφορά ($t(18) = 3,07, p = 0,007$). Η τυπική απόκλιση του χρόνου στις συνθήκες είχε ομοιογενή διακύμανση ($F(1,18) = 0,23, p = 0,64$), οπότε και έγινε t-test ανεξάρτητων δειγμάτων διπλής κατεύθυνσης: $t(18) = 0,22, p = 0,83$. Η τυπική απόκλιση στη συνθήκη με προσοχή δεν διέφερε από

εκείνη στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζονται τα θηκογράμματα των δύο συνθηκών για το μέτρο του μέσου χρόνου (αριστερά) και για το μέτρο της τυπικής απόκλισης (δεξιά).

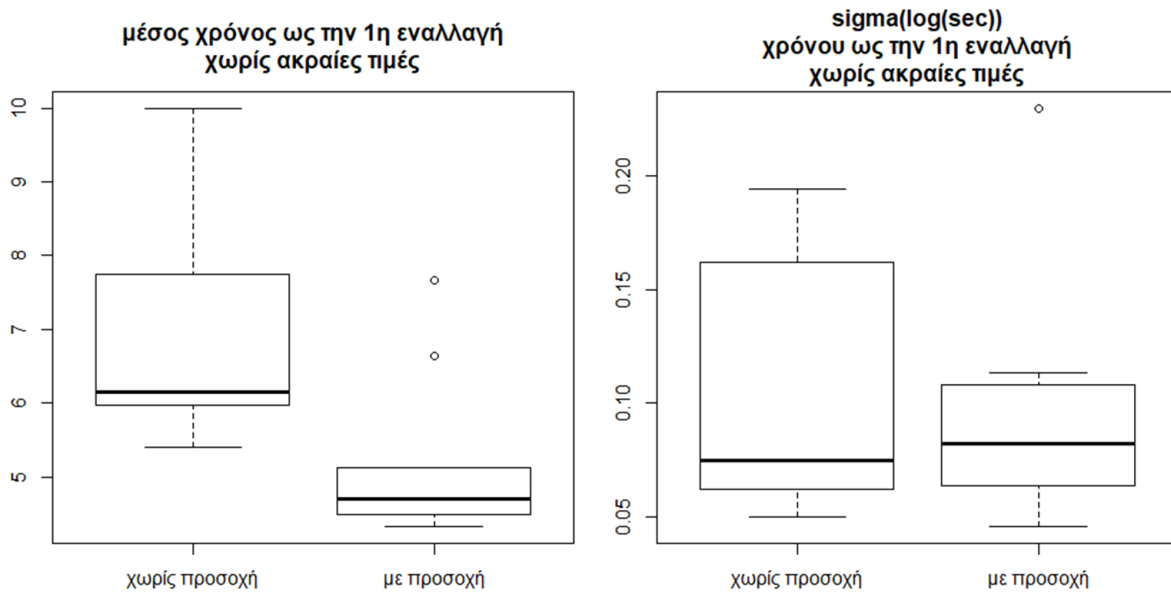


Εικόνα 13. Θηκογράμματα της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό και με προσοχή, για το μέτρο του μέσου χρόνου ως την πρώτη αντιληπτική εναλλαγή (αριστερά) και για το μέτρο της τυπικής απόκλισης του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή (δεξιά). Εδώ έχουν αφαιρεθεί οι ακραίες τιμές από κάθε συμμετέχοντα.

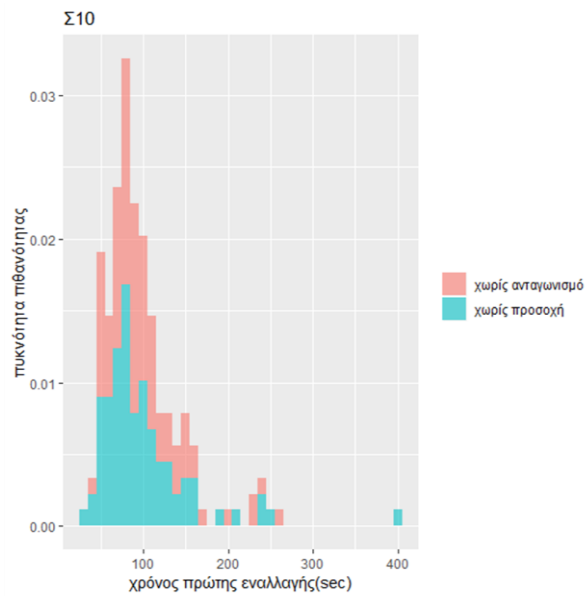
Ο μέσος χρόνος στις συνθήκες με και χωρίς προσοχή είχε ομοιογενείς διακυμάνσεις ($F(1,18) = 0,98, p = 0,33$) και το κριτήριο t ανεξάρτητων δειγμάτων, διπλής κατεύθυνσης έδειξε ότι υπήρχε διαφορά ανάμεσα στις δύο συνθήκες ($t(18) = 2,80, p = 0,012$). Η τυπική απόκλιση του χρόνου στις συνθήκες είχε επίσης ομοιογενείς διακυμάνσεις ($F(1,18) = 1,17, p = 0,29$). Το κριτήριο t -test ανεξάρτητων δειγμάτων διπλής κατεύθυνσης έδειξε ότι δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των συνθηκών: $t(18) = 0,52, p = 0,61$. Στην Εικόνα 14 βρίσκονται τα θηκογράμματα των δύο αυτών συνθηκών για τον μέσο χρόνο (αριστερά) και για την τυπική απόκλιση χρόνου (δεξιά).

Για να επαληθευτεί επιπρόσθετα η ομοιότητα της συνθήκης χωρίς προσοχή με τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, έγινε σύγκριση του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή με το κριτήριο Kolmogorov–Smirnov διπλής κατεύθυνσης. Αφού η αφαίρεση των ακραίων τιμών δεν επηρέαζε τα αποτελέσματα, επιλέχθηκαν αυτοί οι χρόνοι. Στις Εικόνες 15 έως 25 παρουσιάζονται τα ιστογράμματα πυκνότητας πιθανότητας του

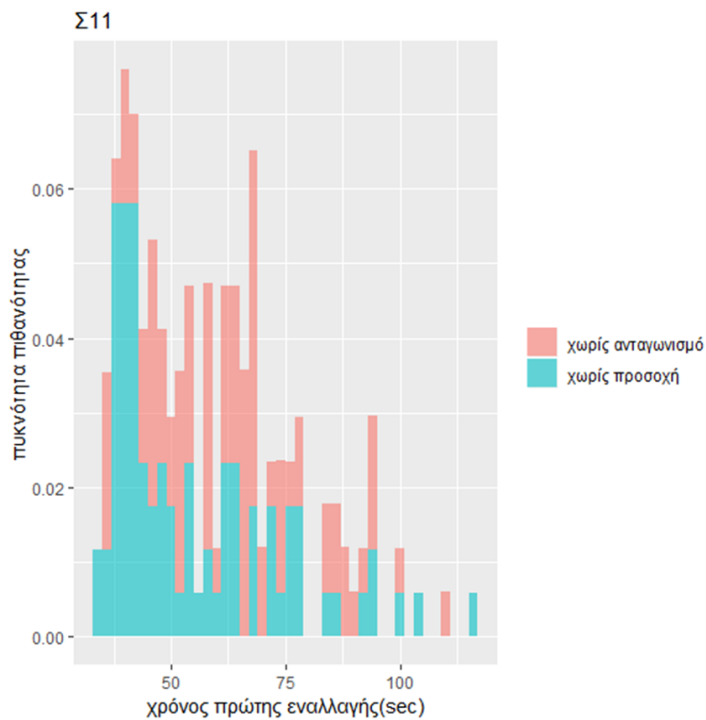
χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή, στις συνθήκες χωρίς προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό για κάθε συμμετέχοντα που έκανε το συγκεκριμένο σύνολο δοκιμών. Βρέθηκε ότι οι δύο κατανομές δεν διέφεραν σε όλους τους συμμετέχοντες εκτός από δύο (Σ11: $p = 0,0003$, Σ18: $p = 0,002$).



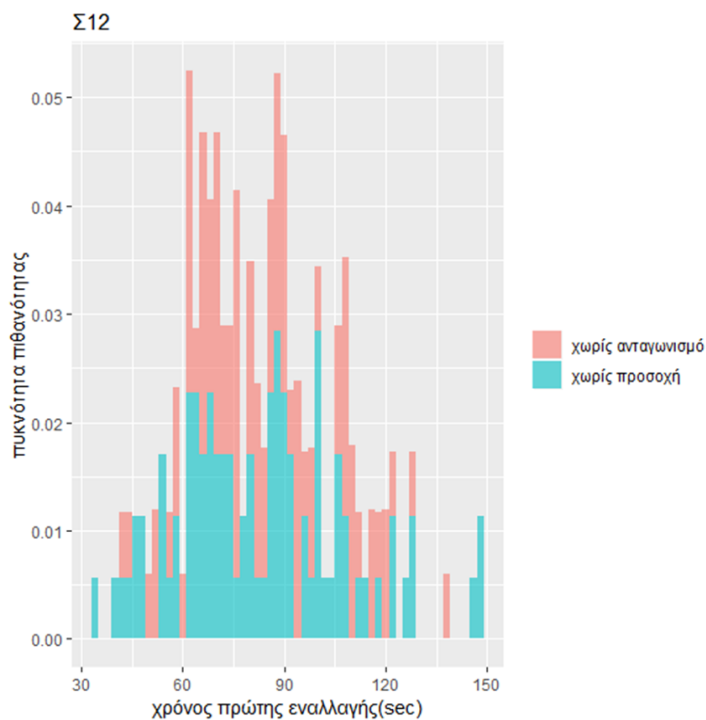
Εικόνα 14. Θηκογράμματα των συνθηκών με και χωρίς προσοχή, για το μέτρο του μέσου χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή (αριστερά) και για το μέτρο της τυπικής απόκλισης χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή (δεξιά). Εδώ έχουν αφαιρεθεί οι ακραίες τιμές από κάθε συμμετέχοντα.



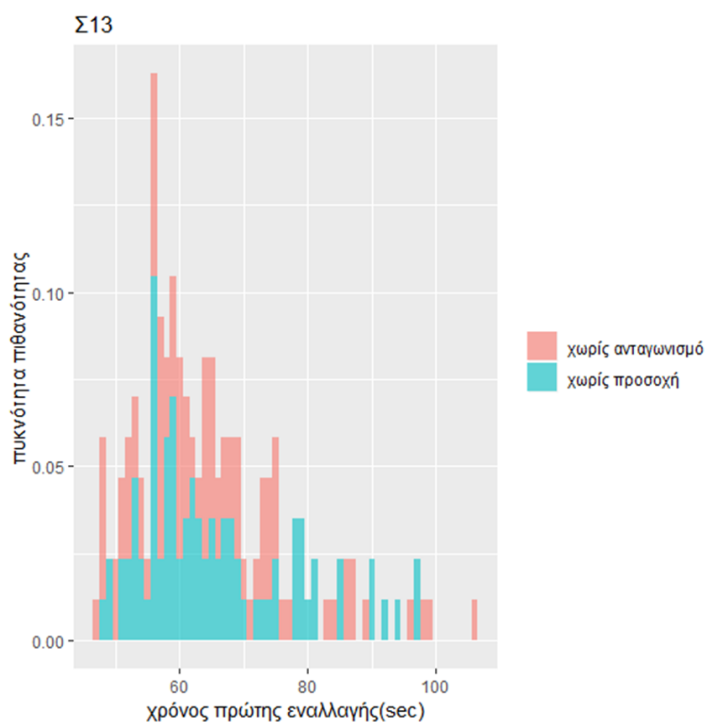
Εικόνα 15. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ10. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,090$, $p = 0,87$).



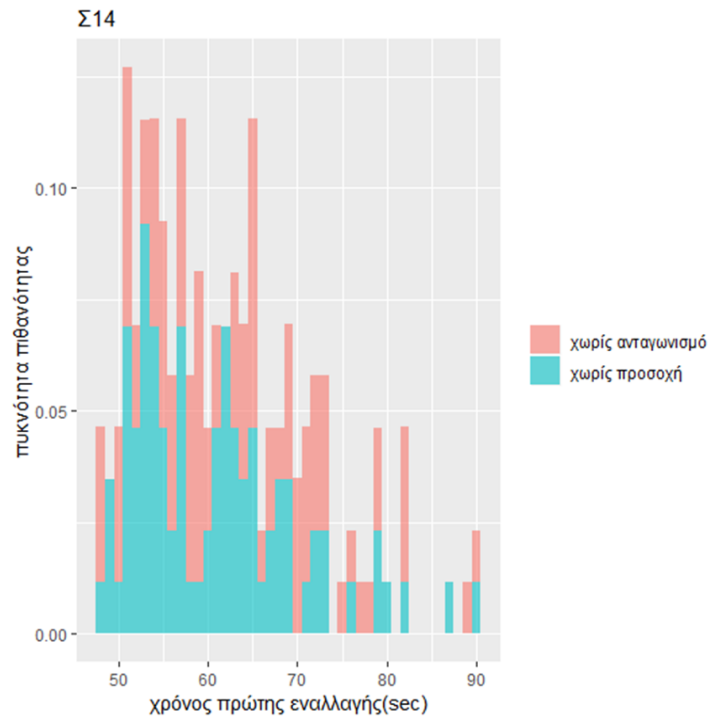
Εικόνα 16. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ11. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές διέφεραν ($D = 0,31$, $p = 0,0003$).



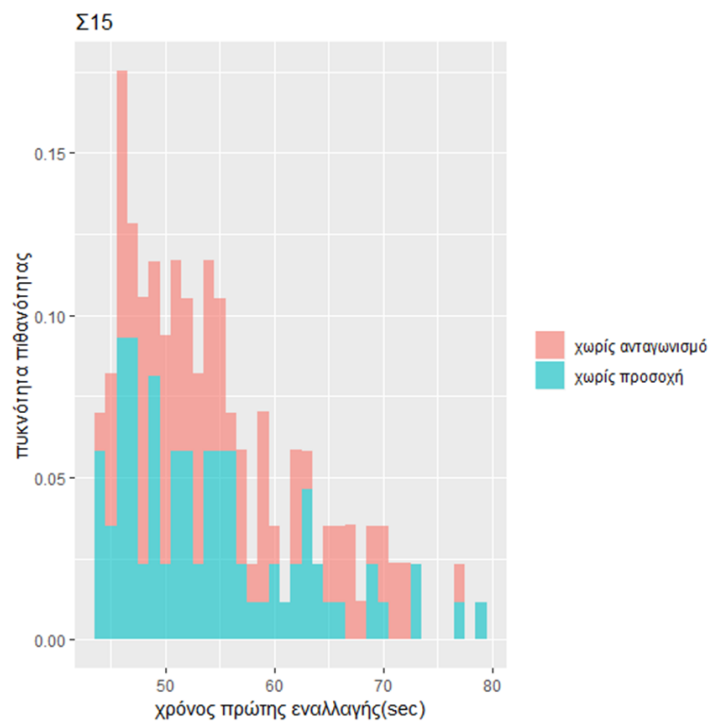
Εικόνα 17. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ12. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,083$, $p = 0,89$).



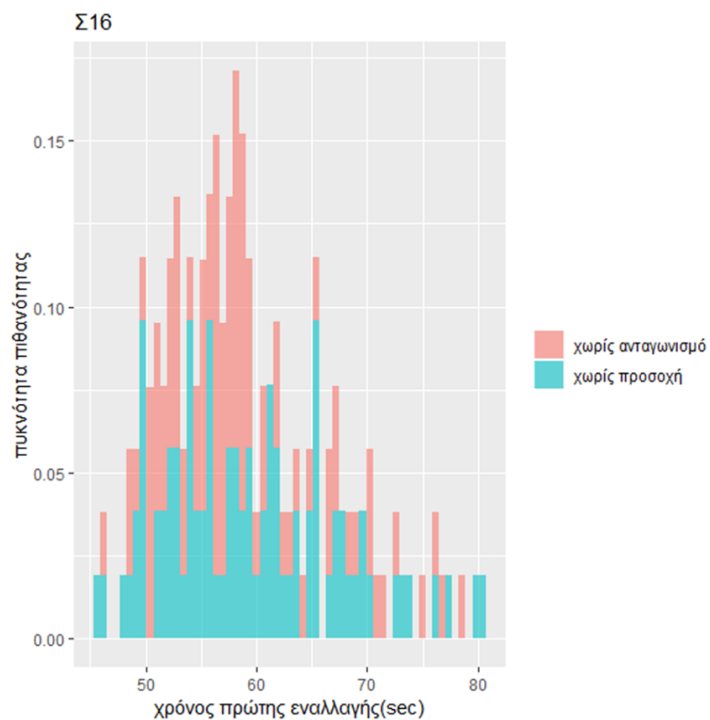
Εικόνα 18. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ13. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,081$, $p = 0,94$).



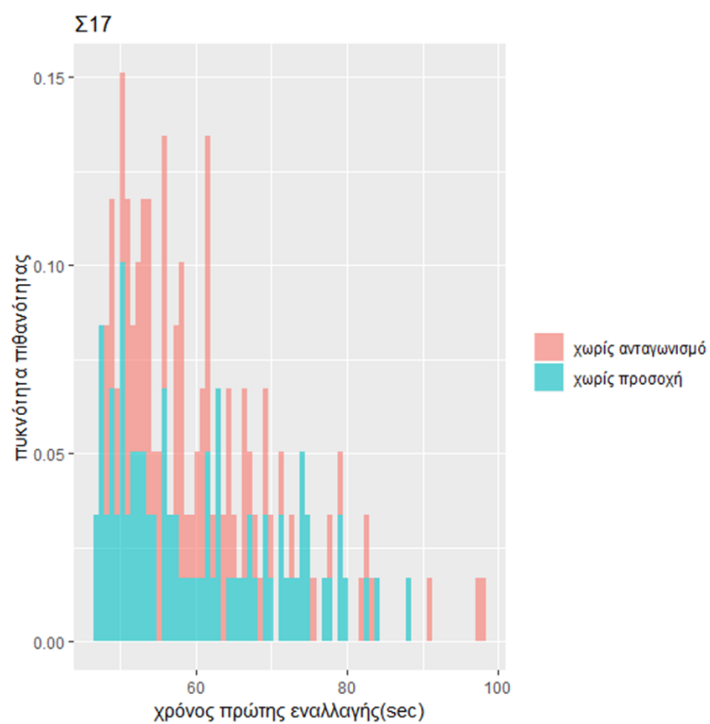
Εικόνα 19. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ14. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,15, p = 0,32$).



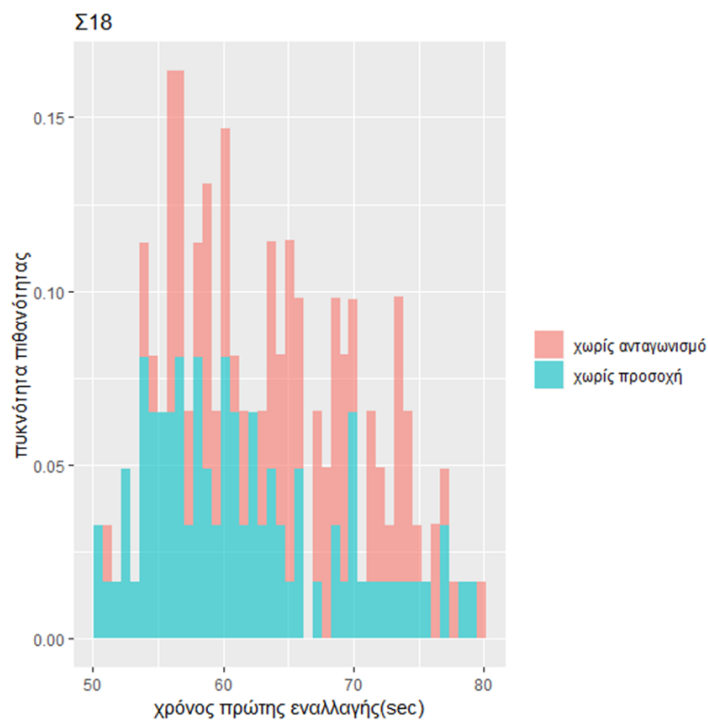
Εικόνα 20. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ15. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,10, p = 0,76$).



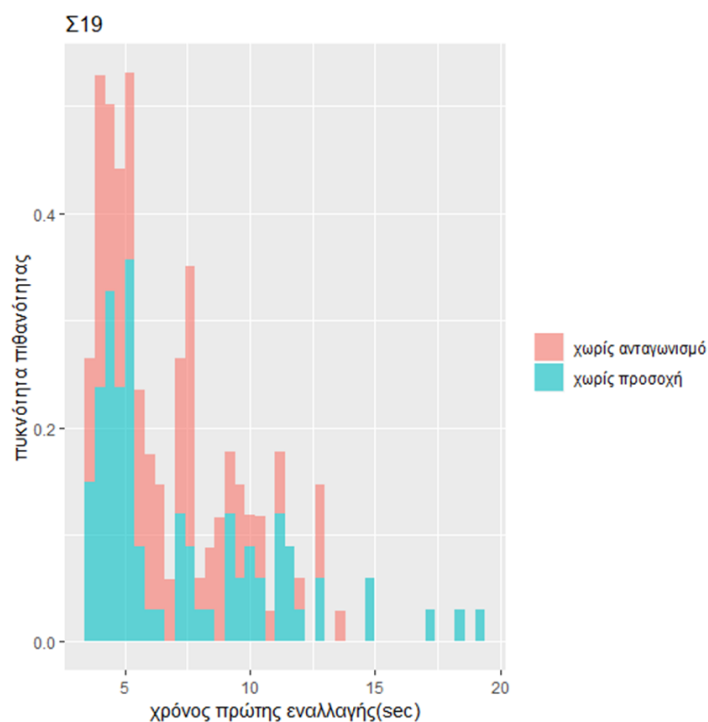
Εικόνα 21. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ16. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,16$, $p = 0,19$).



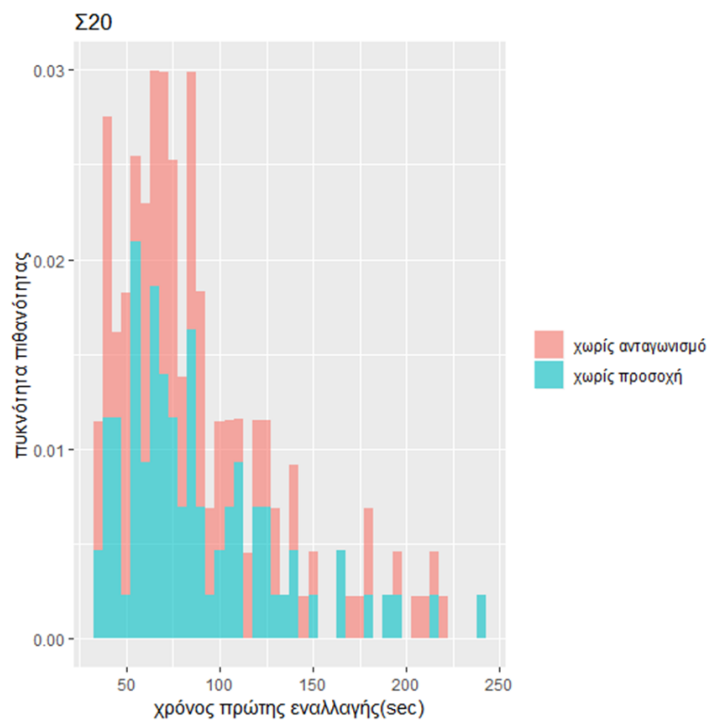
Εικόνα 22. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ17. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,13$, $p = 0,48$).



Εικόνα 23. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ18. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές διέφεραν ($D = 0,28, p = 0,002$).



Εικόνα 24. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ19. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,16, p = 0,20$).



Εικόνα 25. Ιστογράμματα του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή στις συνθήκες χωρίς ανταγωνισμό και χωρίς προσοχή, για τον συμμετέχοντα Σ20. Το Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι κατανομές δεν διέφεραν ($D = 0,065$, $p = 0,99$).

4. Συζήτηση

Συνολικά τα αποτελέσματά μας επαλήθευσαν εκείνα των Brascamp και Blake (2012). Όπως είδαμε παραπάνω, οι Brascamp και Blake (2012), διερωτήθηκαν αν η προσοχή είναι απαραίτητη για τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, και χρησιμοποίησαν ένα έργο περιοδικής απόσυρσης της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα για να συνάγουν αν οι υπογραφές του διοφθάλμιου ανταγωνισμού που παρατηρούνταν στις περιόδους όπως η προσοχή ήταν στραμμένη στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, σημειώνονταν και στη συνθήκη που αποσύρονταν από αυτά. Ως συνθήκη ελέγχου χρησιμοποιήθηκε μια συνθήκη στην οποία παρουσιάζονταν μη ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Όλες οι στατιστικές συγκρίσεις έδειξαν ισοδυναμία της συνθήκης χωρίς προσοχή με τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, πράγμα που σημαίνει ότι χωρίς προσοχή ο ανταγωνισμός εξαλείφεται. Τα αποτελέσματά μας συμβαδίζουν με εκείνα των Brascamp και Blake (2012), επομένως καταλήγουμε στο ίδιο συμπέρασμα, παρόλο που η δική μας έρευνα χρησιμοποίησε πιο απλοποιημένα ερεθίσματα και διαφορετικό έργο RSVP, προσθέτοντας έτσι στη βιβλιογραφία για τον ανταγωνισμό και την προσοχή.

Συγκεκριμένα, στη συνθήκη με προσοχή στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, όταν εισαγόταν το grating που ανταγωνιζόταν με εκείνο που παρουσιαζόταν για πρώτη φορά, κυριαρχούσε το νεοεισαχθέν grating στην πλειονότητα των δοκιμών, στην

αρχική περίοδο του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, ενώ στην πορεία το φαινόμενο εξελισσόταν δυναμικά με τον συνήθη τρόπο μεταβάσεων ανάμεσα στα δύο πιθανά αντιλήμματα, επαληθεύοντας έτσι την επιτυχία του flash suppression στην υπόδειξη των αντιλημμάτων. Αντίθετα, αυτά τα νευρωνικά σήματα δεν ήταν παρόντα, όχι μόνο στη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό αλλά και στη συνθήκη χωρίς προσοχή. Αυτό δείχνει ότι χωρίς προσοχή ο ανταγωνισμός εξαλείφεται, που ήταν και το κύριο εύρημα των Brascamp και Blake (2012), επεκτείνοντας έτσι αυτό το συμπέρασμα και για απλούστερες διατάξεις ερεθισμάτων και έργα απόσυρσης της προσοχής.

Επιπρόσθετα, έγιναν αναλύσεις που αφορούσαν την ισχύ του σήματος, η οποία υπολογίστηκε ως η ρίζα του τετραγώνου της απόστασης της καμπύλης του flashed grating από την κάθετη ευθεία στο 50 % των δοκιμών, και βρέθηκε ότι η συνθήκη με προσοχή είχε μεγαλύτερη ισχύ σήματος από τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό, ενώ η συνθήκη χωρίς προσοχή αντανακλούσε τα αποτελέσματα της συνθήκης χωρίς ανταγωνισμό, παρέχοντας ένα επιπλέον εύρημα για την ισοδυναμία της συνθήκης χωρίς προσοχή με τη συνθήκη υλικής αφαίρεσης των ερεθισμάτων. Έπειτα συγκρίθηκε το RMSD στα αυθεντικά δεδομένα με το RMSD στα δείγματα bootstrap για κάθε συμμετέχοντα, σύγκριση από την οποία αναμενόταν να αλληλοεξουδετερωθούν οι επιδράσεις του flash suppression, καθώς τα δείγματα bootstrap προέκυψαν από την ανάμιξη των δοκιμών όπου το grating με προσανατολισμό X ήταν κατεσταλμένο στη φάση ένα και των δοκιμών που ήταν κατεσταλμένο το άλλο grating. Στη συνθήκη με προσοχή παρατηρήθηκε αυτό το μοτίβο, καθώς υπήρχε διαφορά ανάμεσα στο RMSD των αυθεντικών δεδομένων και στο RMSD των bootstrap δεδομένων, πράγμα που δεν παρατηρήθηκε στη συνθήκη χωρίς προσοχή, όπως ήταν αναμενόμενο, αφού οι προηγούμενες αναλύσεις έδειξαν ότι νευρωνικές υπογραφές του ανταγωνισμού καταργούνται.

Τέλος, έγιναν αναλύσεις που αφορούσαν τον χρόνο έναρξης της αντιληπτικής εναλλαγής, με το σκεπτικό ότι αν ο ανταγωνισμός συνεχιζόταν στη συνθήκη χωρίς προσοχή ακόμη και στη δεύτερη φάση που η εστίαση ήταν στο απαιτητικό RSVP, τότε η πρώτη εναλλαγή θα συνέβαινε νωρίτερα στην τρίτη φάση συγκριτικά με τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό. Βρέθηκε ότι η συνθήκη χωρίς προσοχή δεν διέφερε από τη συνθήκη χωρίς ανταγωνισμό ως προς τον χρονισμό της πρώτης εναλλαγής, ενώ αντίθετα η σύγκριση της συνθήκης με προσοχή και της συνθήκης χωρίς προσοχή, έδειξε σημαντική διαφορά.

Όταν εξετάστηκε το μέτρο της τυπικής απόκλισης του χρόνου ως την πρώτη εναλλαγή, η οποία θεωρείται ότι αυξάνεται με την αύξηση της έκθεσης στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, για την οποία θα αναμενόταν να υπάρχει διαφορά ανάμεσα στη συνθήκη με προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό, καθώς στη συνθήκη με προσοχή είναι μεγαλύτερος ο χρόνος έκθεσης στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, αυτό δεν βρέθηκε, πράγμα που ίσως οφειλόταν στη μειωμένη στατιστική ισχύ των αποτελεσμάτων μας. Όμοια, η σύγκριση των συνθηκών με και χωρίς προσοχή ως προς το ίδιο μέτρο, ανέδειξε το ίδιο αποτέλεσμα. Το ίδιο ίσχυε και για τη σύγκριση

της συνθήκης χωρίς προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό, επαληθεύοντας τους Brascamp και Blake (2012).

Εν ολίγοις, τα ευρήματά μας συμβαδίζουν με τις έρευνες που υποδεικνύουν ισχυρό σύνδεσμο ανάμεσα στην προσοχή και στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό, καθώς φαίνεται ότι οι αντιληπτικές εναλλαγές, το ορόσημο του φαινομένου, σταματούν όταν η προσοχή στρέφεται μακριά από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα. Βέβαια, στο δικό μας πείραμα έγιναν κάποιες μικρές τροποποιήσεις συγκριτικά με το πείραμα των Brascamp & Blake (2012). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο gratings, έναντι διάταξης με ποικίλα άσχετα gratings, η οποία στους Brascamp & Blake (2012) χρησιμοποιήθηκε για να μην εξέχουν τα ερεθίσματα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Πράγματι, έχει βρεθεί ότι μεμονωμένα ερεθίσματα ενδέχεται να έλκουν την προσοχή ακόμη και όταν γίνεται κάποιο άλλο έργο παράλληλα (Mack & Rock, 1999). Η περιστροφή του δακτυλίου απέτρεπε τις επιδράσεις της προσαρμογής στην αντίληψη (Blake, Sobel, & Gilroy, 2003; Carter & Cavanagh, 2007). Για παράδειγμα οι Blake και λοιποί (2003), έδειξαν ότι η προσαρμογή επηρεάζει ιδιαίτερα τον διοφθάλμιο ανταγωνισμό όταν τα ερεθίσματα είναι στατικά, καθώς με κινούμενα ερεθίσματα ήταν μικρότερος ο ρυθμός των εναλλαγών. Αυτό αποδόθηκε στο γεγονός ότι με κινούμενα ερεθίσματα χρησιμοποιείται συνεχώς νέος μη προσαρμοσμένος ιστός του αμφιβληστροειδή, εμποδίζοντας έτσι τη συσσώρευση νευρωνικής προσαρμογής σε μια θέση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αντιληπτικές εναλλαγές. Αν οι Brascamp και Blake (2012) χρησιμοποιούσαν στατικά ερεθίσματα, τότε αν εντοπίζονταν επιδράσεις του flash suppression στη φάση 3 της συνθήκης χωρίς προσοχή, αυτό θα μπορούσε να οφείλεται είτε στο ότι ο ανταγωνισμός συνεχίζεται στη φάση 2 (που αντιβαίνει στην κύρια υπόθεση του πειράματος), είτε στην προσαρμογή. Με άλλα λόγια, στην αρχή της φάσης 3 θα κυριαρχούσε η εικόνα που ήταν κατεσταλμένη στη διάρκεια του flash suppression, επειδή θα βρισκόταν στη θέση που είχε γίνει προσαρμογή στην αντίθετη εικόνα.

Η χρήση μόνο δύο gratings σαφώς κατέστησε τα ερεθίσματα πιο ευάλωτα στις επιδράσεις της προσαρμογής, όμως το αν τα μεμονωμένα ερεθίσματα εξέχουν δεν είναι κάτι για το οποίο μπορούμε να αποφανθούμε, άλλωστε η ίδια η βιβλιογραφία ως προς την τάση τους να εξέχουν είναι αντιφατική όπως είδαμε στην εισαγωγή. Επιπλέον, το RSVP που χρησιμοποιήθηκε ήταν αρκετά απαιτητικό ώστε να αποφευχθεί αυτό το ενδεχόμενο. Μία άλλη σημαντική διαφορά της δικής μας έρευνας από εκείνη των Brascamp και Blake (2012), είναι το γεγονός ότι εκείνοι ανέθεσαν σε κάθε συμμετέχοντα όλες τις συνθήκες, ενώ ο δικός μας σχεδιασμός ήταν μεταξύ συμμετεχόντων, με κάποιους συμμετέχοντες να εκτίθενται στη συνθήκη με προσοχή και άλλους στις συνθήκες χωρίς προσοχή και χωρίς ανταγωνισμό. Αυτό έγινε για λόγους οικονομίας χρόνου και περιορίζει κάπως την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μας, αν και η επιτυχημένη αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων των Brascamp και Blake (2012) επαληθεύει ότι δεν τέθηκε τέτοιο ζήτημα.

Ένας περιορισμός της έρευνάς μας είναι ότι δεν αποκλείστηκαν εναλλακτικές ερμηνείες των αποτελεσμάτων μας. Για παράδειγμα, θα μπορούσε η απουσία της

προσοχής να μειώνει την αποτελεσματική αντίθεση των ερεθισμάτων και αυτή η μείωση να είναι η αιτία των παρατηρημένων επιδράσεων. Θεωρούμε όμως ότι κάτι τέτοιο είναι σχετικά απίθανο, καθώς οι Brascamp και Blake (2012) εξέτασαν αυτό το ενδεχόμενο μειώνοντας στο μισό την αντίθεση του ερεθίσματος για να μιμηθούν τις επιδράσεις της αποστροφής της προσοχής, χειρισμός που άφησε ανέπαφα τα νευρωνικά σήματα του ανταγωνισμού, αποκλείοντας έτσι την αποτελεσματική αντίθεση από αιτία των αποτελεσμάτων.

Μία δεύτερη εναλλακτική ερμηνεία, σχετίζεται με το γεγονός ότι οι μετακινήσεις της προσοχής μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές της κυριαρχίας, επομένως ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός θα μπορούσε να συμβαίνει στη δεύτερη φάση της συνθήκης χωρίς προσοχή, αλλά να μην παρατηρούνται οι υπογραφές του όταν οι συμμετέχοντες επανέφεραν την εστίαση της προσοχής στα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, στη διάρκεια της φάσης τρία. Για να ελεγχθεί αυτή η πιθανότητα, οι Brascamp και Blake (2012) ζήτησαν από τους συμμετέχοντες να παρατηρούν τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα, αλλά στη συνέχεια γινόταν μία σύντομη μετατόπιση της προσοχής στη θέση του σημείου εστίασης και έπειτα πίσω στο ανταγωνιστικό ερέθισμα. Κυριότερα, τα αποτελέσματα συνηγορούσαν και πάλι υπέρ της διατήρησης των ιχνών του ανταγωνισμού, παρά τη μετατόπιση της προσοχής, αποκλείοντας έτσι και αυτή την εναλλακτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Όλα τα παραπάνω συνηγορούν υπέρ ενός ισχυρού ρόλου της προσοχής στον διοφθάλμιο ανταγωνισμό. Με άλλα λόγια, η προσοχή φαίνεται να είναι απαραίτητη για να σημειωθούν αντιληπτικές εναλλαγές. Μερικά νευρωνικά μοντέλα του διοφθάλμιου ανταγωνισμού, όπως τα μοντέλα προσαρμογής-αναστολής, στα οποία προσομοιώνεται η χρονική δυναμική των εναλλαγών σε ένα δυναμικό σύστημα με δύο συστατικά-αναπαραστάσεις των αντιλημμάτων (Wilson, 2007), που χαρακτηρίζονται από αμοιβαία αναστολή και εκδηλώνουν αργή προσαρμογή, μπορούν να μιμηθούν τις επιδράσεις της προσοχής, παρόλο που η προσοχή δεν θεωρείται συνήθως καθοριστικός παράγοντας. Αυτά τα μοντέλα είναι συμβατά με το εύρημα ότι η μερική απόσυρση της προσοχής από τα ανταγωνιστικά ερεθίσματα μπορεί να επιβραδύνει τις αντιληπτικές εναλλαγές, και η απόσυρση της προσοχής μπορεί να προσομοιωθεί μειώνοντας την αντίθεση του ερεθίσματος. Ωστόσο, μοντέλα όπως τα παραπάνω δεν μπορούν να εξηγήσουν αποτελέσματα σαν αυτά που προέκυψαν από το δικό μας πείραμα, στο οποίο η καθολική απόσυρση της προσοχής πάγωσε τις αντιληπτικές εναλλαγές. Απαιτούνται λοιπόν μοντέλα στα οποία η προσοχή είναι ενδογενής παράγοντας της αρχιτεκτονικής τους και δεν επιδρά απλά σε άλλες παραμέτρους όπως είναι η αντίθεση, όπως για παράδειγμα αυτό των Ling και Blake (2012). Το τι υπονοεί αυτό για τη φύση του διοφθάλμιου ανταγωνισμού παραμένει λιγότερο ξεκάθαρο, αν και η υιοθέτηση της άποψης ότι πρόκειται για ένα φαινόμενο που εκτείνεται σε πολλά επίπεδα της οπτικής (και μη) ιεραρχίας, φαίνεται να συμβαδίζει με την πλειονότητα των εμπειρικών δεδομένων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmadi, M. R., Gilakjani, A. P., Ahmadi, S. M. (2011). The Relationship between Attention and Consciousness. *Journal of Language Teaching and Research*, 2(6), 1366–1373.
- Alais, D., Blake, R. (1999). Grouping visual features during binocular rivalry. *Vision Res*, 39, 4341–4353.
- Alais, D., & Blake, R. (2004). *Binocular rivalry*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Alais D, Melcher D.(2007). Strength and coherence of binocular rivalry depends on shared stimulus complexity. *Vision Res.*, 47, 269–279.
- Alais D. (2011). Binocular rivalry: competition and inhibition in visual perception. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.*, 3(1), 87–103.
- Alais, D. & Blake, R. (2015). Binocular rivalry and perceptual ambiguity. *The Oxford Handbook of Perceptual Organization*.
- Alpers, G. W., and Pauli, P. (2006). Emotional pictures predominate in binocular rivalry. *Cogn. Emot.*, 20, 596–607.
- Anderson, E., Siegel, E. H., Bliss-Moreau, E., and Barrett, L. F. (2011). The visual impact of gossip. *Science*, 332, 1446–1448.
- Andrew, T.J. and Purves, D., (1997): Similarities in normal and binocular rivalrous viewing, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94, 9905–9908.
- Andrews, T., and Lotto, R. (2004). Fusion and rivalry are dependent on the perceptual meaning of visual stimuli. *Curr. Biol.*, 14, 418–423.
- Arnold, D. H. (2011a). Why is binocular rivalry uncommon? Discrepant monocular images in the real world. *Front. Hum. Neurosci*, 5(116).
- Arnold, D. H. (2011b). I Agree: Binocular Rivalry Stimuli are Common but Rivalry is Not. *Front Hum Neurosci*, 5, 157.
- Bair, W., Cavanaugh, J. R., & Movshon, J.A. (2003). Time course and time-distance relationships for surround suppression in macaque V1 neurons. *Journal of Neuroscience*, 23, 7690–7701.
- Bárány, E. H., and Halldén, V. (1947). The influence of some central nervous depressants on the reciprocal inhibition between the two retinae as manifested by retinal rivalry. *Acta Physiol. Scand.* 14, 296–316.
- Bauman, L. A., Bonds, A. B. (1991). Inhibitory refinement of spatial frequency selectivity in single cells of the cat striate cortex. *Vision Research*, 31, 933–944.

- Blake, R. (1989). A Neural Theory of Binocular Rivalry. *Psychological Review*, 96(1), 145–167.
- Blake, R. (2001). A Primer on Binocular Rivalry, Including Current Controversies. *Brain and Mind*, 2(1), 5–38.
- Blake, R., & Fox, R. (1974a). Adaptation to invisible gratings and the site of binocular rivalry suppression. *Nature*, 249(456), 488–90.
- Blake, R., & Fox, R. (1974b). Binocular rivalry suppression: Insensitive to spatial frequency and orientation change. *Vision Research*, 14, 687-692.
- Blake, R., & Logothetis, N. (2002). Visual competition. *Nat. Rev. Neurosci.*,3(1), 13–21.
- Blake, R., & O’Shea, R. P. (2009). Binocular rivalry. In L. R. Squire (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (179–187). Oxford: Academic Press.
- Blake, R., & Overton, R. (1979). The site of binocular rivalry suppression. *Perception*, 8, 143–152.
- Blake, R., Sobel, K. V., & Gilroy, L. A. (2003). Visual motion retards alternations between conflicting perceptual interpretations. *Neuron*, 39, 869–878.
- Blake, R., Westendorf, D. H., Overton R. (1980). What is suppressed during binocular rivalry? *Perception*, 9, 223–231.
- Blake, R., & Wilson, H. (2011). Binocular Vision. *Vision Res.*,51(7), 754–770.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*,10, 433 - 436.
<http://doi.org/10.1163/156856897X00357>
- Brascamp, J. W., & Blake R. Inattention Abolishes Binocular Rivalry: Perceptual Evidence. *Psychological Science*, 23(10), 1159–1167.
- Brascamp, J. W., Klink, P. C.with, & Levelt, W.J.M. (2015). The ‘laws’ of binocular rivalry: 50 years of Levelt’s propositions. *Vision Res.*, 109, 20–37.
- Breese, B. B. (1899). On inhibition. *Psychol. Monogr.*, 3, 1–15.
- Brown, R. J., & Norcia, A. M. (1997). A Method for Investigating Binocular Rivalry in Real-time with the Steady-state VEP, *Vision Research*,13, 2401-2408.
- Carmel, D., Arcaro, M., Kastner, S., Hasson, U. (2010). How to Create and Use Binocular Rivalry. *J. Vis. Exp.*, 45.
- Carmel, D., Walsh, V., Lavie, N., and Rees, G. (2010). Right parietal TMS shortens dominance durations in binocular rivalry. *Curr. Biol.*, 20, R799–R800.
- Carrasco, M., Ling, S., & Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*,7, 308–313.

- Carter, O., and Cavanagh, P. (2007). Onset rivalry: brief presentation isolates an early independent phase of perceptual competition. *PLoS ONE*, 2, e343.
- Cavanagh, P., & Holcombe, A. O. (2006). Successive rivalry does not occur without attention. *Journal of Vision*, 6(6), 818.
- Chong, S. C., & Blake, R. (2006). Exogenous attention and endogenous attention influence initial dominance in binocular rivalry. *Vision Res.*, 46, 1794–1803.
- Chopin, A., & Mamassian, P. (2010). Task usefulness affects perception of rivalrous images. *Psychol. Sci.*, 21, 1886–1893.
- Chong, S. C., Tadin, D., & Blake, R. (2005). Endogenous attention prolongs dominance durations in binocular rivalry. *Journal of Vision*, 5(11).
- Clifford, C. (2006). Binocular rivalry, a quick guide, *Current Biology*, 19, 1022–1023.
- Crewther, D. P., Jones, R., Munro, J., Price, T., Pulis, S., & Crewther, S. (1998). A Neural Network Model of Top-Down Rivalry. In Maass, W. & Bishop, C.M. (Eds.), *Pulsed Neural Networks* (pp. 337–356). The MIT Press. Ανακτημένο από: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.207.7137>
- Crick, F., and Koch, C. (1995). Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375, 121–123.
- Crick, F. & Koch, C. Consciousness and neuroscience (1998). *Cereb. Cortex* 8, 97–107.
- Curtis, C. E., & D'Esposito, M. (2003). Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory. *Trends in Cognitive Science*, 7, 415–423.
- DeSá, Marques J. P., (2007). Evaluating the model. In *Applied statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*. (2nd ed., pp. 271–327). Germany, Berlin: Springer-Verlag.
- Dieter, K. C., Brascamp, J., Tadin, D., & Blake, R. (2016). Does visual attention drive the dynamics of bistable perception? *Atten. Percept. Psychophys.*, 78, 1861–1873.
- Dieter, K. C., & Tadin, D. (2011). Understanding Attentional Modulation of Binocular Rivalry: A Framework Based on Biased Competition. *Front. Hum. Neurosci.*, 5(155), 1–10.
- Einhauser, W., Stout, J., Koch, C., & Carter, O. L. (2008). Pupil dilation reflects perceptual selection and predicts subsequent stability in perceptual rivalry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(5), 1704–1709.
- Fox, R. (2005). Foreword. In *Binocular rivalry* Alais, D., & Blake, R. (eds) London, England: A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge Massachusetts.

- Fox, R., & Check, R. (1968). Detection of motion during binocular rivalry suppression. *Journal of Experimental Psychology*, 78, 388-395.
- Freeman, E. D., & Driver, J. (2006). Subjective appearance of ambiguous structure-from-motion can be driven by objective switches of a separate less ambiguous context. *Vision Research*, 46(23), 4007-4023.
- Fuster, J. M. (2000). Executive frontal functions. *Experimental Brain Research*, 133, 66-70.
- George, R. W. (1936). The significance of the fluctuation experienced in observing ambiguous figures in binocular rivalry. *J. Gen. Psychol.* 15, 39-61.
- Hancock, S., and Andrews, T. J. (2007). The role of voluntary and involuntary attention in selecting perceptual dominance during binocular rivalry. *Perception*, 36, 288-298.
- Hatfield, G. (2002). Perception as unconscious inference. In Dieter Heyer & Rainer Mausfeld (eds.), *Perception and the Physical World: Psychological and Philosophical Issues in Perception*. (pp. 113-143). John Wiley and Sons.
- Haynes, J.-D., Deichmann, R., & Rees, G. (2005). Eye-specific suppression in human LGN reflects perceptual dominance during binocular rivalry. *Nature*, 438(7067), 496-499.
- Helmholtz, H. von (1925). *Treatise on Physiological Optics*, J. P. C. Southall, ed. New York: Dover.
- Hering, K. E. (1964). *Outlines of a Theory of the Light Sense* (L. M. Hurvich and D. Jameson, Trans.). Cambridge: Harvard University Press.
- Hohwy, J., Roepstorff, A., Friston, K. (2008). Predictive coding explains binocular rivalry: An epistemological review. *Cognition*, 108, 687-701.
- Hol, K., Koene, A., and van Ee, R. (2003). Attention-biased multi-stable surface perception in three-dimensional structure-from-motion. *J. Vis.*, 3, 486-498.
- Huang, L. & Dobkins, K. R. (2005). Attentional effects on contrast discrimination in humans: evidence for both contrast gain and response gain. *Vision Research*, 45(9), 1201-1212. <http://doi.org/10.1016/j.visres.2004.10.024>
- Hubel, D. H., and Wiesel, T. N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, 160, 106-154.
- Kanai, R., Bahrami, B., and Rees, G. (2010). Human parietal cortex structure predicts individual differences in perceptual rivalry. *Curr. Biol.*, 20, 1626-1630.
- Kanai, R., Carmel, D., & Bahrami, B. (2011). Structural and functional fractionation of right superior parietal cortex in bistable perception. *Current Biology*, 21(3), R106-R107.

- Kapadia, M. K., Ito, M., Gilbert, C. D., & Westheimer G. (1995). Improvement in visual sensitivity by changes in local context: parallel studies in human observers and in V1 of alert monkeys. *Neuron*, *15*, 843–856.
- Khoe, W., Mitchell, J. F., Reynolds, J. H., & Hillyard, S. A. (2008). ERP evidence that surface-based attention biases interocular competition during rivalry. *Journal of Vision*, *8*, 18.
- Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). “What’s new in Psychtoolbox-3?”. *Perception*, *36*(14), 1-16. <http://doi.org/10.1068/v070821>
- Kleinschmidt, A., Sterzer, P., & Rees, G. (2012). Variability of perceptual multistability: from brain state to individual trait. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, *367*(1591), 988–1000.
- Knapen, T., Brascamp, J., Pearson, J., van Ee, R., & Blake, R. (2011). The Role of Frontal and Parietal Brain Areas in Bistable Perception. *Journal of Neuroscience*, *31*(28), 10293–10301.
- Koch, C. & Tsuchiya, N. (2007). Attention and consciousness: two distinct brain processes. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(1), 16–22.
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace.
- Kornmeier, J., Bach, M. (2005) The Necker cube: An ambiguous figure disambiguated in early visual processing. *Vision Res*, *45*, 955–960.
- Kornmeier, J., Bach, M. (2006) Bistable perception: Along the processing chain from ambiguous visual input to a stable percept. *Int. J. Psychophysiol.*, *62*, 345–349.
- Kovacs, I., Papathomas, T. V., Yang, M., & Kosfether, A. (1996). When the brain changes its mind: Interocular grouping during binocular rivalry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, *93*, 15508–15511.
- Lack, L. C. (1974). Selective Attention and the Control of Binocular Rivalry. *Perception & Psychophysics*, *15*(1), 193–200.
- Lamme, V. A., and Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neuroscience*, *23*, 571–579.
- Lee, S.-H.1, Blake, R. (2004). A fresh look at interocular grouping during binocular rivalry. *Vision Res.*, *44*(10), 983–91.
- Lee, S.-H., Blake, R., & Heeger, D. J. (2005). Traveling waves of activity in primary visual cortex during binocular rivalry. *Nature Neuroscience*, *8*, 22–23.
- Lee, S.-H., Blake, R., & Heeger, D. J. (2007). Hierarchy of cortical responses underlying binocular rivalry. *Nature Publishing Group*, *10*(8), 1048–1054.

- Lehky, S. R. and Maunsell, J. H. R. (1996) No binocular rivalry in the LGN of alert macaque monkeys. *Vision Res.*,36, 1225–34.
- Lehmkuhle, S. and Fox, R., 1976: Effect of binocular rivalry suppression on the motion aftereffect. *Vision Res.* 15, 855–859.
- Leopold, D. A., Fitzgibbons, J. C., & Logothetis, N. K. (1995). The role of attention in binocular rivalry as revealed through optokinetic nystagmus. Artificial Intelligence Lab Publications. Ανακτήθηκε από:
<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/6649/AIM-1554.pdf?sequence=2>
- Leopold, D. A., Logothetis, N.K. (1996). Activity changes in early visual cortex reflect monkeys' percepts during binocular rivalry. *Nature*, 379(6565), 549–53.
- Leopold, D. A., & Logothetis, N. K. (1999). Multistable phenomena: changing views in perception. *Trends Cogn Sci.*, 3(7), 254–264.
- Leopold, D., Wilke, M., Maier, A., and Logothetis, N. (2002). Stable perception of visually ambiguous patterns. *Nat. Neurosci.* 5, 605–609.
- Levelt, W.J.M. (1965). *On Binocular Rivalry*. Soesterberg, the Netherlands: Institute for Perception RVO-TNO.
- Ling, S., & Blake, R. (2012). Normalization regulates competition for visual awareness. *Neuron*, 75, 531–540.
- Liu, T., Larsson, J., and Carrasco, M. (2007). Feature-based attention modulates orientation-selective responses in human visual cortex. *Neuron*, 55, 313–323.
- Logothetis, N.K., 1998: Single units and conscious vision, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 353, 1801-1818.
- Logothetis, N. K., Leopold, D. A., & Sheinberg, D. L. (1996). What is rivalling during binocular rivalry? *Nature*, 380, 621–624.
- Logothetis, N. K. & Schall, J. D. 1989a Motion perception related activity in the middle temporal visual area (MT) of the macaque monkey. *In Neural mechanisms of visual perception (Proceedings of the Retina Research Foundation Symposia)* (ed.D. M.-K. Lam & C. D. Gilbert), pp. 199–222. Texas: Portofolio Publishing.
- Lu, Z. L., & Doshier, B. A. (1998). External noise distinguishes attention mechanisms. *Vision Research*, 38, 1183–1198.
- Lumer, E. D., Friston, K. J., & Rees, G. (1998). Neural Correlates of Perceptual Rivalry in the Human Brain. *Science*, 280(5371), 1930–1934.
- Lunghi, C. & Alais, D. (2015). Congruent tactile stimulation reduces the strength of visual suppression during binocular rivalry. *Scientific Reports*, 5.
<http://doi.org/10.1038/srep09413>

- Mac Lean, V. K., Aichele, S. R., Bridwell D. A., Mangun, G. R., Wojciulik, E., & Saron, C. D. (2009). Interactions between Endogenous and Exogenous Attention during Vigilance. *Atten Percept Psychophys.*, 71(5), 1042–1058.
- Mack, A., & Rock, I. (1999). Inattentional Blindness. *PSYCHE*, 5(3). Ανακτήθηκε από <http://journalpsyche.org/files/0xaa59.pdf>
- Malach, R., Amir, Y., Harel, M., Grinvald, A. (1993). Relationship between intrinsic connections and functional architecture revealed by optical imaging and in vivo targeted biocytin injections in primate striate cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 90, 10469–10473.
- Martinez, W. L. & Martinez, A. R. (2015). Monte Carlo methods for inferential statistics. In *Computational statistics handbook with MATLAB* (3rd ed., pp. 229 – 266). Boca Raton, FL: CRC Press.
- MATLAB and Statistics Toolbox Release 2016b, Natick, MA: The MathWorks, Inc.
- McDougall, W. (1903). The physiological factors of the attention process. *Mind*, 473–488.
- Meng, M., & Tong, F. (2004). Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures. *J. Vis.*, 4, 539–551.
- Meredith, G. M., and Meredith, C. G. (1962). Effect of instructional conditions on rate of binocular rivalry. *Percept. Mot. Skills* 15, 655–664.
- Miller, S. M. (2013). *The Constitution of Visual Consciousness*. Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins Publishing Company.
- Mitchell, J. F., Stoner, G. R., & Reynolds, J. H. (2004). Object based attention determines dominance in binocular rivalry. *Nature*, 429, 410–413.
- Mole, C. (2008). Attention and consciousness (2008). *Journal of Consciousness Studies*, 15(4), 86–104.
- Moradi, F., & Heeger, D. J. (2009). Inter-ocular contrast normalization in human visual cortex. *Journal of Vision*, 9(3).
- Myerson, J., Miezin, F. and Allman, J., 1981: Binocular rivalry in macaque monkeys and humans: a comparative study in perception, *Behav. Anal. Letters*, 1, 149-159.
- Newen, A., & Vetter, P. (2017). Why cognitive penetration of our perceptual experience is still the most plausible account. *Consciousness and Cognition*, 47, 26–37.
- Nguyen V. A., Freeman A. W., Alais D. (2003). Increasing depth of binocular rivalry suppression along two visual pathways. *Vision Res.*, 43, 2003–2008.

- Noest, A. J., van Ee, R., Nijs, M. M, van Wezel, R. J. A. (2007) Percept-choice sequences driven by interrupted ambiguous stimuli: a low-level neural model. *J. Vis.* 7(10), 1–14.
- O'Craven, K. M., & Kanwisher, N. (2000). Mental imagery of faces and places activates corresponding stimulus-specific brain regions. *J Cogn Neurosci*, 12(6), 1013–23.
- Ooi, T. L., and He, Z. J. (1999). Binocular rivalry and visual awareness: the role of attention. *Perception*,28, 551–574.
- O'Shea, R. P. (2011). Binocular rivalry stimuli are common but rivalry is not. *Front. Hum. Neurosci*, 5(116).
- O'Shea, R.P. & Crassini, B., (1981): Interocular transfer of the motion aftereffect is not reduced by binocular rivalry, *Vision Res.*, 21, 801–804.
- O'Shea R. P., Sims A. J., Govan D. G. (1997). The effect of spatial frequency and field size on the spread of exclusive visibility in binocular rivalry. *Vision Res*, 37, 175–183.
- Paffen, C. L. E., Alais, D., and Verstraten, F. A. J. (2006). Attention speeds binocular rivalry. *Psychol. Sci.*,17, 752–756.
- Paffen, C. L. E., & Alais, D. (2011). Attentional Modulation of Binocular Rivalry. *Front Hum Neurosci.*, 5(105).
- Paffen, C. L. E., Hooge, I. T. C., Benjamins, J. S., & Hogendoorn, H. (2011). A search asymmetry for interocular conflict. *Atten. Percept. Psychophys.*, 73, 1042–1053.<http://doi.org/10.3758/s13414-011-0100-3>
- Paffen, C. L. E., Verstraten, F. A. J., και Vidnyánszky, Z. (2008). Attention based perceptual learning increases binocular rivalry suppression of irrelevant visual features. *J. Vis.*, 8(25), 21–11.
- Papathomas, T.V., Kovács, I.I., Fehér, A. and Julesz, B., 1999: Visual dilemmas: competition between eyes and between percepts in binocular rivalry. In E. Lepore and Z. Pylyshyn (eds.) *What is cognitive science?* Blackwell Publishers, Malden MA, pp. 263-294.
- Pastukhov, A., & Braun, J. (2007). Perceptual reversals need no prompting by attention. *Journal of Vision*, 7(10).
- Paz-Caballero, M. D., Menor, J., & Jimenez, J. M. (2004). Predictive validity of event-related potentials (ERPs) in relation to the directed forgetting effects. *Clinical Neurophysiology*, 115,369–377.
- Pearson, J., Tadin, D., & Blake, R. The effects of transcranial magnetic stimulation on visual rivalry. *J Vis.*, 7(7), 1-11.
- Peckham, R. H. (1936). Eye movements during “retinal rivalry.” *Am. J. Psychol.*, 48, 43–63.

- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*, 437–442. <http://doi.org/10.1163/156856897X00366>
- Petrides, M. (2000). The role of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in working memory. *Experimental Brain Research*, *133*, 44–54.
- Pollen, D. A. (1999). On the neural correlates of visual perception. *Cerebral Cortex*, *9*, 4–19
- Polonsky, A., Blake, R., Braun, J., & Heeger, D. (2000). Neuronal activity in human primary visual cortex correlates with perception during binocular rivalry. *Nature Neuroscience*, *3*, 1153–1159.
- Pylyshyn, Z. (1999). Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behav Brain Sci.*, *22*(3), 341–365.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>
- Roeber, U., Schroger, E. (2004). Binocular rivalry is partly resolved at early processing stages with steady and with flickering presentation: A human event-related brain potential study. *Neurosci. Lett.*, *371*, 51–55.
- Roeber, U., Vesper, S., Schröger, E., & O'Shea, R. P. (2011). On the role of attention in binocular rivalry: Electrophysiological evidence. *PLoS ONE*, *6*(7), e22612.
- Rotenberg, A., Horvath, J. C, & Pascual-Leone, A. (2014). The Transcranial Magnetic Stimulation (TMS). Device and Foundational Techniques. Στους A. Rotenberg, A. Pascual-Leone, & J. C. Horvath (Εκδ.), *Transcranial Magnetic Stimulation*(3–13). New York, NY: Humana Press.
- Ρουμάνη Δ. (2010). *Διοφθάλμιος ανταγωνισμός*. Ανακτήθηκε από: http://cogsci.phs.uoa.gr/fileadmin/cogsci.phs.uoa.gr/uploads/files/diplomatikes/Roumani_Dafni_2010.pdf
- Roumani, D., & Moutoussis, K. (2012). Binocular rivalry alternations and their relation to visual adaptation. *Front. Hum. Neurosci.*, *6*.
- Ρούσσοις, Π. Α. & Τσαούσης, Γ. (2011). Στατιστική στις επιστήμες της συμπεριφοράς με τη χρήση του SPSS. Εκδόσεις: Τόπος.
- Sengpiel, F., Blakemore, C., & Harrad, R. (1995). Interocular suppression in the primary visual cortex: a possible neural basis of binocular rivalry. *Vision Research*, *35*(2), 179–195.
- Sheinberg, D.L., and Logothetis, N.K. (1997). The role of temporal cortical areas in perceptual organization. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* *94*, 3408–3413.

- Shimojo, S., and Nakayama, K. (1990). Real world occlusion constraints and binocular-rivalry. *Vision Res.* 30, 69–80.
- Smith, J.L. (1963). *Optokinetic Nystagmus*. Illinois: Springfield.
- Spekreijse, H., Van der Tweel, L. H. & Regan, D. (1972). Interocular sustained suppression: correlations with evoked potential amplitude and distribution. *Vision Res.*, 23, 521–526.
- Sterzer, P., & Kleinschmidt, A. (2007). A neural basis for inference in perceptual ambiguity. *PNAS*, 104(1), 323–328.
- Sterzer, P., Kleinschmidt, A., & Rees G. (2009). The neural bases of multistable perception. *Trends Cogn Sci.*, 13(7), 310–8.
- Stuit, S. M., Cass J., Paffen C. L., Alais D. (2009). Orientation tuned suppression in binocular rivalry reveals general and specific components of rivalry suppression. *J Vis*, 9, 11–15.
- Suzuki S., & Grabowecky M. (2002). Evidence for perceptual “trapping” and adaptation in multistable binocular rivalry. *Neuron*, 36, 143–157.
- Suzuki, S., and Grabowecky, M. (2007). Long-term speeding in perceptual switches mediated by attention-dependent plasticity in cortical visual processing. *Neuron*, 56, 741–753.
- Suzuki, S., and Peterson, M. A. (2000). Multiplicative effects of intention on the perception of bistable apparent motion. *Psychol. Sci.*, 11, 202–209.
- Thompson, R.F., (1985). *A series of books in psychology. The brain: An introduction to neuroscience*. New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Tong, F., & Engel, S. A. (2001). Interocular rivalry revealed in the human cortical blind-spot representation. *Nature*, 411, 195-199.
- Tong, F., Meng, M., & Blake, R. (2006). Neural bases of binocular rivalry. *Trends Cogn. Sci.*, 10(11), 502–11.
- Tong, F., Nakayama, K., Vaughan, J. T., & Kanwisher, N. (1998). Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex. *Neuron*, 21, 753-759.
- van Dam, L. C. J., & van Ee, R. (2006). The role of saccades in exerting voluntary control in perceptual and binocular rivalry. *Vision Res.* 46, 787–799.
- van Ee, R. Dynamics of perceptual bi-stability for stereoscopic slant rivalry and a comparison with grating, house-face, and Necker cube rivalry. *Vision Research*, 45, 29–40.
- van Ee, R., van Dam, L., and Brouwer, G. (2005). Voluntary control and the dynamics of perceptual bi-stability. *Vision Res.*, 45, 41–55.

- van Ee, R., van Boxtel, J. J. A., Parker, A. L., and Alais, D. (2009). Multisensory congruency as a mechanism for attentional control over perceptual selection. *J. Neurosci.*, *29*, 11641–11649.
- Varela, F.J., & Singer W. (1987). Neuronal dynamics in the visual corticothalamic pathway revealed through binocular rivalry. *Experimental Brain Research*, *66*, 10–20.
- Veser S, O’Shea RP, Schroger E, Trujillo-Barreto NJ, Roeber U (2008). Early correlates of visual awareness following orientation and colour rivalry. *Vision Res.*, *48*, 2359–2369.
- Wade, N.J. (1998) A natural history of vision, MIT Press, Cambridge MA.
- Wade, N. J. & Wenderoth, P. (1978). The influence of colour and contour rivalry on the magnitude of the tilt aftereffect. *Vision Res.* *18*, 827–835.
- Wales, R., and Fox, R. (1970). Increment detection thresholds during binocular rivalry suppression. *Perception and Psychophysics*, *8*, 90–94
- Walker, P. (1978). Binocular rivalry: central or peripheral selective processes? *Psychological Bulletin*, *85*, 376–389.
- Washburn, M. F., and Gillette, A. (1933). Studies from the psychological laboratory of Vassar College; LXII. Motor factors in voluntary control of cube perspective fluctuations and retinal rivalry. *Am. J. Psychol.* *45*, 315–319.
- Watanabe, M., Cheng, K., Murayama, Y., Ueno, K., Asamizuya, T., Tanaka, K., & Logothetis, N. K. (2011). Attention but not awareness modulates the BOLD signal in the human V1 during binocular suppression. *Science*, *334*, 829–831.
- Wheatstone, C. (1838). Contributions to the physiology of vision – Part the first. On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *128*, 371–394.
- Wilson, H., R. (2003). Computational evidence for a rivalry hierarchy in vision. *PNAS*, *100*(24), 14499–14503.
- Wilson, H. R., Blake, R., & Lee, S.-H. (2001). Dynamics of travelling waves in visual perception. *Nature*, *412*, 907–910.
- Windmann, S., Wehrmann, M., Calabrese, P., and Güntürkün, O. (2006). Role of the prefrontal cortex in attentional control over bistable vision. *J. Cogn. Neurosci.*, *18*, 456–471.
- Wojciulik, E., Kanwisher, N., and Driver, J. (1998). Modulation of activity in the fusiform face area by covert attention: an fMRI study. *J. Neurophysiol.*, *79*, 1574–1578.
- Wolfe, J. M., & Franzel, S. L. (1988). Binocularity and visual search. *Perception & Psychophysics*, *44*(1), 81–93.

- Xu, H., Han, C., Chen, M., Li, P., Zhu, S., Fang, Y., ... Lu, H.D. (2016). Rivalry-like neural activity in primary visual cortex in anesthetized monkeys. *Journal of Neuroscience*, 36(11), 3231–3242.
- Yang, E., Zald, D. H., and Blake, R. (2007). Fearful expressions gain preferential access to awareness during continuous flash suppression. *Emotion*, 7, 882–886.
- Zaretskaya, N., Thielscher, A., Logothetis, N. K., and Bartels, A. (2010). Disrupting parietal function prolongs dominance durations in binocular rivalry. *Curr. Biol.*, 20, 2106–2111.
- Zhang, P., Jamison, K., Engel, S., He, B., & He, S. (2011). Binocular rivalry requires visual attention. *Neuron*, 71(2), 362–369.

Παράρτημα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα προγράμματα με τα οποία έγινε η ανάλυση δεδομένων και συγκεκριμένα σε ποιόν φάκελο βρίσκονται οι συναρτήσεις για κάθε διαδικασία όπως επίσης και τι κάνει κάθε συνάρτηση. Δεν συμπεριλαμβάνονται οι κώδικες με τους οποίους δημιουργήθηκαν οι Εικόνες 4 έως 14 (αφού προσθέσω τις εικόνες των κατανομών, αλλάζω τους αριθμούς) και εκτελέστηκαν τα κριτήρια t και Levene, οι οποίοι γράφτηκαν σε R (R Core Team, 2018).

1. ΚΩΔΙΚΑΣ IMAGE-FLASH SUPPRESSION

Το πρόγραμμα με το οποίο κατασκευάστηκαν οι Εικόνες 17 και 18 και υπολογίστηκε το RMSD στα αυθεντικά δεδομένα είναι το BOTH.m, στον φάκελο image-flash suppression και είναι γραμμένο σε matlab. Για την κατασκευή των εικόνων, έπρεπε να πάρουμε τα χρονικά σημεία που ο συμμετέχοντας αντιλαμβανόταν το flashed grating σε πάνω από 45 δοκιμές και το πλήθος των δοκιμών που αντιστοιχούσε σε κάθε τέτοιο χρονικό σημείο. Η επιλογή των 45 δοκιμών, στηρίζεται στην πρόταση των Brascamp και Blake (2012) που απομόνωσαν μόνο τα χρονικά σημεία για τα οποία τουλάχιστον το 50% των δοκιμών παρήγαγαν δεδομένα, προκειμένου να είναι ευανάγνωστη η καμπύλη της επίδρασης του flash suppression.

Το πρόγραμμα αποτελείται από τις συναρτήσεις «SL», «SR» και «BOTH». Στη συνάρτηση «SL» υπολογίστηκε η διάρκεια κάθε δοκιμής και χωρίστηκε σε χρονικούς κάδους των 0.1 sec (η μεταβλητή timeBins). Μετά απομονώθηκαν μόνο τα κουμπιά κάθε δοκιμής όπου πατιόταν Q και εισήχθησαν τα χρονικά σημεία που χωρούσαν σε κάθε τέτοιο κουμπί (μεταβλητή TBinsNew). Επιλέχθηκαν μόνο τα Q γιατί στη συνάρτηση SL στη φάση 1 ήταν κατεσταλμένο το grating με προσανατολισμό προς τα αριστερά και η οδηγία ήταν να πατάνε το Q για όσο το βλέπουν. Έπειτα, δημιουργήθηκε η πρώτη μεταβλητή εξόδου, η vecvecSL που περιλάμβανε όλα τα δεδομένα της μεταβλητής TBinsNew, από μία φορά το καθένα, σε αύξουσα σειρά. Τέλος, δημιουργήθηκε η δεύτερη μεταβλητή εξόδου, howmanySL, όπου αντιστοιχίστηκε σε κάθε χρονικό σημείο ο αριθμός των δοκιμών που πατιόταν το Q. Η συνάρτηση «SR» ήταν αντίστοιχη με την «SL», με τη διαφορά ότι επιλέχθηκαν μόνο τα P.

Επιπλέον και στις δύο αυτές συναρτήσεις, δίνονται ως δεδομένα εξόδου μία μεταβλητή που περιλαμβάνει όλα τα χρονικά σημεία των δοκιμών στα οποία πατιόταν κάποιο από τα κουμπιά Q ή P (alltpointsSL, alltpointsSR) και μία που περιλαμβάνει το πλήθος των δοκιμών όπου πατιούνταν Q ή P στο εκάστοτε χρονικό σημείο (trials_ofalltpointsSL, trials_ofalltpointsSR).

Στη συνάρτηση «BOTH» αξιοποιούνται αυτές οι δύο επιπλέον μεταβλητές, καθώς στη μεταβλητή alltpoints που περιλαμβάνει τα alltpointsSL και alltpointsSR από μία φορά, με αύξουσα σειρά, έχουν διατηρηθεί μόνο τα χρονικά σημεία για τα

οποία πατιόταν P ή Q σε πάνω από 45 δοκιμές. Στη μεταβλητή `howmany_alltpoints` έχει διατηρηθεί το αντίστοιχο πλήθος δοκιμών.

Αυτό έγινε γιατί θέλαμε να βρούμε τα χρονικά σημεία που το άτομο αντιλαμβανόταν το `flashed grating`, στα οποία πατιόταν κάποιο κουμπί σε πάνω από 45 δοκιμές (μεταβλητή `tpoints_final`). Επίσης θέλαμε τον αριθμό των δοκιμών που γινόταν αντιληπτό το `flashed grating` σε κάθε τέτοιο χρονικό σημείο (μεταβλητή `howmany_final`). Η μεταβλητή `tpoints_final` περιλάμβανε μόνο τα `vecvecSL` και `vecvecSR` από μία φορά, με αύξουσα σειρά, τα οποία ανήκαν επίσης στο `alltpoints`. Οι Εικόνες 17 και 18 δημιουργήθηκαν βάζοντας στον άξονα x τη μεταβλητή `alltpoints` και στον άξονα y τη μεταβλητή `howmany_final`.

Στη συνάρτηση «BOTH» υπολογίζεται επίσης η ρίζα της μέσης τετραγωνικής απόστασης (RMSD) ανάμεσα σε κάθε σημείο της καμπύλης που δείχνει την επίδραση του `flash suppression` και στην οριζόντια γραμμή που τέμνει τον άξονα y στη μέση (βλέπε Brascamp και Blake, 2012). Το RMSD υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{RMSD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y)^2}{n}} \quad (\text{Holmes S., 2000}).$$

Εδώ το n σηματοδοτεί το πλήθος των στοιχείων του διανύσματος `howmany_final`. Όπως προαναφέρθηκε, κάθε στοιχείο αυτού του διανύσματος (\hat{y}_i) είναι ο αριθμός των δοκιμών που γινόταν αντιληπτό το `flashed grating` στο αντίστοιχο χρονικό σημείο. Το y είναι ο αριθμός 45.

2. ΚΩΔΙΚΑΣ BOOTSTRAP

Στη συνάρτηση «bootstrap» του φακέλου `bootstrap`, που είναι γραμμένο σε `matlab`, επιλέγονται οι μισές δοκιμές όπου ήταν κατεσταλμένο το `grating` με προσανατολισμό προς τα αριστερά, και οι μισές δοκιμές που ήταν κατεσταλμένο το άλλο `grating`, και καλείται η συνάρτηση `BOTH_boot` που είναι αντίστοιχη με τη συνάρτηση «both». Η επιλογή των μισών δοκιμών γίνεται με τυχαία δειγματοληψία με αντικατάσταση, όπου είναι εξίσου πιθανή η επιλογή οποιασδήποτε δοκιμής, όπως επιβάλλει η δειγματοληψία στη μέθοδο `bootstrap` (Martinez & Martinez, 2016). Έτσι σχηματίζεται κάθε δείγμα `bootstrap` και υπολογίζεται το RMSD του. Στο πρόγραμμα «main» σχηματίζονται και τα 100 δείγματα `bootstrap` που χρειάζονται, εκτελώντας τη συνάρτηση «bootstrap» 100 φορές. Για τις στατιστικές αναλύσεις αποθηκεύτηκαν για κάθε συμμετέχοντα: το `RMSD_orig`, που είναι το RMSD που υπολογίστηκε στο πρόγραμμα «BOTH» του φακέλου `image-flash suppression`, το `pval`, που δείχνει αν το `RMSD_orig` προέρχεται απ' την κατανομή των RMSD στα δείγματα `bootstrap` (μεταβλητή `all_RMSD`) και το `mean(all_RMSD)` που είναι η μέση τιμή των RMSD για τα δείγματα `bootstrap` του συγκεκριμένου ατόμου.

3. ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΧΡΟΝΟΥ ΩΣ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΝΑΛΛΑΓΗ

Στον φάκελο `time of first alternation` περιλαμβάνονται οι εξής συναρτήσεις: `attSL`, `attSR`, `unat_absSL`, `unat_absSR` οι οποίες είναι γραμμένες σε `matlab`. Με

αυτές υπολογίζεται ο χρόνος ως την πρώτη αντιληπτική εναλλαγή στην αντίστοιχη συνθήκη. Η αντιληπτική εναλλαγή ορίστηκε ως μετάβαση απ' το πάτημα του κουμπιού Q (που σήμαινε ότι το άτομο αντιλαμβανόταν το grating με προσανατολισμό προς τα αριστερά) στο πάτημα του κουμπιού P (που σήμαινε ότι έβλεπε το grating με προσανατολισμό προς τα δεξιά) και αντίστροφα. Μετρήθηκε από την έναρξη της φάσης 2.

Για την εκτέλεση των παραπάνω συναρτήσεων πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα του κάθε συμμετέχοντα, ξεχωριστά για τις δοκιμές όπου ήταν κατεσταλμένο το grating με προσανατολισμό προς τα αριστερά και ξεχωριστά για τις δοκιμές όπου ήταν κατεσταλμένο το άλλο. Όλες οι συναρτήσεις διέπονται από την ίδια λογική. Αρχικά γίνεται μετατόπιση του χρόνου κατά 400 ms, γιατί τόσο υπολογίζεται ότι διαρκεί ο χρόνος απόκρισης σε τέτοιου είδους πειράματα (Brascamp & Blake, 2012). Αυτό σημαίνει ότι αφαιρείται ο αριθμός 0.4 από τη χρονική στιγμή που πατιόταν κάθε κουμπί σε σχέση με τον χρόνο έναρξης της δοκιμής (στήλη tPress στα δεδομένα). Στην πορεία, αποθηκεύεται για κάθε δοκιμή αν ξεκινούσε με το πάτημα του «0» που καταγραφόταν όταν πατούσε Q ή με το πάτημα του «1» που καταγραφόταν όταν πατούσε P. Αν μια δοκιμή ξεκινούσε με 0, το πρόγραμμα βρίσκει σε ποια σειρά πατιέται το πρώτο 1 και αποθηκεύει τον χρόνο που βρίσκεται στη στήλη tPress της αντίστοιχης σειράς, σε αρχείο text. Αν ξεκινάει με 1, βρίσκει σε ποια σειρά πατιέται το πρώτο 0 και αποθηκεύει το tPress. Ο χρήστης πρέπει να συνενώσει τα αρχεία txt που υπολογίζουν τον χρόνο ως την πρώτη εναλλαγή ξεχωριστά για τη συνθήκη που ήταν κατεσταλμένο το grating με προσανατολισμό προς τα αριστερά και για τη συνθήκη που ήταν κατεσταλμένο το άλλο.

Στη συνέχεια μπορούν να εντοπιστούν οι ακραίες τιμές στους χρόνους ως την πρώτη εναλλαγή, μέσω της συνάρτησης find_outliers και να γίνει αφαίρεση και αποθήκευση μέσω της συνάρτησης remove_outliers. Για τη συνάρτηση find_outliers, πρέπει να εισαχθεί το αρχείο που περιλαμβάνει όλους τους χρόνους της πρώτης εναλλαγής του συγκεκριμένου συμμετέχοντα. Μία τιμή θεωρείται ακραία όταν η απόσταση Cook είναι μεγαλύτερη από $n/4$, όπου n είναι το πλήθος των παρατηρήσεων (Statistics how to" (2019). Τα δεδομένα εξόδου αυτής της συνάρτησης, είναι το διάνυσμα outliers, που περιλαμβάνει τις σειρές/δοκιμές που υπάρχουν οι ακραίες τιμές στο αρχείο με τον χρόνο ως την πρώτη εναλλαγή για τον συγκεκριμένο συμμετέχοντα και το διάνυσμα pointstodel που έχει τις διάρκειες αυτών των ακραίων τιμών. Δίνεται τέλος ένα διάγραμμα με τη διασπορά των χρόνων ως την πρώτη εναλλαγή και τα σημεία που είναι σημαδεμένα με κόκκινους αστερίσκους, αντιστοιχούν στις ακραίες τιμές.

Στη συνάρτηση remove_outliers δεδομένα εισόδου είναι τα δεδομένα εξόδου της συνάρτησης find_outliers. Εκεί διαγράφονται οι χρόνοι των σειρών που υποδεικνύονται στο outliers και οι εναπομείναντες χρόνοι αποθηκεύονται στο αρχείο REMOVEOUTLIERS.txt.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Brascamp, J. W., & Blake R. (2012). Inattention Abolishes Binocular Rivalry: Perceptual Evidence. *Psychological Science*, 23(10), 1159–1167.
- Holmes, S. (2000). RMS error [HTML file], ανακτημένο από <http://statweb.stanford.edu/~susan/courses/s60/split/node60.html>
- Martinez, W. L., & Martinez, A. L. (Eds.), (2016). Computational statistics handbook with MATLAB. New York, NY: CRC Press.
- “Statistics how to” (2019), ανακτημένο από <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/cooks-distance/>