



Πανεπιστήμιο Κρήτης
Διατμηματικό Μεταπτυχιακό
Πρόγραμμα Σπουδών
«Οπτική & Όραση»



ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΟΝΟ-ΟΡΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

της

Γάγγα Μαρίας

Τριμελής Επιτροπή Επίβλεψης

Πλαΐνης Σωτήρης

Murray Ian

Παλλήκαρης Ιωάννης

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης

Παλλήκαρης Ιωάννης

Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης

Κυμιωνής Γεώργιος



Πανεπιστήμιο Κρήτης
Διατμηματικό Μεταπτυχιακό
Πρόγραμμα Σπουδών
«Οπτική & Όραση»



ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΟΝΟ-ΟΡΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

της

Γάγγα Μαρίας

Τριμελής Επιτροπή Επίβλεψης

Πλαΐνης Σωτήρης

Murray Ian

Παλλήκαρης Ιωάννης

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης

Παλλήκαρης Ιωάννης

Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης

Κυμιωνής Γεώργιος

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οπτική και Όραση» και παρουσιάστηκε στην Τριμελή Επιτροπή αποτελούμενη από τους:

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης

Παλλήκαρης Ιωάννης

Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης

Κυμιωνής Γεώργιος

Abstract

PURPOSE: To study monovision performance using electrophysiological recordings of Visual Evoked Potentials (VEPs) at an intermediate distance (1 meter), and compare the results with those of Visual Acuity, exploring any possible differences in blurring the dominant vs. the non-dominant eye. Additionally, to explore how pupil diameter / retinal luminance influences monovision, under similar experimental conditions.

METHODS: The effect of defocus, induced by positive lenses, was measured on the pattern reversal visual evoked potentials and on visual acuity (VA). All these measurements (VEPs and VA) were recorded binocularly, in monovision the defocus was alternating between the dominant and the non-dominant eye. We measured 12 young (29 ± 6.84) volunteers under defocus up to 3.00 D in monovision conditions and up to 2.50D for binocular defocus. VEPs were elicited using reversing 10 arcmin checks with a contrast of 100% and mean luminance of 30 cd/m^2 . VA was measured under the same conditions using ETDRS charts. All these measurements were performed at 1 meter distance with best spherocylindrical correction. Finally, we followed exactly the same procedure, by applying artificial pupil of 3 and 6 mm in aperture (in 3 volunteers under cycloplegia).

RESULTS: In conditions of monovision, amplitudes and implicit times of P100 component of VEPs were greater and shorter, respectively, in all cases than for binocular defocus. Statistical significant differences occur, between binocular and monocular defocus, from 1.50 D up to 3.00 D. However, no significant differences were observed between the two conditions of monovision (i.e. dominant eye vs. non-dominant eye selected for distance vision). Although VEP P100 latency and amplitude correlates well with VA for the range of defocus tested, VEPs for a more "sensitive" procedure in

Abstract

monovision correction. Artificial pupils result to better performance (shorter P100 latency and higher P100 amplitudes) for the 6 mm apertures than with 3 mm.

CONCLUSIONS: Monovision performance at the distance of 1 meter was independent to the eye selected for distance (dominant vs. non-dominant). By comparing VEPs recordings with those of VA we showed that VEPs form a more sensitive technique to evaluate the effect of monovision on performance than VA. Monovision performance was better with larger pupil apertures, hinting that retinal illuminance is more important than depth-of-focus (which is achieved with smaller pupils).

Περίληψη

Σκοπος: Να μελετήσουμε τη μονο-όραση με μία εναλλακτική, ηλεκτροφυσιολογική μέθοδο όπως αυτή των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών (ΟΠΔ) σε μια ενδιάμεση απόσταση (του 1 μέτρου), και να συγκρίνουμε τις καταγραφές των ΟΠΔ με αυτές της Οπτικής Οξύτητας (ΟΟ), διερευνώντας πιθανές διαφορές όταν η μονο-όραση πραγματοποιείται στον επικρατή ή το μη επικρατή οφθαλμό. Επιπλέον, να εξετάσουμε τη σημασία της φωτεινότητας σε συνθήκες μονο-όρασης κάτω από τις ακριβώς ίδιες συνθήκες.

Μεθοδος: Η επίδραση της θόλωσης, προκαλούμενη τεχνητά από θετικούς φακούς, αξιολογήθηκε με pattern reversal ΟΠΔ και μετρήσεις ΟΟ. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε 12 νεαρούς ($29 \pm 6,84$) εθελοντές για θόλωση σε συνθήκες μονο-όρασης έως και 3,00 D και για συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης έως και 2,50 D. Όλες οι μετρήσεις έγιναν διόφθαλμα, στις συνθήκες μονο-όρασης με θολωμένους και τους δύο οφθαλμούς (επικρατής και μη-επικρατής). Τα ΟΠΔ πραγματοποιήθηκαν για check sizes (μεγέθη τετραγώνου σκακιέρας) 10 arcmin, contrast 100% και μέση φωτεινότητα στις 30 cd/m². Η ΟΟ μετρήθηκε κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες με τη βοήθεια των ETDRS πινάκων. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για την απόσταση του 1 m και με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση. Τέλος, ακολουθήσαμε ακριβώς την ίδια διαδικασία, και πραγματοποιήσαμε τις ίδιες μετρήσεις (σε 3 εθελοντές που προηγουμένως έγινε ενστάλαξη κυκλοπληγικού κολλυρίου) με τη βοήθεια διαφραγμάτων 3 & 6 mm.

Αποτελέσματα: Στις συνθήκες μονο-όρασης καταγράψαμε καλύτερους χρόνους και μεγαλύτερα πλάτη της P100, απ' ό,τι στις συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν, μεταξύ

μονόφθαλμης και διόφθαλμης θόλωσης, από 1,50 D έως και τις 3,00 D. Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρουσιάστηκαν μεταξύ επικρατή και μη επικρατή οφθαλμού. Τα αποτελέσματα των διαφραγμάτων έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα όταν έγινε εφαρμογή του μεγαλύτερου διαφράγματος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Στις συνθήκες μονο-όρασης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές όταν αυτή εφαρμοζόταν στον επικρατή ή το μη επικρατή οφθαλμό. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των καταγραφών των ΟΠΔ με αυτά της ΟΟ διαπιστώσαμε πως τα ΟΠΔ αποτελούν πιο ευαίσθητη μέθοδο αξιολόγησης της μονο-όρασης, απ' ότι η ΟΟ. Τέλος, με τη βοήθεια των διαφραγμάτων, καταλήγουμε πως η απόδοση όρασης σε συνθήκες μονο-όρασης, όπως αξιολογείται με τα ΟΠΔ επηρεάζεται περισσότερο από τη διάμετρο της κόρης (που συνεπάγεται υψηλότερη αμφιβληστροειδική φωτεινότητα) από το βάθος πεδίου (που εξασφαλίζουν οι κόρες μικρής διαμέτρου).

Περιεχόμενα

1	Ενιαία Διόφθαλμη Όραση	11
1.1	Η προβολή στο χώρο	11
1.2	Η αμφιβληστροειδική αντιστοιχία	12
1.3	Ταύτιση	14
1.4	Στερέωση	14
1.4.1	Βαθμοί διόφθαλμης όρασης	15
1.5	Διόφθαλμη ανταγωνιστικότητα	16
1.6	Διόφθαλμη άθροιση	18
2	Πρεσβυωπία	19
2.1	Κρυσταλλοειδής φακός - Μηχανισμός προσαρμογής	19
2.2	Θεωρίες πρεσβυωπίας	20
2.2.1	Φακικές θεωρίες	21
2.2.2	Εξω-φακικές θεωρίες	22
2.3	Εύρος προσαρμοστικής ικανότητας	24
3	Τρόποι Διόρθωσης της Πρεσβυωπίας	27
3.1	Φακοί επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας	27
3.1.1	Διπλοεστιακοί - Πολυεστιακοί Σχεδιασμοί	28
3.2	Μονο-όραση	30
3.2.1	Επικρατής οφθαλμός	32
3.3	Τροποποιημένη μονο-όραση	36
4	Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials, VEPs)	37
4.1	Είδη ερεθισμάτων	37
4.1.1	Pattern ερεθίσματα	37
4.1.2	Flash ερεθίσματα	38

4.2	Ταξινόμηση των VEPs βάσει του ISCEV	39
4.2.1	Pattern reversal VEPs	39
4.2.2	Pattern onset/offset VEPs	41
4.2.3	Flash VEPs	42
5	Μεθοδολογία	45
5.1	Μέθοδοι καταγραφής.....	45
5.1.1	Τεχνική VEP	45
5.1.2	Παράμετροι ερεθίσματος.....	45
5.1.3	Τοποθέτηση ηλεκτροδίων	45
5.2	Παράμετροι προγράμματος καταγραφής	47
5.2.1	Ρυθμίσεις οθόνης	47
5.2.2	Ενίσχυση σήματος και averaging	48
5.3	Προετοιμασία Εξεταζόμενου.....	50
5.4	Επιλογή εξεταζόμενων	50
5.5	Σύγκριση αποκρίσεων σε επίπεδα κόρης 3 & 6 mm	52
6	Αποτελέσματα	53
6.1	Μελέτη χρόνου απόκρισης.....	54
6.1.1	Αρχική μελέτη	54
6.1.2	Κανονικοποίηση του λανθάνοντα χρόνου	62
6.2	Μελέτη του πλάτους απόκρισης.....	64
6.2.1	Αρχική μελέτη	64
6.2.2	Κανονικοποίηση του πλάτους απόκρισης	68
6.3	Μελέτη οπτικής οξύτητας στις συνθήκες θόλωσης.....	70
6.4	Μελέτη αποκρίσεων συναρτήσει οπτικής οξύτητας.....	73
6.4.1	Μελέτη λανθάνοντα χρόνου συναρτήσει οπτικής οξύτητας... ..	73
6.4.2	Μελέτη πλάτους απόκρισης συναρτήσει οπτικής οξύτητας	77

6.5	Σύγκριση αποκρίσεων σε επίπεδα κόρης 3 & 6 mm	80
7	Συμπεράσματα - Μελλοντική Έρευνα	87
Παράρτημα	91
Π.1	Πίνακες αποτελεσμάτων λανθάνοντος χρόνου	91
Π.2	Πίνακες κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων λανθάνοντος χρόνου	92
Π.3	Πίνακες αποτελεσμάτων πλάτους απόκρισης	93
Π.4	Πίνακες κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων πλάτους απόκρισης	94
Π.5	Πίνακες καταγραφής οπτικής οξύτητας.....	95
Βιβλιογραφία	97

1 Ενιαία Διόφθαλμη Όραση

Ενιαία διόφθαλμη όραση ονομάζουμε τη συνδυασμένη χρήση των δύο οφθαλμών, προκειμένου να δημιουργηθεί μία ενιαία και μοναδική εγκεφαλική εντύπωση. Με άλλα λόγια, αποτελεί το σύνολο των εγκεφαλικών διεργασιών που καταλήγουν στην ενοποίηση των δύο αμφιβληστροειδικών εικόνων και συνεπώς στην αντίληψη τους σαν μία.

Όταν παρατηρούμε, λοιπόν, ένα αντικείμενο που βρίσκεται εμπρός μας, η προσήλωσή μας σε αυτό είναι διόφθαλμη, σχηματίζοντας έτσι από ένα είδωλο στο κεντρικό βοθρίο του κάθε αμφιβληστροειδούς, με αποτέλεσμα το σχηματισμό μία εικόνας σε κάθε μάτι. Οι δύο αυτές εικόνες μεταφέρονται μέσω των οπτικών οδών στον εγκεφαλικό φλοιό, ενοποιούνται αισθητηριακά και γίνονται αντιληπτές σαν μία.

Η ενιαία διόφθαλμη όραση μάς παρέχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα, την ικανότητα να βλέπουμε και να παρατηρούμε το χώρο στις τρεις διαστάσεις. Μας εξασφαλίζει, δηλαδή, την αίσθηση του βάθους. Η ικανότητα αυτή ονομάζεται στερεοσκοπική όραση.

Ως δευτερεύοντα πλεονεκτήματα της διόφθαλμης όρασης αναφέρουμε τη διεύρυνση του οπτικού πεδίου και την διόφθαλμη οπτική οξύτητα που είναι σαφώς καλύτερη από τη μονόφθαλμη (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 2009).

1.1 Η προβολή στο χώρο

Όταν ένα φωτεινό ερέθισμα διεγείρει κάποιο αμφιβληστροειδικό στοιχείο, δεν γίνεται μόνο αντιληπτό, αλλά ταυτόχρονα εντοπίζεται και σε κάποιο άλλο σημείο του χώρου. Φαίνεται δηλαδή σαν να προέρχεται από κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η θέση στην οποία εντοπίζεται ένα αντικείμενο,

1. Ενιαία Διόφθαλμη Όραση

καθορίζεται από τις προβολικές ιδιότητες των αμφιβληστροειδικών στοιχείων που διεγείρονται από το είδωλό του. Οι προβολικές αυτές ιδιότητες είναι ενδογενείς και συγκεκριμένες για κάθε σημείο του αμφιβληστροειδούς. Απόδειξη αυτού του γεγονότος αποτελεί το φαινόμενο ότι κάποιος μηχανικός ή ηλεκτρικός ερεθισμός ενός αμφιβληστροειδικού σημείου, οδηγεί σε προβολή της αισθήσεως στο ίδιο σημείο του χώρου, στο οποίο θα προβαλλόταν αν το ίδιο αμφιβληστροειδικό σημείο ερεθιζόταν από φως.

Κάθε αμφιβληστροειδικό στοιχείο, συνεπώς, εντοπίζει το ερέθισμα σε μια ορισμένη κατεύθυνση. Η κατεύθυνση όμως δεν είναι απόλυτη, αλλά σχετική με την κατεύθυνση στην οποία προβάλλει ερεθιζόμενο το κεντρικό βοθρίο της ωχράς. Το κεντρικό βοθρίο έχει την ιδιότητα της κατ' ευθείαν εμπρός προβολής και είναι το σημείο αναφοράς σε σχέση με το οποίο προσανατολίζονται οι προβολικές ιδιότητες όλων των άλλων σημείων του αμφιβληστροειδούς.

Όταν ερεθίζονται ρινικά σημεία του αμφιβληστροειδούς, ωστόσο, δημιουργείται η εντύπωση, πως το ερέθισμα προέρχεται από το κροταφικό τμήμα του οπτικού πεδίου, δηλαδή, τα ρινικά σημεία προβάλλουν κροταφικά. Με ανάλογο τρόπο, τα κροταφικά σημεία προβάλλουν ρινικά, τα άνω προβάλλουν κάτω και τα κάτω άνω αντίστοιχα (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 2009).

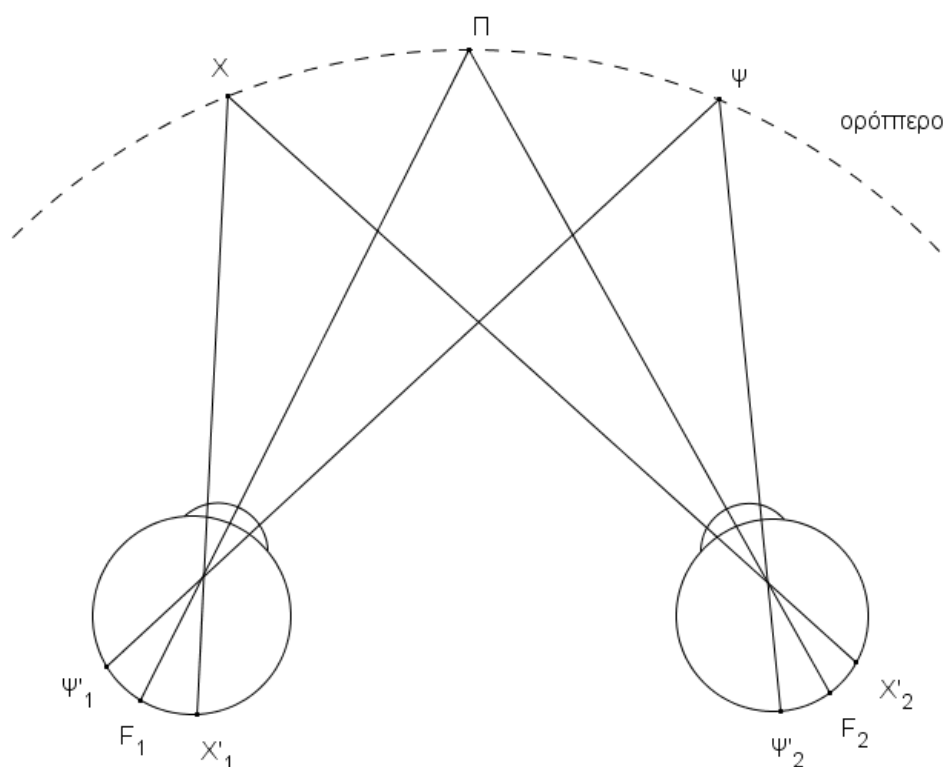
1.2 Η αμφιβληστροειδική αντιστοιχία

Οι προβολικές ιδιότητες των αμφιβληστροειδικών στοιχείων, όπως προαναφέραμε, αφορούν τον κάθε οφθαλμό ξεχωριστά. Τι γίνεται όμως όταν ένα ερέθισμα διεγείρει ταυτόχρονα τους αμφιβληστροειδείς και των δύο οφθαλμών; Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 1) το σημείο Π είναι το σημείο προσήλωσης και ερεθίζει τα κεντρικά βοθρία F_1 και F_2 των δύο οφθαλμών. Το σημείο Χ βρίσκεται ρινικά του δεξιού οφθαλμού και ερεθίζει

κροταφικό σημείο του οφθαλμού αυτού και προβάλλει ρινικά. Ταυτόχρονα το σημείο X ερεθίζει ένα ρινικό σημείο του αριστερού οφθαλμού που προβάλλει κροταφικά. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως το σημείο X ερεθίζει αμφιβληστροειδικά σημεία των δύο ματιών με κοινές προβολικές ιδιότητες και έτσι το σημείο X εντοπίζεται (Odom, et al., 2010) (Λαρετζάκη, 2006) και από τους δύο οφθαλμούς στην ίδια θέση του χώρου. Με ανάλογο τρόπο εντοπίζεται και το σημείο Ψ.

Για κάθε αμφιβληστροειδικό σημείο, ή περιοχή του ενός οφθαλμού, υπάρχει ένα αμφιβληστροειδικό σημείο του άλλου οφθαλμού που έχει την ίδια προβολική ιδιότητα.

Το φαινόμενο αυτό της ύπαρξης αντίστοιχων αμφιβληστροειδικών σημείων ονομάζεται «αμφιβληστροειδική αντιστοιχία» και είναι η βάση της διόφθαλμης όρασης (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 2009).



Εικόνα 1: Διόφθαλμη προβολή στο χώρο και αμφιβληστροειδική αντιστοιχία

1.3 Ταύτιση

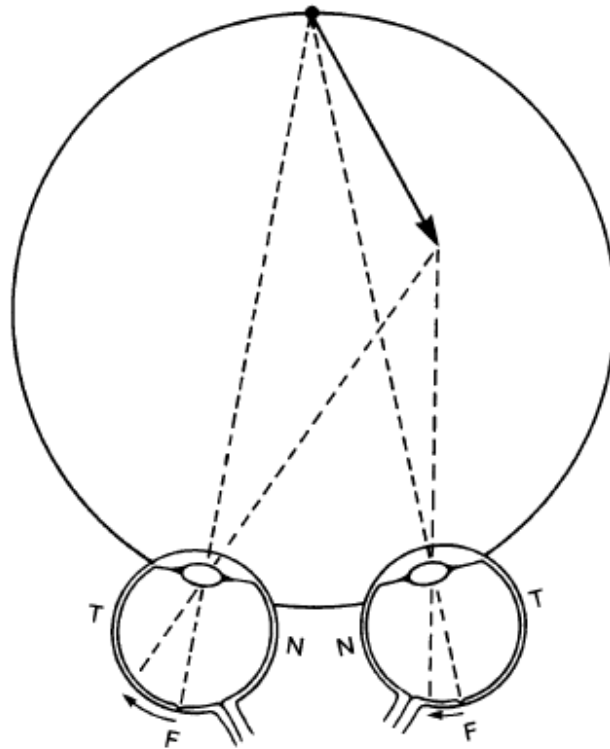
Η βάση της διόφθαλμης όρασης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι η αμφιβληστροειδική αντιστοιχία. Ταυτόχρονος ερεθισμός δύο αντίστοιχων αμφιβληστροειδικών στοιχείων δεν οδηγεί μόνο σε κοινή προβολή στο χώρο, αλλά και σε ενοποίηση των δύο αμφιβληστροειδικών εικόνων σε μία μοναδική εικόνα (αισθητηριακή ταύτιση). Για να γίνει, όμως, η αισθητηριακή ταύτιση, δεν αρκεί μόνο ο ερεθισμός δύο αντίστοιχων σημείων* πρέπει οι δύο εικόνες να αρκετά όμοιες σε μέγεθος, σχήμα και ευκρίνεια για να ταυτιστεί αισθητηριακά (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 2009).

1.4 Στερέοψη

Αν δύο παρόμοιες εικόνες παρουσιάζονται στα δύο μάτια με μία διόφθαλμη ανισότητα που έχει μία οριζόντια συνιστώσα, η συνδυασμένη εικόνα θα φανεί σε βάθος πιο κοντά ή πιο μακριά από το σημείο προσήλωσης εντός κάποιου εύρους περιοριστικών συνθηκών.

Το στερεοσκοπικό βάθος που προκύπτει από οριζόντιες αποκλίσεις γίνεται αντιληπτό στις περιοχές της διόφθαλμης συγχώνευσης των μονόφθαλμων στόχων σε μία ενιαία εικόνα.

Η στερεοξύτητα είναι το μικρότερο διάστημα ανισότητας που παράγει αξιόπιστα βάθος κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (Tyler, 2004).



Εικόνα 2: Οριζόντιες διόφθαλμες διαφορές προκύπτουν από αντικείμενα σε διαφορετικές αποστάσεις και οδηγούν σε στερεοσκοπική αντίληψη βάθους. Το βέλος έχει μεγαλύτερη εκκεντρότητα στον κροταφικό αμφιβληστροειδή του αριστερού ματιού απ' ότι στο ρινικό αμφιβληστροειδή του δεξιού ματιού (Tyler, 2004).

1.4.1 Βαθμοί διόφθαλμης όρασης

Ο Claude Worth έχει ταξινομήσει τη διόφθαλμη όραση στους παρακάτω τρεις βαθμούς:

Η πρώτου βαθμού διόφθαλμη όραση είναι η ταυτόχρονη αντίληψη των δύο αμφιβληστροειδικών σημείων, η δευτέρου βαθμού είναι η ικανότητα ενοποίησης των δύο όμοιων αμφιβληστροειδικών σημείων και ως τρίτου βαθμού ορίζεται η διόφθαλμη ή στερεοσκοπική όραση (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 2009).

1.5 Διόφθαλμη ανταγωνιστικότητα

Όταν ανόμοια οπτικά ερεθίσματα αποτυπωθούν στις αμφιβληστροειδικές περιοχές των δύο ματιών ο εγκέφαλος βρίσκεται σε μία ασταθή κατάσταση που χαρακτηρίζεται από εναλλασσόμενες περιόδους αντιληπτικής κυριαρχίας κατά την οποία το οπτικό ερέθισμα του κάθε ματιού γίνεται αντιληπτό. Αυτή η σύγχυση είναι κατανοητή και θα λέγαμε πως είναι ένα σήμα που δίνουν τα μάτια στον εγκέφαλο για να αντιληφθεί πως υπάρχουν δύο διαφορετικά αντικείμενα στον ίδιο χώρο την ίδια στιγμή. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό και ως διόφθαλμη ανταγωνιστικότητα.

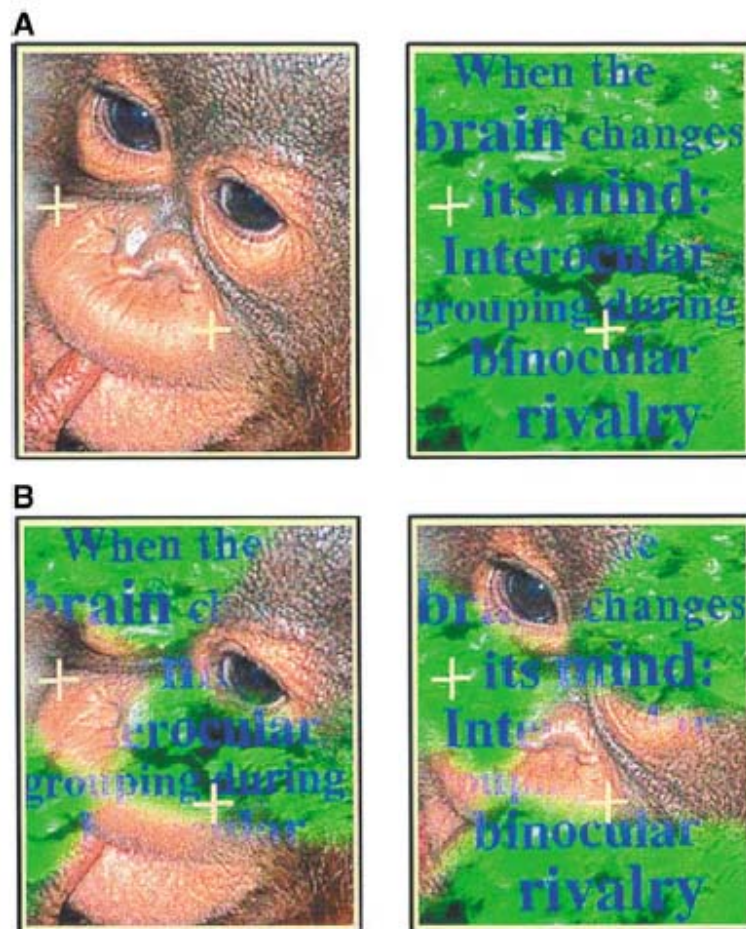
Διαφορετικές εικόνες σε κάθε μάτι είναι ικανές να «ενεργοποιήσουν» τη διόφθαλμη ανταγωνιστικότητα. Αυτές οι εικόνες μπορούν να διαφέρουν στο χρώμα, στη φωτεινότητα, στην ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης (contrast), στη μορφή, στο μέγεθος και στη ταχύτητα κίνησης.

Η ανταγωνιστικότητα μπορεί να προκληθεί από πολύ απλά ερεθίσματα, παραδείγματος χάρη από ημιτονοειδή ερεθίσματα (gratings) που διαφέρουν στον προσανατολισμό, ή και από πιο πολύπλοκα ερεθίσματα, όπως η προβολή ενός ανθρώπινου προσώπου στο ένα μάτι και η προβολή ενός σπιτιού στο άλλο. Μπορεί να παρατηρηθεί κάτω από ένα ευρύ φάσμα φωτισμού, ακόμα και σε σκοτοπικές συνθήκες, καθώς επίσης και οπουδήποτε μέσα στο εύρος του οπτικού πεδίου αρκεί να είναι ορατό το ερέθισμα.

Η διόφθαλμη ανταγωνιστικότητα, όπως πολύ συχνά αναφέρεται στη βιβλιογραφία, συνεπάγεται εναλλασσόμενες περιόδους μονόφθαλμης κυριαρχίας και καταστολής μεταξύ ασύμφωνων ερεθισμάτων που γίνονται αντιληπτά από το δεξί και το αριστερό μάτι. Ιδιαίτερα για μεγάλης ανταγωνιστικότητας ερεθίσματα, αυτός ο χαρακτηρισμός δεν είναι απολύτως ορθός. Αντί να εναλλάσσονται μεταξύ περιόδων αποκλειστικής κυριαρχίας παρατηρείται ένα κυμαινόμενο συνονθύλευμα που αποτελείται από την

ανάμιξη των δύο εικόνων που γίνονται ορατές· με τη συχνότητα εμφάνισης αυτού του συνονθυλεύματος να αυξάνεται με την παρατεταμένη προβολή των αντίπαλων στόχων.

Για ανταγωνιστικά ερεθίσματα προβαλλόμενα στο κεντρικό βοθρίο εκτιμάται ότι η ανταγωνιστικότητα μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν τα προβαλλόμενα ερεθίσματα δεν υπερβαίνουν τη 0,1 deg της οπτικής γωνίας. Ωστόσο, αυτή η κρίσιμη γωνία αυξάνεται με την αμφιβληστροειδική εκκεντρότητα (Blake, 2001).

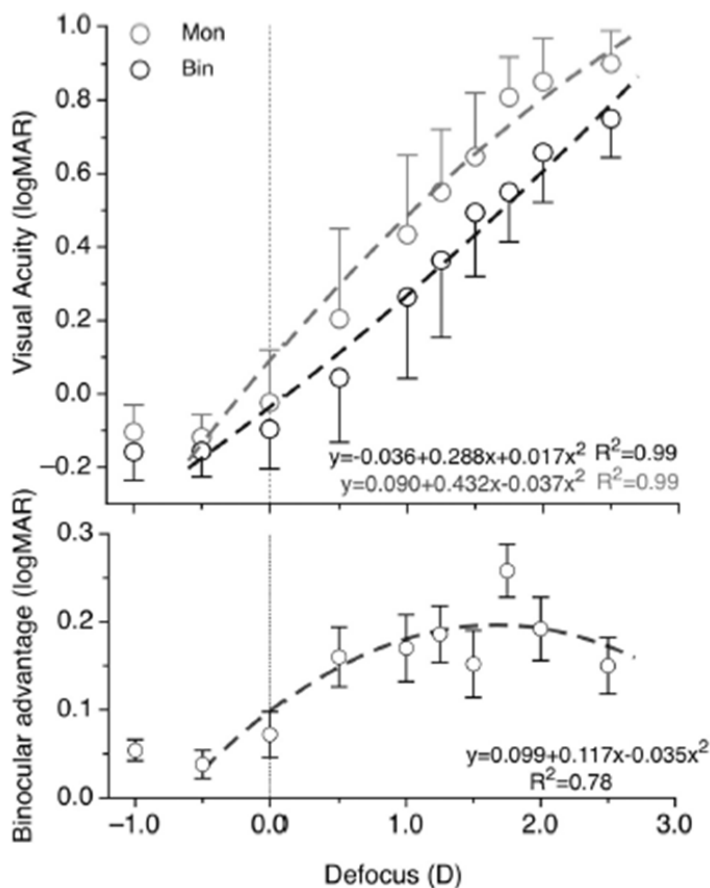


Εικόνα 3: (A) Συμβατικοί στόχοι διόφθαλμης ανταγωνιστικότητας, η εικόνα κάθε ματιού αποτελεί μία ολοκληρωμένη εικόνα, (B) Ανταγωνιστικοί στόχοι, όπου οι συνιστώσες μιας δεδομένης εικόνας διανέμονται μεταξύ των δύο οφθαλμών (Blake, 2001).

1.6 Διόφθαλμη άθροιση

Η διόφθαλμη άθροιση παρατηρείται όταν ένα ερέθισμα εμφανίζεται «καθαρότερο» ή όταν μας είναι ευκολότερο να διακρίνουμε ένα ερέθισμα όταν παρατηρείται διόφθαλμα απ' ότι μονόφθαλμα.

Σε μία πρόσφατη μελέτη που πραγματοποίησε ο Πλαϊνης και οι συνεργάτες του (2011) (Plainis, et al., 2011), θέλοντας να διερευνήσουν τη διόφθαλμη άθροιση κάτω από συνθήκες θόλωσης, κατέληξαν στα παρακάτω αντιπροσωπευτικά γραφήματα της θετικής επίδρασης που παρουσιάζεται στη διόφθαλμη όραση σε σχέση με τη μονόφθαλμη.



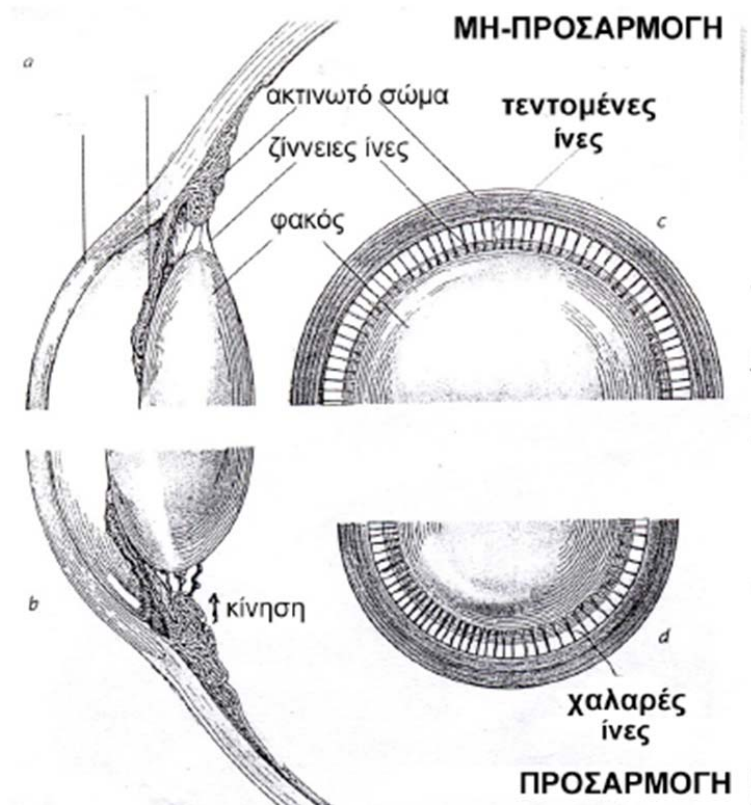
Γράφημα 1: **Πάνω:** μέση οπτική οξύτητα (σε κλίμακα logMAR) συναρτήσει του defocus για μονόφθαλμη (γκρι κύκλοι) και διόφθαλμη (μαύρη κύκλοι) παρατήρηση. Η διόφθαλμη όραση μας δίνει καλύτερη οπτική οξύτητα ακόμα και σε συνθήκες θόλωσης, σε σχέση με τη μονοφθαλμη όραση. **Κάτω:** διόφθαλμο πλεονέκτημα (σε κλίμακα logMAR) συναρτήσει του defocus. Όσο αυξάνεται η θόλωση τόσο ισχυρότερο είναι και το πλεονέκτημα της διόφθαλμης παρατήρησης (Plainis, et al., 2011).

2 Πρεσβυωπία

2.1 Κρυσταλλοειδής φακός - Μηχανισμός προσαρμογής

Η ινώδης και ελαστική δομή του φακού βρίσκεται τοποθετημένη εντός του ελαστικού περιφακίου, που αποτελεί και το καλούπι του. Ο φακός εξασφαλίζει τη σταθερή θέση του χάρη στις ίνες της Ζηννείου ζώνης (στον ισημερινός) μέσω των συνδέσεών τους στο περιφάκιο, καθώς επίσης από την ίριδα (εμπρός) και το υαλώδες σώμα (πίσω). Στην πραγματικότητα, το περιφάκιο και οι ίνες της Ζηννείου ζώνης αποτελούν το σύνδεσμο μεταξύ του φακού και του ακτινωτού μυός και γι' αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο στη μετάδοση της έντασης που προκαλείται από τη σύσπαση του ακτινωτού μυός για την αλλαγή του σχήματος και της διαθλαστικής ισχύος του φακού.

Κατά την προσαρμογή ο ακτινωτός μυς συσπάται μειώνοντας τη διάμετρο της ακτινωτής απόφυσης, με αποτέλεσμα να υποχωρεί η πίεση στις ίνες της Ζηννείου ζώνης οι οποίες χαλαρώνουν. Έτσι, το ελαστικό περιφάκιο και φακός ανακτούν την πιο κυρτή, φυσιολογική τους μορφή, δηλαδή μειώνεται η ακτίνα καμπυλότητας των επιφανειών του φακού, αυξάνεται το πάχος του, ενώ η πρόσθια επιφάνειά του μετατοπίζεται προς τα εμπρός πλησιάζοντας τον κερατοειδή. Ως αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται η αύξηση της διοπτρικής ισχύος του φακού απαραίτητη για την εστίαση κοντινών αντικειμένων. Όταν ο ακτινωτός μυς χαλαρώνει, αφότου παύει η προσαρμοστική προσπάθεια, η ένταση των ινών στον ισημερινό του φακού επανέρχεται (Πλαϊνης & Παλλήκαρης, 2005).



Εικόνα 4: Μηχανισμός της προσαρμογής. Όταν κοιτάμε μακριά ο ακτινωτός μυς έχει τη μέγιστη διάμετρο και κρατάει τις ίνες της Ζηννείου ζώνης τεντωμένες (c). Αυτές με τη σειρά τους ασκούν δύναμη τάνυσης που επιπεδώνουν τις επιφάνειες του φακού (a). Κατά την προσαρμογή ο ακτινωτός μυς συσπάται (d). Όταν ο μυς συσπάται, οι ίνες χαλαρώνουν με αποτέλεσμα ο φακός να ανακτά πιο σφαιρική μορφή και να αυξάνεται η διοπτρική του ισχύς (b) (Πλαΐνης & Παλλήκαρης, 2005).

2.2 Θεωρίες πρεσβυωπίας

Οι θεωρίες σχετικά με τους παράγοντες που συμμετέχουν στους μηχανισμούς της προσαρμογής και της πρεσβυωπίας ξεκινούν τον 17^ο αιώνα. Αν και η θεωρία του Helmholtz σχετικά με τον μηχανισμό της προσαρμογής απέκτησε καθολική υποστήριξη, δε συνέβη το ίδιο με τη θεωρία του για τους αιτιολογικούς παράγοντες που οδηγούν στην απώλεια της προσαρμογής, με την οποία απέδωσε αποκλειστικά την αιτία αυτής στη σκλήρυνση του φακού.

Άλλες θεωρίες απέδωσαν τα αίτια της πρεσβυωπίας στην ανικανότητα του ακτινωτού σώματος να συσπαστεί. Στην πραγματικότητα, είναι σήμερα αποδεκτό, ότι τα αίτια της πρεσβυωπίας είναι πολυπαραγοντικά, δηλαδή μια σειρά από ηλικιακές αλλαγές, λαμβάνουν χώρα σχεδόν σε όλες τις δομές που συμμετέχουν στο μηχανισμό της προσαρμογής.

Ως αποτέλεσμα, οι θεωρίες που έχουν επικρατήσει σήμερα, ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: τις «φακικές», που βασίζονται στην υπόθεση ότι η πρεσβυωπία προκαλείται από τις ηλικιακές αλλαγές στη γεωμετρία ή/και τις μηχανικές ιδιότητες του φακού και του περιφακίου και τις «εξω-φακικές», στις οποίες η πρεσβυωπία αποδίδεται σε μηχανικές ή/και γεωμετρικές αλλαγές στις ίνες της Ζιννείου ζώνης, το ακτινωτό σώμα και άλλες δομές που περιβάλλουν το φακό (Πλαϊνης & Παλλήκαρης , 2005).

2.2.1 Φακικές θεωρίες

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, λόγω της ελαστικότητας του περιφακίου, όταν οι ίνες της Ζιννείου ζώνης χαλαρώνουν, ο φακός μεταβάλλει το σχήμα του και «προσαρμόζει». Όπως πρώτος ο Fincham (1937) παρατήρησε, το σχήμα των ηλικιωμένων φακών άλλαζε ελάχιστα (σε σχέση με των νεότερων) όταν αφαιρούνταν από το περιφάκιο (in vitro). Αυτό κυρίως προέρχεται από το γεγονός ότι ο φακός «σκληραίνει» με την ηλικία, με συνέπεια οι ελαστικές δυνάμεις που ασκούνται από το περιφάκιο, να μην είναι ικανές να αλλάζουν τις επιφάνειες του φακού κατά την προσαρμογή.

Αυτό που έχει προταθεί, είναι μια αυξανόμενη συγκόλληση μεταξύ των φακικών ινών στον πυρήνα, γεγονός που καθιστά τον φακό λιγότερο ελαστικό. Είναι γεγονός ότι από τα πρώτα χρόνια της ζωής, νέες ίνες προστίθενται συνεχώς στο φακό, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το πάχος και ο όγκος του φακού με την ηλικία, ενώ παράλληλα ο φακός αποκτά μια πιο καμπυλωτή μορφή. Η αύξηση του πάχους του φακού είναι πιθανόν να

2. Πρεσβυωπία

συμβάλλει στη δυσκαμψία του φακού, με αποτέλεσμα οι δυνάμεις τάνυσης που ασκούνται από τις ίνες της Ζιννείου ζώνης να μην επαρκούν για τη μεταβολή της καμπυλότητας των επιφανειών του φακού.

Το 1937 ο Fisher σε μια σειρά in vitro πειραμάτων που πραγματοποίησε, απέδειξε ότι οι κρυσταλλοειδείς φακοί απόμων μεγάλης ηλικίας όταν απομονώνονταν από το περιφάκιο τους, ανακτούσαν τη «φυσιολογική» μορφή τους, χωρίς να αλλάζουν σχήμα, λόγω της σημαντικής δυσκαμψίας, ενώ το περιφάκιο διατηρούσε την ελαστικότητά του. Αργότερα οι Glasser and Campbell (2000) επανέλαβαν με νέες τεχνικές τις ίδιες μετρήσεις και περιέγραψαν σημαντική μείωση συγκρίνοντας την ηλικία σε σχέση με την ικανότητα του κρυσταλλοειδούς φακού να υφίσταται μηχανικές αλλαγές στο σχήμα του, είτε με την αφαίρεση του περιφακίου είτε μέσω μηχανικής τάνυσης που προσομοιάζει την προσαρμογή. Μάλιστα, μετά την ηλικία των 60 ετών καμία αλλαγή στην ισχύ του κρυσταλλοειδούς φακού δεν παρατηρείται. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν τόσο με την προτεινόμενη μείωση στην ελαστικότητα του φακού, όσο και με τη μείωση του εύρους προσαρμογής.

Αυτή η παρατήρηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της μείωσης της προσαρμοστικής ικανότητας οφείλεται σε μεταβολές στην ελαστικότητα του κρυσταλλοειδούς φακού και του περιφακίου (Πλαϊνής & Παλλήκαρης, 2005).

2.2.2 Εξω-φακικές θεωρίες

Μια άλλη θεωρία της πρεσβυωπίας που έχει προταθεί, βασίζεται στην ηλικιακή αλλαγή στη γεωμετρία της σύνδεσης των ινών της Ζιννείου ζώνης που συγκρατούν τον κρυσταλλοειδή φακό στη θέση του (γνωστή ως γεωμετρική θεωρία). Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, λόγω της αύξησης του όγκου (κυρίως του πάχους) του κρυσταλλοειδούς φακού και της πρόσθιας και

προς τα έσω μετατόπισης του ακτινωτού μυός με την ηλικία, μειώνεται το διάστημα μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, αλλάζει η γωνία προσκόλλησης των ινών στον ισημερινό του κρυσταλλοειδούς του φακού (εφόσον μετατοπίζονται προς το πρόσθιο μέρος του φακού) με συνέπεια να μειώνεται η ικανότητα των ινών να ασκούν δυνάμεις τάνυσης σε αυτόν. Η μείωση των δυνάμεων τάνυσης οδηγούν στην αυξανόμενη καμπυλότητα του κρυσταλλοειδούς φακού και στον περιορισμό της προσαρμογής. Η ίδια θεωρία προτείνει ως κύριο αιτιολογικό παράγοντα της πρεσβυωπίας την αύξηση του μεγέθους του κρυσταλλοειδούς φακού χαρακτηρίζοντας τις φακικές αλλαγές, ως το αποτέλεσμα παρά την αιτία της πρεσβυωπίας. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν πειραματικά αποτελέσματα που να υποστηρίζουν τη γεωμετρική θεωρία.

Μια άλλη εξω-φακική θεωρία προτάθηκε από τον Bito και τους συνεργάτες του (Bito et al, 1987) και βασίζεται στην πιθανή απώλεια της ελαστικότητας του χοριοειδή με τη γήρανση, η οποία αποτρέπει την επιστροφή του ακτινωτού μυός στην κατάσταση χαλάρωσης. Ως αποτέλεσμα ο κρυσταλλοειδής φακός αποκτά με τον καιρό πιο «προσαρμοστική μορφή» και κατά τα τελευταία στάδια της πρεσβυωπίας βρίσκεται μόνιμα σε κατάσταση «πλήρους προσαρμογής». Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η πρεσβυωπία οφείλεται σε απώλεια της ικανότητας αποπροσαρμογής και όχι της ικανότητας προσαρμογής. Στήριξη αυτής της θεωρίας παρέχεται από την παρατήρηση ότι με την ηλικία αυξάνεται η καμπυλότητα και των δύο επιφανειών του κρυσταλλοειδούς φακού, με αποτέλεσμα αυτός να αποκτά θεωρητικά, μεγαλύτερη διαθλαστική ισχύ, κάτι που θα καθιστούσε τον οφθαλμό μυωπικό. Αυτό βέβαια δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα και για αυτό αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως «παράδοξο του φακού» ("lens paradox"). Η λύση αυτού του παραδόξου οφείλεται στο γεγονός ότι η κατανομή στο δείκτη διάθλασης του κρυσταλλοειδούς φακού, ο οποίος είναι βαθμωτός, ελαττώνεται από 1.435 στον πυρήνα σε 1.36 στο

2. Πρεσβυωπία

φλοιό. Πιο συγκεκριμένα μειώνεται ο δείκτης διάθλασης στον πυρήνα ενώ παραμένει σταθερός στο φλοιό, με αποτέλεσμα την αντιστάθμιση της αύξησης της διαθλαστικής ισχύος που προέρχεται από τις αλλαγές στις καμπυλότητες του φακού και στη διατήρηση της σταθερής διαθλαστικής ισχύος του οφθαλμού.

Ένας περιοριστικός παράγοντας που έχει οδηγήσει στην αντιπαράθεση και τη σύγχυση σχετικά με τους μηχανισμούς της προσαρμογής και της πρεσβυωπίας, έγκειται στο γεγονός ότι δεν είναι εφικτή η in-vivo απεικόνιση των ανατομικών δομών του ανθρώπινου οφθαλμού που συμμετέχουν στην προσαρμογή. Για παράδειγμα, η θέση της ίριδας εμποδίζει την άμεση απεικόνιση του ακτινωτού μυός και της περιφέρειας του κρυσταλλοειδούς φακού, ενώ η διαθλαστική ισχύς του κερατοειδούς οδηγεί σε κάποια παραμόρφωση της απεικόνισης του κρυσταλλοειδούς φακού κατά τη χρήση νέων απεικονιστικών τεχνικών (όπως η Scheimpflug απεικόνιση και η μαγνητική τομογραφία).

Τέλος, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η πρεσβυωπία δεν είναι η μόνη επίπτωση που επέρχεται με την αύξηση της ηλικίας στην όραση. Όλα τα διαθλαστικά μέσα χάνουν σταδιακά τη διαφάνειά τους, ο αμφιβληστροειδής χάνει την ευαισθησία του και η δακρυϊκή στιβάδα υποβαθμίζεται ποιοτικά και ποσοτικά, λόγω εκφυλισμού του δακρυϊκού συστήματος και των μείβομιανών αδένων. Τα βλέφαρα χαλαρώνουν, το άνω βλέφαρο πέφτει και καταλήγει ως το ύψος του κερατοειδή, ίσως και της κόρης, ενώ το κάτω βλέφαρο μπορεί να χαλαρώσει τόσο, που ο βλεφαρισμός να μην καλύπτει ολόκληρη την οφθαλμική επιφάνεια (Πλαϊνης & Παλλήκαρης , 2005).

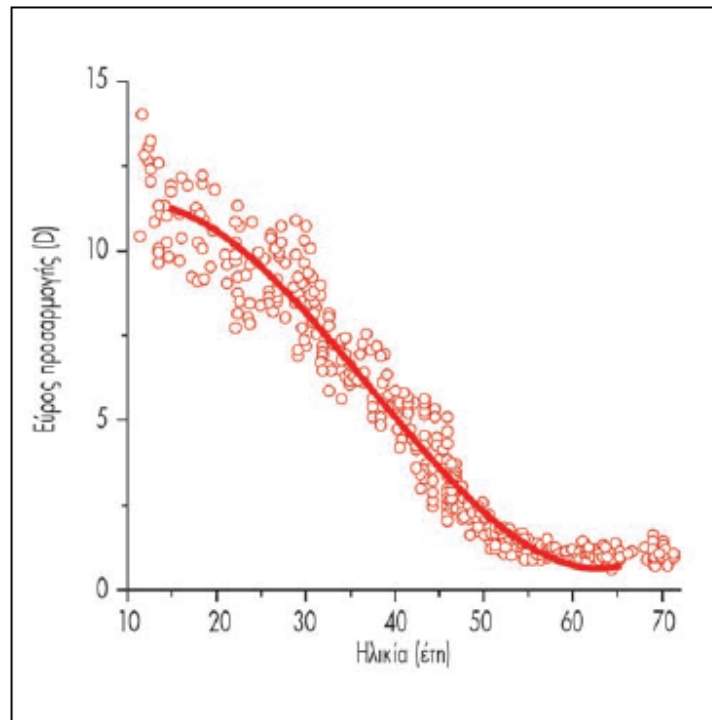
2.3 Εύρος προσαρμοστικής ικανότητας

Το μέγιστο ποσό προσαρμογής που μπορεί ένας οφθαλμός να επιτύχει ονομάζεται εύρος προσαρμογής. Για έναν εμμέτρωπα, το εύρος προσαρμογής

εκτείνεται θεωρητικά από το οπτικό άπειρο μέχρι την πιο κοντινή απόσταση που μπορεί να διακρίνει ένα γράμμα. Τα όρια μεταξύ των οποίων εκτείνεται η προσαρμογή ονομάζονται απώτερο και εγγύς σημείο προσαρμογής και καθορίζονται από τη διάθλαση του ματιού.

Η πιο διαδεδομένη διαδικασία αξιολόγησης του εύρους προσαρμογής γίνεται με τη βοήθεια ενός ειδικά κατασκευασμένου πίνακα, γνωστού ως RAF rule. Ο εξεταζόμενος αναφέρει το εύρος της απόστασης, μέσα στην οποία μπορεί να διαβάσει το κείμενο, με αποτέλεσμα να καταγράφεται η διαφορά μεταξύ του απώτερου και του πλησιέστερου σημείου προσαρμογής. Το εύρος προσαρμογής αρχίζει να μειώνεται σταθερά από τις αρχές της εφηβικής ηλικίας με ένα ρυθμό περίπου 0,4 D/ χρόνο (Εικόνα 5) (Καλλίνικος & Πλαΐνης, 2011).

2. Πρεσβυωπία



Εικόνα 5: Αλλαγές στο εύρος της προσαρμογής με την ηλικία (μονόφθαλμες μετρήσεις). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια ενός ειδικά κατασκευασμένου χάρακα (RAF Rule). Το εύρος προσαρμογής αρχίζει να μειώνεται σταθερά από τις αρχές της εφηβικής ηλικίας με έναν ρυθμό της τάξεως των 0,4 D/χρόνο. Η προσαρμογή που εμφανίζεται σε άτομα ηλικίας άνω των 50 ετών είναι μη πραγματική και οφείλεται στο αυξημένο βάθος εστίασης της πιθανής ύπαρξης αστιγματισμού (που οδηγεί σε πολυεστιακότητα) και της μικρής διαμέτρου κόρης των ηλικιωμένων ατόμων (μεγαλύτερο βάθος εστίασης λόγω μικρότερης κόρης) (Καλλίνικος & Πλαΐνης, 2011).

3 Τρόποι Διόρθωσης της Πρεσβυωπίας

Στις μέρες μας, πολλές είναι πλέον οι μέθοδοι διόρθωσης της πρεσβυωπίας, από γυαλιά οράσεως, φακούς επαφής, συνδυασμούς και των δύο, ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι, ακόμα και διαθλαστική χειρουργική.

Στη συγκεκριμένη εργασία θα κάνουμε μία σύντομη ανασκόπηση των διορθώσεων της πρεσβυωπίας με φακούς επαφής.

3.1 Φακοί επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας

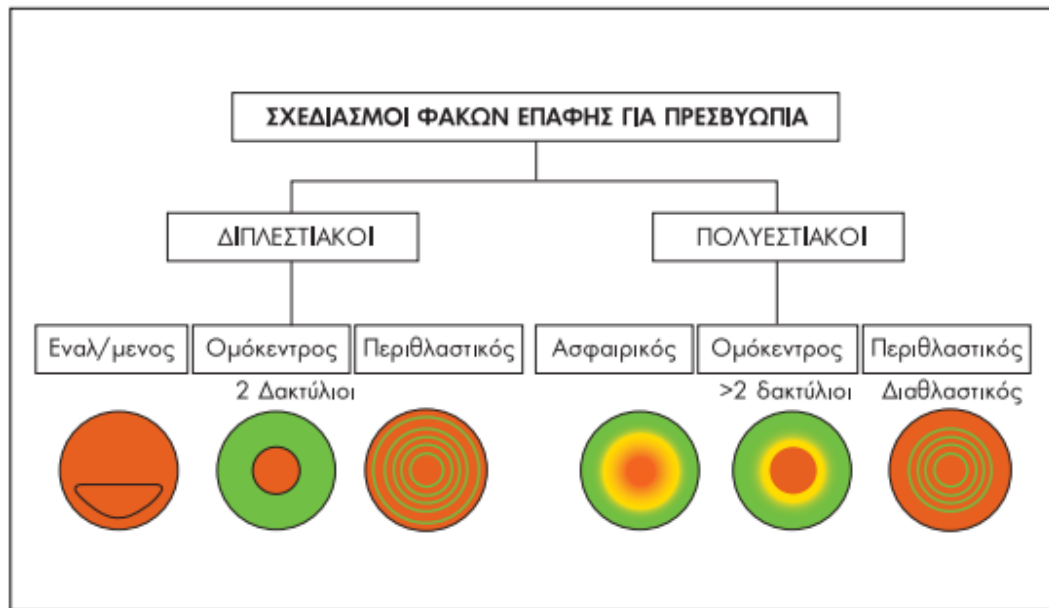
Οι φακοί επαφής είναι ένα μέσο διόρθωσης των διαθλαστικών σφαλμάτων που πλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλων των ειδών τις αμετρωπίες. Είναι ένα μέσο διευκολύνει ιδιαίτερα τους διοπτροφόρους καθώς προσφέρει μεγαλύτερο οπτικό πεδίο, καλύτερη όραση λόγω της εξάλειψης των πρισματικών φαινομένων που παρουσιάζονται στη διόρθωση με οφθαλμικούς φακούς, εξουδετερώνουν τις μεγεθύνσεις των ματιών που πολύ συχνά συναντώνται στις διοπτροφόρους και τέλος, ειδικά σε περιπτώσεις ανισομετρωπίας, ελαχιστοποιούν την ανισοεικονία.

Οι επιλογές φακών επαφής που έχουμε, σήμερα, για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, είναι εν συντομία οι παρακάτω:

- ✓ Πολυεστιακοί
- ✓ Μονο-όραση
- ✓ Τροποποιημένοι Μονο-όραση

3.1.1 Διπλοεστιακοί - Πολυεστιακοί Σχεδιασμοί

Αρχικά, παραθέτουμε μία εικόνα που συνοψίζει όλους τους πολυεστιακούς σχεδιασμούς φακών επαφής.



Εικόνα 6: Συνοπτικό σχήμα για όλους τους σχεδιασμούς φακών επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας (Καλλίνικος & Πλαϊνης, 2011).

3.1.1.1 Εναλλασσόμενος σχεδιασμός

Ο εναλλασσόμενος σχεδιασμός συναντάται στους αεροδιαπερατούς φακούς επαφής (RGP, Rigid Gas Permeable). Πρόκειται για μια μινιατούρα του διπλοεστιακού οφθαλμικού φακού, καθώς στο κάτω μέρος του φακού αυτού βρίσκεται η εστία για κοντά. Όταν ο χρήστης κοιτάζει μακριά βλέπει από τη μακρινή εστία, ενώ όταν χρειαστεί την κοντινή του όραση με την κίνηση του βλεφάρου ο φακός ανεβαίνει και ο χρήστης βλέπει μέσα από την κοντινή εστία. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός βγαίνει και με μία εγκοπή στο κάτω μέρος για να διασφαλιστεί η προς τα πάνω κίνηση του φακού κατά την κοντινή όραση (Καλλίνικος & Πλαϊνης, 2011).

3.1.1.2 Ομόκεντρος σχεδιασμός

Στο συγκεκριμένο σχεδιασμό έχουμε μία μικρή κεντρική κυκλική ζώνη με τη μακρινή ή την κοντινή διόρθωση, και γύρω της ομόκεντρους δακτυλίου (έναν ή και περισσότερους) με αντίστοιχα τη μακρινή ή την κοντινή διόρθωση. Ο ομόκεντρος σχεδιασμός κυκλοφορεί και σε μαλακά αλλά και σε αεροδιαπερατά υλικά και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την κορική διάμετρο (Καλλίνικος & Πλαΐνης, 2011).

3.1.1.3 Ασφαιρικός σχεδιασμός

Ο ασφαιρικός σχεδιασμός προσφέρει στο φακό μία σταδιακή, περιστροφικά συμμετρική διακύμανση της διοπτρικής ισχύος από το κέντρο προς τη περιφέρεια της οπτικής ζώνης. Αυτό είναι εφικτό με τη χρήση έστω και μίας ασφαιρικής επιφάνειας η οποία δημιουργεί σταδιακά μία μεγαλύτερη δύναμη είτε στο κέντρο είτε στη περιφέρεια της οπτικής ζώνης του φακού (Καλλίνικος & Πλαΐνης, 2011).

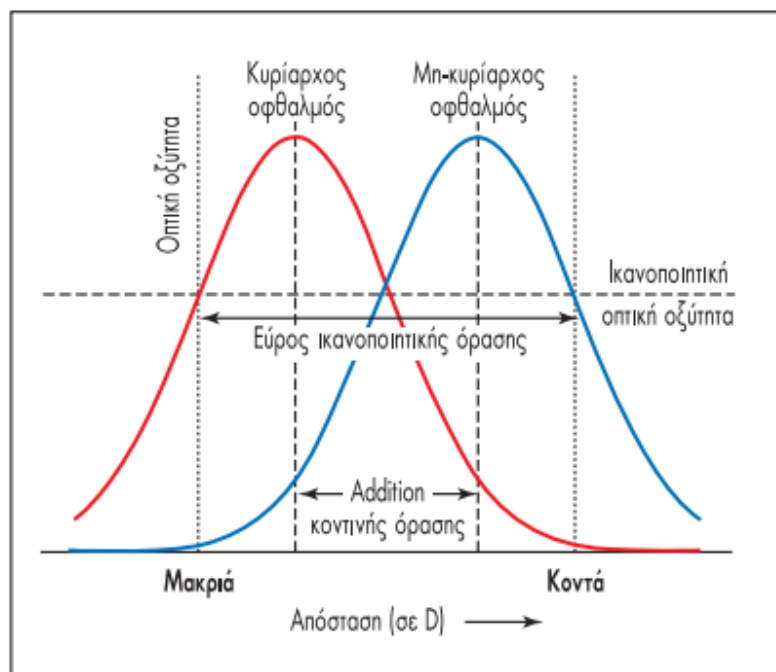
3.1.1.4 Περιθλαστικός σχεδιασμός

Οι φακοί επαφής με περιθλαστικό σχεδιασμό είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να παρέχουν διπλοεστιακότητα σε όλη την οπτική ζώνη του φακού. Περιλαμβάνουν πριονωτό σχεδιασμό, ο οποίος διαθέτει ομόκεντρες, τύπου Fresnel, κλιμακωτές αυλακώσεις, οι οποίες εξασφαλίζουν πως η μακρινή όραση θα παρέχεται από τη βάση του φακού και η κοντινή από το περιθλαστικό προφίλ. Το ύψος της φασέτας (των αυλακώσεων) μας καθορίζει τη μακρινή και την κοντινή όραση, με τις βαθύτερες να ευθύνονται για την κοντινή και τις ρηχότερες για τη μακρινή (Καλλίνικος & Πλαΐνης, 2011).

3.2 Μονο-όραση

Η μονο-όραση συνιστά μία μέθοδο διόρθωσης της πρεσβυωπίας, όπου το ένα μάτι (συνήθως το επικρατές) είναι διορθωμένο για να προσφέρει μακρινή όραση και το άλλο για να προσφέρει κοντινή όραση. Αποτελεί μία μέθοδο διόρθωσης με φακούς επαφής αν και τα τελευταία χρόνια έχει κερδίσει έδαφος με τη χρήση της διαθλαστικής χειρουργικής.

Η μονο-όραση βασίζεται στην ικανότητα του εγκεφάλου να επεξεργάζεται το εστιασμένο αμφιβληστροειδικό είδωλο του ενός ματιού, ενώ καταστέλλει το ανεπιθύμητο, μη εστιασμένο αμφιβληστροειδικό είδωλο του άλλου ματιού. Ωστόσο, η καταστολή αυτού του ειδώλου του ενός ματιού, οδηγεί σε μειωμένη στερεοσκοπική όραση. Παρ' όλα αυτά, εάν το ADD δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό, τα επικαλυπτόμενα βάθη εστίας των δύο ματιών προσφέρουν επαρκή οπτική οξύτητα σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος αποστάσεων. Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί το ωφέλιμο διοπτρικό εύρος αποδεκτής όρασης και να μην επηρεαστεί ιδιαίτερα η στερεοσκοπική όραση, οι διαφορές στη δύναμη μεταξύ της μακρινής και της κοντινής διόρθωσης θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν. Αυτό είναι δυνατόν να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τόσο το θετικό όσο και το αρνητικό βάθος εστίασης για κάθε μάτι.



Εικόνα 7: Η μονο-όραση βασίζεται στη χρήση επικαλυπτόμενου βάθους εστίασης των δύο οφθαλμών προκειμένου να επιτευχθεί καλή όραση σε ένα εύρος αποστάσεων (Καλλίνικος & Πλαϊνης, 2011).

Όταν το ADD είναι σχετικά υψηλό συνήθως παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη διοπτρική δύναμη μεταξύ της μακρινής και της κοντινής διόρθωσης, με συνέπεια μία επακόλουθη μείωση της διόφθαλμης όρασης και σημαντική απώλεια της στερεοσκοπικής όρασης.

Η μονο-όραση φαίνεται να αποδίδει καλά σε αρκετές περιπτώσεις, με ποσοστά επιτυχίας να έχουν αναφερθεί μεταξύ 70% και 76%. Η ηλικία των υποψηφίων και το ADD συνιστούν τους σπουδαιότερους παράγοντες που αναμένεται να καθορίσουν την επιτυχία της εφαρμογής, με τους νέους πρεσβύωπες και συνεπώς τα χαμηλότερα ADD να έχουν υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας. Όσον αφορά το κομμάτι της προσαρμογής σε αυτή τη μέθοδο, θα λέγαμε πως τα χρονικά διαστήματα ποικίλλουν και διαφέρουν από άτομο σε άτομο με αποτέλεσμα, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία, να μην έχουμε καταλήξει κάπου (Καλλίνικος & Πλαϊνης, 2011).

3. Τρόποι Διόρθωσης της Πρεσβυωπίας

Η μονο-όραση, πριν να γίνει πράξη σε έναν υποψήφιο χρήστη φακών επαφής θα πρέπει προηγουμένως να γίνεται λεπτομερής ορθοπτικός έλεγχος καθώς σε περιπτώσεις έντονης φορίας, στραβισμού και γενικότερα σε άτομα με διόφθαλμες ανωμαλίες θα πρέπει να μην επιτρέπεται (θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι απαγορευτική).

Τέλος, πολύ σημαντικό, πριν καταλήξουμε στη μονο-όραση είναι να επιλέξουμε σωστά το μάτι στο οποίο θα γίνει η κάθε διόρθωση. Πρέπει να εντοπιστεί ο κινητικά και αισθητηριακά επικρατής οφθαλμός και στη συνέχεια, βάσει πάντα των αναγκών του υποψήφιου χρήστη, να καταλήξουμε (Evans, 2007).

3.2.1 Επικρατής οφθαλμός

Σημαντικό στοιχείο της διόφθαλμης όρασης αποτελεί και το φαινόμενο της κυριαρχίας του ενός οφθαλμού. Σε όλους υπάρχει ένα οφθαλμός που επικρατεί και ένα που υπολείπεται τόσο κινητικά όσο και αισθητηριακά. Ο κινητικά κυρίαρχος οφθαλμός είναι αυτός με τον οποίο θα κοιτάξουμε μέσα σε μία κλειδαρότρυπα ή στο μικροσκόπιο, κοινώς είναι ο οφθαλμός μέσα από τον οποίο σκοπεύουμε. Ο αισθητηριακά επικρατής οφθαλμός είναι αυτός που η εικόνα του επικρατεί "ποσοτικά" στο σχηματισμό μίας της διόφθαλμης εντύπωσης. Στη μεγαλύτερη πλειοψηφία και οι δύο ειδών κυριαρχίες ταυτίζονται.

Παρακάτω αναφέρονται οι τρόποι καθορισμού του κινητικά επικρατή οφθαλμού με βάση την αρθρογραφία (Seijas, et al., 2007).

3.2.1.1 Τρόποι καθορισμού κινητικά επικρατούς οφθαλμού

Για να καταφέρουμε να καταγράψουμε τον κινητικά επικρατή οφθαλμό στον εκάστοτε εξεταζόμενο χρησιμοποιούμε κάποιον από τους παρακάτω τρόπους εξέτασης:

- ✓ **Hole-in-Card Test:** Ο εξεταζόμενος κρατάει μία κάρτα με μία οπή στο κέντρο και του ζητείται να διακρίνει ένα στόχο που έχει θέσει ο εξεταζόμενος στα 6 μέτρα. Το μάτι με το οποίο βλέπει το στόχο χαρακτηρίζεται ως επικρατές. Ο εξεταστής μπορεί να το επιβεβαιώσει βλέποντας μπροστά από ποιο μάτι έχει τοποθετήσει την κάρτα.

- ✓ **Pointing-a-Finger Test:** Από τον εξεταζόμενο ζητείται να κρατήσει ένα μολύβι, και με τα δύο χέρια, και ανοίγοντας τα χέρια εμπρός σε πλήρη έκταση να σημαδέψει το στόχο που ο εξεταστής του έχει ορίσει. Ο εξεταζόμενος εναλλάσσοντας το στόχο μεταξύ των δύο ματιών πρέπει να ορίσει ποιο μάτι είναι ευθυγραμμισμένο με το στόχο. Το μάτι αυτό θεωρείται και το επικρατές.

- ✓ **Kaleidoscope Test:** Ο εξεταζόμενος κρατάει και με τα δύο χέρια του το καλειδοσκόπιο και του ζητείται να κοιτάξει μέσα σε αυτό. Το μάτι το οποίο θα επιλέξει προς παρατήρηση είναι και το επικρατές του.

- ✓ **Convergence Near Point Test:** Κατά τη διάρκεια της εξέτασης εύρεσης του εγγύος σημείου σύγκλισης, το μάτι που πρώτο αποκλίνει είναι το μη επικρατές.

3.2.1.2 Τρόποι καθορισμού αισθητηριακά επικρατούς οφθαλμού

Οι αντίστοιχοι τρόποι καθορισμού του αισθητηριακά επικρατούς οφθαλμού αποτελούνται από τις παρακάτω μεθόδους:

3. Τρόποι Διόρθωσης της Πρεσβυωπίας

- ✓ **Plus 1D Test (Near and Distance):** Με τον εξεταζόμενο σε απόσταση 6 m διόφθαλμα από το οπτότυπο και τοποθετώντας του εναλλάξ μπροστά από κάθε μάτι ένα θετικό φακό +1.00 D. Του ζητάμε να μας πει αν βλέπει καλύτερα όταν ο συγκλίνων φακός τοποθετείται μπροστά από το δεξιό ή το αριστερό του μάτι. Αν βλέπει καλύτερα, για παράδειγμα, με την θόλωση στο αριστερό του μάτι, ο δεξιός είναι ο αισθητηριακά επικρατής οφθαλμός για απόσταση και αντίστροφα. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για την κοντινή όραση, μόνο που εκεί ισχύει το αντίθετο. Αν ο εξεταζόμενος βλέπει καθαρότερα με το φακό στο δεξί του μάτι αυτό είναι και το αισθητηριακά επικρατές για κοντά.

- ✓ **Worth Test Near and Distance:** Στο Worth four-dot test, ο εξεταζόμενος κοιτάζει το στόχο με τα κόκκινα-πράσινα γυαλιά. Αυτό που εμάς μας ενδιαφέρει είναι το χρώμα της κεντρικής κουκκίδας του στόχου. Στην περίπτωση που η κουκκίδα έχει κοκκινωπή απόχρωση ως επικρατές χαρακτηρίζεται το μάτι που έχει εμπρός του το κόκκινο φίλτρο και αντιστοίχως όταν η κουκκίδα έχει πρασινωπή απόχρωση το επικρατές ορίζεται αυτό με το πράσινο φίλτρο εμπρός από το μάτι.

- ✓ **Polarized Test near and Distance:** Ο εξεταζόμενος καλείται να παρακολουθεί δύο γραμμές στο οπτότυπο και τοποθετούνται εμπρός από τα μάτια του ειδικοί φακοί που αποδεσμεύουν την όραση των δύο ματιών (κάθε μάτι βλέπει χωριστά). Ζητείται από τον εξεταζόμενο να μας πει ποια γραμμή βλέπει εντονότερα/καθαρότερα και αυτό το μάτι το οποίο έχει την καθαρότερη εικόνα θεωρείται το επικρατές.

- ✓ **Distance Stereotest:** Ο εξεταζόμενος φοράει πολωτικά γυαλιά και του ζητείται να κοιτάζει ένα στόχο στα 6 m μακριά που αποτελείται από τέσσερις γραμμές, δύο οριζόντιες και δύο κάθετες δημιουργώντας ένα σταυρό που είναι κενό στη μέση όπου παρουσιάζει stereodisparity με τις τέσσερις γραμμές. Ο εξεταζόμενος πρέπει να μας πει αν οι κάθετες γραμμές ευθυγραμμίζονται με το στόχο ή αν μετατοπίζονται προς τη μία πλευρά. Αν η μετατόπιση γίνει από τα δεξιά, ο δεξιός οφθαλμός θεωρείται ο επικρατής και αντίστροφα.

- ✓ **Haidinger Test:** Η εξέταση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια του συνοπτοφόρου. Από το δεξί μάτι, ο εξεταζόμενος, βλέπει μία προπέλα που κινείται σύμφωνα με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού και από το αριστερό μάτι βλέπει μία άλλη προπέλα που κινείται, αντιστοίχως, αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού. Οι εικόνες αυτές βλέπονται απομονωμένα και έπειτα και οι δύο μαζί. Όταν και οι δύο εικόνες είναι ορατές παράλληλα μπορείς να καταλάβεις τη κυριαρχία του οφθαλμού ανάλογα με την κίνηση της προπέλας. Αν αυτή κινείται με βάση τη φορά του ρολογιού, επικρατής θεωρείται ο δεξιός οφθαλμός και αντίστροφα, αν κινείται αντίθετα από τη φορά του ρολογιού είναι ο αριστερός. Αφού καθοριστεί η κυριαρχία αρχίζουμε να μειώνουμε το contrast του στόχου, για τον επικρατή οφθαλμό, με βήμα 5% έως ότου η κίνηση της προπέλας παρατηρηθεί ξανά ή φαίνεται να αλλάζει φορά. Το ποσοστό του contrast υπολογίζεται και στη συνέχεια από αυτό το επίπεδο κυριαρχίας υπολογίζεται. Για παράδειγμα, αν η αντίληψη της κίνησης γίνεται στα 70% contrast, η κυριαρχία υπολογίζεται στο 30%.

3.3 Τροποποιημένη μονο-όραση

Μια ποικιλία τροποποιημένων μεθόδων μονο-όρασης συχνά χρησιμοποιείται προκειμένου να προσφέρει καλύτερη απόδοση. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν την εφαρμογή του κυρίαρχου ματιού με ένα φακό επαφής μονής όρασης (με τη μακρινή ή την κοντινή διόρθωση, ανάλογα με τις απαιτήσεις όρασης του υποψηφίου) και του άλλου ματιού με ένα διπλοεστιακό ή και ένα πολυεστιακό φακό επαφής.

4 Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials, VEPs)

Τα οπτικά προκλητά δυναμικά αποτελούν μία αξιόπιστη και ανώδυνη αντικειμενική εξέταση για την αξιολόγηση νευρολογικών παθήσεων και την εκτίμηση λειτουργίας των αισθητηριακών συστημάτων και οδών.

Τα VEPs συνιστούν τις καταγραφές της ηλεκτρικής δραστηριότητας των νευρικών κυττάρων της οπτικής οδού. Τα οπτικά ερεθίσματα που χρησιμοποιούνται μπορούν πολλές και διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου και ανάλογα με τα ηλεκτρόδια (θέση αλλά και αριθμός αυτών) που θα τοποθετήσουμε καταγράψουμε αποκρίσεις από πολύ συγκεκριμένες περιοχές της οπτικής οδού.

4.1 Είδη ερεθισμάτων

Υπάρχουν αρκετές μορφές VEPs. Αν θελήσουμε όμως να τα διαχωρίσουμε με βάση το είδος του ερεθίσματος, διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες: τα pattern και τα flash ερεθίσματα.

4.1.1 Pattern ερεθίσματα

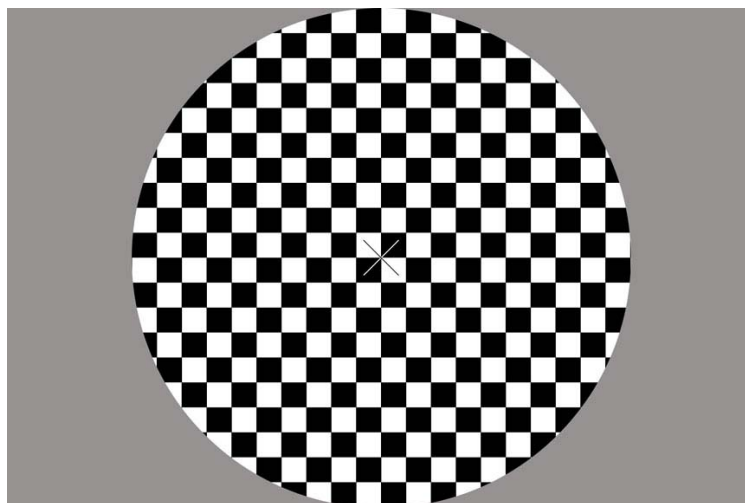
Πρόκειται για ερεθίσματα κυρίως τύπου σκακιέρας (checkerboard) και σπανιότερα τύπου gratings, τα οποία διακρίνονται στα reversal (αντιστροφή των τετραγώνων της σκακιέρας) και τα onset-offset (εμφάνιση και εξαφάνιση της σκακιέρας). Σύμφωνα με το *ISCEV (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision)* για να είναι συγκρίσιμες οι έρευνες που γίνονται

4. Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials, VEPs)

ανά τον κόσμο θα πρέπει να υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά σε αυτά τα ερεθίσματα.

Τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά είναι:

- ✓ ασπρόμαυρο checkerboard που να αποτελείται από ίσο αριθμό άσπρων και μαύρων τετραγώνων,
- ✓ απόσταση εξέτασης μεταξύ 50 - 150 cm εξασφαλίζοντας και ένα εύρος πεδίου $\geq 15^\circ$,
- ✓ μέγεθος των τετραγώνων μεταξύ 60 και 15 arcmin
- ✓ μία καλή φωτεινότητα περίπου στις 50 cd m^{-2}
- ✓ συχνότητα αντιστροφής των τετραγώνων 1-2 Hz (αναφερόμαστε στα pattern reversal ερεθίσματα),
- ✓ η τελική προς επεξεργασία κυματομορφή να διαμορφώνεται από το μέσο όρο 64 μετρήσεων.



Εικόνα 8: Τυπική μορφή σκακιέρας για την πραγματοποίηση των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών.

4.1.2 Flash ερεθίσματα

Όπως θα δούμε και παρακάτω το flash ερέθισμα είναι διάχυτο φως που φωτίζει το μάτι των εξεταζομένων.

4.2 Ταξινόμηση των VEPs βάσει του ISCEV

Οι τρεις βασικές κατηγορίες VEPs, βάσει του ISCEV, που χρησιμοποιούνται στη κλινική πράξη είναι οι ακόλουθες:

		VEPs		
Pattern	Flash	Others		
<ul style="list-style-type: none"> • Reversal • On- Off 		<ul style="list-style-type: none"> • Steady state • Sweep • Motion • Chromatic • Binocular • Stereo- Elicited • Multi- Channel • Heli- field • Multifocal • Multi- frequency • LED Goggle 		

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών βάσει του ISCEV

4.2.1 Pattern reversal VEPs

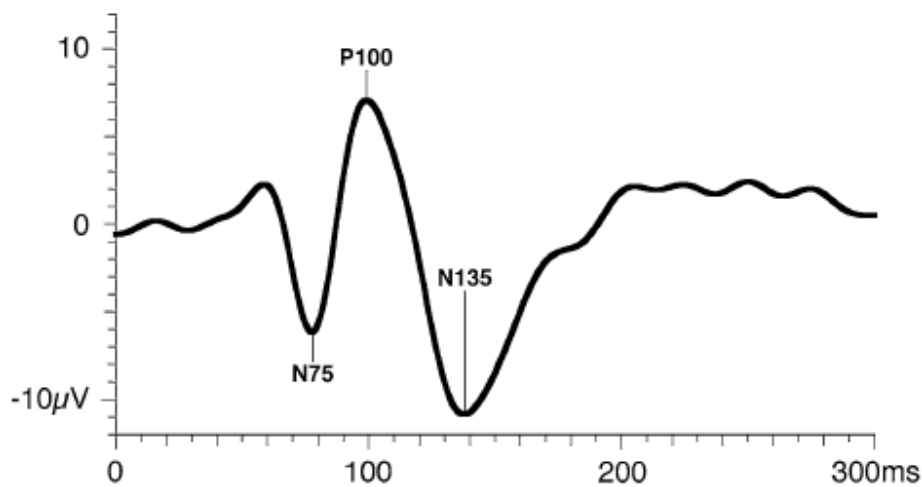
Τα pattern reversal VEPs είναι αυτά που προτιμώνται στην κλινική διάγνωση γιατί οι κυματομορφές και ο χρόνος τους παρουσιάζουν μικρότερες διακυμάνσεις σε σχέση με τα άλλα είδη των VEPs (Odom, et al., 2010).

Σε αυτό το είδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ερέθισμα είτε checkerboard (“σκακιέρα”) είτε gratings και καθορίζεται από τις εξής παραμέτρους: τη χωρική συχνότητα (cycles/degree) του checkerboard ή grating, τη συχνότητα αντιστροφής, το contrast, τη μέση φωτεινότητα, τον αριθμό αντιστροφής των τετραγώνων ή των gratings (Λαρετζάκη, 2006).

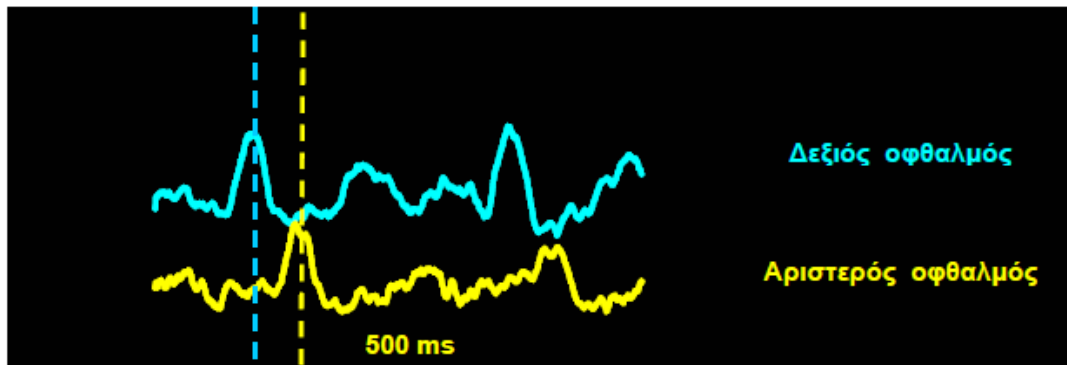
4. Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials, VEPs)

Τα σημεία μελέτης της κυματομορφής ενός pattern reversal VEP είναι τρία: ένα αρνητικό ελάχιστο περίπου στα 75 ms (N_{75}), ένα θετικό μέγιστο στα 100 ms (P_{100}) και ένα αρνητικό ελάχιστο στα 135 περίπου ms (N_{135}).

Η P_{100} αξιολογείται ως προς τη χρονική καθυστέρησή της (latency) και ως προς το πλάτος της (amplitude). Σε παθολογικές καταστάσεις που αφορούν κυρίως βλάβες του οπτικού νεύρου η P_{100} παρουσιάζεται με καθυστέρηση κάποιων ms και με μειωμένο το πλάτος μερικά μV (Λαρετζάκη, 2006).



Εικόνα 9: Φυσιολογική κυματομορφή pattern reversal VEP. Στο διάγραμμα φαίνονται τα βασικά σημεία της κυματομορφής. Για να υπολογισθεί σωστά το πλάτος (amplitude) της P_{100} πρέπει να εντοπισθεί το πρώτο αρνητικό ελάχιστο (N_{75}) (Odom et al., 2010).



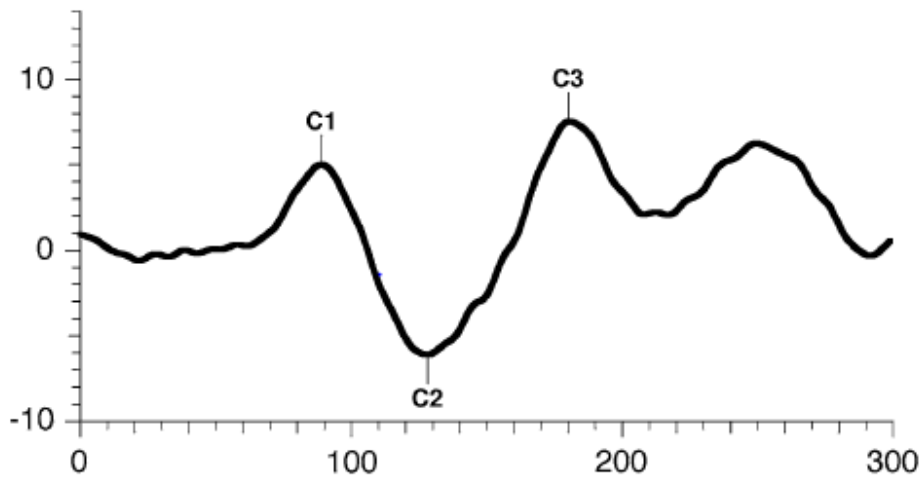
Εικόνα 10: Κυματομορφή VEPs σε οπτική νευρίτιδα. Στον αριστερό οφθαλμό που νοσεί είναι φανερή η καθυστέρηση της P100 (Λαρετζάκη, 2006).

4.2.2 Pattern onset/offset VEPs

Η τεχνική των onset/offset VEP δεν διαφέρει πολύ από αυτή των pattern reversal. Το ερέθισμα είναι και εδώ checkerboard ή grating με τη διαφορά ωστόσο πως σε αυτή τη τεχνική εμφανίζονται για περίπου 200 ms και εξαφανίζονται για 400 ms. Το ερέθισμα καθορίζεται και σε αυτή τη τεχνική από τις ίδιες παραμέτρους.

Η συγκεκριμένη τεχνική προτιμάται σε ασθενείς με νυσταγμό γιατί είναι λιγότερο ευαίσθητη στην κακή προσήλωση και τις οφθαλμικές κινήσεις (Λαρετζάκη, 2006). (Τσαούσης, 2008)

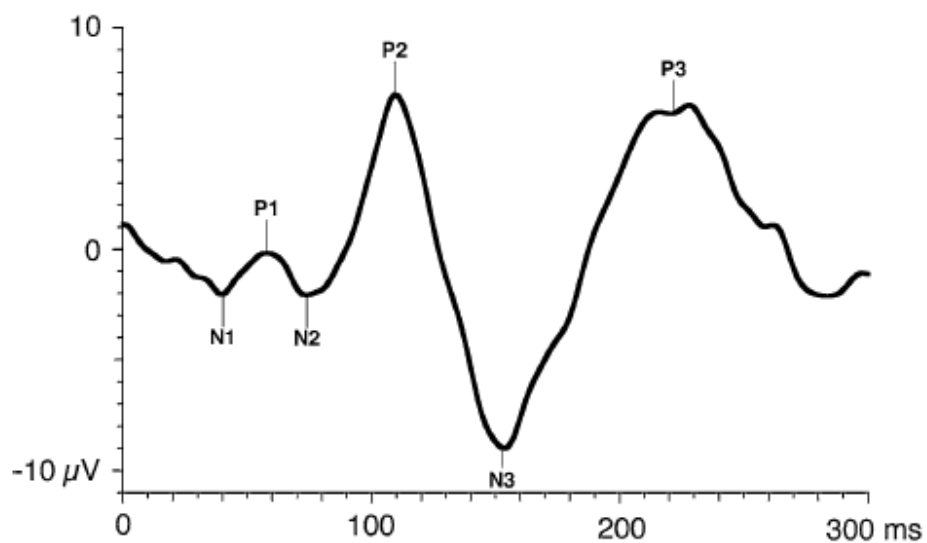
4. Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials, VEPs)



Εικόνα 11: Φυσιολογικό onset/offset VEP. Τα σημεία που μελετώνται είναι σημειωμένα στο διάγραμμα: C1 (θετικό μέγιστο ~ στα 75 ms), C2 (αρνητικό ελάχιστο ~ στα 125 ms) και C3 (θετικό μέγιστο ~ στα 175 ms) (Odom et al, 2010).

4.2.3 Flash VEPs

Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν χρησιμοποιείται κάποιο pattern ως ερέθισμα αλλά διάχυτο φως. Βρίσκουν εφαρμογή όταν τα pattern reversal δεν καταφέρνουν να καταγράψουν πληροφορία είτε λόγω “κακών” οπτικών είτε έλλειψης συνεργασίας του εξεταζόμενου (Τσαούσης, 2008).



Εικόνα 12: Φυσιολογικά flash VEP. Τα σημεία που κυρίως μελετούνται είναι τα N1 (αρνητικό ελάχιστο~ στα 90 ms) και P2 (θετικό μέγιστο~ στα 120 ms). Να σημειωθεί πως τα flash VEPs εμφανίζουν ισχυρή εξάρτηση με την ηλικία (Odom et al., 2010).

5 Μεθοδολογία

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων μας.

5.1 Μέθοδοι καταγραφής

Παρακάτω αναπτύσσονται διεξοδικά ο τρόπος οργάνωσης των μετρήσεων ως προς το ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε, την τεχνική VEPs και την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων καταγραφής.

5.1.1 Τεχνική VEP

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής των VEP που ακολουθήθηκε βασίστηκε στο γεγονός της μικρής διακύμανσης που παρατηρείται στα αποτελέσματα των καταγραφών της τεχνικής των Pattern-Reversal VEPs.

5.1.2 Παράμετροι ερεθίσματος

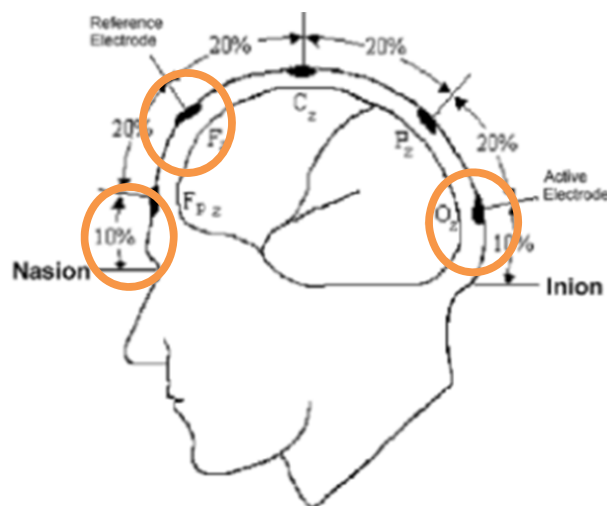
Το ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε είχε τη μορφή σκακιέρας (checkerboard), το μέγεθός του ήταν σταθερό στα 10 arcmin, το contrast του στο 100%, και η συχνότητά του στα 1,5 Hz και η φωτεινότητα καθορίστηκε στις 30 cd/m².

5.1.3 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων

Για την καταγραφή των ηλεκτρικών αποκρίσεων μπορούν τοποθετούνται ηλεκτρόδια σε συγκεκριμένες περιοχές του κρανίου, ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός προβληματικών περιοχών του οπτικού πεδίου. Για παράδειγμα η

5. Μεθοδολογία

καταγραφή VEPs για τη μελέτη δυσλειτουργιών στο επίπεδο του χιάσματος, απαιτεί την τοποθέτηση δύο επιπλέον ηλεκτροδίων, πλευρικά του ινίου. Στη συγκεκριμένη μελέτη γίνεται καταγραφή αποκρίσεων μετά το χιάσμα, και γι' αυτό τοποθετούνται τρία ηλεκτρόδια σε συγκεκριμένες θέσεις. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τρία ηλεκτρόδια τύπου Ag - Ag χλωρίου, διαμέτρου 9mm. Ανάλογα με την περιμετρο του κρανίου τοποθετείται ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς (reference electrode, - V) σε απόσταση από το ρινικό οστό ίση με το 20% της περιμέτρου (Θέση Fz), ενώ σε απόσταση από το ινίο ίση με το 10% της περιμέτρου (Θέση Oz) τοποθετείται το ηλεκτρόδιο καταγραφής (active electrode, +V). Ένα τρίτο ηλεκτρόδιο τοποθετείται ως γείωση (V = 0) στο μέτωπο.



Εικόνα 13: Σημεία τοποθέτησης των ηλεκτροδίων. Το ηλεκτρόδιο αναφοράς (reference electrode) τοποθετείται στην περιοχή Fz, όπως φαίνεται και στην εικόνα, το ηλεκτρόδιο καταγραφής (active electrode) στην περιοχή Oz και το ηλεκτρόδιο γείωσης στη βάση της μύτης (nasion). Πριν την τοποθέτησή τους τα αλείφουμε με ειδική κρέμα για να εξασφαλίσουμε καλή και σταθερή ηλεκτρική σύνδεση (Odom, et al., 2010).

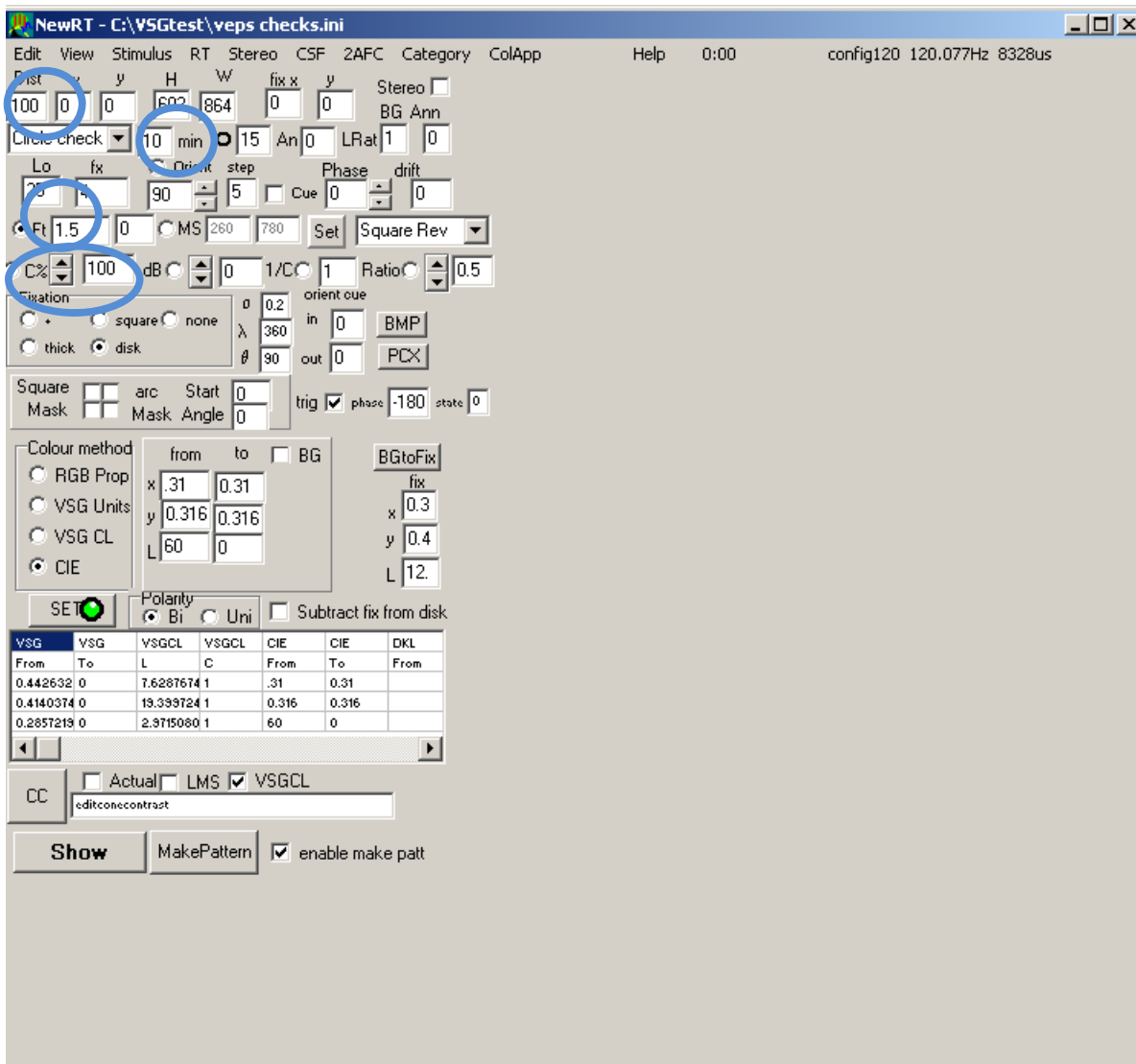
5.2 Παράμετροι προγράμματος καταγραφής

Παρακάτω γίνεται αναφορά στα υπολογιστικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό των παραμέτρων του ερεθίσματος και στα συστήματα ενίσχυσης και ανάλυσης του σήματος.

5.2.1 Ρυθμίσεις οθόνης

Το ερέθισμα που χρησιμοποιείται σε τέτοιου είδους ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες πρέπει να έχει πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (έχει γίνει αναφορά και σε προηγούμενο κεφάλαιο), όπως μέγεθος, συχνότητα, contrast. Τα παραπάνω αποτελούν τις παραμέτρους του ερεθίσματος και καθορίζονταν από το λογισμικό πρόγραμμα NewRT. Ο υπολογιστής που επεξεργάζεται το NewRT είναι συνδεδεμένος και με την οθόνη προβολής και με το σύστημα ενίσχυσης και επεξεργασίας του σήματος, το οποίο περιγράφεται παρακάτω, έτσι ώστε τα δύο αυτά συστήματα (εμφάνιση ερεθίσματος στην οθόνη – απόκριση εξεταζόμενου) να είναι σύγχρονα.

5. Μεθοδολογία



Εικόνα 14: Εικόνα από το λογισμικό προβολής ερεθίσματος NewRT. Με τους κύκλους παρατηρούμε μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος όπως η απόσταση μεταξύ εξεταζόμενου και οθόνης (100 cm), μέγεθος ερεθίσματος (10 arcmin), χρονική συχνότητα ερεθίσματος (3 Hz) και contrast (100%).

5.2.2 Ενίσχυση σήματος και averaging

Το πλάτος των αποκρίσεων από μια μέτρηση VEP είναι της τάξης των μV και για την περαιτέρω επεξεργασία του χρειάζεται ενίσχυση τουλάχιστον 20.000–50.000 φορές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός ενισχυτή CED 1902, ο

ο οποίος παρέχει 4 διαφορετικά κανάλια. Κάθε κανάλι έχει τη δυνατότητα καταγραφής VEPs από μια συγκεκριμένη περιοχή, επομένως είναι δυνατόν να μελετηθούν ταυτόχρονα δυναμικά τεσσάρων διαφορετικών περιοχών. Στην παρούσα εργασία τα ηλεκτρόδια καταγραφής συνδέθηκαν στο κανάλι μηδέν του ενισχυτή.

Επιπλέον, ο ενισχυτής μπορεί να φιλτράρει το εισερχόμενο σήμα από τις υψηλές ή τις χαμηλές συχνότητες (low pass, high pass filters) με σκοπό τη μείωση του θορύβου και άλλων ανεπιθύμητων κινήσεων (π.χ. βλεφαρισμούς) με αποτέλεσμα τον ακριβέστερο εντοπισμό του πλάτους και του χρόνου απόκρισης. Το σύστημα συμπληρώνει μια συσκευή συγχρονισμού (MICRO 1401 trigger). Το πρόγραμμα NewRT στέλνει στην οθόνη το ερέθισμα και το MICRO καταγράφει το σήμα. Αν τα δύο αυτά συστήματα δεν είναι συγχρονισμένα, τότε η χρονική στιγμή εμφάνισης του ερεθίσματος στην οθόνη δεν θα αντιστοιχούσε στο χρόνο απόκρισης στο ερέθισμα αυτό. Μέσω του trigger η στιγμή οη αντιστοιχίζεται στη στιγμή μηδέν της καταγραφής. Το trigger ενεργοποιείται με καθυστέρηση της τάξης των 10μsec, οπότε οι μετρήσεις μπορούν με ασφάλεια να θεωρηθούν ακριβείς. Όπως είναι αναμενόμενο, μετρήσεις τόσο μικρών αποκρίσεων πρέπει να επαναλαμβάνονται αρκετές φορές για κάθε συνθήκη, ώστε το τελικό συμπέρασμα να μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο. Μέσα από το λογισμικό πρόγραμμα Signal 3.10 μπορούμε να επιλέγουμε μεγάλο πλήθος μετρήσεων και να εξάγουμε από αυτές το μέσο όρο (averaging). Επιπλέον, είναι δυνατόν να απορρίπτουμε σήματα που περιέχουν πολύ θόρυβο ή βλεφαρισμούς. Κάτι τέτοιο βοηθάει στον καθορισμό του latency και του amplitude της τελικής καταγραφής με μεγαλύτερη ακρίβεια. Στη συγκεκριμένη εργασία η διάρκεια κάθε καταγραφής (sweep) ήταν 1sec, ενώ για κάθε μέτρηση χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος (averaging) από 40 sweeps.

5.3 Προετοιμασία Εξεταζόμενου

Η καταγραφή καθαρού σήματος προϋποθέτει καλή αγωγιμότητα του σημείου επαφής του εξεταζόμενου με τα ηλεκτρόδια. Τα νεκρά κύτταρα του δέρματος αυξάνουν την αντίσταση (επομένως μειώνουν την αγωγιμότητα) με αποτέλεσμα το σήμα να εμφανίζεται εξασθενημένο. Για τη αύξηση της αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε φαρμακευτικό οινόπνευμα 95° για την απομάκρυνση των νεκρών κυττάρων του δέρματος. Στη συνέχεια, ο δίσκος των ηλεκτροδίων επαλείφεται με αγωγή κρέμα Ten20 και τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στις προκαθορισμένες θέσεις τους. Τέλος, τα ηλεκτρόδια στερεώνονται στο κρανίο με την ειδική κολλητική ταινία.



Εικόνα 15: Ειδική αγωγή και συγκολλητική κρέμα για την εσωτερική επάλειψη των ηλεκτροδίων (δεξιά). Ειδική κολλητική ταινία για τη στερέωση των ηλεκτροδίων (αριστερά).

5.4 Επιλογή εξεταζόμενων

Στις μετρήσεις έλαβαν μέρος 12 συμμετέχοντες (7 γυναίκες, 5 άντρες), μέσης ηλικίας στα $29 \pm 6,8$ έτη (με ηλικιακό εύρος από 19- 43 έτη), χωρίς παθολογικά προβλήματα όρασης και με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική τους διόρθωση. Οι καταγραφές VEPs έγιναν για επικρατή και μη επικρατή οφθαλμό, αλλά και διόφθαλμα, με τεχνητή προκλητή ανισομετροπία (με

χρήση οφθαλμικών φακών) έως και 3,5 D για τη μονο-όραση και έως 3,00 D για τη διόφθαλμη όραση. Οι μετρήσεις έγιναν σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο για να τηρηθούν τα κριτήρια φωτισμού. Οι εξεταζόμενοι έκαναν συχνά διαλείμματα για να αποφύγουμε τις «κακές» μετρήσεις λόγω κούρασης αλλά και για να μην προσαρμόζονταν στις χαμηλές συνθήκες φωτισμού. Στη συνέχεια, γίνονταν και η λήψη οπτικής οξύτητας στις ίδιες ακριβώς συνθήκες θόλωσης που έγιναν και τα VEPs, για να μπορεί να γίνει η σύγκριση των αποκρίσεων με μια πιο χαρακτηριστική έννοια της «ποσοτικής» μας όρασης.

Τέλος, κατά την διαδικασία της επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων μας εντοπίστηκε το latency της P100 και υπολογίστηκε το πλάτος της από το προηγούμενο ελάχιστο N75.

Αρχικά Ονομάτων	Έτος Γέννησης	OD-μακρινή διόρθωση			OS-μακρινή διόρθωση			Κινητικά Επικρατής Οφθαλμός	Αισθητηριακά Επικρατής Οφθαλμός
		sph	cyl	axis	sph	cyl	axis		
SP	1970	-2.00	+0.00	0	-1.75	+0.00	0	LE	LE
MP	1987	+0.25	-0.75	180	+0.00	-0.25	180	RE	RE
EP	1988	+0.00	+0.00	0	+0.00	+0.00	0	LE	LE
ΧΑ	1988	+0.00	+0.00	0	+0.00	+0.00	0	RE	RE
MK	1984	+0.50	+0.00	0	+0.50	+0.00	0	LE	LE
TG	1980	+0.25	+0.00	0	+0.50	+0.00	0	LE	LE
NK	1978	+0.25	+0.00	0	+0.25	+0.00	0	RE	RE
ET	1988	+0.50	+0.00	0	+0.50	+0.00	0	RE	RE
LL	1978	+0.00	+0.00	0	+0.25	+0.00	0	RE	RE
TL	1978	-0.75	+0.00	0	-1.00	+0.00	0	RE	RE
AT	1990	+0.00	+0.00	0	+0.00	+0.00	0	RE	RE
KS	1990	+0.25	+0.00	0	+0.25	+0.00	0	RE	RE

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας εξεταζόμενων. Περιλαμβάνει έτος γέννησης, καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση για μακρία και κυριαρχία οφθαλμού (sighting & perceptual).

5.5 Σύγκριση αποκρίσεων σε επίπεδα κόρης 3 & 6 mm

Πραγματοποιήθηκαν μερικές επιπλέον μετρήσεις σε επιλεγμένους εξεταζόμενους, για τις οποίες ακολουθήθηκαν οι ίδιες διαδικασίες με κάποιες παραλλαγές. Επιλέχθηκαν τυχαία τρία άτομα από το δείγμα, στα οποία εφαρμόστηκε κυκλοπληγία πριν την έναρξη των μετρήσεων. Για να έχουμε ένα ελεγχόμενο μέγεθος κόρης, χρησιμοποιήσαμε διαφράγματα των 3 και 6 mm. Οι μετρήσεις έγιναν με βάση την καλύτερη διόρθωση των εξεταζομένων για μακριά, με αυξανόμενο βήμα θόλωσης 1,00 D.

Το αναμενόμενο αποτέλεσμα βάσει της βιβλιογραφίας είναι οι εξεταζόμενοι να έχουν συντομότερους χρόνους εμφάνισης της P_{100} , με την κόρη των 6mm, απ' ότι με την κόρη των 3mm (βλ. Γράφημα 23)

6 Αποτελέσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παραθέτουμε συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας, όπως παρατηρήθηκαν από τα πειράματα που διεξήχθησαν βάσει της διαδικασίας που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στο Παράρτημα, επίσης, της παρούσας εργασίας βρίσκονται οι αναλυτικοί πίνακες από όπου προκύπτουν τα γραφήματα που ακολουθούν.

Σε αυτά θα παρατηρήσετε το μέσο όρο των μετρήσεων όλων των εξεταζόμενων για τις αντίστοιχες διοπτρίες (D) θόλωσης που εκτελέστηκε κάθε πείραμα, καθώς και τις ανάλογες τυπικές αποκλίσεις.

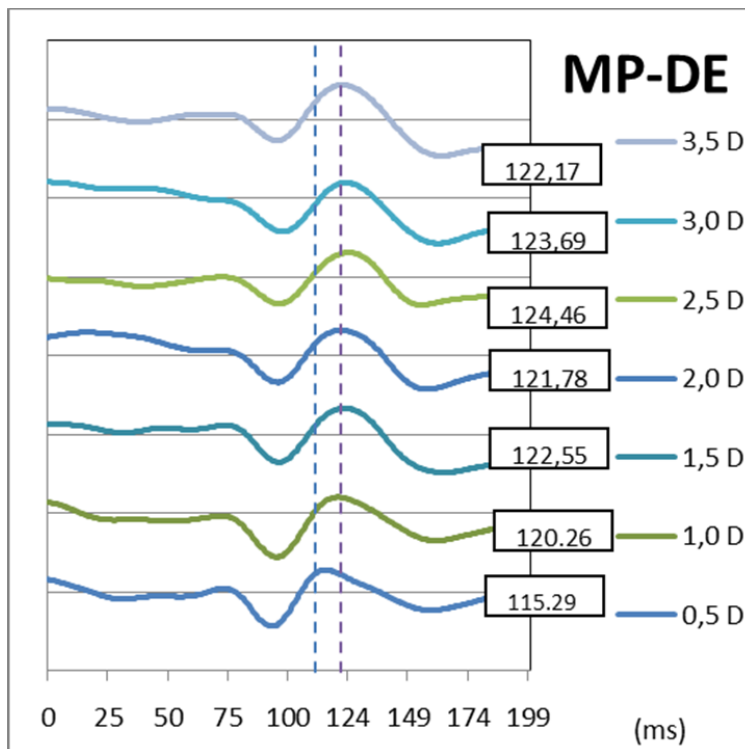
Τα αποτελέσματα, όπως είναι λογικό, παρουσίαζαν κάποιες διακυμάνσεις. Για αυτό τον λόγο, παρεμβάλαμε σε αυτά μία καμπύλη (trendline) η οποία επιχειρεί να αποτυπώσει το γενικότερο μοτίβο που δημιουργείται βάσει αυτών. Χρησιμοποιήθηκε πολυωνυμική καμπύλη, δευτέρου βαθμού, γύρω από τα σημεία των μέσων όρων.

Στα γραφήματα σημειώσαμε την εξίσωση της κάθε μίας από αυτές ξεχωριστά, μαζί με τον συντελεστή προσδιορισμού της καθεμίας (coefficient of determination), που συμβολίζεται με R^2 . Ο συγκεκριμένος δεν είναι τίποτε άλλο, παρά μία ένδειξη για το πόσο καλά αποτυπώνεται από την κάθε καμπύλη η τάση των δεδομένων. Μία προσεγγιστική καμπύλη με συντελεστή κοντά στο 1 είναι μια πάρα πολύ καλή στατιστική εκτίμηση του γενικού μοτίβου (ο συντελεστής λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1).

6.1 Μελέτη χρόνου απόκρισης

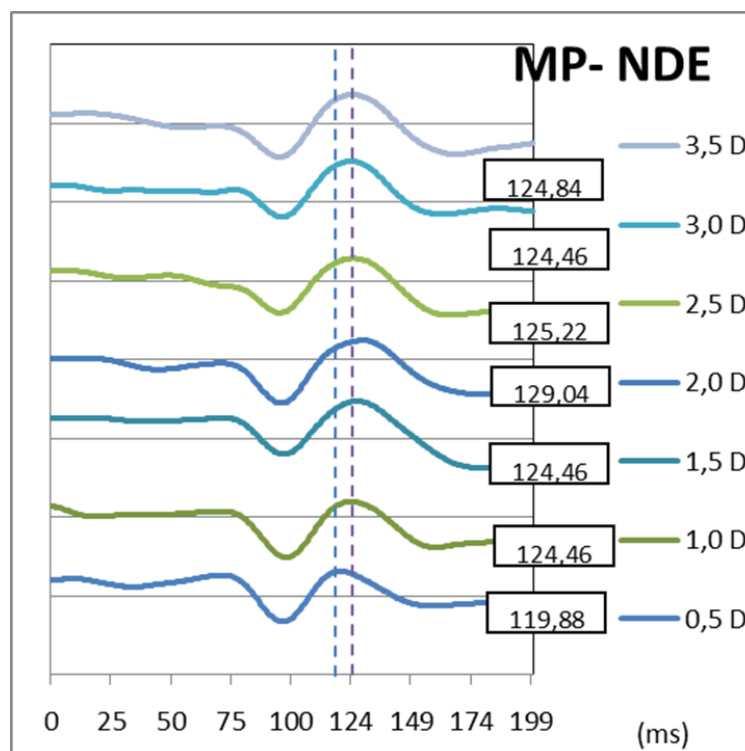
6.1.1 Αρχική μελέτη

Πριν την παράθεση των τελικών γραφημάτων των αποτελεσμάτων του λανθάνοντα χρόνου, επισυνάπτουμε τα παρακάτω τρία γραφήματα που παρουσιάζουν τις ατομικές μετρήσεις των αποκρίσεων ενός εξεταζόμενου (MP), για συνθήκες μονο-όρασης που αφορούν τον επικρατή και μη επικρατή οφθαλμό καθώς και συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης.



Γράφημα 2: Τμήμα της κυματομορφής (πρώτα 199 ms) του εξεταζόμενου MP για συνθήκες μονο-όρασης με θολωμένο τον επικρατή οφθαλμό. Η πρώτη κατακόρυφη γραμμή (μπλε γραμμή) αφορά την εμφάνιση της P100 για ανισομετρωπία 0,50 D, ενώ η δεύτερη γραμμή (μωβ) αφορά την αντίστοιχη για ανισομετρωπία 3,50 D. Παρατηρούμε πως με την αύξηση της θόλωσης οι αλλαγές που εμφανίζονται στην κυματομορφή είναι μικρές τόσο στο λανθάνοντα χρόνο όσο και στο πλάτος απόκρισης.

Γράφημα 3: Τμήμα της κυματομορφής (πρώτα 199 ms) του εξεταζόμενου ΜΡ για συνθήκες μονο-όρασης με θολωμένο τον επικρατή οφθαλμό. Η πρώτη κατακόρυφη γραμμή (μπλε γραμμή) αφορά την εμφάνιση της P100 για ανισομετρωπία 0,50 D, ενώ η δεύτερη γραμμή (μωβ) αφορά την αντίστοιχη για ανισομετρωπία 3,50 D. Παρατηρούμε πως με την αύξηση της θόλωσης οι αλλαγές που εμφανίζονται στην κυματομορφή είναι μικρές τόσο στο λανθάνοντα χρόνο όσο και στο πλάτος απόκρισης.

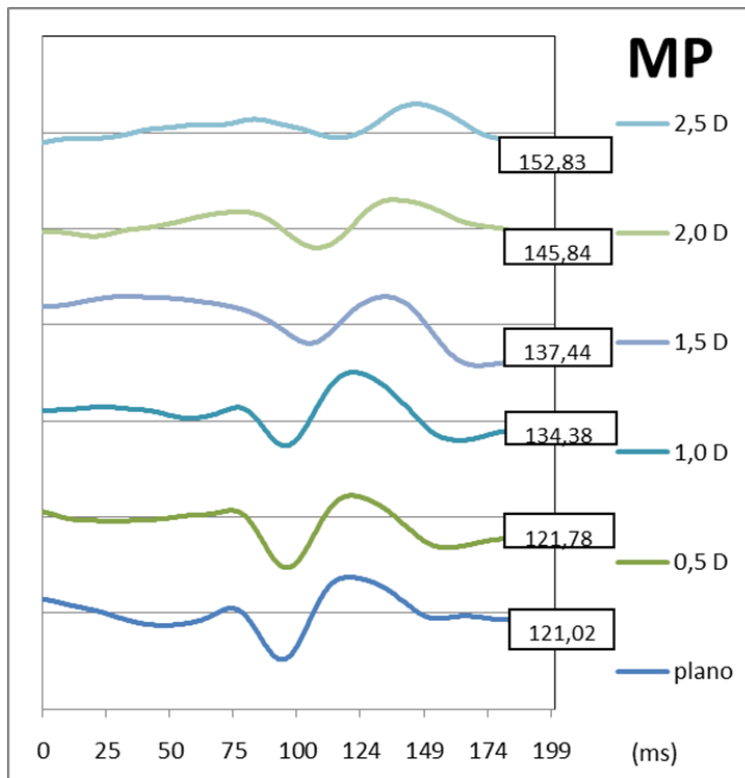


Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω γραφήματα (Γράφημα 2 και Γράφημα 3), οι διαφορές που παρουσιάζονται στα βήματα θόλωσης για τις συνθήκες της μονο-όρασης είναι μικρές, τόσο στο λανθάνοντα χρόνο όσο και στο πλάτος της απόκρισης. Οι κυματομορφές, θα λέγαμε πως παρουσιάζουν μία σταθερή μορφή, σε όλα τα βήματα της τεχνητής ανισομετρωπίας, με μία μέγιστη επιδείνωση του χρόνου απόκρισης της τάξεως των 10 μόλις msec.

Τα αποτελέσματα φαίνεται να μην παρουσιάζουν αλλαγές όταν η μονο-όραση εφαρμόζεται είτε στον επικρατή είτε στο μη επικρατή οφθαλμό. Ενδιαφέρον όμως θα είχε να διερευνηθούν και οι διαφορές που παρουσιάζονται, στην κυματομορφή των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών, κατά τις συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης.

Τα αποτελέσματα της διόφθαλμης θόλωσης παραθέτονται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4).

6. Αποτελέσματα

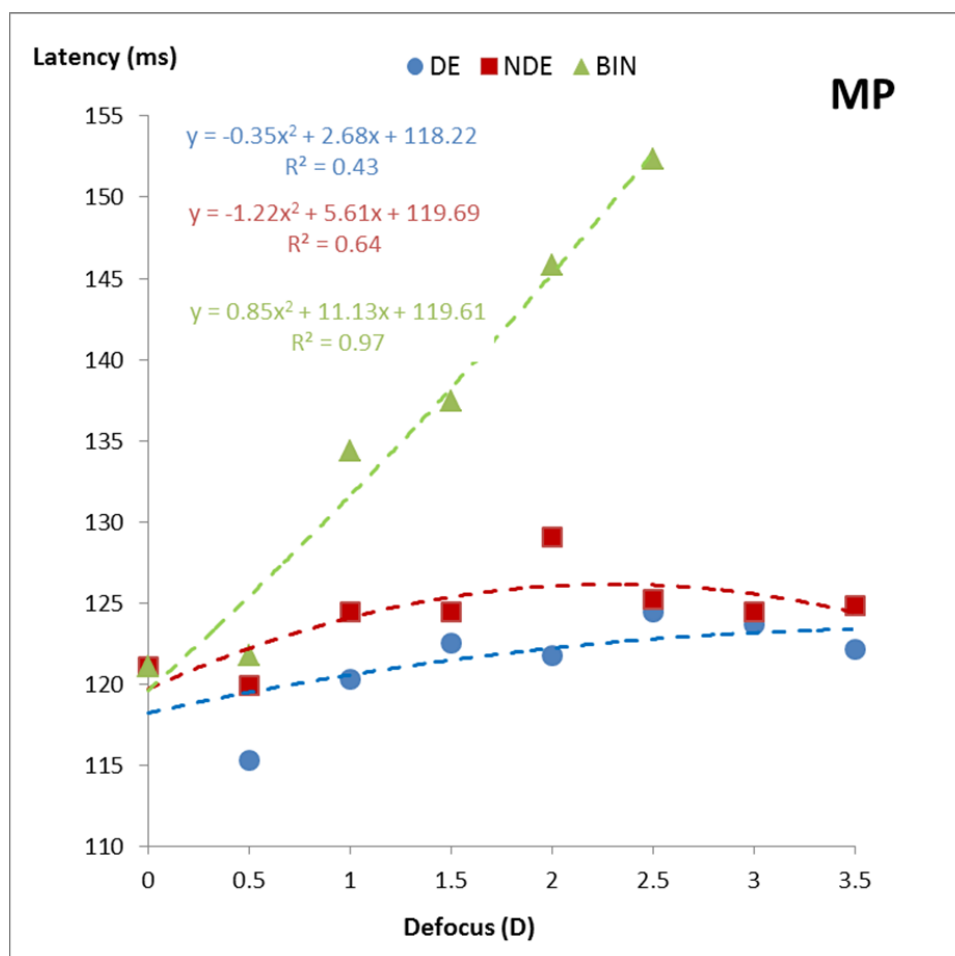


Γράφημα 4: Τμήμα της κυματομορφής (πρώτα 199 ms) του εξεταζόμενου MP για συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης. Παρατηρούμε πως με την αύξηση της θόλωσης οι αλλαγές που εμφανίζονται στην κυματομορφή είναι αισθητές. Σε μεγάλες συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης ($\geq 2,00$ D) παρατηρούμε πως η κυματομορφή αρχίζει να χάνει την φυσιολογική της μορφή με αποτέλεσμα για θόλωση μεγαλύτερη των 2,50 D να μην καταγράφουμε αξιολογήσιμες αποκρίσεις.

Στο γράφημα παρατήρησης της κυματομορφής του εξεταζόμενου MP για συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης, παρατηρούμε πως σε κάθε βήμα θόλωσης ο λανθάνων χρόνος αυξάνεται, με σταθερό ρυθμό, ενώ το ακριβώς αντίθετο παρατηρούμε για το πλάτος απόκρισης, το οποίο μειώνεται με σταθερό ρυθμό με την αύξηση του λανθάνοντα χρόνου, φθάνοντας σε σημείο το πλάτος να είναι τόσο μικρό που η P100 και συνεπώς όλη η κυματομορφή να μην είναι αξιολογήσιμες.

Συνοψίζοντας, με βάση όλα τα προηγούμενα γραφήματα αυτό που αναμένουμε να δούμε στο συγκεντρωτικό γράφημα του εξεταζόμενου MP είναι οι τιμές του λανθάνοντα χρόνου για τις συνθήκες μονο-όρασης να μην επηρεάζονται σημαντικά από το θόλωση, αλλά και οι τιμές μεταξύ επικρατή και μη, οφθαλμού να είναι αρκετά κοντά. Αντίστοιχα για τη διόφθαλμη θόλωση αναμένουμε σημαντική καθυστέρηση της εμφάνισης της κορυφής P100.

Παρακάτω (Γράφημα 5) παραθέτουμε το συγκεντρωτικό γράφημα του λανθάνοντα χρόνου του εξεταζόμενου ΜΡ, για τις συνθήκες μονο-όρασης (επικρατής και μη επικρατής οφθαλμός) και τις συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης.



Γράφημα 5: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του λανθάνοντος χρόνου (latency) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της θόλωσης (defocus) για τον εξεταζόμενο ΜΡ. Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν με θολωμένο τον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: DE), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: NDE) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν διόφθαλμη θόλωση (συμβ: BIN).

Παρατηρώντας τα προηγούμενα γραφήματα παίρνουμε μία πρώτη εικόνα για τα αποτελέσματα του μέσου όρου, που ακολουθούν. Αυτό που

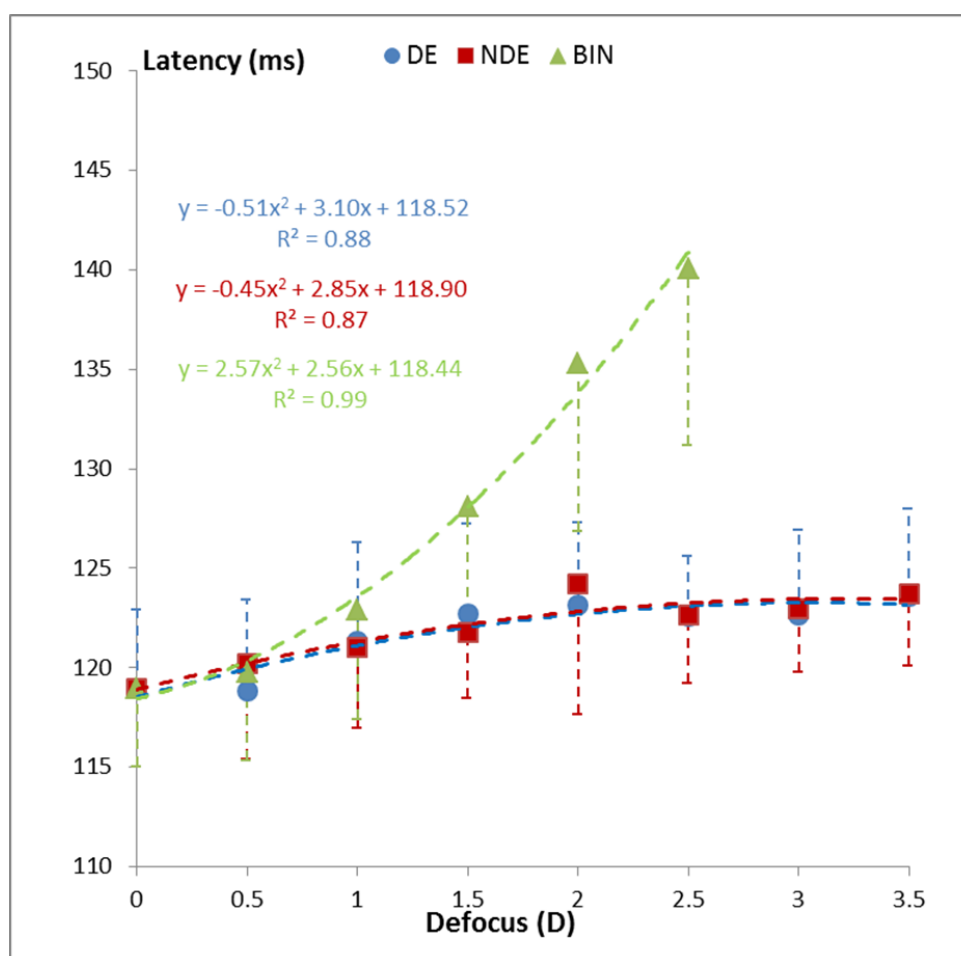
6. Αποτελέσματα

αναμένουμε είναι να μην παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στις αποκρίσεις για τις συνθήκες της μονο-όρασης, για τον επικρατή και μη επικρατή οφθαλμό, ενώ, αναμένουμε σημαντική καθυστέρηση κατά τις συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης.

Οι αποκρίσεις, όπως είναι γνωστό, των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών επηρεάζονται άμεσα από τη θόλωση. Παράγοντας για να έχουμε ορθά αποτελέσματα, τόσο στην κλινική πράξη όσο και σε ερευνητικό επίπεδο, είναι η σωστή διόρθωση του εξεταζομένου. Μικρές αλλαγές σε αυτήν μπορούν να επηρεάσουν τη καθυστέρηση της P_{100} καθώς και να παρουσιάσουν αλλαγές και στο πλάτος.

Στη συνέχεια, παραθέτουμε το συγκεντρωτικό γράφημα (Γράφημα 6) του μέσου όρου όλων των συμμετεχόντων για συνθήκες μονο-όρασης αλλά και συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης συναρτήσει της θόλωσης που εφαρμόστηκε.

Το πρώτο που παρατηρούμε είναι ότι οι χρόνοι που προέκυψαν από την διόφθαλμη εφαρμογή της θόλωσης αυξάνουν σχεδόν σταθερά με την αντίστοιχη αύξηση στις διοπτρίες, ενώ αντίθετα, δεν παρατηρείται παρόμοια αύξηση κατά την εφαρμογή της μονο-όρασης. Αυτό είναι λογικό και συμφωνεί με όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω.



Γράφημα 6: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του λανθάνοντος χρόνου (latency) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της θόλωσης (defocus). Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν με θολωμένο τον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: DE), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: NDE) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν διόφθαλμη θόλωση (συμβ: BIN).

Στην περίπτωση της μονο-όρασης, παρόλο που παρατηρείται μία λογική καθυστέρηση με την εφαρμογή της θόλωσης, δεν είναι τόσο έντονη όσο στην κατάσταση διόφθαλμης θόλωσης, γεγονός που εξηγείται, από την ικανότητα του εγκεφάλου να απωθεί το θολό αμφιβληστροειδικό είδωλο (βασικό στοιχείο της μονο-όρασης).

Είναι, ωστόσο, εξίσου σημαντικό να παρατηρηθεί η τάση που απεικονίζεται από την καμπύλη (trend line) των αποτελεσμάτων. Η τάση

6. Αποτελέσματα

δηλαδή να αποκτήσει μέγιστο κατά τις «μεσαίες» διοπτρίες (2,0 - 2,5 D), γεγονός που θα μπορούσε να εξηγηθεί ως μια ικανότητα των εξεταζομένων να «προσαρμόζονται» καθώς η θόλωση στον έναν οφθαλμό αυξάνεται. Θα μπορούσε αυτή η ικανότητα να αποτελεί απόρροια της ηλικιακής τάξης των ατόμων που αποτέλεσαν δείγμα της μελέτης μας.

Όσον αφορά, τον τρόπο εφαρμογής της μονο-όρασης, την επιλογή, δηλαδή, του οφθαλμού τον οποίο ορίζουμε ως υπεύθυνο για κοντινή όραση, παρατηρούμε πως δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές όταν για κοντινή παρατήρηση (απόσταση ενός μέτρου) χρησιμοποιείται ο επικρατής ή ο μη επικρατής οφθαλμός.

Θα πρέπει, τώρα λοιπόν, να εξετάσουμε αν η διαφορά που παρατηρήσαμε είναι στατιστικά σημαντική. Αρχικά, ορίζουμε τη μηδενική υπόθεση (ότι οι μέσοι όροι συγκεκριμένων μετρήσεων είναι ίσοι), αν η σημαντικότητα (significance) είναι μεγαλύτερη από μία ορισμένη τιμή (στις αναλύσεις μας το ορίσαμε στο 5%), η μηδενική υπόθεση ισχύει. Στην αντίθετη περίπτωση η διαφορά μας χαρακτηρίζεται ως στατιστικά μη σημαντική.

Με τη βοήθεια της στατιστικής θα επιβεβαιώσουμε πως δεν υπάρχουν ούτε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τον οφθαλμό εφαρμογής της μονο-όρασης, για την απόσταση του ενός μέτρου.

Για την ολοκλήρωση της στατιστικής μελέτης πραγματοποιήσαμε t-test (paired, two tailed) μεταξύ των μετρήσεων με τη βοήθεια του Excel (

Πίνακας 3). Αρχικά, συγκρίναμε τις μετρήσεις για κάθε βήμα θόλωσης μεταξύ DE και NDE. Στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε για τις τιμές μεταξύ των δύο οφθαλμών.

Την ίδια μέθοδο ακολουθήσαμε για να συγκρίνουμε και τις τιμές μεταξύ DE και NDE με τις αντίστοιχες τιμές για τη διόφθαλμη θόλωση. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε για τιμές θόλωσης 1,5 D έως 2,5 D.

Έπειτα συγκρίναμε την τιμή της διόφθαλμης παρατήρησης, με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση (BIN in focus), με όλες τις τιμές θόλωσης του DE και του NDE. Σε αυτή τη περίπτωση στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στο DE για τιμές 1,50 D έως 3,50 D, αντίστοιχα για το NDE για τιμές 1,00 D έως 3,50 D.

T-Test για Λανθάνοντα Χρόνο					
Βήμα Θόλωσης	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ DE και NDE	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ DE και BIN	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ NDE και BIN	Συσχέτιση του BIN in focus με όλα τα βήματα θόλωσης του DE	Συσχέτιση του BIN in focus με όλα τα βήματα θόλωσης του NDE
0,50 D	0.089	0.464	0.738	0.887	0.275
1,00 D	0.753	0.317	0.088	0.097	0.030
1,50 D	0.403	0.002	0.002	0.010	0.000
2,00 D	0.422	0.000	0.000	0.002	0.020
2,50 D	0.873	0.000	0.000	0.003	0.001
3,00 D	0.795			0.005	0.004
3,50 D	0.912			0.009	0.002

Πίνακας 3: Paired two-tailed t-test (sig. 0.05) του λανθάνοντος χρόνου. Ανά στήλη περιλαμβάνει τα αποτελέσματα μεταξύ των DE, NDE και BIN και για κάθε step θόλωσης. Η τέταρτη και η πέμπτη αφορούν την διόφθαλμη όραση με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση του κάθε εξεταζόμενου σε σχέση με το κάθε step θόλωσης για DE και NDE. Με γκρι οι τιμές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Τέλος, συγκρίναμε τις μετρήσεις μας σε δύο διαδοχικά βήματα θόλωσης πρώτα για DE και έπειτα για NDE. Μόνο στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά και αυτή για τις τιμές 0,50 D – 1,00 D.

6. Αποτελέσματα

T-Test για Λανθάνοντα Χρόνο		
Θόλωση	DE (συσχέτιση μεταξύ 2 διαδοχικών βημάτων θόλωσης)	NDE (συσχέτιση μεταξύ 2 διαδοχικών βημάτων θόλωσης)
0,00 με 0,50 D	0.887	0.275
0,50 με 1,00 D	0.009	0.260
1,00 με 1,50 D	0.124	0.374
1,50 με 2,00 D	0.577	0.161
2,00 με 2,50 D	0.467	0.264
2,50 με 3,00 D	0.880	0.683
3,00 με 3,50 D	0.770	0.876

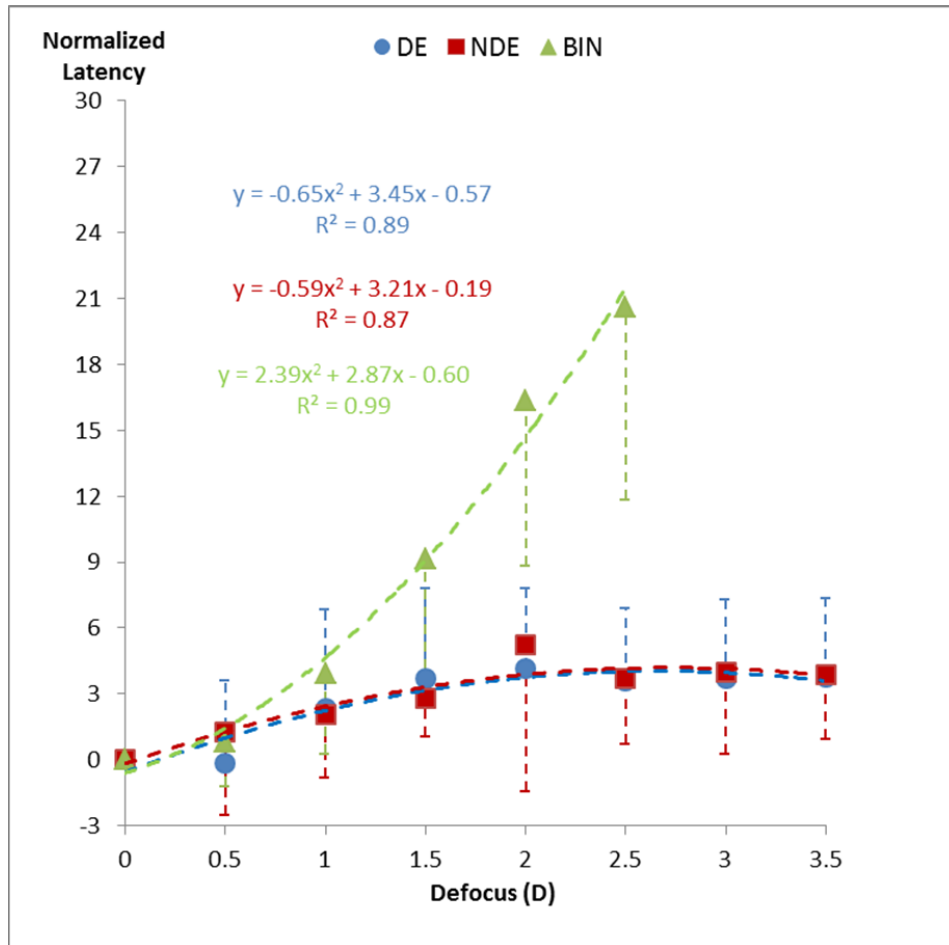
Πίνακας 4: Paired two-tailed t-test (sig. 0.05) του λανθάνοντος χρόνου. Αφορούν στατιστικά που έχουν πραγματοποιηθεί για δύο διαδοχικά βήματα θόλωσης για DE και NDE. Με γκρι οι τιμές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

6.1.2 Κανονικοποίηση του λανθάνοντα χρόνου

Για να εξασφαλιστεί μία ομοιομορφία στις μετρήσεις μας, αλλά και για να έχουμε μία εικόνα της αλλαγής που λαμβάνει χώρα με κάθε βήμα θόλωσης, σε σχέση πάντα με τη βέλτιστη συνθήκη όρασης, ακολουθήθηκε διαδικασία κανονικοποίησης του λανθάνοντα χρόνου.

Η διαδικασία είχε ως εξής, θεωρώντας το βέλτιστο χρόνο απόκρισης στην κατάσταση διόφθαλμης όρασης (bin in focus) με τη καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση, αφαιρέσαμε από αυτήν όλες τις άλλες μετρήσεις στα υπόλοιπα βήματα θόλωσης.

Έτσι, καταλήξαμε στο γράφημα που ακολουθεί που η μορφή του είναι ίδια με το Γράφημα 6, με τη διαφορά πως για τις θετικές τιμές παρατηρείται καθυστέρηση του λανθάνοντα χρόνου ενώ, για τις αρνητικές τιμές, παρατηρείται μείωση του λανθάνοντα χρόνου.



Γράφημα 7: : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του κανονικοποιημένου χρόνου απόκρισης (normalized latency) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της θόλωσης (defocus). Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν με θολωμένο τον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: DE), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: NDE) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν με διόφθαλμη θόλωση (συμβ: BIN).

Τα κανονικοποιημένα αποτελέσματα μπορούν να βρεθούν στο Παράρτημα (Π.2).

6.2 Μελέτη του πλάτους απόκρισης

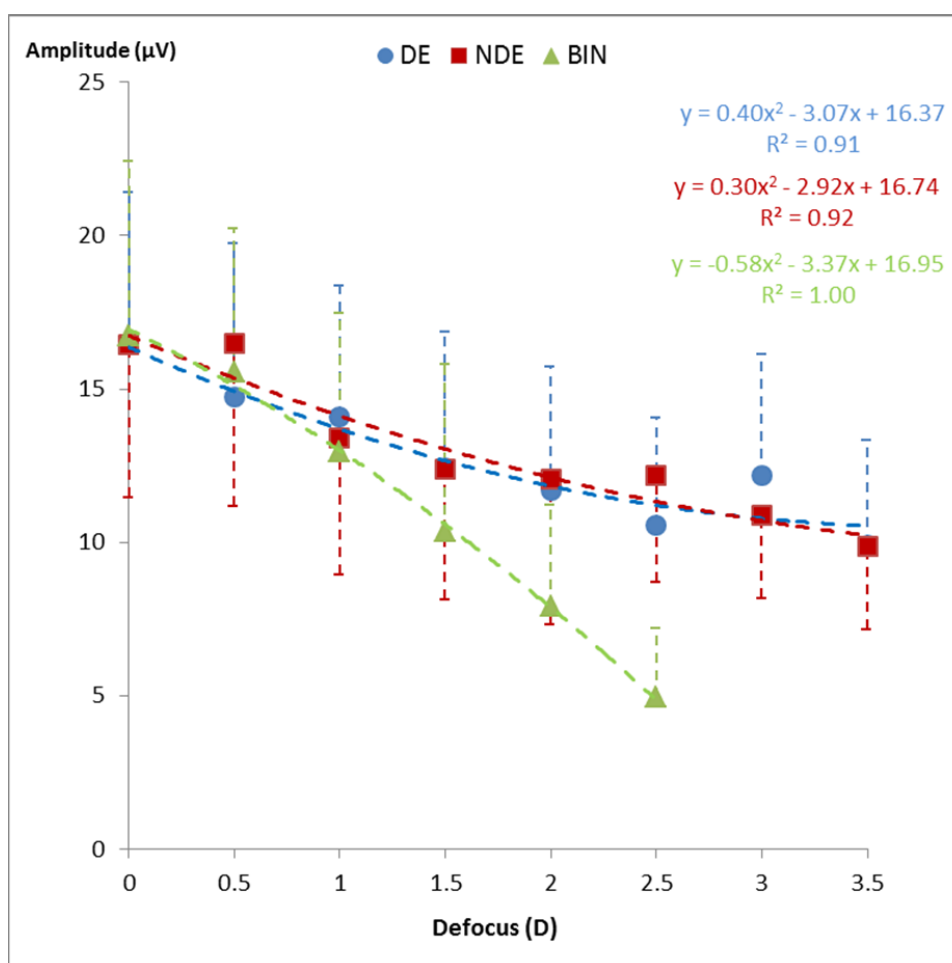
6.2.1 Αρχική μελέτη

Προχωρώντας στην ανάλυση των συμπερασμάτων μας, περνάμε στη δεύτερη βασική συνιστώσα των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών, το πλάτος απόκρισης.

Αν και πολύ πιο “ευαίσθητο” χαρακτηριστικό της μεθόδου μας, μας δείχνει μία αρκετά σημαντική εικόνα για το πώς επηρεάζονται οι αποκρίσεις συναρτήσεων καταστάσεων θόλωσης.

Αντίστοιχα με το παραπάνω κεφάλαιο, παραθέτουμε το συγκεντρωτικό γράφημα του μέσου όρου όλων των εξεταζόμενων για το πλάτος απόκρισης συναρτήσεων όλων των βημάτων θόλωσης που πραγματοποιήθηκαν στη μελέτη μας.

Αυτό που αναμένουμε να παρατηρήσουμε δε διαφέρει με αυτό που παρατηρήσαμε και το χρόνο απόκρισης. Δηλαδή, μικρές οι διαφορές (το πλάτος μειώνεται σε συνθήκες θόλωσης) στα πλάτη απόκρισης για DE και NDE, ενώ, για καταστάσεις διόφθαλμης θόλωσης αναμένουμε σημαντική μείωση στο εύρος του πλάτους της P100.



Γράφημα 8: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του πλάτους απόκρισης (amplitude) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της θόλωσης (defocus). Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν με θολωμένο τον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: DE), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: NDE) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν με διόφθαλμη θόλωση (συμβ: BIN).

Όπως παρατηρούμε και στο Γράφημα 8 δεν σημειώνονται σημαντικές διαφορές στο πλάτος απόκρισης όταν η εφαρμογή της μονο-όρασης πραγματοποιείται στο DE και NDE. Οι τιμές παρατηρούμε πως είναι πολύ κοντά σε σχεδόν όλα τα βήματα θόλωσης και συγκεκριμένα στα βήματα 1,5 D και 3,5 D παρατηρούμε πως σχεδόν ταυτίζονται.

Όσον αφορά τη διόφθαλμη θόλωση, αυτό που παρατηρούμε είναι πως το πλάτος της P100 μειώνεται σταθερά σε σχέση με τη θόλωση.

6. Αποτελέσματα

Για να επιβεβαιωθούν, και από στατιστική σκοπιά, τα παραπάνω πραγματοποιήσαμε και στη μελέτη του πλάτους t-test (paired, two tailed), για όλα τα steps της θόλωσης μεταξύ των μετρήσεων (Πίνακας 5). Αρχικά, συγκρίναμε τις μετρήσεις για κάθε θόλωση μεταξύ DE και NDE. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε για τιμή θόλωσης 0,50 D.

Την ίδια μέθοδο ακολουθήσαμε για να συγκρίνουμε και τις τιμές μεταξύ DE και NDE με τις αντίστοιχες τιμές για τη διόφθαλμη θόλωση. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε για τιμές θόλωσης από 1,50 D έως και 2,5 D για το DE, ενώ για το NDE για τιμές θόλωσης 2,00 D και 2,50 D.

Έπειτα συγκρίναμε την τιμή της διόφθαλμης παρατήρησης με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση (BIN in focus) με όλες τις τιμές θόλωσης του DE και του NDE. Σε αυτή τη περίπτωση στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στο DE για όλες τις τιμές θόλωσης 1, αντίστοιχα για το NDE για τιμές 1,00 D έως 3,50 D.

T-Test για Πλάτος Απόκρισης					
Βήμα Θόλωσης	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ DE και NDE	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ DE και BIN	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ NDE και BIN	Συσχέτιση του BIN in focus με όλα τα βήματα θόλωσης του DE	Συσχέτιση του BIN in focus με όλα τα βήματα θόλωσης του NDE
0,50 D	0.016	0.324	0.233	0.037	0.757
1,00 D	0.198	0.201	0.585	0.014	0.004
1,50 D	0.939	0.036	0.066	0.000	0.001
2,00 D	0.684	0.010	0.001	0.001	0.001
2,50 D	0.096	0.000	0.000	0.000	0.004
3,00 D	0.314			0.014	0.001
3,50 D	0.939			0.001	0.005

Πίνακας 5: Paired two-tailed t-test (sig. 0.05) του πλάτους απόκρισης. Ανά στήλη περιλαμβάνει τα αποτελέσματα μεταξύ των DE, NDE και BIN και για κάθε step θόλωσης. Η τέταρτη και η πέμπτη

αφορούν την διόφθαλμη όραση με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση του κάθε εξεταζόμενου σε σχέση με το κάθε step θόλωσης για DE και NDE. Με γκρι οι τιμές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Συγκρίναμε, τέλος, τις μετρήσεις μας σε δύο διαδοχικά βήματα θόλωσης πρώτα για DE και έπειτα για NDE. Στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά για τιμές θόλωσης in focus με 0,50 D και 1,00 D με 1,50 D, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η μόνη τιμή που δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά 0,50 D με 1,00 D.

T-Test για Πλάτος Απόκρισης		
Θόλωση	DE (συσχέτιση μεταξύ 2 διαδοχικών βημάτων θόλωσης)	NDE (συσχέτιση μεταξύ 2 διαδοχικών βημάτων θόλωσης)
0,00 με 0,50 D	0.030	0.949
0,50 με 1,00 D	0.433	0.001
1,00 με 1,50 D	0.011	0.147
1,50 με 2,00 D	0.245	0.564
2,00 με 2,50 D	0.284	0.903
2,50 με 3,00 D	0.205	0.163
3,00 με 3,50 D	0.365	0.442

Πίνακας 6: Paired two-tailed t-test (sig. 0.05) του πλάτους απόκρισης. Αφορούν στατιστικά που έχουν πραγματοποιηθεί για δύο διαδοχικά βήματα θόλωσης για DE και NDE. Με γκρι οι τιμές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Παρατηρείται, ωστόσο, (Γράφημα 8) μεγάλη τυπική απόκλιση μεταξύ των τιμών διότι το εύρος των αποκρίσεων της κυματομορφής των προκλητών δυναμικών φαίνεται να διαφέρει σημαντικά από άνθρωπο σε άνθρωπο και να αποτελεί ατομικό χαρακτηριστικό του. Η καταγραφή των μετρήσεων γίνεται

6. Αποτελέσματα

σε πολλή χαμηλή κλίμακα των Volt ($1 \mu\text{Volt} = 10^{-6} \text{ V}$), επομένως πρόκειται για ασθενείς καταγραφές σήματος που μπορούν να επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες, όπως για παράδειγμα το πάχος του κρανίου του εξεταζόμενου ή/και τη σωστή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων.

Το πλάτος απόκρισης αποτελεί πιο ευαίσθητο και εξατομικευμένο χαρακτηριστικό των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών, απ' ό,τι ο λανθάνων χρόνος. Για αυτό το λόγο η ανάγκη κανονικοποίησης σε αυτό το σημείο είναι πιο αναγκαία και από αυτή του λανθάνοντα χρόνου. Οι τιμές θα αποκτήσουν ομοιογένεια αλλά και σε αυτή τη περίπτωση θα έχουμε έναν δείκτη αλλαγής σε σχέση με το πλάτος που σημειώθηκε για την κατάσταση βέλτιστης όρασης.

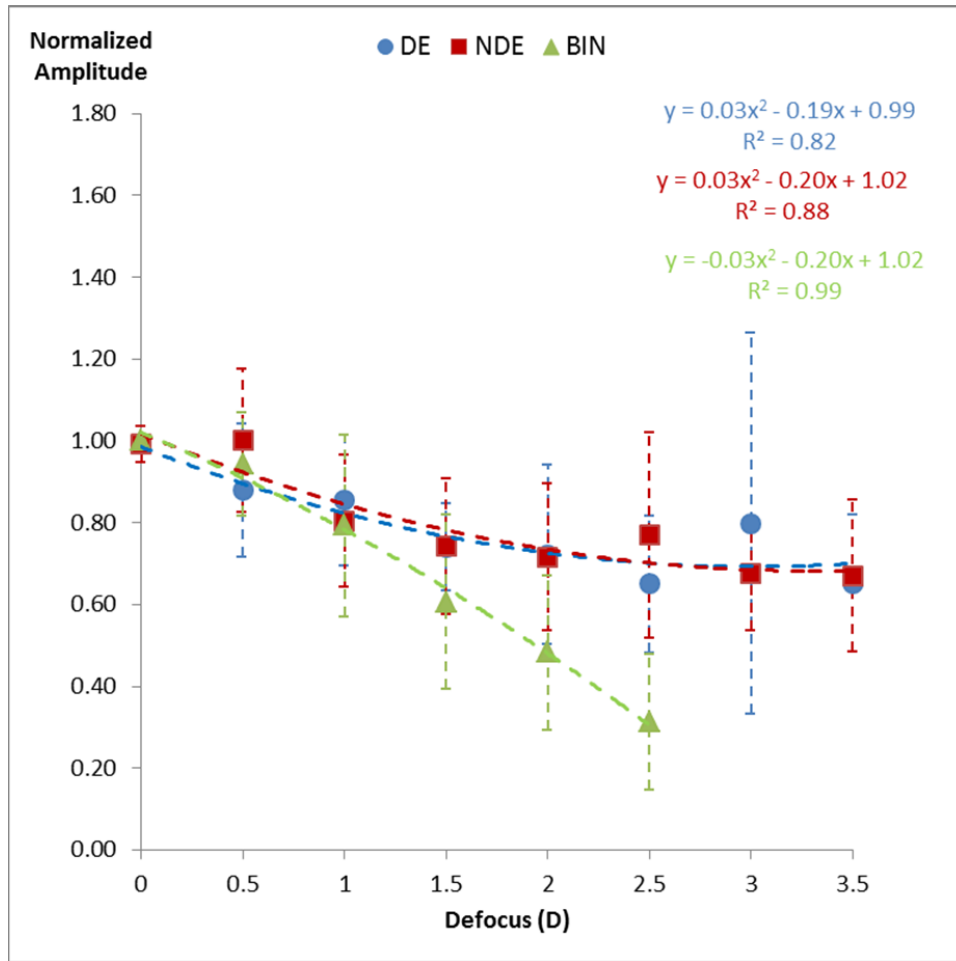
Για τους παραπάνω λόγους, καταφύγαμε σε μια μέθοδο κανονικοποίησης των μετρήσεων για τα πλάτη απόκρισης (amplitude), που περιγράφουμε στην επόμενη ενότητα.

6.2.2 Κανονικοποίηση του πλάτους απόκρισης

Η κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων μας έγινε βάσει της εξής διαδικασίας που περιγράφεται παρακάτω.

Για κάθε εξεταζόμενο, τόσο στη συνθήκη της μονο-όρασης όσο και στη συνθήκη διόφθαλμης παρατήρησης, διαιρέσαμε κάθε μέτρηση με την μέτρηση που καταγράψαμε για τη κατάσταση bin in focus.

Τα αποτελέσματα έχουν την ίδια μορφή με το Γράφημα 8, με τις τιμές κάτω της μονάδος να δείχνουν μείωση του πλάτους απόκρισης και με τις τιμές άνω της μονάδος να δείχνουν αύξηση του πλάτους.



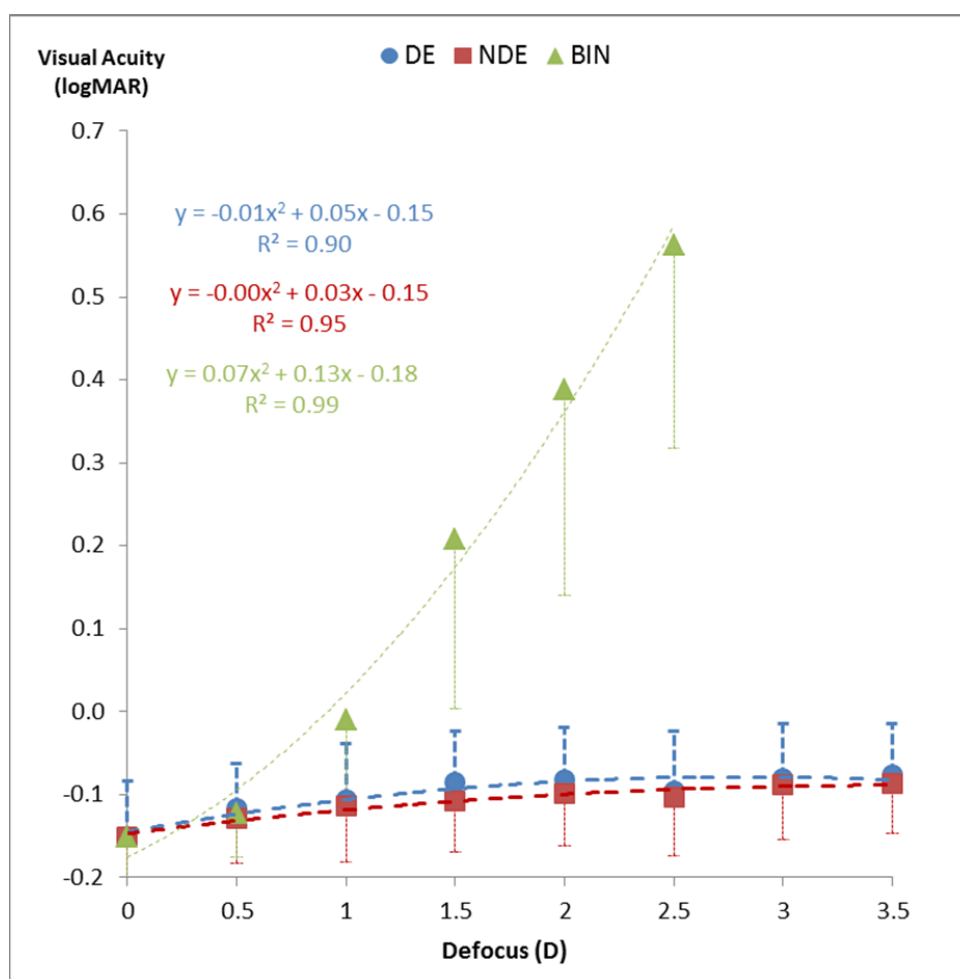
Γράφημα 9: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του κανονικοποιημένου πλάτους απόκρισης (normalized amplitude) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της θόλωσης (defocus). Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν με θολωμένο τον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: DE), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: NDE) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν με διόφθαλμη θόλωση (συμβ: BIN).

Τα κανονικοποιημένα αποτελέσματα μπορούν να βρεθούν στο Παράρτημα (Π.4).

6.3 Μελέτη οπτικής οξύτητας στις συνθήκες θόλωσης

Οι μετρήσεις των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών στις συνθήκες μονο-όρασης αλλά και στις συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης, δείχνουν πολύ ενδιαφέρον και μας τροφοδοτούν με σημαντικές πληροφορίες, όσον αφορούν τη μονο-όραση και την επιλογή του οφθαλμού που θα την εφαρμόσουμε. Όμως, μία μέθοδος αξιολόγησης της ποσοτικής όρασης θα μας προσφέρει πιο απτά αποτελέσματα για τη συνθήκη της μονο-όρασης.

Για το λόγο αυτό, στη συνέχεια, παραθέτουμε το συγκεντρωτικό γράφημα των αποτελεσμάτων της οπτικής οξύτητας του μέσου όρου όλων των εξεταζομένων για όλα τα βήματα θόλωσης της μελέτης μας. Τα αποτελέσματα των προκλητών δυναμικών μας έχουν προϋδεάσει για τη μορφή και αυτών των αποτελεσμάτων.



Γράφημα 10: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της οπτικής οξύτητας (Visual Acuity logMAR) σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της θόλωσης (defocus). Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν με θολωμένο τον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: DE), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: NDE) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν με διόφθαλμη θόλωση (συμβ: BIN).

Όπως, άλλωστε, αναμέναμε τα αποτελέσματα της οπτικής οξύτητας για τη μονο-όραση, τόσο στον επικρατή όσο και στο μη επικρατή οφθαλμό, δε παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Οι τιμές και για τους δύο οφθαλμούς είναι πολύ κοντά σε όλα τα βήματα θόλωσης ενώ, στην παρατήρηση με διόφθαλμη θόλωση οι τιμές αυξάνονται σταθερά με τη θόλωση.

Πραγματοποιώντας, και για τις τιμές τις οπτικής οξύτητας, t-test (two tailed) μεταξύ των μετρήσεων παραθέτουμε συνοπτικά τα δεδομένα στον

6. Αποτελέσματα

πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 7). Αρχικά συγκρίναμε τις μετρήσεις για κάθε θόλωση μεταξύ DE και NDE. Στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε για τις τιμές μεταξύ των δύο οφθαλμών.

Την ίδια μέθοδο ακολουθήσαμε για να συγκρίνουμε και τις τιμές μεταξύ DE και NDE με τις αντίστοιχες τιμές για τη διόφθαλμη θόλωση. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε για τιμές θόλωσης από 1,00 D έως 2,5 D.

Έπειτα συγκρίναμε την τιμή της διόφθαλμης με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση (BIN in focus) με όλες τις τιμές θόλωσης του DE και του NDE. Σε αυτή τη περίπτωση στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στο DE για όλες τις τιμές θόλωσης, και για το NDE για τιμές από 1,00 D και 3,50 D.

T-Test για Οπτική Οξύτητα					
Βήμα Θόλωσης	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ DE και NDE	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ DE και BIN	Συσχέτιση του ίδιου βήματος θόλωσης μεταξύ NDE και BIN	Συσχέτιση του BIN in focus με όλα τα βήματα θόλωσης του DE	Συσχέτιση του BIN in focus με όλα τα βήματα θόλωσης του NDE
0,50 D	0.477	0.599	0.677	0.044	0.084
1,00 D	0.746	0.020	0.009	0.021	0.014
1,50 D	0.317	0.001	0.001	0.001	0.007
2,00 D	0.312	0.000	0.000	0.001	0.001
2,50 D	0.601	0.000	0.000	0.007	0.000
3,00 D	0.669			0.001	0.000
3,50 D	0.244			0.000	0.000

Πίνακας 7: Paired two-tailed t-test (sig. 0.05) της οπτικής οξύτητας. Ανά στήλη περιλαμβάνει τα αποτελέσματα μεταξύ των DE, NDE και BIN και για κάθε step θόλωσης. Η τέταρτη και η πέμπτη αφορούν την διόφθαλμη όραση με την καλύτερη σφαιροκυλινδρική διόρθωση του κάθε εξεταζόμενου σε σχέση με το κάθε step θόλωσης για DE και NDE. Με γκρι οι τιμές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Τέλος, συγκρίναμε τις μετρήσεις μας σε δύο διαδοχικά βήματα θόλωσης πρώτα για DE και έπειτα για NDE. Μόνο στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά και αυτή για τις τιμές 0,00 D (bin in focus)- 0,50 D και 1,00 D – 1,50 D.

T-Test για Οπτική Οξύτητα		
Θόλωση	DE (συσχέτιση μεταξύ 2 διαδοχικών βημάτων θόλωσης)	NDE (συσχέτιση μεταξύ 2 διαδοχικών βημάτων θόλωσης)
0,00 με 0,50 D	0.044	0.084
0,50 με 1,00 D	0.191	0.241
1,00 με 1,50 D	0.047	0.633
1,50 με 2,00 D	0.732	0.571
2,00 με 2,50 D	0.166	0.536
2,50 με 3,00 D	0.283	0.212
3,00 με 3,50 D	1.000	0.627

Πίνακας 8: Paired two-tailed t-test (sig. 0.05) της οπτική οξύτητας. Αφορούν στατιστικά που έχουν πραγματοποιηθεί για δύο διαδοχικά βήματα θόλωσης για DE και NDE. Με γκρι οι τιμές που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

6.4 Μελέτη αποκρίσεων συναρτήσει οπτικής οξύτητας

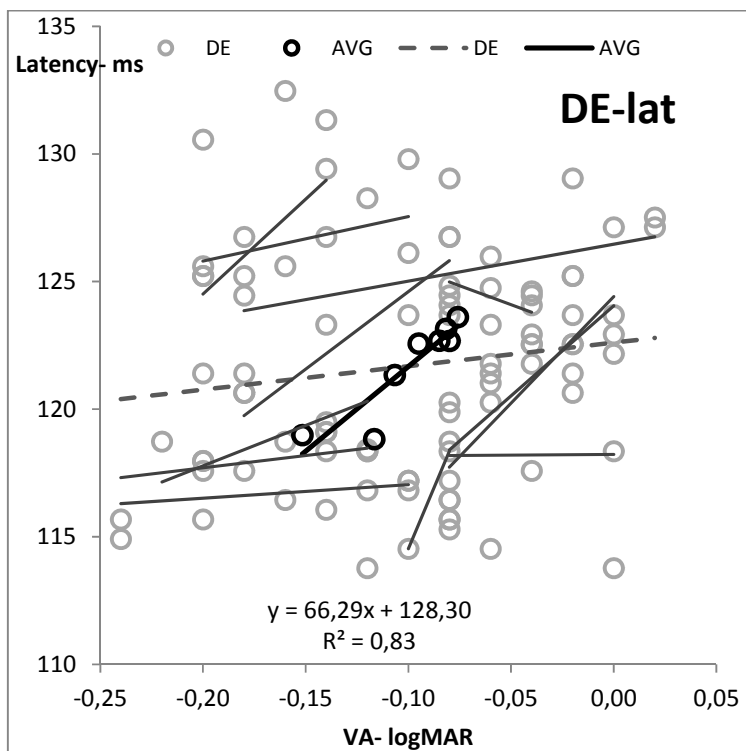
6.4.1 Μελέτη λανθάνοντα χρόνου συναρτήσει οπτικής οξύτητας

Σε μια τελευταία ανάλυση συγκρίναμε τα αποτελέσματα των καταγραφών των VEPs, σε κάθε βαθμίδα θόλωσης, με τις αντίστοιχες τιμές

6. Αποτελέσματα

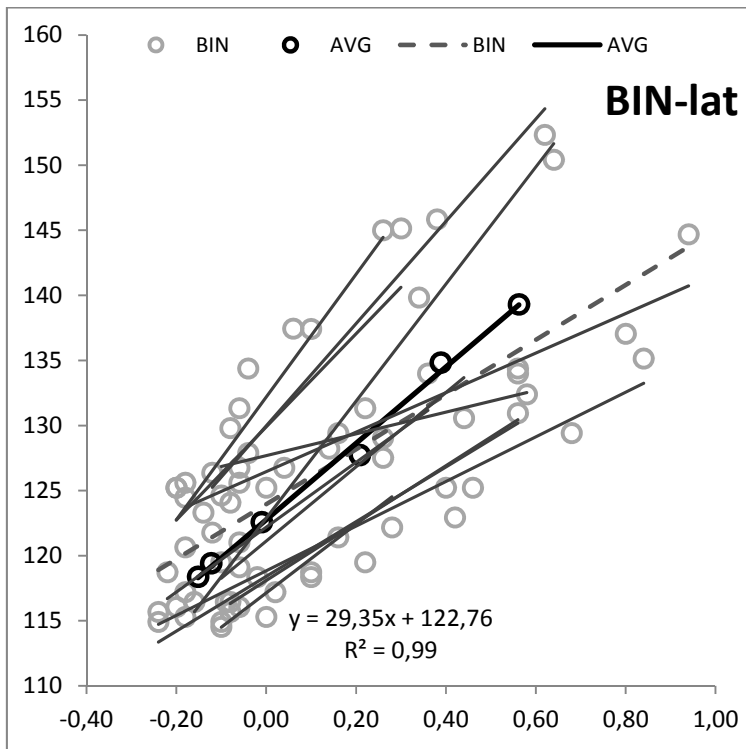
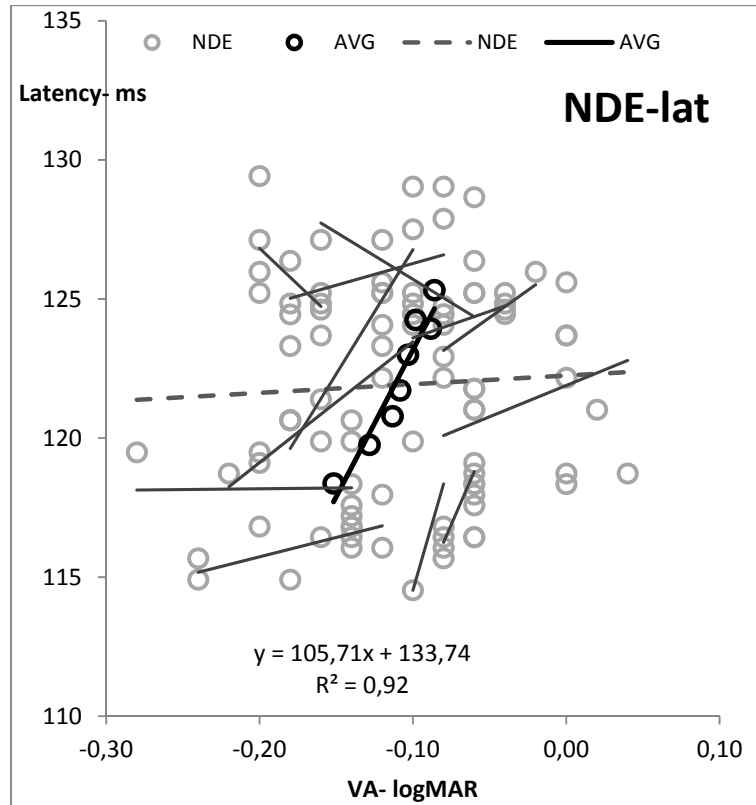
για την Οπτική Οξύτητα. Η Οπτική οξύτητα είναι η μέθοδος που επί της ουσίας μας δείχνει, απολύτως αντικειμενικά, πόσο η μονο-όραση επηρεάζει την όραση μας.

Παρακάτω παραθέτουμε τα γραφήματα του λανθάνοντα χρόνου (για DE και NDE και διόφθαλμης παρατήρησης) για όλα τα βήματα θόλωσης συναρτήσει των μετρήσεων της οπτικής οξύτητας για όλα τα βήματα θόλωσης. Τέλος, παρατηρούμε το γράφημα των μέσων όρων για όλες τις συνθήκες θόλωσης συναρτήσει τις οπτική οξύτητας για όλες τις βαθμίδες θόλωσης.



Γράφημα 11: Οι τιμές απόκρισης όλων των εξεταζόμενων (για το DE) συναρτήσει της οπτικής τους οξύτητας (γκρι κύκλοι). Με τη διακεκομμένη γραμμή παρατηρούμε τη τάση όλων των δεδομένων, ενώ η μαύρη γραμμή αποτελεί των μέσο όρο όλων των μετρήσεων. Η συνάρτηση $y=66.29x+128.30$ μας δείχνει πως για αλλαγή 0,1 logMAR παρατηρείται 6,6 ms καθυστέρηση κατά μέσο όρο.

Γράφημα 12: Οι τιμές απόκρισης όλων των εξεταζόμενων (για το NDE) συναρτήσει της οπτικής τους οξύτητας (γκρι κύκλοι). Με τη διακεκομμένη γραμμή παρατηρούμε τη τάση όλων των δεδομένων, ενώ η μαύρη γραμμή αποτελεί των μέσο όρο όλων των μετρήσεων. Η συνάρτηση $\gamma=105,71x+133,74$ μας δείχνει πως για αλλαγή 0,1 logMAR παρατηρείται 10,6 ms καθυστέρηση κατά μέσο όρο.



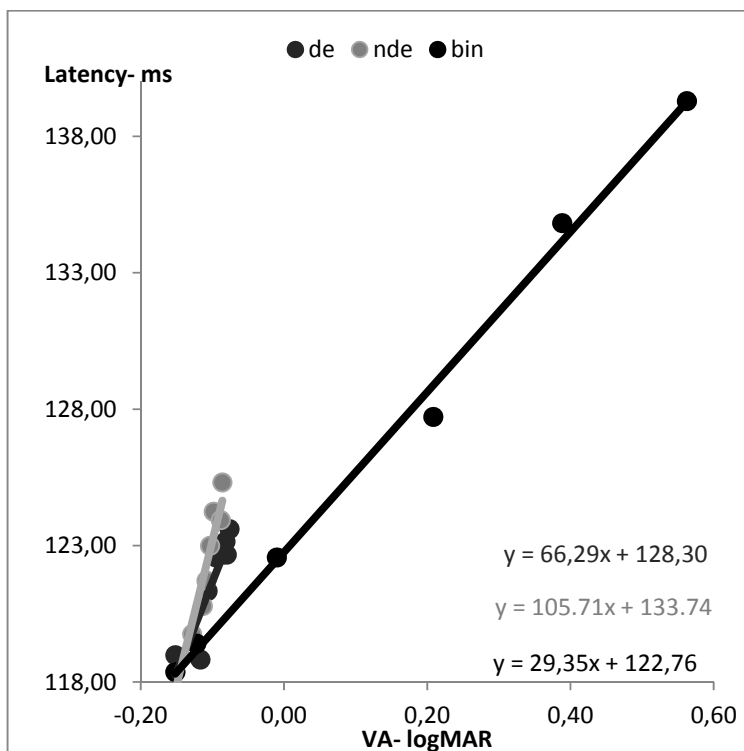
Γράφημα 13: Οι τιμές απόκρισης όλων των εξεταζόμενων (για διόφθαλμη θόλωση) συναρτήσει της οπτικής τους οξύτητας (γκρι κύκλοι). Με τη διακεκομμένη γραμμή παρατηρούμε τη τάση όλων των δεδομένων, ενώ η μαύρη γραμμή αποτελεί των μέσο όρο όλων των μετρήσεων. Η συνάρτηση $\gamma=29,35+122,76$ μας δείχνει πως για αλλαγή 0,1 logMAR παρατηρείται 2,93 ms καθυστέρηση κατά μέσο όρο.

6. Αποτελέσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις του κάθε γραφήματος παρατηρούμε πως για 0,1 logMAR μεταβολής της οπτικής οξύτητας παρατηρούνται καθυστερήσεις κατά μέσο όρο για τον επικρατή οφθαλμό, 6,6 ms, για τον μη επικρατή 10,6 ms ενώ για διόφθαλμη παρατήρηση μόλις 2,93 ms.

Βάσει των δεδομένων που προκύπτουν από τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα Οπτικά Προκλητά Δυναμικά αποτελούν μία πιο ευαίσθητη μέθοδο αξιολόγησης απ' ότι η οπτική οξύτητα.

Για να γίνει και πιο κατανοητό στο Γράφημα 14 παρουσιάζουμε τα δεδομένα συγκεντρωτικά (για συνθήκες μονο-όρασης, αλλά και για συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης). Τοποθετώντας σε ένα γράφημα και τις τρεις συνθήκες, σε μια ίδια κλίμακα παρατηρούμε εντονότερα τη διαφορά που περιγράψαμε παραπάνω.

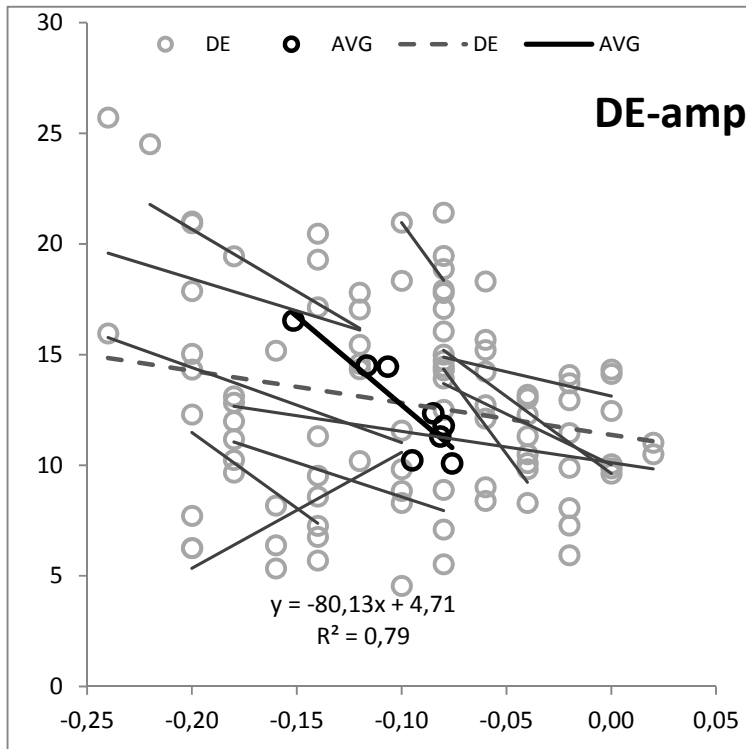


Γράφημα 14:

Συγκεντρωτικό γράφημα για όλες τις συνθήκες θόλωσης (μονο-όρασης και διόφθαλμης) για τους μέσους όρους του λανθάνοντα χρόνου και της οπτικής οξύτητας. Με γκρι σκούρο οι τιμές για το DE, με γκρι ανοιχτό για το NDE και με μαύρο για BIN.

6.4.2 Μελέτη πλάτους απόκρισης συναρτήσει οπτικής οξύτητας

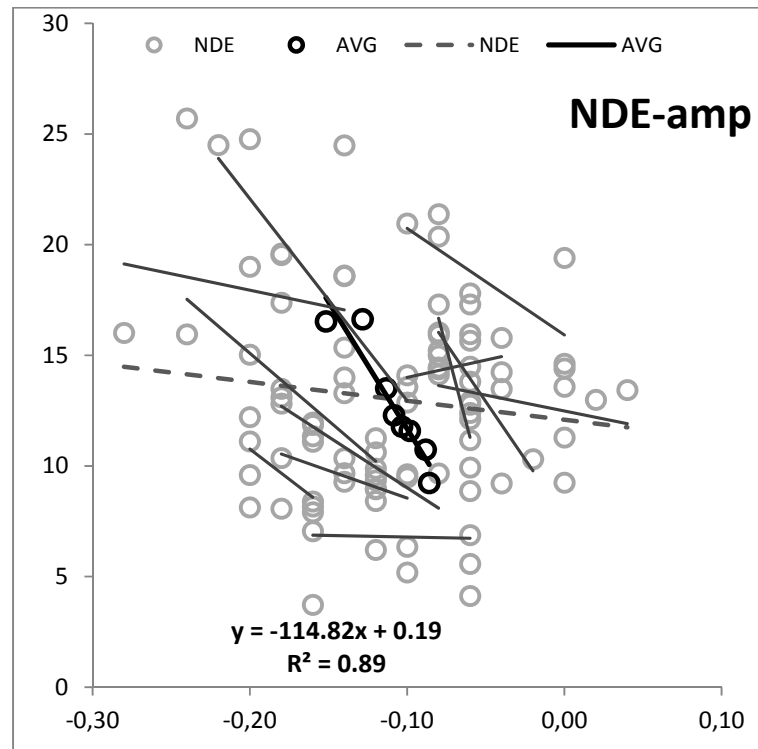
Την ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθήσαμε και για το πλάτος απόκρισης της κυματομορφής των VEPs.

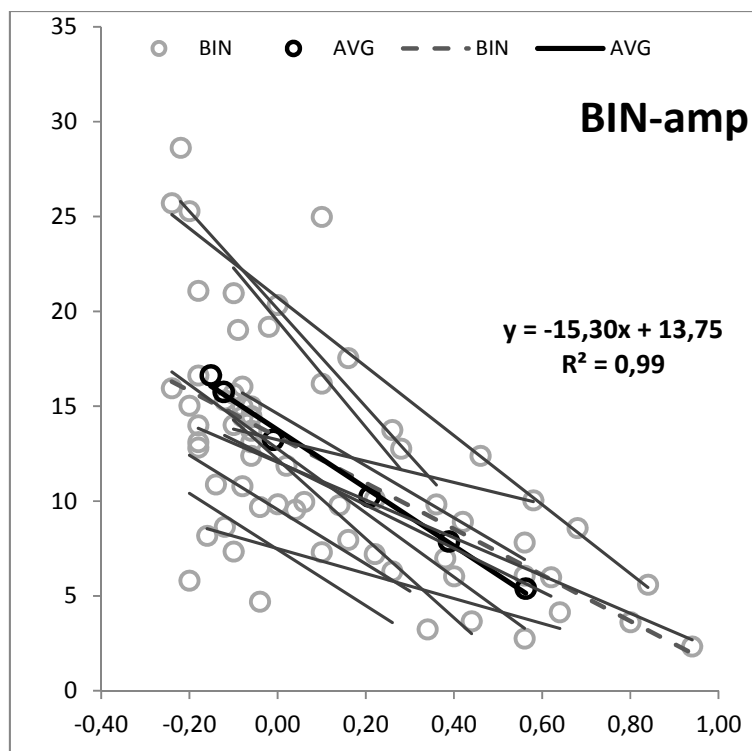


Γράφημα 15: Οι τιμές απόκρισης του πλάτους όλων των εξεταζόμενων (για το DE) συναρτήσει της οπτικής τους οξύτητας (γκρι κύκλοι). Με τη διακεκομμένη γραμμή παρατηρούμε τη τάση όλων των δεδομένων, ενώ η μαύρη γραμμή αποτελεί των μέσο όρο όλων των μετρήσεων. Η συνάρτηση $y = -80,13x + 4,71$ μας δείχνει πως για αλλαγή 0,1 logMAR παρατηρείται 8,01 μV μείωση του πλάτους κατά μέσο όρο.

6. Αποτελέσματα

Γράφημα 16: Οι τιμές του πλάτους απόκρισης όλων των εξεταζόμενων (για το NDE) συναρτήσει της οπτικής τους οξύτητας (γκρι κύκλοι). Με τη διακεκομμένη γραμμή παρατηρούμε τη τάση όλων των δεδομένων, ενώ η μαύρη γραμμή αποτελεί των μέσο όρο όλων των μετρήσεων. Η συνάρτηση $y = -114,82x + 0,19$ μας δείχνει πως για αλλαγή 0,1 logMAR παρατηρείται 11,48 μV μείωση του πλάτους απόκρισης κατά μέσο όρο.





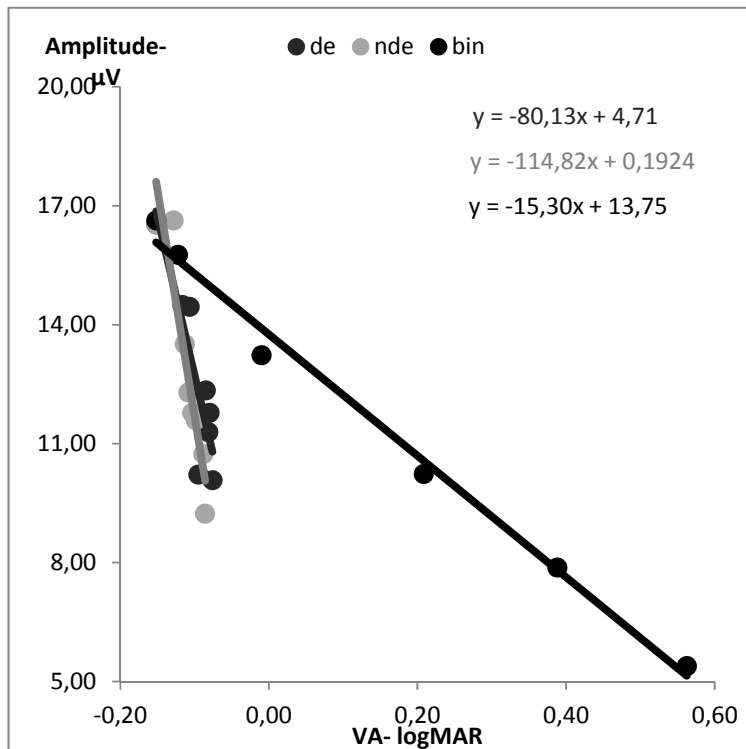
Γράφημα 17: Οι τιμές του πλάτους απόκρισης όλων των εξεταζόμενων (για διόφθαλμη θόλωση) συναρτήσει της οπτικής τους οξύτητας (γκρι κύκλοι). Με τη διακεκομμένη γραμμή παρατηρούμε τη τάση όλων των δεδομένων, ενώ η μαύρη γραμμή αποτελεί των μέσο όρο όλων των μετρήσεων. Η συνάρτηση $y = -15,30x + 13,75$ μας δείχνει πως για αλλαγή 0,1 logMAR παρατηρείται 1,53 μV μείωση του πλάτους απόκρισης κατά μέσο όρο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις του κάθε γραφήματος παρατηρούμε πως για 0,1 logMAR, κατά μέσο όρο, μεταβολής της οπτικής οξύτητας παρατηρούνται μειώσεις του πλάτους απόκρισης της P100 κατά μέσο όρο για τον επικρατή οφθαλμό, 8,01 μV , για τον μη επικρατή 11,48 μV ενώ για διόφθαλμη παρατήρηση μόλις 1,53 μV .

Βάσει των δεδομένων που προκύπτουν και από τα πλάτη απόκρισης επιβεβαιώνουμε το αρχικό μας συμπέρασμα πως τα Οπτικά Προκλητά Δυναμικά αποτελούν μία πιο ευαίσθητη μέθοδο αξιολόγησης απ' ότι η οπτική οξύτητα.

Για να γίνει και πιο κατανοητό, και σε αυτή τη περίπτωση, στο Γράφημα 14 παρουσιάζουμε τα δεδομένα συγκεντρωτικά (για συνθήκες μονο-όρασης αλλά και για συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης). Τοποθετώντας σε ένα γράφημα και τις τρεις συνθήκες, σε μια ίδια κλίμακα παρατηρούμε εντονότερα τη διαφορά που περιγράψαμε παραπάνω.

6. Αποτελέσματα

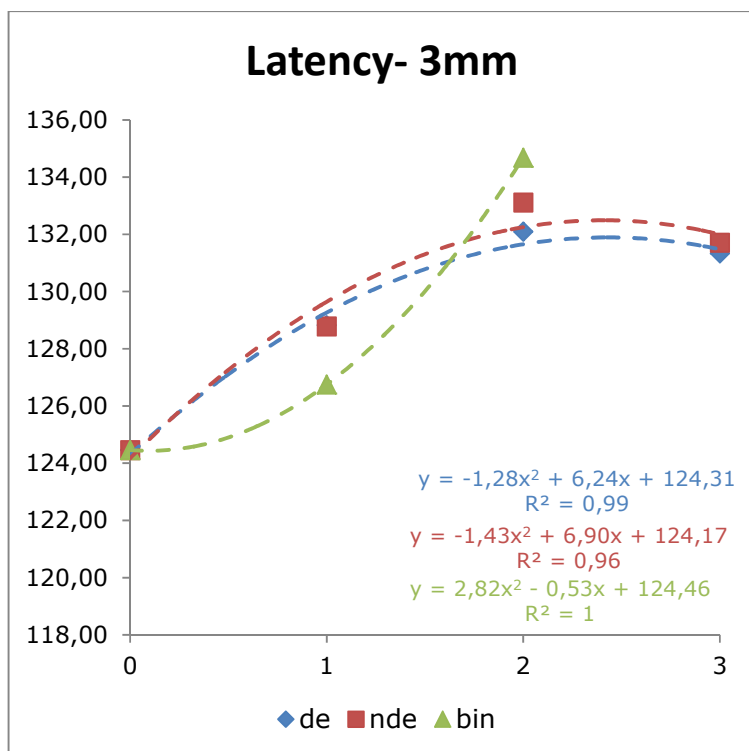


Γράφημα 18: Συγκεντρωτικό γράφημα για όλες τις συνθήκες θόλωσης (μονο-όρασης και διόφθαλμης) για τους μέσους όρους του πλάτους απόκρισης και της οπτικής οξύτητας. Με γκρι σκούρο οι τιμές για το DE, με γκρι ανοιχτό για το NDE και με μαύρο για BIN.

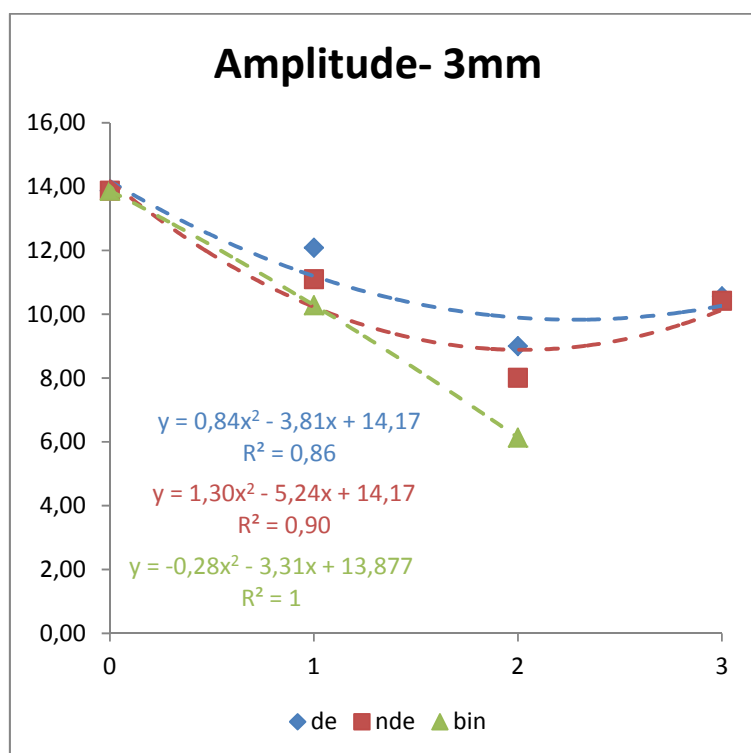
6.5 Σύγκριση αποκρίσεων σε επίπεδα κόρης 3 & 6 mm

Παραθέτουμε πρώτα (Γράφημα 19) τα αποτελέσματα με την εφαρμογή του διαφράγματος των 3mm. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως οι τιμές για DE και NDE είναι πολύ κοντά, ενώ οι τιμές διόφθαλμης θόλωσης αυξάνονται, όπως είναι αναμενόμενο, πιο έντονα σε σχέση με τη θόλωση και να φτάνουν μόνο μέχρι 2,00 D θόλωση.

Το ανάλογο παρατηρούμε και στο αντίστοιχο γράφημα για το πλάτος απόκρισης (Γράφημα 20) με μείωση έντασης.



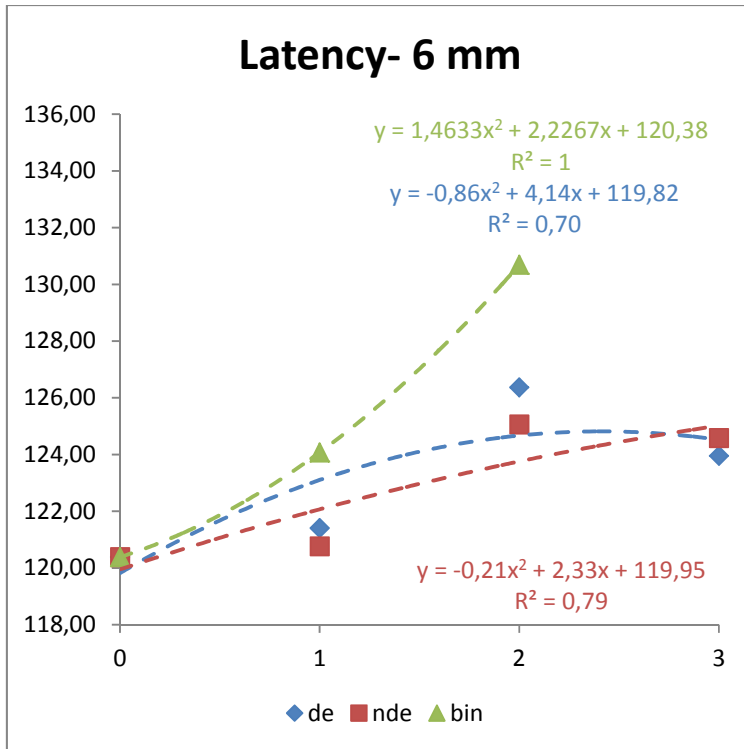
Γράφημα 19: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του λανθάνοντα χρόνου. Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: de), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: nde) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν διόφθαλμα (συμβ: bin).



Γράφημα 20: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του λανθάνοντα χρόνου. Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: de), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: nde) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν διόφθαλμα (συμβ: bin).

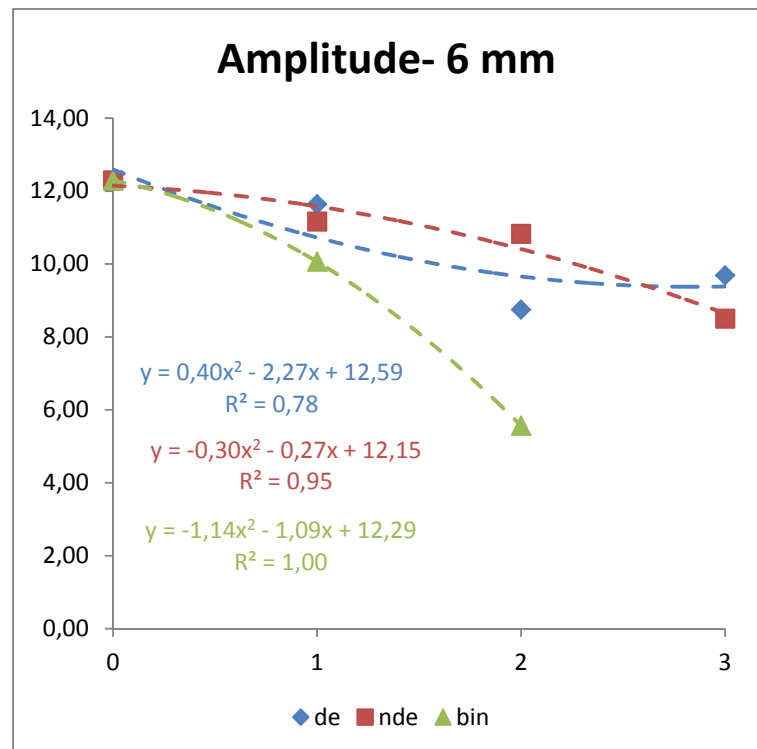
6. Αποτελέσματα

Στη συνέχεια βρίσκονται τα αντίστοιχα γραφήματα των αποτελεσμάτων της εφαρμογής του διαφράγματος των 6mm.

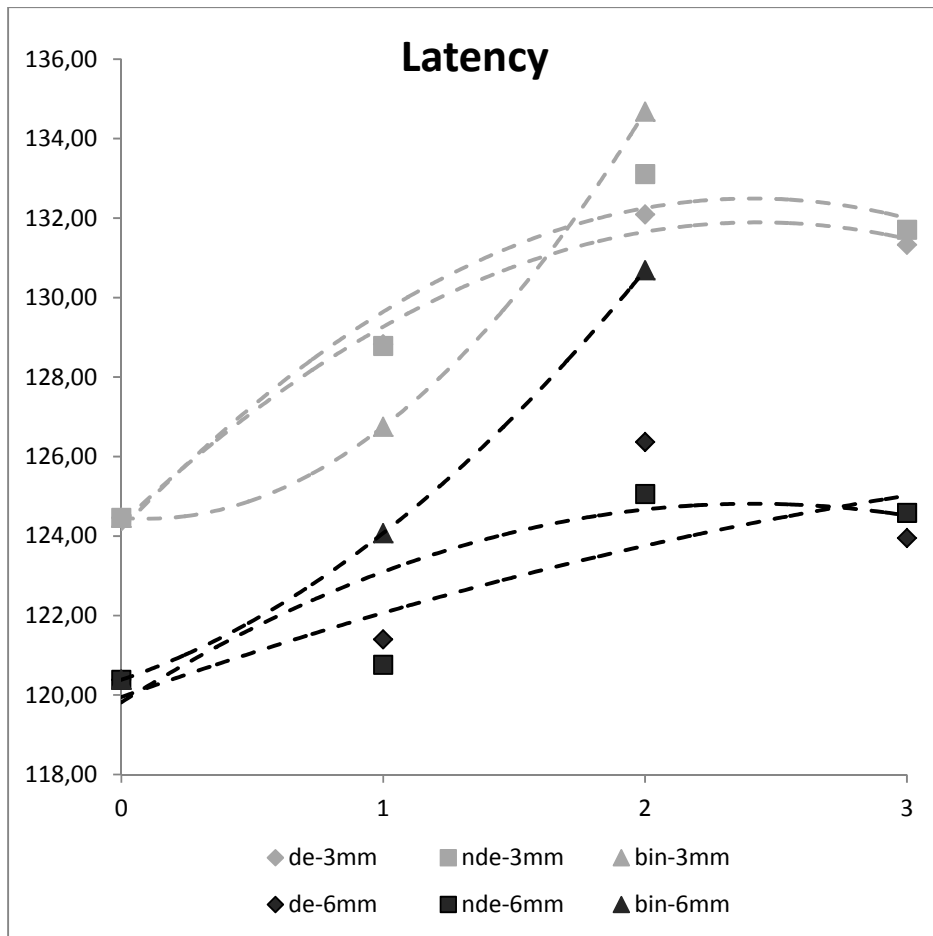


Γράφημα 21: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του λανθάνοντα χρόνου. Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: de), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: nde) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν διόφθαλμα (συμβ: bin).

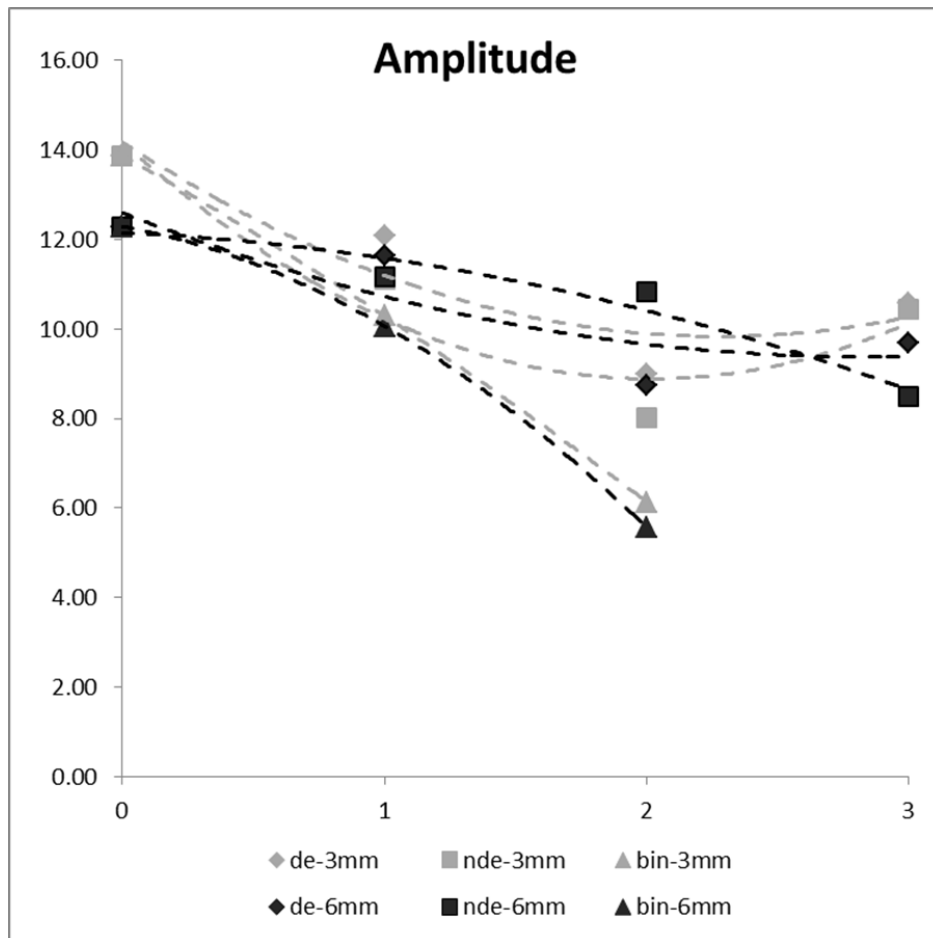
Γράφημα 22: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του λανθάνοντα χρόνου. Με μπλε χρώμα σχεδιάστηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στον κυρίαρχο οφθαλμό (συμβ: de), με κόκκινο οι αντίστοιχες στον μη-επικρατή (συμβ: nde) και τέλος με πράσινο αυτές που πραγματοποιήθηκαν διόφθαλμα (συμβ: bin).



6. Αποτελέσματα



Γράφημα 23: Συγκριτικό γράφημα των μετρήσεων με το διάφραγμα των 3mm (γκρι) με αυτές των 6mm (μαύρο). Παρατηρείται καθαρά η διαφορά καθυστέρησης μεταξύ των μεγεθών της κόρης.



Γράφημα 24: Συγκριτικό γράφημα των μετρήσεων με το διάφραγμα των 3mm (γκρι) με αυτές των 6mm (μαύρο).

Τα αποτελέσματα που παρατηρούνται στο συμφωνούν με τη μελέτη των Plainis et al. (2013) όπου πραγματοποιήθηκαν Οπτικά Προκλητά Δυναμικά για δύο διαφορετικού μεγέθους κόρες και παρατηρήθηκε γρηγορότερος χρόνος απόκρισης για μεγαλύτερης διαμέτρου κόρης.

7 Συμπεράσματα - Μελλοντική Έρευνα

Στην παρούσα εργασία είχαμε ως σκοπό να μελετήσουμε μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους διόρθωσης της πρεσβυωπίας, τη μονο-όραση, για μία ενδιάμεση απόσταση, αυτή του ενός μέτρου.

Πραγματοποιώντας τις μετρήσεις με μονόφθαλμη (στον επικρατή και μη επικρατή οφθαλμό) αλλά και με διόφθαλμη θόλωση, καταλήξαμε στα ακόλουθα συμπεράσματα. Οι καταγραφές τόσο των προκλητών δυναμικών όσο και της οπτικής οξύτητας κατέδειξαν, όπως ήταν αναμενόμενο, καλύτερη όραση σε συνθήκες μονόφθαλμης (μονο-όραση) απ' ότι σε συνθήκες διόφθαλμης θόλωσης. Παρατηρήθηκαν στην πρώτη περίπτωση, ταχύτεροι χρόνοι εμφάνισης της κορυφής P100 και μεγαλύτερα πλάτη απόκρισης, αλλά και αισθητά καλύτερη οπτική οξύτητα. Επίσης παρατηρήσαμε ότι η ποιότητα της όρασης, όπως αυτή καταγράφεται με τα ΟΠΔ και την οπτική οξύτητα, μειώνεται όσο η διαφορά στη διοπτρική διόρθωση των δύο οφθαλμών αυξάνεται (σε μεγαλύτερα επίπεδα μονο-όρασης) Βέβαια, στις διόφθαλμες συνθήκες θόλωσης, παρατηρήθηκε μία σημαντική μείωση της οπτικής απόδοσης των εξεταζομένων όσο αυξανόταν η θόλωση.

Όσον αφορά την οφθαλμική κυριαρχία και κατά πόσο επηρεάζει την καλύτερη εφαρμογή της μονο-όρασης, δεν παρατηρήσαμε διαφορές μεταξύ επικρατούς και μη επικρατούς οφθαλμού, τόσο στατιστικά όσο και κλινικά (οι διαφορές αντιστοιχούσαν σε 2-3 γράμματα οπτοτύπου) για τις συνθήκες υπό τις οποίες διεξήχθησαν τα πειράματα.

Εναλλάσσοντας, δηλαδή, τη θόλωση της μονο-όρασης μεταξύ επικρατή και μη επικρατή οφθαλμού, δεν διαφοροποιείται η ποιότητα όρασης στην ενδιάμεση απόσταση του ενός μέτρου, ώστε να μπορούμε να προβούμε σε μία παραδοχή του τι είναι καλύτερο να ακολουθείται γενικά.

7. Συμπεράσματα - Μελλοντική Έρευνα

Συγκρίνοντας, επιπλέον, τα αποτελέσματα από τις καταγραφές των Οπτικών Προκλητών Δυναμικών με αυτά της Οπτικής Οξύτητας, παρατηρήσαμε από τα διαγράμματα (Γράφημα 14, Γράφημα 18) πως τα ΟΠΔ αποτελούν πιο ευαίσθητη μέθοδο αξιολόγησης της μονο-όρασης απ' ό τι η Οπτική Οξύτητα. Για να γίνει πιο κατανοητό, και με τη βοήθεια των αντίστοιχων εξισώσεων, για μια μεταβολή της οπτική οξύτητας της τάξης του 0,1 logMAR, παρατηρείται αύξηση του λανθάνοντα χρόνου (για συνθήκη μονο-όρασης, κατά μέσο όρο) κατά 8,8 msec, ενώ για διόφθαλμη όραση κατά 2,9 msec μόλις.

Ακόμα, με τα επιπλέον αποτελέσματα που λάβαμε από την εφαρμογή διαφραγμάτων των 3 και 6 mm καταλήξαμε πως για τις καταγραφές των οπτικών προκλητών δυναμικών διαδραματίζει πολύ σημαντικότερο ρόλο η αμφιβληστροειδική φωτεινότητα σε σχέση με το αυξημένο βάθος πεδίου (που εξασφαλίζεται σε μικρότερης διαμέτρου κόρες), όπως αποδείχθηκε και από πρόσφατη μελέτη (Plainis, et al., 2013). Με την τεχνητή κόρη, δηλαδή, των 6 mm εμφανίζονται πιο μικροί χρόνοι στην εμφάνιση της P100, από ότι με την κόρη των 3 mm, με οποιαδήποτε εφαρμογή θόλωσης (Γράφημα 23). Αυτό που είναι το πιο σημαντικό είναι πως ακόμα και τα αποτελέσματα της διόφθαλμης θόλωσης με το διάφραγμα των 6 mm έχουν κατά μέσο όρο πιο μικρό λανθάνοντα χρόνο από αυτά που προκύπτουν με τις συνθήκες μονο-όρασης με διάφραγμα των 3 mm.

Η ικανότητα στην προσαρμογή των εξεταζομένων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Σε μια πιο ολοκληρωμένη μελέτη, μελλοντικά, θα μπορούσαμε να εξετάσουμε νεαρά άτομα και πάλι, στα οποία, όμως, θα εφαρμοζόταν προηγουμένως κυκλοπληγία ή σε διαφορετική περίπτωση να επιλέξουμε στους συμμετέχοντες πραγματικούς πρεσβύπες (άτομα ηλικίας άνω των 50 ετών).

Επίσης για τη θόλωση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν φακοί επαφής, προκειμένου να εξαλειφθούν όλα τα πρισματικά φαινόμενα που δημιουργούνται από τη χρήση οφθαλμικών φακών που τοποθετούνται σε μια απόσταση από τον οφθαλμό. Βέβαια, στην πράξη, όταν μιλάμε για μονο-όραση με τη βοήθεια διορθωτικού μέσου καταλήγουμε μόνο στη χρήση φακών επαφής. Αυτό ωστόσο, προϋποθέτει ότι οι εξεταζόμενοι μας θα πρέπει να είναι ήδη χρήστες φακών επαφής.

Παράρτημα

Π.1 Πίνακες αποτελεσμάτων λανθάνοντος χρόνου

DE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	124.45	114.91	121.02	124.07	120.64	116.44	115.68	118.73	125.22	115.68	116.44	114.53	118.98	3.96
0.5	124.07	116.06	115.29	126.75	120.64	116.44	113.77	115.68	121.40	114.53	125.60	115.68	118.83	4.63
1	129.04	119.11	120.26	123.69	119.49	121.78	116.82	117.97	125.22	113.77	130.56	118.35	121.34	4.98
1.5	127.51	118.43	122.55	122.55	123.69	120.64	118.35	117.58	129.42	121.40	131.33	118.73	122.68	4.56
2	127.13	117.97	121.78	123.31	129.04	122.93	117.20	123.31	126.75	122.93	128.27	117.20	123.15	4.15
2.5	123.69	121.40	124.46	124.75	126.75	122.55	116.82	118.35	125.22	121.40	125.60	119.88	122.57	3.08
3	127.13	118.35	123.69	125.98	124.46	122.55	117.20	117.58	126.75	118.35	129.80	120.26	122.68	4.28
3.5	125.22		122.17	124.62	124.84	125.22	119.11	118.73	132.47	117.58	126.12		123.61	4.41

Πίνακας 9: Αποτελέσματα για την P_{100} ανά τη θόλωση στο dominant eye (DE) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

NDE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	124.45	114.91	121.02	124.07	120.64	116.44	115.68	118.73	125.22	115.68	116.44	114.53	118.98	3.96
0.5	126.37	116.82	119.88	122.17	120.64	116.44	114.91	116.82	127.13	116.82	128.66	116.06	120.23	4.82
1	123.69	119.49	124.46	122.93	119.88	118.73	116.06	118.35	129.42	117.97	124.84	116.44	121.02	4.03
1.5	127.13	119.49	124.46	124.75	124.07	121.02	116.82	120.64	124.84	117.58	121.02	119.11	121.74	3.25
2	127.13	119.88	129.04	121.78	127.51	123.69	116.06	123.31	125.22	118.35	140.49	118.35	124.23	6.53
2.5	125.22	119.11	125.22	124.62	125.22	125.60	117.20	120.64	125.98	118.73	125.60	118.73	122.66	3.43
3	123.31	117.58	124.46	125.98	122.17	126.37	116.44	125.22	124.62	121.78	125.22	122.17	122.94	3.16
3.5	127.89		124.84	125.22	129.04	123.69	117.97	121.40	124.84	118.35	124.07		123.73	3.62

Πίνακας 10: Αποτελέσματα για την P_{100} ανά τη θόλωση στο non-dominant eye (NDE) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση

BIN														
Defocus (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	124.45	114.91	121.02	124.07	120.64	116.44	115.68	118.73	125.22	115.68	116.44	114.53	118.98	3.96
0.5	126.75	116.06	121.78	124.62	125.60	119.11	115.29	117.20	123.31	116.06	114.91	116.44	119.76	4.39
1	128.22	118.35	134.38	125.60	125.22	118.35	117.20	121.40	126.37	119.49	125.22	115.29	122.92	5.53
1.5	130.95	125.22	137.44	129.80	127.89	122.93	119.49	129.04	129.42	126.75	139.83	118.73	128.12	6.30
2	137.05	129.42	145.84	131.33	137.42	134.38	125.22	134.00	145.14	131.33	150.42	122.17	135.31	8.46
2.5	144.69	135.15	152.33	132.39	145.00	135.33	134.00	140.87	148.00	130.56	154.91	127.51	140.06	8.90
3	150.42	136.67	140.87	137.44		135.72		146.68				132.86	140.09	6.34

Πίνακας 11: Αποτελέσματα για την P_{100} ανά τη θόλωση διόφθαλμα (BIN) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

Π.2 Πίνακες κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων λανθάνοντος χρόνου

DE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	-0.38	1.15	-5.73	2.68	0.00	0.00	-1.91	-3.05	-3.82	-1.15	9.16	1.15	-0.16	3.76
1	4.59	4.20	-0.76	-0.38	-1.15	5.34	1.14	-0.76	0.00	-1.91	14.12	3.82	2.35	4.49
1.5	3.06	3.52	1.53	-1.52	3.05	4.20	2.67	-1.15	4.20	5.72	14.89	4.20	3.70	4.13
2	2.68	3.06	0.76	-0.76	8.40	6.49	1.52	4.58	1.53	7.25	11.83	2.67	4.17	3.66
2.5	-0.76	6.49	3.44	0.68	6.11	6.11	1.14	-0.38	0.00	5.72	9.16	5.35	3.59	3.33
3	2.68	3.44	2.67	1.91	3.82	6.11	1.52	-1.15	1.53	2.67	13.36	5.73	3.69	3.60
3.5	0.77		1.15	0.55	4.20	8.78	3.43	0.00	7.25	1.90	9.68		3.77	3.60

Πίνακας 12: Κανονικοποιημένα αποτελέσματα για την P₁₀₀ ανά τη θόλωση στο dominant eye (DE) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

NDE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	1.92	1.91	-1.14	-1.90	0.00	0.00	-0.77	-1.91	1.91	1.14	12.22	1.53	1.24	3.75
1	-0.76	4.58	3.44	-1.14	-0.76	2.29	0.38	-0.38	4.20	2.29	8.40	1.91	2.04	2.83
1.5	2.68	4.58	3.44	0.68	3.43	4.58	1.14	1.91	-0.38	1.90	4.58	4.58	2.76	1.72
2	2.68	4.97	8.02	-2.29	6.87	7.25	0.38	4.58	0.00	2.67	24.05	3.82	5.25	6.69
2.5	0.77	4.20	4.20	0.55	4.58	9.16	1.52	1.91	0.76	3.05	9.16	4.20	3.67	2.96
3	-1.14	2.67	3.44	1.91	1.53	9.93	0.76	6.49	-0.60	6.10	8.78	7.64	3.96	3.72
3.5	3.44		3.82	1.15	8.40	7.25	2.29	2.67	-0.38	2.67	7.63		3.89	2.93

Πίνακας 13: Κανονικοποιημένα αποτελέσματα για την P₁₀₀ ανά τη θόλωση στο non-dominant eye (NDE) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση

BIN														
Defocus (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	2.30	1.15	0.76	0.55	4.96	2.67	-0.39	-1.53	-1.91	0.38	-1.53	1.91	0.78	2.01
1	3.77	3.44	13.36	1.53	4.58	1.91	1.52	2.67	1.15	3.81	8.78	0.76	3.94	3.67
1.5	6.50	10.31	16.42	5.73	7.25	6.49	3.81	10.31	4.20	11.07	23.39	4.20	9.14	5.79
2	12.60	14.51	24.82	7.26	16.78	17.94	9.54	15.27	19.92	15.65	33.98	7.64	16.33	7.52
2.5	20.24	20.24	31.31	8.32		18.89	18.32	22.14		14.88	38.47	12.98	20.58	8.73

Πίνακας 14: Κανονικοποιημένα αποτελέσματα για την P₁₀₀ ανά τη θόλωση διόφθαλμα (BIN) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

Π.3 Πίνακες αποτελεσμάτων πλάτους απόκρισης

DE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (μV)	Stdv
0	13.11	25.71	15.66	14.99	12.82	14.45	15.95	24.50	15.03	16.04	8.17	20.96	16.45	4.98
0.5	10.49	20.46	14.28	17.06	11.17	12.50	14.58	20.93	10.23	18.30	5.33	21.41	14.73	5.03
1	14.07	17.13	15.20	13.92	6.76	14.23	15.44	21.01	11.98	14.32	6.25	18.86	14.10	4.29
1.5	10.49	17.79	13.70	10.09	8.29	11.45	11.31	19.44	8.58	12.71	5.69	19.45	12.42	4.45
2	11.01	14.32	13.18	8.38	5.52	9.61	11.56	19.28	7.26	12.28	10.18	17.78	11.70	4.04
2.5	7.27	12.29	13.01	12.10	11.76	9.88	8.83	17.03	7.71	5.93	6.25	14.72	10.56	3.50
3	9.85	14.33	12.45	9.00	7.09	9.82	9.82	17.86	9.66	10.04	18.33	17.92	12.18	3.95
3.5	8.06		14.12	11.31	8.88	12.93	9.52	15.17	6.38	8.29	4.54		9.92	3.42

Πίνακας 15: Αποτελέσματα για το πλάτος απόκρισης ανά τη θόλωση στο dominant eye (DE) για όλους τους εξεταζομένους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

NDE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (μV)	Stdv
0	13.11	25.71	15.66	14.99	12.82	14.45	15.95	24.50	15.03	16.04	8.17	20.96	16.45	4.98
0.5	13.49	24.49	12.87	20.37	10.36	14.49	17.38	24.77	11.11	17.30	9.93	21.38	16.50	5.30
1	11.34	19.00	14.10	14.37	7.91	13.43	15.35	18.61	8.13	15.96	5.19	17.30	13.39	4.42
1.5	11.96	16.01	13.48	15.21	9.35	12.99	9.68	18.58	8.07	11.17	4.13	17.80	12.37	4.21
2	8.42	14.00	15.92	12.91	9.63	11.29	10.62	19.60	7.05	12.12	3.73	19.40	12.06	4.73
2.5	8.97	12.21	13.81	14.24	6.21	13.58	9.29	19.53	9.59	12.77	11.26	14.62	12.17	3.45
3	9.88	13.29	14.13	10.31	9.58	12.40	10.35	13.57	8.40	8.87	5.58	14.41	10.90	2.70
3.5	9.66		15.79	9.21	9.49	9.25	8.95	11.86	11.10	6.88	6.35		9.85	2.66

Πίνακας 16: Αποτελέσματα για το πλάτος απόκρισης ανά τη θόλωση στο non dominant eye (NDE) για όλους τους εξεταζομένους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

BIN														
Defocus (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (μV)	Stdv
0	13.11	25.71	15.00	14.99	12.82	14.45	15.95	28.63	15.03	16.04	8.17	20.96	16.74	5.70
0.5	13.71	25.29	15.31	15.66	14.00	14.49	16.62	21.09	10.88	13.10	7.34	19.03	15.54	4.68
1	9.79	19.19	9.69	12.39	5.81	16.20	11.86	17.54	8.65	14.01	9.84	20.34	12.94	4.55
1.5	7.82	12.39	9.96	10.79	4.70	8.91	10.11	13.75	7.96	9.54	3.24	24.98	10.35	5.46
2	3.62	8.59	6.98	14.42	7.31	6.07	6.04	9.83		7.21	4.14	12.77	7.91	3.34
2.5	2.34	5.60	5.99	10.04		5.27	2.76	3.79		3.67	3.80	6.30	4.96	2.24

Πίνακας 17: Αποτελέσματα για το πλάτος απόκρισης ανά τη διόφθαλμη θόλωση (BIN) για όλους τους εξεταζομένους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

Π.4 Πίνακες κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων πλάτους απόκρισης

DE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (μV)	Stdv
0	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.04
0.5	0.80	0.80	0.95	1.14	0.87	0.87	0.91	0.73	0.68	1.14	0.65	1.02	0.88	0.16
1	1.07	0.67	1.01	0.93	0.53	0.98	0.97	0.73	0.80	0.89	0.76	0.90	0.85	0.16
1.5	0.80	0.69	0.91	0.67	0.65	0.79	0.71	0.68	0.57	0.79	0.70	0.93	0.74	0.11
2	0.84	0.56	0.88	0.56	0.43	0.67	0.72	0.67	0.48	0.77	1.25	0.85	0.72	0.22
2.5	0.55	0.48	0.87	0.81	0.92	0.68	0.55	0.59	0.51	0.37	0.76	0.70	0.65	0.17
3	0.75	0.56	0.83	0.60	0.55	0.68	0.62	0.62	0.64	0.63	2.24	0.85	0.80	0.47
3.5	0.61		0.94	0.75	0.69	0.89	0.60	0.53	0.42	0.52	0.56		0.65	0.17

Πίνακας 18: Κανονικοποιημένα αποτελέσματα για το πλάτος απόκρισης ανά τη θόλωση στο dominant eye (DE) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

NDE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (μV)	Stdv
0	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.04
0.5	1.03	0.95	0.86	1.36	0.81	1.00	1.09	0.87	0.74	1.08	1.22	1.02	1.00	0.17
1	0.86	0.74	0.94	0.96	0.62	0.93	0.96	0.65	0.54	1.00	0.64	0.83	0.80	0.16
1.5	0.91	0.62	0.90	1.01	0.73	0.90	0.61	0.65	0.54	0.70	0.51	0.85	0.74	0.17
2	0.64	0.54	1.06	0.86	0.75	0.78	0.67	0.68	0.47	0.76	0.46	0.93	0.72	0.18
2.5	0.68	0.48	0.92	0.95	0.48	0.94	0.58	0.68	0.64	0.80	1.38	0.70	0.77	0.25
3	0.75	0.52	0.94	0.69	0.75	0.86	0.65	0.47	0.56	0.55	0.68	0.69	0.68	0.14
3.5	0.74		1.05	0.61	0.74	0.64	0.56	0.41	0.74	0.43	0.78		0.67	0.19

Πίνακας 19: Κανονικοποιημένα αποτελέσματα για το πλάτος απόκρισης ανά τη θόλωση στο non dominant eye (NDE) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

BIN														
Defocus (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (μV)	Stdv
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
0.5	1.05	0.98	1.02	1.04	1.09	1.00	1.04	0.74	0.72	0.82	0.90	0.91	0.94	0.13
1	0.75	0.75	0.65	0.83	0.45	1.12	0.74	0.61	0.58	0.87	1.20	0.97	0.79	0.22
1.5	0.60	0.48	0.66	0.72	0.37	0.62	0.63	0.48	0.53	0.59	0.40	1.19	0.61	0.21
2	0.28	0.33	0.47	0.96	0.57	0.42	0.38	0.34		0.45	0.51	0.61	0.48	0.19
2.5	0.18	0.22	0.40	0.67		0.36	0.17	0.13		0.23	0.47	0.30	0.31	0.17

Πίνακας 20: Κανονικοποιημένα αποτελέσματα για το πλάτος απόκρισης ανά τη διόφθαλμη θόλωση (BIN) για όλους τους εξεταζόμενους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

Π.5 Πίνακες καταγραφής οπτικής οξύτητας

DE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average (ms)	Stdv
0	-0.18	-0.24	-0.06	-0.08	-0.18	-0.08	-0.24	-0.22	-0.20	-0.08	-0.16	-0.10	-0.15	0.07
0.5	-0.04	-0.14	-0.08	-0.08	-0.18	-0.08	-0.12	-0.20	-0.18	-0.06	-0.16	-0.08	-0.12	0.05
1	-0.02	-0.14	-0.06	-0.08	-0.14	-0.06	-0.12	-0.20	-0.18	0.00	-0.20	-0.08	-0.11	0.07
1.5	0.02	-0.12	-0.02	-0.04	-0.10	-0.02	-0.14	-0.18	-0.14	-0.06	-0.14	-0.08	-0.09	0.06
2	0.02	-0.20	-0.04	-0.06	-0.08	0.00	-0.10	-0.14	-0.14	-0.04	-0.12	-0.08	-0.08	0.06
2.5	-0.02	-0.20	-0.04	-0.06	-0.08	-0.02	-0.10	-0.12	-0.20	-0.02	-0.20	-0.08	-0.10	0.07
3	0.00	-0.12	0.00	-0.06	-0.08	-0.04	-0.10	-0.20	-0.18	0.00	-0.10	-0.08	-0.08	0.07
3.5	-0.02		0.00	-0.04	-0.08	-0.02	-0.14	-0.16	-0.16	-0.04	-0.10		-0.08	0.06

Πίνακας 21: Καταγραφές οπτικής οξύτητας ανά τη θόλωση στο dominant eye (DE) για όλους τους εξεταζομένους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

NDE														
Monovision (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average	Stdv
0	-0.18	-0.24	-0.06	-0.08	-0.18	-0.08	-0.24	-0.22	-0.20	-0.08	-0.16	-0.10	-0.15	0.07
0.5	-0.18	-0.14	-0.10	-0.08	-0.18	-0.06	-0.18	-0.20	-0.20	-0.08	-0.06	-0.08	-0.13	0.06
1	-0.16	-0.20	-0.10	-0.08	-0.16	0.04	-0.14	-0.14	-0.20	-0.06	-0.10	-0.06	-0.11	0.07
1.5	-0.16	-0.28	-0.04	-0.08	-0.12	0.02	-0.14	-0.14	-0.18	-0.06	-0.06	-0.06	-0.11	0.08
2	-0.12	-0.14	-0.08	-0.06	-0.10	0.00	-0.12	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	0.00	-0.10	0.06
2.5	-0.12	-0.20	-0.06	-0.04	-0.12	0.00	-0.14	-0.18	-0.20	-0.06	-0.12	0.00	-0.10	0.07
3	-0.12	-0.14	-0.08	-0.02	-0.12	-0.06	-0.14	-0.10	-0.16	-0.06	-0.06	0.00	-0.09	0.05
3.5	-0.08		-0.04	-0.04	-0.10	0.00	-0.12	-0.16	-0.16	-0.06	-0.10		-0.09	0.05

Πίνακας 22: Καταγραφές οπτικής οξύτητας ανά τη θόλωση στο non dominant eye (NDE) για όλους τους εξεταζομένους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση.

BIN														
Defocus (D)	SP	EP	MP	XA	MK	EM	NK	TG	LL	TzL	KS	AT	Average	Stdv
0	-0.18	-0.24	-0.06	-0.08	-0.18	-0.08	-0.24	-0.22	-0.20	-0.08	-0.16	-0.10	-0.15	0.07
0.5	-0.06	-0.20	-0.12	-0.10	-0.18	-0.06	-0.18	-0.18	-0.14	-0.06	-0.10	-0.09	-0.12	0.05
1	0.14	-0.02	-0.04	-0.06	-0.20	0.10	0.02	0.16	-0.12	-0.10	0.00	0.00	-0.01	0.11
1.5	0.56	0.46	0.06	-0.08	-0.04	0.42	0.22	0.26	0.16	0.04	0.34	0.10	0.21	0.20
2	0.80	0.68	0.38	-0.06	0.10	0.56	0.40	0.36	0.3	0.22	0.64	0.28	0.39	0.25
2.5	0.94	0.84	0.62	0.58	0.26		0.56			0.44		0.26	0.56	0.25

Πίνακας 23: Καταγραφές οπτικής οξύτητας ανά τη διόφθαλμη θόλωση (BIN) για όλους τους εξεταζομένους, ο μέσος όρος αυτών και η τυπική απόκλιση

Βιβλιογραφία

Blake, R., 2001. A primer on binocular rivalry, including current controversies. *Brain and Mind*, 2(1), pp. 5-38.

Evans, B. J., 2007. Monovision: a review. *Ophthalm. Psysiol. Opt*, 27(5), pp. 417-439.

Odom, J. V. et al., 2010. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update). *Doc Ophthalmol*, Volume 120, pp. 111-119.

Plainis, S. και συν., 2011. Binocular Summation Improves Performance to Defocus-Induced Blur. *IOVS*, 52(5), pp. 2784-2789.

Plainis, S. et al., 2013. Interocular differences in visual latency induced by small-aperture optics for presbyopia correction. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 33(2), pp. 123-129.

Seijas, O. και συν., 2007. Ocular DOminance Diagnosis and Its Influence in Monovision. *American Journal of Ophthalmology*, 144(2), pp. 209-216.

Tyler, C. W., 2004. Binocular Vision. Στο: *Duane's Foundations of Clinical Ophthalmology*. Philadelphia: J.B. Lippincott Co., pp. 1-29.

Θεοδοσιάδης, Γ. & Δαμανάκης, Α., 2009. Ενιαία Διόφθαλμη Όραση. Στο: *Βασικές Αρχές Στραβισμού*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, pp. 37-45.

Καλλίνικος, Π. & Πλαϊνης, Σ., 2011. Φακοί επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. *Οφθαλμολογικά Χρονικά*, 21(3), pp. 239-250.

Λαρετζάκη, Τ., 2006. Μελέτη Οπτικών Προκλήτων Δυναμικών. *Διπλωματική Εργασία*.

Πλαϊνης, Σ. & Παλλήκαρης, Ι., 2005. Μηχανισμοί πρεσβυωπίας. Είναι πιθανή η αναστροφή της με τις υπάρχουσες χειρουργικές τεχνικές;. *Οφθαλμολογία*, 17(3), pp. 170-178.

Βιβλιογραφία

Τσαούσης, Κ. Θ., 2008. *Συσχέτιση pattern ERGs-VEPs με αμφ/κές μεθόδους απεικόνισης για τη διάγνωση και αξιολόγηση του γλαυκώματος*, s.l.: Πανεπιστήμιο Κρήτης.