



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ :

«Ευαισθησία της ωχράς κηλίδας και σταθερότητα προσήλωσης σε ανισομετρικούς αμβλυωπικούς ασθενείς με μικροπεριμετρία»

ΤΙΜΟΘΕΟΥ ΓΑΡΥΦΑΛΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΥΜΙΩΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων μου για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος «Οπτική & Όραση» και παρουσιάστηκε στην τριμελή επιτροπή αποτελούμενη από τους:

- 1. ΠΑΛΛΗΚΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**
- 2. ΚΥΜΙΩΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**
- 3. ΔΕΤΟΡΑΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διετούς φοίτησης μου στο διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Οπτική και Όραση» και με αφορμή την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, μου δίνεται η δυνατότητα να ευχαριστήσω όλα τα άτομα που με βοήθησαν και με στήριξαν τα δύο αυτά χρόνια και συνέβαλλαν στην περάτωση της εργασίας μου.

Θα ήθελα λοιπόν αρχικά να ευχαριστήσω την τριμελή μου επιτροπή και κυρίως τον κύριο Αριστοφάνη Παλλήκαρη για την άριστη συνεργασία που είχαμε, την στήριξη και την καθοδήγηση που μου προσέφερε όλον αυτό τον καιρό.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους ασθενείς και τους συμφοιτητές και φίλους μου οι οποίοι πήραν μέρος στις μετρήσεις και συνέβαλλαν στην διεκπεραίωση του πειραματικού μέρους της εργασίας μου.

Ευχαριστώ επίσης όλο το προσωπικό του Β.Ε.Μ.Μ.Ο για τη βοήθεια τους στις μετρήσεις που απαιτούνταν να γίνουν πριν την πραγματοποίηση των δικών μου μετρήσεων καθώς επίσης την κυρία Ηλιάκη Όλγα και τον Διακονή Βασίλειο για την συνεργασία τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός : Κύριος σκοπός αυτής της μελέτης ήταν οι επιπτώσεις που έχει η αμβλυωπία εξ' ανισομετροπίας στην φωτεινή ευαισθησία της ωχράς κηλίδας. Η αξιολόγηση στο κατώφλι της φωτεινής αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της μικροπεριμετρίας και συγκεκριμένα με το μικροπερίμετρο Maia (Macular Integrity Assessment, CenterVue Spa, Padora, Italy).

Μεθοδολογία : Πρόκειται για μια προοπτική μελέτη στην οποία συμμετείχαν τόσο ανισομετρικοί αμβλυωπικοί ασθενείς, οι οποίοι αποτελούσαν την ομάδα των αμβλυώπων, όσο και φυσιολογικοί οι οποίοι αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου (control group). Η καταγραφή της ουδού ευαισθησίας του αμφιβληστροειδή πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της μικροπεριμετρίας. Όλες οι μετρήσεις έγιναν με κάλυψη του μη εξεταζόμενου οφθαλμού κάθε φορά για την ομάδα των ασθενών και αφού είχε γίνει μυδρίαση (cyclogyl1%), ενώ για την ομάδα ελέγχου έγιναν μετρήσεις στον κυρίαρχο και μη κυρίαρχο οφθαλμό χωρίς κάλυψη αρχικά και με κάλυψη (για κυρίαρχο και μη κυρίαρχο οφθαλμό) του μη εξεταζόμενου οφθαλμού στη συνέχεια. Στην ομάδα ελέγχου δεν πραγματοποιήθηκε μυδρίαση. Να σημειωθεί ότι πριν την έναρξη των μετρήσεων με το μικροπερίμετρο Maia είχε προηγηθεί μέτρηση για το ακριβές διαθλαστικό τους σφάλμα όπως επίσης και εύρεση καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA). Για την ομάδα ελέγχου τα κριτήρια επιλογής ήταν να έχουν καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα 0,0 logMAR και για τους δύο οφθαλμούς και η απουσία οποιασδήποτε οφθαλμικής πάθησης ενώ τα κριτήρια επιλογής για την ομάδα ασθενών ήταν η ύπαρξη ανισομετροπίας, η διαφορά στη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα από τον ένα οφθαλμό στον άλλο καθώς επίσης και η απουσία άλλης οφθαλμικής πάθησης ή οφθαλμικής επέμβασης. Έπειτα αφού είχαν ολοκληρωθεί όλες οι μετρήσεις και για την ομάδα των αμβλυώπων και για την ομάδα ελέγχου ακολούθησε στατιστική ανάλυση.

Αποτελέσματα : Στην μελέτη συμμετείχαν 11 φυσιολογικοί με μέση ηλικία 27,64±4,27 έτη, μέσο σφαιρικό ισοδύναμο για τον κυρίαρχο οφθαλμό -0,55±1,95 dpt και για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό -0,64±2,15 dpt. Οι μέσες τιμές (±T.A) της ουδού φωτεινής ευαισθησίας βρέθηκαν: 31,19±0,74 dB για τον κυρίαρχο οφθαλμό χωρίς κάλυψη, 31,3±0,93 dB για τον κυρίαρχο οφθαλμό με κάλυψη, 31,19±0,68 dB για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό χωρίς κάλυψη και 31,36±0,76 dB για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό με κάλυψη. Εντός της ομάδας ελέγχου με εφαρμογή paired samples t-test

παρατηρήθηκε ότι οι παράγοντες κυρίαρχος-μη κυρίαρχος οφθαλμός και κάλυψη/μη κάλυψη του μη εξεταζόμενου οφθαλμού δεν έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στην μετρούμενη ουδό ευαισθησίας. Για την ομάδα των αμβλυώπων συμμετείχαν 24 ανισομετρικοί αμβλυωπικοί ασθενείς (12 υπερμετρικοί αμβλύωπες, 12 μυωπικοί αμβλύωπες) με μέση ηλικία : $28,33 \pm 10,98$ έτη. Το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο για τον αμβλυωπικό οφθαλμό ήταν $-1,48 \pm 6,14$ διοπτρίες και η μέση καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα $0,35 \pm 0,21$ logMAR. Για τον υγιή τους οφθαλμό το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο ήταν $-0,15 \pm 2,88$ διοπτρίες και η μέση καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα $0,01 \pm 0,05$ logMAR. Οι μέσες τιμές ($\pm T.A$) της ουδού φωτεινής ευαισθησίας ήταν $27,54 \pm 2,32$ dB για τον αμβλυωπικό οφθαλμό και $29,46 \pm 1,93$ dB για τον υγιή οφθαλμό. Με εφαρμογή συσχέτισης pearson παρατηρήθηκε συσχέτιση της ουδού ευαισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού με το μέγεθος της ανισομετρίας ($r = -0,722$, $p = 0,000$) με χαμηλότερες τιμές ευαισθησίας να αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες ανισομετρώπιες. Με εφαρμογή συσχέτισης spearman στην διαφορά της ουδού ευαισθησίας μεταξύ αμβλυωπικού και υγιούς οφθαλμού (Δ Threshold) με τη διαφορά στη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα (Δ BCVA) μεταξύ των ίδιων οφθαλμών δεν βρέθηκε οριακά να υπάρχει συσχέτιση ($p = 0,077$). Με εφαρμογή t-test δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον δείκτη της ακεραιότητας της ωχράς (Macular integrity) μεταξύ αμβλυωπικού οφθαλμού και υγιούς αλλά και με την ομάδα ελέγχου, ενώ δεν παρατηρήθηκε και στατιστικά σημαντική συσχέτιση (spearman) με τον βαθμό της ανισομετρίας. Για την ομάδα των αμβλυωπικών η ουδός φωτεινής ευαισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού ήταν χαμηλότερη σε σχέση με τον υγιή οφθαλμό (**μέση διαφορά= 1,93 dB, $p = 0,000$ /paired sample t-test**) και σε σχέση με τον κυρίαρχο οφθαλμό της ομάδας ελέγχου (**μέση διαφορά= 3,76 dB, $p = 0,000$ /independent sample t-test**). Τέλος μια ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA) έδειξε ότι ο παράγοντας ηλικία δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις παραπάνω διαφορές ($p = 0,46$). Είναι αξιοσημείωτο ότι η ουδός φωτεινής ευαισθησίας και του υγιούς οφθαλμού της ομάδας ασθενών ήταν μειωμένη σε σχέση με τον κυρίαρχο της ομάδας ελέγχου (μέση διαφορά= 1,84 dB και $p = 0,004$), με τον παράγοντα ηλικία να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση ($p = 0,021$).

Συμπεράσματα : Η αμβλυωπία εξ' ανισομετρίας δεν οδηγεί σε σοβαρές βλάβες στο κεντρικό οπτικό πεδίο του ασθενούς αλλά σε μια μείωση του κατωφλίου φωτεινής ευαισθησίας στην περιοχή της ωχράς κηλίδας. Η τεχνική της

μικροπεριμετρίας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με την μέτρηση της οπτικής οξύτητας, στην εκτίμηση του «βάθους» των διαφόρων τύπων αμβλυωπίας.

ABSTRACT

Purpose : The main purpose of the study was to evaluate the effects of anisometric amblyopia upon the macular light sensitivity threshold and macular integrity. The technique of microperimetry was used to assess the macular light sensitivity threshold along with the macular integrity index and fixation stability.

Method : This is a prospective study involving anisometric amblyopic (either hyperopic or myopic) patients and healthy subjects consisting the control group. The amblyopes underwent cycloplegia (and mydriasis) using cyclopentolate (1%). Best corrected visual acuity (BCVA) and refractive correction were measured in conditions of cycloplegia. The recording of macular light sensitivity threshold was performed using the technique of static microperimetry (Maia-expert test). All measurements within the patients group were made by occluding the fellow eye during the examination, while in the control group the same measurements were performed in both stereo and non-stereo status. For the control group inclusion criteria were BCVA equal to 0,0 logMAR or better for both eyes and absence of any ocular abnormality, while for the patients group inclusion criteria were presence of any type of anisometric amblyopia combined with significant interocular difference in BCVA between two eyes and absence of any other ocular abnormality or previous eye operation.

Results : Eventually in the study participated 11 healthy subjects, average age of control group was $27,64 \pm 4,27$ years, average spherical equivalent of the dominant eye was measured $-0,55 \pm 1,95$ dpt and of the non-dominant eye $-0,64 \pm 2,15$ dpt. Average threshold values (\pm SD) of the dominant eye were $31,19 \pm 0,74$ dB and $31,3 \pm 0,93$ dB for stereo and non-stereo vision respectively. Average threshold values (\pm SE) of the non-dominant eye were $31,19 \pm 0,68$ dB and $31,36 \pm 0,76$ dB for stereo and non-stereo vision, respectively. A paired samples t-test within the control group, revealed that the factors of viewing condition (dominant/non-dominant) and stereo/non-stereo observation had no significant effect upon the measured threshold values. The patient group consisted of 24 anisometric amblyopic patients (12 hyperopic amblyopes and 12 myopic amblyopes) of average age: $28,33 \pm 10,98$ years. Amblyopic eye : average

spherical equivalent \pm (SE) was $-1,48\pm 6,14$ dpt and average best corrected visual acuity (BCVA) $0,35\pm 0,21$ logMAR. Non-amblyopic eye : average spherical equivalent (SE) $-0,15\pm 2,88$ dpt and average best corrected visual acuity (BCVA) $0,01\pm 0,05$ logMAR. Average threshold values (\pm SE) were measured $27,54\pm 2,32$ dB and $29,46\pm 1,93$ dB for the amblyopic and non-amblyopic eye, respectively. The threshold value of the amblyopic eye was significantly lower for greater amounts of anisometropia ($r= -0,722$, $p= 0,000$). Greater differences in threshold values between amblyopic and non-amblyopic eye weren't correlated marginally with greater differences in BCVA between the same eyes ($p=0,077$).

The threshold value of the amblyopic eye was found to be fairly lower compared with the fellow eye (mean difference= $1,93$ dB, $p=0,000$ /paired sample t-test) and compared with the dominant eye of the control group (mean difference= $3,76$ dB, $p=0,000$ /independent sample t-test). Plus an analysis of covariance (ANCOVA) revealed that age had no significant effect on these differences ($p=0,46$). Interestingly, the threshold value of the non-amblyopic eye was found to be lower (mean difference= $1,84$, $p=0,004$) compared to that of the dominant eye (control group) with age-factor having significant effect upon this difference ($p=0,021$).

Conclusion: Anisometropic amblyopia can lead to the reduction of macular sensitivity threshold but it is unlikely to result in serious deficits in the visual field. Microperimetry can be used as a method (along with VA measures) to evaluate the severity of various types of amblyopia.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>1^ο ΜΕΡΟΣ ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΦΘΑΛΜΟ</u>	σελ.
1.1] Επίπεδα οφθαλμού και περιγραφή.....	8
1.2] Αμφιβληστροειδής.....	9
1.3] Χαρακτηριστικές περιοχές αμφιβληστροειδή (ωχρά κηλίδα, βοθρίο, οπτική θηλή).....	14
1.4] Μετατροπή και μεταφορά οπτικής πληροφορίας.....	15
<u>2^ο ΜΕΡΟΣ ΑΜΒΛΥΩΠΙΑ</u>	
2.1] Γενικά για την αμβλυωπία.....	19
2.2] Ταξινόμηση και είδη αμβλυωπίας.....	19
2.3] Παθοφυσιολογία της αμβλυωπίας.....	20
2.4] Διάγνωση αμβλυωπίας.....	21
2.5] Θεραπεία αμβλυωπίας.....	28
<u>3^ο ΜΕΡΟΣ ΟΠΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ</u>	
3.1] Μέθοδοι εκτίμησης των οπτικών πεδίων.....	32
3.2] Έλεγχος οπτικών πεδίων με περιμετρία	34
3.2.1] Βασικές αρχές.....	34
3.2.2] Είδη περιμετρίας.....	35
3.2.3] Μικροπεριμετρία και είδη της.....	36
3.3] Κλινική εφαρμογή μικροπεριμετρίας.....	38
<u>4^ο ΜΕΡΟΣ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</u>	
4.1] Σκοπός της μελέτης.....	39
4.2] Μεθοδολογία.....	39
4.2.1] Χαρακτηριστικά της μελέτης.....	39
4.2.2] Κριτήρια επιλογής εξεταζόμενων και διαδικασία εξέτασης.....	39
4.2.3] Μικροπερίμετρο ΜΑΙΑ.....	40
4.2.4] Στατιστική ανάλυση	42
<u>5^ο ΜΕΡΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</u>	
5.1] Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής (μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, εύρη) για την ομάδα ελέγχου και για την ομάδα των αμβλυώπων.....	44
5.2] Έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων.....	46
5.3] Συγκρίσεις εντός της ομάδας ελέγχου.....	48
5.4] Συγκρίσεις εντός της ομάδας των αμβλυώπων.....	48

5.4.1] Σύγκριση φωτεινής ευαισθησίας και ακεραιότητας της ωχράς μεταξύ του αμβλυωπικού και του υγιούς οφθαλμού.....	48
5.4.2] Σύγκριση φωτεινής ευαισθησίας και ακεραιότητας της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού μεταξύ ομάδων με υπερμετροπική και μυωπική αμβλυωπία με παράγοντα την ηλικία.....	49
5.4.3] Σύγκριση φωτεινής ευαισθησίας και ακεραιότητας της ωχράς αμβλυωπικού οφθαλμού μεταξύ υπό-ομάδων με υψηλή και χαμηλή ανισομετροπία.....	53
5.5] Συγκρίσεις μεταξύ ομάδας ασθενών και ομάδας ελέγχου.....	58
5.5.1] Σύγκριση στο κατώφλι φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ αμβλυωπικού οφθαλμού ομάδας αμβλυώπων και κυρίαρχου οφθαλμού της ομάδας ελέγχου.....	58
5.5.2] Σύγκριση στο κατώφλι φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ υγιούς οφθαλμού ομάδας αμβλυώπων και κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη της ομάδας ελέγχου.....	60
5.6] Συσχετίσεις στην ομάδα αμβλυώπων.....	61
5.6.1] Γραφήματα συσχετίσεων.....	63
<u>6^ο ΜΕΡΟΣ ΣΥΖΥΓΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ</u>	
6.1] Συζήτηση-Συμπεράσματα.....	71
6.3] Περιοριστικοί παράγοντες-Βελτιώσεις.....	73
6.4] Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία.....	74

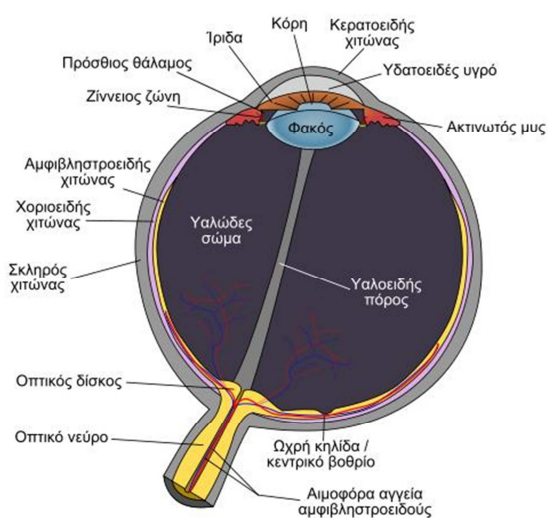
1^ο ΜΕΡΟΣ ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΦΘΑΛΜΟ

1.1 Επίπεδα οφθαλμού και περιγραφή

Το μάτι είναι το πιο εξελιγμένο αισθητήριο όργανο του ανθρωπίνου σώματος. Το τμήμα του εγκεφάλου μας που ελέγχει τις λειτουργίες της όρασης είναι πολύ μεγαλύτερο από όλα τα άλλα τμήματα υπεύθυνα για την ακοή, τη γεύση, την αφή και την όσφρηση. Σχηματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο οφθαλμός αποτελείται από μία ινοαγγειακή σφαίρα (**εικ.1**) η οποία υπαλείφεται από νευροαισθητηριακό χιτώνα και η οποία περιέχει το υδατοειδές υγρό, τον κρυσταλλοειδή φακό και το υαλοειδές σώμα. Λόγω της σφαιρικότητάς του ο οφθαλμός μπορεί να χωριστεί σε τρία επίπεδα, στο οριζόντιο ή προσθιοπίσθιο που χωρίζει το βολβό σε άνω και κάτω μισό, στο οβελιαίο που χωρίζει το βολβό σε ρινικό και κροταφικό μισό και στο κάθετο που χωρίζει το βολβό σε πρόσθιο και οπίσθιο ημισφαίριο. Αναλυτικά οι χιτώνες του οφθαλμού εκτός από τον εξωτερικό και το σκληρό είναι ο ραγοειδής χιτώνας γνωστός και σαν αγγειώδης χιτώνας λόγω της αγγειοβρίθειας του που είναι το μεσαίο από τα τρία στρώματα από τα οποία αποτελείται το μάτι. Χωρίζεται σε τρεις περιοχές, την ίριδα, το ακτινωτό σώμα και τον χοριοειδή χιτώνα ο οποίος εφοδιάζει με οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες την εξωτερική στιβάδα του αμφιβληστροειδούς. Έχουμε επίσης τον αμφιβληστροειδή χιτώνα που αποτελεί τον αισθητήριο χιτώνα του οφθαλμού ο οποίος θα περιγραφεί αναλυτικά παρακάτω.

Ο κερατοειδής χιτώνας είναι ένας ανάγγειος ιστός ο οποίος στη φυσιολογική του κατάσταση είναι διαφανής και αποτελεί το κυριότερο διαθλαστικό μέσο του οφθαλμού. Η διαθλαστική του ισχύς ανέρχεται περίπου σε 45 διοπτρίες ενώ λόγω της διαφάνειας του επιτρέπεται η διόδος των φωτεινών ακτίνων, που προέρχονται από τα διάφορα αντικείμενα του περιβάλλοντος χώρου, εντός του οφθαλμού για να ερεθίσουν στη συνέχεια τον αμφιβληστροειδή. Καλύπτει το 1/6 της επιφάνειας του οφθαλμού ενώ το υπόλοιπο του ινώδη χιτώνα (5/6) καλύπτει ο σκληρός ο οποίος είναι λευκός και αδιαφανής. Ο κερατοειδής έχει ακτίνα καμπυλότητας 8 mm μικρότερη από του σκληρού η οποία είναι 12 mm. Ο πρόσθιος πόλος του οφθαλμού θεωρείται ότι είναι το κέντρο του κερατοειδή ενώ ο οπίσθιος πόλος βρίσκεται στο αντίθετο σημείο στην οπίσθια επιφάνεια του βολβού. Ο οπίσθιος πόλος ουσιαστικά αντιστοιχεί στο σημείο της μέγιστης καμπυλότητας του οπισθίου τμήματος του βολβού. Η νοητή γραμμή που ενώνει τους δύο πόλους ονομάζεται γεωμετρικός ή οπτικός άξονας του οφθαλμού και η απόσταση μεταξύ τους είναι η προσθιοπίσθια διάμετρος του. Ο άξονας της όρασης είναι η νοητή γραμμή η οποία συνδέει το

κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας με το δεσμικό σημείο του οφθαλμού και η οποία συνεχίζεται διαμέσου του κερατοειδή. Επειδή το κεντρικό βοθρίο της ωχράς βρίσκεται κροταφικά και λίγο πιο κάτω από τον οπίσθιο πόλο, ο άξονας της όρασης και ο οπτικός άξονας δεν συμπίπτουν. Η προσθιοπίσθια διάμετρος του οφθαλμού ενός ενήλικα κατά μέσο όρο είναι 24-25 mm και ο μέσος όρος της κάθετης και οριζόντιας είναι 23-24 mm. Η οριζόντια διάμετρος είναι λίγο μεγαλύτερη από την κάθετη.



Εικόνα 1. Απεικόνιση διαφόρων τμημάτων του ανθρώπινου οφθαλμού (<http://ahci.wikispaces.com/Eye-tracking>)

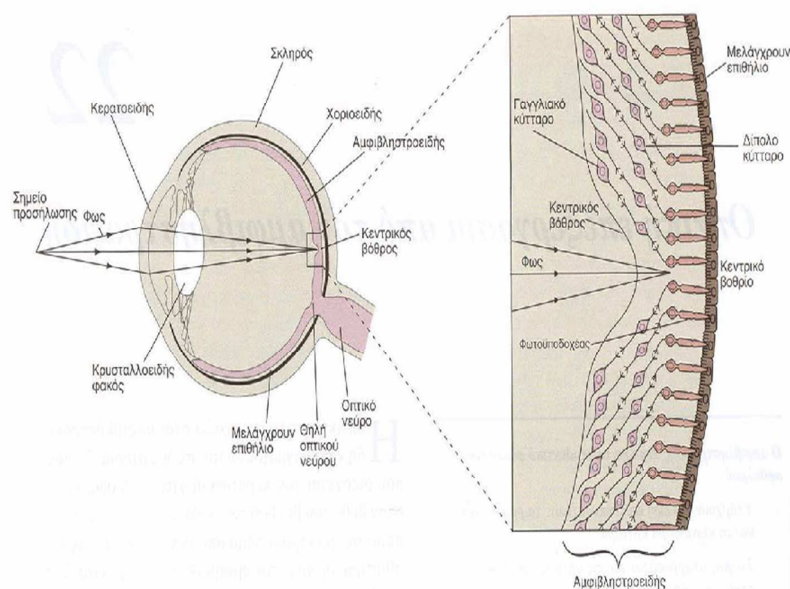
1.2] Αμφιβληστροειδής

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας του οφθαλμού αποτελεί τον εσωτερικό χιτώνα του βολβού. Είναι μια λεπτή, ημιδιαφανής μεμβράνη που καλύπτει την εσωτερική επιφάνεια του ματιού και βρίσκεται μεταξύ του χοριοειδή και του υαλώδους σώματος. Αποτελείται από δύο πέταλα : Το μελάγχρουν επιθήλιο προς τα έξω και τον ιδίως αμφιβληστροειδή ή νευροεπιθήλιο προς τα έσω. Στον οπίσθιο πόλο το πάχος του ανέρχεται στα 0,4 mm και λεπταίνει προς την περιφέρεια στα 0,2-0,1 mm.

Το μελάγχρουν επιθήλιο αποτελείται από μία σειρά κυβοειδών κυττάρων τα οποία επικάθονται στη μεμβράνη του Bruch και συνδέονται πολύ στερεά μαζί της. Αυτά τα κύτταρα συμμετέχουν στην ανακύκλωση των εξωτερικών τμημάτων των φωτοϋποδοχέων και στο σχηματισμό της ροδοψίνης και των χρωστικών των κωνίων, μέσω της αποθήκευσης και απελευθέρωσης της βιταμίνης A. Επίσης, τα κύτταρα

περιέχουν τη μαύρη χρωστική μελανίνη, η οποία απορροφά το φως που δεν δεσμεύεται από τον αμφιβληστροειδή. Το γεγονός αυτό αποτρέπει την αντανάκλαση του φωτός στο οπίσθιο τοίχωμα του βολβού και την διάχυσή του στον εντός του οφθαλμού, γεγονός που θα αλλοίωνε την ποιότητα της εικόνας. Με τον υπόλοιπο αμφιβληστροειδή η σύνδεση είναι χαλαρή με αποτέλεσμα να αποσπάται εύκολα όπως κατά την αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς.

Ο ιδίως αμφιβληστροειδής εκτείνεται από την είσοδο του οπτικού νεύρου μέχρι την πριονωτή περιφέρεια. Αποτελείται από τρεις κύριες ομάδες κυττάρων που από έξω προς τα μέσα είναι τα οπτικά κύτταρα ή φωτοϋποδοχείς, τα δίπολα κύτταρα και τα γαγγλιακά κύτταρα των οποίων οι φυγόκεντρες ίνες σχηματίζουν την οπτική οδό μέχρι τα έξω γονατώδη σώματα. Οι τρεις αυτοί νευρώνες συνδέονται μεταξύ τους με αποφυάδες (**εικ 2**).



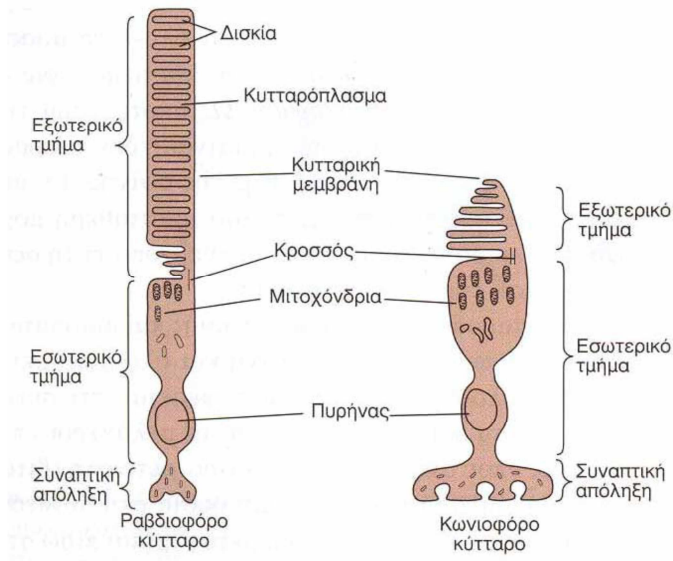
Εικόνα 2. Στην αριστερή εικόνα φαίνεται η ακριβής θέση του αμφιβληστροειδή στον οφθαλμικό βολβό ο οποίος όπως βλέπουμε συνδέεται με τον χοριοειδή στο οπτικό νεύρο και την πριονωτή περιφέρεια. Στη δεξιά εικόνα βλέπουμε τον αμφιβληστροειδή λεπτομερώς.

Όπως βλέπουμε στην εικόνα στο μεγαλύτερο μέρος του αμφιβληστροειδή το φως πρέπει να διέλθει διά μέσω στιβάδων νευρικών κυττάρων πριν φθάσει στον αμφιβληστροειδή. Στο κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας, αυτοί οι εγγύς νευρώνες έχουν μετατοπιστεί προς τα πλάγια με αποτέλεσμα το φως να έχει άμεση πρόσβαση στους φωτοϋποδοχείς. Κατά συνέπεια, η οπτική εικόνα που εμφανίζεται στο κεντρικό βοθρίο εμφανίζει την ελάχιστη παραμόρφωση.

Φωτοϋποδοχείς

Οι δύο τύποι φωτοϋποδοχέων που έχει ο αμφιβληστροειδής είναι τα ραβδία περίπου 120 – 140 εκατομμύρια, και τα κωνία, περίπου 6 – 7 εκατομμύρια. Τα ραβδία διαφοροποιούνται από τα κωνία τόσο για τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά όσο και ως προς την χωρική κατανομή τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ραβδία και τα κωνία δεν διανέμονται ομοιόμορφα. Τα ραβδία, βρίσκονται επί το πλείστον στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή με μέγιστη πυκνότητα περίπου στις 20° από το κέντρο της ωχράς, ενώ τα κωνία είναι επί το πλείστον συγκεντρωμένα στο κεντρικό βοθρίο όπου δεν υπάρχουν καθόλου ραβδία. Αυτή η σημαντική διαφορά απεικονίζει τους διαφορετικούς ρόλους των κεντρικών και περιφερικών περιοχών του αμφιβληστροειδή με αποτέλεσμα ο κεντρικός αμφιβληστροειδής να είναι εξειδικευμένος για την αναγνώριση ενώ η περιφέρεια να είναι εξειδικευμένη για την αντίχνευση ερεθισμάτων.

Όσον αφορά τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά (**εικ.3**) τόσο τα ραβδία όσο και τα κωνία έχουν ένα εσωτερικό κι ένα εξωτερικό τμήμα τα οποία συνδέονται μ' έναν κροσσό. Τα ονόματά τους βασίζονται στο σχήμα του εξωτερικού τμήματός τους αφού το εξωτερικό τμήμα των κωνίων είναι ελαφρώς κωνικό, ενώ εκείνο των ραβδίων κυλινδρικό. Το εσωτερικό τους τμήμα περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου και το μεγαλύτερο μέρος των βιοσυνθετικών οργανιδίων και βρίσκεται περισσότερο προς την εγγύς επιφάνεια του αμφιβληστροειδή. Το εξωτερικό τους τμήμα, μια περιοχή εξειδικευμένη στη φωτομετατροπή, αποτελείται από μια στήλη μεμβρανικών δισκίων τα οποία περιέχουν τις οπτικές χρωστικές. Κάθε μόριο χρωστικής περιλαμβάνει μια φωτοευαίσθητη ουσία την 11-cis-ρετινάλη, προσκολλημένη σε μια μεγαλομοριακή διαμεμβρανική πρωτεΐνη την οψίνη. Το εξωτερικό τμήμα των φωτοϋποδοχέων περιέχει όλα τα συστατικά απαραίτητα για τη μετατροπή του φωτός σε ένα ηλεκτρικό σήμα, ενώ το εσωτερικό τμήμα περιέχει όλα τα συστατικά απαραίτητα για το μεταβολισμό του κυττάρου. Μια άλλη μορφολογική διάκριση των φωτοϋποδοχέων αφορά τις συναπτικές απολήξεις τους, όπου συνάπτονται τα οριζόντια και τα δίπολα κύτταρα. Η συναπτική απόληξη των κωνίων είναι επίπεδη, ονομάζεται ποδίσκος και αποτελείται από 3-5 κολπίσκους. Η συναπτική απόληξη των ραβδίων είναι στρογγυλωπή, ονομάζεται σφαιρίδιο και περιέχει ενιαίο κολπίσκο «υποδοχής».



Εικόνα 3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δύο τύπων φωτοϋποδοχέων. Για το ραβδί αριστερά και για το κωνίο δεξιά.⁴

Δίπολα κύτταρα

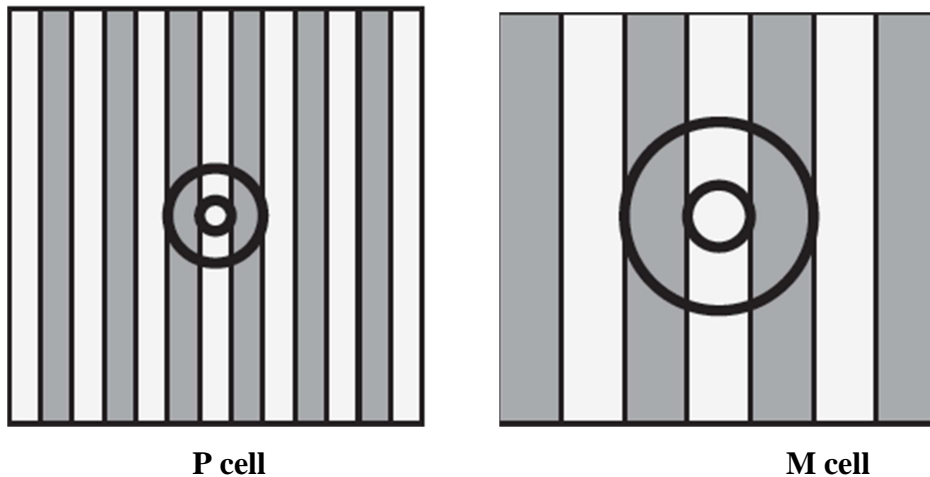
Τα δίπολα κύτταρα πραγματοποιούν συνδέσεις των φωτοϋποδοχέων με τα γαγγλιακά κύτταρα, αυτό το επιτυγχάνουν με τους δύο πόλους που έχουν από όπου παίρνουν και το όνομα τους. Οι οδοί των ραβδίων και των κωνίων παραμένουν συνήθως χωριστές στον αμφιβληστροειδή. Ορισμένα δίπολα έρχονται σε επαφή μόνο με κωνία ενώ άλλα μόνον με ραβδία. Αν και ορισμένα κωνιο-δίπολα, κυρίως στο κέντρο του αμφιβληστροειδή, έρχονται σε άμεση επαφή με μόνο ένα κωνίο, είναι πιθανό να δέχονται και έμμεσες πληροφορίες από άλλα κωνία (μέσω των οριζόντιων κυττάρων ή συνάψεων των φωτοϋποδοχέων με άλλους φωτοϋποδοχείς). Σε αντίθεση, κάθε ραβδί έρχεται σε επαφή με 2-5 ραβδιο-δίπολα, ενώ κάθε ραβδιο-δίπολο δέχεται πληροφορίες από 30-50 διαφορετικά ραβδία.

Γαγγλιακά κύτταρα

Οι τελευταία στιβάδα κυττάρων στον αμφιβληστροειδή είναι τα γαγγλιακά κύτταρα. Σε αντίθεση με τους φωτοϋποδοχείς, οι οποίοι αποκρίνονται στο φως με βαθμιαίες αλλαγές του δυναμικού μεμβράνης, κάθε γάγγλιο διαβιβάζει τις πληροφορίες στον εγκέφαλο ως σειρές δυναμικών ενέργειας. Τα περισσότερα γαγγλιακά κύτταρα διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες με διαφορετικά φυσιολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά τα κύτταρα τύπου M και τα κύτταρα τύπου P ανάλογα με τις στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα στις οποίες καταλήγουν (εικ 4). Σε κάθε κατηγορία υπάρχουν κύτταρα τόσο φωτεινού όσο και σκοτεινού κέντρου.

Οι νευρώνες Μ είναι λίγοι σε αριθμό (αποτελούν το 10% των νευρώνων που σχηματίζουν το οπτικό νεύρο), βρίσκονται στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή και έχουν μεγάλο υποδεκτικό πεδίο με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μειωμένη χωρική διακριτική ικανότητα αλλά αυξημένη ευαισθησία στη φωτεινή αντίθεση (contrast). Οι μικρότεροι νευρώνες Ρ είναι περίπου 10 φορές περισσότεροι σε αριθμό και έχουν μικρό υποδεκτικό πεδίο. Η χωρική τους συχνότητα είναι υψηλή λόγω του μεγέθους τους αλλά και της δυνατότητας άθροισης των αποκρίσεών τους. Βρίσκονται επί τον πλείστον στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου, όπου οι απαιτήσεις ευκρινούς όρασης είναι υψηλές και είναι υπεύθυνοι για την επεξεργασία της έγχρωμης όρασης, και κυρίως της πρασινο-κόκκινης οδού (δέχονται πληροφορίες από L- και Μ - κωνία).

Μια άλλη διαφορά μεταξύ των κυττάρων Ρ και Μ, αφορά τον τρόπο απόκρισής τους σε απότομες αλλαγές ενός ερεθίσματος. Τα κύτταρα Μ, τα οποία επιδεικνύουν υψηλότερες συναπτικές ταχύτητες σε σχέση με τα Ρ παρουσιάζουν απότομη απόκριση τόσο στην έναρξη όσο και στον τερματισμό του ερεθίσματος. Από την άλλη πλευρά τα κύτταρα Ρ, αποκρίνονται παρατεταμένα κατά την διάρκεια ενός ερεθίσματος. Πρέπει να σημειωθεί, ότι επειδή τα χαρακτηριστικά των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή είναι παρόμοια με αυτά του έξω γονατώδη πυρήνα (LGN), οι φυσιολογικές και λειτουργικές ιδιότητές τους συνήθως μελετούνται από κοινού

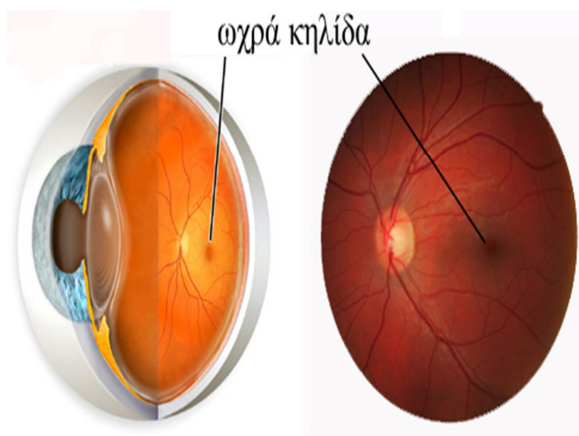


Εικόνα 4. Αριστερά παρουσιάζεται το υποδεκτικό πεδίο των νευρώνων Ρ οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ευκρίνεια των ερεθισμάτων λόγω της απόκρισής τους σε υψηλές χωρικές συχνότητες. Δεξιά παρουσιάζεται το υποδεκτικό πεδίο των Μ νευρώνων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των αδρών χαρακτηριστικών των ερεθισμάτων και της κίνησής τους λόγω της απόκρισής τους σε χαμηλές χωρικές συχνότητες.⁴

1.3] Χαρακτηριστικές περιοχές αμφιβληστροειδή (ωχρά κηλίδα, βοθρίο, οπτική θηλή)

Ο αμφιβληστροειδής περιέχει τρεις χαρακτηριστικές περιοχές :

1] την **ωχρά κηλίδα** (εικ.5) με διάμετρο περίπου 5.0mm η οποία περιέχει την χρωστική ξανθοφύλλη Η ξανθοφύλλη παρουσιάζει μεγάλη πυκνότητα στην έξω συναπτική μεμβράνη, στους νευρίτες των φωτοϋποδοχέων. Έχει κιτρινωπό χρώμα και είναι δύσκολο να παρατηρηθεί όταν φωτίζεται με κοινό φως. Η ωχρά κηλίδα αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα των πρωτεύοντων θηλαστικών και δεν υπάρχει σε άλλα είδη. Αν και η απώλεια της περιφερειακής όρασης μπορεί να περάσει απαρατήρητη για κάποιο διάστημα, οποιαδήποτε βλάβη στην ωχρή κηλίδα θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια της κεντρικής όρασης, που συνήθως γίνεται αμέσως αντιληπτή. Η προοδευτική καταστροφή της ωχρής κηλίδας είναι μια ασθένεια γνωστή σαν εκφύλιση της ωχράς κηλίδας.

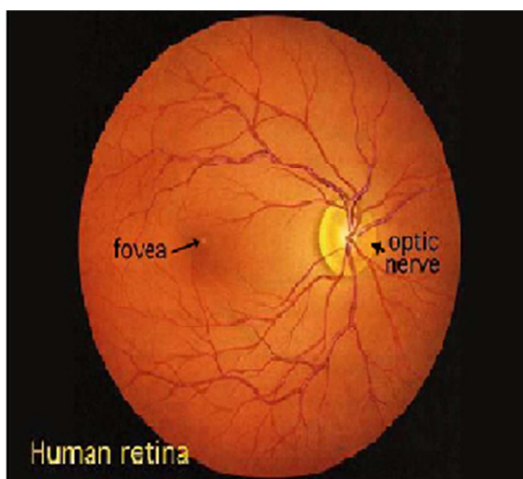


Εικόνα 5. Απεικόνιση ωχράς κηλίδας αριστερού οφθαλμού (η ωχρά κηλίδα εντοπίζεται κροταφικά) ενώ διακρίνεται και η οπτική θηλή (ρινικά) που είναι το σημείο στο οποίο εισέρχεται το οπτικό νεύρο.

2] το **βοθρίο** το οποίο καταλαμβάνει την κεντρική περιοχή της ωχράς κηλίδας με διάμετρο 1.5 mm έχει μειωμένο πάχος επειδή τα κυτταρικά σώματα των εγγύς νευρώνων έχουν μετατοπισθεί προς τα πλάγια επιτρέποντας στους φωτοϋποδοχείς της περιοχής (μόνον κωνία) να λάβουν την οπτική εικόνα με την ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση. Η κεντρική του περιοχή ονομάζεται **κεντρικό βοθρίο**. Το κεντρικό βοθρίο αποτελεί το λεπτότερο σημείο του αμφιβληστροειδή (~150μm) στερείται ραβδίων και εμφανίζει τη μέγιστη ευκρίνεια λόγω της υψηλής πυκνότητας κωνίων. Η περιοχή αυτή είναι υπεύθυνη για την έγχρωμη και λεπτομερή οπτική επεξεργασία των

εικόνων. Ως αποτέλεσμα πραγματοποιούμε συνεχώς συντονισμένες κινήσεις τόσο των οφθαλμών όσο και του κεφαλιού, ώστε οι ενδιαφέρουσες εικόνες / ερεθίσματα να προβάλλονται στο κεντρικό βοθρίο. Πρακτικά, όταν κοιτάζουμε ένα αντικείμενο ή ένα πρόσωπο, αυτό εστιάζεται στο κεντρικό τμήμα της ωχράς μας, και έτσι αντιλαμβανόμαστε τις λεπτομέρειες της εικόνας.

3] τη θηλή του οπτικού νεύρου ή οπτική θηλή (εικ.6) η οποία είναι η μοίρα του οπτικού νεύρου και βρίσκεται μέσα στο σκληρό χιτώνα του οφθαλμού. Έχει διάμετρο περίπου 1,5 mm και ανοιχτό ροδαλό χρώμα σαφώς ανοικτότερο από τον περιβάλλοντα αμφιβληστροειδή. Βρίσκεται περίπου 4,5 mm ρινικά του κεντρικού βοθρίου στερείται φωτοϋποδοχέων και γι' αυτό δημιουργεί ένα τυφλό σημείο στο οπτικό μας πεδίο. Αποτελεί την περιοχή από την οποία οι νευρικές απολήξεις του οπτικού νεύρου «εγκαταλείπουν» τον αμφιβληστροειδή.



Εικόνα 6. Απεικόνιση βυθού δεξιού οφθαλμού όπου φαίνονται οι ακριβείς θέσεις της ωχράς κηλίδας και του οπτικού νεύρου.

1.4] Μετατροπή και μεταφορά οπτικής πληροφορίας

Μπορούμε να παρομοιάσουμε τον αμφιβληστροειδή με το φιλμ της φωτογραφικής μηχανής. Εδώ γίνονται οι απαραίτητες χημικές διεργασίες, ώστε τα νευρικά ερεθίσματα να μεταφέρονται στον εγκέφαλο, μέσω των οπτικών οδών, προς ανάλυση και επεξεργασία. Στον αμφιβληστροειδή εκτελείται μια διαδικασία γνωστή ως φωτομεταγωγή. Κατά τη διαδικασία αυτή οι φωτοϋποδοχείς μετατρέπουν την φωτεινή ενέργεια, δηλαδή τα απορροφούμενα φωτόνια, των οπτικών ερεθισμάτων σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία διαβιβάζονται στον εγκέφαλο μέσω των οπτικών νεύρων και έτσι αντιλαμβανόμαστε την εικόνα.

Στον αμφιβληστροειδή λοιπόν αρχίζει η οπτική αντίληψη και πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Το φως αρχικά διέρχεται από την πρόσθια επιφάνεια του οφθαλμού και στη συνέχεια προβάλλεται στον βυθό του βολβού του οφθαλμού, τον αμφιβληστροειδή χιτώνα που περιέχει τους φωτοϋποδοχείς οι οποίοι μετατρέπουν την φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρικό σήμα (νευρικές ώσεις) μέσω μιας σειράς χημικών και μεταβολικών αντιδράσεων. Στη συνέχεια, οι ώσεις αυτές μεταβιβάζονται μέσω δίπολων κυττάρων στα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς. Πρέπει επίσης να σημειωθεί η ύπαρξη και άλλων κυττάρων όπως τα οριζόντια και βραχύνα που ο ρόλος τους δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί, δηλαδή εάν επεμβαίνουν ή όχι στη μεταβίβαση του οπτικού ερεθίσματος και σε ποιο βαθμό. Κατά την πορεία τους οι οπτικές ίνες είναι αμύελες και πορεύονται κατά ομάδες που σχηματίζουν λεπτά δεμάτια. Τα δεμάτια αυτά χωρίζονται μεταξύ τους από προσεκβολές των ιών του Muller. Είναι ουσιώδες το γεγονός ότι η διέγερση κάθε μιας από τις οπτικές ίνες δεν επηρεάζει τη γειτονική της. Έτσι αποκλείεται η σύγχυση των οπτικών παραστάσεων.

Επίσης, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι ο αμφιβληστροειδής δεν ενεργεί όπως ένα φωτοτυπικό μηχάνημα, διαβιβάζοντας ολόκληρη την οπτική εικόνα. Αντιθέτως, εξάγει ορισμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της εικόνας, φιλτράροντας μεγάλα ποσά πληροφοριών. Η διάταξη των νευρώνων στον αμφιβληστροειδή κυρίως ανιχνεύει και συγκρίνει αλλαγές όπως στην φωτεινότητα ή στην χρωματικότητα ενός αντικειμένου και αγνοεί κατά ένα μεγάλο μέρος τις φωτεινές εντάσεις που είναι σταθερές. Με άλλα λόγια, οποιαδήποτε απότομη αλλαγή στην ένταση της αμφιβληστροειδικής εικόνας καταχωρείται και διαβιβάζεται, ενώ χαρακτηριστικά που είναι σταθερά, όπως η συνολική ή η μέση τιμή φωτεινότητας «ακυρώνονται». Αυτό είναι ένας τρόπος με τον οποίο αποτρέπεται η υπερφόρτωση πληροφοριών. Παρόλα αυτά, η ροή πληροφοριών από τον αμφιβληστροειδή στον εγκέφαλο είναι τεράστια. Υπάρχουν περίπου 120 εκατομμύρια φωτοϋποδοχείς στον ανθρώπινο αμφιβληστροειδή και τα σήματά τους συγκλίνουν προς περίπου 1,25 εκατομμύρια νευρικές οπτικές ίνες. Τα παραπάνω λαμβάνουν χώρα σε ένα χρονικό διάστημα περίπου 200ms, κάτι που σημαίνει ότι πολλά «gigabytes» δεδομένων ανά δευτερόλεπτο διαβιβάζονται κατά μήκος του οπτικού νεύρου.

Όλα τα παραπάνω συμβαίνουν χάρη στα λειτουργικά χαρακτηριστικά των φωτοϋποδοχέων. Όσον αφορά τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά λοιπόν τα ραβδία λειτουργούν στο αμυδρό φως (ημίφως) και στο σκοτάδι, όταν τα περισσότερα ερεθίσματα είναι πολύ αδύνατα ώστε να διεγείρουν τα κωνία, αλλά στο έντονο φως

χάνουν αυτήν την δυνατότητα. Αντιθέτως, τα κωνία είναι λιγότερο ευαίσθητα από τα ραβδία αλλά υπεύθυνα για την όραση στο φως. Ένας λόγος για τον οποίον τα ραβδία είναι πιο ευαίσθητα στο αμυδρό φως από ότι τα κωνία είναι ότι περιέχουν περισσότερη φωτοευαίσθητη οπτική χρωστική από τα κωνία, γεγονός που τα καθιστά ικανά να δεσμεύουν περισσότερο φως. Στα ραβδία είναι δυνατόν να προκληθεί ανιχνεύσιμη ηλεκτρική απόκριση από ένα μόνο φωτόνιο ενώ αντίθετα πρέπει να απορροφηθούν εκατοντάδες φωτόνια από ένα κωνίο για να προκληθεί ανάλογη απόκριση, δηλαδή η ευαισθησία τους στο φως είναι μειωμένη. Επιπλέον, το σύστημα των ραβδίων είναι συγκλίνον το οποίο σημαίνει ότι πολλά ραβδία συνάπτονται με τον ίδιο διάμεσο νευρώνα, το δίπολο κύτταρο. Έτσι τα σήματα των ραβδίων, που είναι πολύ περισσότερα σε αριθμό από τα κωνία, αλληλοενισχύονται, δυναμώνοντας την προκαλούμενη από το φως απόκριση του κυττάρου και αυξάνοντας την ικανότητα του εγκεφάλου να ανιχνεύει αμυδρό φως στο σκοτάδι. Λόγω όμως της σύγκλισης των ραβδίων, η χωρική διακριτική τους ικανότητα είναι σημαντικά μειωμένη. Σύγκλιση παρατηρείται και στα κωνία, ιδιαίτερα στην περιφέρεια πράγμα το οποίο είναι αναμενόμενο από την στιγμή που 120 εκατομμύρια φωτοϋποδοχείς μεταβιβάζουν πληροφορίες σε 1.25 γαγγλιακά κύτταρα. Στο κεντρικό βοθρίο πάντως δεν υπάρχει καθόλου σύγκλιση αφού ένα δίπολο (και ένα γαγγλιακό κύτταρο) δέχεται πληροφορίες από ένα μόνο κωνίο, εξασφαλίζοντας καλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα δηλαδή μεγαλύτερη οπτική οξύτητα. Τα κωνία επίσης εξασφαλίζουν καλύτερη διακριτική ικανότητα στις ταχείες αλλαγές της εικόνας, δηλαδή καλύτερη χρονική διακριτική ικανότητα. Τα ραβδία αποκρίνονται βραδέως σε στιγμιαίες λάμπσεις. Για να φτάσει η απόκριση ενός ραβδίου σε μια αμυδρή στιγμιαία λάμπση στην κορύφωσή της απαιτούνται περίπου 200msec, με αποτέλεσμα οι δράσεις όλων των φωτονίων που απορροφήθηκαν κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος να αθροίζονται. Το γεγονός αυτό μπορεί να βοηθά τα ραβδία να διακρίνουν μικρές ποσότητες φωτός, αλλά τα εμποδίζει να διακρίνουν φως που ταλαντώνεται ταχύτερα από περίπου 12Hz. Από την άλλη πλευρά, η απόκριση των κωνίων είναι πολύ ταχύτερη. Ο χρόνος που απαιτείται για την κορύφωση της απόκρισης είναι περίπου 50 msec. Ως αποτέλεσμα μπορούν να ανιχνεύσουν ταλαντώσεις μέχρι και 55Hz. Επιπλέον καθώς η ένταση της λάμπσης αυξάνεται, ο χρόνος απόκρισης του φωτοϋποδοχέα μειώνεται, ενώ σε υψηλές εντάσεις επέρχεται κορεσμός.

Τέλος, τα κωνία είναι υπεύθυνα για την έγχρωμη όραση. Υπάρχουν τρεις τύποι κωνίων, που περιέχουν, ο καθένας, μια οπτική χρωστική ευαίσθητη σε ένα

διαφορετικό τμήμα του φάσματος. Ο εγκέφαλος αποκτά πληροφορίες για τα χρώματα, συγκρίνοντας τις αποκρίσεις των τριών κωνίων. Αντιθέτως τα ραβδία περιέχουν μόνο ένα είδος χρωστικής την ροδοψίνη με αποτέλεσμα να απαντούν όλο με τον ίδιο τρόπο σε διαφορετικά μήκη κύματος. Για τον λόγο αυτό η όραση μέσω των ραβδίων είναι “άχρωμη”.

2^ο ΜΕΡΟΣ ΑΜΒΛΥΩΠΙΑ

2.1 Γενικά για την αμβλυωπία

Γενικά η αμβλυωπία μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία αναπτυξιακή διαταραχή, με παράλληλη σημαντική μείωση της βέλτιστα διορθωμένης οπτικής οξύτητας, χωρίς την ύπαρξη κάποιας ανιχνεύσιμης οργανικής βλάβης. Η σταδιακή απώλεια της οπτικής οξύτητας στην αμβλυωπία συνδέεται με μη φυσιολογική οπτική «λειτουργία» κατά την βρεφική ή νηπιακή ηλικία. Πρόκειται για μία αναπτυξιακή διαταραχή διότι οι ίδιοι παθογενετικοί παράγοντες που οδηγούν στην αμβλυωπία δεν φαίνεται να έχουν ανάλογη επίδραση στην όραση των ενηλίκων.⁹

Η αμβλυωπία εμφανίζεται στον πληθυσμό σε ποσοστό 2-5% παρόλο που έχει αναφερθεί συχνότητα της τάξης του 6%^{7,9,11}. Το φύλο και η φυλή δεν αναφέρονται ως παράγοντες κινδύνου^{10,11}. Ενώ περιστατικά αμβλυωπίας που δεν έχουν αντιμετωπιστεί, θεωρούνται η κύρια αιτία απώλειας της μονόφθαλμης οπτικής οξύτητας στις ηλικίες 20 έως 70 έτη. Η μελέτη των Donahue και Johnson αναφέρει ότι έως και 67% των «ύποπτων» περιστατικών αμβλυωπίας απαιτούσαν άμεση αντιμετώπιση.¹⁹

2.2 Ταξινόμηση και είδη αμβλυωπίας

Η αμβλυωπία είναι γνωστή στην κλινική κοινότητα για περισσότερα από 300 χρόνια. Το 1967, ο Von Noorden επιχείρησε μια πρώτη ταξινόμηση της αμβλυωπίας σε στραβισμική, ανισομετρωπική, οργανική και στους διάφορους τύπους αμβλυωπίας εξ'ανοψίας.¹⁴ Εκτός από την λειτουργική αμβλυωπία όμως, η οποία με κατάλληλη θεραπεία μπορεί να υποχωρήσει, έχουμε και την οργανική αμβλυωπία η οποία είναι μία κατάσταση μη αναστρέψιμη όπου υποθέτουμε την ύπαρξη οργανικής βλάβης κάποια από τα αίτια της οποίας είναι η αχρωματοψία, το κολόβωμα και η εκφυλιστική μυωπία.

Η αμβλυωπία εξ'ανοψίας οφείλεται στην παρεμπόδιση της όρασης και έχει ως αποτέλεσμα σοβαρή ελάττωση της οπτικής οξύτητας. Συνήθεις αιτίες είναι η συγγενής πτώση του άνω βλεφάρου που καλύπτει το κορικό τμήμα του κερατοειδούς, ο συγγενής καταρράκτης, συγγενής θόλωση του κερατοειδούς, τραυματισμός του οφθαλμού σε μικρή ηλικία καθώς επίσης κάποια ιατρογενής προέλευση λόγω για παράδειγμα κάλυψης του υγιούς οφθαλμού για θεραπευτικούς λόγους.

Στην στραβιστική αμβλυωπία οι αισθητηριακές διαταραχές του στραβισμού (σύγχυση και διπλωπία) ευθύνονται για την πρόκληση αμβλυωπίας στον

παρεκκλίνοντα οφθαλμό. Οι δυσάρεστες αυτές αισθητηριακές διαταραχές οδηγούν στην απόθεση ενεργητικά της εικόνας, από τον εγκέφαλο, που σχηματίζεται από τον παρεκκλίνοντα οφθαλμό με συνέπεια τη μόνιμη ελάττωση της οπτικής οξύτητας του. Η οπτική οξύτητα στον αμβλυωπικό οφθαλμό μπορεί να ανέρχεται από μερικά δέκατα έως αντίληψη κινούμενης χειρός ή φωτός. Για να χαρακτηρίσουμε στην πράξη έναν οφθαλμό ότι έχει κάποιο βαθμό αμβλυωπίας πρέπει η οπτική του οξύτητα να υπολείπεται τουλάχιστον κατά δύο σειρές στο οπτότυπο εξέτασης.

Στην αμβλυωπία εκ ανισομετροπίας, λόγω μεγάλων διαφορών στο διαθλαστικό σφάλμα μεταξύ των δύο οφθαλμών, η διαφορά στην ευκρίνεια των ειδώλων που σχηματίζονται στους δύο αμφιβληστροειδείς κάνει δύσκολη την ταύτιση τους με αποτέλεσμα απόθεση της εικόνας του οφθαλμού με τη μεγαλύτερη αμετροπία. Μεγαλύτερη συχνότητα της μορφής αυτής παρουσιάζεται στους υπερμετροπικούς και στους αστιγματικούς οφθαλμούς. Στην ανισομετροπία από ετερόπλευρη μυωπία δεν εμφανίζεται συνήθως αμβλυωπία διότι ο οφθαλμός εκείνος χρησιμοποιείται από τον ασθενή κατά την όραση για κοντά και με αυτόν τον τρόπο δε μένει ανενεργός. Η αμβλυωπία από ανωμαλίες της διάθλασης μπορεί να είναι αμφοτερόπλευρη (με άλλοτε άλλου βαθμού μείωσης της όρασης) όταν υπάρχει αμφοτερόπλευρη διαταραχή της διάθλασης (υψηλός αστιγματισμός, υψηλή υπερμετροπία ή μυωπία) και δεν έχει γίνει χωρίς η διόρθωση της διαθλαστικής αυτής ανωμαλίας.

Σε όλα τα υποείδη της αμβλυωπίας, οι δύο κύριοι παράγοντες που προκαλούν την αμβλυωπία είναι η διαταραχή της διόφθαλμης παρατήρησης και ο σχηματισμός θολερού αμφιβληστροειδικού ειδώλου στον αμβλυωπικό οφθαλμό.¹³ Επιπλέον στους μεικτούς τύπους αμβλυωπίας (στραβισμική-ανισομετροπική) συνυπάρχουν και οι δύο παραπάνω παράγοντες, γι' αυτό το λόγο είναι και πιο δύσκολα αντιμετωπίσιμοι.¹³ Η ανισομετροπική αμβλυωπία είναι ο συχνότερα εμφανιζόμενος τύπος ενώ πιο σπάνια είναι η αμβλυωπία εξ'ανοψίας (1%).¹² Επιπλέον η ανισομετροπική αμβλυωπία είναι πιο δύσκολα ανιχνεύσιμη σε σχέση με την στραβισμική, λόγω της απουσίας εμφανούς παρέκκλισης των οφθαλμών.¹⁰

2.3] Παθοφυσιολογία της αμβλυωπίας

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, η αμβλυωπία προκαλείται κυρίως λόγω του σχηματισμού μη καλά εστιασμένου ειδώλου στην ωχρά κηλίδα, κατά την περίοδο ανάπτυξης του συστήματος της όρασης. Στους ασθενείς με αμβλυωπία φαίνεται ότι επηρεάζονται μόνο συγκεκριμένες οπτικές λειτουργίες. Ειδικότερα παρατηρείται

απώλεια της κεντρικής όρασης, ενώ η έγχρωμη όραση και η χρονική διακριτική ικανότητα διατηρούνται σε φυσιολογικά επίπεδα.^{8,15} Άλλες οπτικές λειτουργίες που διαταράσσονται στους αμβλυωπικούς ασθενείς είναι η ευαισθησία στην αντίθεση φωτεινότητας (contrast sensitivity), η ικανότητα αντίληψης κίνησης, η διόφθαλμη συνάθροιση και η στερέωση¹⁶. Έτσι πρωταρχικά η αμβλυωπία προκαλεί ελάττωση στην χωρική όραση (spatial vision) των πασχόντων.

Ωστόσο το ερώτημα που τίθεται είναι σε ποιο επίπεδο της οπτικής οδού εμφανίζεται η όποια «αλλοίωση» που να δικαιολογεί τα συμπτώματα της αμβλυωπίας. Έρευνες που έγιναν σε πειραματόζωα με τεχνητή αποστέρηση του οπτικού ερεθίσματος, έδειξαν ανατομικές αλλαγές στα κύτταρα των οπτικών οδών, στο έξω γονατώδες σώμα (LGN) αλλά και στον οπτικό φλοιό¹⁷. Στο αμφιβληστροειδικό επίπεδο και συγκεκριμένα στην περιοχή της ωχράς κηλίδας, παρατηρήθηκε μια διεύρυνση των υποδεκτικών πεδίων των ραβο-γαγγλιακών κυττάρων, υπεύθυνα για την υψηλή χωρική ανάλυση. Αποτέλεσμα είναι η μετατόπιση της χωρικής διακριτικής ικανότητας σε χαμηλότερες συχνότητες. Επιπλέον ηλεκτροφυσιολογικές καταγραφές (ERG) στον έξω γονατώδη πυρήνα (LGN) έδειξαν φυσιολογική δραστηριότητα, αν και τα νευρικά κύτταρα στις στιβάδες παρουσίαζαν μορφολογικές αλλαγές στο σχήμα και το πάχος⁷.

2.4] Διάγνωση αμβλυωπίας

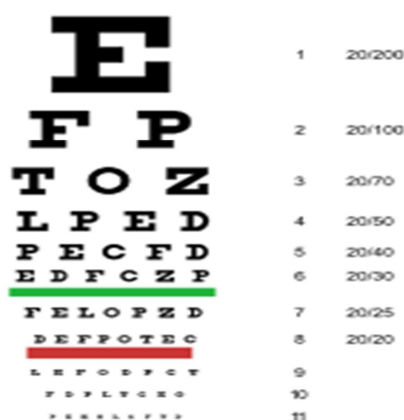
Η διάγνωση της αμβλυωπίας μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως με τη λήψη ιστορικού, με επισκόπηση ή με φυσική εξέταση.

Λέγοντας ιστορικό εννοούμε να λάβουμε υπόψη το πότε ξεκίνησε το σύμπτωμα, να δούμε αν υπήρξε τραύμα ή αρρώστια το χρόνο της έναρξης των συμπτωμάτων, να κοιτάξουμε αν εμφανίζεται σε κοντινή ή μακρινή όραση, αν είναι μονόπλευρη ή αμφοτερόπλευρη καθώς επίσης να λάβουμε υπόψη μας το μαιευτικό ιστορικό. Κατά τη λήψη του ιστορικού μία πολύ σημαντική ερώτηση είναι εάν το παιδί γεννήθηκε πρόωρα. Η ερώτηση αυτή είναι απαραίτητο να γίνεται γιατί σε αυτή την περίπτωση μπορεί το παιδί να παρουσιάζει αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας στην οποία σημαντικό περιφερικό τμήμα του αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού παραμένει χωρίς ανάπτυξη αγγείων με αποτέλεσμα τη μειωμένη όραση. Θα πρέπει επίσης να ρωτώνται οι γονείς αν το παιδί κάθεται πολύ κοντά στην τηλεόραση ή είναι αδιάφορο γι' αυτήν, όπως επίσης και εάν κρατάει τα παιχνίδια του σε πολύ κοντινή απόσταση 2-5 εκατοστά, πράγματα που όλα δηλώνουν κακή όραση. Λαμβάνεται επίσης

ιστορικό για την γενικότερη υγεία του παιδιού και την ανάπτυξη του. Καθοριστικό ωστόσο είναι και το ιστορικό των γονέων για περιπτώσεις καταρράκτη γλαυκώματος, ρετινοβλαστώματος, μυωπίας, αστιγματισμού, υπερμετροπίας, στραβισμού.

Η φυσική εξέταση έχει να κάνει με την εκτίμηση της οπτικής οξύτητας και με την εκτίμηση της προσήλωσης. Ως οπτική οξύτητα ορίζεται η ικανότητα του οφθαλμού να διακρίνει με την καλύτερη διαθλαστική του διόρθωση, εάν χρειάζεται, δύο σημεία στο χώρο σαν ξεχωριστά στη μέγιστη δυνατή απόσταση από αυτόν. Ο οφθαλμός για να διακρίνει δύο σημεία του χώρου σαν ξεχωριστά πρέπει αυτά να ερεθίζουν 2 διαφορετικά κωνία μεταξύ των οποίων παραμένει ένα τουλάχιστον μη ερεθιζόμενο κωνίο.

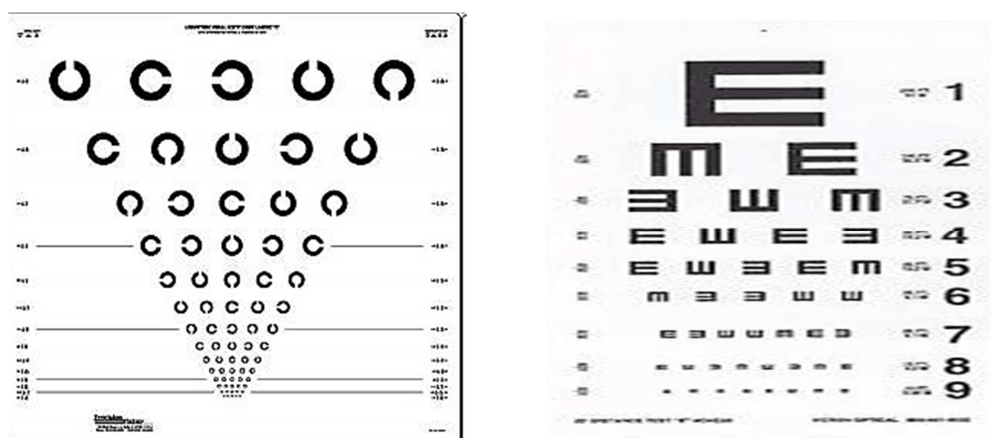
Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας είναι βασική και απαραίτητη. Εκτιμάται ανάλογα με την ηλικία. Στην ηλικία του ενός έτους η οπτική οξύτητα είναι περίπου 5/10 για να φτάσει τα 10/10 στην ηλικία των 5-6 ετών. Για παιδιά πάνω από 6 χρονών η μέτρηση της οπτικής οξύτητας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα και μπορεί να γίνει με το κλασικό οπτότυπο του Snellen (εικ.7). Τα εν λόγω οπτότυπα αποτελούνται από σειρές συμβόλων, αριθμούς ή γράμματα, που βαθμιαία ελαττώνονται σε μέγεθος.



Εικόνα 7. Το κλασικό οπτότυπο του Snellen.

Για παιδιά της προσχολικής ηλικίας τα οποία δεν αναγνωρίζουν αριθμούς ή γράμματα για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας χρησιμοποιούνται πίνακες με σχήματα γνωστών αντικειμένων ή συμβόλων. Σε αυτήν την περίπτωση ζητάμε από τον εξεταζόμενο να μας προσδιορίσει το όνομα ή να αναζητήσει το όμοιο αντικείμενο ή σύμβολο από ένα πίνακα που κρατά μπροστά του, η λεγόμενη μέθοδος Scheridon-

Gardiner. Επίσης σε αυτή την ηλικία ο προσδιορισμός της οπτικής οξύτητας μπορεί να γίνει με το γράμμα E και τους δακτύλιους του Landolt (εικ.8). Ο πίνακας με το περιστρεφόμενο γράμμα E χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της οπτικής οξύτητας στον αναλφάβητο πληθυσμό, όπου η μόνη μεταβλητή είναι ο προσανατολισμός του γράμματος E. Ο Landolt από τη μεριά του πρότεινε την δημιουργία ενός πίνακα με την χρήση ενός συμβόλου («σπασμένου δαχτυλιδιού» ή Landolt C) με μοναδική μεταβλητή τον προσανατολισμό του ανοίγματος του γράμματος C. Είθισται να χρησιμοποιούνται 4 ή 8 διαφορετικοί προσανατολισμοί του Landolt C. Αν και ο πίνακας του Landolt χρησιμοποιήθηκε σε πολλά ερευνητικά πρωτόκολλα, είχε τελικά μικρή κλινική αποδοχή.



Εικόνα 8. Πίνακας μέτρησης της οπτικής οξύτητας με τους δακτύλιους του Landolt αριστερά και με το γράμμα E δεξιά.

Σε πολύ μικρά παιδιά και βρέφη η μέτρηση της οπτικής οξύτητας είναι δύσκολη .Σε αυτές τις περιπτώσεις μόνο έμμεσα μπορούμε να την εκτιμήσουμε προδιορίζοντας την λειτουργική ικανότητα του οφθαλμού με την εξέταση του αντανακλαστικού της κόρης και με την ικανότητα παρακολούθησης ενός φωτεινού αντικειμένου. Ο προσδιορισμός της οπτικής οξύτητας σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να γίνεται ξεχωριστά για τον κάθε οφθαλμό για μακριά και για κοντά και φυσικά να υπάρχει συνεργασία.

Εκτός από την μέτρηση της οπτικής οξύτητας όπως είπαμε η φυσική εξέταση έχει να κάνει και με την εκτίμηση της προσήλωσης. Λέγοντας προσήλωση εννοούμε τη μετακίνηση των οφθαλμών προς το παρατηρούμενο αντικείμενο ώστε το είδωλο του αντικειμένου να σχηματιστεί στο κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας του

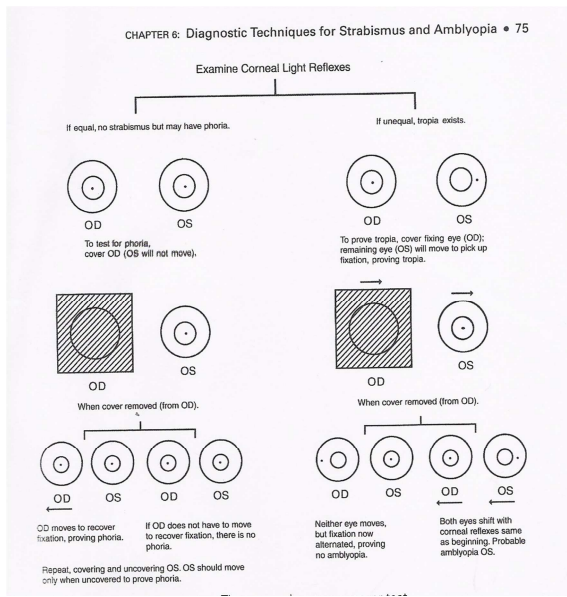
αμφιβληστροειδούς όπου και παρατηρείται η μεγαλύτερη ευκρίνεια. Στην περίπτωση αυτή η προσήλωση είναι κεντρική. Οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης ελέγχονται από τρία υποσυστήματα οφθαλμοκινητικού ελέγχου: το οφθαλμοκινητικό σύστημα, το σύστημα σταθεροποίησης και το σύστημα κίνησης του κεφαλιού. Η παρατήρηση ακίνητων και μη εικόνων υποστηρίζεται από το οφθαλμοκινητικό σύστημα που περιλαμβάνει τις σακκαδικές, τις ομαλές κινήσεις παρακολούθησης και τις κινήσεις σύγκλισης-απόκλισης. Οι σακκαδικές είναι εκούσιες κινήσεις των οφθαλμών (100.000 ημερησίως) με τις οποίες σαρώνουμε μια εικόνα, είναι γρήγορες ενώ η ταχύτητα τους είναι ακούσια και καθορίζεται από την εκκεντρότητα του παρατηρούμενου στόχου. Με τις ομαλές κινήσεις παρακολούθησης ακολουθούμε έναν κινούμενο στόχο στο οπτικό μας πεδίο. Η ταχύτητα τους ελέγχεται από την ταχύτητα του κινούμενου στόχου. Τέλος κατά τις κινήσεις σύγκλισης-απόκλισης οι οφθαλμοί είτε συγκλίνουν κατά την προσαρμογή, είτε απομακρύνονται και καθοδηγούνται από τον βαθμό ανομοιότητας του αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Το σύστημα σταθεροποίησης αποτελείται από κινήσεις, που σκοπό έχουν την σταθεροποίηση του ειδώλου στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου. Τέτοιες κινήσεις είναι οι κινήσεις-τρέμουλο, οι κινήσεις διολίσθησης και οι μικροσακκαδικές κινήσεις. Τα δύο παραπάνω συστήματα συνδέονται άμεσα με το σύστημα κίνησης του κεφαλιού. Λόγω της συνεχούς ακούσιας και εκούσιας κίνησης του κεφαλιού, το πλάτος και η κατεύθυνση των οφθαλμικών κινήσεων επηρεάζεται από το μέγεθος της κίνησης του.

Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις στραβισμού την προσήλωση του παρεκκλίνοντος οφθαλμού αναλαμβάνει κάποιο άλλο σημείο εκτός του κεντρικού βοθρίου της ωχράς. Αυτού του είδους η προσήλωση ονομάζεται έκκεντρη προσήλωση και εκδηλώνεται όταν το άτομο προσηλώνει με τον παρεκκλίνοντα οφθαλμό. Στην πραγματικότητα η έκκεντρη προσήλωση δεν αφορά σε ένα μόνο συγκεκριμένο σημείο αλλά σε μια μικρή περιοχή του αμφιβληστροειδή που προτιμάται για προσήλωση. Τόσο η κεντρική όσο και η έκκεντρη προσήλωση μπορεί να είναι ασταθείς. Το σημείο της έκκεντρης προσήλωσης μπορεί να βρίσκεται πολύ κοντά στο κεντρικό βοθρίο. Η προσήλωση τότε ονομάζεται παραβοθρική. Σε άλλες περιπτώσεις βρίσκεται έξω από την ωχρά αλλά κοντά σε αυτήν και αυτή ονομάζεται παραωχρική. Τέλος όταν το σημείο ή η περιοχή προσήλωσης του αμφιβληστροειδή βρίσκεται μακριά της ωχράς η προσήλωση ονομάζεται περιφερική.

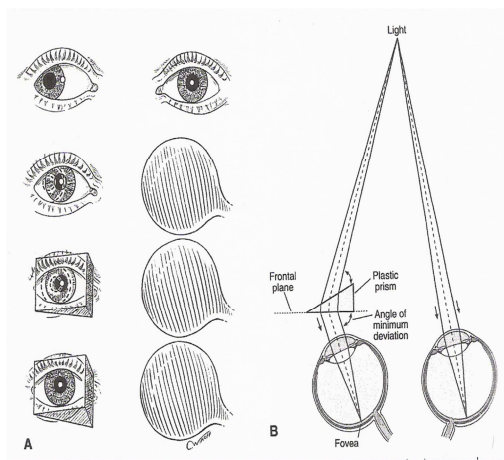
Η εκτίμηση της προσήλωσης μπορεί να γίνει με :

- Τεστ κάλυψης
- Τεστ κερατοειδικής αντανάκλασης φωτός
- Δοκιμασίες που βασίζονται στη διαπίστωση από τον ασθενή διπλωπίας σε ανόμοιες εικόνες του ίδιου αντικειμένου
- Δοκιμασίες που βασίζονται στην απάντηση του ασθενή όταν προβάλλονται ανόμοιες εικόνες σε κάθε οφθαλμό

Το τεστ κάλυψης περιλαμβάνει : Το τεστ κάλυψης-αποκάλυψης (**εικ.9**), στο οποίο ο κάθε οφθαλμός καλύπτεται χωριστά και εναλλάξ για 2-3 δευτερόλεπτα και αφαιρείται η κάλυψη γρήγορα. Ο εξεταστής πρέπει να σημειώσει αν ο οφθαλμός που αποκαλύπτεται κάνει κάποια κίνηση για να επαναπροσηλώσει και ποια είναι η κατεύθυνση της. Συνήθως αυτή η κίνηση είναι προς τα έσω (εξωφορία) ή προς τα έξω (εσωφορία) αλλά επίσης και προς τα πάνω (κατωφορία) ή προς τα κάτω (ανωφορία). Η ποσοτική εκτίμηση του κάθε τύπου φορίας μπορεί να γίνει με τα ραβδία του Maddox ή με πρίσματα αυξανόμενης ισχύος τα οποία τοποθετούνται μπροστά στον οφθαλμό που αποκλίνει έως ότου ο αποκαλυπτόμενος οφθαλμός να μην κάνει πια κίνηση επαναπροσήλωσης. Η φορά με την οποία πρέπει να τοποθετούνται τα πρίσματα είναι με βάση έξω για την εσωφορία, με βάση έσω για την εξωφορία, με βάση κάτω για την ανωφορία και με βάση πάνω για την κατωφορία. Το τεστ εναλλαγής κάλυψης η οποία είναι μία μέθοδος που περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο με τη θεραπεία της αμβλυωπίας, και το τεστ ταυτόχρονης κάλυψης και χρήση πρίσματος (**εικ.10**) το οποίο είναι συνδυασμός της διαδικασίας που ακολουθείται στο απλό τεστ κάλυψης με τη χρήση όμως πρισμάτων για τη μέτρηση της γωνίας της τροπίας.



Εικόνα 9. Τεστ κάλυψης-αποκάλυψης για τον έλεγχο φορίας στην αριστερή εικόνα όταν καλύπτουμε τον δεξιό οφθαλμό ο αριστερός δεν θα κινηθεί, όταν αφαιρέσουμε το κάλυμμα εάν ο δεξιός οφθαλμός μετακινηθεί στην θέση προσήλωσης υπάρχει φορία. Στην περίπτωση ύπαρξης τροπίας καλύπτουμε τον οφθαλμό που δεν στραβίζει (δεξιό οφθαλμό στο σχήμα), τότε ο παρεκκλίνοντας οφθαλμός θα κινηθεί προς το σημείο προσήλωσης.

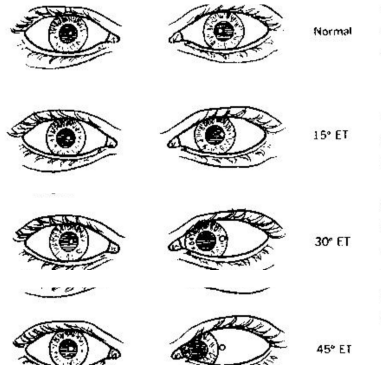


Εικόνα 10. Τεστ εναλλαγής κάλυψης Τεστ ταυτόχρονης κάλυψης και χρήσης πρίσματος

Το τεστ κερατοειδικής αντανάκλασης φωτός περιλαμβάνει τη δοκιμασία Hirschberg, τη μέθοδο Krinsky, το Bruckner test (μέθοδος του περιμέτρου) και τη μέθοδο του μεγάλου αμβλυσκοπίου.

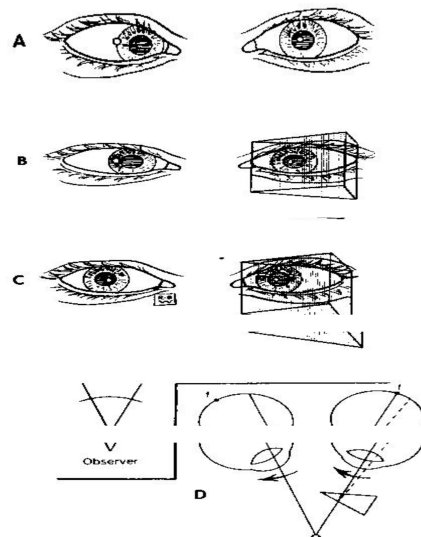
Στην δοκιμασία Hirschberg test οι δύο οφθαλμοί φωτίζονται με ένα εξεταστικό φαναράκι από απόσταση 33cm και γίνεται η εκτίμηση, στον στραβίζοντα οφθαλμό, της απόκλισης από το κέντρο της κόρης του φωτεινού ειδώλου που ανακλάται στον

κερατοειδή. Κάθε mm απόστασης του έκκεντρου φωτεινού ειδώλου από το κέντρο της κόρης αντιστοιχεί σε 7° απόκλιση. Όταν για παράδειγμα το είδωλο σχηματιστεί στα 4 mm προς τα έξω του κέντρου της κόρης τότε θα έχουμε 28° εξωτροπία. Κάθε μοίρα αντιστοιχεί σε 2 πρισματικές διοπτρίες (εικ.11).



Εικόνα 11. Σχηματική παράσταση μεθόδου Hirschberg

Με τη μέθοδο Krimsky ο έκκεντρος σχηματισμός του φωτεινού ειδώλου στον κερατοειδή του οφθαλμού που στραβίζει διορθώνεται με τη χρήση πρισμάτων και έτσι μετριέται η απόκλιση σε πρισματικές διοπτρίες. Τα πρίσματα τοποθετούνται με βάση έξω για την εσωτροπία και με βάση έσω για την εξωτροπία, με βάση άνω για την κατωφορία και με βάση κάτω για την ανωφορία (εικ12).



Εικόνα 12. Σχηματική παράσταση μεθόδου Krimsky

Τέλος κατά την διαδικασία μεθόδου του περιμέτρου ο ασθενής προσηλώνει στο σημείο O του περιμέτρου με το υγιές μάτι. Ο εξεταστής δίνει ένα φως κατά μήκος τόξου περιμέτρου (οριζόντιου ή κάθετου) μέχρι να σχηματιστεί το είδωλο του φωτός

στο κέντρο της κορικής περιοχής του κερατοειδούς του αποκλίνοντος οφθαλμού. Η γωνία απόκλισης που σημειώνεται μετρίεται σε μοίρες πάνω στο τόξο του περιμέτρου. Κάθε μοίρα αντιστοιχεί περίπου σε δύο πρισματικές διοπτρίες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μέθοδοι Hirschberg και Krimsky είναι ουσιαστικά λιγότερο ακριβείς από το εναλλασσόμενο πρίσμα και τη μέθοδο κάλυψης.²⁶

Όσον αφορά τις δοκιμασίες που βασίζονται στη διαπίστωση από τον ασθενή διπλωπίας σε ανόμοιες εικόνες του ίδιου αντικειμένου γίνονται με τα ραβδία του Maddox, μία δοκιμασία ιδιαίτερα χρήσιμη για την διαπίστωση και τη μέτρηση παθολογικής κυκλοστροφής και με τη δοκιμασία με το κόκκινο γυαλί η οποία σε συνδυασμό και με τη χρήση πρισμάτων βοηθά στην ακριβή σχετικά μέτρηση της απόκλισης.

Δοκιμασίες που βασίζονται στην απάντηση του ασθενή όταν προβάλλονται ανόμοιες εικόνες σε κάθε οφθαλμό γίνονται με τη δοκιμασία Hess-Lancaster, μία οφθαλμολογική εξέταση που γίνεται συχνά σε περιπτώσεις διπλωπίας και με την οποία μπορεί να διαγνωστεί παράλυση ή νευρική βλάβη και να καθοριστεί η θέση και η έκταση της καθώς επίσης και με το μεγάλο αμβλυοσκόπιο

2.51 Θεραπεία αμβλυωπίας

Η θεραπεία της αμβλυωπίας περιλαμβάνει

- Την αφαίρεση καταρράκτη ή την άρση του αιτίου της αμβλυωπίας εξ'ανοψίας
- Τη μέθοδο της κάλυψης
- Χορήγηση γυαλιών
- Τη μέθοδο Penalization
- Πλεοπτική μέθοδο

Η αποτελεσματική θεραπεία της αμβλυωπίας είναι η έγκαιρη θεραπεία, δηλαδή η θεραπεία που θα γίνει τα πρώτα χρόνια της ζωής και αμέσως μετά την διάγνωσή της. Για να επιτευχθεί ο στόχος, θα πρέπει η παρακολούθηση του παιδιού να είναι συχνή και να συνεχιστεί μέχρι την ωρίμανση του οπτικού του συστήματος, δηλαδή την ηλικία των 9-10 χρονών.. Η έγκαιρη διάγνωση και αντιμετώπιση θα βοηθήσει, αφενός να φτάσουμε στο ποθητό αποτέλεσμα γρήγορα, αφετέρου το παιδί να ταλαιπωρηθεί λιγότερο. Μετά από την ηλικία των 8 ετών περίπου, η αμβλυωπία δεν μπορεί πλέον να θεραπευτεί, γιατί η νευρική οδός από το μάτι μέχρι τον εγκέφαλο δεν είναι πια εύπλαστη. Αξίζει όμως να προσπαθήσουμε και σε μεγαλύτερη ηλικία μέχρι

10 ετών τη θεραπεία με το κλείσιμο. Συνήθως πετυχαίνουμε την αύξηση της οπτικής οξύτητας του τεμπέλικου ματιού κατά μερικές γραμμές, ποτέ όμως αυτό το μάτι δεν θα έχει τόσο καλή οπτική οξύτητα όπως το άλλο.

Συγκεκριμένα η θεραπεία της αμβλυωπίας από ανισομετροπία είναι δυνατόν να θεραπευτεί μετά από διόρθωση της διαθλαστικής ανωμαλίας με τα κατάλληλα γυαλιά. Χορηγώντας γυαλιά στοχεύουμε στο να δώσουμε την δυνατότητα στα μάτια του παιδιού να στέλνουν στον εγκέφαλο καθαρή εικόνα για την σωστή ανάπτυξη της όρασης, να χαλαρώσουμε την υπερβολική προσαρμογή που παράγεται στα παιδιά που έχουν υπερμετροπία και που είναι αιτία εμφάνισης στραβισμού και να εξαλείψουμε την ανισομετροπία που δημιουργεί αμβλυωπία. Επιτυγχάνεται μόνο όταν εφαρμοστεί έγκαιρα, δηλαδή μέχρι τον 5^ο με 6^ο χρόνο ζωής. Υποβοηθείται με την κάλυψη του υγιούς οφθαλμού για ορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε ο πάσχων οφθαλμός να υποχρεωθεί να λειτουργήσει. Πέραν της ηλικίας των 7 ετών η πλήρης επανάκτηση της όρασης είναι σπάνια.

Η συνηθέστερη μέθοδος για την αντιμετώπιση της αμβλυωπίας είναι η μέθοδος κάλυψης του υγιούς ματιού προκειμένου να βοηθήσει τον αδύναμο οφθαλμό και να αποφευχθεί η απώλεια της όρασης. Η μέθοδος της κάλυψης (εικ.13) γίνεται στον υγιή οφθαλμό και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το οποίο εξαρτάται τόσο από την σοβαρότητα της αμβλυωπίας όσο και από την ηλικία του ασθενή έως ότου η οπτική οξύτητα του αμβλυωπικού οφθαλμού εξισωθεί με του άλλου ή έως ότου δεν παρατηρείται παραπέρα βελτίωση μετά από θεραπεία τουλάχιστον 3 μηνών. Όσο νωρίτερα αρχίσει η κάλυψη του ματιού, τόσο πιο αποτελεσματική θα είναι. Όσο περισσότερο καθυστερήσει, τόσο περισσότερος χρόνος θα χρειαστεί για να αποκατασταθεί η όραση. Απαραίτητη είναι η συχνή εξέταση της οπτικής οξύτητας και της ικανότητας προσήλωσης και των δύο οφθαλμών όπως επίσης σημαντικό είναι να μένει ακάλυπτο το υγιές μάτι επί ορισμένο διάστημα για να μην εμφανιστεί ιατρογενής αμβλυωπία. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η δυσκολία συνεργασίας παιδιού και οικογενειακού περιβάλλοντος με τη συγκεκριμένη θεραπεία. Για την κάλυψη του ματιού πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικά αυτοκόλλητα καλύμματα τα οποία τοποθετούνται επάνω στο δέρμα. Όλα τα άλλα καλύμματα που τοποθετούνται πάνω στα γυαλιά αποτυγχάνουν, διότι το παιδί τα απομακρύνει εύκολα βγάζοντας τα γυαλιά. Θα πρέπει να τονίσουμε εδώ, ότι η κάλυψη σε παιδιά κάτω των τριών χρονών είναι και καλά ανεκτή και γρήγορα επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αντίθετα, τα μεγαλύτερα παιδιά δέχονται την κάλυψη με

δυσκολία και μπορεί να έχουμε αρνητική επίδραση στην ψυχική τους ηρεμία, με αποτέλεσμα να διακόψουμε αναγκαστικά την θεραπεία. Μετά την ηλικία των 9 χρόνων το οπτικό σύστημα ωριμάζει και είναι σχεδόν ακατόρθωτο να ανατάξουμε την εγκατεστημένη αμβλυωπία. Αποτυχία της κάλυψης, σημαίνει ελαττωμένη όραση του ενός ματιού εφόρου ζωής. Με την μέθοδο της κάλυψης το τεμπέλικό μάτι αναγκάζεται να "δουλέψει" περισσότερο, το παιδί κοιτάζει μόνο με αυτό και η νευρική οδός και η όραση δυναμώνει.



Εικόνα 13. Θεραπεία της αμβλυωπίας με τη μέθοδο της κάλυψης (eye-patch).

Για την περίπτωση της αμβλυωπίας εξ'ανοψίας η ανάπτυξη κάποιου βαθμού όρασης μπορεί να επιτευχθεί με την έγκαιρη άρση του εμποδίου κατά τους πρώτους μήνες της ζωής του ατόμου. Σε περίπτωση τραύματος του οφθαλμού στα πρώτα 5 χρόνια της ζωής του ατόμου, που έχει προκαλέσει θόλωση των διαθλαστικών μέσων, είναι δυνατόν να προκληθεί αμβλυωπία του τραυματισθέντος οφθαλμού. Όσο πιο νωρίς καταφέρουμε να αποκαταστήσουμε τη διαφάνεια των διαθλαστικών μέσων τόσο πιο εύκολα θα αποτρέψουμε την εμφάνιση της αμβλυωπίας.

Η μέθοδος **Penalization** είναι μία εναλλακτική μέθοδος θεραπείας μόνο σε ελαφράς μορφή αμβλυωπίας με οπτική οξύτητα μεγαλύτερη από 3/10 περίπου σε περιπτώσεις μη συνεργασίας με τη θεραπεία κάλυψης και σε περιπτώσεις νυσταγμού. Είναι ο κατάλληλος συνδυασμός γυαλιών (θόλωση φακού που αντιστοιχεί στο υγιές μάτι) ή ατροπινισμού ή και των δύο μαζί. Ουσιαστικά με τη μέθοδο αυτή γίνεται θόλωση στον υγιή οφθαλμό, με διάφορες μεθόδους, ώστε ο αμβλυωπικός οφθαλμός να αναγκαστεί να προσηλώσει. Με την μέθοδο αυτήν το αμβλυωπικό μάτι αναγκάζεται να αναλαμβάνει την προσήλωση για αντικείμενα που βρίσκονται μακριά ενώ το υγιές μάτι για κοντινά αντικείμενα. Η θεραπεία penalization που έχει να κάνει

με τη χρήση γυαλιών στοχεύει σε ήπιες μορφές αμβλυωπίας. Ωστόσο όμως με τη μέθοδο αυτή πολλά παιδιά κοιτάνε πάνω από τα γυαλιά τους χρησιμοποιώντας τελικά τον υγιή τους οφθαλμό. Η θεραπεία penalization που έχει να κάνει με ατροπινισμό χρησιμοποιείται κυρίως για πιο βαριάς μορφής αμβλυωπία και εφόσον ο ασθενής έχει μεγάλη υπερμετρωπία στον υγιή του οφθαλμό. Όσον αφορά τώρα το συνδυασμό ατροπινισμού και γυαλιών τοποθετείται 0,5% ή 1% ατροπίνη στον υγιή οφθαλμό κάθε μέρα ενώ παράλληλα του αφαιρείται οποιαδήποτε οπτική διόρθωση ενώ στον αμβλυωπικό οφθαλμό δίνεται πλήρης οπτική διόρθωση. Αν ο ασθενής καταφέρει κάτω από αυτές τις συνθήκες να μεταφέρει την προσήλωση στον αμβλυωπικό οφθαλμό θα έχουμε βελτίωση της όρασης.²⁴

Η **πλεοπτική** μέθοδος αποτελεί μέρος της ορθοπτικής θεραπείας στην οποία χρησιμοποιούνται ασκήσεις για την διόρθωση ή βελτίωση διαταραχών της όρασης. Χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της έκκεντρης προσήλωσης. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ένα ερέθισμα υψηλής φωτεινότητας προβάλλεται περιωχρικά με στόχο να φέρει σε κορεσμό τους φωτοϋποδοχείς που περιβάλλουν το κεντρικό βοθρίο με αποτέλεσμα το σημείο προσήλωσης να κατευθύνεται προς το κεντρικό βοθρίο. Εφαρμόζεται μερικές φορές την εβδομάδα παράλληλα με τη μέθοδο κάλυψης. Λόγω των μεγάλων απαιτήσεων καθώς και επειδή η μακροχρόνια θεραπεία δημιουργεί προβλήματα σε παιδιά της σχολικής ηλικίας δεν εφαρμόζεται πλέον πολύ με εξαίρεση μεγάλα ορθοπτικά κέντρα.²⁵

3^ο ΜΕΡΟΣ ΟΠΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Ο χώρος που μπορεί να γίνει ορατός από το μάτι μας όταν προσηλώνουμε προς μία κατεύθυνση αποκαλείται **οπτικό πεδίο**. Στην περίπτωση που ο οφθαλμός αλλάζει κατεύθυνση προσήλωσης αλλάζει και η περιοχή του χώρου που γίνεται αντιληπτή χωρίς όμως να μεταβάλλεται η έκταση αυτής. Η χαρτογράφηση του οπτικού πεδίου είναι ιδιαίτερα σημαντική όχι μόνο για τη διάγνωση αλλά και την εντόπιση μιας βλάβης της οπτικής οδού. Χρησιμοποιείται για αρκετές οφθαλμολογικές και νευρολογικές παθήσεις, ιδιαίτερα για ανωμαλίες του οπτικού νεύρου ή του εγκεφάλου. Σε αυτές περιλαμβάνονται το γλαύκωμα, η σκλήρυνση κατά πλάκας, όγκοι του εγκεφάλου, αδενώματα της υπόφυσης κ.α. Συχνά αποτελεί και μέσω παρακολούθησης της βλάβης αυτής.

Οι ασθενείς συχνά θεωρούν πως η περιφερική τους όραση είναι φυσιολογική αφού είναι πολύ δύσκολο να αξιολογηθεί υποκειμενικά. Και αυτό γιατί η εξέταση της περιφερικής όρασης με απλοϊκό τρόπο π.χ. κουνώντας το χέρι μας, γίνεται αντιληπτή μόνο σε σοβαρά ελλείμματα του οπτικού πεδίου. Τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που παρουσιάζονται στην περιφερική όραση καθορίζονται μόνο από τον έλεγχο των οπτικών πεδίων αφού με την εξέταση τους λαμβάνουμε πληροφορίες τόσο για την κεντρική όσο και για την περιφερική όραση σε αντίθεση με τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας όπου παίρνουμε πληροφορίες μόνο για την κεντρική όραση του οφθαλμού. Με το μηχάνημα των οπτικών πεδίων χαρτογραφείται συστηματικά το οπτικό πεδίο κάθε οφθαλμού με τον έλεγχο της ευαισθησίας του αμφιβληστροειδή σε μεγάλο αριθμό δεδομένων σημείων. Ο οφθαλμίατρος αναλύει και αξιολογεί τα αποτελέσματα της εξέτασης. Η εξέταση των οπτικών πεδίων γίνεται συνήθως για κάθε οφθαλμό χωριστά και σπανιότερα για ορισμένες καταστάσεις συγχρόνως και για τους δύο οφθαλμούς (διόφθαλμο οπτικό πεδίο).

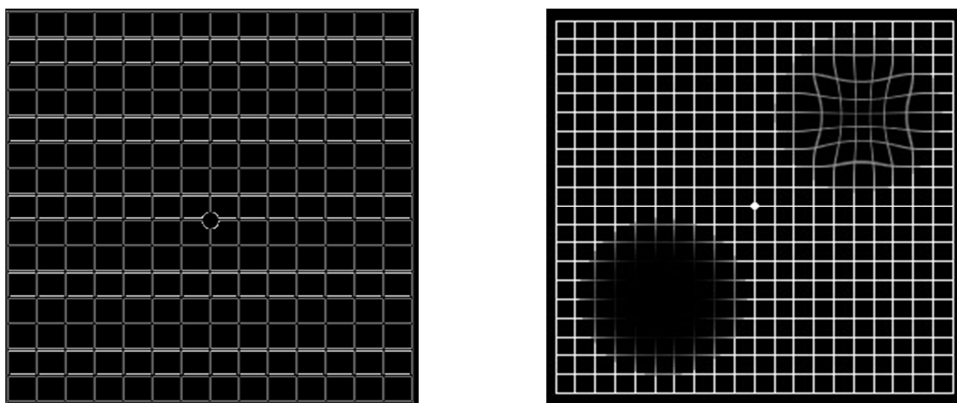
3.1] Μέθοδοι εκτίμησης των οπτικών πεδίων

Οι κυριότεροι μέθοδοι εκτίμησης των οπτικών πεδίων είναι ο έλεγχος των οπτικών πεδίων κατά αντιπαράθεση, η περιμετρία και η εξέταση των οπτικών πεδίων με τη βοήθεια του χάρτη του Amsler.

Έλεγχος οπτικών πεδίων κατά αντιπαράθεση. Αποτελεί μέθοδο αδρής εκτίμησης των οπτικών πεδίων και χρησιμοποιείται ως εξής: ο εξεταστής και ο εξεταζόμενος τοποθετούνται αντιμέτωποι σε απόσταση ενός μέτρου ο ένας από τον άλλο μέσα σε καλά φωτισμένο χώρο. Ο εξεταστής συγκρίνει χωριστά το οπτικό πεδίο του ενός

οφθαλμού του με τον αντίστοιχο οφθαλμό του εξεταζόμενου έχοντας και οι δύο τους κλειστό τον άλλο οφθαλμό. Ζητείται από τον ασθενή να προσηλώσει στον αντίστοιχο οφθαλμό του εξεταστή ενώ συγχρόνως ο εξεταστής προσηλώνει στον οφθαλμό του εξεταζόμενου. Στη συνέχεια ο εξεταστής μεταφέρει το δείκτη της χειρός του από την περιφέρεια προς το κέντρο ζητώντας από τον εξεταζόμενο να απαντήσει πότε αντιλαμβάνεται το δείκτη. Η κίνηση αυτή επαναλαμβάνεται σε όλα τα τεταρτημόρια του οπτικού πεδίου. Εφόσον ο εξεταζόμενος έχει φυσιολογικό οπτικό πεδίο θα αντιληφθεί ταυτόχρονα με τον εξεταστή τον κινούμενο δείκτη. Φυσιολογικές απαντήσεις στην αδρή αυτή εξέταση δεν αποκλείουν μικρές εκπτώσεις του οπτικού πεδίου οι οποίες όμως αντικειμενοποιούνται μόνο με πιο ευαίσθητες μεθόδους εξέτασης.

Έλεγχος οπτικών πεδίων με τους χάρτες του Amsler. Οι χάρτες του Amsler (εικ.14) είναι ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο τεστ του κεντρικού οπτικού πεδίου, το οποίο είναι δυνατό να καταταγεί ανάμεσα στις κλινικές και στις ενόργανες εξετάσεις του οπτικού πεδίου. Ο ασθενής προσηλώνει στο κέντρο ενός χαρτονιού όπου υπάρχουν τετραγωνίδια και περιγράφει σκοτώματα ή περιοχές με μεταμορφωψία που πιθανόν να υπάρχουν σε περιοχή η οποία εκτείνεται 10° από το σημείο προσήλωσης από κάθε πλευρά.



Εικόνα 14. Χάρτης του Amsler για φυσιολογικά οπτικά πεδία και δίπλα χάρτης του Amsler όπου βλέπουμε να υπάρχει σκότωμα και μεταμορφωψία. Το σκότωμα διακρίνεται κάτω αριστερά στην δεξιά εικόνα και η μεταμορφωψία πάνω δεξιά, όπου οι γραμμές του πλέγματος διακρίνονται διαστρεβλωμένες.

3.2] Έλεγχος οπτικών πεδίων με Περιμετρία

3.2.1] Βασικές αρχές

Αποτελεί την πλέον ευαίσθητη και λεπτομερή μέθοδο εκτίμησης των οπτικών πεδίων. Με την περιμετρία μπορούν να αναγνωριστούν αλλοιώσεις στον αμφιβληστροειδή από πολύ νωρίς. Το εξεταζόμενο τμήμα του οπτικού πεδίου συχνά περιορίζεται στις κεντρικές 30° ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να επιλεγούν και άλλες περιοχές του οπτικού πεδίου όπως η ωχρά κηλίδα ή περιφερικότερα οπτικά πεδία. Η περιμετρία πραγματοποιείται με ειδικά όργανα που ονομάζονται περίμετρα. Με την περιμετρία χαρτογραφείται η φωτεινή ευαισθησία του αμφιβληστροειδή στο φωτεινό ερέθισμα. Η βασική τεχνική της περιμετρίας είναι η αναγνώριση από τον ασθενή λευκού στόχου σε συγκεκριμένο υπόβαθρο. Στα περίμετρα χρησιμοποιείται φωτεινότητα υποβάθρου τέτοια ώστε να ενεργοποιείται η ένταση των κωνίων. Η φωτεινή ευαισθησία ορίζεται ως η ουδός της διαφορικής έντασης ερεθίσματος προς το υπόβαθρο. Τα ερεθίσματα που προβάλλονται είναι σχεδιασμένα ώστε να συμφωνούν χωρικά και χρονικά με την αντίληψη του αμφιβληστροειδή. Όσο μειώνεται το μέγεθος των ερεθισμάτων μειώνεται και η ευαισθησία αντίληψης. Τα ερεθίσματα προβάλλονται σε τέτοιο χρόνο ώστε να προλάβει ο αμφιβληστροειδής να αντιληφθεί το ερέθισμα. Από την άλλη πλευρά ο χρόνος προβολής δεν πρέπει να είναι πολύ αργός ώστε ο εξεταζόμενος να μη χάνει την προσήλωσή του. Για παράδειγμα τα Octopus και Humphrey περίμετρα χρησιμοποιούν ερεθίσματα διάρκειας 0,1 και 0,2 δευτερολέπτων αντίστοιχα, διάρκειες αρκετά μεγάλες ώστε να προλάβει να ολοκληρωθεί η χρονική άθροιση ενώ παράλληλα λιγότερο από το χρόνο που χρειάζεται για να σταματήσει η προσήλωση του εξεταζόμενου. Τα περίμετρα χρησιμοποιούν ως μονάδα μέτρησης της φωτεινότητας τα apostilbs, τα οποία ορίζονται ως lumen ανά τετραγωνικό μέτρο. Τα apostilbs μετατρέπονται σε decibel (dB) η οποία είναι πιο εύχρηστη μονάδα. Τα μηδέν dB αντιπροσωπεύουν πάντοτε το μέγεθος της έντασης το οποίο σημαίνει ότι αν δεν ανιχνεύονται τα μηδέν dB τότε έχουμε απόλυτο σκότωμα. Το Humphrey Standard achromatic perimeter έχει μέγιστη και ελάχιστη ένταση ερεθίσματος 10000 asb με 0,1 asb ή αλλιώς 0 έως 50 dB. Το περίμετρο Goldmann έχει μέγιστη ένταση ερεθίσματος 1000 asb.

3.2.2] Είδη περιμετρίας

Υπάρχουν δύο βασικά είδη περιμετρίας ανάλογα με την παρουσίαση του φωτεινού στόχου, η κινητική και η στατική περιμετρία.

Η κινητική περιμετρία ελέγχει κάθε φορά την ευαισθησία των διαφόρων τμημάτων του αμφιβληστροειδή σε ένα ορισμένης έντασης και μεγέθους στόχο. Ο στόχος αυτός είναι ένα φωτεινό σημείο διαφορετικού μεγέθους και έντασης κάθε φορά και κινείται από την περιφέρεια προς το σημείο προσήλωσης του εξεταζόμενου ο οποίος καλείται να μας πληροφορήσει την στιγμή ακριβώς που αντιλαμβάνεται το στόχο. Ο φωτεινός στόχος γίνεται κάθε φορά αντιληπτός σε όλα εκείνα τα σημεία του οπτικού πεδίου που αντιστοιχούν σε τμήματα του αμφιβληστροειδή που έχουν την αυτή ευαισθησία. Η γραμμή η οποία ενώνει όλα τα παραπάνω σημεία για ένα φωτεινό στόχο ορισμένου μεγέθους και έντασης ονομάζεται ισόπτερο και οριοθετεί το οπτικό πεδίο. Με τον παραπάνω τρόπο καταγράφονται τα ισόπτερα ορισμένων σε μέγεθος και ένταση φωτεινών στόχων. Τα ισόπτερα που καταγράφονται με μεγαλύτερους και εντονότερους στόχους αντιστοιχούν σε περιφερικότερα τμήματα του αμφιβληστροειδή που έχουν μικρότερη ευαισθησία ενώ τα ισόπτερα που λαμβάνονται με μικρότερους και ασθενέστερους στόχους αντιστοιχούν σε κεντρικότερα τμήματα που έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία. Ένα μειονέκτημα της κινητικής περιμετρίας είναι ότι δεν διαθέτει ανιχνευτή για τη διόρθωση των οφθαλμικών κινήσεων καθώς και ότι υφίσταται μία πιθανή χρονική καθυστέρηση αντίδρασης του εξεταζόμενου από τη στιγμή που θα δει το ερέθισμα μέχρι να δώσει το σήμα. Παρ'όλα αυτά όμως είναι μια πολύ ακριβής μέθοδος απεικόνισης των σκοτωμάτων και των ορίων τους.

Κατά την στατική περιμετρία ακολουθείται διαφορετική μεθοδολογία. Ο έλεγχος της ευαισθησίας των διαφόρων τμημάτων του αμφιβληστροειδή γίνεται με ακίνητο φωτεινό στόχο ίδιου κάθε φορά μεγέθους και έντασης. Ο εξεταζόμενος καλείται και πάλι να απαντά κάθε φορά που αντιλαμβάνεται το φωτεινό στόχο ενώ θα πρέπει παράλληλα να προσηλώνει σε ακίνητο φωτεινό στόχο ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο του θόλου. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται το ελάχιστο ερέθισμα που γίνεται αντιληπτό στη συγκεκριμένη περιοχή του οπτικού πεδίου (ουδός ευαισθησίας). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται σε όλες τις θέσεις του οπτικού πεδίου και μας δίνει τελικά σε χαρτογράφηση την ουδό ευαισθησίας των διαφόρων τμημάτων του αμφιβληστροειδή. Η απλή στατική περιμετρία είναι μέθοδος ευαίσθητη η οποία όμως απαιτεί πολύ χρόνο και χρησιμοποιείται σπάνια στην πράξη. Στοιχεία στατικής

περιμετρίας περιλαμβάνει η αυτοματοποιημένη περιμετρία. Η αυτόματη περιμετρία είναι αυτή που κυρίως χρησιμοποιείται σήμερα αφού θεωρείται και η πλέον αξιόπιστη. Με την βοήθεια υπολογιστή ενσωματωμένου στο μηχάνημα μπορούμε να ελέγξουμε το οπτικό πεδίο μας με μεγαλύτερη ακρίβεια και λεπτομέρεια ενώ ο ίδιος ο υπολογιστής μας δίνει παραμέτρους για την προσοχή του ασθενούς και κατά συνέπεια για την αξιοπιστία της εξέτασης.

3.2.3] Μικροπεριμετρία και είδη της

Οι συμβατικές μέθοδοι εξέτασης των οπτικών πεδίων ενίοτε αδυνατούν να παρέχουν μία ακριβή λειτουργική εκτίμηση των ωχρικών παθήσεων, ειδικότερα όταν οι ασθενείς παρουσιάζουν ασταθή ή παραωχρική προσήλωση. Επιπλέον η ανίχνευση μικρών διακεκριμένων αλλοιώσεων στον αμφιβληστροειδή (όπως για παράδειγμα χοριοειδικές νεοαγγεώσεις, Drusen κ.α) και η εκτίμηση της αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας στις περιοχές αυτές είναι πέραν των δυνατοτήτων της συμβατικής περιμετρίας. Επίσης οι συμβατικές μέθοδοι περιμετρίας δεν μπορούν να εντοπίσουν πολύ μικρά σκοτώματα ($<5^0$) στο οπτικό πεδίο ενώ παράλληλα δεν επιτρέπουν μια ακριβή αξιολόγηση του μεγέθους, του σχήματος και του βάθους των σκοτωμάτων και δεν «αναγνωρίζουν» τη νέα θέση της παραωχρικής προσήλωσης. Όλοι οι παραπάνω περιορισμοί ξεπεράστηκαν με την τεχνική της μικροπεριμετρίας.

Με την μικροπεριμετρία (γνωστή και ως περιμετρία βυθού) πραγματοποιείται συσχέτιση των διαφόρων τοπογραφικών στοιχείων του βυθού με την ουδό της φωτεινής ευαισθησίας του αμφιβληστροειδή. Υπάρχει δυνατότητα παρατήρησης σε πραγματικό χρόνο (με υπέρυθρο φως) του υπό εξέταση αμφιβληστροειδή και προβολής ενός προκαθορισμένου φωτεινού ερεθίσματος σε μια προεπιλεγμένη περιοχή. Επιπλέον υπάρχει δυνατότητα ποσοτικοποίησης των διάφορων χαρακτηριστικών της προσήλωσης (όπως η θέση και η σταθερότητα) και δυνατότητα διόρθωσης των οφθαλμικών κινήσεων.

Οι μετρήσεις που παίρνουμε από τα διάφορα είδη περιμέτρων έχουν να κάνουν με την μέση τιμή κατωφλίου (average threshold) και με την σταθερότητα προσήλωσης (fixation stability). Η μέση τιμή κατωφλίου ή ουδός ευαισθησίας προκύπτει παίρνοντας ένα μέσο όρο των σημείων που εμφανίζονται σε διάφορα σημεία του αμφιβληστροειδή κατά την εξέταση με το περίμετρο. Διάφορα είδη περιμέτρων περιέχουν δεδομένα για την ουδό ευαισθησίας μιας ομάδας φυσιολογικών ατόμων (ομάδα ελέγχου) με τα οποία συγκρίνονται οι μετρήσεις των

ασθενών και καταλήγουμε στα αποτελέσματά μας. Όσον αφορά τη σταθερότητα προσήλωσης τα περίμετρα μπορούν να ελέγχουν την προσήλωση του εξεταζόμενου σε μία περιοχή 1-2⁰. Εάν περισσότερα από 75% των σημείων προσήλωσης εντοπίζονται εντός αυτού του κυκλικού δίσκου διαμέτρου δύο μοιρών που βρίσκεται στο κεντροειδές όλων των σημείων προσήλωσης, τότε η προσήλωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως σταθερή. Εάν λιγότερα από το 75% όλων των σημείων προσήλωσης εντοπίζονται εντός του κύκλου των δύο μοιρών αλλά περισσότερα από το 75% των σημείων προσήλωσης εντοπίζονται εντός ενός κυκλικού δίσκου διαμέτρου τεσσάρων μοιρών η προσήλωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως σχετικά ασταθής. Τέλος στην περίπτωση που λιγότερα από το 75% των σημείων προσήλωσης εντοπίζονται εντός του κύκλου των τεσσάρων μοιρών, η προσήλωση χαρακτηρίζεται ως ασταθής.

Κατά το παρελθόν έχουν κατασκευαστεί διάφορα μηχανήματα μικροπεριμετρίας. Το πρώτο μηχανήμα αναφέρεται σε μικροπερίμετρο όπου παρέχεται απεικόνιση του βυθού σε μια προεπιλεγμένη περιοχή του (*Rohrschneider et al,1998*). Για το συγκεκριμένο μηχανήμα κατά την προβολή του κάθε ερεθίσματος πραγματοποιείται αυτόματη διόρθωση των οφθαλμικών κινήσεων ενώ ο φωτισμός του υποβάθρου είναι συνήθως ρυθμισμένος στις 10 cd/m². Ως στόχος προσήλωσης χρησιμοποιείται ένας σταυρός με διαστάσεις 15×15⁰, με μικρό κεντρικό άνοιγμα περίπου 0,5⁰. Η ένταση του προβαλλόμενου ερεθίσματος μπορεί να ποικίλει από 0 έως 21 dB με βήμα 0,1 log units. Το ερέθισμα των 0 dB αντιστοιχεί σε μέγιστη φωτεινότητα των 71 cd/m². Επιπλέον είναι δυνατόν να προβληθούν ερεθίσματα έντασης έως και 26 dB (*Rohrschneider et al,1995*). Η διάμετρος των ερεθισμάτων μπορεί να διαφοροποιηθεί ακολουθώντας την κλίμακα Goldmann (μέγεθος I και V). Η αρχική φωτεινή ένταση των τεσσάρων πρώτων ερεθισμάτων είναι 2 dB υψηλότερη από τη μέση φυσιολογική ευαισθησία, για να περιοριστεί ο χρόνος εξέτασης (*Scanning Laser Ophthalmoscope, SLO*). Για την κλινική εφαρμογή του συγκεκριμένου μικροπεριμετρου πραγματοποιήθηκε μελέτη σε 152 οφθαλμούς από 99 υγιής συμμετέχοντες ηλικίας 16 έως 27 ετών, ώστε να δημιουργηθεί μια βάση φυσιολογικών δεδομένων για κλινική σύγκριση. Η μελέτη αυτή έδειξε μια μείωση στην φωτεινή ευαισθησία κατά 0,275 dB ανά δεκαετία (*Rohrschneider, et, al,1998*).

Ένα δεύτερο μικροπερίμετρο εν ονόματι MP1 πραγματοποιεί στατική αυτόματη περιμετρία χρησιμοποιώντας προεπιλεγμένα πλέγματα που προβάλλονται στην εικόνα του βυθού και χρησιμοποιεί φωτισμό υποβάθρου 1,27cd/m², μέγεθος

προβαλλόμενων ερεθισμάτων μεταξύ I έως V της κλίμακας Goldmann και χρόνο προβολής ερεθισμάτων 100 ή 200 ms. Χαρτογραφεί μια προεπιλεγμένη περιοχή του βυθού, εφαρμόζοντας έναν ακριβή, αυτόματο έλεγχο των οφθαλμικών κινήσεων σε πραγματικό χρόνο. Όταν οι διάφορες δομές (όπως αγγεία) εμφανίζονται με καλή φωτεινή αντίθεση, θεωρείται ότι έχει γίνει σωστή ευθυγράμμιση του μηχανήματος. Το μικροπερίμετρο MP1 υστερεί σε σύγκριση με το μικροπερίμετρο SLO διότι η απεικόνιση βασίζεται σε υπέρυθρη κάμερα βυθού με αποτέλεσμα η εικόνα που παίρνουμε να έχει χειρότερη ανάλυση.

3.3] Κλινική εφαρμογή μικροπεριμετρίας

Η ακριβής αξιολόγηση της ωχρικής λειτουργίας βασίζεται σε δύο κυρίως παραμέτρους. Τις μορφολογικές και τις λειτουργικές. Η οπτική τομογραφία (OCT) βελτίωσε αισθητά τον τρόπο καταγραφής μορφολογικών αλλαγών στον οπίσθιο πόλο του οφθαλμικού βολβού. Παρ'όλα αυτά η ακριβής συλλογή λειτουργικών αλλαγών που συνδέονται με διάφορες παθήσεις της ωχράς, τελειοποιήθηκε με την περιμετρία βυθού.^{23,27} Διάφορα κλινικά περιστατικά που αξιολογούνται με την μικροπεριμετρία είναι η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς (AMD), η ατροφία του μελάγχρου επιθηλίου, δυστροφίες της ωχράς, χοριοειδική νεοαγγείωση, οίδημα της ωχράς κ.α. Όσον αφορά τις λειτουργικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στην περίπτωση της αμβλυωπίας, έχουν γίνει περιορισμένες μελέτες. Σε σχετική μελέτη²⁸ 46 ασθενείς με αμβλυωπία (στραβισμική ή ανισομετρική) εξετάστηκαν με την τεχνική της SLO μικροπεριμετρίας (Laser Scanning Ophthalmoscope) για την αξιολόγηση της λειτουργικότητας της ωχράς. Σε 25 από τους 26 ανισομετρικούς αμβλύωπες και σε όλους τους ασθενείς με στραβισμική αμβλυωπία, εντοπίστηκαν σκοτώματα και στον φυσιολογικό οφθαλμό. Στους αμβλύωπες με στραβισμό δεν παρατηρήθηκαν ανάλογα σκοτώματα στον υγιή οφθαλμό. Σύμφωνα επίσης και με μία άλλη μελέτη (*Macular light sensitivity in children's amblyopia, FeugY, LiW, LiuY*) παρατηρήθηκε μειωμένη φωτεινή ευαισθησία της ωχράς κηλίδας και στον υγιή οφθαλμό των ανισομετρικών αμβλύωπων, πάντα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

4^ο ΜΕΡΟΣ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1] Σκοπός της μελέτης

Όπως έχει αποδειχτεί από προγενέστερες έρευνες που χρησιμοποίησαν τις τεχνικές της στατικής περιμετρίας η φωτεινή ευαισθησία της ωχράς κηλίδας του αμβλυωπικού οφθαλμού παρουσιάζεται μειωμένη σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθεί η επίπτωση της ανισομετροπικής αμβλυωπίας στην φωτεινή ευαισθησία της ωχράς κηλίδας χρησιμοποιώντας την τεχνική της μικροπεριμετρίας και συγκεκριμένα το μικροπερίμετρο **Maia** (**Macular Integrity Assessment**). Επίσης με τη μελέτη αυτή θέλουμε να εξετάσουμε κατά πόσο παίζει ρόλο στην φωτεινή ευαισθησία το είδος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας (μυωπική ή υπερμετροπική) καθώς επίσης και ο βαθμός της ανισομετροπίας (υψηλή/χαμηλή).

4.2] Μεθοδολογία

4.2.1] Χαρακτηριστικά της μελέτης

Οι συμμετέχοντες που συνεργάστηκαν για την διεκπεραίωση της εργασίας ήταν ασθενείς του ΒΕΜΜΟ κατά κύριο λόγο καθώς και από το ΠΑΓΝΗ. Στην παρούσα εργασία συμμετείχαν επίσης και κάποιοι φοιτητές του πανεπιστημίου Κρήτης για την ομάδα ελέγχου. Η εξέταση της μικροπεριμετρίας διήρκεσε συνολικά δέκα λεπτά, πέντε λεπτά για το κάθε μάτι, και η εξέταση πραγματοποιήθηκε με το μικροπερίμετρο **Maia** σε ειδικό χώρο του πανεπιστημίου Κρήτης ενώ προηγουμένως είχε γίνει έλεγχος ακριβούς διαθλαστικού σφάλματος και της βέλτιστα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) στα εξεταστήρια του Β.Ε.Μ.Μ.Ο Οι μετρήσεις διήρκεσαν περίπου 8 μήνες από 10 Μαΐου έως 20 Ιανουαρίου.

4.2.2] Κριτήρια επιλογής εξεταζόμενων και διαδικασία εξέτασης

Τα κριτήρια επιλογής της ομάδας ελέγχου ήταν να έχουν βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα τουλάχιστον 10/10 (0,0 logMAR) και στους δυο οφθαλμούς και η απουσία οποιασδήποτε οφθαλμικής πάθησης. Την ομάδα των αμβλυώπων αποτελούσαν ανισομετροπικοί αμβλυωπικοί ασθενείς ανεξαρτήτου φύλου, ηλικίας και εθνικότητας με υπερμετροπική ή μυωπική αμβλυωπία κυρίως και όχι λόγω στραβισμού, και γενικά άτομα τα οποία είχαν σημαντική διαφορά στην οπτική οξύτητα των δύο οφθαλμών τους. Προϋπόθεση ήταν η απουσία άλλων οφθαλμικών παθήσεων όπως καταρράκτης, ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς, διαβητική

αμφιβληστροειδοπάθεια κ.α όπως επίσης η απουσία πρότερης οφθαλμικής επέμβασης. Η επιλογή των εξεταζόμενων βασίστηκε στον προσδιορισμό του αντικειμενικού διαθλαστικού σφάλματος των εξεταζόμενων (Rx) με τη χρήση του διαθλασίμετρου RK-F1 της Canon και του υποκειμενικού διαθλαστικού σφάλματος (MR) με τη χρήση φορόπτερου και στην ανίχνευση του κυρίαρχου οφθαλμού. Στην ομάδα των αμβλυώπων έγινε κυκλοπληγία με ενστάλαξη κυκλοπληγικού κολλυρίου (cyclogyl 1%) και επαναλήφθηκαν οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό του υποκειμενικού και αντικειμενικού διαθλαστικού σφάλματος σε συνθήκες κυκλοπληγίας (cyclo-refraction). Παράλληλα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της βέλτιστα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) και ανίχνευση του αμβλυωπικού οφθαλμού. Έπειτα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ουδού φωτεινής αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας και της ακεραιότητας της ωχράς καθώς και η σταθερότητα της προσήλωσης με το μικροπερίμετρο MAIA. Η μέτρηση του Threshold, του Macular integrity και της σταθερότητας προσήλωσης έγιναν τόσο στον αμβλυωπικό όσο και στον υγιή οφθαλμό με κάλυψη κάθε φορά του μη εξεταζόμενου οφθαλμού (eye patch) για την ομάδα των αμβλυώπων. Για την ομάδα ελέγχου δεν εφαρμόστηκε κυκλοπληγία και η μέτρηση των ιδίων παραμέτρων (Threshold-Macular integrity) έγινε τόσο με κάλυψη όσο και με μη κάλυψη του μη-εξεταζόμενου οφθαλμού κάθε φορά.

Όλες οι μετρήσεις με το μικροπερίμετρο MAIA έγιναν σε σκοτοπικές συνθήκες περιβάλλοντος αλλά έχοντας κάποιο φωτισμό προερχόμενο από το υπόβαθρο του μηχανήματος και συγκεκριμένα 4 asb.

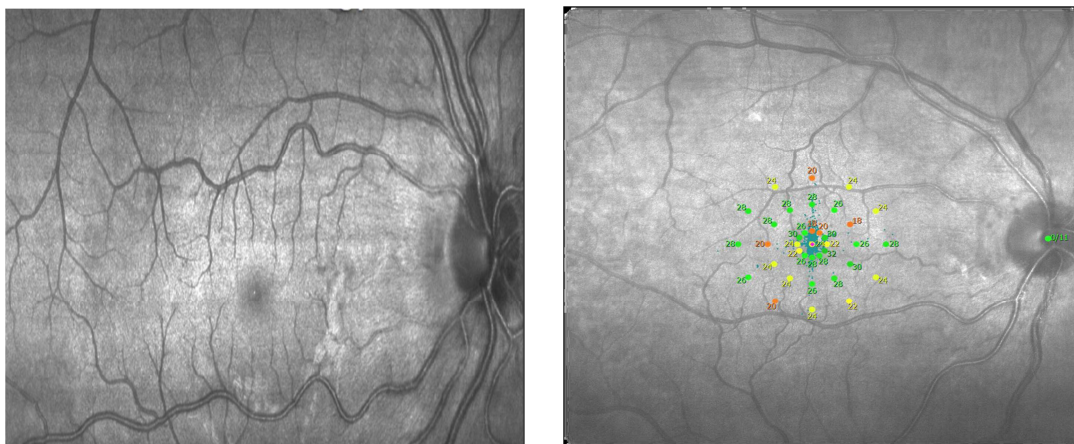
4.2.3] Μικροπερίμετρο MAIA

Το μικροπερίμετρο MAIA προορίζεται για χρήση ως διαγνωστικό μηχανήμα για τον εντοπισμό των ασθενειών που επηρεάζουν την ωχρά κηλίδα, συμπεριλαμβανομένων και των εκφυλίσεων της ωχράς όπως είναι η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς (AMD) καθώς και η αμβλυωπία και οποιαδήποτε άλλη πάθηση η οποία μειώνει την ευαισθησία της ωχράς. Το MAIA παρέχει μετρήσεις της ευαισθησίας της φωτεινότητας του αμφιβληστροειδή (ουδός) και για τη σταθερότητα της προσήλωσης.

Η κύρια λειτουργία του MAIA είναι να παρέχει εικόνες του κεντρικού αμφιβληστροειδούς για ένα οπτικό πεδίο 36 μοιρών (**εικ.15**), μια ποσοτική εκτίμηση της ωχρικής λειτουργίας με βάση ένα κατώτατο όριο φωτεινής ευαισθησίας, και μια

ποσοτική εκτίμηση της ωχρικής λειτουργίας που βασίζεται στην ανάλυση της ικανότητας προσήλωσης επιτρέποντας έτσι στον εξεταστή την ανίχνευση και την παρακολούθηση οποιουδήποτε εκφυλιστικής διεργασίας που επηρεάζει την ωχρά κηλίδα. Το κατώφλι της φωτεινής ευαισθησίας και οι μετρήσεις της προσήλωσης συγκρίνονται με φυσιολογικά δεδομένα (normative data) ώστε να παραχθεί μία ένδειξη για την παρουσία λειτουργικών ανωμαλιών. Εκτός από την μέση τιμή κατωφλίου και την σταθερότητα προσήλωσης τα οποία έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο της περιμετρίας μία άλλη μέτρηση είναι της ακεραιότητας της ωχράς κάτι το οποίο είναι καθαρά πλεονέκτημα του συγκεκριμένου μηχανήματος (Maia). Για την μέτρηση της μεταβλητής αυτής χρησιμοποιείται ένα πολυμετάβλητο μοντέλο (το EYE dB), το οποίο χρησιμοποιεί ως μεταβλητές την ηλικία, τη μέση τιμή κατωφλίου, τη μέτρηση των σημείων με ουδό μικρότερη των 25 dB και όλες τις μετρούμενες τιμές κατωφλίου. Πρόκειται για ένα δείκτη με αριθμητική αξία (όχι σε dB) που «περιγράφει» την πιθανότητα οι αποκρίσεις ενός ασθενούς να είναι φυσιολογικές, ύποπτες ή μη φυσιολογικές, συγκρινόμενες με φυσιολογικά δεδομένα αντίστοιχων ηλικιακών ομάδων.

Το μικροπερίμετρο Maia έχει την δυνατότητα προβολής ερεθισμάτων σε μια κυκλική περιοχή διαστάσεων 10×10^0 (εικ.15), με μέγεθος ερεθίσματος στην κλίμακα Goldmann σε μια κλίμακα φωτεινής έντασης 0 έως 36 dB. Ο φωτισμός του υποβάθρου ανέρχεται στα 4 asb, ενώ υπάρχει και δυνατότητα ανίχνευσης των οφθαλμικών κινήσεων με συχνότητα 25 (καρέ το δευτερόλεπτο). Όσον αφορά την απεικόνιση του βυθού, χρησιμοποιείται ψηφιακή κάμερα με ανάλυση 1024×1024 pixels και ο φωτισμός του βυθού γίνεται με υπέρυθη φωτεινή δίοδο ($\lambda=850$ nm). Η λήψη των εικόνων γίνεται με ταχύτητα 25 fps (frames per second). Άλλες δυνατότητες που παρέχονται είναι ελάχιστο άνοιγμα κόρης 2,5 mm, αυτόματη διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος (από -15D έως +10D) και αυτόματη αναγνώριση δεξιού/αριστερού οφθαλμού.



Εικόνα 15. Καθαρή και καλά εστιασμένη εικόνα του αμφιβληστροειδούς (περιοχή της ωχράς κηλίδας) και δίπλα αναπαράσταση σημείων όπως εμφανίζονται από το μικροπερίμετρο MAIA.

4.2.4] Στατιστική ανάλυση

Για την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel 2010 ενώ η ανάλυση και επεξεργασία τους έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 19. Συγκεκριμένα για τον έλεγχο της κανονικής κατανομής των δεδομένων για την ομάδα των αμβλυώπων και για την ομάδα ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το τεστ Kolmogorov-smirnov. Ο έλεγχος αυτός έγινε για να καθοριστεί αν θα ακολουθηθεί παραμετρικός ή μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος σε κάθε περίπτωση. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ένας έλεγχος paired samples t-test για να εκτιμηθεί η επίδραση των παραγόντων κυρίαρχος/μη κυρίαρχος οφθαλμός και κάλυψη/μη κάλυψη του μη εξεταζόμενου οφθαλμού στις μετρούμενες τιμές φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ των συμμετεχόντων στην ομάδα ελέγχου. Έγινε εφαρμογή GLM για την ανίχνευση ηλικιακά σχετιζόμενων διαφορών, στην ουσία φωτεινής ευαισθησίας, μεταξύ του αμβλυωπικού οφθαλμού της ομάδας των ασθενών και του κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη της ομάδας ελέγχου όπως επίσης και για τον υγιή οφθαλμό της ομάδας των ασθενών και του κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη της ομάδας ελέγχου. Επίσης έγινε εφαρμογή GLM για να ελέγξουμε κατά πόσο το κατώφλι φωτεινής ευαισθησίας επηρεάζεται από τον συνδυασμό του αστιγματισμού, του σφαιρώματος, της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας και την ηλικία. Τέλος εφαρμόσαμε έναν έλεγχο GLM για να δούμε κατά πόσο επηρέασε το είδος της αμβλυωπίας (υπερμετροπική/μυωπική) καθώς επίσης και το μέγεθος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας (χαμηλή/υψηλή) στην ευαισθησία φωτεινότητας και στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού όπου συμπεριλάβαμε και τον παράγοντα της ηλικίας για να δούμε εάν και πόσο επηρέαζε τις μετρήσεις μας. Για τις συγκρίσεις που έγιναν

χρησιμοποιήθηκε το paired sample t-test με το οποίο θέλαμε να δείξουμε τυχόν διαφορές στην φωτεινή ευαισθησία και στην ακεραιότητα της ωχράς μεταξύ του αμβλυωπικού και του υγιούς οφθαλμού της ομάδας των αμβλυώπων. Συντελεστής συσχέτισης pearson r χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί η συσχέτιση της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας με το κατώφλι φωτεινής ευαισθησίας, με το σφαιρικό ισοδύναμο και με το σφαίρωμα (τόσο για την ομάδα των αμβλυώπων όσο και για την ομάδα ελέγχου). Έλεγχος συσχέτισης pearson έγινε επίσης για τη συσχέτιση της διαφοράς στο κατώφλι φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού της ομάδας των ασθενών με το βαθμό της ανισομετροπίας και με τη διαφορά της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας. Τέλος έγινε έλεγχος συσχέτισης pearson για τη συσχέτιση του κατωφλίου φωτεινής ευαισθησίας με τον βαθμό του αστιγματισμού. Όσον αφορά το συντελεστή συσχέτισης spearman ρ εφαρμόστηκε για την εύρεση της έντασης της συσχέτισης ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τη συσχέτιση της μεταβλητής της ακεραιότητας της ωχράς με την καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα, με την ανισομετροπία και με τον αστιγματισμό. Συντελεστής συσχέτισης spearman εφαρμόστηκε επίσης για την συσχέτιση της διαφοράς της ακεραιότητας της ωχράς με τη διαφορά στη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα.

Για όλους τους παραπάνω ελέγχους ορίστηκε ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

5° ΜΕΡΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για την συγκεκριμένη μελέτη προσήλθαν 11 άτομα που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου 3 άνδρες και 8 γυναίκες, με εύρος ηλικίας από 23 έως 39 έτη, μέση ηλικία $27,64 \pm 4,27$ και διάμεσο= 27 έτη. Το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο (Sph+Cyl/2) για τον κυρίαρχο οφθαλμό ήταν $-0,55 \pm 1,95$ dpt (-4,88 έως 3,13) ενώ για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο ήταν $-0,64 \pm 2,15$ dpt (-5,63 έως 3,5). Συμμετείχαν επίσης 24 ανισομετρικοί αμβλύωπες που αποτελούσαν την ομάδα των ασθενών από τους οποίους 10 γυναίκες και 14 άνδρες, με εύρος ηλικίας από 15 έως 59 έτη, μέση ηλικία $28,33 \pm 10,98$ έτη. Το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο (Sph+Cyl/2) για τον αμβλυωπικό οφθαλμό ήταν $-1,48 \pm 6,14$ dpt (-14,75 έως +8,75) και η μέση οπτική οξύτητα ήταν $0,35 \pm 0,21$ logMAR (0,1 έως 0,78). Για τον υγιή οφθαλμό το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο ήταν $-0,15 \pm 2,88$ dpt (-6 έως 4,13) και μέση οπτική οξύτητα $0,01 \pm 0,05$ logMAR (-0,08 έως 0,16). Για κάποιες συγκρίσεις έγινε χωρισμός της ομάδας των αμβλύωπων σε εκείνους που είχαν υπερμετρική αμβλυωπία και σε εκείνους που είχαν μυωπική αμβλυωπία με βάση το πρόσημο του σφαιρώματός τους και σε εκείνους με χαμηλή και υψηλή ανισομετρωπία (χαμηλή ανισομετρωπία για αμβλύωπες με ανισομετρωπία έως 2,00 dB και υψηλή για τους αμβλύωπες με ανισομετρωπία από 2,25 dB και πάνω).

5.1] Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής (μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, εύρη) για την ομάδα ελέγχου και για την ομάδα των αμβλύωπων.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα διάφορα στοιχεία περιγραφικής στατιστικής (μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, εύρη) για το κατώφλι φωτεινής ευαισθησίας, την ακεραιότητα της ωχράς, τον αστιγματισμό, το σφαίρωμα, το σφαιρικό ισοδύναμο και την ηλικία για την ομάδα ελέγχου (για κυρίαρχο και μη κυρίαρχο οφθαλμό τόσο με κάλυψη όσο και χωρίς) και για την ομάδα των αμβλύωπων (για αμβλυωπικό και υγιή οφθαλμό με κάλυψη).

	Ουδός ευαισθησίας (dB)	Ακεραιότητα ωχράς	Αστιγματισμός (dpt)	Σφαιρικό ισοδύναμο (dpt)	Σφαίρωμα (dpt)	Ηλικία
Μέση τιμή	31,19	0,71	-0,59	-0,55	-0,25	27,64
Τυπική απόκλιση	0,74	0,53	0,87	1,95	2,17	4,27
Εύρος	29,7-32,3	0,2-2,2	-3,25-0	-4,88-3,13	-1,5-4,75	23-39

Πίνακας 1. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για τον κυρίαρχο οφθαλμό της ομάδας ελέγχου χωρίς κάλυψη.

	Ουδός ευαισθησίας (dB)	Ακεραιότητα ωχράς	Αστιγματισμός (dpt)	Σφαιρικό ισοδύναμο (dpt)	Σφαίρωμα (dpt)	Ηλικία
Μέση τιμή	31,3	0,73	-0,59	-0,55	-0,25	27,64
Τυπική απόκλιση	0,93	0,29	0,87	1,95	2,17	4,27
Εύρος	29,9-32,8	0,2-1,1	-3,25-0	-4,88-3,13	-1,5-4,75	23-39

Πίνακας 2. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για τον κυρίαρχο οφθαλμό της ομάδας ελέγχου με κάλυψη.

	Ουδός ευαισθησίας (dB)	Ακεραιότητα ωχράς	Αστιγματισμός (dpt)	Σφαιρικό ισοδύναμο (dpt)	Σφαίρωμα (dpt)	Ηλικία
Μέση τιμή	31,19	0,77	-0,59	-0,64	-0,34	27,64
Τυπική απόκλιση	0,68	0,43	0,94	2,15	2,44	4,27
Εύρος	29,8-32	0,2-1,6	-3,5-0	-5,63-3,5	-5,5-5,25	23-39

Πίνακας 3. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό της ομάδας ελέγχου χωρίς κάλυψη.

	Ουδός ευαισθησίας (dB)	Ακεραιότητα ωχράς	Αστιγματισμός (dpt)	Σφαιρικό ισοδύναμο (dpt)	Σφαίρωμα (dpt)	Ηλικία
Μέση τιμή	31,36	0,53	-0,59	-0,64	-0,34	27,64
Τυπική απόκλιση	0,76	0,27	0,94	2,15	2,44	4,27
Εύρος	30,3-32,9	0,1-1	-3,5-0	-5,63-3,5	-5,5-5,25	23-39

Πίνακας 4. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό της ομάδας ελέγχου με κάλυψη

	Ουδός ευαισθησίας (dB)	Ακεραιότητα ωχράς	Αστιγματισμός (dpt)	Σφαιρικό ισοδύναμο (dpt)	Σφαίρωμα (dpt)	Ηλικία
Μέση τιμή	27,54	7,75	-1,91	-1,48	-0,53	28,33
Τυπική απόκλιση	2,32	12,91	1,42	6,14	6,17	10,98
εύρος	22,5-30,5	0,1-46,6	-5,25-0	-14,75-8,75	-14-10,5	15-59

Πίνακας 5. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για τον αμβλυωπικό οφθαλμό της ομάδας των αμβλυνώπων.

	Ουδός ευαισθησίας (dB)	Ακεραιότητα ωχράς	Αστιγματισμός (dpt)	Σφαιρικό ισοδύναμο (dpt)	Σφαίρωμα (dpt)	Ηλικία
Μέση τιμή	29,46	6,03	-1,15	-0,15	0,43	28,33
Τυπική απόκλιση	1,93	14,87	0,98	2,88	2,82	10,98
Εύρος	24,7-32,3	0,1-64,8	-3-0	-6-4,13	-5,5-4,5	15-59

Πίνακας 6. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για τον υγιή οφθαλμό της ομάδας των αμβλυνώπων.

5.2] Έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων

Από την ανάλυση του test Kolmogorov-Smirnov προέκυψε ότι οι μεταβλητές που αφορούν την ακεραιότητα της ωχράς, καθώς και η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα του υγιούς οφθαλμού και η διαφορά στην καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα στην ομάδα των ασθενών, απέχουν από την κανονική κατανομή ($p < 0,05$).

Μεταβλητές	Σημαντικότητα ρ (sig)
Ουδός φωτεινής ευαισθησίας για τον αμβλυωπικό οφθαλμό	0,604
Ουδός φωτεινής ευαισθησίας για τον υγιή οφθαλμό	0,401
Διαφορά στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας υγιούς-αμβλυωπικού οφθαλμού	0,584
Ακεραιότητα της ωχράς για τον αμβλυωπικό οφθαλμό	0,004
Ακεραιότητα της ωχράς για τον υγιή οφθαλμό	0,000
Ανισομετροπία	0,545
Καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα για τον αμβλυωπικό οφθαλμό	0,204

Καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα για τον υγιή οφθαλμό	0,013
Διαφορά καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας	0,000
Σφαίρωμα αμβλυωπικού οφθαλμού	0,913
Σφαίρωμα υγιούς οφθαλμού	0,774
Κύλινδρος αμβλυωπικού οφθαλμού	0,599
Κύλινδρος υγιούς οφθαλμού	0,398
Σφαιρικό ισοδύναμο αμβλυωπικού οφθαλμού	0,882
Σφαιρικό ισοδύναμο υγιούς οφθαλμού	0,633
Ηλικία	0,456

Πίνακας 7. Έλεγχος κανονικότητας για τις μεταβλητές της ομάδας των αμβλυώπων με το τεστ golmogoron-smirnov. Όπου η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05 η μεταβλητές δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Μεταβλητές	Σημαντικότητα p (sig)
Ουδός φωτεινής ευαισθησίας για τον κυρίαρχο οφθαλμό (χωρίς κάλυψη)	0,749
Ουδός φωτεινής ευαισθησίας για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό (χωρίς κάλυψη)	0,699
Ουδός φωτεινής ευαισθησίας για τον κυρίαρχο οφθαλμό (με κάλυψη)	0,858
Ουδός φωτεινής ευαισθησίας για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό (με κάλυψη)	0,996
Σφαίρωμα κυρίαρχου οφθαλμού	0,669
Κύλινδρος κυρίαρχου οφθαλμού	0,140
Σφαιρικό ισοδύναμο κυρίαρχου οφθαλμού	0,878
Σφαίρωμα μη κυρίαρχου οφθαλμού	0,568
Κύλινδρος μη κυρίαρχου οφθαλμού	0,151
Σφαιρικό ισοδύναμο μη κυρίαρχου οφθαλμού	0,851
Ακεραιότητα ωχράς κυρίαρχου οφθαλμού (χωρίς κάλυψη)	0,479
Ακεραιότητα ωχράς μη κυρίαρχου οφθαλμού (χωρίς κάλυψη)	0,755
Ακεραιότητα ωχράς κυρίαρχου οφθαλμού (με κάλυψη)	0,901
Ακεραιότητα ωχράς μη κυρίαρχου οφθαλμού (με κάλυψη)	0,992
Ηλικία	0,338

Πίνακας 8. Έλεγχος κανονικότητας για τις μεταβλητές της ομάδας ελέγχου με το τεστ *golmogorov-smirnov*.

5.3] Συγκρίσεις εντός της ομάδας ελέγχου

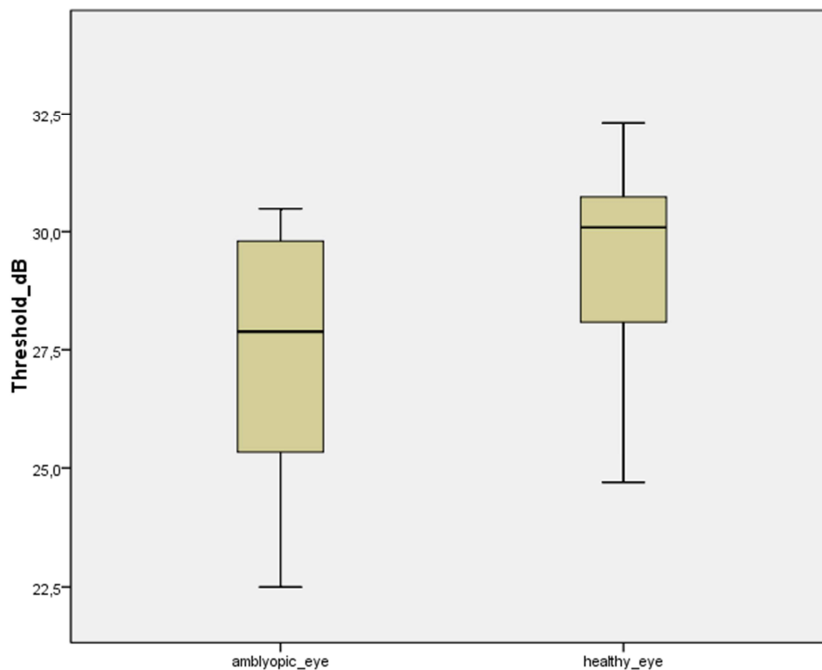
Οι μετρήσεις της ευαισθησίας μεταξύ των συμμετεχόντων στην ομάδα ελέγχου έγιναν τόσο στον κυρίαρχο οφθαλμό, όσο και στον μη- κυρίαρχο σε δύο διαφορετικές συνθήκες (με κάλυψη και χωρίς κάλυψη του άλλου οφθαλμού).

Με την εφαρμογή **paired samples t-test** έγινε σύγκριση της φωτεινής ευαισθησίας του κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη με του κυρίαρχου οφθαλμού χωρίς κάλυψη όπου βρέθηκε μια μέση διαφορά 0,12 που δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0,66$). Επιπροσθέτως από τη σύγκριση μη κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη με τον μη κυρίαρχο οφθαλμό χωρίς κάλυψη βρέθηκε μια μέση διαφορά 0,17 και $p=0,51$. Από τη σύγκριση της φωτεινής ευαισθησίας στον κυρίαρχο οφθαλμό με την φωτεινή ευαισθησία στον μη κυρίαρχο οφθαλμό τόσο με κάλυψη όσο και χωρίς κάλυψη βρέθηκε μια μέση διαφορά 0,06 και $p=0,79$ και μέση διαφορά=0,01 και $p=0,96$ αντίστοιχα. Από τη σύγκριση της ακεραιότητας της ωχράς στον κυρίαρχο οφθαλμό με κάλυψη και χωρίς βρέθηκε μια μέση διαφορά 0,02 και $p=0,89$ ενώ από τη σύγκριση της ακεραιότητας της ωχράς στον μη κυρίαρχο οφθαλμό με κάλυψη και χωρίς βρέθηκε μια μέση διαφορά -0,25 και $p=0,11$. Τέλος από τη σύγκριση της ακεραιότητας της ωχράς στον κυρίαρχο οφθαλμό με την ακεραιότητα της ωχράς στον μη κυρίαρχο οφθαλμό με κάλυψη και χωρίς κάλυψη βρέθηκε μια μέση διαφορά -0,2 και $p=0,15$ με κάλυψη ενώ για την περίπτωση χωρίς κάλυψη η μέση διαφορά ήταν 0,06 και το $p=0,77$.

5.4] Συγκρίσεις εντός της ομάδας των αμβλύπων

5.4.1] Σύγκριση φωτεινής ευαισθησίας και ακεραιότητας της ωχράς μεταξύ του αμβλωπικού και του υγιούς οφθαλμού.

Από τη σύγκριση (**paired samples t-test**) μεταξύ του Threshold του αμβλωπικού οφθαλμού των ασθενών και του Threshold του υγιούς τους οφθαλμού προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στη φωτεινή ευαισθησία μεταξύ αμβλωπικού και υγιούς οφθαλμού της ομάδας των αμβλύπων ($p<0,05$) της τάξης των **1,93 dB**. Από τη σύγκριση μεταξύ του Macular integrity του αμβλωπικού οφθαλμού των ασθενών και του Macular integrity του υγιούς τους οφθαλμού όμως δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,372$).



Εικόνα 16. Γράφημα box-plot όπου φαίνεται η διαφορά στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ αμβλυωπικού οφθαλμού και υγιούς οφθαλμού της ομάδας των αμβλυώπων.

5.4.2] Σύγκριση φωτεινής ευαισθησίας και ακεραιότητας της ωχράς αμβλυωπικού και υγιούς οφθαλμού μεταξύ ομάδων με υπερμετροπική και μυωπική αμβλυωπία με παράγοντα την ηλικία.

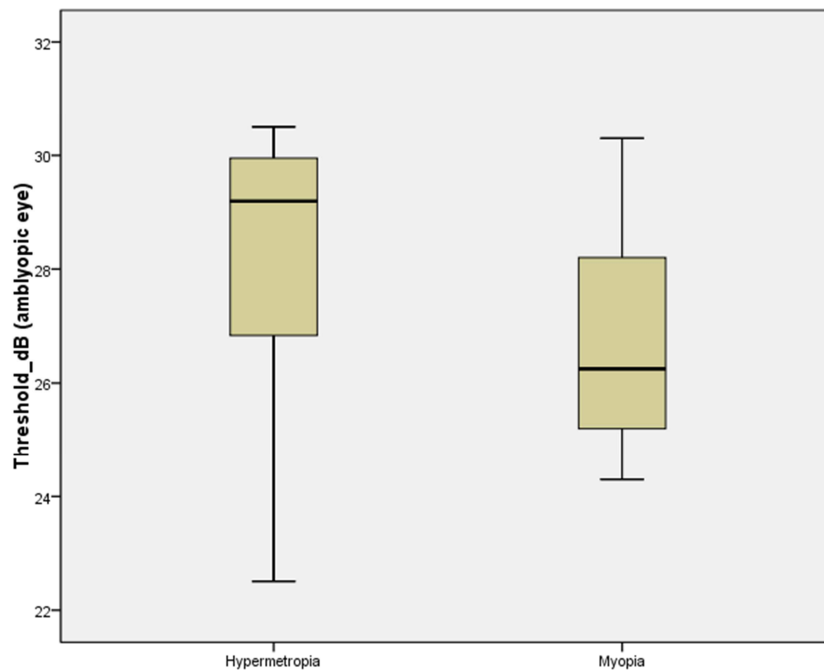
Με την εφαρμογή general linear model (GLM) εξετάστηκε η επίδραση που έχει ο παράγοντας ηλικία και ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας (υπερμετροπική/ μυωπική) στην διαφορά της φωτεινής αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας και στην ακεραιότητα της ωχράς για τις δύο υπό ομάδες τόσο στον αμβλυωπικό οφθαλμό όσο και στον υγιή. Για τον αμβλυωπικό οφθαλμό η ηλικία δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην φωτεινή ευαισθησία οπότε στη συνέχεια αφαιρώντας τον παράγοντα της ηλικίας βρέθηκε μια διαφορά στο threshold μεταξύ των δυο ομάδων της τάξης των 1,48 dB, με τη χαμηλότερη ουδό να παρατηρείται στους μυωπικούς αμβλύωπες, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική με $p=0,130$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Threshold

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17,873 ^a	2	8,936	1,686	,209
Intercept	2588,456	1	2588,456	488,460	,000
Age	4,819	1	4,819	,909	,351
group	15,390	1	15,390	2,904	,103
Error	111,284	21	5,299		
Total	18328,690	24			
Corrected Total	129,156	23			

Πίνακας 9. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υπερμετροπική αμβλυωπία και μυωπική αμβλυωπία στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού. Ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ουδό ευαισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού ($p=0,103$). Ο παράγοντας ηλικία δεν έχει επίσης στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές.



Εικόνα 17. Γράφημα box-plot όπου φαίνεται η διαφορά στην φωτεινή ευαισθησία μεταξύ υπερμετροπικής και μυωπικής αμβλυωπίας στον αμβλυωπικό οφθαλμό της ομάδας των αμβλυώπων.

Με την εφαρμογή του ίδιου τεστ general linear model (GLM) εξετάστηκε η επίδραση που έχει ο παράγοντας ηλικία και ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού για τις δύο υπό ομάδες και βρέθηκε ότι η ηλικία είχε στατιστικά σημαντική επίδραση με $p=0,000$ ενώ ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση αφού $p=0,263$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Macular_integrity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2311,038 ^a	2	1155,519	14,386	,000
Intercept	962,068	1	962,068	11,978	,002
Age	2304,734	1	2304,734	28,694	,000
group	106,445	1	106,445	1,325	,263
Error	1686,722	21	80,320		
Total	5437,710	24			
Corrected Total	3997,760	23			

Πίνακας 10. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υπερμετροπική αμβλυωπία και μυωπική αμβλυωπία στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού. Ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού ($p=0,263$). Ο παράγοντας ηλικία όμως φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,000$.

Για τον υγιή οφθαλμό της ομάδας των αμβλυώπων με εφαρμογή General Linear Model βρέθηκε ότι η ηλικία είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην φωτεινή ευαισθησία με $p=0,034$ ενώ ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην ούδο ευαισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού ($p=0,460$).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Threshold_healthy_eye

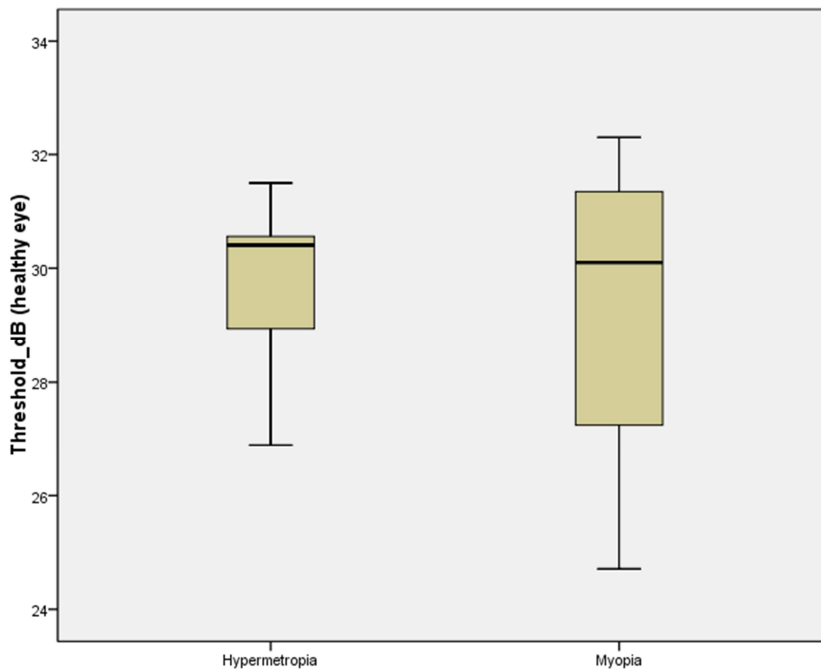
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18,037 ^a	2	9,018	2,644	,095
Intercept	3152,435	1	3152,435	924,345	,000
Age	17,526	1	17,526	5,139	,034
group	1,928	1	1,928	,565	,460
Error	71,620	21	3,410		
Total	20922,590	24			
Corrected Total	89,656	23			

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Threshold_healthy_eye

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18,037 ^a	2	9,018	2,644	,095
Intercept	3152,435	1	3152,435	924,345	,000
Age	17,526	1	17,526	5,139	,034
group	1,928	1	1,928	,565	,460
Error	71,620	21	3,410		
Total	20922,590	24			
Corrected Total	89,656	23			

Πίνακας 11. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υπερμετροπική αμβλυωπία και μυωπική αμβλυωπία στην ουδό φωτεινής εναισθησίας του υγιούς οφθαλμού. Ο τύπος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ουδό εναισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού ($p=0,460$) ενώ ο παράγοντας ηλικία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές με $p=0,034$.



Εικόνα 18. Γράφημα box-plot όπου φαίνεται η διαφορά στην φωτεινή εναισθησία μεταξύ υπερμετροπικής και μυωπικής αμβλυωπίας για τον υγιή οφθαλμό της ομάδας των αμβλυώπων.

Για την επίδραση που έχει η ηλικία και ο τύπος της ανισομετρικής αμβλυωπίας στην ακεραιότητα της ωχράς του υγιούς οφθαλμού για τις δύο υπο-ομάδες η εφαρμογή του τεστ έδειξε ότι η ηλικία είχε στατιστικά σημαντική επίδραση με $p=0,001$ ενώ ο τύπος της αμβλυωπίας δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση αφού $p=0,172$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Macular_integrity_healthy_eye

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2364,745 ^a	2	1182,373	8,434	,002
Intercept	1146,046	1	1146,046	8,175	,009
Age	2282,605	1	2282,605	16,282	,001
group	280,359	1	280,359	2,000	,172
Error	2943,980	21	140,190		
Total	6179,940	24			
Corrected Total	5308,725	23			

Πίνακας 12. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υπερμετρική αμβλυωπία και μυωπική αμβλυωπία στην ακεραιότητα της ωχράς του υγιούς οφθαλμού. Ο τύπος της ανισομετρικής αμβλυωπίας δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού ($p=0,172$). Ο παράγοντας ηλικία όμως φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,001$.

5.4.3] Σύγκριση φωτεινής ευαισθησίας και ακεραιότητας της ωχράς αμβλυωπικού και υγιούς οφθαλμού μεταξύ υπο-ομάδων με υψηλή και χαμηλή ανισομετροπία με παράγοντα την ηλικία.

Για τις ανάγκες αυτού του ελέγχου η ομάδα των ασθενών χωρίστηκε σε δύο υπο-ομάδες ανάλογα με τον βαθμό της ανισομετροπίας. Η πρώτη ομάδα συμπεριλάμβανε άτομα τα οποία είχαν ανισομετροπία έως 2 βαθμούς και η δεύτερη ομάδα συμπεριλάμβανε άτομα στα οποία η ανισομετροπία κυμαινόταν από 2,25 και πάνω.

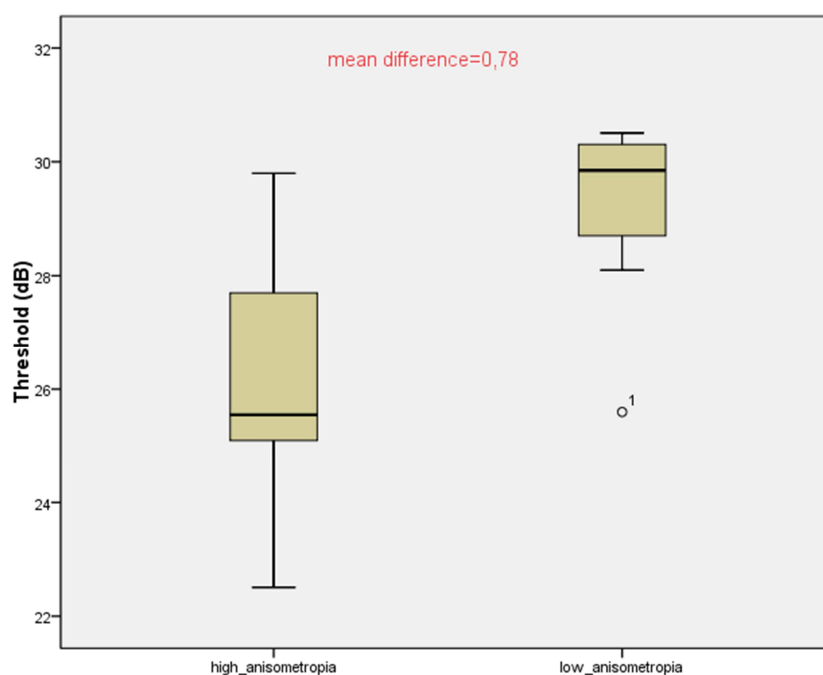
Έγινε αρχικά ένας έλεγχος GLM για να δούμε την επίδραση της ηλικίας και όπως βρήκαμε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση. Εν συνεχεία αφαιρώντας την ηλικία βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων με $p=0,001$ της τάξης των 2,94 dB.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Threshold

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50,962 ^a	2	25,481	6,843	,005
Intercept	2558,492	1	2558,492	687,112	,000
Age	,688	1	,688	,185	,672
Group	48,479	1	48,479	13,020	,002
Error	78,194	21	3,724		
Total	18328,690	24			
Corrected Total	129,156	23			

Πίνακας 13. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υψηλή και χαμηλή ανισομετροπία στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας του αμβλυοπικού οφθαλμού. Το μέγεθος της ανισομετρικής αμβλυοπίας έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ουδό ευαισθησίας του αμβλυοπικού οφθαλμού ($p=0,002$). Ο παράγοντας ηλικίας δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,672$.



Εικόνα 19. Γράφημα box-plot όπου φαίνεται η διαφορά στην φωτεινή ευαισθησία μεταξύ χαμηλής και υψηλής ανισομετροπίας στον αμβλυοπικό οφθαλμό της ομάδας των αμβλυώπων.

Με τον ίδιο έλεγχο εξετάστηκε η επίδραση της ηλικίας και του μεγέθους της ανισομετροπίας στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού και βρέθηκε ότι η ηλικία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση $p=0,000$ ενώ μεταξύ των υπο-ομάδων δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά $p=0,781$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Macular_integrity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2211,357 ^a	2	1105,678	12,998	,000
Intercept	880,770	1	880,770	10,354	,004
Age	2154,208	1	2154,208	25,324	,000
Group	6,764	1	6,764	,080	,781
Error	1786,403	21	85,067		
Total	5437,710	24			
Corrected Total	3997,760	23			

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Macular_integrity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2211,357 ^a	2	1105,678	12,998	,000
Intercept	880,770	1	880,770	10,354	,004
Age	2154,208	1	2154,208	25,324	,000
Group	6,764	1	6,764	,080	,781
Error	1786,403	21	85,067		
Total	5437,710	24			
Corrected Total	3997,760	23			

Πίνακας 14. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υψηλή ανισομετροπία και χαμηλή ανισομετροπία στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού. Το μέγεθος της ανισομετρικής αμβλυωπίας δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ακεραιότητα της ωχράς του αμβλυωπικού οφθαλμού $p=0,781$. Ο παράγοντας ηλικία όμως έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,000$.

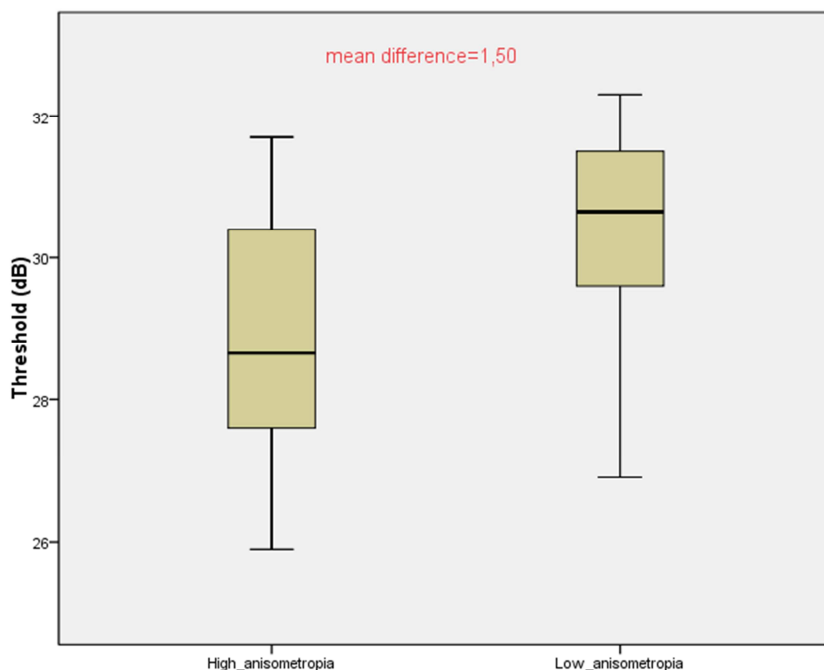
Για τον υγιή οφθαλμό της ομάδας των αμβλυσών με τον ίδιο έλεγχο για τη φωτεινή ευαισθησία βρέθηκε ότι ηλικία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση με $p=0,048$ ενώ το μέγεθος της ανισομετροπίας βρέθηκε ότι δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση αφού $p=0,077$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Threshold

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26,517 ^a	2	13,259	4,410	,025
Intercept	3185,197	1	3185,197	1059,392	,000
Age	13,317	1	13,317	4,429	,048
Group	10,408	1	10,408	3,462	,077
Error	63,139	21	3,007		
Total	20922,590	24			
Corrected Total	89,656	23			

Πίνακας 15. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υψηλή και χαμηλή ανισομετροπία στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας του υγιούς οφθαλμού. Ο παράγοντας ηλικίας έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,048$ ενώ το μέγεθος της ανισομετρικής αμβλυωπίας δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ουδό ευαισθησίας του υγιούς οφθαλμού ($p=0,077$).



Εικόνα 20. Γράφημα box-plot όπου φαίνεται η διαφορά στην φωτεινή ευαισθησία μεταξύ χαμηλής και υψηλής ανισομετροπίας για τον υγιή οφθαλμό της ομάδας των αμβλυσώπων.

Τέλος όσον αφορά την επίδραση της ηλικίας και του μεγέθους της ανισομετροπίας στην ακεραιότητα της ωχράς του υγιούς οφθαλμού με την εφαρμογή του general linear method τεστ βρέθηκε ότι η ηλικία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση με $p=0,001$ ενώ το μέγεθος της ανισομετροπίας δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση αφού $p=0,924$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Macular_integrity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2085,815 ^a	2	1042,907	6,795	,005
Intercept	999,059	1	999,059	6,510	,019
Age	2049,523	1	2049,523	13,354	,001
Group	1,428	1	1,428	,009	,924
Error	3222,910	21	153,472		
Total	6179,940	24			
Corrected Total	5308,725	23			

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Macular_integrity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2085,815 ^a	2	1042,907	6,795	,005
Intercept	999,059	1	999,059	6,510	,019
Age	2049,523	1	2049,523	13,354	,001
Group	1,428	1	1,428	,009	,924
Error	3222,910	21	153,472		
Total	6179,940	24			
Corrected Total	5308,725	23			

Πίνακας 16. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται η επίδραση των παραγόντων ηλικία, υψηλή ανισομετροπία και χαμηλή ανισομετροπία στην ακεραιότητα της ωχράς του υγιούς οφθαλμού. Το μέγεθος της ανισομετροπικής αμβλυωπίας δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ακεραιότητα της ωχράς υγιούς οφθαλμού $p=0,924$. Ο παράγοντας ηλικία όμως έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,001$.

5.5] Συγκρίσεις μεταξύ ομάδας ασθενών και ομάδας ελέγχου

5.5.1] Σύγκριση στο κατώφλι ευαισθησίας μεταξύ αμβλυωπικού οφθαλμού ομάδας αμβλυώπων και κυρίαρχου οφθαλμού της ομάδας ελέγχου (με κάλυψη) συνυπολογίζοντας τον παράγοντα της ηλικίας.

Να πούμε αρχικά ότι για τις συγκρίσεις χρησιμοποιήθηκε ο κυρίαρχος οφθαλμός της ομάδας ελέγχου διότι από τη σύγκριση που έγινε στην φωτεινή αμφιβληστροειδική ευαισθησία κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά και χρησιμοποιήθηκε η ουδός φωτεινής ευαισθησίας του κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη γιατί η αντίστοιχη μέτρηση για την ομάδα των αμβλυώπων ήταν με κάλυψη.

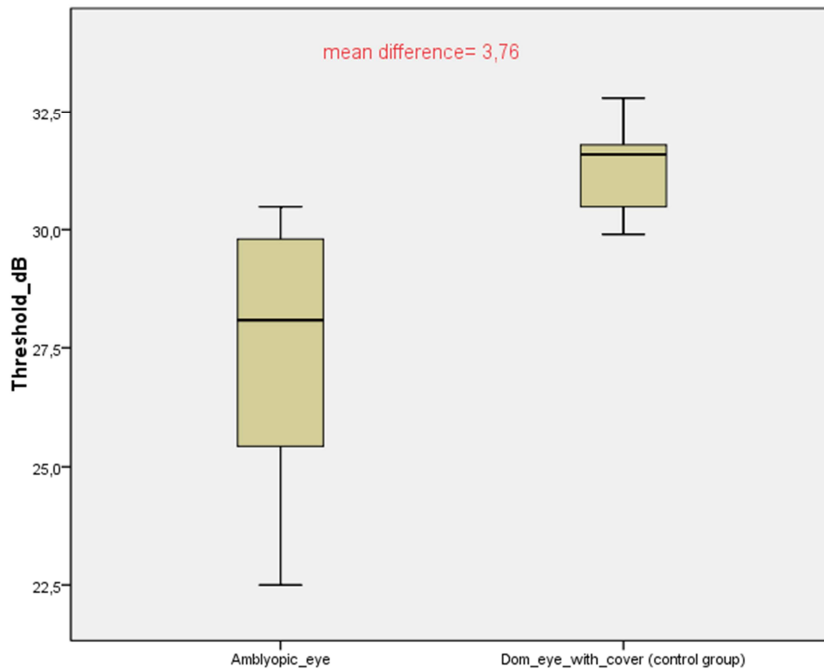
Από τον έλεγχο GLM (ANCOVA) η ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές ευαισθησίας μεταξύ των δύο ομάδων $p=0,000$ της τάξης των **3,76 dB** αλλά ο παράγοντας ηλικία δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές $p=0,457$. Αφαιρώντας τον παράγοντα της ηλικίας βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μέσες τιμές της φωτεινής αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας μεταξύ αμβλυωπικού οφθαλμού της ομάδας των αμβλυώπων και του κυρίαρχου οφθαλμού της ομάδας ελέγχου $p=0,000$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Threshold

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	109,195 ^a	2	54,597	12,829	,000
Intercept	3212,355	1	3212,355	754,843	,000
Age	2,415	1	2,415	,568	,457
Group	106,539	1	106,539	25,035	,000
Error	136,181	32	4,256		
Total	29114,720	35			
Corrected Total	245,376	34			

Πίνακας 17. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται ότι δεν υπάρχουν ηλικιακά σχετιζόμενες διαφορές στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ του αμβλυοπικού οφθαλμού της ομάδας των αμβλυώπων και του κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη της ομάδας ελέγχου.



Εικόνα 21. Γράφημα box-plot όπου διακρίνουμε την μειωμένη ουδό φωτεινής ευαισθησίας του αμβλυοπικού οφθαλμού της ομάδας των αμβλυώπων σε σύγκριση με τον κυρίαρχο οφθαλμό με κάλυψη της ομάδας ελέγχου.

5.5.2] Σύγκριση στο κατώφλι ευαισθησίας μεταξύ υγιούς οφθαλμού ομάδας αμβλωπών και κυρίαρχου οφθαλμού (με κάλυψη) της ομάδας ελέγχου συνυπολογίζοντας τον παράγοντα της ηλικίας.

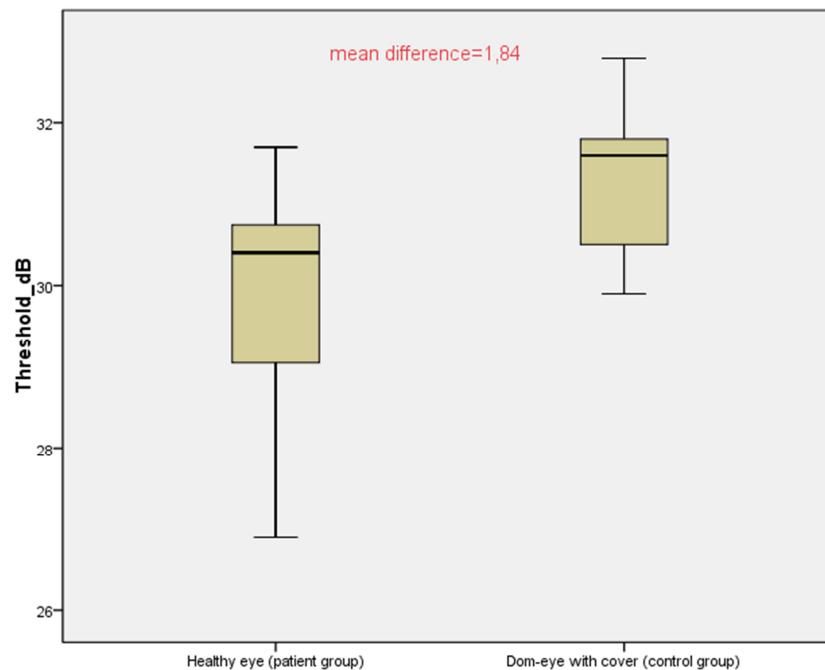
Εφαρμόζοντας έναν έλεγχο GLM (ANCOVA) βρέθηκε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές ευαισθησίας μεταξύ των δύο ομάδων **p=0,004** της τάξης των **1,84 dB** αλλά και ο παράγοντας ηλικία φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις διαφορές αυτές **p=0,021**.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Threshold

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	40,786 ^a	2	20,393	7,789	,002
Intercept	3684,730	1	3684,730	1407,435	,000
Age	15,319	1	15,319	5,851	,021
Group	25,179	1	25,179	9,617	,004
Error	83,778	32	2,618		
Total	31708,620	35			
Corrected Total	124,564	34			

Πίνακας 18. Έλεγχος GLM όπου φαίνεται ότι δεν υπάρχουν ηλικιακά σχετιζόμενες διαφορές στην οπτική φωτεινή ευαισθησία μεταξύ του υγιούς οφθαλμού της ομάδας των αμβλωπών και του κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη της ομάδας ελέγχου.



Εικόνα 22. Γράφημα *box-plot* όπου φαίνεται η διαφορά στην ουδό φωτεινής ευαισθησίας μεταξύ υγιούς οφθαλμού της ομάδας των αμβλύπων και κυρίαρχου οφθαλμού με κάλυψη της ομάδας ελέγχου.

5.6] Συσχετίσεις στην ομάδα αμβλύπων

Αρχικά έγινε συσχέτιση μεταξύ αστιγματισμού (CYL) με το κατώφλι ευαισθησίας (Threshold) και αστιγματισμού με την ακεραιότητα της ωχράς (Macular integrity) για να δούμε κατά πόσο επηρέαζε στις μετρήσεις ο αστιγματισμός τον οποίο το μικροπερίμετρο δεν είχε τη δυνατότητα να διορθώνει αυτόματα. Ο έλεγχος συσχέτισης pearson για την φωτεινή ευαισθησία έδειξε πολύ μικρή θετική συσχέτιση ($r = -0,008$), η οποία δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,970$) και ο έλεγχος συσχέτισης spearman για την ακεραιότητα της ωχράς έδειξε πολύ μικρή αρνητική συσχέτιση ($p = -0,057$), η οποία δεν βρέθηκε και στατιστικά σημαντική ($p=0,791$).

Στη συνέχεια από τη συσχέτιση pearson της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας(BCVA) με το κατώφλι ευαισθησίας για τον αμβλυωπικό οφθαλμό βρέθηκε μικρή αρνητική συσχέτιση ($r = -0,436$), η οποία είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,033$). Για τον υγιή οφθαλμό με συσχέτιση spearman αυτή τη φορά βρέθηκε πολύ μικρή θετική συσχέτιση ($p=0,195$) η οποία δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,361$).

Για την συσχέτιση της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας με την ακεραιότητα της ωχράς εφαρμόσαμε έναν έλεγχο συσχέτισης spearman, ο οποίος έδειξε για τον αμβλυωπικό οφθαλμό μικρή θετική συσχέτιση ($p = 0,370$), η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,075$) και για τον υγιή οφθαλμό πολύ μικρή αρνητική συσχέτιση ($p= -0,063$) η οποία δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,768$).

Έπειτα έγινε συσχέτιση καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας με το σφαιρικό ισοδύναμο (S.EQ) όπου το σφαιρικό ισοδύναμο το χωρίσαμε σε δύο κατηγορίες. Η μία κατηγορία συμπεριλαμβάνει τα άτομα που είχαν θετικό σφαιρικό ισοδύναμο και για τα οποία ο έλεγχος συσχέτισης pearson έδειξε θετική συσχέτιση ($r=0,376$), η οποία όμως δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,254$). Η δεύτερη κατηγορία συμπεριλαμβάνει άτομα με αρνητικό σφαιρικό ισοδύναμο όπου εδώ βρέθηκε αρνητική συσχέτιση ($r= -0,585$) η οποία βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,036$).

Για τη συσχέτιση καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας με το σφαίρωμα (SPH) το χωρίσαμε σε δύο κατηγορίες (θετικό και αρνητικό σφαίρωμα). Ο έλεγχος συσχέτισης pearson για τα άτομα με θετικό σφαίρωμα έδειξε θετική συσχέτιση ($r=0,453$), η οποία όμως δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p=0,140$). Για τα άτομα με αρνητικό

σφαίρωμα ο έλεγχος συσχέτισης έδειξε αρνητική συσχέτιση ($r = -0,555$) που και αυτή δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0,061$).

Ακολούθως από τη συσχέτιση διαφοράς στο κατώφλι ευαισθησίας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού σε απόλυτη τιμή $|\Delta\text{Threshold}|$ με την ανισομετροπία σε απόλυτη τιμή (παίρνοντας την διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο βρέθηκε μέτρια θετική συσχέτιση ($r = 0,452$), η οποία βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0,027$).

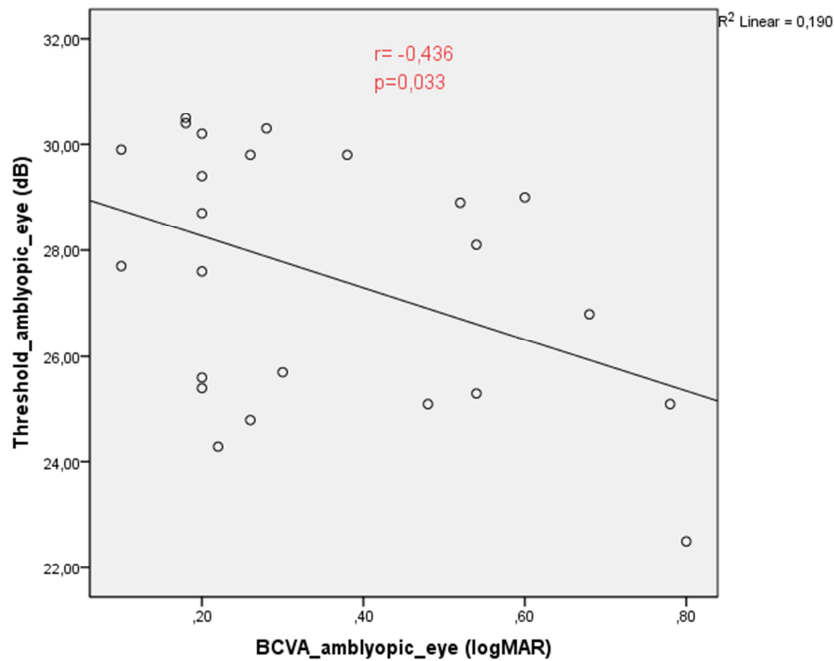
Από τη συσχέτιση διαφοράς της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού με τη διαφορά στο κατώφλι ευαισθησίας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού σε απόλυτη τιμή εφαρμόστηκε έλεγχος συσχέτισης pearson ο οποίος έδειξε θετική συσχέτιση ($p = 0,367$), η οποία όμως δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0,077$).

Από τη συσχέτιση διαφοράς της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού με τη διαφορά στην ακεραιότητα της ωχράς μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού ο έλεγχος συσχέτισης spearman έδειξε μικρή αρνητική συσχέτιση ($p = -0,253$), η οποία όμως δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0,232$).

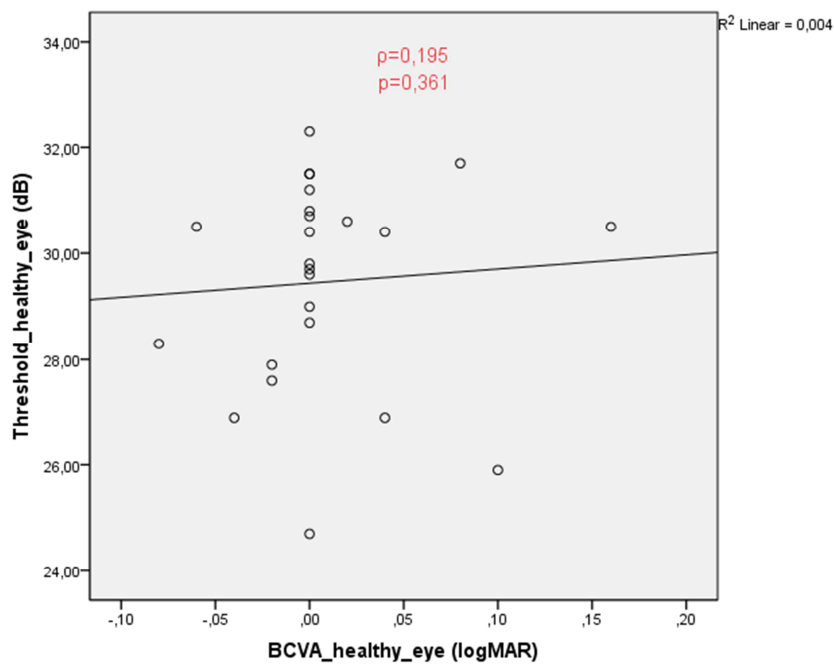
Τέλος από τη συσχέτιση διαφοράς στην ακεραιότητα της ωχράς ($\Delta\text{Macular integrity}$) με την ανισομετροπία ο έλεγχος συσχέτισης spearman έδειξε μικρή θετική συσχέτιση ($p = -0,140$) η οποία όμως δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($p = 0,515$).

5.6.1 γραφήματα συσχετίσεων

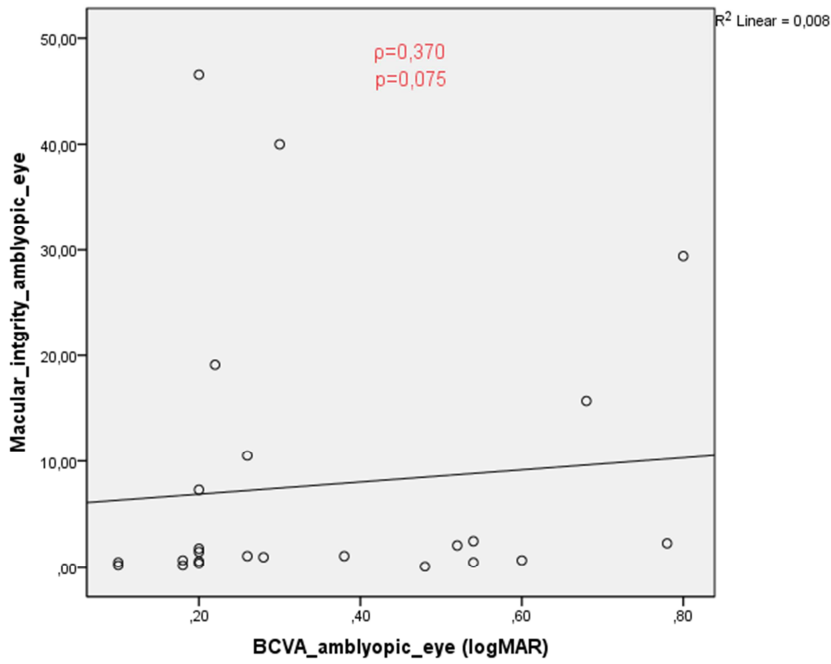
Παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφήματα από τις συσχετίσεις που έγιναν :



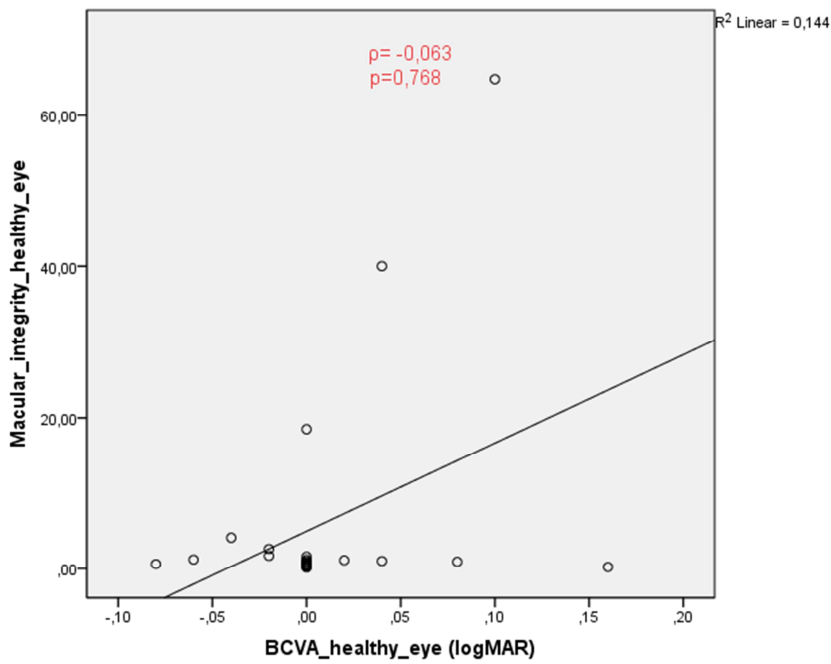
Εικόνα 23. γράφημα διασποράς μεταξύ ουδού φωτεινής ευαισθησίας αμβλυωπικού οφθαλμού (Threshold) με τη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα (BCVA).



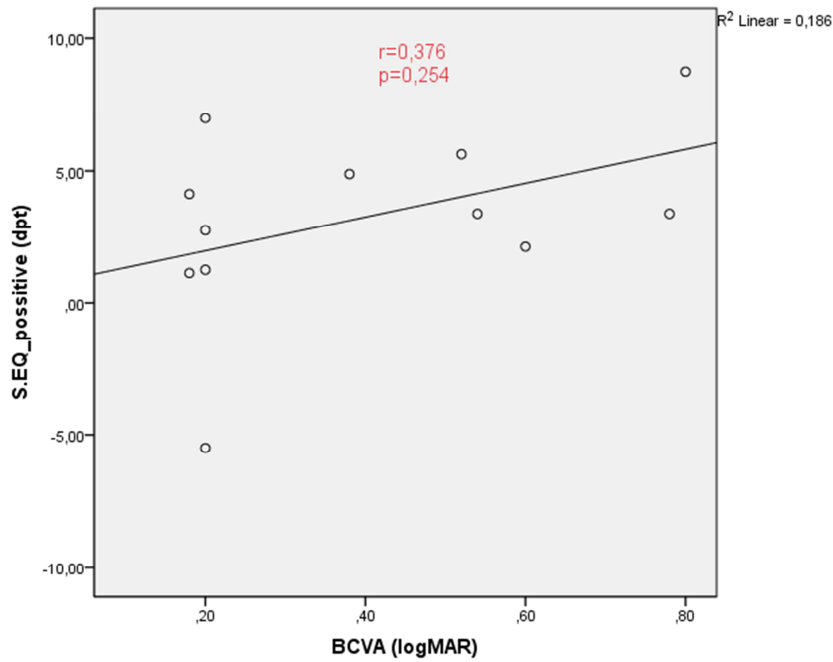
Εικόνα 24. Γράφημα διασποράς μεταξύ ουδού φωτεινής ευαισθησίας υγιούς οφθαλμού (Threshold) με τη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα (BCVA).



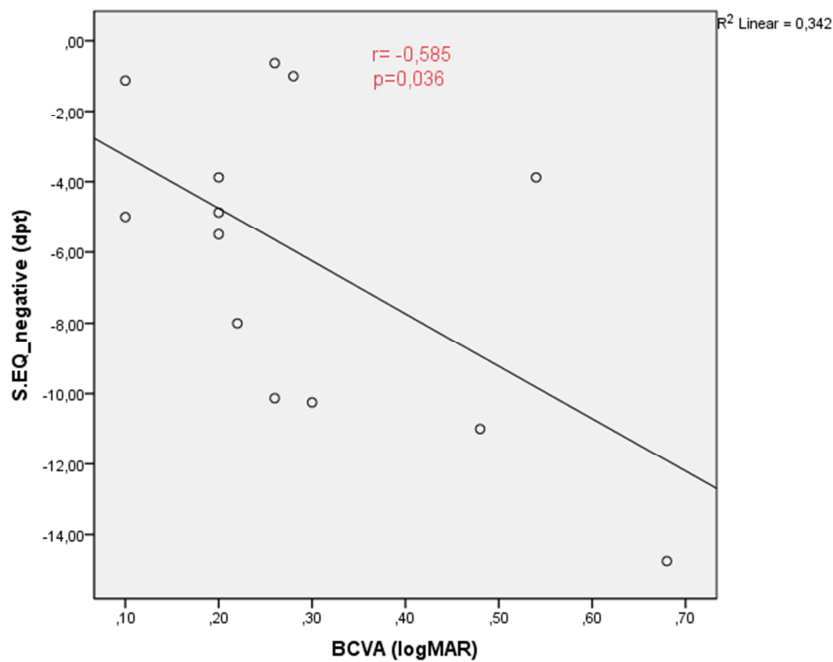
Εικόνα 25. Γράφημα διασποράς μεταξύ ακεραιότητας ωχράς αμβλωπικού οφθαλμού (*macular integrity*) και βέλτιστα διορθωμένης οπτικής οξύτητας αμβλωπικού οφθαλμού (BCVA).



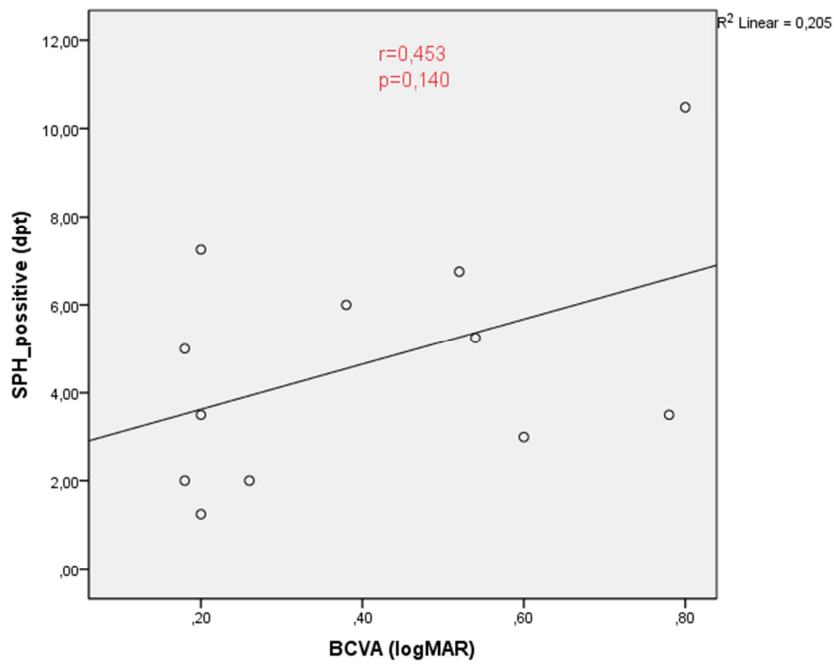
Εικόνα 26. Γράφημα διασποράς μεταξύ ακεραιότητας ωχράς υγιούς οφθαλμού (*macular integrity*) και βέλτιστα διορθωμένης οπτικής οξύτητας υγιούς οφθαλμού (BCVA).



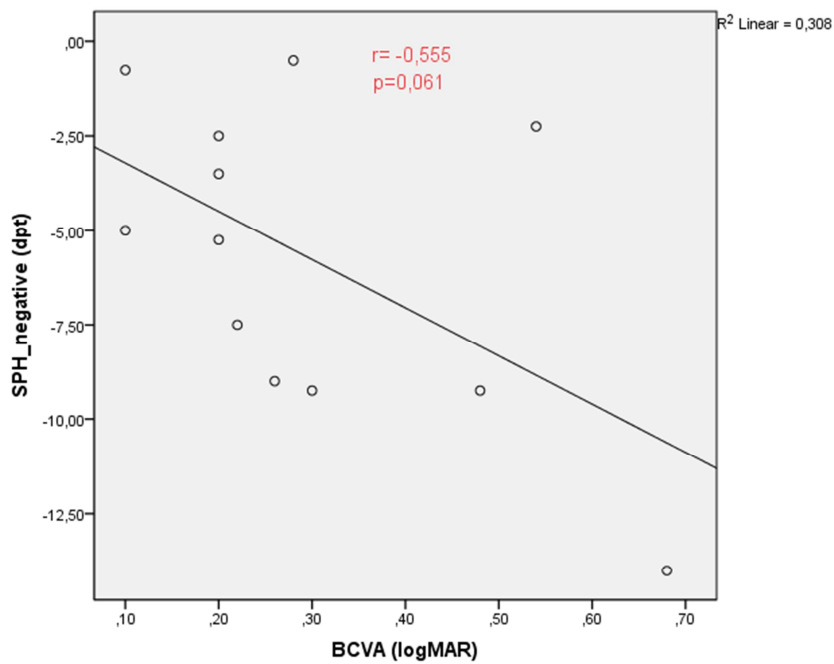
Εικόνα 27. Γράφημα διασποράς μεταξύ θετικού σφαιρικού ισοδύναμου αμβλυοπικού οφθαλμού (S.EQ) και βέλτιστης διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) που αντιστοιχεί στο θετικό S.EQ.



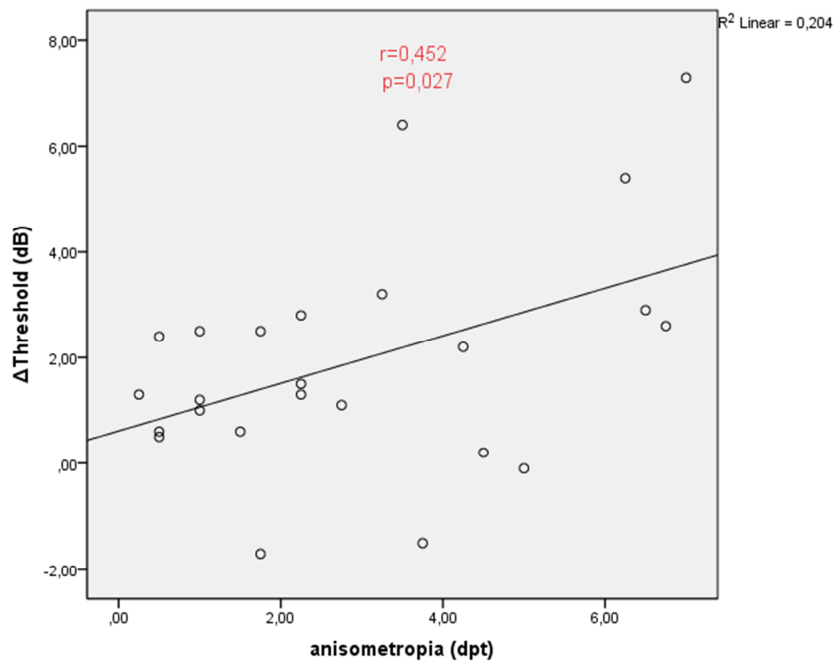
Εικόνα 28. Γράφημα διασποράς μεταξύ αρνητικού σφαιρικού ισοδύναμου αμβλυοπικού οφθαλμού (S.EQ) και βέλτιστης διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) που αντιστοιχεί στο αρνητικό S.EQ.



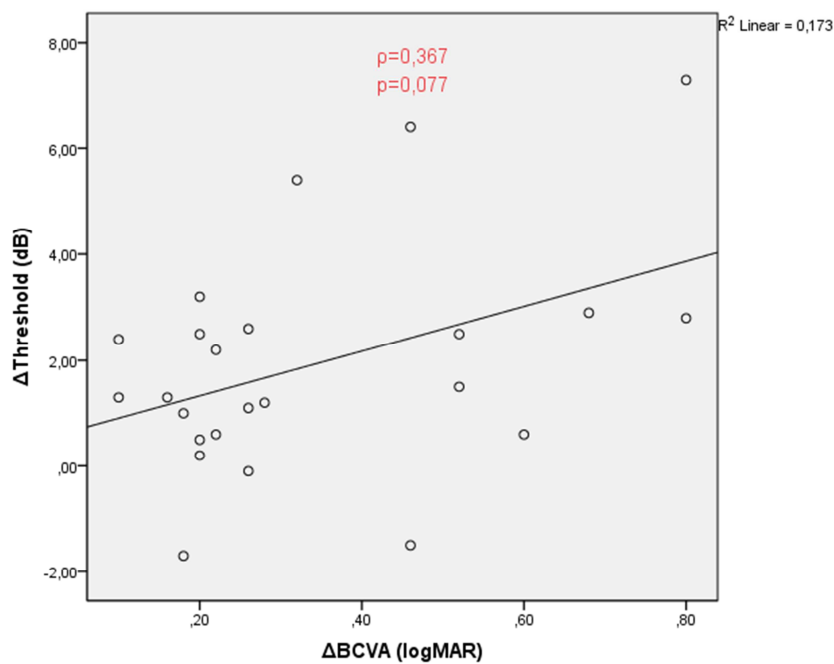
Εικόνα 29. Γράφημα διασποράς μεταξύ θετικού σφαιρώματος αμβλυοπικού οφθαλμού (SPH) και αντίστοιχης βέλτιστης διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA).



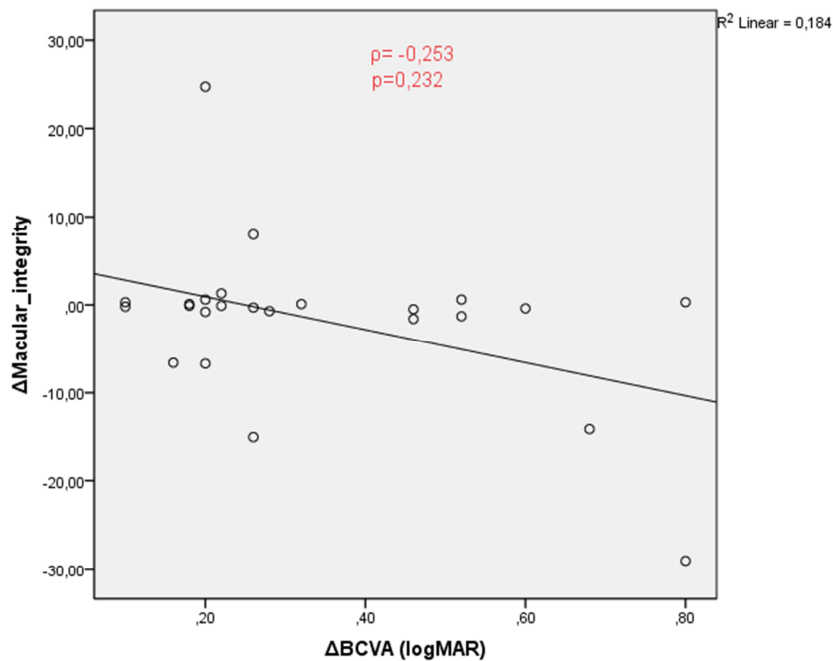
Εικόνα 30. Γράφημα διασποράς μεταξύ αρνητικού σφαιρώματος αμβλυοπικού οφθαλμού (SPH) και αντίστοιχης βέλτιστης διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA).



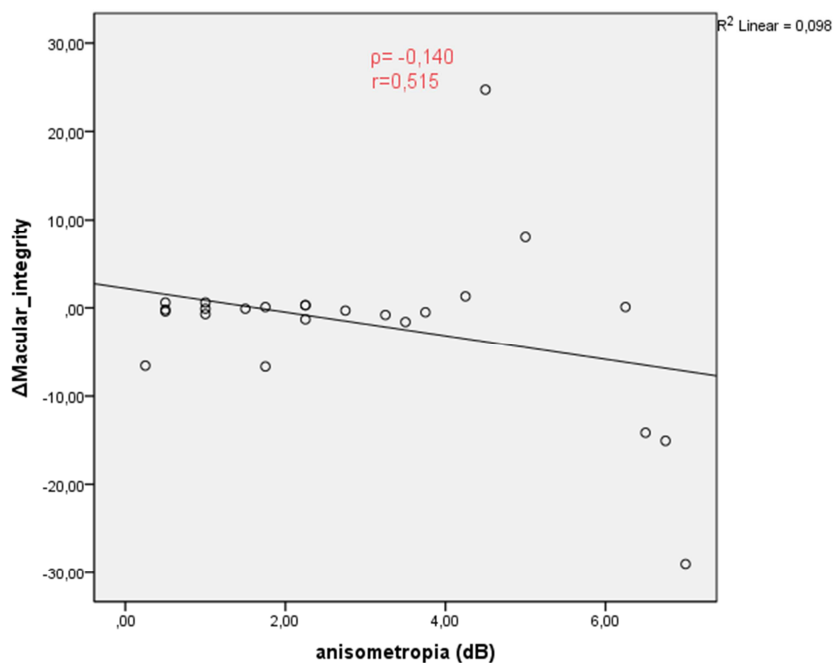
Εικόνα 31. Γράφημα διασποράς μεταξύ διαφοράς στο κατόφλι εναισθησίας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού ($\Delta Threshold$) και ανισομετροπίας (και τα δύο μεγέθη τα πήραμε με απόλυτη τιμή).



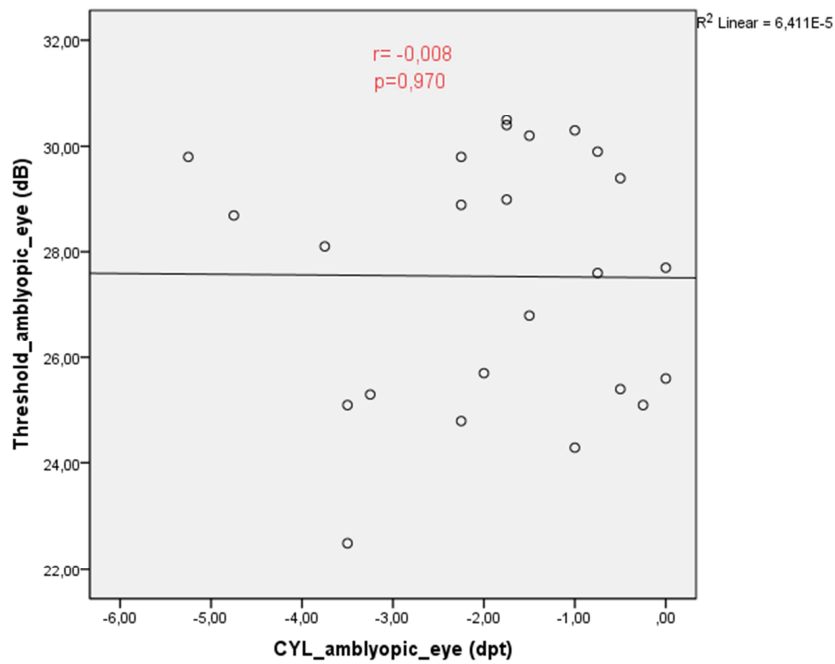
Εικόνα 32. Γράφημα διασποράς μεταξύ διαφοράς στο κατόφλι εναισθησίας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού σε απόλυτη τιμή ($\Delta Threshold$) με τη διαφορά στη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού ($\Delta BCVA$).



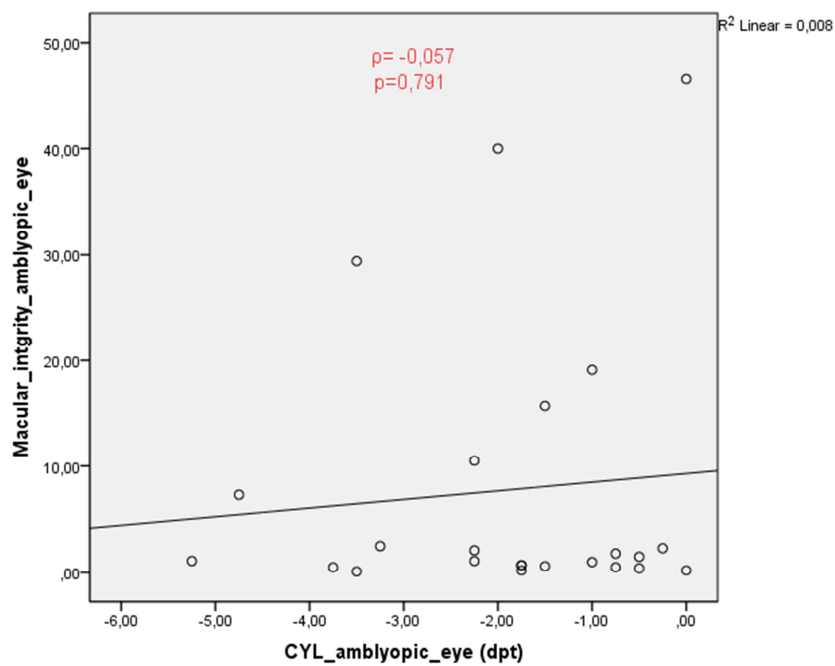
Εικόνα 33. Γράφημα διασποράς μεταξύ διαφοράς της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού ($\Delta BCVA$) με τη διαφορά στην ακεραιότητα της ωχράς μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού ($\Delta Macular\ integrity$).



Εικόνα 34. Γράφημα διασποράς της διαφοράς της ακεραιότητας της ωχράς μεταξύ υγιούς και αμβλυωπικού οφθαλμού ($\Delta Macular\ integrity$) με την ανισομετροπία.



Εικόνα 35. Γράφημα διασποράς της ουδού ευαισθησίας του αμβλυπικού οφθαλμού (Threshold) με τον αστιγματισμό του αμβλυπικού οφθαλμού (CYL).



Εικόνα 36. Γράφημα διασποράς μεταξύ της ακεραιότητας της ωχράς του αμβλυπικού οφθαλμού (macular integrity) και του αστιγματισμού (CYL).

Τέλος έγινε μια ανάλυση αλληλεπίδρασης των παραγόντων αστιγματισμός (CYL), σφαιρώματος (SPH) και καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) στο κατώφλι ευαισθησίας (Threshold) του αμβλυοπικού οφθαλμού με τον οποίο θέλαμε να δείξουμε κατά πόσο ο συνδυασμός της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA), το σφαιρώμα (SPH), ο αστιγματισμός (CYL) και η ηλικία επηρεάζουν το κατώφλι ευαισθησίας (Threshold) του αμβλυοπικού οφθαλμού. Με εφαρμογή λοιπόν ενός ελέγχου General Linear Model (GLM) βρέθηκε ότι η ηλικία δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στο Threshold $p=0,276$ όπως επίσης ούτε ο αστιγματισμός έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στο Threshold με $p=0,565$ ενώ αντίθετα οι άλλοι δύο παράγοντες σε συνδυασμό έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο Threshold. Το BCVA κατά $p=0,008$ και το σφαιρώμα (SPH) κατά $p=0,023$.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Threshold_amblyopic_eye

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50,384 ^a	3	16,795	4,264	,018
Intercept	4247,510	1	4247,510	1078,431	,000
BCVA_amblyopic_eye	34,052	1	34,052	8,646	,008
SPH_amblyopic_eye	23,731	1	23,731	6,025	,023
CYL_amblyopic_eye	1,346	1	1,346	,342	,565
Error	78,772	20	3,939		
Total	18328,690	24			
Corrected Total	129,156	23			

Πίνακας 19. Επίδραση της βέλτιστα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA), του σφαιρώματος (SPH) και του αστιγματισμού στην οδό ευαισθησίας (Threshold) του αμβλυοπικού οφθαλμού. Από τους τρεις αυτούς παράγοντες φαίνεται ότι μόνο η βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα και το σφαιρώμα έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση.

Στη συνέχεια αφαιρώντας τον παράγοντα του αστιγματισμού, ο οποίος δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στο Threshold και με την ίδια διαδικασία έγινε έλεγχος κατά πόσο τα BCVA και SPH σε συνδυασμό έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο Threshold και βρέθηκε ότι πάλι επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το Threshold αυτή τη φορά με $p=0,008$ το BCVA και $p=0,019$ το SPH.

6^ο ΜΕΡΟΣ ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

6.1] Συζήτηση-Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και εισαγωγικά η αμβλυωπία ορίζεται η σταδιακή υποβάθμιση της διορθωμένης οπτικής οξύτητας (CDVA) λόγω της παρατεταμένης παρεμπόδισης σχηματισμού ευκρινούς ειδώλου στον αμφιβληστροειδή κατά την ανάπτυξη του συστήματος της όρασης. Κύριοι αμβλυωπογενετικοί παράγοντες είναι ο στραβισμός, η ανισομετροπία αλλά και άλλοι παράγοντες που δημιουργούν διάχυτο είδωλο στον αμφιβληστροειδή (π.χ. καταρράκτης, τραύμα στον κερατοειδή). Η παρούσα μελέτη επικεντρώθηκε στην αμβλυωπία εξ' ανισομετροπίας και τις επιπτώσεις αυτής στην ωχρά κηλίδα. Οι επιπτώσεις αυτές αξιολογήθηκαν με την τεχνική της μικροπεριμετρίας, καταγράφοντας την ουδό της αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας τόσο στον αμβλυωπικό οφθαλμό, όσο και στον υγιή οφθαλμό, ενώ έγινε και αντιπαράθεση με αντίστοιχες μετρήσεις στην ομάδα ελέγχου.

Αρχικά κατά την μέτρηση της ουδού ευαισθησίας στην ομάδα ελέγχου δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου οφθαλμού, ίσως λόγω του γεγονότος ότι πρόκειται για δυο υγιείς οφθαλμούς και οι όποιες διαφορές στην αμφιβληστροειδική ευαισθησία μεταξύ τους θα είναι μηδαμινές. Επίσης ο παράγοντας κάλυψη/μη κάλυψη του μη-εξεταζόμενου οφθαλμού δεν βρέθηκε να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην μετρούμενη ουδό ευαισθησίας.

Το βασικό εύρημα της μελέτης ήταν η μειωμένη ουδός αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας που παρουσιάζει ο αμβλυωπικός οφθαλμός σε σύγκριση με τον υγιή αλλά και με τον κυρίαρχο οφθαλμό της ομάδας ελέγχου. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με παλαιότερες μελέτες που χρησιμοποιώντας την τεχνική της αυτόματης περιμετρίας κατέγραψαν σημαντικά μειωμένη μέση ευαισθησία στην ωχρική περιοχή του αμβλυωπικού οφθαλμού σε σχέση με τον υγιή (*Donahue et al, Am J Ophthalmol, 1999*), ενώ η μείωση της μέσης ευαισθησίας ήταν μικρότερη περιφερικά της ωχράς. Ωστόσο στην ίδια μελέτη δεν αναφέρονται σημαντικά και εκτεταμένα σκοτώματα στην περιοχή της ωχράς και σύμφωνα με τους μελετητές η όποια σοβαρή απώλεια της κεντρικής όρασης θα πρέπει να αποδίδεται σε πιο σοβαρές οργανικές βλάβες και όχι στην αμβλυωπία. Το τελευταίο συμβαδίζει με το γεγονός ότι και στην μελέτη μας δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ακεραιότητα της ωχράς (macular integrity) μεταξύ αμβλυωπικού οφθαλμού και υγιούς οφθαλμού αλλά ούτε και με την ομάδα ελέγχου. Μάλιστα μόνο 2 άτομα από την ομάδα ασθενών

μπορούν να καταταχθούν στην κατηγορία «suspect» όσον αφορά την ακεραιότητα της ωχράς, τα οποία ήταν και τα μεγαλύτερα σε ηλικία (59 και 47 ετών). Κατά συνέπεια ο υψηλός δείκτης της ωχρικής ακεραιότητας (στην κατηγορία «suspect») μπορεί να αποδοθεί σε άλλα αίτια (π.χ. αρχόμενη ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς). Μειωμένη ουδό αμφιβληστροειδικής ευαισθησίας βρέθηκε να έχει και ο υγιής οφθαλμός όμως της ομάδας των αμβλυώπων σε σύγκριση με τον υγιή οφθαλμό της ομάδας ελέγχου όπου εδώ φαίνεται να ο παράγοντας ηλικία να επηρεάζει τις διαφορές αυτές υπολογιζόμενη ως συμμεταβλητή.

Επόμενο βασικό εύρημα της μελέτης ήταν η στατιστικά σημαντική συσχέτιση (αρνητική συσχέτιση) της διαφοράς στην ουδό ευαισθησίας του αμβλυωπικού οφθαλμού με τον βαθμό της υπάρχουσας ανισομετροπίας ανεξάρτητα με είδος της (υπερμετροπική/ μυωπική) , γεγονός που επίσης συμφωνεί με άλλες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε παιδιά και έδειξαν την παρουσία μεγαλύτερου κινδύνου εμφάνισης αμβλυωπίας σε παιδιά με τα μεγαλύτερα ποσά ανισομετροπίας (*Alejandro Leon MD et al, Seattle WA,2007*). Εξάλλου κατά τον διαχωρισμό της ομάδας των αμβλυώπων ανάλογα με τον τύπο της ανισομετροπικής αμβλυωπίας σε υπερμετροπικούς και σε μυωπικούς αμβλύωπες βρέθηκε ότι οι μυωπικοί αμβλύωπες παρουσίαζαν ελαφρά πιο μειωμένη ουδό ευαισθησίας ($\approx 1,48$ dB) στον αμβλυωπικό οφθαλμό σε σχέση με τους υπερμετροπικούς αμβλύωπες. Το τελευταίο βέβαια έρχεται σε αντιπαράθεση με ότι αναφέρεται εκτενώς στην βιβλιογραφία ότι η υπερμετροπική ανισομετροπία οδηγεί σε σοβαρότερες μορφές αμβλυωπίας.

Επιπλέον όσον αφορά τη συσχέτιση στην διαφορά της ευαισθησίας μεταξύ αμβλυωπικού και υγιούς οφθαλμού με την διαφορά στην καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα μεταξύ των δύο οφθαλμών δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική παρόλο βέβαια που μεγαλύτερες διαφορές στην οπτική οξύτητα αντιστοιχούσαν σε μεγαλύτερες διαφορές στην ουδό ευαισθησίας, γεγονός που ενισχύει την προοπτική χρήσης της μικροπεριμετρίας (και γενικότερα της περιμετρίας) ως μέθοδο αξιολόγησης της σοβαρότητας της αμβλυωπίας, αφού κυρίως (τόσο κλινικά, όσο και ερευνητικά) χρησιμοποιείται η απώλεια οπτικής οξύτητας για να καθοριστεί το «βάθος» της αμβλυωπίας. Δεν βρέθηκε όμως οριακά στατιστικά σημαντικό πράγμα το οποίο πολύ πιθανόν να οφείλεται στον μικρό αριθμό αμβλυώπων που καταφέραμε να συγκεντρώσουμε.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι διάφορες μελέτες κατά καιρούς έχουν δείξει σημαντική μείωση τόσο στην χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution) όσο

και στην χρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution) στους αμβλυωπικούς οφθαλμούς, ακόμα και σε ερεθίσματα με υψηλό contrast (*Spang Karoline, Fahle Mnafred, 2009*), υπονοώντας μια σοβαρότερη διαταραχή στην νευρωνική επεξεργασία του οπτικού ερεθίσματος στους αμβλύωπες από ότι είχε αρχικά εκτιμηθεί.

6.3] Περιοριστικοί παράγοντες-Βελτιώσεις

Κύριοι περιοριστικοί παράγοντες της μελέτης ήταν η δυσκολία στην εύρεση κατάλληλων περιστατικών για την συμπλήρωση του απαιτούμενου δείγματος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (με αποτέλεσμα το μικρό δείγμα) και η αδυναμία συνεργασίας πολλών ασθενών κατά την διάρκεια των μετρήσεων (είτε λόγω αστάθειας προσήλωσης, είτε λόγω μικρής ηλικίας). Επίσης μερικοί εκ των ασθενών παρουσίαζαν υψηλή μυωπία στον αμβλυωπικό οφθαλμό με υποψία εκφυλιστικών αλλοιώσεων στον αμφιβληστροειδή, στις οποίες μπορεί να αποδοθεί το μειωμένο κατώφλι ευαισθησίας που εμφάνισαν και όχι αποκλειστικά στην αμβλυωπία.

Επιπλέον αν και το μικροπερίμετρο παρέχει αυτόματη διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος του εξεταζόμενου οφθαλμού, μια βελτίωση της μεθόδου θα ήταν η διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος με την χρήση φακών επαφής, έτσι ώστε η όποια μειωμένη ευαισθησία να μην μπορεί να αποδοθεί σε υπολειπόμενο σφαιρίωμα ή κύλινδρο.

Μια πρόταση για μελλοντική συνέχεια της μελέτης είναι να συσχετιστούν οι τιμές της ουδού ευαισθησίας (όπως καταγράφονται με την μικροπεριμετρία) με την ηλικία στην οποία οι ασθενείς ξεκίνησαν την θεραπεία της αμβλυωπίας, διότι έχει αποδειχθεί ότι όσο αργότερα ξεκινάει η άρση του αιτίου που προκαλεί την αμβλυωπία, τόσο αυξάνεται η σοβαρότητα της πάθησης¹⁸. Επίσης θα μπορούσε να γίνουν συγκρίσεις των τιμών ευαισθησίας μεταξύ οφθαλμών-ασθενών που πάσχουν από διαφορετικά είδη αμβλυωπίας (στραβιστική, εξ'ανοψίας κ.α.). Γενικά μια προσεκτική και ουσιαστική βελτίωση της μεθόδου, θα μπορούσε να οδηγήσει στην δημιουργία μιας βάσης φυσιολογικών δεδομένων, όσον αφορά την ευαισθησία της ωχράς των αμβλυωπικών οφθαλμών, ανάλογα με το είδος και την βαρύτητα της αμβλυωπίας.

6.4] Βιβλιογραφία-Αρθρογραφία

1. Κωνσταντίνος Γ. Ψύλλας. Εισαγωγή στην οφθαλμολογία και στη νευροοφθαλμολογία
2. Ν. ΤΡ. Στάγκος. Κλινική οφθαλμολογία
3. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell. Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά
4. Πλαϊνής Σωτήρης. Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και των οπτικών οδών
5. Πλαϊνής Σωτήρης. Eye movements
6. Albert & Jakobiec's. Principles and practice of ophthalmology
7. Flynn JT: Amblyopia revisited (Seventeenth Costenbader Lecture). *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1991; 28:183–201.
8. McKee SP, Schor CM, Steinman SB, Wilson BA, Koch GG, Davis SM, Hsu-Winger C, Day SH, Chan CL, Movshon JA, Flom MC, Levi DM, Flynn JT: The classification of amblyopia on the basis of visual and oculomotor performance. *Trans Am Ophth Soc* 1992; 90:123–148.
9. Kiorpes, L McKee SP: Neural mechanisms underlying amblyopia. *Curr Opin Neurobiol* 1999; 9:480–486.
10. France LW : Evidence-based guidelines for amblyogenic risk factors. *Am Orthopt J* 2006; 56: 7–14.
11. Graham PA: Epidemiology of strabismus. *Br J Ophthalmol* 1974; 58:224–231.
12. Hess RF, Field DJ, Watt RJ: The puzzle of amblyopia. In: Blakemore C, ed. *Vision: Coding and Efficiency* Cambridge: Cambridge University Press; 1990. pp. 267–280.
13. Metz HS: Visual deficits in amblyopia. *Arch Chil Opftal* 2006; 63:79–80.
14. von Noorden GK: Classification of amblyopia. *Am J Ophthalmol* 1967; 63:238–244.
15. Ikeda H, Wright MJ: A possible neurophysiological basis for amblyopia. *Br Orthopt J* 1975; 32: 2–13.
16. Daw NW: Critical periods and amblyopia. *Arch Ophthalmol* 1998; 116:502–505.

17. Hoyt CS: Amblyopia: A neuro-ophthalmic view (The Fourth William F. Hoyt Lecture). *J Neuroophthalmol* 2005; 25:227–231.
18. C. Williams et al, 2002. Early treatment of amblyopia
19. Donahue SP, Johnson TM: Age-based refinement of referral criteria for photoscreening. *Ophthalmology* 2001; 108:2309–2315.
20. Rohrschneider, K., Gluck, R., Kruse, F.E., Burk, R.O.W., Fendrich, T., Volkner, H.E., 1999. Automatic static fundus perimetry for precise detection of early glaucomatous function loss. In: Wall, M., Wild, J. (Eds.), *Perimetry update 1998/ 1999. Proceedings of the XIIIth. International Perimetric Society Meeting Gardone Riviera, Italy, September 6–9 1998.* Kugler, Amsterdam, New York, pp. 453–462.
21. Oshima, Y., Harino, S., Tano, Y., 1998. Scanning laser ophthalmoscope microperimetric assessment in patients with successful laser treatment for juxtafoveal choroidal neovascularization. *Retina* 18, 109–117.
22. Okada, K., Yamamoto, S., Mizunoya, S., Hoshino, A., Arai, M., Takatsuna, Y., 2006. Correlation of retinal sensitivity measured with fundus-related microperimetry to visual acuity and retinal thickness in eyes with diabetic macular edema. *Eye* 20, 805–809.
23. Haritoglou, C., Gass, C.A., Schaumberger, M., Gandorfer, A., Ulbig, M.W., Kampik, A., 2002. Long-term follow-up after macular hole surgery with internal limiting membrane peeling. *Am. J. Ophthalmol.* 134 (5), 661–666.
24. Kenneth Weston Wright, Peter H. Spiegel, *Pediatric ophthalmology and strabismus*
25. Bradford W. Wild Ph.D. , *Pleoptic Techniques and Visual Training*
26. Choi RY, Kushner BJ, The accuracy of experienced strabismologists using the Hirschberg and Krimsky tests. Department of Ophthalmology and Visual Sciences, University of Wisconsin, Madison, USA. *Ophthalmology.* 1998 Jul;105(7):1301-6.
27. Okada et al,2006, Oshima et al,1998
28. Johnson DA,2007

