

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
« ΟΠΤΙΚΗ & ΟΡΑΣΗ »

Μεταπτυχιακή εργασία ειδίκευσης :

**«Μελέτη της προσαρμογής στη θόλωση
σε μύωπες και εμμέτρωπες: Σύγκριση δύο πινάκων μέτρησης
Οπτικής Οξύτητας»**

Πουλερέ Ελένη

Επιβλέπων: Δρ. Σωτήρης Πλαΐνης

Ηράκλειο 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
« ΟΠΤΙΚΗ & ΟΡΑΣΗ »

Μεταπτυχιακή εργασία ειδίκευσης :

**«Μελέτη της προσαρμογής στη θόλωση
σε μύωπες και εμμέτρωπες: Σύγκριση δύο πινάκων μέτρησης
Οπτικής Οξύτητας»**

Πουλερέ Ελένη

Επιβλέπων: Δρ. Σωτήρης Πλαΐνης

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος « Οπτική & Όραση » και παρουσιάστηκε στην τριμελή επιτροπή στις 25/02/2009 που αποτελούνταν από τους:

1. Δρ. Σωτήρη Πλαΐνη
2. Δρ. Ιωάννα Μοσχανδρέα
3. Καθηγητή Ιωάννη Παλλήκαρη

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας ένα στόχο δύο ετών και με αφορμή την περάτωση της μεταπτυχιακής εργασίας, δίνεται η δυνατότητα στον κάθε φοιτητή να ευχαριστήσει όλους εκείνους που τον στήριζαν είτε έμπρακτα, είτε ψυχολογικά κατά τη διάρκεια των σπουδών του. Εκείνους που τον επηρέασαν και τον μύησαν στην αναζήτηση της γνώσης.

Στη δική μου περίπτωση θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω την τριμελή μου επιτροπή και κυρίως τον επιβλέποντα καθηγητή μου Σωτήρη Πλαϊνή, όχι μόνο για την καθοδήγησή του στην εξέλιξη της παρούσας εργασίας αλλά κυρίως για τη διδακτική του διάθεση καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα παράλληλα να ευχαριστήσω τους τριάντα συμφοιτητές και φίλους που αφιέρωσαν αρκετές ώρες από το πρόγραμμά τους προκειμένου να πραγματοποιηθεί το πειραματικό μέρος της εργασίας, και τον Γιώργο Κονταδάκη για την πολύτιμη βοήθειά του στο κομμάτι των μετρήσεων.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω την Ευγενία Σκουντάκη η οποία πρόθυμα βοήθησε στην επίλυση οποιασδήποτε πρακτικής δυσκολίας με ανεξάντλητη υπομονή και χαμόγελο.

Θα πρέπει να ευχαριστήσω ακόμα, τους κυρίους Ρεφούλια Γρηγόρη και Πιτσάκη Πέτρο και τις αντίστοιχες εταιρίες Revision & Oratron για την συνεισφορά τους στα αναλώσιμα που απαιτήθηκαν.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και τον Πάρι Παναγιωτόπουλο για την πολλαπλή στήριξη, την κατανόηση και τη συμπαράσταση σε κάθε δύσκολη στιγμή, με την υπόσχεση να τους ανταποδώσω με την μετέπειτα πορεία μου.

Περίληψη

Έχει παρατηρηθεί ότι το ανθρώπινο οφθαλμικό σύστημα διαθέτει «προσαρμοστική ικανότητα» σε πιθανές διαθλαστικές αλλαγές. Πολλές έρευνες αναφέρουν βελτίωση στην ευκρίνεια της όρασης των μυώπων μετά από παρατεταμένες περιόδους χωρίς διόρθωση [Pesudovs & Brennan (1993), Mon-Williams (1998), Rosenfield & Sini George (2004)]. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση παροδικής και παρατεταμένης θόλωσης, εισερχόμενης με θετικούς οφθαλμικούς φακούς, στην οπτική οξύτητα εμμετρώπων και μυώπων χρησιμοποιώντας δύο πίνακες οπτοτύπων κλίμακας logMAR: τον τροποποιημένο ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης και τον πίνακα του Landolt C. Σκοπός ήταν: α) να μελετηθεί η επίδραση της σφαιρικής από-εστίασης (defocus) στους δύο πίνακες οπτοτύπων και τις δύο διαθλαστικές ομάδες, β) η αξιολόγηση πιθανών διαφορών μεταξύ εμμετρώπων και μυώπων ως προς τη δυνατότητα προσαρμογής στη θόλωση (blur adaptation) και γ) η μελέτη του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού σε παροδική και παρατεταμένη θόλωση.

Για τις ανάγκες της μελέτης εξετάστηκαν χωρίς τη χρήση κυκλοπληγίας, 13 εμμέτρωπες και 13 μύωπες (52 οφθαλμοί), υγιείς εθελοντές, με ηλικιακό εύρος από 21 έως 38 έτη (Μέση ηλικία = 26,8 έτη, T.A = 3,5 έτη). Το σφαιρικό διαθλαστικό ισοδύναμο των μυώπων ήταν από -0,75 έως -5,00 D (Μέση τιμή=-2,50 D) και των εμμετρώπων από -0,63 έως +0,50 D (Μέση τιμή=-0,05 D). Οι συμμετέχοντες είχαν οπτική οξύτητα ίση ή καλύτερη από 0,00 logMAR στον ένα τουλάχιστον οφθαλμό, ενώ αποκλείστηκαν εξεταζόμενοι με αστιγματισμό μεγαλύτερο από 1,50 DC ή οποιαδήποτε οφθαλμική πάθηση. Οι δύο οφθαλμοί εξετάστηκαν ξεχωριστά και με τους δύο πίνακες οπτοτύπων. Με τη χρήση αυτόματου διαθλασίμετρου (HRK 7000 της εταιρείας Huvitz), η διαθλαστική κατάσταση του οφθαλμού μετρήθηκε αντικειμενικά στην αρχή και στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας, η οποία περιελάμβανε τα εξής τρία στάδια: **1^ο**: Μέτρηση οπτικής οξύτητας των εξεταζόμενων με τη βέλτιστη διόρθωση (καθορισμένη από υποκειμενική διαθλαστική εξέταση). **2^ο**: Μέτρηση οπτικής οξύτητας υπό την επίδραση μυωπικής θόλωσης, η οποία εισήχθη με φακούς ισχύος +2,00D ειδικά τοποθετημένους σε σκελετούς οράσεως που φορούσαν οι εξεταζόμενοι. **3^ο**: Έκθεση εξεταζόμενων σε παρατεταμένη θόλωση (φορώντας τα θολωτικά γυαλιά οράσεως) για 60 λεπτά και μέτρηση οπτικής οξύτητας. Κατά τη διάρκεια της «θόλωσης» οι εξεταζόμενοι παρακολούθησαν ταινία της αρεσκείας τους που προβάλλονταν σε οθόνη, από απόσταση 6 μέτρων, χωρίς να πραγματοποιήσουν οποιαδήποτε κοντινή εργασία.

Η επίδραση της σφαιρικής από-εστίασης ισχύος +2,00D, προκάλεσε μείωση της βέλτιστης οπτικής οξύτητας όλων των εξεταζομένων. Η μέση **μείωση** για τον πίνακα των γραμμάτων βρέθηκε **0,74** logMAR και **0,81** logMAR για τον πίνακα του Landolt C. Διαχωρίζοντας τους εξεταζόμενους σε εμμέτρωτες και μύωτες βρέθηκε στην αναγνώριση των γραμμάτων, μέση μείωση **0,81** logMAR για τους εμμέτρωτες και **0,66** logMAR για τους μύωτες. Στην ανίχνευση προσανατολισμών η μείωση της οπτικής οξύτητας για τους εμμέτρωτες βρέθηκε **0,86** logMAR και για τους μύωτες **0,77** logMAR. Απομονώνοντας την ομάδα των μύωτων και συσχετίζοντας τη μείωση στην οπτική οξύτητα που κατέγραψαν με το σφαιρικό τους ισοδύναμο, παρατηρήθηκε ότι υπάρχει τάση: α) για μεγαλύτερη μείωση της οπτικής οξύτητας σε χαμηλότερου βαθμού μύωτες και β) για μεγαλύτερη μείωση στον πίνακα του Landolt C.

Μετά την προσαρμογή στη θόλωση +2,00D, καταγράφηκε σημαντική βελτίωση της οπτικής οξύτητας για όλους τους εξεταζόμενους. Η μέση **βελτίωση** για όλους τους εξεταζόμενους βρέθηκε **0,08** logMAR για τον πίνακα των γραμμάτων και **0,11** logMAR για τον πίνακα του Landolt C. Μετά από 60 λεπτά παραμονής στη θόλωση, οι εμμέτρωτες παρουσίασαν μέση **βελτίωση** **0,09** logMAR ενώ οι μύωτες **0,10** logMAR. Για την ομάδα των μύωτων, φάνηκε να υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ βελτίωσης της οπτικής οξύτητας και διαθλαστικού σφάλματος, παρατηρώντας: α) μεγαλύτερη βελτίωση για τον πίνακα του Landolt C και β) μεγαλύτερη βελτίωση για υψηλότερα διαθλαστικά σφάλματα. Οι αντικειμενικές μετρήσεις των διαθλαστικών σφαλμάτων απέδειξαν ότι δεν υπήρξε κλινικά σημαντική διαθλαστική μεταβολή του οφθαλμού μετά την προσαρμογή ($r=0,993$, $N=26$, $p<0,001$). Τέλος, δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού παρουσία παροδικής ή παρατεταμένης θόλωσης.

Συμπερασματικά, επισημαίνουμε ότι η θόλωση +2,00D προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση στην οπτική οξύτητα των εμμετρώπων, σε σύγκριση με τους μύωτες. Σε συνθήκες μειωμένης όρασης οι δύο πίνακες οπτοτύπων δεν θεωρήθηκαν ισοδύναμοι αφού η ανίχνευση προσανατολισμών βρέθηκε δυσκολότερη από την αναγνώριση γραμμάτων. Η παρατεταμένη έκθεση στη θόλωση +2,00D για 60 λεπτά οδήγησε στη βελτίωση της οπτικής οξύτητας εμμετρώπων και μύωτων. Μεγαλύτερες τιμές κατέγραψαν οι μύωτες και συγκεκριμένα αυτοί με υψηλότερο διαθλαστικό σφάλμα, ενώ η προσαρμογή βρέθηκε μεγαλύτερη για τον πίνακα του Landolt C παρά για τα γράμματα.

Abstract

It has been observed that the human eye can adapt when a change of refraction occurs. Many studies report visual improvement in myopes after sustained periods without correction [Pesudovs & Brennan (1993), Mon-Williams (1998), Rosenfield & Sini George (2004)]. This thesis examines the effect of temporal and sustained blur, induced by positive defocusing lenses, on visual acuity (V.A) in emmetropic and myopic observers using two different logMAR charts: the modified ETDRS chart developed in the University of Crete based on letter recognition and the Landolt C chart, based on gap detection. The aim was: a) to consider the effect of spherical defocus on two different charts and to determine whether myopes and emmetropes were differently affected by blur b) to evaluate possible differences in blur adaptation between emmetropes and myopes and c) to examine possible differences between the dominant and the non-dominant eye of the participants.

The subjects included in the study consisted of 13 emmetropic and 13 myopic healthy volunteers (52 eyes). Pupils were not dilated. The age group of the subjects ranged between 21 and 38 years (mean age $26,8 \pm 3,5$). The myopic subjects had a spherical equivalent refractive error ranging between $-0,75$ and $-5,00$ D and the emmetropic group ranged between $-0,63$ and $+0,50$ D. All participants had 0,00 logMAR or better visual acuity at least in one eye and they were screened to exclude astigmatism $> 1,50$ DC or any ocular disease. Right and Left eyes were tested separately with both charts. Using an autorefractor (Huvitz HRK 7000), the refraction was measured objectively at the beginning and at the end of the experiment which included three sessions. **1st**: V.A assessment of all subjects wearing their **best subjective refraction** (determined by subjective measurement). **2nd**: Myopes and emmetropes were examined under the condition of myopic defocus imposed by $+2.00$ D lenses. V.A was measured using the letter and the Landolt C logMAR charts. **3rd**: The participants underwent a 60 min adaptation period through the $+2.00$ D lens. Subjects were instructed to view a film of their interest, displayed on a screen from approximately 6 m. Near tasks were not allowed during the procedure.

The influence of refractive blur produced a significant reduction in the V.A of both eyes of all subjects. The reduction for the letter chart was on average 0,74 logMAR while for Landolt C chart was 0,81 logMAR. Separating emmetropes and myopes, a decrease of

0,81 logMAR and 0,66, respectively, was found in letter recognition. The reduction for the Landolt C chart was 0,86 for emmetropes and 0,77 logMAR for myopes. Focalizing on myopes and trying to correlate the reduction in V.A with their spherical equivalent there was a trend for: a) higher reduction in lower myopes and b) higher reduction in Landolt C chart.

A significant improvement was found in V.A of both eyes when measured after a 60 minute adapting period. Mean improvement for all subjects was 0,08 logMAR for the modified letter chart and 0,11 logMAR for Landolt C chart. Emmetropes represented a mean improvement of 0,09 logMAR while myopes 0,10 logMAR. For the myopic subjects it seemed that there is a linear tense between V.A and refractive error indicating a) larger increase for higher refractive errors and b) larger increase for the Landolt C chart. Objective measurements before and after the adaptation showed no significant change in refractive error. Finally, there was not statistically difference between the dominant and the non-dominant eye.

In conclusion, the study demonstrated that emmetropes are more affected, compared to myopes, by positive spherical defocus. In low vision conditions, ETDRS letter chart and Landolt C chart were not comparable since gap detection was more difficult than letter identification. Although prolonged exposure to blur for 60 minutes showed improvement in V.A of both refractive groups, myopes, and especially those with high refractive errors, exhibited better ability to adapt to blur than emmetropes. The adaptation was more pronounced for the Landolt C chart.

Περιεχόμενα

- Γενικό Μέρος -

Κεφάλαιο 1: Διαθλαστικά Σφάλματα

1.1. Σφαιρικά και αστιγματικά διαθλαστικά σφάλματα	11
1.1.1. Εμμετροπία.....	11
1.1.2. Μυωπία.....	12
1.1.3. Υπερμετροπία.....	12
1.1.4. Πρεσβυωπία.....	12
1.1.5. Αστιγματισμός.....	13
1.1.6. Ανισομετροπία.....	14
1.2. Παράμετροι καθορισμού διαθλαστικού σφάλματος.....	15
1.2.1. Σχέση διάθλασης και αξονικού μήκους.....	15
1.2.2. Αλλαγή κερατοειδικής καμπυλότητας.....	16
1.2.3. Άλλοι παράγοντες	16
1.3. Μέτρηση διαθλαστικού σφάλματος.....	17
1.3.1. Αντικειμενική εξέταση	17
1.3.2. Υποκειμενική εξέταση	18
1.4. Οπτική θόλωση και διαθλαστικά σφάλματα	19

Κεφάλαιο 2: Διακριτική Ικανότητα & Ποιότητα Όρασης

2.1. Ευκρίνεια όρασης & παράγοντες που την επηρεάζουν.....	20
2.2. Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας.....	23
2.2.1. Πίνακες γραμμάτων	23
2.2.2. Διαμορφώσεις grating.....	26
2.3. Κλινικοί πίνακες & κλίμακες μέτρησης.....	28
2.3.1. Πίνακες Snellen.....	28
2.3.2. Πίνακες ETDRS.....	29
2.3.3. Πανερωπαϊκοί ETDRS πίνακες Πανεπιστημίου Κρήτης	29

Κεφάλαιο 3: Αντικείμενο Έρευνας

3.1. Επίδραση θόλωσης στην οπτική οξύτητα: Προγενέστερες μελέτες	30
3.2. Προσαρμογή στη θόλωση (Adaptation to blur): Προγενέστερες μελέτες	32
3.3. Σκοπός της παρούσας εργασίας.....	35

Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία

4.1.Χαρακτηριστικά μελέτης, διάρκεια, αναλώσιμος εξοπλισμός.....	36
4.2.Επιλογή εξεταζομένων.....	36
4.3.Οπτότυπα και πίνακες μέτρησης οπτικής οξύτητας.....	37
4.4.Πειραματική διαδικασία μετρήσεων.....	38
4.4.1.Υποκειμενική διάθλαση.....	38
4.4.2.Κατασκευή «θολωτικών» γυαλιών οράσεως.....	39
4.4.3.Παραμονή στη θόλωση και προσαρμογή.....	40
4.4.4.Διαδικασία μέτρησης οπτικής οξύτητας.....	40
4.4.5.Συσκευή αντικειμενικής διάθλασης.....	40
4.4.6.Συνοπτική διαδικασία μετρήσεων.....	41
4.4.7.Στατιστική ανάλυση.....	42

Κεφάλαιο 5: Ανάλυση - Αποτελέσματα

5.1. Συνθήκη βέλτιστης διόρθωσης.....	43
5.1.1. Συσχέτιση διαθλαστικού σφάλματος δεξιού και αριστερού οφθαλμού.....	43
5.1.2. Συσχέτιση οπτικής οξύτητας δεξιού και αριστερού οφθαλμού.....	44
5.1.3. Συχνότητα εμφάνισης οπτικής οξύτητας για τους δύο πίνακες οπτοτύπων.....	45
5.1.4. Συσχέτιση και σύγκριση πινάκων: Γράμματα - Landolt C.....	45
5.1.5. Εκτίμηση συμφωνίας πίνακα γραμμάτων Παν. Κρήτης και Landolt C.....	46
5.1.6. Οπτική οξύτητα εμμετρώπων & μυώπων για δύο πίνακες οπτοτύπων.....	47
5.1.7. Σύγκριση κυρίαρχου - μη κυρίαρχου οφθαλμού ανά κλινικό πίνακα.....	49
5.2. Επίδραση θόλωσης +2,00D στη βέλτιστη οπτική οξύτητα.....	50
5.2.1. Βέλτιστη διόρθωση & συνθήκη θόλωσης.....	50
5.2.2. Τροποποιημένος πίνακας γραμμάτων Πανεπιστημίου Κρήτης & Landolt C.....	52
5.2.2.1. Σύγκριση πινάκων στην 1 ^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας.....	52
5.2.2.2. Εκτίμηση συμφωνίας πινάκων στη συνθήκη της θόλωσης.....	53
5.2.2.3. 1 ^η Μεταβολή οπτικής οξύτητας συναρτήσει αρχικής οπτικής οξύτητας.....	55
5.2.3. Σύγκριση διαθλαστικών ομάδων: εμμέτρωπες, μύωπες.....	56
5.2.3.1. Διαφορές μεταξύ ομάδων στην 1 ^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας.....	56
5.2.3.2. Διαφορές μεταξύ πινάκων οπτοτύπων.....	57
5.2.4. Σύγκριση κυρίαρχου & μη κυρίαρχου οφθαλμού.....	59

5.2.4.1. Διαφορές οφθαλμών για τους δύο πίνακες οπτοτύπων.....	59
5.2.4.2. Σύγκριση οφθαλμών ως προς τη διαφορά ανάμεσα στους πίνακες.....	60
5.2.4.3. Διαφορές οφθαλμών για κάθε διαθλαστική ομάδα.....	60
5.3. Πιθανή βελτίωση της οπτικής οξύτητας (blur adaptation) μετά από χρήση του φακού +2,00D για μία ώρα.....	62
5.3.1. Αντικειμενική διάθλαση πριν & μετά την προσαρμογή.....	62
5.3.2. Συνθήκη θόλωσης και συνθήκη προσαρμογής.....	63
5.3.3. Σύγκριση τροποποιημένου πίνακα γραμμάτων Παν.Κρήτης & Landolt C.....	65
5.3.3.1. Διαφορές πινάκων αξιολόγησης της οπτικής οξύτητας.....	65
5.3.3.2. Διαφορές μεταξύ πινάκων, ανά διαθλαστική ομάδα.....	66
5.3.4. Σύγκριση διαθλαστικών ομάδων: εμμέτρωπες & μύωπες.....	67
5.3.4.1. Διαφορές ομάδων ανά κλινικό πίνακα.....	67
5.3.4.2. 2 ^η Μεταβολή συναρτήσει 1 ^{ης} μεταβολής οπτικής οξύτητας ανά εξεταζόμενο για δύο πίνακες οπτοτύπων.....	69
5.3.4.3. 2 ^η Μεταβολή συναρτήσει 1 ^{ης} μεταβολής οπτικής οξύτητας ανά εξεταζόμενο για κάθε διαθλαστική ομάδα.....	70
5.3.5. Σύγκριση κυρίαρχου & μη κυρίαρχου οφθαλμού	71
5.3.5.1. Διαφορές στη 2 ^η μεταβολή οπτικής οξύτητας για 2 πίνακες οπτοτύπων.....	71
5.3.5.2. Διαφορές στη 2 ^η μεταβολή οπτικής οξύτητας για 2 διαθλαστικές ομάδες.....	72
<u>Κεφάλαιο 6: Συζήτηση – Συμπεράσματα</u>	
6.1. Συνθήκη θόλωσης.....	73
6.2. Συνθήκη προσαρμογής.....	75
6.3. Συζήτηση κύριων ευρημάτων.....	76
6.4. Περιοριστικοί παράγοντες... ..	77
6.5. Πλεονεκτήματα σε σχέση με προγενέστερες μελέτες	77
6.6. Μελλοντική εργασία	78
<u>Παράρτημα Πινάκων</u>	79
<u>Βιβλιογραφία</u>	82

Κεφάλαιο 1^ο : Διαθλαστικά Σφάλματα

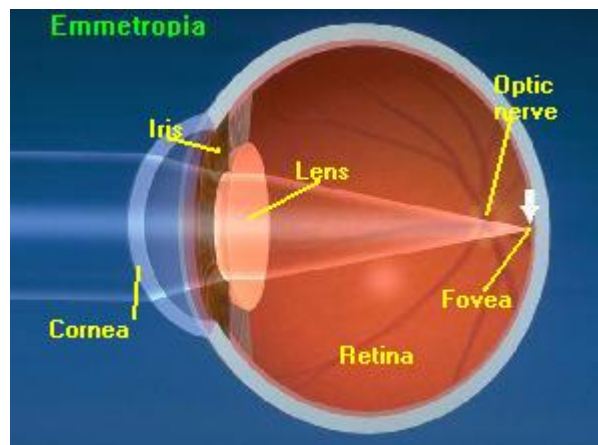
Όταν ο οφθαλμός εστιάζει ένα μακρινό αντικείμενο ενδιαφέροντος, ιδανικά το είδωλό του εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή και συγκεκριμένα στην ωχρά κηλίδα. Η φυσιολογική αυτή κατάσταση του οφθαλμού καλείται **εμμετροπία**. Η εμμετροποίηση επιτυγχάνεται με τη σύμφωνη ανάπτυξη των διαθλαστικών επιφανειών του οφθαλμού και του αξονικού του μήκους. Στην περίπτωση ασυμφωνίας διαθλαστικής κατάστασης και αξονικού μήκους, έχουμε κατάσταση **θολής όρασης** και συνεπώς αμετροπία. Ανάλογα με την διαταραχή που την προκαλεί, μία αμετροπία μπορεί να χαρακτηριστεί **αξονική** όταν οφείλεται σε αυξημένο μήκος του προσθοπίσθιου άξονα (αποτελεί και την πιο συχνή αιτία) και σε **διαθλαστική** όταν οφείλεται σε αυξημένη διαθλαστική ισχύ οποιασδήποτε διαθλαστικής επιφάνειας αλλά κυρίως στην αυξημένη κυρτότητα του κερατοειδούς.

1.1. Σφαιρικά και αστιγματικά διαθλαστικά σφάλματα

Οι σφαιρικές διαθλαστικές ανωμαλίες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη θέση του άπω σημείου (far point) ή του εγγύς σημείου (near point) στην περίπτωση της πρεσβυωπίας.

1.1.1. Εμμετροπία

Εμμετροπικός θεωρείται ο οφθαλμός στον οποίο μία προσπίπτουσα παράλληλη δέσμη φωτεινών ακτινών, εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή, σχηματίζοντας τέλειο είδωλο. Η διαθλαστική δύναμη ενός τέτοιου οφθαλμού θα πρέπει να είναι η κατάλληλη ώστε να αντιστοιχίσει με το αξονικό του μήκος.



Εικόνα 1: Εμμετροπικός οφθαλμός. Εστίαση ακτινών στον αμφιβληστροειδή.

1.1.2. Μυωπία

Πρόκειται για διαθλαστική ανωμαλία κατά την οποία παράλληλες ακτίνες φωτός εστιάζονται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή. Ανάλογα με την ισχύ της, η μυωπία μπορεί να διακριθεί προσεγγιστικά σε μικρή ($<-3.00D$), μέση (από -3.00 έως $-6.00D$), υψηλή ($>-6.00D$) και πολύ υψηλή ($>-15.00D$) (Grosvenor¹, 1987). Ανάλογα με την ηλικία εμφάνισής της μπορεί να διακριθεί σε πρόωμη (early onset) αν παρουσιαστεί στα πρώτα χρόνια της ζωής ενός μύωπα και σε χρονικά καθυστερημένη (late onset) αν παρουσιαστεί μεταγενέστερα (Rosenfield 2008). Ο μυωπικός οφθαλμός διορθώνεται με την τοποθέτηση αρνητικών φακών μπροστά από τον οφθαλμό. Συχνά όμως προκαλεί δυσανεξία η σμίκρυνση του ειδώλου που προκαλείται με τους φακούς αυτούς, κυρίως σε μεγάλα μυωπικά σφάλματα.

1.1.3. Υπερμετρωπία

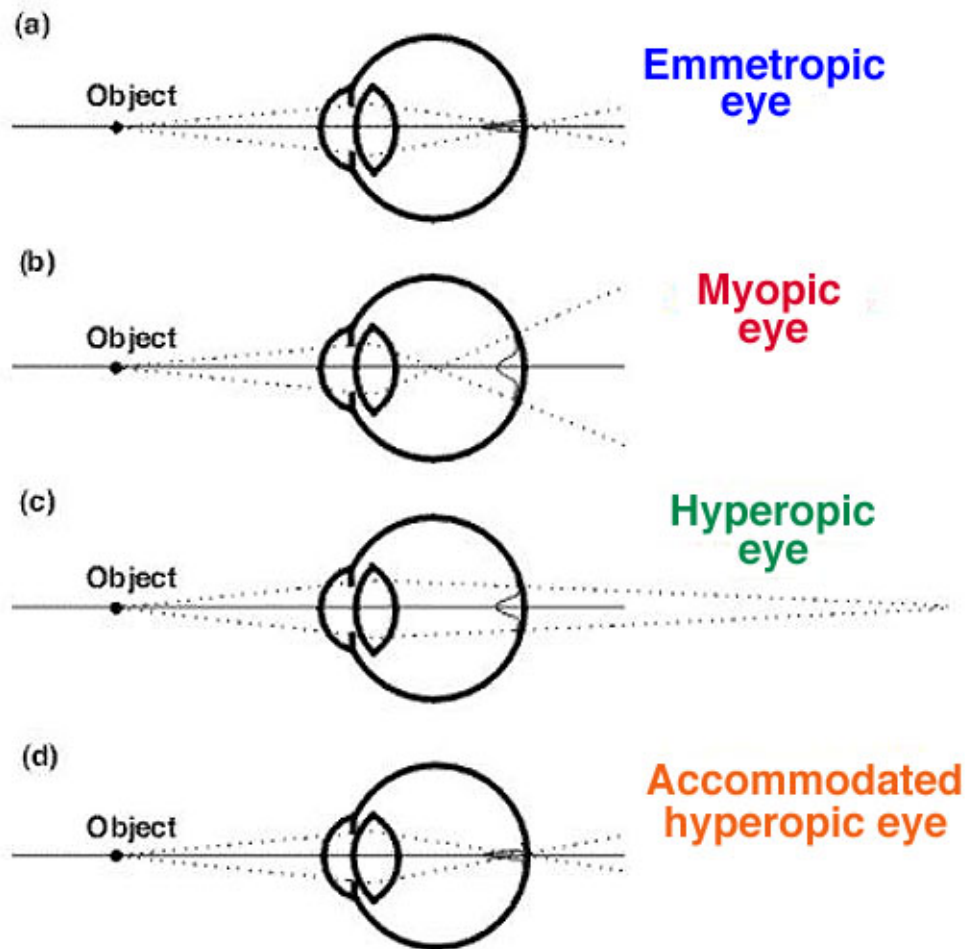
Στην περίπτωση της υπερμετρωπίας, μια παράλληλη δέσμη ακτινών που προσπίπτει στον κερατοειδή σχηματίζει εστία όπισθεν του αμφιβληστροειδούς. Σε υψηλού βαθμού υπερμετρωπία, οποιοδήποτε σημείο ενός αντικειμένου απεικονίζεται στον αμφιβληστροειδή σαν κύκλος σύγχυσης και φαίνεται θολό. Η υπερμετρωπία ανάλογα με την αιτιολογία της μπορεί να είναι αξονική, διαθλαστική ή **γεροντική** υπερμετρωπία που οφείλεται σε μεταβολή του δείκτη διάθλασης του κρυσταλλοειδούς φακού.

Η υπερμετρωπία, εφόσον κριθεί απαραίτητο, διορθώνεται με την τοποθέτηση θετικών φακών μπροστά από τον οφθαλμό, οι οποίοι μεταθέτουν την οπίσθια εστία του οπτικού συστήματος προς τα εμπρός, ώστε να συμπέσει με τον αμφιβληστροειδή.

1.1.4. Πρεσβυωπία

Πρόκειται για τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι κατά την κοντινή τους εργασία λόγω της ηλικιακής μείωσης του εύρους της προσαρμογής. Συνήθως εμφανίζεται μετά την ηλικία των 40 χρόνων και το ξεκίνημα της πρεσβυωπίας είναι διαφορετικό για κάθε διαθλαστική ομάδα. Οι μη διορθωμένοι υπερμέτρωπες για παράδειγμα, εμφανίζουν πολύ νωρίτερα συμπτώματα πρεσβυωπίας από τους μη διορθωμένους μύωπες. Οι βασικές αιτίες εμφάνισης της πρεσβυωπίας είναι οι ηλικιακές μεταβολές που συμβαίνουν στον κρυσταλλοειδή φακό. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι η απομάκρυνση του πλησιέστερου σημείου ευκρινούς όρασης. Διορθώνεται με θετικούς φακούς, με τη βοήθεια των οποίων αναπληρώνεται η θετική διαθλαστική ισχύς που χρειάζεται για κοντινή εργασία. Η χορήγηση του ασθενέστερου θετικού σφαιρώματος, μπορεί να δοθεί με τη μορφή πρεσβυωπικών γυαλιών με αποκλειστικά κοντινή χρήση,

με τη μορφή διπλεστικών ή πολυεστιακών οφθαλμικών φακών ή με την εφαρμογή φακών επαφής κατάλληλης ισχύος.



Εικόνα 2: Αποκλίνουσες δέσμες ακτινών από κοντινό αντικείμενο εστιάζονται ανάλογα με το διαθλαστικό σφάλμα, εμπρός (b) ή πίσω από τον αμφιβληστροειδή (c), με αποτέλεσμα τη θόλωση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου.

1.1.5. Αστιγματισμός

Πρόκειται για διαθλαστική ανωμαλία κατά την οποία ο οφθαλμός δεν έχει την ίδια διαθλαστική δύναμη σε όλους τους μεσημβρινούς. Διαφορά 0,25D μεταξύ της καμπυλότητας του οριζόντιου, από την καμπυλότητα του κάθετου άξονα του κερατοειδούς θεωρείται φυσιολογική και συχνά οφείλεται στην πίεση που ασκεί το άνω βλέφαρο στον κερατοειδή. Άνθρωποι με αστιγματισμό έχουν «θολή» όραση σε όλες τις αποστάσεις και παραπονούνται συνήθως για πονοκεφάλους και ζαλάδες. Ανάλογα με τον τύπο του αστιγματισμού (μυωπικός ή εμμετρωπικός) η όραση είναι χειρότερη για μακρινές ή κοντινές αποστάσεις.

Ο αστιγματισμός οφείλεται συνήθως σε οπτική ανωμαλία των δύο επιφανειών του κερατοειδούς, σπανιότερα σε ανωμαλίες των επιφανειών του φακού, στην έκκεντρη τοποθέτηση κάποιας διαθλαστικής επιφάνειας, είτε στο βαθμωτό δείκτη διάθλασης των τμημάτων του κρυσταλλοειδούς φακού. Το σύνολο των ανωτέρω παραγόντων αποτελεί τον **ολικό αστιγματισμό**, ενώ η διαφορά μεταξύ του ολικού αστιγματισμού και του κερατοειδικού καλείται **υπολειπόμενος αστιγματισμός**. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι του αστιγματισμού που σχετίζονται με τα αντίστοιχα διαθλαστικά σφάλματα. Ανάλογα με τη θέση των κύριων εστιών των δύο κάθετων μεσημβρινών διακρίνουμε τον **μυωπικό, τον υπερμετρωπικό και τον μεικτό αστιγματισμό**. Ανάλογα με τη θέση των δύο κύριων μεσημβρινών (κάθετοι μεταξύ τους ή όχι) μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη μορφή του αστιγματισμού σαν **ομαλή ή ανώμαλη** (συναντάται σε κερατοειδικές ανωμαλίες όπως ο κερατόκωνος). Μια άλλη κατηγοριοποίηση του αστιγματισμού μπορεί να γίνει ανάλογα με την **κατεύθυνση του άξονά του**, οπότε και διακρίνουμε α) τον **αστιγματισμό σύμφωνα με τον κανόνα** που συνδέεται με περισσότερο επίπεδους κερατοειδείς στον κάθετο παρά στον οριζόντιο μεσημβρινό και β) τον **αστιγματισμό παρά τον κανόνα** που συνδέεται με περισσότερο επίπεδους κερατοειδείς στον οριζόντιο άξονα. Αστιγματισμός με άξονα που απέχει περισσότερο από 30° από τον οριζόντιο ή κάθετο μεσημβρινό αναφέρεται σαν «**πλάγιος ή λοξός**» αστιγματισμός.

1.1.6. Ανισομετροπία

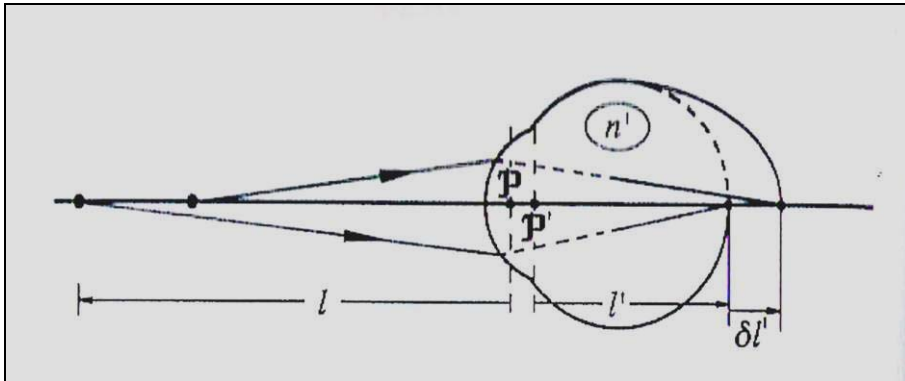
Ανισομετροπία παρουσιάζει οποιοσδήποτε αμέτρωπας, στην περίπτωση που η διαθλαστική ισχύς ανάμεσα στους δύο οφθαλμούς διαφέρει σημαντικά (> 2.00 D). Η ανισομετροπία μπορεί να κληρονομηθεί από τους γονείς ή να εμφανιστεί στη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου. Κλινική σημασία έχει όταν υπερβαίνει τη μία διοπτρία, αν και το πρόβλημα υπάρχει μόνο εάν δεν γίνεται ανεκτή από τον διοπτροφόρο. Η ανισομετροπία συνοδεύεται συνήθως από διαφορά στην οπτική οξύτητα των δύο οφθαλμών, από ανισοφορία και ανισοεικονία.

Η πλήρης διόρθωση της ανισομετροπίας με οφθαλμικούς φακούς μπορεί να δημιουργήσει διαφορές στο μέγεθος των αμφιβληστροειδικών εικόνων, ακόμα και διαφορές στα πρισματικά φαινόμενα όταν ο διοπτροφόρος κοιτά από την περιφέρεια του φακού. Συνήθως δεν υπάρχουν παράπονα μέχρι 2.00D διαφορά, ενώ για μεγαλύτερες τιμές θα πρέπει η διόρθωση να γίνεται σταδιακά.

1.2. Παράμετροι καθορισμού διαθλαστικού σφάλματος

1.2.1. Σχέση διάθλασης και αξονικού μήκους

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους, κάθε σφαιρικό διαθλαστικό σφάλμα συμβαίνει λόγω της αδυναμίας στο ταίριασμα των διαθλαστικών επιφανειών του οφθαλμού (κερατοειδής και κρυσταλλοειδής φακός). Το ακόλουθο σχήμα βοηθά να κατανοήσουμε πώς μία αλλαγή στο αξονικό μήκος μπορεί να επηρεάσει το βαθμό της αμετροπίας.



Εικόνα 3: Αλλαγή του αξονικού μήκους και η αντίστοιχη αλλαγή του διαθλαστικού σφάλματος (Atchison, Smith, Optics of the Human eye, page 64)

Αν το αξονικό μήκος, υποθετικά μεταβληθεί κατά ένα ποσό $\delta l'$, η μεταβολή αυτή θα οδηγήσει σε μία αλλαγή δL στην απόσταση του απώτερου σημείου ευκρινούς όρασης,

που δίνεται από την διαφορική εξίσωση (1) $\frac{n'}{l'} - L = F$ όπου n' ο δείκτης διάθλασης

του υαλώδους, F η ισχύς του οφθαλμού και $L = \frac{1}{l}$ η σχετική αλλαγή της απόστασης

του αντικειμένου (vergence). Χρησιμοποιώντας μικρές προσεγγίσεις λαμβάνουμε την

$$\text{εξίσωση : } -\frac{n' \delta l'}{l'^2} - \delta L = 0 \Leftrightarrow \delta l' = \frac{-\delta L * l'^2}{n'}$$

Αν υποθέσουμε ότι πρόκειται για εμμετρικό οφθαλμό (χωρίς την επίδραση της προσαρμογής) τότε $l = \infty$ και $l' = n'/F$ οπότε η ανωτέρω εξίσωση μπορεί να γραφεί:

$$\boxed{\delta l' = \frac{-n' \delta L}{F^2}} \quad \text{ή} \quad \boxed{\delta L = \frac{-\delta l' F^2}{n'}}$$

Η αλλαγή αυτή της απόστασης (vergence)

μπορεί να εξισωθεί με το διαθλαστικό σφάλμα οπότε $\boxed{R_e = \frac{-\delta l' F^2}{n'}}$ όπου R_e η

οφθαλμική διάθλαση. Από τις παραπάνω εξισώσεις διαπιστώνουμε ότι η μείωση του

αξονικού μήκους του οφθαλμού ($\delta l < 0$) οδηγεί σε θετικό άρα υπερμετροπικό διαθλαστικό σφάλμα, ενώ η αύξηση του αξονικού μήκους του οφθαλμού ($\delta l > 0$) οδηγεί σε αρνητικό μυωπικό διαθλαστικό σφάλμα.

1.2.2. Αλλαγή κερατοειδικής καμπυλότητας

Η ισχύς της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς δίνεται από την εξίσωση $F_c = \frac{(n-1)}{r}$

όπου r η ακτίνα καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας και n ο δείκτης διάθλασης του κερατοειδούς. Οποιαδήποτε αλλαγή στην ακτίνα καμπυλότητας του κερατοειδούς δr , θα επιφέρει αλλαγή και στη διαθλαστική του δύναμη δF_c που δίνεται από την εξίσωση:

$$\delta F_c \approx -\frac{(n-1)*\delta r}{r^2} \text{ η οποία μπορεί να γραφεί και ως : } \delta F_c \approx -\frac{F_c^2 * \delta r}{(n-1)}$$

αλλαγή στην ισχύ της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς ισούται με την αντίστοιχη αλλαγή της ισχύος του συστήματος κερατοειδής - φακός, η οποία αλλαγή είναι η αρνητική τιμή του εισαγόμενου διαθλαστικού σφάλματος δR_e , οπότε έχουμε:

$$\delta R_e \approx \frac{F_c^2 * \delta r}{(n-1)}$$

Εάν η ακτίνα καμπυλότητας τα πρόσθιας επιφάνειας μειωθεί

($\delta r < 0$), τότε το διαθλαστικό σφάλμα θα έχει αρνητική τιμή, οπότε θα είναι μυωπικό. Αντίστοιχα, εάν αυξηθεί η ακτίνα καμπυλότητας ($\delta r > 0$), έχουμε θετική τιμή οπότε υπερμετροπικό σφάλμα.

1.2.3. Άλλοι παράγοντες

Μικρότερες αλλαγές στη διαθλαστική κατάσταση του οφθαλμού επιφέρουν και τα υπόλοιπα οπτικά στοιχεία του οφθαλμού, σύμφωνα με το 1^ο σχηματικό οφθαλμικό μοντέλο του Gullstrand.

	$\delta R_e(D)$
Refractive index +1% increase	
cornea	+0.173
aqueous	-0.814
lens	-2.398
vitreous	+1.689
Radius of curvature +1% increase	
cornea anterior	+0.483
cornea posterior	-0.056
lens anterior	+0.039
lens posterior	+0.047
Distance +0.1 mm increase	
corneal thickness	-0.173
anterior chamber depth	-0.138
lens thickness (core)	-0.177
vitreous length	-0.256

Εικόνα 4: Επίδραση μικρών παραμετρικών αλλαγών στην αλλαγή του διαθλαστικού σφάλματος βάσει του σχηματικού οφθαλμού του Gullstrand. Οι αρνητικές τιμές υποδηλώνουν μυωπικό διαθλαστικό σφάλμα, ενώ οι θετικές, υπερμετροπικό διαθλαστικό σφάλμα.

1.3. Μέτρηση διαθλαστικού σφάλματος

Οι τεχνικές προσδιορισμού των διαθλαστικών σφαλμάτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις **υποκειμενικές**, όπου ο εξεταζόμενος καθορίζει την εστίαση και συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία εύρεσης του διαθλαστικού σφάλματος, και τις **αντικειμενικές** μεθόδους, όπου ο εξεταστής (στην περίπτωση της σκιασκοπίας) ή ένα μηχανήμα καθορίζει την βέλτιστη εστίαση. Ορισμένες από τις αντικειμενικές μεθόδους μπορούν να είναι και αυτοματοποιημένες. Είναι σύνηθες να υπάρχουν ασυμφωνίες μεταξύ των δύο τεχνικών της διάθλασης κυρίως απουσία κυκλοπληγίας, είτε λόγω της ψευδούς μυωπίας που εισάγουν τα αυτόματα διαθλασίμετρα κατά την αντικειμενική μέτρηση (instrumental myopia).

1.3.1. Αντικειμενική Εξέταση

ο Αυτόματη διαθλασιμετρία

Τα διαθλασίμετρα είναι μηχανήματα αυτόματης μέτρησης των διαθλαστικών ανωμαλιών. Η χρήση τους είναι εξαιρετικά απλή, ακόμα και για έναν άπειρο χειριστή και ο χρόνος της εξέτασης είναι εξαιρετικά σύντομος. Οι δύο αυτοί παράγοντες συνετέλεσαν στην ευρεία διάδοσή τους. Τα διαθλασίμετρα, χρησιμοποιούν υπέρυθρη πηγή με μήκος κύματος από 800 έως 1000nm και διαθέτουν ηλεκτρονικό ανιχνευτή εστίασης. Διαθέτουν ενσωματωμένα οπτικά συστήματα που δημιουργούν τεχνητές συνθήκες μακρινής όρασης. Σε περίπτωση που δεν επιτευχθεί χαλάρωση της προσαρμογής, υπάρχει ο κίνδυνος της υπερδιόρθωσης του μυωπικού σφάλματος ή της υποδιόρθωσης του υπερμετροπικού σφάλματος κυρίως σε νεαρά άτομα εάν δεν έχει προηγηθεί κυκλοπληγία.

Η αρχή λειτουργίας των συμβατικών διαθλασίμετρων, στηρίζεται στην ιδιότητα του προσπίπτοντος στο βυθό του ασθενούς φωτός, να διαχέεται. Το διαθλαστικό σφάλμα προσδιορίζεται μετρώντας την σχετική κίνηση του φωτός που εκτρέπεται από τον βυθό, ή ρυθμίζοντας την σχετική κίνηση του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό, έτσι ώστε το είδωλο ενός αντικειμένου να σχηματιστεί στον αμφιβληστροειδή.

Σε πιο εξελιγμένους τύπους συναντάμε αυτόματα διαθλασίμετρα που στηρίζουν τη λειτουργία τους στον αισθητήρα Hartmann – Shack (H-S). Φωτοδίοδος εξαιρετικά υψηλής λαμπρότητας (SLD) ακτινοβολεί και εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή μέσω κατάλληλων οπτικών στοιχείων. Η ανακλώμενη ακτινοβολία οδηγείται στον αισθητήρα μέσω οπτικού συστήματος που απεικονίζει το επίπεδο της κόρης του οφθαλμού στο επίπεδο ειδικής διάταξης πλήθους μικροφακών που χρησιμοποιούνται για τη

δειγματοληψία του μετώπου κύματος. Η παραμόρφωση του μετώπου κύματος που μετράται από τον αισθητήρα, αντιστοιχεί στις εκτροπές δεύτερης τάξης του οφθαλμού που καθορίζουν το μυωπικό, το υπερμετρωπικό ή το αστιγματικό σφάλμα του οφθαλμού.

Αν και η νέα γενιά αυτόματων διαθλασίμετρων καταγράφει το σφαιρο-κυλινδρικό σφάλμα του εξεταζόμενου με μεγάλη ακρίβεια, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για συνταγογράφηση χωρίς την υποκειμενική επιβεβαίωση του οπτομέτρη.

ο **Σκιασκοπία (Retinoscopy)**

Ενδείκνυται ιδιαίτερα για τη διάθλαση στα βρέφη και τα μικρά παιδιά. Στηρίζεται στην τεχνική της εξουδετέρωσης για τον προσδιορισμό της δύναμης ενός φακού. Στην τεχνική αυτή, ο βυθός του οφθαλμού λειτουργεί σαν μία θόνη στην οποία κινώντας ένα φακό, παρατηρείται από τον εξεταστή η φαινομενική κίνηση των αντικειμένων πίσω από αυτόν. Για τον προσδιορισμό της ισχύος του οπτικού συστήματος του οφθαλμού, φακοί γνωστής ισχύος έρχονται σε επαφή με τον κινούμενο φακό μέχρι να σταματήσει η φαινομενική κίνηση της φωτισμένης περιοχής του βυθού. Ο δοκιμαστικός φακός που σταμάτησε την κίνηση έχει την ίδια δύναμη με αντίθετο όμως πρόσημο από τη μετρούμενη. Σε αντίρροπη φαινομενική κίνηση των αντικειμένων, ο ελεγχόμενος φακός είναι θετικός, οπότε τον εξουδετερώνουμε με τοποθέτηση αρνητικών φακών. Αντίστοιχα, αν η κίνηση είναι ομόρροπη, ο ελεγχόμενος φακός είναι αρνητικός, οπότε και τοποθετούνται μπροστά από αυτόν θετικοί φακοί μέχρι να προκληθεί αναστροφή της κίνησης οπότε και προσδιορίζεται ο βαθμός της αμετροπίας.

1.3.2. Υποκειμενική Εξέταση

Ο υποκειμενικός προσδιορισμός του διαθλαστικού σφάλματος απαιτεί τη συνεργασία του εξεταζόμενου και σκοπός της είναι η επιβεβαίωση των ευρημάτων της αντικειμενικής διάθλασης. Μεγάλη είναι η αξία της υποκειμενικής διάθλασης σε παθολογικές καταστάσεις (π.χ. καταρράκτης, θολερότητες κερατοειδούς, διαταραχές σχήματος κερατοειδούς) όπου τα αποτελέσματα της αντικειμενικής εξέτασης είναι αβέβια. Η πλειονότητα των τεχνικών υποκειμενικής διάθλασης, στηρίζεται στη δοκιμασία αναγνώρισης ενός στόχου από τον εξεταζόμενο (π.χ. ενός γράμματος σε ένα κλινικό πίνακα), ενώ ο εξεταστής ρυθμίζει το φακό με τον οποίο επιτυγχάνεται η βέλτιστη εστίαση. Συνήθεις τεχνικές διάθλασης είναι και αυτές στις οποίες ο εξεταζόμενος καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε δύο συνδυασμούς φακών, εκείνον που δίνει την καθαρότερη εικόνα (διχρωματική δοκιμασία, σταυροκύλινδρος Jackson).

Η λήψη της οπτικής οξύτητας στην αρχή κάθε υποκειμενικής εξέτασης δίνει χρήσιμες πληροφορίες για την ύπαρξη ή μη διαθλαστικής ανωμαλίας και προσανατολίζει τον εξεταστή για το προσεγγιστικό μέγεθός της αμετροπίας. Η βελτίωση της οπτικής οξύτητας με τη χρήση στενοπικού δίσκου (pinhole) επιβεβαιώνει ότι η παρούσα ανωμαλία είναι διαθλαστική και θα διορθωθεί με οπτικά μέσα. Η Οπτική Οξύτητα μετράται με διαφορετικούς πίνακες οπτοτύπων, με διαφορετικές κλίμακες μέτρησης και σε διαφορετικές αποστάσεις. Λόγω της χρησιμότητας της καταγραφής της οπτικής οξύτητας στην κλινική πράξη, αποτελεί θέμα που απασχόλησε στο παρελθόν και συνεχίζει να απασχολεί πολλούς ερευνητές.

1.4. Οπτική Θόλωση και Διαθλαστικά Σφάλματα

Στην οπτική, ο όρος “defocus” συνδέεται με ένα τύπο διαθλαστικής ατέλειας (εκτροπής), γνωστό στους περισσότερους διοπτροφόρους, τους χρήστες φωτογραφικών μηχανών, τηλεσκοπίων ή μικροσκοπίων και σημαίνει **απο-εστίαση (αφεστίαση)**. Ο όρος αυτός αναφέρεται σε μία μετατόπιση κατά μήκος του οπτικού άξονα πέρα από το σημείο της βέλτιστης εστίασης (σφαιρική αφεστίαση). Η αφεστίαση γενικά μειώνει την αντίθεση και την αδρότητα των χαρακτηριστικών μίας εικόνας. Σχεδόν όλες οι οπτικές συσκευές διαθέτουν σύστημα ρύθμισης της εστίασης της εικόνας έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το defocus και να βελτιώνεται η ποιότητα της εικόνας. Κάποιες φορές η παρουσία της θόλωσης σε μια εικόνα (**image blur**) είναι μέτρο της αντίληψης του βάθους και δίνει πληροφορίες για την απόσταση ενός σημείου από τον παρατηρητή.

Το οπτικό σύστημα, λόγω οπτικών και νευρωνικών παραγόντων ή εκτροπών, διαθέτει μία «εγγενή θόλωση», η οποία και καθορίζει το «κατώφλι διάκρισης της θόλωσης» σε οποιαδήποτε εικόνα. Το κατώφλι διάκρισης βρίσκεται στο σημείο εκείνο που η θόλωση αναφοράς είναι ίση με την εγγενή θόλωση του οπτικού συστήματος.

Η **οπτική θόλωση (retinal blur)** αναφέρεται στο πόσο καλά εστιασμένη είναι μία εικόνα στον αμφιβληστροειδή. Δημιουργείται από διαθλαστικά σφάλματα όπως μυωπία, υπερμετροπία ή αστιγματισμό αλλά επηρεάζεται και από οφθαλμικές παθήσεις όπως καταρράκτη, γλαύκωμα ή άλλες δυσλειτουργίες του οπτικού συστήματος. Διορθώνεται με οφθαλμικούς φακούς ή φακούς επαφής.

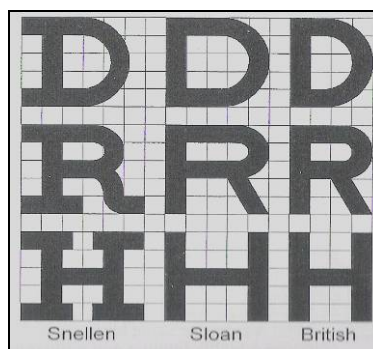
Στον περιβάλλοντα κόσμο οι παρατηρητές εκτίθενται συχνά στη θόλωση για μικρές ή μεγαλύτερες περιόδους, κυρίως λόγω της θόλωσης του αμφιβληστροειδικού ειδώλου, όπως συμβαίνει στους μύωπες όταν απομακρύνουν τα γυαλιά ή τους φακούς επαφής τους.

Κεφάλαιο 2^ο: Διακριτική Ικανότητα & Ποιότητα Όρασης

2.1. Ευκρίνεια όρασης & Παράγοντες που την επηρεάζουν

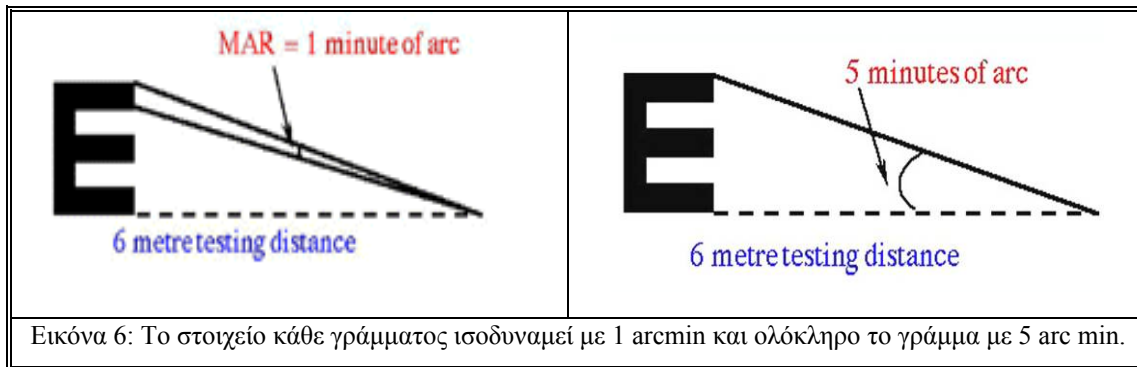
Η **οπτική οξύτητα** αποτελεί τη βασική ψυχοφυσική δοκιμασία αξιολόγησης της διακριτικής ικανότητας του οπτικού συστήματος. Ορίζεται, σαν την ικανότητα του οφθαλμού να διακρίνει δύο γειτονικά σημεία στο χώρο σαν ξεχωριστά. Μετράται με τη βοήθεια **οπτοτύπων**, συμβόλων ή γραμμάτων που εμφανίζουν τη μέγιστη αντίθεση με το υπόβαθρό τους. Η ευρεία χρήση της μεθόδου των μειούμενων ορίων (descending limits) για τη μέτρηση της, και των γραμμάτων-στόχων, την έχει καθιερώσει σαν ένα πολύτιμο κλινικό εργαλείο στην οφθαλμολογική εξέταση για τον καθορισμό των σφαιρο-κυλινδρικών σφαλμάτων και του αρχικού εντοπισμού οφθαλμικών παθήσεων. Δικαίως θα λέγαμε ότι η μέτρηση της οπτικής οξύτητας αποτελεί ένα κριτήριο «καλής όρασης».

Κατά καιρούς έχουν σχεδιαστεί πίνακες με γράμματα διαφόρων γλωσσών· σε κάθε περίπτωση, για την ταυτοποίηση ενός γράμματος, ο εξεταζόμενος θα πρέπει να διακρίνει ορισμένες διακριτικές λεπτομέρειες του γράμματος αυτού. Η χωρική λεπτομέρεια που θα πρέπει να αναλυθεί, αντιστοιχεί στο πλάτος των μικρών «στοιχείων» που σχηματίζουν το κάθε γράμμα (**strokes**). Για τα μικρά αυτά «στοιχεία» υπάρχουν διαφορετικά πρότυπα όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 5: Παραδείγματα τυποποιημένων γραμμάτων Snellen, Sloan, British. Κάθε τετράγωνο στο πλέγμα είναι διαστάσεων 1 X 1.

Σύμφωνα με τον Snellen, παρατηρητής με φυσιολογική όραση είναι αυτός με οπτική οξύτητα 6/6, η οποία του επιτρέπει να αναγνωρίζει από απόσταση έξι μέτρων γράμματα με πλάτος στοιχείου ενός λεπτού της μοίρας (1 arcmin).



Εικόνα 6: Το στοιχείο κάθε γράμματος ισοδυναμεί με 1 arcmin και ολόκληρο το γράμμα με 5 arc min.

Ένας εξεταζόμενος με μικρότερη οξύτητα, που μπορεί από απόσταση 6 μέτρων να διακρίνει γράμματα 4 φορές μεγαλύτερου μεγέθους, έχει οξύτητα $6/24$. Γενικότερα, η οπτική οξύτητα κατά Snellen δίνεται από το κλάσμα:

$$\text{Οπτική Οξύτητα} = \frac{\text{Απόσταση εξέτασης}}{\text{Απόσταση στην οποία το γράμμα φαίνεται υπό γωνία 5 λεπτών της μοίρας (5arcmin)}}$$

Η **ελάχιστη γωνία ευκρίνειας (Minimum Angle of Resolution)**, ορίζεται σαν τη μικρότερη γωνία ευκρίνειας που επιτρέπει την αντίληψη των σημείων σαν ξεχωριστά. Η ουσία της οπτικής οξύτητας μπορεί να εκφραστεί σε σχέση με την ελάχιστη γωνία ευκρίνειας του μικρότερου «στοιχείου» οποιουδήποτε οπτούπου (stroke). Τα πλεονεκτήματα της κλίμακας μέτρησης M.A.R περιλαμβάνουν: 1) την έκφραση της οπτικής οξύτητας σε απόλυτη τιμή, χωρίς οποιαδήποτε υπόθεση ή προσέγγιση 2) τη χρήση σε πίνακες με οπτότυπα οποιουδήποτε μεγέθους 3) επιτρέπει άμεση σύγκριση μεταξύ τιμών που λήφθηκαν από διαφορετικούς πίνακες 4) επιτρέπει εύκολη μετατροπή σε κλίμακα Snellen και 5) εκφράζεται σαν μία παγκόσμια μονάδα μέτρησης.

Η **λογαριθμική κλίμακα της ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας (Logarithm of the Minimum Angle of Resolution)** επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη δήλωση της οπτικής οξύτητας. Διαθέτει περισσότερα πλεονεκτήματα από την κλίμακα MAR όπως 1) την προοδευτική αύξηση των γραμμών με βήμα $0,1 \log \text{ unit}$ από το $+1,0$ έως το $-0,3$, 2) την ίση βαρύτητα κάθε γράμματος που αντιστοιχεί σε $0,02 \log \text{ units}$. 3) Η λειτουργία της κλίμακας $\log \text{MAR}$ με γεωμετρική πρόοδο έχει ομοιότητες με τον τρόπο λειτουργίας του οπτικού συστήματος ενώ 4) η στατιστική επεξεργασία δεδομένων από πίνακες $\log \text{MAR}$ δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι ακόλουθες εξισώσεις χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της οπτικής οξύτητας από δεκαδική κλίμακα σε κλίμακα $\log \text{MAR}$ και αντίστροφα. Σημειώνουμε ότι οι αρνητικές

τιμές στην κλίμακα logMAR αντιστοιχούν σε υψηλές οπτικές οξύτητες. Για παράδειγμα 0,00 μονάδες logMAR ισοδυναμούν με 1.00 στη δεκαδική κλίμακα, ενώ -0,1 λογαριθμικές μονάδες ισοδυναμούν με 1.3 στη δεκαδική κλίμακα παρά το αρνητικό πρόσημο.

$$decimal = anti \log (- \log M A R) = 10^{-\log M A R}$$
$$\log M A R = - \log (decimal acuity)$$

Την ευκρίνεια της όρασης επηρεάζουν τόσο οπτικοί όσο και νευρωνικοί παράγοντες. Η από-εστίαση, ο φωτισμός, η αντίθεση, η εκκεντρότητα του στόχου, η σχετική κίνηση, η διάρκεια έκθεσης, είναι όλοι παράγοντες που επιδρούν στην οπτική οξύτητα.

Οπτικές ατέλειες του οφθαλμού μπορούν να θεωρηθούν η μειωμένη διάμετρος της κόρης, η αυξημένη πυκνότητα του κρυσταλλοειδούς φακού, αυξημένες οπτικές εκτροπές υψηλής τάξης ή η σκέδαση η οποία συνεισφέρει στην μείωση της φωτεινότητας και της αντίθεσης του αμφιβληστροειδικού ειδώλου.

Διάμετρος κόρης: Η ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διάμετρο της κόρης, η οποία επηρεάζει τρεις παράγοντες της οπτικής αντίληψης. Τη φωτεινότητα του ειδώλου, τις εκτροπές και την περίθλαση. Πιο συγκεκριμένα, οι κόρες μεγάλης διαμέτρου συντελούν στην αύξηση της απο-εστίασης λόγω των οπτικών εκτροπών του οφθαλμού, ενώ οι κόρες μικρής διαμέτρου εισάγουν defocus από την περίθλαση του φωτός. Η ιδανική στενοπική διάμετρος κόρης για την εξέταση της ωχράς είναι διαμέτρου 2 χιλιοστών.

Υποκειμενική Διάθλαση: Την οπτική οξύτητα επηρεάζει δραματικά η καθαρότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου, η οποία εξαρτάται από τα διαθλαστικά σφάλματα του οπτικού συστήματος. Η ύπαρξη οποιασδήποτε αμετροπίας επηρεάζει την διακριτική ικανότητα και συγκεκριμένα μια αλλαγή της τάξης των 2,00 διοπτριών μπορεί να προκαλέσει μείωση της οξύτητας στο 0,1 (1/10). Οι ατέλειες του οπτικού συστήματος, ακόμα και σε έναν εμμέτρωπα προκαλούν κάποια μείωση στην αντίθεση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου λόγω των σφαιρικών και χρωματικών εκτροπών και την περίθλασης.

Διόφθαλμη όραση: Υπολογίζεται ότι η οπτική οξύτητα που λαμβάνεται διόφθαλμα είναι κατά 20% μεγαλύτερη από την μονόφθαλμη.

Η ηλικία: Η κατανομή της οπτικής οξύτητας σε κανονικό πληθυσμό εκφράζεται σε arcmin και ακολουθεί κατανομή Gauss. Η αυξημένες τιμές οπτικής οξύτητας που λαμβάνονται σε εφηβικές ηλικίες σχετίζονται περισσότερο με την καλύτερη κατανόηση

και συνεργασία της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας εξεταζομένων παρά με την ανατομική ανάπτυξη του οπτικού συστήματος. Η εκφύλιση που επέρχεται με την ηλικία σχετίζεται με τις δομικές αλλαγές των διαθλαστικών επιφανειών, με την απώλεια των υποδοχέων και άλλων νευρωνικών στοιχείων του οπτικού συστήματος.

Αναγνωρισιμότητα στόχου: Η αναγνώριση του στόχου προσδιορίζει τις διαστάσεις της μικρότερης γραμμής που ο εξεταζόμενος μπορεί να διακρίνει. Η αύξηση της φωτεινότητας, της αντίθεσης ή της διάρκειας έκθεσης του στόχου, εφοδιάζει το οπτικό σύστημα με περισσότερα κβάντα φωτός που θα φτάσουν στο αμφιβληστροειδικό είδωλο, οπότε και θα μειωθούν τυχόν διακυμάνσεις.

Διάταξη και απόσταση οπτοτύπων: Η ικανότητα αναγνώρισης ενός οπτοτύπου, εκτός από το μέγεθός του, εξαρτάται και από τη διάταξή του ως προς τα γειτονικά οπτότυπα ή το περίγραμμα του πίνακα. Η ονομαζόμενη επίδραση του συνωστισμού (**Crowding effect**) επηρεάζει την οπτική οξύτητα, για την αξιολόγηση της ανεξάρτητα από το φαινόμενο αυτό τα οπτότυπα μπορούν να προβάλλονται μεμονωμένα κάθε φορά. Οι σύγχρονοι πίνακες σχεδιάζονται έτσι ώστε ο διαχωρισμός των γραμμάτων ανά σειρά καθώς και μεταξύ των γραμμάτων της ίδιας σειράς να είναι ανάλογος του μεγέθους αυτών.

2.2. Αξιολόγηση Οπτικής Οξύτητας

Για την μέτρηση της οπτικής οξύτητας έχουν κατά καιρούς προταθεί από διάφορους ερευνητές διαφορετικοί τρόποι μέτρησης, διαφορετικά οπτότυπα και διαφορετικοί πίνακες μέτρησης. Τα αποτελέσματα σπάνια συμπίπτουν ενώ συχνές είναι οι διαφοροποιήσεις κατά τη μέτρηση του ίδιου εξεταζομένου. Η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας μπορεί να γίνει με τη χρήση γραμμάτων, τα οποία και έχουν καθιερωθεί, είτε με τη χρήση πολλαπλών παράλληλων γραμμών (gratings).

2.2.1. Πίνακες Γραμμάτων.

Αξιολόγηση Οπτικής Οξύτητας με χρήση πινάκων γραμμάτων.

Η χρήση πινάκων με γράμματα είναι ευρείας αποδοχής στην αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας σε ενήλικες, και παιδιά που είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τα γράμματα. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση των γραμμάτων είναι τα εξής:

1. Επιτρέπει αξιόπιστη και ταχύτατη μέτρηση, καθώς είναι ερέθισμα οικείο και εύκολα αναγνωρίσιμο για τους περισσότερους,
2. Παρουσιάζουν ευαισθησία στα διαθλαστικά σφάλματα και τις ανωμαλίες των διαθλαστικών μέσων του οφθαλμού
3. Η αναγνώριση των γραμμάτων περιλαμβάνει μία συγκεκριμένη απόκριση (την ονομασία του γράμματος), οπότε το αποτέλεσμα επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από την επίδραση των υποθέσεων (guessing). Η πιθανότητα τυχαίας αναγνώρισης εξαρτάται από τον αριθμό γραμμάτων που χρησιμοποιούνται.

Σε κάθε τυποποιημένο πίνακα, ορισμένα γράμματα του ίδιου μεγέθους, αναγνωρίζονται δυσκολότερα από τα υπόλοιπα. Για παράδειγμα, τα γράμματα L και T θεωρούνται εύκολα αναγνωρίσιμα ενώ τα γράμματα S και B δυσκολότερα στην αναγνώριση (Bennett 1965). Σύμφωνα με τους Bennett, Hedin & Olsson τα δυσκολότερα γράμματα αναγνωρίζονται σωστά στο κατώφλι εκείνο όπου το μέγεθος τους είναι περίπου διπλάσιο από αυτό των «ευκολότερων» γραμμάτων. Τα γράμματα που συνήθως συγχέονται μεταξύ τους καλούνται **γράμματα σύγχυσης**. Για παράδειγμα το γράμμα C, εύκολα συγχέεται με τα γράμματα O ή G αλλά όχι με το γράμμα R ή M.

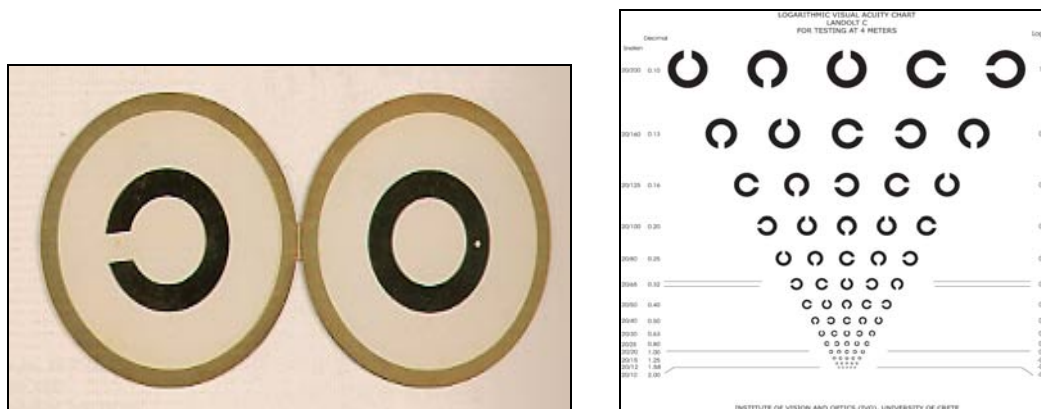
Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα λανθασμένα γράμματα που αναγνωρίζει ένας εξεταζόμενος σχετίζονται με το διαθλαστικό του σφάλμα και ιδιαίτερα εάν αυτό εμπεριέχει και αστιγματισμό. Ο άξονας του αστιγματισμού είναι επίσης καθοριστικός παράγοντας στα λάθη αναγνώρισης. Για παράδειγμα, ένας εξεταζόμενος με μυωπικό αστιγματισμό στις 180° , παρουσιάζει από-εστίαση στις κάθετες γραμμές, οπότε γράμματα όπως το V ή το Y, είναι δυσκολότερα διακριτά. Το συγκεκριμένο σφάλμα επιδρά πολύ λιγότερο σε γράμματα με οριζόντιες γραμμές όπως το E ή το F. Η λύση στο πρόβλημα της άνισης αναγνωρισιμότητας είναι οι κλινικοί πίνακες που περιέχουν μονάχα ένα γράμμα σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. Τα συνήθη γράμματα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι το C και το E τα οποία θα παρουσιαστούν εκτενώς στη συνέχεια.

Αξιολόγηση Οπτικής Οξύτητας με χρήση ενός γράμματος - σύμβολο.

ο Landolt C

Το 1888 προτάθηκε από τον Dr.Landolt, η ιδέα ενός οπτοτύπου που να σχηματίζει ένα γωνιακό άνοιγμα μεγέθους μίας μοίρας όταν τοποθετηθεί σε απόσταση 50 μέτρων. Το οπτότυπο Landolt C είναι ένα καθιερωμένο σύμβολο που χρησιμοποιείται για τον

έλεγχο της όρασης. Εναλλακτικά συναντάται ως Landolt ring ή Landolt broken ring αφού αποτελείται από ένα δακτύλιο με ένα κενό, όμοιο με το αγγλικό γράμμα 'C'. Το κενό αυτό μπορεί να βρίσκεται σε θέσεις διαφορετικού προσανατολισμού και η δοκιμασία κάθε εξεταζόμενου είναι να αποφασίσει σε ποιά κατεύθυνση βρίσκεται το κενό αυτό (συνήθως δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω και σε θέσεις 45° ανάμεσα στις βασικές). Συγκεκριμένα η δοκιμασία του Landolt με το C σε τέσσερις προσανατολισμούς, έχει καθιερωθεί σαν μέθοδος ρουτίνας για την μέτρηση της οπτικής οξύτητας.



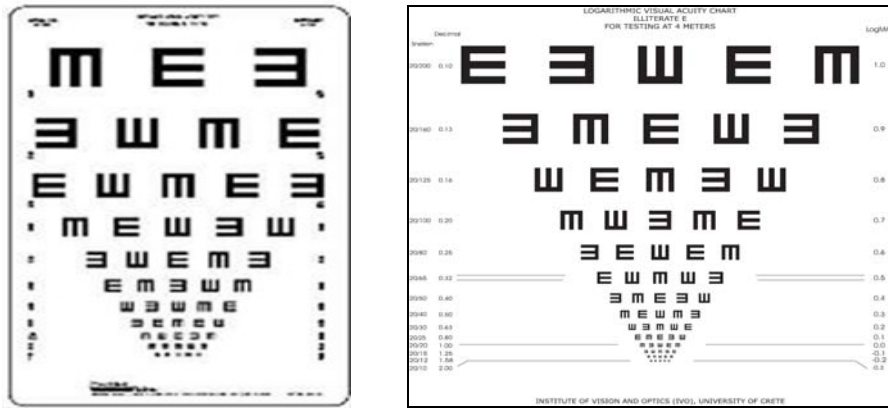
Εικόνα 7: Δεξιά: Αρχικά Οπτότυπα Landolt (1988). Αριστερά: Σύγχρονος πίνακας (logMAR)

Τα **πλεονεκτήματα** του συγκεκριμένου οπτοτύπου είναι τα εξής: 1) Δεν υπάρχει η δυσκολία ταυτοποίησης, αφού πρόκειται για μία και μοναδική χαρακτηριστική μορφή γράμματος που παρουσιάζεται η ίδια κάθε φορά σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. 2) Σε σωστά διορθωμένους εξεταζόμενους κάθε προσανατολισμός είναι ίδιας δυσκολίας σε σχέση με τους υπόλοιπους. 3) Το σχήμα του οπτοτύπου δεν επηρεάζει την αναγνώριση όπως συμβαίνει με τα γράμματα ή τους αριθμούς, τα χωρικά χαρακτηριστικά των οποίων συχνά διευκολύνουν την αναγνώριση. 4) Δεν απομνημονεύεται. 5) Δεν εξαρτάται από την ευφυΐα του εξεταζόμενου, αρκεί μία κίνηση του χεριού ώστε να προσδιοριστεί ο προσανατολισμός. 6) Είναι δυνατή και η αντίστροφη παρατήρηση (μέσα από κάτοπτρο). 7) Είναι κατάλληλος στόχος για υψηλούς αστιγματισμούς. 8) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παιδιά και ενήλικες.

Τα **μειονεκτήματά** του: 1) Είναι απαραίτητη η επεξήγηση της διαδικασίας πριν την έναρξη λήψης της Οπτικής Οξύτητας. 2) Μπορεί να καταγράψει ψευδείς πληροφορίες σε περιπτώσεις ατόμων που συγχέουν τους όρους δεξιά – αριστερά. Οι ανωτέρω παράγοντες συμβάλλουν στο να αποφεύγεται η χρήση του συγκεκριμένου οπτοτύπου σε μη έμπειρους εξεταζόμενους.

- **Illiterate E**

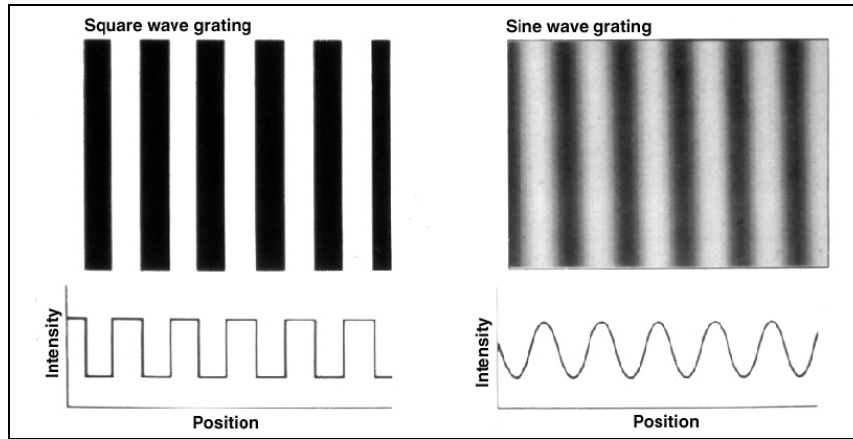
Πρόκειται για μία εναλλακτική μορφή ανίχνευσης που χρησιμοποιείται στην κλινική πράξη για τη μέτρηση της Οπτικής Οξύτητας. Όπως και στο Landolt C, η δοκιμασία για τον εξεταζόμενο είναι να αναγνωρίσει την θέση του κενού, που στην περίπτωση αυτή είναι διπλό.



Εικόνα 8: Δεξιά: Αρχικά Οπτότυπα Illiterate E. Αριστερά: Σύγχρονος πίνακας (logMAR)

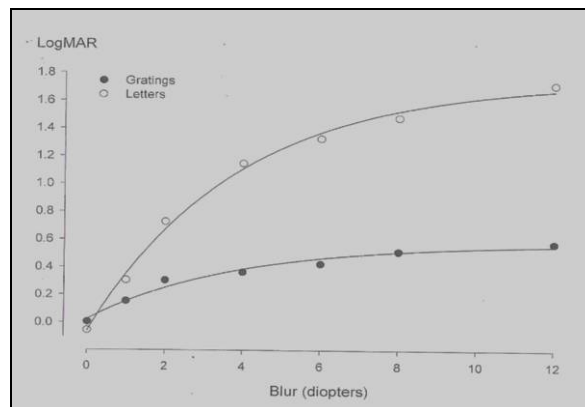
2.2.2. Διαμορφώσεις Grating

Τα gratings αποτελούν ερεθίσματα με περιοδικές διαμορφώσεις και χαρακτηρίζονται από την εναλλαγή φωτεινών και σκοτεινών ράβδων. Ανάλογα με τη διαμόρφωση της φωτεινότητας κατά μήκος του οριζόντιου άξονα διακρίνονται σε τετραγωνικής χωρικής διαμόρφωσης (square wave gratings) τα οποία δεν χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη, ή ημιτονοειδούς χωρικής διαμόρφωσης (sine-wave gratings), συνήθως χαμηλής χωρικής συχνότητας. Μια εκτίμηση της οπτικής οξύτητας προσδιορίζεται από την εύρεση των λεπτότερων διαμορφώσεων που ο παρατηρητής μπορεί να ανιχνεύσει. Οι στόχοι-gratings χρησιμοποιούνται συνήθως στην αξιολόγηση της οξύτητας των ασθενών που δεν αναγνωρίζουν τα γράμματα και γενικότερα σε χώρες με υψηλά επίπεδα αναλφαβητισμού σε συνδυασμό με τους πίνακες οπτοτύπων Illiterate E και Landolt C. Κάποιες φορές, τα gratings χρησιμοποιούνται και σε ασθενείς με καταρράκτη ή άλλες αδιαφάνειες των οπτικών επιφανειών δεδομένου ότι επηρεάζονται ελάχιστα από τις ατέλειες των οπτικών του οφθαλμού. Αυτό συμβαίνει από τη στιγμή που το είδωλο ενός grating μπορεί να σχηματιστεί στον αμφιβληστροειδή από τη συμβολή δύο σύμφωνων ακτινών φωτός που εισέρχονται στον οφθαλμό από διαφορετικές περιοχές της κόρης.



Εικόνα 9: Gratings τετράγωνης και ημιτονοειδούς διαμόρφωσης.

Συγκρίνοντας την ευαισθησία των δύο δοκιμασιών που προαναφέρθηκαν (οπτική οξύτητα με γράμματα και gratings), θα λέγαμε ότι η μετρούμενη οξύτητα με gratings, είναι λιγότερο ευαίσθητη στις διαθλαστικές αλλαγές. Ένα απλό παράδειγμα, που απεικονίζεται και στο ακόλουθο σχήμα, είναι η μελέτη της επίδρασης ενός σχετικά ήπιου μυωπικού σφάλματος στην οξύτητα γραμμάτων και περιοδικών διαμορφώσεων. Διαθλαστικό σφάλμα 2,00 διοπτριών υπήρξε ικανό να μειώσει την οπτική οξύτητα σε πίνακα γραμμάτων από την τιμή 0,00 logMAR στην τιμή 0,7 logMAR, τη στιγμή που πάνω από 10,00 D μυωπικής αφεστίασης απαιτείται για να μειώσει ισόποσα την οξύτητα στους στόχους – gratings.



Εικόνα 10: Επίδραση διοπτρικής θόλωσης στην οξύτητα γραμμάτων Snellen και στην οξύτητα με gratings για 7 εξεταζόμενους. Παρατηρούμε ισχυρή επίδραση της προοδευτικά αυξανόμενης θόλωσης στα γράμματα και πολύ μικρή διαφοροποίηση στα gratings (Thorn, Schwrtz. Effects of dioptric blur on Snellen and grating acuity).

2.3. Κλινικοί Πίνακες και Κλίμακες Μέτρησης

2.3.1. Πίνακες Snellen

Είναι από τους πιο διαδεδομένους πίνακες μέτρησης της οπτικής οξύτητας και οφείλει το όνομα του στον Γερμανό Herman Snellen που τον σχεδίασε το 1862. Συνήθως αποτελείται από 11 γραμμές με γράμματα. Η πρώτη γραμμή περιλαμβάνει ένα μονάχα γράμμα μεγάλων διαστάσεων (συνήθως E, A, H, N) ενώ οι επόμενες γραμμές έχουν περισσότερα γράμματα, μικρότερου προς μεγέθους. Ο ασθενής καλείται να αναγνωρίζει την κάθε σειρά γραμμάτων μονόφθαλμα από τα μεγαλύτερα προς τα μικρότερα και η ελάχιστη σειρά την οποία μπορεί να διαβάσει σωστά καθορίζει την οπτική του οξύτητα στον συγκεκριμένο οφθαλμό.

Παρά την ευρεία του χρήση, ο πίνακας του Snellen έχει ορισμένους περιορισμούς όπως:

- 1) τον διαφορετικό αριθμό οπτοτύπων ανά σειρά, πράγμα που αυξάνει τη δυσκολία αναγνωρισιμότητας καθώς τα οπτότυπα μικραίνουν σε μέγεθος.
- 2) Η ακανόνιστη μείωση στο μέγεθος των γραμμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την άνιση εκτίμηση των γραμμών. Η αξία μιας γραμμής που αναγνωρίζει ή χάνει ο εξεταζόμενος διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση στην οποία βρίσκεται.
- 3) Την άνιση δυσκολία αναγνώρισης των γραμμάτων που περιέχει. Υπάρχουν εκτός από τα εύκολα γράμματα A και L, τα γράμματα B, E, F που είναι μεγαλύτερης δυσκολίας.
- 4) Τη διαφορετική φωτεινότητα του υποστρώματος ανάλογα με τον κατασκευαστή. Η προσπάθεια καθιέρωσης ενός πρότυπου πίνακα μέτρησης της οπτικής οξύτητας οδήγησε στους πίνακες ETDRS.



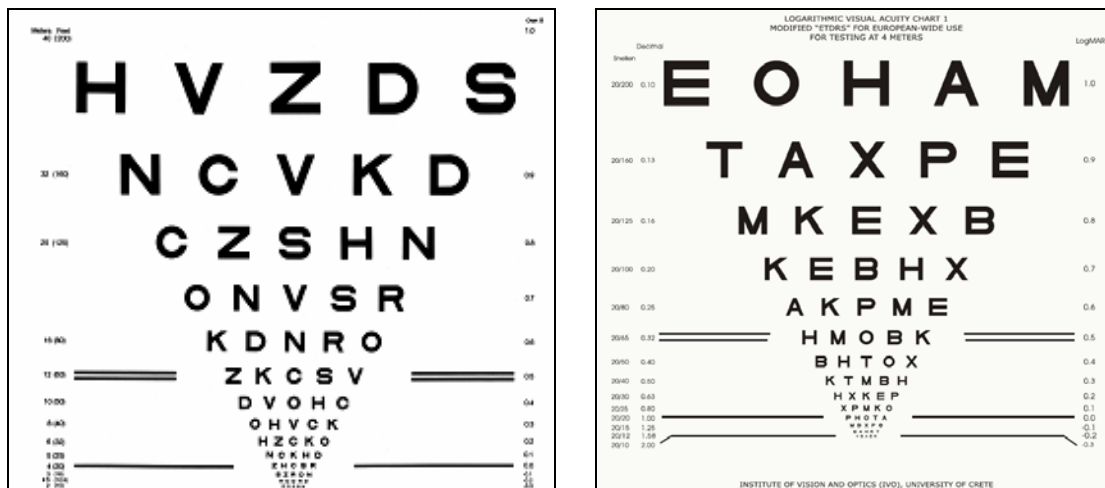
Εικόνα 11: Dr. Herman Snellen, γνωστός για τον ορισμό της Οπτικής Οξύτητας & Πίνακας Snellen

2.3.2. Πίνακες ETDRS

Οι πίνακες ETDRS βασίζονται στους κανόνες της NAS- NRC (National Academy of Science, National Research Council) και ο αρχικός πίνακας προτάθηκε από τον Ferris το 1982 για την μελέτη της πρόωγη θεραπεία της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study). Ο πίνακας παρουσιάζει 5 οπτότυπα Sloan ανά γραμμή, οπότε υπάρχει ίση πιθανότητα λάθους ανά γραμμή. Η αλλαγή του μεγέθους γίνεται με μία ομαλή ακολουθία μείωσης με βήμα 0,1 λογαριθμικών μονάδων. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε η ίση δυσκολία κατά την αναγνώριση της κάθε γραμμής. Η φωτεινότητα του υποβάθρου πρέπει να είναι τουλάχιστον $150 \text{ cd} / \text{m}^2$. Στα δεδομένα αυτά στηρίχθηκαν οι Bailey & Lovie το 1976 και ανέπτυξαν πίνακα ETDRS κάνοντας χρήση γραμμάτων της Sloan (C,D,N,S,V,Z). Ίδιου τύπου πίνακες, χρησιμοποιούνται και για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας σε διαφορετικές συνθήκες φωτεινότητας των γραμμάτων.

2.3.3. Πανερωπαϊκοί ETDRS πίνακες Πανεπιστημίου Κρήτης.

Το Πανεπιστήμιο της Κρήτης, βασισμένο στους πίνακες των Bailey & Lovie, εισήγαγε τροποποιημένους κλινικούς πίνακες με τα γράμματα Ε, Ρ, Χ, Β, Τ, Μ, Α που έχουν αντικαταστήσει τα C, D, N, R, S, V, Z. Το βασικό πλεονέκτημα των τροποποιημένων πινάκων είναι η δυνατότητα χρήσης τους από μεγαλύτερο εύρος εξεταζομένων και συγκεκριμένα από όλους τους Ευρωπαίους πολίτες, καθώς και από πολίτες χωρών που χρησιμοποιούν το Κυριλλικό αλφάβητο.



Εικόνα 12: Αριστερά: Πίνακας Bailey & Lovie. Δεξιά: Πανερωπαϊκός Πίνακας Πανεπιστημίου Κρήτης.

Κεφάλαιο 3^ο: Αντικείμενο Έρευνας

3.1. Επίδραση θόλωσης στην Οπτική Οξύτητα: Προγενέστερες μελέτες

Η οπτική απόδοση του οφθαλμού, επηρεάζεται κυρίως από τα διαθλαστικά σφάλματα, τα οποία αλλοιώνουν την ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Εντούτοις, έχει παρατηρηθεί, ότι το αμφιβληστροειδικό είδωλο είναι εξαιρετικά «σταθερό» με τα σφάλματα εστίασης (Atchison, Optics of defocused vision). Εκείνο που συμβαίνει στην πράξη υπό την επίδραση σφαιρικής θόλωσης είναι η συμμετρική θόλωση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου, η μείωση της φωτεινής του αντίθεσης και συνεπώς η πτώση της οπτικής οξύτητας του οφθαλμού. Η μελέτη της επίδρασης της αφεστίασης στην οπτική οξύτητα είναι μεγάλης κλινικής σημασίας καθώς προσομοιώνει οφθαλμικές παθήσεις και βοηθά στην αξιολόγηση της ευαισθησίας των καθιερωμένων πινάκων μέτρησης της οπτικής οξύτητας αλλά και στο σχεδιασμό νέων κλινικών πινάκων ευρείας χρήσης.

Για την πρόκληση της «θόλωσης» του αμφιβληστροειδικού ειδώλου με τεχνητό τρόπο, έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί από ερευνητές σφαιρικοί και αστιγματικοί φακοί, θετικοί ή αρνητικοί οφθαλμικοί φακοί, φακοί επαφής, θολωμένοι στόχοι ή και φίλτρα σκέδασης. Για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας παρουσία θόλωσης έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικοί πίνακες οπτοτύπων και κλίμακες μέτρησης, σε διάφορες ηλικιακές και διαθλαστικές ομάδες.

Επίδραση θόλωσης σε διαφορετικούς κλινικούς πίνακες.

Ο Bradley¹⁰ και οι συνεργάτες του, μελέτησαν την επίδραση τριών διαφορετικών τύπων «θολωτικών» οφθαλμικών φακών (σφαιρικών, κυλινδρικών με άξονα στις 90°, κυλινδρικών με άξονα στις 180°), στην οπτική οξύτητα τεσσάρων εξεταζομένων, όπως μετρήθηκε με τον πίνακα Snellen και με δύο διαφορετικούς πίνακες μέτρησης της ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση (Vistech, Pelli-Robson). Παρατήρησαν ότι η επίδραση των κυλινδρικών φακών με άξονα στις 90° και στις 180° δεν διαφέρει σημαντικά, ενώ οι αρνητικοί και οι θετικοί σφαιρικοί οφθαλμικοί φακοί έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην οπτική οξύτητα. Συμπέραναν ότι η οξύτητα επηρεάζεται λιγότερο από την αστιγματική θόλωση λόγω της αδυναμίας του ανθρώπινου οφθαλμού να προσαρμόσει επιλεκτικά σε έναν συγκεκριμένο μεσημβρινό.

Οι Thorn και Schwartz³, συνέκριναν την επίδραση της διοπτρικής θόλωσης στην Οπτική Οξύτητα μετρούμενη με πίνακα Snellen και gratings για 7 νεαρούς εξεταζόμενους. Παρατήρησαν ότι η αναγνώριση των οπτοτύπων στον πίνακα Snellen είναι δοκιμασία πολυπλοκότερη σε σχέση με την αντίχνευση των gratings και ακόμα ότι τα γράμματα στους πίνακες Snellen είναι πιο ευαίσθητα στα διαθλαστικά σφάλματα απ' ότι τα gratings.

Μελετώντας την επίδραση της θόλωσης στην αναγνωρισιμότητα του οπτοτύπου Landolt C και του Tumbling-E, οι Reich και Ekabutr²⁵ χρησιμοποίησαν σφαιρικούς και κυλινδρικούς οφθαλμικούς φακούς ισχύος +1,50 D, τους οποίους τοποθέτησαν πάνω από τη βέλτιστη διόρθωση 10 εξεταζόμενων. Παρατήρησαν ότι η οπτική οξύτητα που καταγράφηκε με το Tumbling E ήταν σε κάθε συνθήκη καλύτερη από αυτή με το Landolt C. Οι ερευνητές θεώρησαν συγκρίσιμα τα δύο οπτότυπα με εξαίρεση την συνθήκη θόλωσης που προσομοιώνει αστιγματισμό «παρά τον κανόνα».

Σε πρόσφατη έρευνα του Πανεπιστημίου Κρήτης (Ε.Φελώνη⁴⁶), χρησιμοποιήθηκαν τρεις εκδοχές πινάκων ETDRS με διαφορετικά οπτότυπα (γράμματα Sloan, Illiterate E, Landolt C) και μετρήθηκε η οπτική οξύτητα φυσιολογικών οφθαλμών και οφθαλμών με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια. Η οπτική οξύτητα σε κλίμακα logMAR βρέθηκε χαμηλότερη στο Landolt C σε σχέση με τους δύο άλλους πίνακες οπτοτύπων. Η διαφορά ήταν περίπου 2,5 οπτότυπα για τους φυσιολογικούς και περίπου 6 οπτότυπα για τους ασθενείς με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια.

Επίδραση θόλωσης σε διαφορετικές διαθλαστικές ομάδες.

Μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε βρέφη ηλικίας έξι εβδομάδων και σε ενήλικες, έδειξε ότι η οπτική θόλωση δεν επηρεάζει την διακριτική ικανότητα των βρεφών. Οι Powers και Dobson²², χρησιμοποιώντας φακούς -14 D, -3 D, plano, +6 και 14 D σε ειδικούς μεταλλικούς σκελετούς μεταβαλλόμενης διακορικής απόστασης, μέτρησαν τις συνέπειες της οπτικής από-εστίασης (optical defocus) στην οπτική οξύτητα των δύο ηλικιακών ομάδων, και παρατήρησαν ότι η βρεφική οξύτητα αλλοιώνεται λιγότερο από την οξύτητα των ενηλίκων υπό τις ίδιες συνθήκες θόλωσης, πιθανόν λόγω των υψηλών αστιγματικών σφαλμάτων στα οποία είναι εκτεθειμένος ο βρεφικός αμφιβληστροειδής.

Ο Radhakrishnan³⁰ και οι συνεργάτες του, από το Πανεπιστήμιο του Cambridge, μελετώντας την επίδραση θετικών και αρνητικών «θολωτικών» φακών σε ενήλικες μύωπες και μη-μύωπες (εμμέτρωπες και υπερμέτρωπες) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θετική θόλωση μειώνει την οπτική οξύτητα ισοδύναμα σε μύωπες και μη μύωπες, ενώ οι μύωπες εμφανίζουν καλύτερη οπτική οξύτητα σε κλίμακα logMAR με την εισαγωγή

αρνητικής θόλωσης -2,00D (0,18 logMAR) σε σύγκριση με την εισαγωγή ίσου ποσού θετικής θόλωσης +2,00D (0,47 logMAR).

Σε αντίθεση με τον Radhakrishnan, ο Thorn⁴ και οι συνεργάτες του, συνέκριναν την Οπτική Οξύτητα 10 εμμετρώπων με 10 μύωπες (early onset), διορθωμένους με φακούς επαφής, για επίπεδα από-εστίασης +0.50 D , +1 D και + 1.5 D. Παρατήρησαν ότι η εισαγωγή θετικών οφθαλμικών φακών προξενεί σημαντικά μεγαλύτερη ελάττωση στην Οπτική Οξύτητα και την Ευαισθησία στη Φωτεινή Αντίθεση (Contrast Sensitivity) στους εμμέτρωπες σε σχέση με τους μύωπες.

Ομοίως οι Rosenfield και Cohen⁸ σημειώνουν ότι οι πλήρως διορθωμένοι μύωπες είχαν χαμηλότερη ευαισθησία στη θόλωση (οπότε και υψηλότερα blur thresholds) από τους εμμέτρωπες, ήταν λοιπόν λιγότερο ικανοί στην ανίχνευση της παρουσίας διοπτρικής θόλωσης.

3.2. Προσαρμογή στη θόλωση: Προγενέστερες μελέτες

Σύμφωνα με τον Mon Williams¹¹, η προσαρμογή στη θόλωση (*blur adaptation*) ορίζεται ως :

Η βελτίωση στην οπτική ανάλυση που ακολουθεί μετά από έκθεση στη διοπτρική θόλωση (defocus), χωρίς όμως να συνοδεύεται από αλλαγή στο διαθλαστικό σφάλμα, το μέγεθος της κόρης ή το μέγεθος της βλεφαρικής σχισμής.

Η προσαρμογή στη θόλωση είναι μία διαδικασία που προάγει την ευκρίνεια της όρασης και πιστεύεται ότι λαμβάνει χώρα στις κεντρικές περιοχές του οπτικού φλοιού. Η εισαγωγή της μυωπικής θόλωσης στην πραγματικότητα, μεταφέρει το εστιακό σημείο μιας εικόνας μακριά από τον αμφιβληστροειδή κατά μήκος του οπτικού άξονα. Η αλλαγή της εστίασης διευρύνει την συνάρτηση διασποράς – σημείου (Point Spread Function) του αμφιβληστροειδικού ειδώλου και εξασθενεί την φωτεινή του αντίθεση. Όπως περιγραφικά αναφέρει ο Mon Williams, η μυωπική θόλωση δρα σαν ένα χαμηλής χωρικής συχνότητας φίλτρο. Την επίδραση της αμφιβληστροειδικής θόλωσης αντιμετωπίζουν συχνά άτομα με χαμηλές αμετροπίες όταν απομακρύνουν τη διόρθωσή τους (π.χ. κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων). Μετά από αυτή την περίοδο παραμονής χωρίς διορθωμένη μακρινή όραση, ο διοπτροφόρος είναι πιθανό να συνεχίσει τις καθημερινές του δραστηριότητες με ελαφρώς βελτιωμένη όραση.

Σύμφωνα με προγενέστερες μελέτες, η βελτίωση στην ευκρίνεια της όρασης μετά από παρατεταμένη περίοδο αμφιβληστροειδικής θόλωσης (μεγαλύτερης από 30 λεπτά) μπορεί να οφείλεται στη χορήγηση μη αναγκαίας διαθλαστικής διόρθωσης (Bates, MacFadden). Η υπόθεση αυτή είναι δύσκολο να επιβεβαιωθεί, μπορεί όμως να αναδιατυπωθεί, αν πούμε ότι η αντιληπτική προσαρμογή στην αμφιβληστροειδική θόλωση, που οδηγεί σε αυξημένη οπτική οξύτητα, μπορεί να μειώσει την ανάγκη της συνεχούς χρήσης διαθλαστικής διόρθωσης.

Οι ερευνητές George και Rosenfield⁹, μελέτησαν τα αποτελέσματα της παρατεταμένης θόλωσης του αμφιβληστροειδικού ειδώλου στην οπτική οξύτητα υψηλού και χαμηλού contrast σε εμμέτρωτες και μύωτες. Ζητήθηκε από 13 εμμέτρωτες και 18 μύωτες να κοιτούν μέσα από ένα θετικό σφαιρικό φακό +2,50 D, τον οποίο φορούσαν πάνω από τη μακρινή τους διόρθωση για ένα συνεχόμενο διάστημα 2 ωρών. Η μακρινή διόρθωση πραγματοποιήθηκε με φακούς επαφής ενώ με την παρουσία των θετικών οφθαλμικών φακών που προκαλούσαν θόλωση, σημειώθηκε σημαντική βελτίωση στην μέτρηση της οπτικής οξύτητας, τόσο με πίνακες Landolt C όσο και με gratings, για όλες τις διαθλαστικές ομάδες (εμμέτρωτες και μύωτες). Η μετρούμενη οξύτητα με πίνακες Landolt C που παρατηρήθηκε σε μύωτες και εμμέτρωτες ήταν στατιστικά ισοδύναμη, ενώ η μέση αλλαγή στην μετρούμενη με gratings οπτική οξύτητα ήταν μεγαλύτερη για τους μύωτες εξεταζόμενους, γεγονός που αποδόθηκε στην αντιληπτική προσαρμογή στις θολωμένες εικόνες που μπορεί να συμβαίνει σε κεντρικές περιοχές του οπτικού φλοιού.

Σε παραπλήσια μελέτη, ο Rosenfield⁷ και οι συνεργάτες του, μέτρησαν την Οπτική Οξύτητα 22 νεαρών μυώπων, χρησιμοποιώντας γράμματα υψηλού contrast και gratings με διαφορετικά επίπεδα contrast (2.5-40%) ανά διαστήματα 30 λεπτών για συνολική διάρκεια 3^{ωv} ωρών, κατά την οποία οι εξεταζόμενοι χαμηλοί μύωτες (από -1,00 έως -3,50 D) παρέμεναν χωρίς τη συνηθισμένη διόρθωσή τους. Βρέθηκε σημαντική αλλαγή στην μετρούμενη Οπτική Οξύτητα, τόσο με τα γράμματα (από 0,76 σε 0,53 logMAR) όσο και με τα gratings χωρίς στατιστικά σημαντική αλλαγή στο διαθλαστικό σφάλμα, όπως μετρήθηκε με αυτόματη διαθλασιμετρία, χωρίς χρήση κυκλοπληγίας. Υπέθεσαν ότι η βελτίωση στην οπτική ανάλυση απορρέει από την αντιληπτική προσαρμογή στο θολωμένο είδωλο και πιθανόν να λαμβάνει χώρα σε κεντρικές περιοχές του οπτικού φλοιού.

Οι ερευνητές Pesudovs και Brennan², από το τμήμα Οπτομετρίας του Πανεπιστημίου της Μελβούρνης, μέτρησαν την Οπτική Οξύτητα, το διαθλαστικό σφάλμα και το πάχος του κρυσταλλοειδούς φακού 10 ατόμων με χαμηλή μυωπία, μικρότερη από -2.00D.

Παρατήρησαν μία μικρή (μέση αλλαγή 0.04 logMAR ανά γραμμή ή 2 γράμματα) αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση στην οπτική οξύτητα για μακριά, μετά από μία περίοδο 90 λεπτών της ώρας κατά την οποία είχε παραμείνει αδιόρθωτο το διαθλαστικό τους σφάλμα. Οι υποθέσεις που πρότειναν για την ερμηνεία του φαινομένου ήταν οι εξής: α) προσαρμοστική απόκριση στα γυαλιά οράσεως, β) πιθανή αισθητηριακή προσαρμογή και γ) εναλλακτικά κριτήρια για θόλωση ψυχολογικής προέλευσης.

Τις έρευνες διαδέχτηκε ο Mon Williams¹¹, ο οποίος παρατήρησε μεγαλύτερη αλλαγή τόσο στην μονόφθαλμη όσο και στην διόφθαλμη οπτική οξύτητα του εμμετρικού πληθυσμού που εξέτασε, μετά την εισαγωγή θόλωσης για περίοδο 30 λεπτών. Στην έρευνα αυτή, η τοποθέτηση θετικού φακού +1.00D για το δεδομένο διάστημα των 30 λεπτών, προκάλεσε μέση μονόφθαλμη αύξηση 0,12 logMAR, η οποία όπως απέδειξε, δεν συνοδεύεται από σημαντική αλλαγή της διαθλαστικής κατάστασης του οφθαλμού. Συμπέρανε λοιπόν, ότι η αλλαγή αυτή στην Οπτική Οξύτητα εκφράζει την νευρική αντιστάθμιση στην παρατεταμένη θόλωση με σκοπό τη βελτίωση της αντίθεσης του θολωμένου αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Σημαντική παρατήρηση του συγκεκριμένου ερευνητή ήταν η ενδοφθάλμια μετάθεση της προσαρμογής στη θόλωση στους ανθρώπους. Η εισαγωγή «θολωτικού» φακού μπροστά από τον ένα μονάχα οφθαλμό, έχοντας αποκλεισμένο το άλλο μάτι, προκαλεί τελικά αύξηση στην οπτική οξύτητα και των δύο οφθαλμών. Αυτή η ενδοφθάλμια μεταβίβαση επιβεβαιώνει ότι η διαδικασία της προσαρμογής λαμβάνει χώρα σε κεντρικές διόφθαλμες περιοχές του οπτικού φλοιού. Σε μία ακόμα παρατήρησή του ανέφερε ότι μεγαλύτερα επίπεδα θετικής εισαγόμενης θόλωσης (από +1 έως +3D) βελτιώνουν την ανοχή του εξεταζόμενου στη θόλωση.

Σε παραπλήσιες έρευνες που έγιναν σε νεογέννητα κοτόπουλα, ο Diether⁴⁰ παρατήρησε ότι ο βαθμός της προσαρμογής στη θόλωση, συσχετιζόταν με το μέγεθος της μυωπίας που εισήγαγε είτε με αποκλεισμό ενός οφθαλμού (frosted occluders), είτε με αρνητικούς θολωτικούς φακούς. Σε συνδυασμό μάλιστα με τον Schaeffel υπέθεσαν ότι η προσαρμογή που συμβαίνει στη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων αμφιβληστροειδικής από-εστίασης, μπορεί να συντηρήσει ένα αμφιβληστροειδικό σφάλμα, αξιοσημείωτο για την ανάπτυξη της μυωπίας. Πρόσθετες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε ανθρώπινο δείγμα κατέδειξαν ορισμένες διαφορές στις αντιληπτικές και τις οφθαλμοκινητικές αποκρίσεις στη διαθλαστική θόλωση, μεταξύ των διαθλαστικών ομάδων.

Οι Portello & Rosenfield παρατήρησαν αύξηση της Οπτικής Οξύτητας της τάξης των 0.12 logMAR μονάδων, όταν 12 εξεταζόμενοι φόρεσαν ένα θετικό φακό +2.50 διοπτριών για διάστημα μίας ώρας. Το 1°, 5° και 10° λεπτό ευκρινούς όρασης μετά την

προσαρμογή δεν φάνηκε να έχουν επίδραση στην βελτίωση της οπτικής ανάλυσης, γεγονός που υποδηλώνει την ισχυρή φύση την νευρωνικής προσαρμογής.

Ο Elliott⁵ και οι συνεργάτες του, μελέτησαν τα αντιληπτικές επιπτώσεις που ακολουθούν μετά την προσαρμογή σε εικόνες θολωμένες ή αμβλυμμένες τις οποίες παρατηρούσαν δύο διαφορετικά ηλικιακά group για 120 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι νεότεροι και ηλικιωμένοι παρατηρητές δεν διαφέρουν σημαντικά στην ισχύ την προσαρμογής όταν πρόκειται για προσωρινές αλλαγές στη θόλωση. Συμπεράναν ότι η νευρωνική διαδικασία που ρυθμίζει την προσαρμογή στη θόλωση εμφανίζεται αμετάβλητη με την αύξηση της ηλικίας.

3.3. Σκοπός της παρούσας εργασίας

Πρωταρχικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση σφαιρικής θόλωσης +2,00D στην οπτική οξύτητα α) δύο διαφορετικών υγείων διαθλαστικών ομάδων (εμμετρώπων και μύωπων) και β) δύο διαφορετικών κλινικών πινάκων οπτοτύπων (τροποποιημένος ETDRS πίνακας γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης και πίνακας με τον δακτύλιο Landolt C). Δεύτερος σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί η βελτίωση στην οπτική ανάλυση παρουσία παρατεταμένης θόλωσης (blur adaptation) για α) δύο διαθλαστικές ομάδες (εμμέτρωπες και μύωπες) και β) για δύο κλινικούς πίνακες οπτοτύπων (τροποποιημένος ETDRS πίνακας του Πανεπιστημίου Κρήτης και πίνακας Landolt C).

Σε δεύτερο χρόνο, θα μελετηθεί επίσης η επίδραση της σφαιρικής θόλωσης +2,00 D, στον κυρίαρχο και μη κυρίαρχο οφθαλμό των εξεταζομένων καθώς και η συμπεριφορά των δύο οφθαλμών υπό την επίδραση παρατεταμένης θόλωσης.

Κεφάλαιο 4^ο : Μεθοδολογία

4.1. Χαρακτηριστικά μελέτης, διάρκεια, αναλώσιμος εξοπλισμός

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες μεταπτυχιακής εργασίας ειδίκευσης. Οι συμμετέχοντες ήταν κυρίως στελέχη και φοιτητές του Πανεπιστημίου Κρήτης που προσήλθαν εθελοντικά. Η διάρκεια της μέτρησης για κάθε εξεταζόμενο ήταν περίπου 2 ώρες ενώ ο απαιτούμενος αναλώσιμος εξοπλισμός αφορούσε σκελετούς οράσεως και οφθαλμικούς φακούς οράσεως. Οι μετρήσεις διήρκεσαν περίπου 4 μήνες (4 Ιουλίου έως 3 Νοέμβρη 2008) και πραγματοποιήθηκαν στα εξεταστήρια του Β.Ε.Μ.Μ.Ο και σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο για την προβολή των ταινιών.

4.2. Επιλογή Εξεταζομένων

Οι εξεταζόμενοι ήταν υγιείς εμμέτρωτες και μύωπες η κατάταξη των οποίων σε διαθλαστικές ομάδες έγινε βάσει των ακόλουθων κριτηρίων:

- **Εμμέτρωτες** θεωρούνται οι εξεταζόμενοι η βέλτιστη διόρθωση των οποίων απαιτεί οφθαλμικό φακό ανάμεσα στις $-0,75$ και τις $+0,50$ διοπτρίες (sph + cyl/2).
- **Μύωπες** θεωρούνται οι εξεταζόμενοι η μέση βέλτιστη διόρθωση των οποίων απαιτεί μυωπικό φακό μεγαλύτερο η ίσο με $-0,75$ διοπτρίες (sph + cyl/2).

Ως κριτήρια επιλογής ορίστηκαν τα ακόλουθα: α) Η ελάχιστη Οπτική Οξύτητα με την βέλτιστη δυνατή διόρθωση, να φτάνει τα 10/10 ή 0.00 logMAR στον ένα οφθαλμό τουλάχιστον. β) Ο αστιγματισμός ή η ανισομετροπία των συμμετεχόντων να μην ξεπερνά τις 1,50 κυλινδρικές διοπτρίες. γ) Απουσία οφθαλμικών παθήσεων και δ) απουσία οφθαλμικής επέμβασης.

Για τις ανάγκες της μελέτης προσήλθαν 30 άτομα, 14 άνδρες και 16 γυναίκες, οι οφθαλμοί των οποίων εξετάστηκαν ξεχωριστά. Κατά την εξέταση ενός οφθαλμού, ο άλλος παρέμενε αποκλεισμένος. Αφού πραγματοποιήθηκε υποκειμενική διάθλαση σε όλα τα άτομα που προσήλθαν, αποκλείστηκαν από τη μελέτη 4 από τους εξεταζόμενους (λόγω μη πλήρωσης των κριτηρίων επιλογής), ενώ οι υπόλοιποι 26 συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία και συμπεριλήφθησαν στη στατιστική ανάλυση. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν 13 άνδρες και 13 γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας τα 26,8 έτη (τυπική απόκλιση=3,5 έτη, διάμεσος=27 έτη, εύρος: από 21 έως 38 έτη). Το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο (Sph + Cyl/2) βρέθηκε ίσο με $-1,40D$ (τυπική απόκλιση=1,70, Διάμεσος: $-0,70D$, εύρος: από $+0,50$ έως $-5,50$ διοπτρίες). Οι εξεταζόμενοι κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με το σφαιρικό ισοδύναμο της συνταγής τους σε δύο διαθλαστικές ομάδες. Η

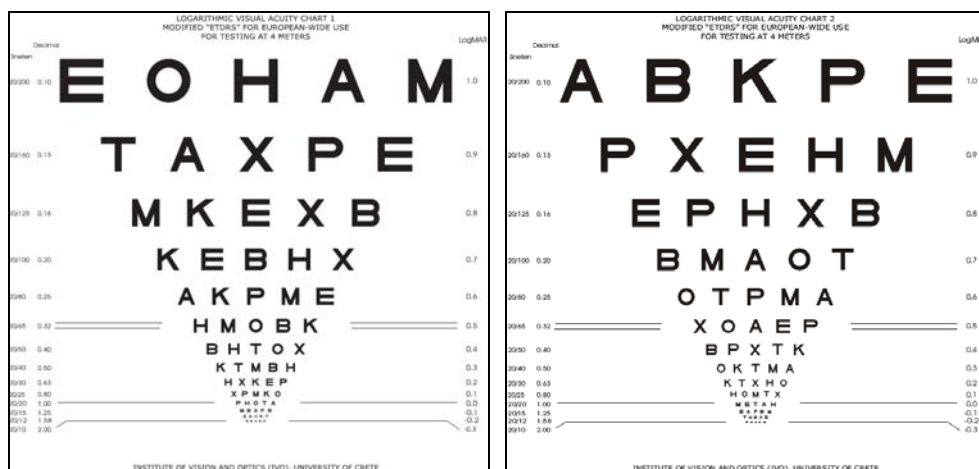
πρώτη ομάδα, των **εμμετρώπων**, αποτελείται από 5 γυναίκες και 8 άνδρες, με μέση ηλικία τα 27,4 έτη (TA=2,35έτη) και μέσο σφαιρικό διαθλαστικό ισοδύναμο τις -0,05 (TA=0,40) διοπτρίες. Η δεύτερη ομάδα, των **μυώπων**, αποτελείται από 8 γυναίκες και 5 άνδρες, με μέση ηλικία τα 26,1 (TA=4,2) έτη και μέσο σφαιρικό ισοδύναμο τις -2,70 διοπτρίες (TA=1,40).

Όσον αφορά τα γενικά στοιχεία των εξεταζομένων, καταγράφηκε το έτος γέννησης των εξεταζομένων, ο κυρίαρχος οφθαλμός, η ηλικία εμφάνισης της αμετροπίας, εάν υπάρχει, καθώς και το είδος της διόρθωσης που επιλέγουν οι αμέτρωτες (οφθαλμικοί φακοί ή φακοί επαφής). Καταγράφηκε επίσης εάν η χρήση της διόρθωσης είναι συνεχής ή περιοδική. Στη συνέχεια ακολούθησε υποκειμενική διάθλαση για όλους τους εξεταζόμενους. Από τους διοπτροφόρους ζητήθηκε να προσέλθουν με τα γυαλιά τους για την επιβεβαίωση της βέλτιστης διάθλασής τους, και από τους χρήστες φακών επαφής να μην τους εφαρμόσουν για διάστημα μίας ημέρας τουλάχιστον.

4.3. Οπτότυπα και Πίνακες μέτρησης Οπτικής Οξύτητας

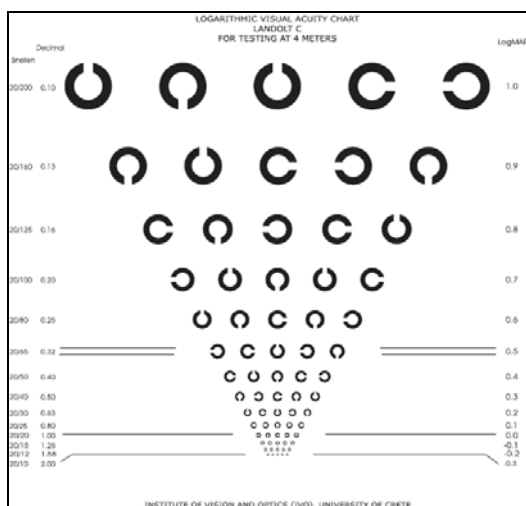
Για την εξέταση επιλέχθηκαν δύο διαφορετικοί πίνακες οπτοτύπων, τους οποίους οι εξεταζόμενοι καλούνταν να αναγνωρίσουν. Ο πρώτος πίνακας αφορούσε την αναγνώριση διαφορετικών γραμμάτων ενώ ο δεύτερος την ανίχνευση του προσανατολισμού ενός οπτοτύπου, ίδιου σε κάθε περίπτωση.

Γράμματα : Για την καταγραφή της οπτικής οξύτητας των εξεταζομένων στα γράμματα (letter acuity), επιλέχθηκαν δύο τροποποιημένοι ETDRS πίνακες του Πανεπιστημίου της Κρήτης οι οποίοι παρουσιάζονταν διαδοχικά (chart 1 για τον δεξιό οφθαλμό και chart 2 για τον αριστερό).



Εικόνα 13: Chart 1 για τον δεξιό οφθαλμό και Chart 2 για τον αριστερό.

Landolt C: Για την καταγραφή της οπτικής οξύτητας στους προσανατολισμούς παρουσιάστηκε ο δακτύλιος του Landolt ή Landolt C, σε τέσσερις διαφορετικές κατευθύνσεις. Τα κενά των δακτυλίων μπορούσαν να χαρακτηριστούν είτε με θέσεις (Επάνω – Κάτω – Δεξιά – Αριστερά), είτε με προσανατολισμούς (Βορράς – Νότος – Ανατολή – Δύση).



Εικόνα 14: Πίνακας Landolt C (logMAR)

4.4. Πειραματική Διαδικασία Μετρήσεων

4.4.1. Υποκειμενική Διάθλαση

Η διαδικασία υποκειμενικής διάθλασης ήταν απαραίτητη για την εύρεση του βέλτιστου σφαιρο-κυλινδρικού σφάλματος των εξεταζομένων, την κατάταξή τους στις διαθλαστικές ομάδες που προαναφέρθηκαν (εμμέτρωπες και μύωπες) και την κατασκευή «θολωτικών» γυαλιών οράσεως βάσει της διάθλασης αυτής. Αρχικά μετρήθηκε η μονόφθαλμη και διόφθαλμη οπτική οξύτητα των εξεταζομένων και στη συνέχεια βρέθηκε η διόφθαλμη διόρθωση για κάθε οφθαλμό.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για τον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος κατά την υποκειμενική εξέταση αποτελούνταν από ένα **φορόπτερο**, για την εύρεση της σφαιρο-κυλινδρικής διόρθωσης των εξεταζομένων και τον προσδιορισμό της συνταγής και από ένα **προβολέα οπτοτύπων για την παρουσίαση απομονωμένων γραμμών οπτοτύπων Snellen**. Παρεμβλήθηκε και πράσινο-κόκκινο φίλτρο για την πραγματοποίηση της διχρωματικής δοκιμασίας και την τελική ρύθμιση του σφαιρώματος.

4.4.2. Κατασκευή «θολωτικών» γυαλιών οράσεως.

Κατά τις πιλοτικές μετρήσεις παρατηρήθηκε δυσανεξία των εξεταζόμενων φορώντας δοκιμαστικό σκελετό που περιείχε δοκιμαστικούς φακούς με τη βέλτιστη διόρθωση και τον «φακό θόλωσης». Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν σκελετοί οράσεως για κάθε εξεταζόμενο, στους οποίους προσαρμόστηκαν οφθαλμικοί φακοί κατάλληλης διαθλαστικής ισχύος για την πρόκληση θόλωσης. Ο τρόπος προσδιορισμού του εκάστοτε «θολωτικού» φακού έγινε διατηρώντας την βέλτιστη κυλινδρική διόρθωση σε περίπτωση αστιγματισμού και εισάγοντας μυωπική θόλωση ισχύος +2,00 διοπτριών στο βέλτιστο σφαίρωμα του εξεταζομένου. Για παράδειγμα στην περίπτωση ενός εξεταζόμενου έχουμε :

Βέλτιστη διόρθωση για τον δεξιό οφθαλμό : -5,25 DS / -0,50 DC X 180

Βέλτιστη διόρθωση για τον αριστερό οφθαλμό : -4,25 DS / -0,50 DC X 180

Η κυλινδρική του διόρθωση θα παραμείνει ως έχει, ενώ στην σφαιρική του διόρθωση θα προστεθεί θετικό σφαίρωμα ισχύος +2,00 DS. Τα «θολωτικά» γυαλιά που θα κατασκευαστούν θα έχουν ως εξής:

Θολωμένη διόρθωση για τον δεξιό Οφθαλμό: -3,25 DS / -0,50 DC X 180

Θολωμένη διόρθωση για τον αριστερό Οφθαλμό: -2,25 DS / -0,50 DC X 180

Οι οφθαλμικοί φακοί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ίδιου τύπου για όλους τους εξεταζόμενους και συγκεκριμένα φακοί από CR 39 (Allyl Diglycol Carbonate), οργανικό πολυμερές με ευρεία χρήση στην βιομηχανία οφθαλμικών φακών. Οι οφθαλμικοί φακοί διέθεταν αντι-χαρακτικές και αντι-ανακλαστικές επιστρώσεις. Ο δείκτης διάθλασης του φακού ήταν 1.50 και το Abbe Value 58.

Πριν την κατασκευή των «θολωτικών» γυαλιών, μεγάλη σημασία δόθηκε στην μέτρηση της διακορική απόσταση του εξεταζομένου και το ύψος των οπτικών κέντρων του φακού. Από τους 15 διαθέσιμους σκελετούς, κάθε εξεταζόμενος επέλεξε αυτόν με την καλύτερη εφαρμογή και κατόπιν ακολούθησε η μέτρηση της διακορικής του απόστασης και ο καθορισμός του ύψους των οπτικών κέντρων από το κάτω μέρος του σκελετού. Ο διορθωτικός τοποθετήθηκε κατάλληλα στο σκελετό, ώστε το οπτικό του κέντρο να αντιστοιχεί στο κέντρο της κόρης κάθε οφθαλμού.

4.4.3. Παραμονή στη θόλωση και προσαρμογή.

Ζητήθηκε από τους εξεταζόμενους να παραμείνουν με τα «θολωτικά» γυαλιά για διάστημα 60 λεπτών, παρακολουθώντας διόφθαλμα από απόσταση 6 μέτρων ταινία της αρεσκείας τους η οποία προβάλλονταν σε οθόνη. Οποιαδήποτε κοντινή εργασία κατά το διάστημα αυτό (διάβασμα ή κινητό τηλέφωνο), αποκλείστηκε.

4.4.4. Διαδικασία Μέτρησης Οπτικής Οξύτητας (3 μετρήσεις)

Σε κάθε περίπτωση η οπτική οξύτητα καθορίστηκε από τον μέγιστο αριθμό των γραμμμάτων που οι εξεταζόμενοι αναγνώριζαν σωστά. Καλούνταν να αναφέρουν κάθε γράμμα που αναγνώριζαν από οποιαδήποτε σειρά του κλινικού πίνακα. Συστάθηκε στους εξεταζόμενους να μην στενεύουν τη βλεφαρική τους σχισμή μισοκλείνοντας τα μάτια. Συνολικά, η οπτική οξύτητα μετρήθηκε τρεις φορές, κάθε φορά και με τα δύο ερεθίσματα (γράμματα και προσανατολισμοί Landolt C).

1. Οπτική Οξύτητα με τη βέλτιστη διόρθωση.
2. Οπτική Οξύτητα με την επίδραση θόλωσης + 2,00 D.
3. Οπτική Οξύτητα μετά από 60 λεπτά παραμονής υπό την επίδραση της θόλωσης +2,00D.

4.4.5. Συσκευή Αντικειμενικής Διάθλασης

Για την αντικειμενική μέτρηση της διαθλαστικής κατάστασης των εξεταζομένων χρησιμοποιήθηκε το αυτόματο διαθλασίμετρο HRK – 7000 της εταιρείας HUVITZ. Το αυτοματοποιημένο αυτό διαθλασίμετρο – κερατόμετρο βασίζεται στην τεχνολογία μετώπου κύματος και συγκεκριμένα στην εκτροπομετρία Hartmann – Shack. Το πλεονέκτημά του σε σχέση με τα κοινά διαθλασίμετρα είναι η περιοχή μικροφακών που διαθέτει καταγράφοντας πληροφορίες από 25 σημεία του κερατοειδούς (στο επίπεδο της κόρης), δίνοντας ακριβέστερες πληροφορίες για το οπτικό σύστημα του εξεταζόμενου. Καταγράφηκαν σφαιρο-κυλινδρικές ενδείξεις για κάθε οφθαλμό. Κάθε ένδειξη αποτελούσε το μέσο όρο τριών διαδοχικών μετρήσεων.

Για να διαπιστωθεί πιθανή μεταβολή της διαθλαστικής κατάστασης των οφθαλμών μετά την προσαρμογή στη θόλωση, επαναλήφθηκε και δεύτερη φορά η αντικειμενική μέτρηση της διάθλασης, μετά από διάστημα 90 λεπτών περίπου από την προηγούμενη. Οι σφαιρο-κυλινδρικές ενδείξεις του αυτόματου διαθλασίμετρου HRK 7000 καταγράφηκαν και συγκρίθηκαν με τις αρχικές. Η τελική μέτρηση για κάθε οφθαλμό εξήχθη και πάλι από τον μέσο όρο τριών μετρήσεων.



Εικόνα 15: Αυτόματο διαθλασίμετρο HRK 7000 της Huvitz.

4.4.6. Συνοπτική Διαδικασία Μετρήσεων

Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολούθηθηκε, βήμα προς βήμα:

- 1^ο : Υποκειμενική αξιολόγηση βέλτιστου σφαιρο-κυλινδρικού σφάλματος.
- 2^ο: Κατάταξη σε διαθλαστική ομάδα. Καταγραφή ηλικίας. Εύρεση κυρίαρχου οφθαλμού. Είδος διόρθωσης (γυαλιά ή φακοί επαφής) και περίοδος χρήσης. Ηλικία εμφάνισης αμετροπίας.
- 3^ο: Αντικειμενική αξιολόγηση διαθλαστικής κατάστασης του οφθαλμού (HRK7000).
- 4^ο: Καταγραφή Οπτικής Οξύτητας με την καλύτερη δυνατή διόρθωση.
 - Δ.Ο : α) τροποποιημένος ETDRS πίνακας (chart 1) β) πίνακας Landolt C
 - Α.Ο : α) τροποποιημένος ETDRS πίνακας (chart 2) β) πίνακας Landolt C
- 5^ο: Πρόκληση σφαιρικής διοπτρικής θόλωσης με την τοποθέτηση σφαιρικού οφθαλμικού φακού +2.00 πάνω από τη μακρινή διόρθωση του εξεταζόμενου.
- 6^ο: Καταγραφή Οπτικής Οξύτητας αμέσως μετά τη θόλωση.
 - Δ.Ο : α) τροποποιημένος ETDRS πίνακας (chart 1) β) πίνακας Landolt C
 - Α.Ο : α) τροποποιημένος ETDRS πίνακας (chart 2) β) πίνακας Landolt C
- 7^ο: Μακρινή εστίαση από απόσταση 6 περίπου μέτρων. Προβολή ταινίας για 60 λεπτά. Αποκλείεται οποιαδήποτε κοντινή δραστηριότητα, όπως διάβασμα ή ενασχόληση με το κινητό τηλέφωνο.
- 8^ο: Καταγραφή Οπτικής Οξύτητας μετά από 60 λεπτά παραμονής στη «θόλωση».
 - Δ.Ο : α) τροποποιημένος ETDRS πίνακας (chart 1) β) πίνακας Landolt C
 - Α.Ο : α) τροποποιημένος ETDRS πίνακας (chart 2) β) πίνακας Landolt C
- 9^ο: Αντικειμενική αξιολόγηση διαθλαστικής κατάστασης του οφθαλμού (HRK7000).

4.5. Στατιστική Ανάλυση

Η καταγραφή των δεδομένων έγινε στο Microsoft Excel 2003, ενώ η επεξεργασία και ανάλυση έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 15. Αναλυτικά παρατίθενται οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν:

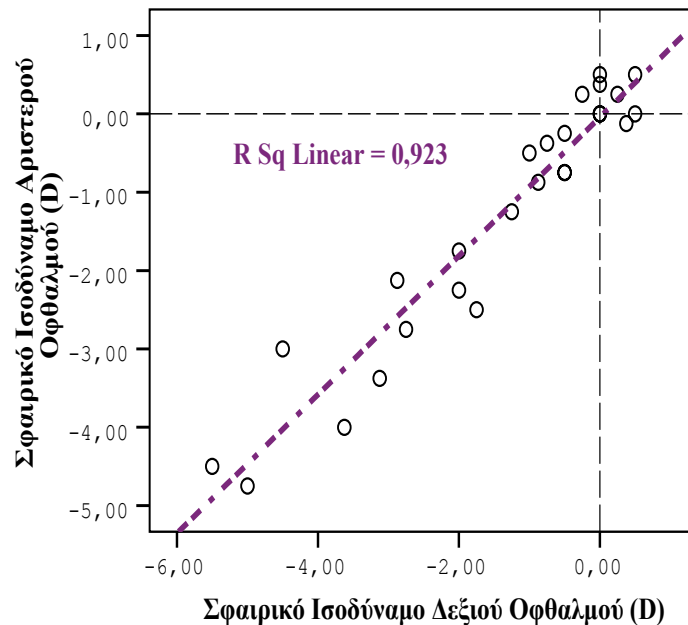
- Δίπλευρος έλεγχος t συσχετισμένων τιμών (paired t -test), για τη στατιστική σύγκριση παρατηρήσεων κατά ζεύγη. Αυτός ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για τη σύγκριση του δεξιού και αριστερού οφθαλμού κάθε εξεταζόμενου, για τη σύγκριση κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού κάθε εξεταζόμενου καθώς και για τη σύγκριση των δύο πινάκων μεταξύ τους.
- Δίπλευρος έλεγχος t μη συσχετισμένων τιμών (independent t -test), για τη σύγκριση διαφόρων παραμέτρων των δύο διαθλαστικών ομάδων.
- Συντελεστής συσχέτισης 'r' του Pearson που μετρά την ένταση της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών.
- Συντελεστής ICC (Intraclass Correlation Coefficient) για τη συσχέτιση δεξιού και αριστερού οφθαλμού ως προς το σφαιρικό ισοδύναμο διάθλασης ή την οπτική οξύτητα. Τιμή του ICC=0 υποδηλώνει μηδενική συσχέτιση ενώ τιμή του ICC=1 υποδηλώνει τέλεια συσχέτιση μεταξύ των δύο οφθαλμών ως προς ένα κοινό χαρακτηριστικό.
- Διάγραμμα διασποράς (scatter plot).
- Απλή γραμμική παλινδρόμηση για την πρόβλεψη της μείωσης της οπτικής οξύτητας από τη βέλτιστη οπτική οξύτητα και αντίστοιχα, για την πρόβλεψη της βελτίωσης της οπτικής οξύτητας από τη μείωση στη συνθήκη της θόλωσης.
- Γραφική μέθοδος Bland – Altman για τη σύγκριση των δύο διαφορετικών κλινικών πινάκων, του τροποποιημένου ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης και του πίνακα προσανατολισμών του Landolt C. Οι διακεκομμένες γραμμές ορίζουν τα 95% όρια συμφωνίας μέσα στα οποία ο πίνακας των γραμμάτων υπερεκτιμά ή υποεκτιμά την οπτική οξύτητα σε σχέση με τον πίνακα του Landolt C.
- Το επίπεδο δίπλευρης σημαντικότητας ορίστηκε σε: $\alpha = 5\%$.

Κεφάλαιο 5^ο : Ανάλυση – Αποτελέσματα

5.1. Συνθήκη Βέλτιστης Διόρθωσης

5.1.1. Συσχέτιση διαθλαστικού σφάλματος δεξιού- αριστερού οφθαλμού.

Υπάρχει πολύ ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ του διαθλαστικού σφάλματος (σφαιρικού ισοδύναμου) του δεξιού και του αριστερού οφθαλμού, όπως βρέθηκε με τον συντελεστή ICC (ICC=0,96, διάστημα εμπιστοσύνης από 0,91 έως 0,98). Εξετάστηκε και το αντίστοιχο γράφημα διασποράς που δείχνει τη σχέση μεταξύ σφαιρικού ισοδύναμου δεξιού και αριστερού οφθαλμού. Δεν υπάρχουν ενδείξεις καμπύλης σχέσης ή επιδράσεις έντονα απομακρυσμένων τιμών.

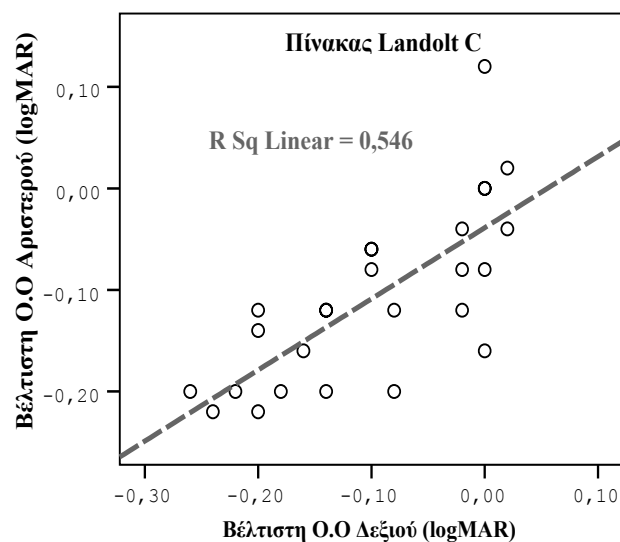
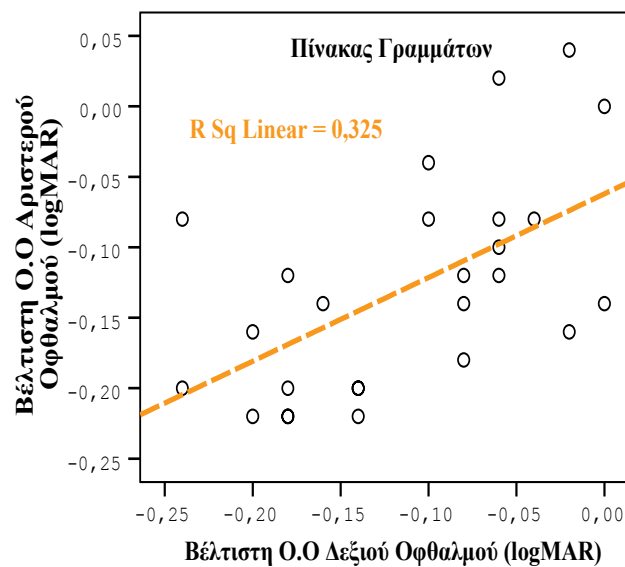


Γράφημα 1: Διασπορά Τιμών Σφαιρικού Ισοδύναμου (D) Δεξιού και Αριστερού Οφθαλμού στη συνθήκη της βέλτιστης διόρθωσης. Δεν υπάρχουν έντονα απομακρυσμένες τιμές.

Η συσχέτιση μεταξύ των δύο οφθαλμών ως προς το σφαιρικό διαθλαστικό ισοδύναμο είναι υψηλή, προκειμένου όμως να έχουμε συνολική εικόνα για κάθε εξεταζόμενο, στις αναλύσεις που ακολουθούν θα λαμβάνουμε υπ' όψιν τη μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού.

5.1.2. Συσχέτιση Οπτικής Οξύτητας δεξιού και αριστερού οφθαλμού.

Υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ οπτικής οξύτητας δεξιού και αριστερού οφθαλμού όπως βρέθηκε με τον συντελεστή ICC για τον τροποποιημένο ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης (ICC=0,56, διάστημα εμπιστοσύνης από 0,24 έως 0,78). Το ίδιο συμβαίνει μεταξύ οπτικής οξύτητας δεξιού και αριστερού οφθαλμού στον πίνακα του Landolt C, όπως βρέθηκε με τον ίδιο συντελεστή συσχέτισης (ICC=0,74, διάστημα εμπιστοσύνης από 0,51 έως 0,88). Εξετάζουμε και τα αντίστοιχα γραφήματα διασποράς:



Γράφημα 2,3: Διασπορά Τιμών Οπτικής Οξύτητας (logMAR) Δεξιού & Αριστερού οφθαλμού σε συνθήκη Βέλτιστης Διόρθωσης με τον τροποποιημένο πίνακα ETDRS του Πανεπιστημίου Κρήτης & με τον πίνακα Landolt C.

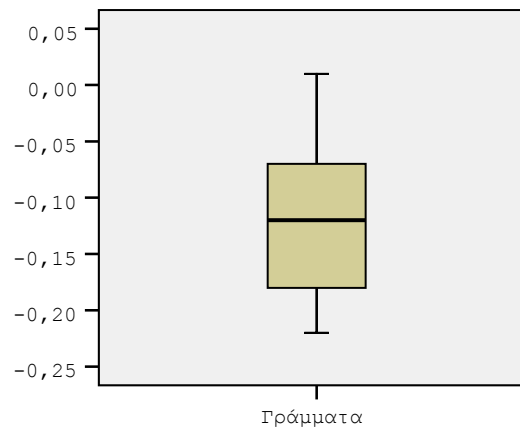
5.1.3. Συχνότητα Εμφάνισης Οπτικής Οξύτητας για δύο πίνακες οπτοτύπων.

Γράμματα Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

4,00 -2 . 0012
 8,00 -1 . 55677889
 3,00 -1 . 013
 8,00 -0 . 67778999
 1,00 -0 . 2
 2,00 0 . 01

Stem width: ,10
 Each leaf: 1 case(s)

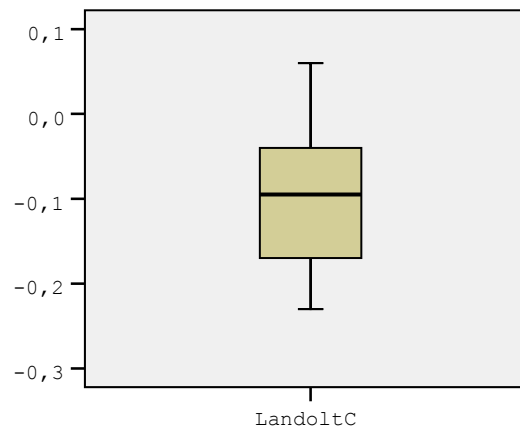


Landolt C Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

4,00 -2 . 1133
 5,00 -1 . 66779
 4,00 -1 . 0334
 6,00 -0 . 578889
 3,00 -0 . 134
 3,00 0 . 002
 1,00 0 . 6

Stem width: ,10
 Each leaf: 1 case(s)

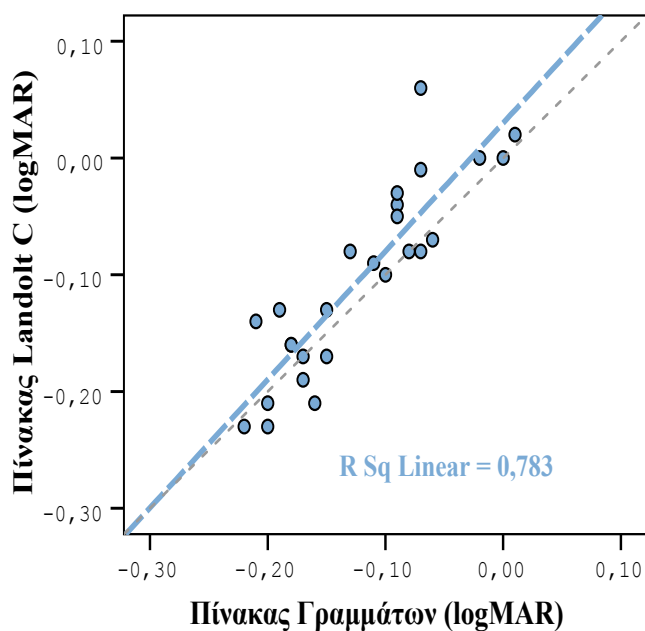


Γράφημα 4,5: Διαγράμματα Μίσχου και Φύλλου. Συχνότητες εμφάνισης μέσης Οπτικής Οξύτητας δεξιού και αριστερού οφθαλμού σε συνθήκη βέλτιστης διόρθωσης για τον τροποποιημένο ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης & τον πίνακα Landolt C. Οι κατανομές συχνοτήτων φαίνονται κανονικές οπότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε παραμετρικούς στατιστικούς ελέγχους.

5.1.4. Συσχέτιση και σύγκριση πινάκων: Γράμματα - Landolt C.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Γράμματα	-0,12	0,07
Landolt C	-0,10	0,08
Διαφορά μεταξύ πινάκων	-0,02	0,04

Υπάρχει ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της οπτικής οξύτητας (μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού) στον πίνακα των γραμμάτων και τον πίνακα των προσανατολισμών, όπως βρέθηκε με τον συντελεστή συσχέτισης του Pearson ($r=0,89$, $\beta.\epsilon=24$, $p<0,001$).



Γράφημα 6: Διάγραμμα διασποράς βέλτιστης οπτικής οξύτητας στον πίνακα Landolt C συναρτήσει του πίνακα γραμμάτων σε κλίμακα logMAR.

Η διαφορά στην βέλτιστη οπτική οξύτητα μεταξύ του πίνακα γραμμάτων και προσανατολισμών είναι ίση με $-0,02$ logMAR. Το διάστημα εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς αυτής είναι $-0,034$ έως $-0,002$, οπότε η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\beta.\epsilon=25$, $p=0,025$).

5.1.5. Εκτίμηση συμφωνίας του τροποποιημένου ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης και του Landolt C.

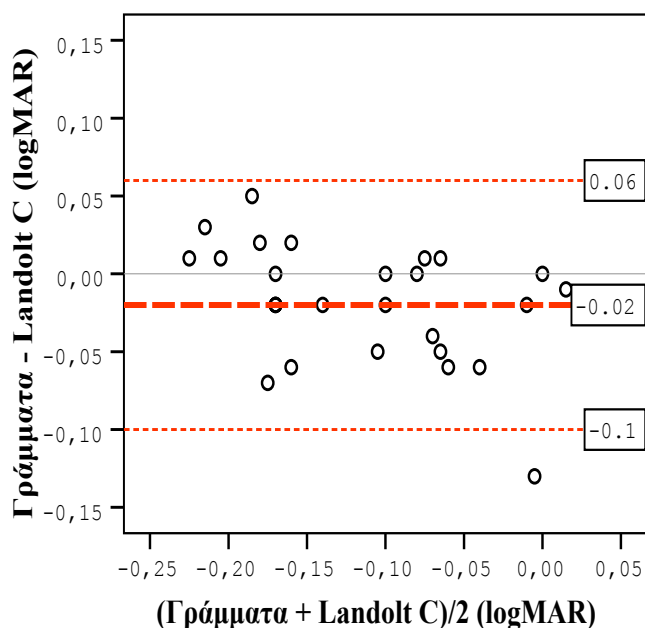
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 2</u>	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Βέλτιστη Οπτική Οξύτητα (logMAR)					
Γράμματα – Landolt C	26	-0,13	0,05	-0,02	0,04
(Γράμματα + Landolt C) / 2	26	-0,23	0,02	-0,11	0,07

Ορίζουμε ως “ d ” τη μέση διαφορά και ως “ s “ την τυπική απόκλιση των διαφορών, ο υπολογισμός των ορίων συμφωνίας γίνεται ως εξής:

$$d + 2 * s = -0,02 + 2 * 0,04 = 0,06$$

$$d - 2 * s = -0,02 - 2 * 0,04 = -0,1$$

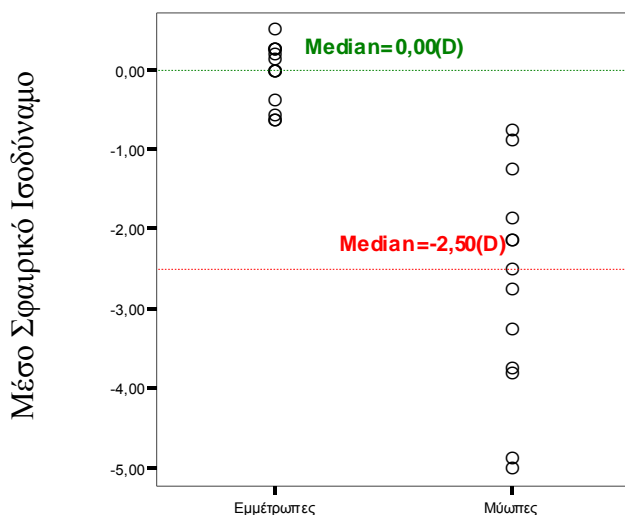
Ακολουθεί γράφημα Bland Altman για τον έλεγχο της συμφωνίας μεταξύ των δύο πινάκων μέτρησης της οπτική οξύτητας, ώστε να μελετήσουμε κατά πόσο οι διαφορές μεταξύ των πινάκων τείνουν να αλλάζουν ανάλογα με την μέση τιμή των μετρήσεων της οπτικής οξύτητας.



Γράφημα 7: **Bland Altman**: Η έντονα κόκκινη διακεκομμένη γραμμή είναι η μέση τιμή της διαφοράς των δύο πινάκων και οι λεπτότερες παράλληλες τα όρια συμφωνίας των δύο πινάκων. Η μαύρη γραμμή είναι η γραμμή τάσης, που δείχνει ότι όσο καλύτερη η μέση οπτική οξύτητα (άξονας X), τόσο μικρότερες οι διαφορές μεταξύ των δύο κλινικών πινάκων (άξονας Y). Τιμές πάνω από τη γκριζα γραμμή αναφοράς του μηδενός (στον άξονα y) παρουσιάζουν άτομα που εμφάνισαν μεγαλύτερη οπτική οξύτητα στον πίνακα του Landolt. Τιμές κάτω από τη γραμμή του μηδενός υποδηλώνουν καλύτερη οπτική οξύτητα στον πίνακα των γραμμάτων.

5.1.6. Σύγκριση οπτικής οξύτητας εμμετρώπων και μυώπων για τους δύο πίνακες οπτοτύπων.

Αρχικά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το μέσο σφαιρικό διαθλαστικό ισοδύναμο για την ομάδα των δεκατριών εμμετρώπων είναι $-0,05\text{ D}$ ($\tau.\alpha=0,38$, διάμεσος= $0,00$) με ελάχιστο τις $-0,63\text{ D}$ και μέγιστο τις $0,50\text{ D}$, και των μυώπων αντίστοιχα $-2,70$ ($\tau.\alpha=1,40$, διάμεσος = $-2,50$), με ελάχιστο τις $-5,00\text{ D}$ και μέγιστο τις $-0,75\text{ D}$.



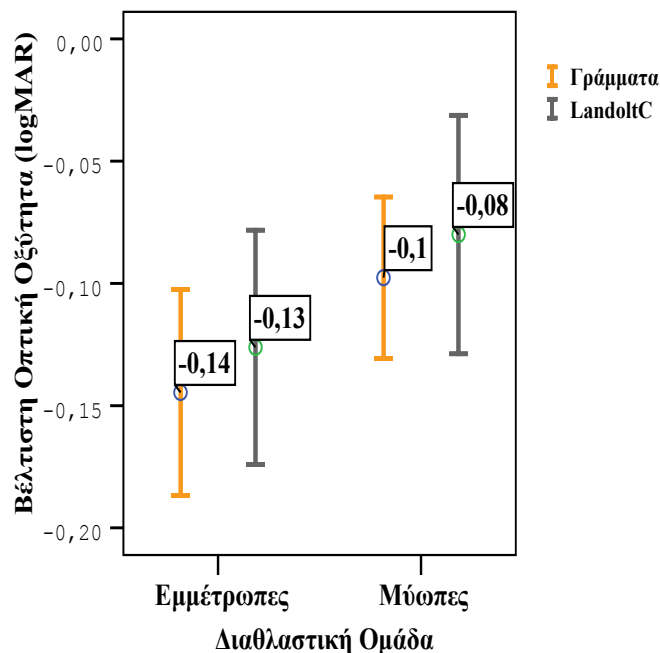
Γράφημα 8: Μέσο σφαιρικό ισοδύναμο ανά διαθλαστική ομάδα. Κάθε κουκίδα αντιστοιχεί στη μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού ενός εξεταζόμενου.

Ο ακόλουθος πίνακας περιλαμβάνει τις τιμές της βέλτιστης οπτικής οξύτητας ανά κλινικό πίνακα για τους εμμέτρωτες και τους μυώτες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3					
Βέλτιστη Διόρθωση	Διαθλαστική Ομάδα	N	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Διαφορά σε οπτότυπα
Πίνακας Γραμμάτων	Εμμέτρωτες	13	-0,14	0,07	2 (0,04logMAR)
	Μύωτες	13	-0,10	0,05	
Landolt C	Εμμέτρωτες	13	-0,13	0,08	2,5 (0,05logMAR)
	Μύωτες	13	-0,08	0,08	

→ Για τον πίνακα γραμμάτων ETDRS του Παν. Κρήτης παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στη μέση οπτική οξύτητα με τη βέλτιστη διόρθωση, μεταξύ εμμετρώπων (Μέση τιμή= $-0,14\text{ logMAR}$, $TA=0,07$) και μυώπων (Μέση τιμή= $-0,10\text{ logMAR}$, $TA=0,05$) αλλά η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.\epsilon=24$, $p=0,068$).

→ Για τον πίνακα Landolt C υπάρχει διαφορά στη μέση οπτική οξύτητα μεταξύ εμμετρώπων (Μέση τιμή= $-0,13\text{ logMAR}$, $TA=0,08$) και μυώπων (Μέση τιμή= $-0,08\text{ logMAR}$, $TA=0,08$) αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.\epsilon=24$, $p=0,154$).



Γράφημα 9: Μέση Βέλτιστη Οπτική Οξύτητα (δεξιού και αριστερού οφθαλμού) ανά διαθλαστική ομάδα για τον πίνακα των γραμμάτων και το Landolt C. Παρατηρούμε α) ότι οι εμμέτρωπες εμφανίζουν καλύτερη οπτική οξύτητα από τους μύωπες σε κάθε κλινικό πίνακα και β) ότι και για τις δύο διαθλαστικές ομάδες καλύτερη οπτική οξύτητα καταγράφεται για τον πίνακα των γραμμάτων. Σημειώνουμε ότι περισσότερο αρνητικές τιμές στην κλίμακα logMAR αντιστοιχούν σε καλύτερη οπτική οξύτητα.

5.1.7. Σύγκριση κυρίαρχου - μη κυρίαρχου οφθαλμού ανά κλινικό πίνακα.

Βέλτιστη Οπτική Οξύτητα (logMAR)		Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Γράμματα	Κυρίαρχος	-0,13	0,07
	Μη κυρίαρχος	-0,11	0,08
Landolt C	Κυρίαρχος	-0,10	0,08
	Μη κυρίαρχος	-0,10	0,09

→ Για τον πίνακα των γραμμάτων, η βέλτιστη οπτική οξύτητα του κυρίαρχου οφθαλμού βρέθηκε ίση με $-0,13$ logMAR (TA=0,07) και του μη κυρίαρχου ίση με $-0,11$ logMAR (TA=0,08). Η διαφορά είναι ίση με $-0,02$ logMAR, το διάστημα εμπιστοσύνης 95% είναι $-0,04$ έως $0,01$ logMAR οπότε η διαφορά είναι δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\beta.\varepsilon=25$, $p=0,244$).

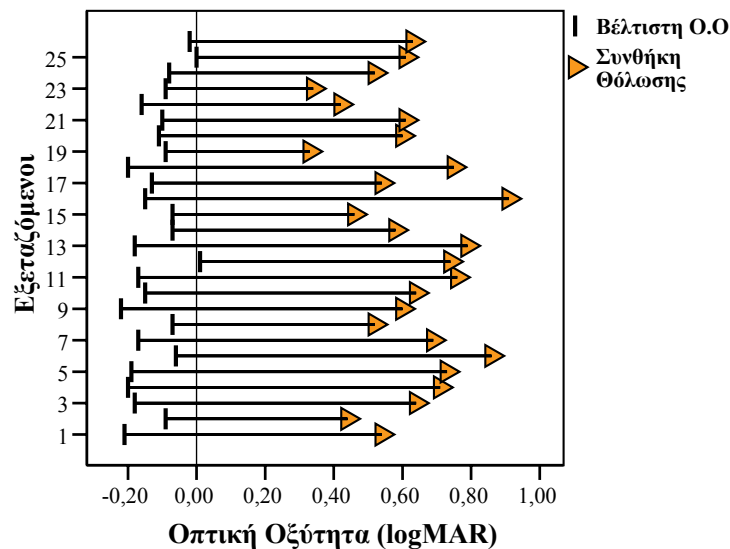
→ Για τον πίνακα του Landolt C, η βέλτιστη οπτική οξύτητα του κυρίαρχου οφθαλμού βρέθηκε ίση με $-0,10$ logMAR (TA=0,08) και του μη κυρίαρχου ίση με $-0,10$ logMAR (TA=0,09), οπότε δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού.

5.2. Επίδραση θόλωσης +2,00D στη βέλτιστη οπτική οξύτητα.

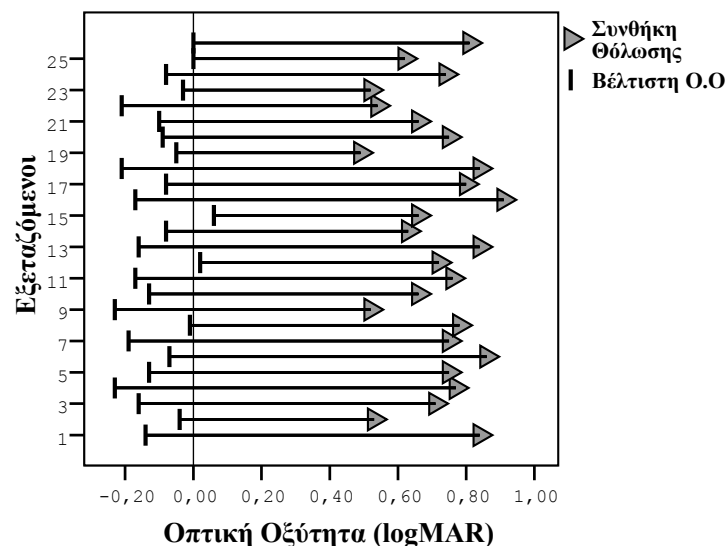
5.2.1. Βέλτιστη Διόρθωση & Συνθήκη Θόλωσης

Τα ακόλουθα γραφήματα εμφανίζουν την 1^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας από τη συνθήκη της βέλτιστης διόρθωσης στη συνθήκη της θόλωσης για κάθε εξεταζόμενο σε κάθε κλινικό πίνακα.

Πίνακας Γραμμάτων



Πίνακας Landolt C



Γράφημα 10,11: 1^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας υπό την επίδραση θόλωσης +2,00D για κάθε εξεταζόμενο όπως μετρήθηκε με τον τροποποιημένο ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης (1^ο γράφημα) και με τον πίνακα του Landolt C (2ο γράφημα). Σημειώνεται η αρχική, βέλτιστη οπτική οξύτητα και η οπτική οξύτητα παρουσία θόλωσης. Η κατεύθυνση των βελών προς τις μεγαλύτερες τιμές του άξονα χ υποδηλώνει **μείωση** της οπτικής οξύτητας στην κλίμακα logMAR. Σημειώνουμε ότι στον οριζόντιο άξονα η τιμές της οπτικής οξύτητας είναι μέσες τιμές δεξιού και αριστερού οφθαλμού.

Αφού είδαμε γραφικά τις τιμές της οπτικής οξύτητας στις δύο συνθήκες για κάθε εξεταζόμενο, θα παρουσιάσουμε στον Πίνακα 5 που ακολουθεί, τις μέσες τιμές της οπτικής οξύτητας α) για τη συνθήκη βέλτιστης διόρθωσης και β) για τη συνθήκη της θόλωσης όπως καταγράφηκαν για τον πίνακα των γραμμάτων και τον πίνακα του Landolt C. Υπενθυμίζουμε ότι για κάθε εξεταζόμενο έχει ληφθεί η μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού, όπως μετρήθηκε σε κλίμακα logMAR. Η τρίτη στήλη του πίνακα δείχνει τη μεταβολή από τη βέλτιστη οπτική οξύτητα στην οπτική οξύτητα παρουσία θόλωσης, η οποία στο εξής χάριν συντομίας θα καλείται «1^η Μεταβολή» της Οπτικής Οξύτητας.

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 5</u>	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR)	ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR) ΣΤΗ ΣΥΝΘΗΚΗ ΘΟΛΩΣΗΣ (+2,00D)	ΜΕΣΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ [1^η ΜΕΤΑΒΟΛΗ]
Γράμματα	-0,12 (0,07)	0,61 (0,15)	-0,74 (0,17)
Landolt C	-0,10 (0,08)	0,71 (0,12)	-0,81 (0,16)
Διαφορά μεταξύ πινάκων	-0,02 (0,04)	-0,10 (0,10)	0,08 (0,08)

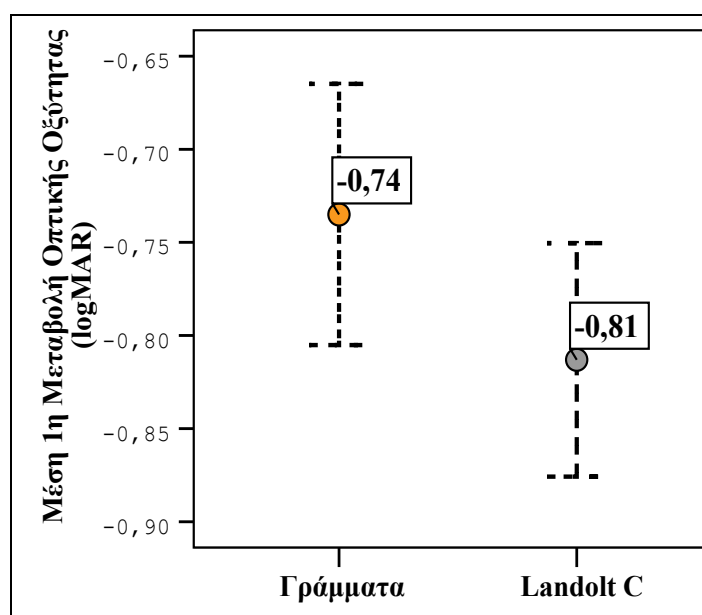
→ Για τον πίνακα των γραμμάτων, η οπτική οξύτητα στη συνθήκη βέλτιστης διόρθωσης είναι -0,12 logMAR (T.A= 0,07) και στη συνθήκη θόλωσης είναι 0,61 logMAR (T.A= 0,15). Η διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών είναι ίση με -0,74 logMAR (T.A=0,17), όπου **το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει τη μείωση της οπτικής οξύτητας που προκάλεσε η θόλωση**. Το διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από -0,81 έως -0,66, οπότε η μεταβολή αυτή είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=25, p<0,001).

→ Για τον πίνακα του Landolt C, η οπτική οξύτητα στη συνθήκη βέλτιστης διόρθωσης είναι -0,10 logMAR (T.A= 0,08) και στη συνθήκη θόλωσης είναι 0,71 logMAR (T.A= 0,12). Η διαφορά μεταξύ των συνθηκών είναι -0,81 logMAR (T.A=0,16) όπου επίσης έχουμε **μείωση οπτικής οξύτητας λόγω της επίδρασης της θόλωσης**. Το διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς αυτής είναι από -0,88 έως -0,75, οπότε η μεταβολή αυτή είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=25 , p<0,001).

5.2.2. Τροποποιημένος Πίνακας Γραμμάτων Παν.Κρήτης & Landolt C

5.2.2.1. Σύγκριση πινάκων στην 1^η Μεταβολή της Οπτικής Οξύτητας.

Όπως είδαμε προηγουμένως, η παρουσία της θόλωσης +2,00D, προκάλεσε μείωση της οπτικής οξύτητας τόσο στον τροποποιημένο ETDRS πίνακα γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης (ανίχνευση γραμμάτων), όσο και στον πίνακα του Landolt C (ανίχνευση προσανατολισμών). Το ακόλουθο γράφημα δείχνει τη μεταβολή αυτή.

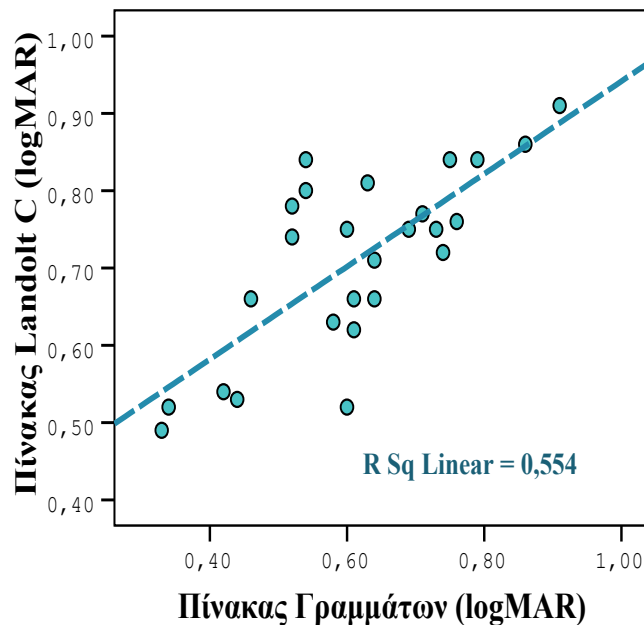


Γράφημα 12: 1^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας για τον τροποποιημένο πίνακα των γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης και τον πίνακα του Landolt C. Η κεντρική κουκίδα δείχνει τη μέση τιμή της μείωσης για κάθε πίνακα και τα error bars το 95% διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου. Αυξημένες αρνητικές τιμές στον άξονα y δηλώνουν μεγαλύτερη μείωση, οπότε και χαμηλότερη οπτική οξύτητα. Οι τιμές αφορούν μέσους όρους από τους 26 εξεταζόμενους.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στη μέση τιμή της 1^{ης} μεταβολής της οπτικής οξύτητας στον πίνακα γραμμάτων (Μέση μείωση= -0,74 logMAR, T.A=0,17) και τον πίνακα Landolt C (Μέση Μείωση= -0,81 logMAR, T.A= 0,16). Η διαφορά αυτή είναι περίπου ίση με 0,08 logMAR και αντιστοιχεί σε 4 σχεδόν γράμματα της κλίμακας logMAR, αφού κάθε γράμμα έχει βαρύτητα 0,02 logMAR. Το διάστημα εμπιστοσύνης βρίσκεται μεταξύ των τιμών 0,04 και 0,11 logMAR, οπότε η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική με (β.ε=25, **p<0,001**).

5.2.2.2. Εκτίμηση συμφωνίας πινάκων στη συνθήκη της θόλωσης.

Σε προηγούμενους πίνακες είδαμε ότι στη συνθήκη της θόλωσης, η Οπτική Οξύτητα για τον πίνακα γραμμάτων είναι 0,61 (T.A=0,15) και για τον πίνακα του Landolt C είναι 0,71 (T.A=0,12). Ελέγχουμε το διάγραμμα διασποράς και την κατανομή της διαφοράς μεταξύ των πινάκων και έχουμε:

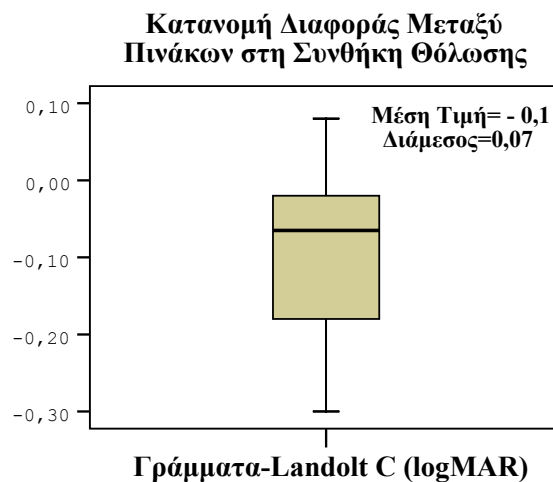


Γράφημα 13: Γράφημα διασποράς της Οπτικής Οξύτητας στον πίνακα του Landolt C συναρτήσει της Οπτικής Οξύτητας στον πίνακα γραμμάτων στη συνθήκη της θόλωσης.

Διάγραμμα Μίσχου & Φύλλου

Συχνότητα	Stem & Leaf
,00	-3 .
2,00	-2 . 66
1,00	-2 . 2
4,00	-1 . 5688
2,00	-1 . 02
8,00	-0 . 55566799
4,00	-0 . 0122
4,00	0 . 0002
1,00	0 . 8

Stem width: ,10
Each leaf: 1 case(s)



Γράφημα 14. Διάγραμμα συχνοτήτων της διαφοράς μεταξύ των πινάκων. Παρατηρούμε ότι η κατανομή της διαφοράς είναι κανονική.

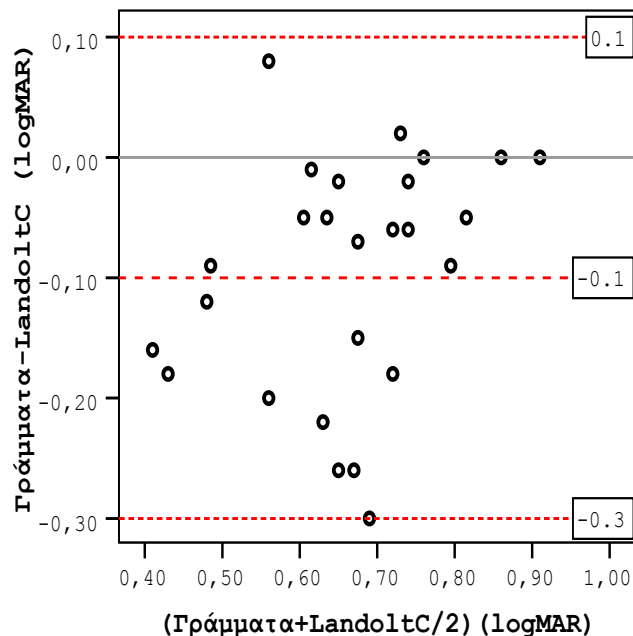
Εάν ορίσουμε ως d τη μέση διαφορά και ως s την τυπική απόκλιση των διαφορών, ο υπολογισμός των ορίων συμφωνίας γίνεται ως εξής:

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 6</u>					
Συνθήκη Θόλωσης	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Διαφορά Μεταξύ Πινάκων	26	-0,30	0,08	-0,10	0,10
Μέση τιμή πινάκων	26	0,41	0,91	0,66	0,12

$$d + 2 * s = -0,10 + 2*0,10 = 0,10$$

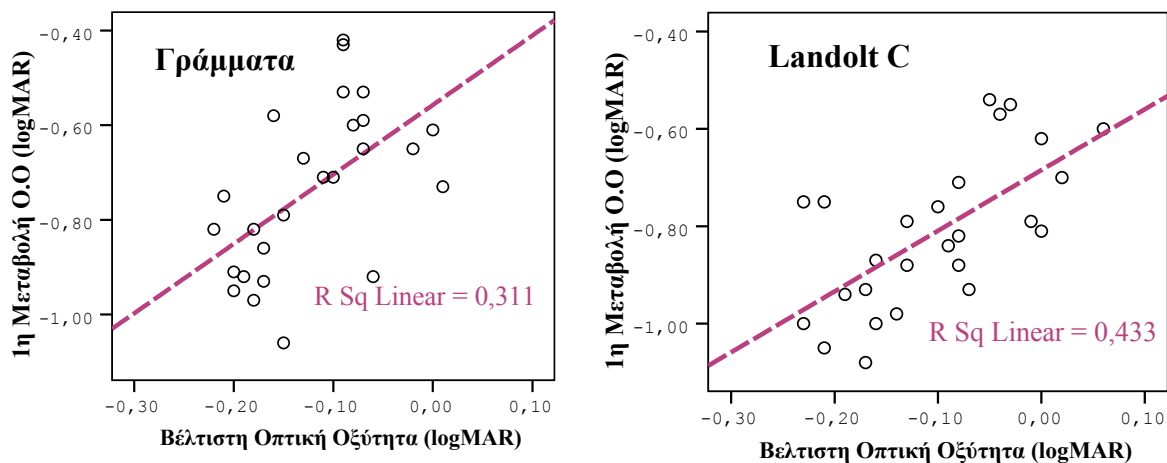
$$d - 2 * s = -0,10 - 2*0,10 = -0,30$$

Ακολουθεί γράφημα Bland Altman για τον έλεγχο της συμφωνίας μεταξύ δύο μεθόδων μέτρησης της οπτικής οξύτητας, του πίνακα γραμμάτων και του πίνακα Landolt C στη συνθήκη της θόλωσης.



Γράφημα 15: **Bland Altman** για τη συμφωνία πίνακα γραμμάτων και Landolt C στη συνθήκη της θόλωσης. Η έντονη κόκκινη διακεκομμένη γραμμή απεικονίζει τη μέση τιμή της διαφοράς και οι παράλληλες διακεκομμένες τα όρια συμφωνίας. Η γραμμή που αντιστοιχεί στο 0 του άξονα y υποδηλώνει μηδενική διαφορά μεταξύ των πινάκων.

5.2.2.3. 1^η Μεταβολή οπτικής οξύτητας συναρτήσει αρχικής οπτικής οξύτητας.



Γράφημα 16: Πίνακας Γραμμάτων: 1^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας συναρτήσει αρχικής βέλτιστης οπτικής οξύτητας. ($\alpha=-0,56$ και $B= 1,47$). Παρατηρούμε ότι για καλύτερες τιμές αρχικής οξύτητας, παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες μεταβολές της οπτικής οξύτητας στη συνθήκη της θόλωσης. Γράφημα 17: Πίνακας προσανατολισμών Landolt C: Για μεγαλύτερες τιμές αρχικής οξύτητας έχουμε μεγαλύτερες μεταβολές στη συνθήκη της θόλωσης ($\alpha=-0,59$ και $B= 1,39$).

Το πρώτο από τα δύο διαγράμματα διασποράς αφορά τη σχέση μεταξύ 1^{ης} μεταβολής Οπτικής Οξύτητας και της αρχικής βέλτιστης Οπτικής Οξύτητας για τον πίνακα των γραμμάτων και δείχνει μία θετική γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Από την εξίσωση $Y' = - 0,56 + 1,47 * X$ θα μπορούσαμε να προβλέψουμε την τιμή της μείωσης της οπτικής οξύτητας (Y') εάν ξέραμε τη βέλτιστη οπτική οξύτητα στον πίνακα των γραμμάτων (X). Το διάστημα εμπιστοσύνης 95% για την κλίση της ευθείας παλινδρόμησης είναι 0,55 έως 2,39. Καθώς αυτό το διάστημα εμπιστοσύνης δεν περιέχει το 0,00, η κλίση διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή.

Το δεύτερο διάγραμμα διασποράς αφορά τη σχέση μεταξύ 1^{ης} μεταβολής Οπτικής Οξύτητας & αρχικής βέλτιστης Οπτικής Οξύτητας για τον πίνακα του Landolt C και δείχνει όπως και στον πίνακα γραμμάτων, μία θετική γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Από την εξίσωση $Y'' = - 0,59 + 1,39 * X'$ θα μπορούσαμε να προβλέψουμε την τιμή της μείωσης της οπτικής οξύτητας (Y'') εάν ξέραμε τη βέλτιστη οπτική οξύτητα στον πίνακα του Landolt (X'). Το διάστημα εμπιστοσύνης 95% για την κλίση της ευθείας παλινδρόμησης είναι 0,71 έως 2,06 οπότε η κλίση διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή.

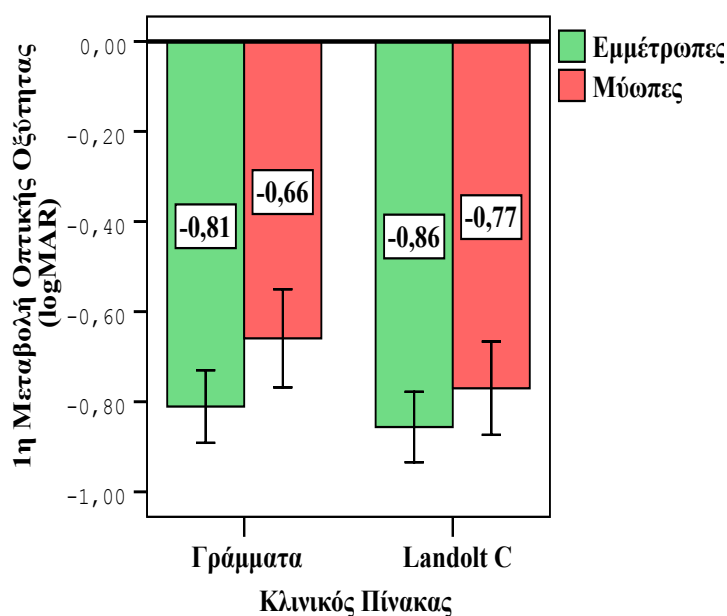
5.2.3. Σύγκριση Διαθλαστικών ομάδων: Εμμέτρωτες και Μύωπες

5.2.3.1. Διαφορές μεταξύ ομάδων στην 1^η Μεταβολή της Οπτικής Οξύτητας.

Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέσες τιμές της οπτικής οξύτητας α) για τη συνθήκη της βέλτιστης διόρθωσης, β) για τη συνθήκη της θόλωσης και γ) για την μεταβολή ανάμεσα στις δύο προηγούμενες συνθήκες, όπως καταγράφηκαν για εμμέτρωτες και μύωπες σε κάθε κλινικό πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7	ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR) ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΘΟΛΩΣΗ	ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR) ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΘΟΛΩΣΗ (+2,00D)	ΜΕΣΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ [1^η ΜΕΤΑΒΟΛΗ]
Γράμματα	Εμμέτρωτες	-0,14 (0,07)	0,67 (0,12)	-0,81 (0,13)
	Μύωπες	-0,10 (0,05)	0,56 (0,16)	-0,66 (0,18)
Landolt C	Εμμέτρωτες	-0,13 (0,08)	0,73 (0,11)	-0,86 (0,13)
	Μύωπες	-0,08 (0,08)	0,69 (0,13)	-0,77 (0,17)
Γράμματα	Διαφορά Μεταξύ Ομάδων	-0,05 (0,02)	0,10 (0,05)	0,15 (0,06)
Landolt C		-0,05 (0,03)	0,04 (0,05)	0,09 (0,06)

Σημειώνουμε αρχικά ότι οι διαφορές από τη βέλτιστη οπτική οξύτητα στην συνθήκη θόλωσης (παρουσιάζονται αναλυτικά στην τρίτη στήλη του Πίνακα 7) είναι στατιστικά σημαντικές για κάθε διαθλαστική ομάδα και κάθε πίνακα ($\beta.\epsilon=12$, $p<0,001$).



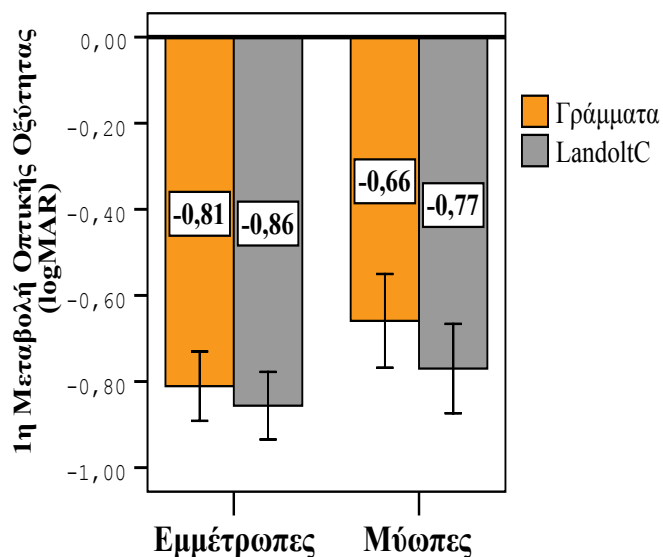
Γράφημα 18: Σύγκριση μεταξύ εμμετρόπων και μυόπων ανά κλινικό πίνακα στην 1^η Μεταβολή της οπτικής οξύτητας (από τη συνθήκη της βέλτιστης διόρθωσης στη συνθήκη της θόλωσης). Παρατηρούμε α) μεγαλύτερη μείωση για τους εμμέτρωτες σε κάθε πίνακα και β) μεγαλύτερη μείωση για τον πίνακα του Landolt C και για τις δύο διαθλαστικές ομάδες.

→ Για τον πίνακα γραμμάτων, παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στη μέση μείωση της οπτικής οξύτητας μεταξύ εμμετρόπων (Μέση μείωση=-0,81 logMAR, TA=0,13) και μυώπων (Μέση μείωση=-0,66 logMAR, TA=0,18). Η μέση διαφορά μεταξύ εμμετρόπων και μυώπων για τον πίνακα των γραμμάτων είναι -0,15 logMAR που αντιστοιχεί σε 7,5 γράμματα του πίνακα ETDRS (κατά 7,5 γράμματα μεγαλύτερη μείωση στην οπτική οξύτητα των εμμετρόπων). Το διάστημα εμπιστοσύνης είναι από -0,28 έως -0,02, οπότε η διαφορά μεταξύ εμμετρόπων και μυώπων είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=24, p= 0,023).

→ Για τον πίνακα του Landolt C υπάρχει διαφορά στη μέση μείωση της οπτικής οξύτητας μεταξύ εμμετρόπων (Μέση μείωση=-0,86 logMAR, TA=0,13) και μυώπων (Μέση μείωση=-0,77 logMAR, TA=0,17). Η μέση διαφορά μεταξύ εμμετρόπων και μυώπων για τον πίνακα του Landolt είναι -0,09 logMAR που αντιστοιχεί σε 4,5 γράμματα του πίνακα Landolt (κατά 4,5 γράμματα μεγαλύτερη μείωση στην οπτική οξύτητα των εμμετρόπων). Η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=24, p= 0,161).

5.2.3.2. Διαφορές μεταξύ πινάκων οπτοτύπων.

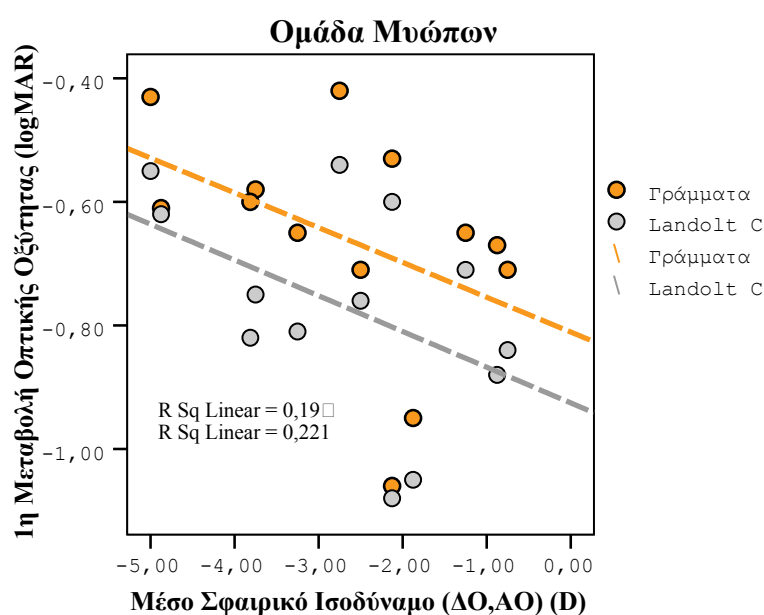
Στο ακόλουθο γράφημα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μεταβολών όπως καταγράφηκαν μεταξύ των πινάκων, ανά διαθλαστική ομάδα (οι τιμές εμφανίζονται και στον Πίνακα 2).



Γράφημα 19: 1^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας (μέση τιμή αριστερού και δεξιού οφθαλμού) με την επίδραση της θόλωσης. Οι κουκίδες δείχνουν τη μέση τιμή της μεταβολής της οπτικής οξύτητας, ενώ τα error bars υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου σε επίπεδο 95%. Μεγαλύτερη διαφορά ανάμεσα στους πίνακες παρατηρείται για την ομάδα των μυώπων.

Η διαφορά ανάμεσα στους δύο πίνακες για τους εμμέτρωπες είναι ίση με 0,05 logMAR (T.A=0,09) και για τους μύωπες είναι 0,11 logMAR (T.A=0,07). Συγκρίνοντας τις δύο διαθλαστικές ομάδες ως προς τη διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ των πινάκων στην 1^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας, βρίσκουμε διαφορά -0,07 logMAR, που αντιστοιχεί σε 3,5 οπτότυπα. Το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται μεταξύ -0,129 και -0,002, οπότε η διαφορά μεταξύ των ομάδων είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=24, p=0,044).

Ερευνώντας γραφικά την ομάδα των μυώπων στην οποία και παρατηρείται η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των δύο πινάκων, παρατηρούμε ότι οι λιγότερο μυωπικοί οφθαλμοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβολή της οπτικής τους οξύτητας ενώ μεγαλύτερη μεταβολή εμφανίζεται στον πίνακα Landolt C.



Γράφημα 20: Διάγραμμα διασποράς 1^{ης} μεταβολής Οπτικής Οξύτητας & Μέσου Σφαιρικού ισοδύναμου Δεξιού & Αριστερού οφθαλμού για τους πίνακες Γραμμάτων και Landolt C.

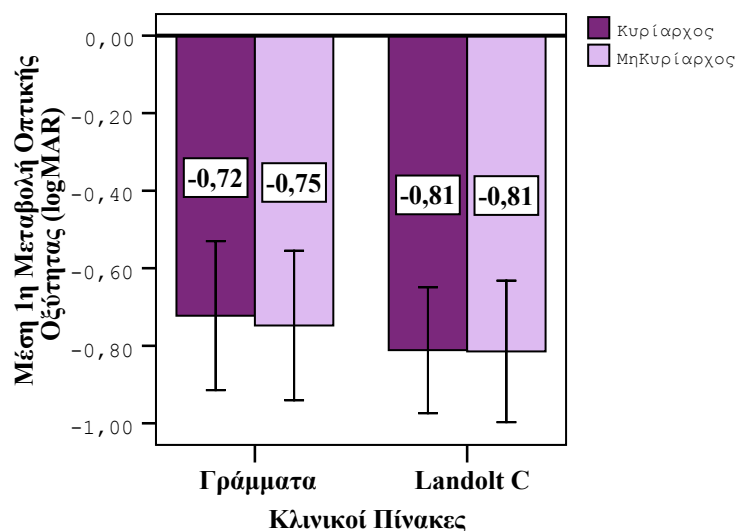
Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει ότι υπάρχει αρνητική γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Για τον πίνακα των γραμμάτων, θα μπορούσαμε να προβλέψουμε την τιμή της μείωσης της οπτικής οξύτητας (Y), από την εξίσωση $Y = -0,81 + (-0,06 * X)$ εάν ξέραμε το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο (X) αλλά η κλίση δεν διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή (p=0,137). Για τον πίνακα του Landolt C, η αντίστοιχη εξίσωση είναι $Y' = -0,93 + (-0,06 * X')$ όπου Y' η 1^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας στον πίνακα του Landolt C και X' το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο δεξιού και αριστερού οφθαλμού. Η κλίση δεν διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή (p=0,105).

5.2.4. Σύγκριση Κυρίαρχου & Μη Κυρίαρχου οφθαλμού.

5.2.4.1. Διαφορές οφθαλμών για δύο πίνακες οπτοτύπων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8	ΟΦΘΑΛΜΟΣ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR)	ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (LOGMAR) ΣΤΗ ΣΥΝΘΗΚΗ ΘΟΛΩΣΗΣ (+2,00D)	ΜΕΣΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ [1^Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ]
Γράμματα	Κυρίαρχος	-0,13 (0,07)	0,59 (0,17)	-0,72 (0,19)
	Μη κυρίαρχος	-0,11 (0,08)	0,63 (0,17)	-0,75 (0,19)
Landolt C	Κυρίαρχος	-0,10 (0,08)	0,71 (0,13)	-0,81 (0,16)
	Μη κυρίαρχος	-0,10 (0,09)	0,71 (0,15)	-0,81 (0,18)
Γράμματα	Διαφορά Μεταξύ Οφθαλμών	-0,02 (0,07)	-0,04 (0,17)	0,03 (0,17)
Landolt C		0,00 (0,06)	0,00 (0,14)	0,00 (0,15)

→ Για τον πίνακα των γραμμάτων, η μέση μεταβολή της οπτικής οξύτητας του κυρίαρχου οφθαλμού με την παρουσία της θόλωσης είναι -0,72 logMAR (TA=0,19) και του μη κυρίαρχου οφθαλμού, -0,75 logMAR (TA=0,19). Υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της τιμής της μεταβολής του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου οφθαλμού ($r=0,63$, $p=0,001$) και η μέση διαφορά τους είναι 0,03 logMAR (T.A=0,17). Το 95% Διάστημα Εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από -0,04 έως 0,09 logMAR, οπότε η διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\beta.ε=25$, $p=0,444$).



Γράφημα 21: Στο γράφημα παρουσιάζεται η 1^η Μεταβολή της οπτικής οξύτητας για τον κυρίαρχο και μη κυρίαρχο οφθαλμό στον πίνακα των γραμμάτων και το Landolt C αντίστοιχα, για όλους τους εξεταζόμενους. Τα error bars απεικονίζουν την τυπική απόκλιση του μέσου. Παρατηρούμε ότι για τον πίνακα του Landolt C δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού, ενώ για τον

πίνακα των γραμμάτων η διαφορά είναι 0,03 logMAR και ισοδυναμεί με 1,5 γράμμα διαφορά της ίδιας κλίμακας.

→ Για τον πίνακα του Landolt C, η μέση μεταβολή της οπτικής οξύτητας παρουσία θόλωσης για τον κυρίαρχο οφθαλμό είναι -0,81 logMAR (TA=0,16) και για τον μη κυρίαρχο οφθαλμό, -0,81 logMAR (TA=0,18). Υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της τιμής της μεταβολής του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου οφθαλμού ($r=0,62$, $p=0,001$) και η μέση διαφορά τους είναι 0,00 logMAR (T.A=0,15). Η μηδενική διαφορά που βρέθηκε, δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\beta.\epsilon=25$, $p=0,918$).

5.2.4.2. Σύγκριση οφθαλμών ως προς τη διαφορά ανάμεσα στους πίνακες.

Ανατρέχοντας στην τρίτη στήλη του Πίνακα 8, βλέπουμε ότι στην 1^η μεταβολή της Οπτικής Οξύτητας, η διαφορά ανάμεσα στους δύο κλινικούς πίνακες είναι 0,09 logMAR (T.A=0,11) για τον κυρίαρχο οφθαλμό και 0,07 logMAR (T.A=0,10) για τον μη κυρίαρχο. Οι δύο διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές με $p<0,001$ και $p=0,003$ αντίστοιχα ($\beta.\epsilon=25$).

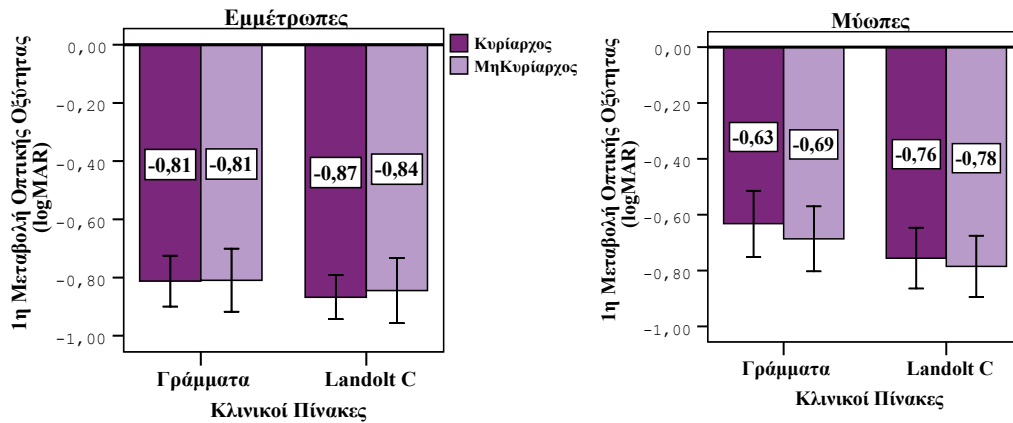
Η διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού είναι ίση με 0,02 logMAR, ίση με ένα οπτότυπο της ίδιας κλίμακας. Το διάστημα εμπιστοσύνης είναι από -0,03 έως 0,08, οπότε η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική με βεβαιότητα 95% ($\beta.\epsilon=25$, $p=0,403$).

5.2.4.3. Διαφορές οφθαλμών για κάθε διαθλαστική ομάδα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9			Μέση Τιμή	N	Τυπική Απόκλιση
1 ^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας					
Εμμέτρωπες	Γράμματα	Κυρίαρχος	-0,81	13	0,14
		Μη κυρίαρχος	-0,81	13	0,18
	Landolt C	Κυρίαρχος	-0,87	13	0,13
		Μη κυρίαρχος	-0,84	13	0,19
Μύωπες	Γράμματα	Κυρίαρχος	-0,63	13	0,20
		Μη κυρίαρχος	-0,69	13	0,19
	Landolt C	Κυρίαρχος	-0,76	13	0,18
		Μη κυρίαρχος	-0,78	13	0,18

Μελετώντας τις διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού για τους πίνακες γραμμάτων και Landolt C όπως καταγράφονται για τους εμμέτρωπες και τους μύωπες δεν βρέθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο οφθαλμών.

→ Για τους εμμέτροδες και τον πίνακα των γραμμάτων δεν υπάρχει διαφορά ($\beta.\epsilon=12$, $p=0,953$). Για το Landolt C η διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου είναι $-0,02$ που αντιστοιχεί σε ένα γράμμα αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.\epsilon=12$, $p=0,656$).



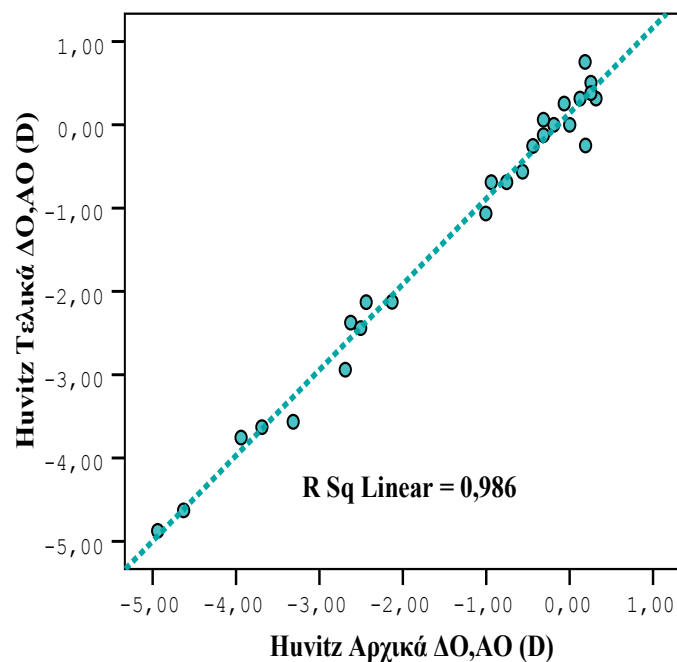
Γράφημα 22: 1^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας Κυρίαρχου και Μη Κυρίαρχου οφθαλμού ανά κλινικό πίνακα και ανά διαθλαστική ομάδα. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο οφθαλμών.

→ Για τους μύωπες και τον πίνακα των γραμμάτων η διαφορά είναι $0,05$, που αντιστοιχεί σε $2,5$ γράμματα στην κλίμακα logMAR και δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.\epsilon=12$, $p=0,211$). Για το Landolt C η διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου είναι $0,03$ που αντιστοιχεί σε $1,5$ γράμμα αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.\epsilon=12$, $p=0,375$).

5.3. Πιθανή Βελτίωση της οπτικής οξύτητας (blur adaptation) μετά από χρήση του φακού +2,00D για μία ώρα.

5.3.1. Αντικειμενική Διάθλαση πριν & μετά την προσαρμογή

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με το αυτόματο διαθλασίμετρο **Huvitz HRK 7000** για τον δεξιό και αριστερό οφθαλμό των εξεταζομένων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, αρχικά και μετά την παραμονή των εξεταζομένων για 1 ώρα υπό την επίδραση θόλωσης. Υπολογίστηκε το σφαιρικό ισοδύναμο των δύο οφθαλμών χωριστά και λόγω της υψηλής συσχέτισης δεξιού και αριστερού οφθαλμού, όπως βρέθηκε με τον συντελεστή συσχέτισης Pearson για την αρχική ($r=0,957$, $N=26$, $p<0,001$) και την τελική ($r=0,913$, $N=26$, $p<0,001$) μέτρηση με το Huvitz 7000, θα λάβουμε υπ' όψιν τη μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού.



Γράφημα 23: Διάγραμμα διασποράς αρχικής συναρτήσει τελικής μέτρησης με το αυτόματο διαθλασίμετρο Huvitz HRK 7000. Υπάρχει σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο μετρήσεων. Δεν υπάρχει επίδραση ακραίων τιμών στη γραμμική τάσης.

Από τον πίνακα βλέπουμε ότι το σφαιρικό ισοδύναμο της μέσης τιμής δεξιού και αριστερού οφθαλμού για την αρχική μέτρηση με το Huvitz είναι -1,39 D (T.A=1,67) και για την τελική είναι -1,29 D (T.A=1,73). Υπάρχει θετική συσχέτιση, στατιστικά

σημαντική μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης όπως βρέθηκε με τον συντελεστή συσχέτισης του Pearson ($r=0,993$, $N=26$, $p<0,001$).

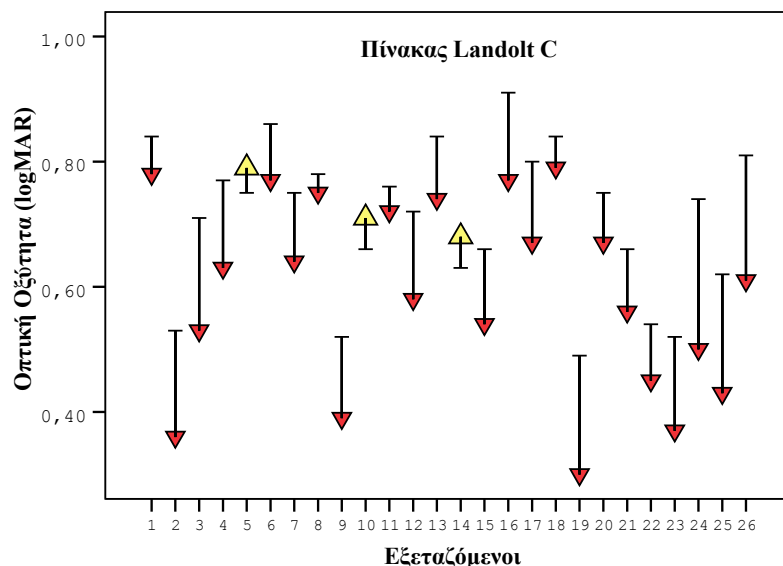
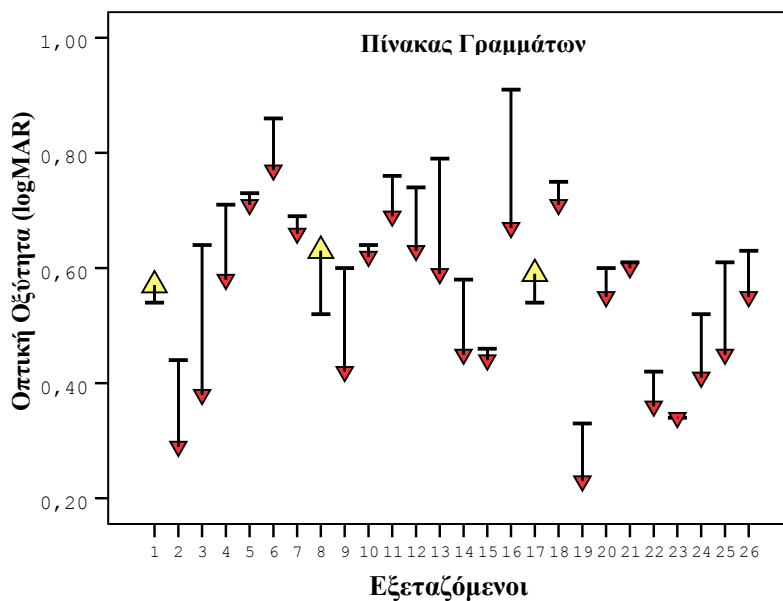
ΠΙΝΑΚΑΣ 10

Μέτρηση με HRK 7000	Οφθαλμός	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο Σφαιρικό Ισοδύναμο (D)	Τυπική Απόκλιση
Αρχική	Δεξιός	-5,13	,63	-1,44	1,72
Αρχική	Αριστερός	-4,75	,50	-1,34	1,67
Τελική	Δεξιός	-5,13	,63	-1,30	1,78
Τελική	Αριστερός	-4,75	1,13	-1,28	1,72
Αρχική	ΔΟ & ΑΟ	-4,94	,32	-1,39	1,67
Τελική	ΔΟ & ΑΟ	-4,88	,76	-1,29	1,73

Η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων είναι ίση με $-0,10$ D ($T.A=0,21$). Το διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι $-0,19$ έως $-0,17$, οπότε η διαφορά φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.\epsilon=25$, $p=0,021$). Στην πραγματικότητα η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων αν και είναι στατιστικά σημαντική, δεν έχει κλινική σημασία αφού το βήμα μέτρησης του διαθλαστικού σφάλματος είναι $0,25$ D. Εάν πραγματοποιούσαμε και υποκειμενική διάθλαση μετά την προσαρμογή πιθανότατα να μην ανιχνευόταν οποιαδήποτε διαφορά.

5.3.2. Συνθήκη Θόλωσης και Συνθήκη προσαρμογής

Στα παρακάτω γραφήματα, παρουσιάζεται για κάθε εξεταζόμενο η τιμή της οπτικής του οξύτητας στη συνθήκη της θόλωσης και η τιμή στη συνθήκη της προσαρμογής. Στο εξής, αυτή η μεταβολή θα καλείται «2^η Μεταβολή» της Οπτικής Οξύτητας.



Γράφημα 24,25: 2^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας (logMAR) μετά την παραμονή σε συνθήκη Θόλωσης για μία ώρα όπως μετρήθηκε με τον πίνακα γραμμάτων (1^ο γράφημα) και τον πίνακα Landolt C (2^ο γράφημα). Το κάθε βέλος αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού. Η προς τα κάτω κατεύθυνση των βελών υποδηλώνει βελτίωση στην οπτική οξύτητα λόγω προσαρμογής.

Στο παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι 23 από τους 26 εξεταζόμενους βελτίωσαν την οπτική τους οξύτητα στον πίνακα των γραμμάτων (κόκκινα βέλη με κατεύθυνση προς τα κάτω). Ο ίδιος αριθμός των εξεταζομένων βελτίωσε την οπτική του οξύτητα στον πίνακα του Landolt. Σημειώνουμε ότι οι τρεις εξεταζόμενοι που δεν βελτιώθηκαν στον πίνακα των γραμμάτων, δεν είναι οι ίδιοι με αυτούς που δεν έδειξαν βελτίωση στον πίνακα των προσανατολισμών.

Στον Πίνακα 11 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της οπτικής οξύτητας για το σύνολο των εξεταζομένων (26 άτομα) όπως καταγράφηκαν για τους πίνακες των γραμμάτων και των προσανατολισμών α) στη συνθήκη της θόλωσης και β) στη συνθήκη της προσαρμογής. Η τιμή της οπτικής οξύτητας για κάθε εξεταζόμενο, αποτελεί τη μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού όπως μετρήθηκε σε κλίμακα logMAR.

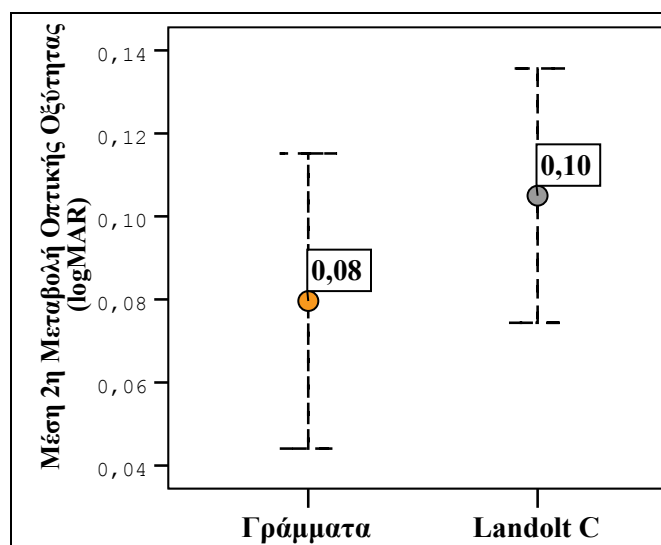
<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 11</u>	ΣΥΝΘΗΚΗ ΘΟΛΩΣΗΣ (+2,00D) (LOGMAR)	ΣΥΝΘΗΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗ ΘΟΛΩΣΗ (LOGMAR)	ΜΕΣΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ [2 ^η ΜΕΤΑΒΟΛΗ]
Γράμματα	0,61 (0,15)	0,53 (0,14)	0,08 (0,09)
Landolt C	0,71 (0,12)	0,61 (0,15)	0,11 (0,08)
Διαφορά μεταξύ πινάκων	-0,10	-0,08	-0,03

→ Για τον πίνακα των γραμμάτων, η οπτική οξύτητα στη συνθήκη θόλωσης είναι 0,61 logMAR (T.A=0,15) και στη συνθήκη προσαρμογής είναι 0,53 logMAR (T.A= 0,14). Η διαφορά είναι ίση με 0,08 logMAR (T.A=0,09) και ισοδυναμεί με 4 γράμματα βελτίωση στη συνθήκη της προσαρμογής. Το διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από 0,04 έως 0,12, οπότε η μεταβολή αυτή είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=25 , p<0,001).

→ Για τον πίνακα των προσανατολισμών, η οπτική οξύτητα στη συνθήκη θόλωσης είναι 0,71 logMAR (T.A= 0,12) και στη συνθήκη προσαρμογής είναι 0,61 logMAR (T.A= 0,15). Η διαφορά μεταξύ των συνθηκών είναι 0,11 logMAR (T.A=0,08) και ισοδυναμεί με 5,5 οπτότυπα βελτίωση στη συνθήκη της προσαρμογής. Το διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς αυτής είναι από 0,07 έως 0,14, οπότε η μεταβολή αυτή είναι στατιστικά σημαντική (β.ε=25 , p<0,001).

5.3.3. Τροποποιημένος Πίνακας Γραμμάτων Παν. Κρήτης & Landolt C.

5.3.3.1. Διαφορές πινάκων αξιολόγησης της οπτικής οξύτητας

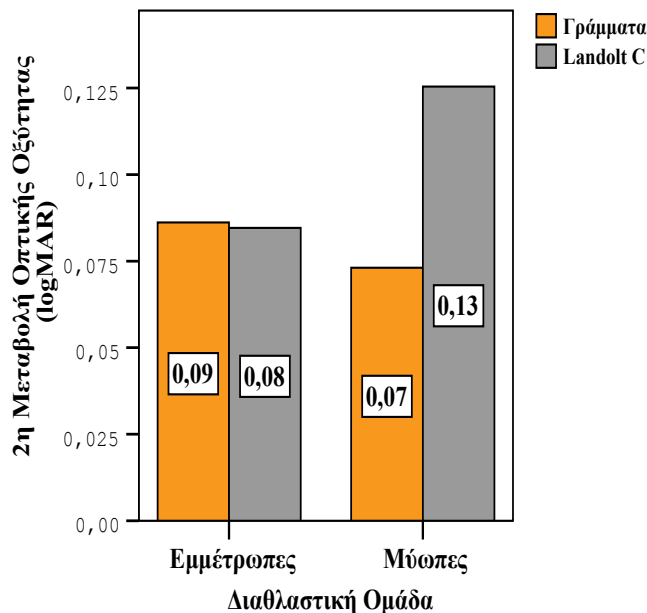


Γράφημα 26: 2^η Μεταβολή της Οπτικής Οξύτητας (βελτίωση) μετά από 1 ώρα παραμονής στη θόλωση. Σε κάθε error bar, η κουκίδα απεικονίζει τη μέση τιμή και οι μαύρες γραμμές το διάστημα εμπιστοσύνης του μέσου. Παρατηρούμε ότι μεγαλύτερη βελτίωση εμφανίζεται για τον πίνακα του Landolt C.

Παρατηρούμε ότι μετά την παραμονή μιας ώρας υπό την επίδραση της θόλωσης, υπάρχει διαφορά στη μέση τιμή της μεταβολής της οπτικής οξύτητας στον πίνακα γραμμάτων (Μέση Τιμή = 0,08, T.A=0,09) και τον πίνακα Landolt C (Μέση Τιμή = 0,11, T.A=0,08). Το διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς βρίσκεται μεταξύ των τιμών -0,06 και 0,01 logMAR, οπότε η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.ε=25$, $p=0,165$).

5.3.3.2. Διαφορές μεταξύ πινάκων, ανά διαθλαστική ομάδα.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει βελτίωση στην οπτική οξύτητα και για τις δύο διαθλαστικές ομάδες μετά την παραμονή στη θόλωση. Για τους εμμέτρους, δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο κλινικών πινάκων ($\beta.ε=12$, $p=0,941$). Για τους μύωπες υπάρχει κάποια διαφορά μεταξύ των πινάκων ίση με -0,05 logMAR αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($\beta.ε=12$, $p=0,086$).



Γράφημα 27: Διαφορά μεταξύ κλινικών πινάκων ανά διαθλαστική ομάδα μετά την παραμονή στη θόλωση για μία ώρα. Αυξημένες τιμές στον άξονα Y, υποδηλώνουν βελτίωση της Οπτικής Οξύτητας.

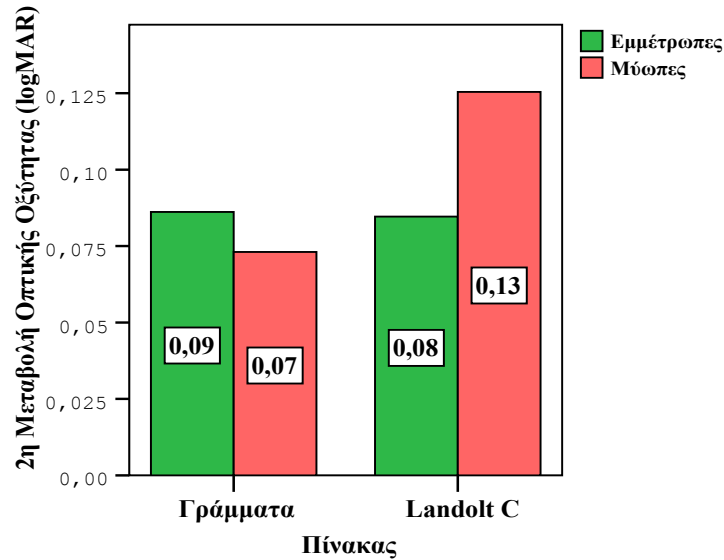
5.3.4. Σύγκριση Διαθλαστικών Ομάδων: Εμμέτρωπες, Μύωπες

5.3.4.1. Διαφορές ομάδων ανά κλινικό πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12	Πίνακες Μέτρησης Οπτικής Οξύτητας	Διαθλαστική Ομάδα	N	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Οπτική Οξύτητα (logMAR) στη Συνθήκη Θόλωσης +2,00D	Γράμματα	Εμμέτρωπες	13	0,67	0,12
		Μύωπες	13	0,56	0,16
	Landolt C	Εμμέτρωπες	13	0,73	0,11
		Μύωπες	13	0,69	0,13
Οπτική Οξύτητα (logMAR) στη Συνθήκη Προσαρμογής	Γράμματα	Εμμέτρωπες	13	0,58	0,14
		Μύωπες	13	0,49	0,14
	Landolt C	Εμμέτρωπες	13	0,65	0,14
		Μύωπες	13	0,56	0,15
Μέση Αλλαγή στην Οπτική Οξύτητα [2 ^η Μεταβολή]	Γράμματα	Εμμέτρωπες	13	0,09	0,10
		Μύωπες	13	0,07	0,08
	Landolt C	Εμμέτρωπες	13	0,08	0,07
		Μύωπες	13	0,13	0,08

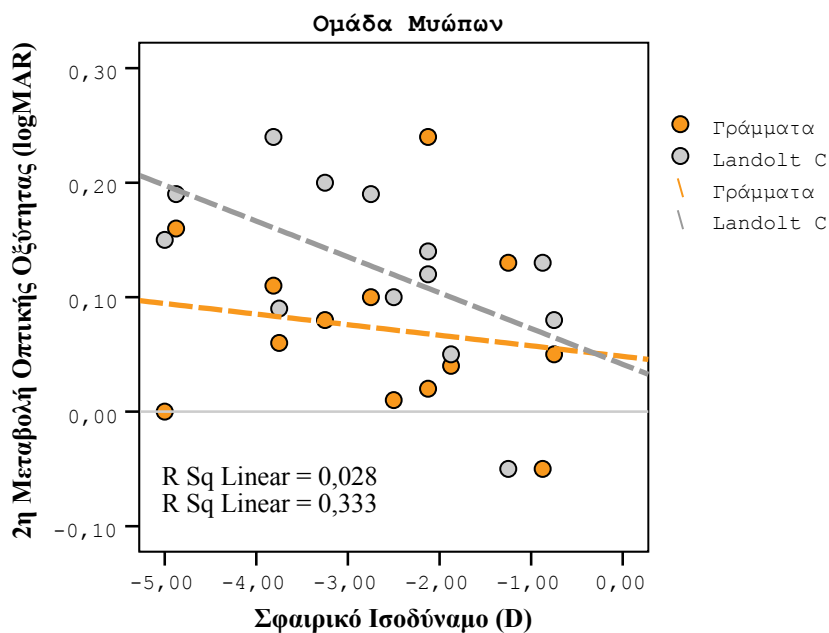
→ Για τον πίνακα γραμμάτων παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στη μέση βελτίωση της οπτικής οξύτητας μεταξύ εμμετρόπων (Μέση βελτίωση=0,09 logMAR, TA=0,10) και μυώπων (Μέση βελτίωση= 0,07 logMAR, TA=0,08). Η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,713$), σε επίπεδο δίπλευρης σημαντικότητας 0,05.

→ Στον πίνακα του Landolt C, υπάρχει διαφορά στη μέση βελτίωση της οπτικής οξύτητας μεταξύ εμμετρώπων (Μέση βελτίωση=0,08 logMAR, TA=0,07) και μυώπων (Μέση βελτίωση=0,13 logMAR, TA=0,08) αλλά η διαφορά αυτή, δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,175$).



Γράφημα 28: Διαφορά στη βελτίωση της οπτικής οξύτητας (2^η μεταβολή) μεταξύ διαθλαστικών ομάδων ανά κλινικό πίνακα. Οι μπάρες προς τα πάνω δείχνουν βελτίωση και οι τιμές αφορούν τη μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού. Παρατηρούμε ότι μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ εμμετρώπων και μυώπων εμφανίζεται στον πίνακα του Landolt C.

Το ακόλουθο γράφημα αφορά μονάχα την ομάδα των μυώπων στην οποία παρατηρείται η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των πινάκων.



Γράφημα 29: 2^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας συναρτήσει σφαιρικού ισοδύναμου για δύο κλινικούς πίνακες στην Ομάδα των Μυώπων. Παρατηρούμε: α) μεγαλύτερη βελτίωση για τον πίνακα του Landolt και β) μεγαλύτερη βελτίωση για τα υψηλότερα διαθλαστικά σφάλματα.

Το παραπάνω διάγραμμα διασποράς δείχνει ότι υπάρχει αρνητική γραμμική σχέση μεταξύ 2^{ης} μεταβολής οπτικής οξύτητας και μέσου σφαιρικού ισοδύναμου. Για τον πίνακα των γραμμάτων, η εξίσωση που προβλέπει την τιμή της μείωσης της οπτικής οξύτητας (Y) εφόσον γνωρίζουμε το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο (X) είναι:

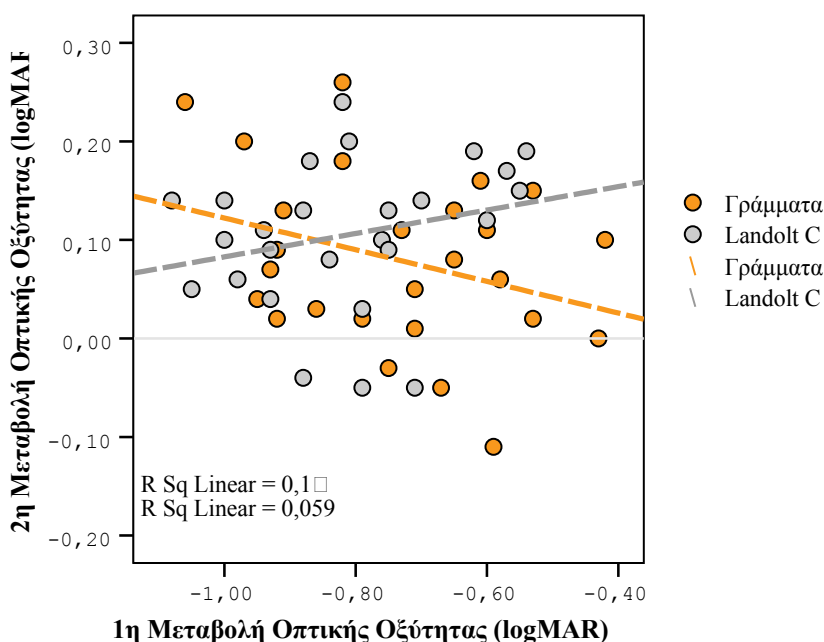
$$Y = 0,05 + (-0,01 * X)$$

αλλά η κλίση της ευθείας αυτής δεν διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή (p=0,582). Για τον πίνακα του Landolt, η αντίστοιχη εξίσωση είναι:

$$Y' = 0,04 + (-0,03 * X')$$

όπου Y' η 2^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας στον πίνακα του Landolt και X' το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο δεξιού και αριστερού οφθαλμού. Η κλίση διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή (p=0,039).

5.3.4.2. 2^η Μεταβολή συναρτήσει 1^{ης} Μεταβολής Οπτικής Οξύτητας ανά εξεταζόμενο για τους δύο πίνακες οπτοτύπων.



Γράφημα 30: Διάγραμμα διασποράς 2^{ης} Μεταβολής οπτικής οξύτητας συναρτήσει 1^{ης} Μεταβολής οπτικής οξύτητας για τους δύο κλινικούς πίνακες. Για τον πίνακα των γραμμάτων, στους εξεταζόμενους με μεγάλη μείωση της οπτικής τους οξύτητας στη συνθήκη της θόλωσης, αντιστοιχεί μεγαλύτερη βελτίωση στη συνθήκη της προσαρμογής. Για τον πίνακα του Landolt C, άτομα με μεγάλη μείωση της οπτικής οξύτητας λόγω θόλωσης εμφανίζουν μικρότερη βελτίωση λόγω προσαρμογής. Τα άτομα πάνω από τη γραμμή αναφοράς του 0,00 σημείωσαν βελτίωση, ενώ τα άτομα κάτω από τη γραμμή αυτή δεν βελτίωσαν την οπτική τους οξύτητα.

→ Για τον πίνακα των γραμμάτων, φαίνεται να υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ 2^{ης} και 1^{ης} μεταβολής της οπτικής οξύτητας. Η εξίσωση που προβλέπει την 2^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας (Y) εφόσον γνωρίζουμε την 1^η μεταβολή (X) είναι:

$$Y = -0,04 + (-0,16 * X)$$

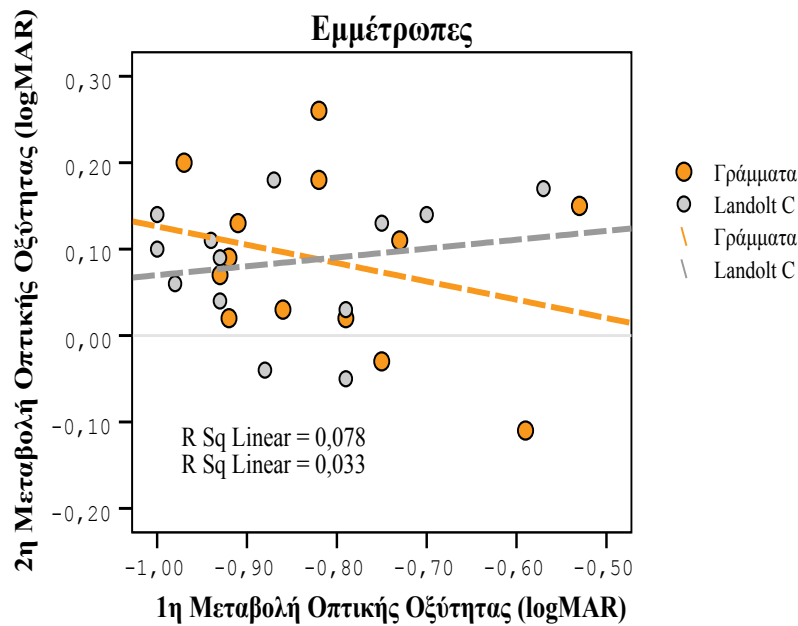
αλλά η κλίση της ευθείας αυτής δεν διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή (p=0,115).

→ Για τον πίνακα του Landolt C, υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ 2^{ης} και 1^{ης} μεταβολής της οπτικής οξύτητας. Η εξίσωση που προβλέπει την 2^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας (Y') εφόσον γνωρίζουμε την 1^η μεταβολή (X') είναι:

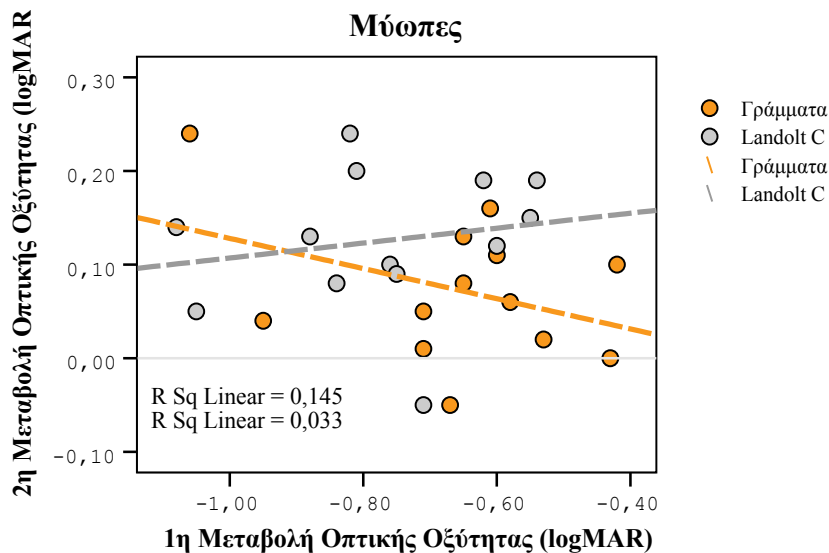
$$Y' = 0,20 + 0,12 * X'$$

αλλά η κλίση της ευθείας αυτής δεν διαφέρει σημαντικά από την οριζόντια γραμμή (p=0,231).

5.3.4.3.2^η Μεταβολή συναρτήσει 1^{ης} Μεταβολής Οπτικής Οξύτητας ανά εξεταζόμενο για δύο διαθλαστικές ομάδες.



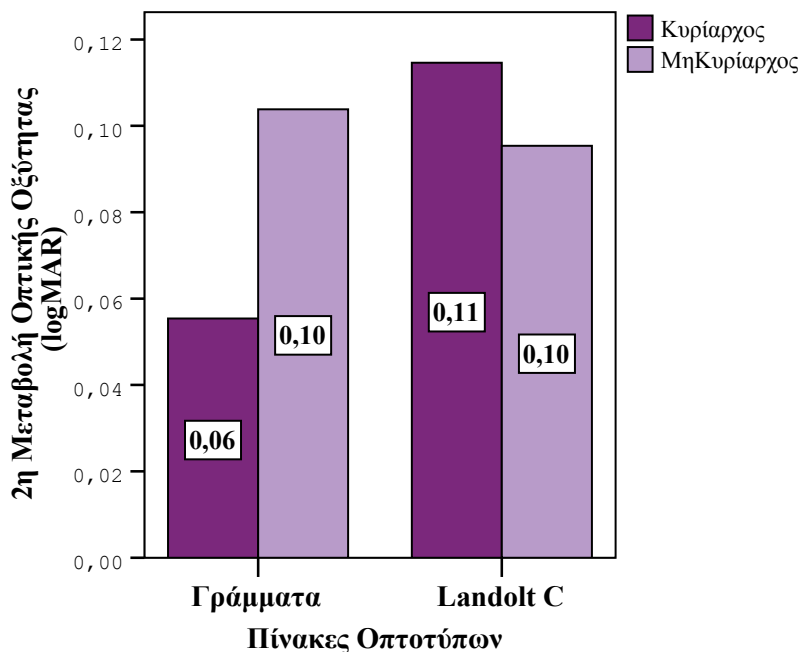
Γράφημα 31: Δεν είναι δυνατό να προβλέψουμε με ακρίβεια για τον πίνακα γραμμάτων ή το Landolt C, το ποσό της βελτίωσης της οπτικής οξύτητας ενός εμμέτρωπα μετά την προσαρμογή στη θόλωση (2^η μεταβολή) εάν γνωρίζουμε το ποσό της μείωσης που καταγράφηκε υπό την επίδραση της θόλωσης (1^η μεταβολή). Οι κλίσεις δεν διαφέρουν σημαντικά από την οριζόντια γραμμή. (Γράμματα: $\alpha = -0,09$, $B = 0,21$, $p = 0,355$, Landolt C: $\alpha = 0,17$, $B = 0,10$, $p = 0,554$).



Γράφημα 32: Δεν είναι δυνατό να προβλέψουμε με ακρίβεια για τον πίνακα γραμμάτων ή το Landolt C, το ποσό της βελτίωσης της οπτικής οξύτητας ενός μύωπα μετά την προσαρμογή στη θόλωση εάν γνωρίζουμε το ποσό της μείωσης που καταγράφηκε υπό την επίδραση της θόλωσης. Οι κλίσεις δεν διαφέρουν σημαντικά από την οριζόντια γραμμή. (Γράμματα: $\alpha = -0,03$, $B = -0,16$, $p = 0,200$, Landolt C: $\alpha = 0,19$, $B = 0,08$, $p = 0,554$).

5.3.5. Σύγκριση Κυρίαρχου & Μη Κυρίαρχου Οφθαλμού

5.3.5.1. Διαφορές στη 2^η μεταβολή της οπτικής οξύτητας για 2 πίνακες οπτοτύπων.



Γράφημα 33: 2^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας, κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού ανά κλινικό πίνακα.

→ Για τον πίνακα των γραμμάτων, η τιμή της μεταβολής του κυρίαρχου είναι 0,06 logMAR και του μη κυρίαρχου οφθαλμού 0,10 logMAR. Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από -0,11 έως 0,01 logMAR, οπότε η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\beta.ε=25$, $p=0,104$).

→ Για τον πίνακα του Landolt C, η μέση τιμή της μεταβολής του κυρίαρχου οφθαλμού είναι 0,11 logMAR και του μη κυρίαρχου οφθαλμού 0,09 logMAR. Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από -0,03 έως 0,07, οπότε η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\beta.ε=25$, $p=0,458$).

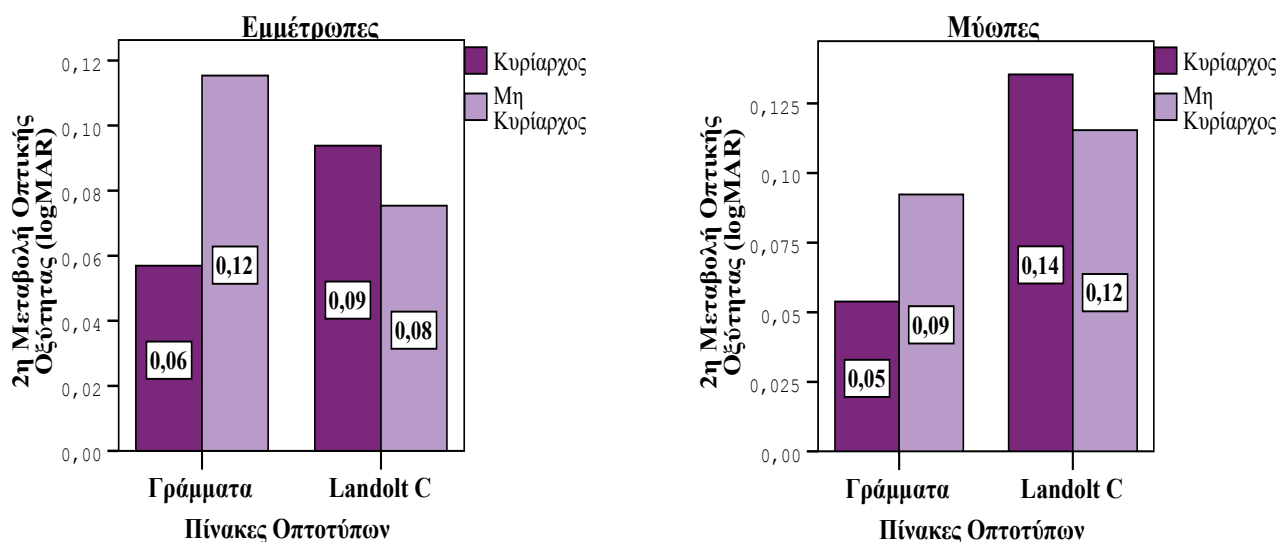
5.3.5.2. Διαφορές στη 2^η μεταβολή οπτικής οξύτητας για δύο διαθλαστικές ομάδες.

Η διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού παρουσιάζεται στην τελευταία στήλη του επόμενου πίνακα και δεν είναι στατιστικά σημαντική για καμία περίπτωση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13						
2^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας			Μέση Τιμή	N	Τυπική Απόκλιση	Διαφορά
Εμμέτρωπες	Γράμματα	Κυρίαρχος	0,06	13	0,16	-0,06
		Μη Κυρίαρχος	0,12	13	0,10	
	Landolt C	Κυρίαρχος	0,09	13	0,09	0,02
		Μη Κυρίαρχος	0,08	13	0,10	
Μύωπες	Γράμματα	Κυρίαρχος	0,05	13	0,10	-0,04
		Μη Κυρίαρχος	0,09	13	0,09	
	Landolt C	Κυρίαρχος	0,14	13	0,11	0,02
		Μη Κυρίαρχος	0,12	13	0,09	

→ Για τους εμμέτρωπες και τον πίνακα των γραμμάτων: $\beta.\epsilon=12, p=0,257$, για τον πίνακα των προσανατολισμών: $p=0,608$.

→ Για τους μύωπες και τον πίνακα των γραμμάτων: $p=0,249$ και για το Landolt C: $p=0,613$.



Γράφημα 34,35: Διαχωρισμός εμμετρόπων - μύωπων στη 2^η Μεταβολή Οπτικής Οξύτητας και κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού ανά κλινικό πίνακα. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο οφθαλμών.

Κεφάλαιο 6^ο : Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας είναι μια καθιερωμένη, τάχιστα και αποτελεσματική ψυχοφυσική διαδικασία ελέγχου της διακριτικής ικανότητας του οφθαλμού, του προσδιορισμού του διαθλαστικού σφάλματος των εξεταζομένων και του αρχικού εντοπισμού παθολογικών ανωμαλιών της όρασης. Για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας έχουν σχεδιαστεί πίνακες από πολλούς ερευνητές, σε διάφορες κλίμακες μέτρησης, με διαφορετικά οπτότυπα και για διαφορετικές κατηγορίες χρηστών (π.χ. αναλφάβητοι, παιδιά, ασθενείς με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια). Στην κλινική πράξη έχει καθιερωθεί ο πίνακας Snellen και η δεκαδική κλίμακα, ενώ στα ερευνητικά πρωτόκολλα από το 1982 κατέχει κυρίαρχη θέση ο πίνακας ETDRS. Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκαν δύο παραλλαγές του πρότυπου ETDRS πίνακα: 1) ο τροποποιημένος ETDRS πίνακας γραμμάτων του Πανεπιστημίου Κρήτης (Plainis et al.2007), ειδικά σχεδιασμένος για χρήστες Ευρωπαϊκών αλφάβητων λόγω των γραμμάτων που περιέχει (E, P, X, B, T, A, M) και 2) ο πίνακας Landolt με μοναδικό οπτότυπο το γράμμα “C” σε τέσσερις διαφορετικές κατευθύνσεις.

Ο σκοπός της εργασίας ήταν διπλός: στο πρώτο μέρος χρησιμοποιήθηκε φακός ισχύος +2,00D που προκαλούσε μυωπικό διαθλαστικό σφάλμα και έτσι αξιολογήθηκε η επίδραση της σφαιρικής απο-εστίασης (defocus) στη βέλτιστη οπτική οξύτητα κάθε οφθαλμού, δύο διαφορετικών διαθλαστικών ομάδων, εμμετρώπων και μυώπων. Στο δεύτερο μέρος, οι εξεταζόμενοι παρέμειναν με φακό ισχύος +2,00D για διάστημα μίας ώρας παρακολουθώντας από απόσταση 6 μέτρων ταινία δικής τους επιλογής, έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα μειωμένης συγκέντρωσης και προσοχής. Μετά το πέρας μίας ώρας, εξετάστηκαν για πιθανή βελτίωση της οπτικής οξύτητας σε σχέση με αυτή που κατέγραψαν στην προηγούμενη συνθήκη της θόλωσης (blur adaptation).

Τα κύρια ερωτήματα που τέθηκαν για κάθε συνθήκη αφορούσαν: α) τη διαφορά μεταξύ των δύο πινάκων αξιολόγησης της οπτικής οξύτητας (πίνακας γραμμάτων και Landolt C), β) τη διαφορά μεταξύ εμμετρώπων και μυώπων και γ) τη διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού.

1.Συνθήκη Θόλωσης

Αναλύοντας τα δεδομένα του πρώτου μέρους της μελέτης, βρέθηκε ότι η επίδραση του θολωτικού φακού ισχύος +2,00D, προκάλεσε σημαντική μείωση, όπως αναμενόταν, της

βέλτιστης οπτικής οξύτητας των 26 υγείων εξεταζομένων που συμμετείχαν. Συγκεκριμένα, η μέση μείωση βρέθηκε ίση με **-0,74 logMAR** κατά την αναγνώριση γραμμάτων στον τροποποιημένο ETDRS πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης και **-0,81 logMAR** στην ανίχνευση προσανατολισμών στον ETDRS πίνακα του Landolt C. Εξετάζοντας την επαναληψιμότητα των τιμών της οπτικής οξύτητας στους δύο κλινικούς πίνακες στη συνθήκη της θόλωσης, η διαφορά μεταξύ των δύο πινάκων βρέθηκε ίση με **0,08 logMAR** και αντιστοιχεί σε 4 οπτότυπα. Η σφαιρική θόλωση λοιπόν, βρέθηκε να επιδρά περισσότερο στον πίνακα του Landolt C, γεγονός που φανερώνει ότι η ανίχνευση των προσανατολισμών σε συνθήκες μειωμένης οξύτητας, ήταν δυσκολότερη για τους εξεταζόμενους από την αναγνώριση γραμμάτων.

Όσον αφορά τις δύο διαθλαστικές ομάδες, βρέθηκε ότι η διαθλαστική σφαιρική θόλωση +2,00D, επιδρά με διαφορετικό τρόπο στους μύωπες και τους εμμέτρωπες. Για τον πίνακα των γραμμάτων, η μέση μείωση για την ομάδα των εμμετρώπων βρέθηκε ίση με **0,81 logMAR**, ενώ για την ομάδα των μυώπων η μείωση βρέθηκε ίση με **0,66 logMAR**. Η διαφορά της οπτικής οξύτητας μεταξύ εμμετρώπων και μυώπων είναι ίση με **0,15 logMAR** ή 7,5 γράμματα, περίπου ίση με 1,5 γραμμή του πίνακα των γραμμάτων και είναι στατιστικά σημαντική. Για τον πίνακα του Landolt C, η μέση μείωση της βέλτιστης οπτικής οξύτητας για τους εμμέτρωπες είναι ίση με **0,86 logMAR** και για τους μύωπες ίση με **0,77 logMAR**. Η διαφορά μεταξύ εμμετρώπων και μυώπων στον πίνακα του Landolt είναι ίση με **0,09 logMAR**, αντιστοιχεί σε 4,5 οπτότυπα, αλλά δεν βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική.

Στη συνθήκη της θόλωσης, οι εμμέτρωπες κατέγραψαν παραπλήσιες τιμές στους δύο διαφορετικούς πίνακες οπτοτύπων με μέση διαφορά **0,05 logMAR** μεταξύ αυτών. Για την ομάδα των μυώπων, για τους οποίους η διαφορά μεταξύ των πινάκων είναι ίση με **0,11 logMAR**, το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο φαίνεται να σχετίζεται γραμμικά με την μείωση της οπτικής οξύτητας παρουσία θόλωσης. Συγκεκριμένα, σε εξεταζόμενους με χαμηλότερο σφαιρικό ισοδύναμο διάθλασης, παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση της οπτικής οξύτητας. Η παρατήρηση αυτή ισχύει και για τους δύο πίνακες οπτοτύπων. Μελετώντας την απόκλιση μεταξύ των δύο πινάκων οπτοτύπων, η διαφορά μεταξύ εμμετρώπων και μυώπων βρέθηκε ίση με 3,5 οπτότυπα και είναι στατιστικά σημαντική. Η διαφορά που καταγράφεται στην οπτική οξύτητα εμμετρώπων και μυώπων είναι πιθανό να οφείλεται στο διαφορετικό ποσό διαθλαστικού σφάλματος αλλά και στην προηγούμενη εμπειρία των δύο διαθλαστικών ομάδων σε συνθήκες θόλωσης. Είναι λογικό ότι οι μύωπες εξεταζόμενοι έχουν εκτεθεί παροδικά ή μη στη θόλωση και έχουν εξασκηθεί στο να ανιχνεύουν χρήσιμες πληροφορίες ακόμα και υπό την επίδραση

αυτής. Είδαμε επίσης, ότι η θόλωση επιδρά λιγότερο στον πίνακα οπτοτύπων γεγονός που μπορεί να αποδοθεί είτε στην εξοικείωση όλων των εξεταζόμενων με τα σύμβολα – γράμματα παρά με τα σύμβολα – δακτυλίους του Landolt C. Επιπρόσθετα, τα σύνθετα χωρικά χαρακτηριστικά των γραμμάτων επιτρέπουν την ευκολότερη αναγνώριση των οπτοτύπων σε αντίθεση με την ανίχνευση του κενού στο δακτύλιο του οπτοτύπου C.

Στην προσπάθεια της εύρεσης πιθανής εξάρτησης της μεταβολής της οπτικής οξύτητας από την αρχική οπτική οξύτητα, βρέθηκε ότι εξεταζόμενοι με καλύτερη οπτική οξύτητα στη συνθήκη της βέλτιστης διόρθωσης, επηρεάζονται περισσότερο από την παρουσία της θόλωσης και συνεπώς μειώνεται περισσότερο η οπτική τους οξύτητα. Η παρατήρηση ισχύει για τον πίνακα των γραμμάτων και για το Landolt C. Απομονώνοντας μόνο τη διαθλαστική ομάδα των μυώπων παρατηρούμε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του βαθμού του μυωπικού σφάλματος και της επίδρασης της θόλωσης και όπως φαίνεται η επίδραση θόλωσης ισχύος +2,00D είναι μικρότερη σε άτομα με περισσότερη μυωπία όπως παρατηρήθηκε και στους δύο πίνακες οπτοτύπων.

Όσον αφορά τέλος, τη μελέτη κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού, για τον πίνακα των γραμμάτων, η διαφορά στην μεταβολή της οπτικής οξύτητας μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου οφθαλμού βρέθηκε ίση με 0,03 logMAR και δεν είναι στατιστικά σημαντική, ενώ για τον πίνακα του Landolt, δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ των δύο οφθαλμών.

2. Συνθήκη Προσαρμογής

Στη συνθήκη της προσαρμογής, καταγράφεται σημαντική βελτίωση της οπτικής οξύτητας για τους εξεταζόμενους, τόσο στον πίνακα των γραμμάτων, όσο και στο Landolt C, μετά από μία ώρα παραμονής υπό την επίδραση θόλωσης ισχύος +2,00D. Για τον πίνακα των γραμμάτων, η μέση βελτίωση βρέθηκε ίση με **0,08 logMAR**, αντιστοιχεί σε 4 οπτότυπα και είναι στατιστικά σημαντική. Στον πίνακα του Landolt, η βελτίωση βρέθηκε ίση με **0,11 logMAR** και αντιστοιχεί σε 5,5 οπτότυπα (περισσότερο από 1 γραμμή του πίνακα).

Η ομάδα των εμμετρώπων παρουσιάζει μέση βελτίωση **0,09 logMAR** μετά την παραμονή στη θόλωση για 1 ώρα, καταγράφοντας περίπου ίση βελτίωση στους δύο πίνακες (γράμματα και Landolt C). Η ομάδα των μυώπων παρουσιάζει μέση βελτίωση **0,10 logMAR** (0,13 logMAR στον πίνακα του Landolt και 0,07 logMAR στον πίνακα των γραμμάτων). Η διαφορά αυτή, που αντιστοιχεί σε 2,5 οπτότυπα, ίσως να σχετίζεται με τη μικρότερη μείωση που κατέγραψαν οι μύωπες στον πίνακα των γραμμάτων στη συνθήκη της θόλωσης. Απομονώνοντας και πάλι την ομάδα των μυώπων, φαίνεται να υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ βελτίωσης της οπτικής οξύτητας και διαθλαστικού

σφάλματος. Για τον πίνακα των γραμμάτων συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη βελτίωση στα υψηλότερα μυωπικά διαθλαστικά σφάλματα. Στον ίδιο πίνακα, εξεταζόμενοι με μεγάλη μείωση της οπτικής τους οξύτητας στη συνθήκη της θόλωσης, εμφανίζουν σημαντική βελτίωση στη συνθήκη της προσαρμογής. Για τον πίνακα του Landolt C αντιθέτως, υπάρχει η τάση στα άτομα με μεγάλη μείωση οπτικής οξύτητας λόγω θόλωσης, να εμφανίζουν μικρή βελτίωση λόγω προσαρμογής, αν και δεν υπάρχουν ικανοποιητικές εξηγήσεις για την παρατήρηση αυτή.

Μελετώντας τον κυρίαρχο και μη κυρίαρχο οφθαλμό ως προς τη βελτίωση της οπτικής οξύτητας, και πάλι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για τον πίνακα γραμμάτων και τον πίνακα του Landolt C και για τις ομάδες εμμετρόπων και μυώπων.

Σημειώνουμε, ότι οι μετρήσεις των σφαιρο-κυλινδρικών διαθλαστικών σφαλμάτων που πραγματοποιήθηκαν με το αυτόματο διαθλασίμετρο Huvitz HRK 7000 πριν την έναρξη των μετρήσεων και μετά την προσαρμογή εμφανίζουν ισχυρή θετική συσχέτιση όπως βρέθηκε με το συντελεστή συσχέτισης Pearson ($r=0,993$). Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι η βελτίωση της οπτικής οξύτητας μετά από μία ώρα παραμονής στη θόλωση δεν συνοδεύεται από κλινικά σημαντική διαθλαστική αλλαγή, οπότε μπορεί να αποδοθεί σε νευρωνικούς παρά σε διαθλαστικούς παράγοντες.

3. Συζήτηση κύριων ευρημάτων

Οι διαφορές που παρατηρούνται στην καταγραφή της οπτικής οξύτητας με τους δύο κλινικούς πίνακες αποδεικνύουν ότι οι πίνακες γραμμάτων και προσανατολισμών δεν είναι ισοδύναμοι. Το γεγονός ότι εμφανίζεται χαμηλότερη οπτική οξύτητα με τον πίνακα του Landolt C, είναι πιθανό να οφείλεται στη μεγαλύτερη εξοικείωση των εξεταζόμενων με τα γράμματα απ' ότι με τους προσανατολισμούς ή στο φαινόμενο της **οπτικής μνήμης** που διευκολύνει την αναγνώριση της μορφής των γραμμάτων.

Οι διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσα στους εξεταζόμενους είναι πιθανό να οφείλονται στο διαφορετικό διαθλαστικό σφάλμα του καθενός (σφαιρικό ή αστιγματικό), στην ύπαρξη εκτροπών υψηλής τάξης, στην διαφορετική εμπειρία στη θόλωση, στη διαφορετική πυκνότητα και μέγεθος των κωνίων του κεντρικού βοθρίου ή ακόμα στην έλλειψη συγκέντρωσης και προσοχής κατά την καταγραφή της οπτικής οξύτητας.

Στην κλινική πράξη, κατά την υποκειμενική διαθλαστική εξέταση, θα πρέπει να δίνεται σημασία σε πιθανή προηγούμενη έκθεση των εξεταζόμενων στη θόλωση, έτσι ώστε φαινόμενα προσαρμογής να αξιολογούνται κατάλληλα από τον εξεταστή.

4. Περιοριστικοί παράγοντες

Το μικρό μέγεθος δείγματος υπήρξε ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες της μελέτης καθώς και το γεγονός ότι δεν πραγματοποιήθηκε κυκλοπληγία για τον καθορισμό της βέλτιστης διόρθωσης των εξεταζομένων. Κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων δεν ελέγχθηκε με ακρίβεια το μέγεθος της κόρης των εξεταζομένων, αλλά επισημάνθηκε προφορικά πριν την έναρξη της εκάστοτε μέτρησης, ότι δεν επιτρέπεται στους εξεταζόμενους να στενεύουν τη βλεφαρική τους σχισμή δημιουργώντας στενοπικό δίσκο. Δεδομένης της μεγάλης διάρκειας της πειραματικής διαδικασίας, θα ήταν προτιμότερο να μετρηθούν όλοι οι εξεταζόμενοι ταυτόχρονα, ή ανά ομάδες, πρωινές ώρες της ημέρας, ώστε να μειωθεί η επίδραση τυχόν κόπωσης στις μετρήσεις της οπτικής οξύτητας.

Για τις ανάγκες της στατιστικής ανάλυσης, το διαθλαστικό σφάλμα ορίστηκε σύμφωνα με το σφαιρικό ισοδύναμο της διάθλασης των εξεταζομένων χωρίς τη συμμετοχή του άξονα του αστιγματισμού. Όσον αφορά την προσαρμογή στη θόλωση σε σχέση με τον άξονα του αστιγματισμού, αν και έχουν γίνει σχετικές μελέτες, δεν έχει αποδειχθεί δυνατότητα προσαρμογής του οφθαλμού σε επιλεγμένους μεσημβρινούς [Bradley,Thomas,1991]. Αντιθέτως, όσον αφορά την επίδραση της θόλωσης στην οπτική οξύτητα, ο άξονας του αστιγματισμού επηρεάζει την αναγνώριση των γραμμάτων, ανάλογα με τα χωρικά χαρακτηριστικά κάθε γράμματος. Τέλος, οι εξεταζόμενοι που εμφάνισαν διαφορετικό σφαιρο-κυλινδρικό σφάλμα από αυτό της καθημερινής τους διόρθωσης, δεν παρέμειναν για μεγάλο χρονικό διάστημα με τη νέα τους διάθλαση πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας.

5. Πλεονεκτήματα σε σχέση με προγενέστερες μελέτες

Η πραγματοποίηση υποκειμενικής διάθλασης πριν την πειραματική διαδικασία υπήρξε ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μελέτης καθώς εντοπίστηκαν τυχόν υποδιορθωμένοι ή υπέρ-διορθωμένοι εξεταζόμενοι και χορηγήθηκε σε αυτούς η βέλτιστη απαιτούμενη σφαιρο-κυλινδρική διόρθωση. Άτομα με χαμηλά διαθλαστικά σφάλματα που δεν συνηθίζουν να φορούν διόρθωση στην καθημερινότητά τους, διορθώθηκαν με κατάλληλους οφθαλμικούς φακούς για τις ανάγκες του πειράματος. Σε προγενέστερες μελέτες χρησιμοποιήθηκαν φακοί επαφής για την πρόκληση θόλωσης, γεγονός που προκαλούσε αναπόφευκτα αστάθεια στην όραση των εξεταζομένων και κατά συνέπεια στην καταγραφή της οπτικής τους οξύτητας. Στη δεδομένη μελέτη, η κατασκευή και η ακριβής εφαρμογή «θολωτικών» γυαλιών οράσεως για κάθε εξεταζόμενο (βάσει

διακορικής απόστασης και ύψους) καθιστούσε μεγάλη ευκρίνεια στην όραση, αποφυγή πρισματικών φαινομένων και άνεση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η λήψη της οπτικής οξύτητας πραγματοποιήθηκε από ένα και μόνο άτομο γεγονός που απέκλεισε διακυμάνσεις λόγω υποκειμενικής αξιολόγησης του εξεταστή, ενώ οι ταινίες που προβλήθηκαν ήταν στην επιλογή του εξεταζόμενου έτσι ώστε να διατηρείται ζωντανό το ενδιαφέρον του.

6. Μελλοντική Έρευνα

Στην παρούσα μελέτη βρέθηκε να υπάρχει μια τάση στη συσχέτιση προσαρμογής στη θόλωση και διαθλαστικού σφάλματος, σε πιθανή μελλοντική έρευνα με μεγαλύτερο δείγμα μυώπων, θα μπορούσε να γίνει ακριβέστερη κατάταξη ανάλογα με την ισχύ του διαθλαστικού τους σφάλματος, διαχωρίζοντάς τους σε χαμηλού, μέσου και υψηλού βαθμού μυώπες. Ένας άλλος διαχωρισμός θα μπορούσε να γίνει βάσει της ηλικίας εμφάνισης της μυωπίας, έτσι ώστε να βρεθούν πιθανές διαφορές ανάμεσα σε άτομα που εμφάνισαν μυωπικό διαθλαστικό σφάλμα σε νεαρή ηλικία και σε αυτούς που εμφανίστηκε σε μεγαλύτερη ηλικία, δεδομένου του ότι υπάρχουν πολλές μελέτες που δείχνουν ότι οι αιτιολογικοί παράγοντες διαφέρουν στις δύο αυτές περιπτώσεις. Θα μπορούσαν ακόμα να μελετηθούν διεξοδικά οι διαφορές μεταξύ μυώπων που παραμένουν με αδιόρθωτο διαθλαστικό σφάλμα (οπότε και έχουν υποστεί μακροχρόνια έκθεση στη θόλωση) σε σχέση με μυώπες που εκτίθενται παροδικά στη θόλωση. Ενδιαφέρον θα είχε να μελετηθεί το φαινόμενο της προσαρμογής με διάφορα ποσά εισερχόμενης θόλωσης και με διαφορετικούς χρόνους έκθεσης στη θόλωση.

Η επίδραση της διαθλαστικής θόλωσης στην οπτική οξύτητα στην παρούσα μελέτη, βρέθηκε να έχει παρόμοια αποτελέσματα με τη μειωμένη οξύτητα λόγω παθήσεων του κρυσταλλοειδούς φακού ή του αμφιβληστροειδούς, (π.χ. καταρράκτης, διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια) (Ε. Φελώνη, 2008). Θα ήταν χρήσιμο να ερευνησουμε κ άλλες περιπτώσεις μειωμένης οπτικής οξύτητας είτε περιπτώσεις μειωμένης ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση (π.χ. λόγω σκέδασης), ώστε να ελέγξουμε αν ο παθολογικός παράγοντας επηρεάζει το ποσό της μείωσης της οπτικής οξύτητας. Τέλος, θα ήταν ιδανικό, να πραγματοποιηθούν μετρήσεις σε ρεαλιστικές συνθήκες παρά σε εξεταστήρια, ώστε να αξιολογηθεί η χρησιμότητα της προσαρμογής στη θόλωση στις καθημερινές δραστηριότητες των μυώπων.

Παράρτημα Πινάκων

1ος Πίνακας: Περιγραφικά Στοιχεία Εξεταζομένων

A/A	AGE	GENDER	R.SPH	R.CYL	R.SEQ	L.SPH	L.CYL	L.SEQ	MEAN	E/M	COR.	DOM
S1	28	M	-0,25	0,00	-0,25	0,25	0,00	0,25	0,00	E	OXI	R
S2	28	M	-0,25	-0,50	-0,50	-0,25	0,00	-0,25	-0,38	E	OXI	L
S3	26	F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	E	OXI	L
S4	30	M	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	E	OXI	R
S5	26	M	0,50	0,00	0,50	0,25	-0,50	0,00	0,25	E	OXI	R
S6	25	M	0,50	-0,25	0,38	0,00	-0,25	-0,13	0,13	E	OXI	L
S7	27	M	0,25	0,00	0,25	0,25	0,00	0,25	0,25	E	OXI	R
S8	28	F	0,25	-0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,25	E	NAI	L
S9	23	M	0,00	-1,00	-0,50	-0,25	-1,00	-0,75	-0,63	E	NAI	L
S10	27	F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	E	OXI	R
S11	33	M	-0,25	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,75	-0,63	E	NAI	R
S12	27	F	-0,50	-0,50	-0,75	-0,25	-0,25	-0,38	-0,56	E	OXI	L
S13	28	F	0,25	-0,50	0,00	0,50	-0,25	0,38	,019	E	OXI	R
S14	31	F	-1,25	0,00	-1,25	-1,25	0,0	-1,25	-1,25	M	NAI	R
S15	27	M	-1,50	-0,50	-1,75	-2,25	-0,50	-2,50	-2,13	M	NAI	L
S16	27	M	-2,00	0,00	-2,00	-2,25	0,00	-2,25	-2,13	M	NAI	L
S17	23	F	-0,75	-0,25	-0,88	-0,75	-0,25	-0,88	-0,88	M	NAI	L
S18	38	M	-1,75	-0,50	-2,00	-1,50	-0,50	-1,75	-1,88	M	NAI	L
S19	24	F	-2,75	0,00	-2,75	-2,75	0,00	-2,75	-2,75	M	NAI	R
S20	27	M	-1,00	0,00	-1,00	-0,50	0,00	-0,50	-0,75	M	OXI	L
S21	24	F	-2,75	-0,25	-2,88	-2,00	-0,25	-2,13	-2,50	M	NAI	L
S22	25	F	-4,50	0,00	-4,50	-3,00	0,00	-3,00	-3,75	M	NAI	R
S23	25	M	-5,25	-0,50	-5,50	-4,25	-0,50	-4,50	-5,00	M	NAI	R
S24	21	F	-3,25	-0,75	-3,63	-4,00	0,00	-4,00	-3,81	M	NAI	R
S25	23	F	-4,50	-1,00	-5,00	-4,25	-1,00	-4,75	-4,88	M	NAI	R
S26	25	F	-2,75	-0,75	-3,13	-2,75	-1,25	-3,38	-3,25	M	NAI	R

Επεξηγήσεις:

GENDER: M=Male F=Female

SPH: Σφαίρωμα Διάθλασης

CYL: Κύλινδρος

S.EQ: Σφαιρικό Ισοδύναμο Διάθλασης

Mean: (RSEQ + LSEQ)/2

E/M: Εμμέτροπας/Μύωπας

COR=Correction: NAI: Χρήση Διόρθωσης OXI: Μη χρήση Διόρθωσης

DOM: Κυρίαρχος οφθαλμός: R: Δεξιός οφθαλμός L: Αριστερός Οφθαλμός

2ος Πίνακας: Οπτική Οξύτητα Εξεταζομένων (logMAR) σε 3 συνθήκες

Α/Α	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΔΕΞΙΟΥ & ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ (LOGMAR)					
	Βέλτιστη Διόρθωση		Συνθήκη Θόλωσης		Παραμονή στη Θόλωση	
	ETDRS	Landolt C	ETDRS	Landolt C	ETDRS	Landolt C
S1	-0,21	-0,14	0,54	0,84	0,57	0,78
S2	-0,09	-0,04	0,44	0,53	0,29	0,36
S3	-0,18	-0,16	0,64	0,71	0,38	0,53
S4	-0,20	-0,23	0,71	0,77	0,58	0,63
S5	-0,19	-0,13	0,73	0,75	0,71	0,79
S6	-0,06	-0,07	0,86	0,86	0,77	0,77
S7	-0,17	-0,19	0,69	0,75	0,66	0,64
S8	-0,07	-0,01	0,52	0,78	0,63	0,75
S9	-0,22	-0,23	0,60	0,52	0,42	0,39
S10	-0,15	-0,13	0,64	0,66	0,62	0,71
S11	-0,17	-0,17	0,76	0,76	0,69	0,72
S12	0,01	0,02	0,74	0,72	0,63	0,58
S13	-0,18	-0,16	0,79	0,84	0,59	0,74
S14	-0,07	-0,08	0,58	0,63	0,45	0,68
S15	-0,07	0,06	0,46	0,66	0,44	0,54
S16	-0,15	-0,17	0,91	0,91	0,67	0,77
S17	-0,13	-0,08	0,54	0,80	0,59	0,67
S18	-0,20	-0,21	0,75	0,84	0,71	0,79
S19	-0,09	-0,05	0,33	0,49	0,23	0,30
S20	-0,11	-0,09	0,60	0,75	0,55	0,67
S21	-0,10	-0,10	0,61	0,66	0,60	0,56
S22	-0,16	-0,21	0,42	0,54	0,36	0,45
S23	-0,09	-0,03	0,34	0,52	0,34	0,37
S24	-0,08	-0,08	0,52	0,74	0,41	0,50
S25	0,00	0,00	0,61	0,62	0,45	0,43
S26	-0,02	0,00	0,63	0,81	0,55	0,61

Επεξηγήσεις:

Γ: Πίνακας Γραμμάτων

C: Πίνακας Landolt C

3ος Πίνακας: Αντικειμενική Μέτρηση Διάθλασης με το HRK 7000 (Huvitz) πριν και μετά την προσαρμογή

A/A	1 ^H ΜΕΤΡΗΣΗ		2 ^H ΜΕΤΡΗΣΗ		1 ^H ΜΕΤΡΗΣΗ	2 ^H ΜΕΤΡΗΣΗ
	OD	OS	OD	OS	ODS	ODS
S1	-0,38	0,38	-0,38	0,38	0,00	0,00
S2	-0,13	-0,25	0,00	0,00	-0,19	0,00
S3	-0,38	0,25	0,13	0,38	-0,07	0,26
S4	0,00	0,25	0,38	0,25	0,13	0,32
S5	0,38	0,00	0,25	-0,75	0,19	-0,25
S6	0,63	0,00	0,63	0,00	0,32	0,32
S7	0,13	0,38	0,38	0,63	0,26	0,51
S8	-0,50	-0,13	-0,38	0,13	-0,32	-0,13
S9	-0,25	-0,38	0,25	-0,13	-0,32	0,06
S10	0,13	0,38	0,38	0,38	0,26	0,38
S11	-0,63	-0,50	-0,38	-0,75	-0,57	-0,57
S12	-0,63	-0,25	-0,38	-0,13	-0,44	-0,26
S13	-0,13	0,50	0,38	1,13	0,19	0,76
S14	-0,88	-1,13	-1,00	-1,13	-1,01	-1,07
S15	-2,50	-2,75	-2,25	-2,50	-2,63	-2,38
S16	-1,88	-2,38	-2,00	-2,25	-2,13	-2,13
S17	-0,63	-0,88	-0,63	-0,75	-0,76	-0,69
S18	-2,38	-2,50	-2,13	-2,13	-2,44	-2,13
S19	-2,38	-2,63	-2,50	-2,38	-2,51	-2,44
S20	-1,00	-0,88	-0,63	-0,75	-0,94	-0,69
S21	-3,75	-2,88	-3,88	-3,25	-3,32	-3,57
S22	-4,38	-3,50	-4,13	-3,38	-3,94	-3,76
S23	-5,13	-4,13	-5,13	-4,13	-4,63	-4,63
S24	-3,25	-4,13	-3,13	-4,13	-3,69	-3,63
S25	-5,13	-4,75	-5,00	-4,75	-4,94	-4,88
S26	-2,50	-2,88	-2,63	-3,25	-2,69	-2,94

Επεξηγήσεις:

OD: Δεξιός Οφθαλμός

OS: Αριστερός Οφθαλμός

ODS: Μέση τιμή δεξιού και αριστερού οφθαλμού

Βιβλιογραφία

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ:

1. Grosvenor T. **A review and a suggested classification system for myopia on the basis of the basis of age-related prevalence and age of onset.** Am J Optom Physiol Opt. (1987) Jul;64(7):545-54.
2. Pesudovs K., Brennan N. **Decreased Uncorrected Vision After a Period of Distance Fixation with Spectacle Wear.** Optometry & Vision Science (1993), Vol.70, No.7, pp.528-531.
3. Thorn F., Schwartz F. **Effects of Dioptric Blur on Snellen and Grating Acuity.** Optometry & Vision Science (1990), Vol.67, No.1, pp.3-7.
4. Thorn F. **Effects of Dioptric Blur on the Vistech Contrast Sensitivity Test.** Optometry & Vision Science (1990), Vol.67, No.1, pp.8-12.
5. Elliott S., Hardy J., Webster M., Werner J. **Aging and Blur Adaptation.** Journal of Vision (2007) 7(6):8, 1-9.
6. Vera-Diaz F., Gwiazda J., Thorn F., Held R. **Increased accommodation following adaptation to image blur in myopes.** Journal of Vision (2004) 4, 1111-1119.
7. Rosenfield M., Hong S., George S.. **Blur Adaptation in Myopes.** Optometry & Vision Science, Vol.81, No.9, September 2004.
8. Rosenfield M., Abraham-Cohen J. **Blur Sensitivity in Myopes.** Optometry & Vision Science, Vol.76, No.5, May 1999.
9. George S., Rosenfield M. **Blur adaptation and myopia.** Optometry & Vision Science, Vol.81, No.7, July 2004.
10. Bradley A., Thomas T., Kalaher M., Hoerres M.. **Effects of Spherical and Astigmatic Defocus on Acuity and Contrast Sensitivity: A comparison of Three Clinical Charts.** Optometry & Vision Science (1991), Vol.68, No.6, pp.418-426.
11. Williams M., Tresilian J., Strang N., Kochhar P., Wann J. **Improving vision: neural compensation for optical defocus.** The Royal Society (1998), 265, 71-77
12. Cufflin M., Mankowska A., Mallen E. **Effect of Blur Adaptation on Blur Sensitivity and Discrimination in Emmetropes and Myopes.** IOVS, June 2007, Vol. 48, No.6.
13. Sreenivasar V., Irving E., Bobier W. **Binocular adaptation to near addition lenses in emmetropic adults.** Vision Research 48 (2008), 1262-1269.

14. Battaglia P., Jacobs R., Aslin R. **Depth dependent blur adaptation.** Vision Research 44 (2004), 113-117.
15. Wang B., Ciuffreda K., Vasudevan B. **Effect of Blur Adaptation on Blur Sensitivity in Myopes.** Vision Research 46 (2006), 3634-3641.
16. Chung S., Jarvis S., Cheung S. **The effect of dioptric blur on reading performance.** Vision Research 47 (2007), 1584-1594.
17. Webster M., Georgeson M., Webster S. **Neural adjustments to image blur.** Nature Neuroscience, Vol.5, No.9, September 2002.
18. Cufflin M., Hazel C., Mullen E. **Static accommodative responses following adaptation to different levels of blur.** Ophthal. Physiol. Opt. (2007), 27: 353-360
19. Pesudovs K. **Involvement of Neural Adaptation in the Recovery of Vision After Laser Refractive Surgery.** Journal of Refractive Surgery, Vol.21, March/April 2005.
20. Cufflin M., Mullen E. **Dynamic Accommodation Responses Following Adaptation to Defocus.** Optometry & Vision Science, October 2008, Vol.85, No.10.
21. Fairchild M., Johnson G. **On the Salience of Novel Stimuli: Adaptation and Image Noise.** Rochester Institute of Technology, NY/USA.
22. Powers M., Dobson V. **Effect of focus on Visual Acuity of Human infants.** Vision Research (1982), Vol.22, pp. 521-528.
23. Georgeson M., Hammett S. **Seeing blur: 'motion sharpening' without motion.** The Royal Society (2002) 269, 1429-1434.
24. Wolfgang G., Bernhard R., Wolfgang W., Konrad S., Rudolf H. **Correlation of Optotypes with the Landolt Ring – A Fresh Look at the Comparability of Optotypes.** Optometry & Vision Science, 1994, Vol.71, No.1, pp.6-13.
25. Reich L., Ekabutr M., **The Effects of Optical Defocus on the Legibility of the Tumbling – E and Landolt – C.** Optometry & Vision Science, June 2002, Vol. 79, No.6.
26. Akutsu H., Bedeli H., Patel S. **Recognition Thresholds for Letters with Simulated Dioptric Blur.** Optometry & Vision Science, Vol.77, No.10, October 2000.
27. Tan D., Fong A. **Efficacy of neural vision therapy to enhance contrast sensitivity function and visual acuity in low myopia.** Cataract & Refractive Surgery (2008) 34: 570-577.
28. McLean Rhondalyn., Wallman J. **Severe Astigmatic Blur Does Not Interfere with Spectacle Lens Compensation.** IOVS, February 2003, Vol.44, No.2

29. Giraudet G., Azavant L. **Object Localization in Blurred and Jumbled Scenes: Differences between Myopic and Emmetropic Observers.** IOVS, September 2006, Vol.47, No 9.
30. Radhakrishnan H., Pardhan S., Calver R., O’Leary D. **Unequal Reduction in Visual Acuity with Positive and Negative Defocusing lenses in Myopes.** Optometry & Vision Science, Vol.81, No.1, January 2004.
31. Gwiazda J., Thorn F., Bauer J., Held R. **Myopic Children Show Insufficient Accommodative Response to Blur.** IOVS, March 1993, Vol.34, No 3.
32. Schmid K., Wildsoet C. **The Sensitivity of the chick eye to refractive defocus.** Ophthal. Physiol. Opt. (1997) Vol.17, No.1, pp.61-67.
33. Bedell H, Patel S, Chung S. **Comparison of Letter and Vernier Acuities with Dioptric and Diffusive Blur.** Optometry & Vision Science, Vol.76, No.2, February 1999.
34. Archer S. **Monocular Diplopia Due to Spherocylindrical Refractive Errors.** Trans Am Ophthalmol Soc. (2007). Vol 105: 252-271.
35. Ohlendorf A., Schaeffel F. **Contrast Adaptation induced by defocus – A possible error signal for emmetropization?** Vision Research 49 (2009), 249-256.
36. Simmers A, Bex P, Hess R. **Perceived Blur in Amblyopia.** IOVS, March 2003, Vol.44, No 3.
37. Ciuffreda K, Wang B, Vasudevan B. **Conceptual model of human blur perception.** Vision Research 47 (2007), 1245-1252.
38. Artal P., Chen L., Fernandez E., Singer B., Manzanera S., Williams D. **Neural Compensation for the eye’s optical aberrations.** Journal of Vision (2004) 4, 281-287.
39. Charman W. **Spatial frequency content of the Cardiff and related acuity tests.** Ophthal. Physiol. Opt. (2006) 26: 5-12.
40. Sigrid Diether and Frank Schaeffe. **Long-term changes in retinal contrast sensitivity in chicks from frosted occluders and drugs: relations to myopia?**

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ:

41. The Psychophysical Measurement of Visual Function. Norton, Corliss, Bailey, 2002.
42. Optics of the Human Eye. Atchison, Smith, 2003.
43. Visual Perception. Steven Yantis, 2001.

44. Basic Vision, an introduction to visual perception. Snowden R, Thompson P, Troscianko T.

POSTERS:

45. Woods R., Peli E., Fine E. **Reading With Diffusive and Dioptric Blur.** Schepens Eye Research Institute, Harvard Medical School.
46. Plainis S, Tsilimbaris MK., Moschandreas J., Feloni E., Pallikaris IG. **Comparison of logMAR acuity in normals and diabetic retinopathy patients measured with Sloan-letter, Illiterate-E and Landolt-C charts.** University of Crete, University Hospital, Heraklion, Crete.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ Π.Μ.Σ « ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ » :

47. Σωτήρης Πλαΐνης, **Διακριτική Ικανότητα Οφθαλμού, Οπτική Οξύτητα.** 2007.
48. Σωτήρης Πλαΐνης, **Εισαγωγή στις Ψυχοφυσικές Μεθόδους.** 2007.
49. Χαρίλαος Γκίνης, **Διαθλαστικά Σφάλματα Οφθαλμού,** 2007.
50. Ιωάννα Μοσχανδρέα, **Measurement Studies,** 2008.

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ:

51. HRK-7000 Auto Ref-Keratometer Manual, Huvitz