

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**«Μελέτη της εγκυρότητας αυτόματου διαθλασίμετρου
πριν και μετά τη χρήση κυκλοπληγικού φαρμάκου»**

Παπαδημητράκη Σοφία-Ειρήνη

Επιβλέπων: Σωτήριος Πλαΐνης, PhD

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2009

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**«Μελέτη της εγκυρότητας αυτόματου διαθλασίμετρου
πριν και μετά τη χρήση κυκλοπληγικού φαρμάκου»**

Παπαδημητράκη Σοφία-Ειρήνη

Επιβλέπων: Σωτήριος Πλαΐνης, PhD

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων
για την απονομή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του
Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οπτική και Όραση»
και παρουσιάστηκε στις 18 Μαΐου 2009 στην τριμελή επιτροπή αποτελούμενη από
τους

- 1 Ιωάννης Παλλήκαρης
- 2 Σωτήριος Πλαΐνης
- 3 Γεώργιος Κουνής

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2009

ABSTRACT

Purpose

Automated refractokeratometry forms a basic exam at the start of the ophthalmic routine for the evaluation of sphero-cylindrical refractive error.

HRK-7000 is a new generation auto-refractokeratometer based on Shack – Hartmann principle.

The aim of this thesis was to evaluate its repeatability and accuracy in refractometry and keratometry measurements in the presence and absence of cycloplegia.

Methodology

Forty-five healthy myopes, with a mean age 28,6 years (S.D: 6.5 years) and mean spherical equivalent, R.E: -5,22 D (S.D : 2.14 D) participated in the present study.

Initially the examinations included refractometry and keratometry measurements with HRK-7000. The measurements in keratometry included central and peripheral measurements. The central zone was defined at 3mm and the peripheral zone at 6mm. Four points were measured for the peripheral zone: (nasal, temporal, superior, inferior)

In each case two individual measurements were taken, within a short time interval for the estimation of repeatability.

Accuracy in refractometry was evaluated by comparing HRK-7000 with subjective manifest refraction measurements and accuracy in keratometry was evaluated by comparing HRK-7000 with C-Scan corneal topographer measurements. Subsequently, the individuals were subjected to cycloplegia. After 30 minutes the examinations of refractometry and keratometry with HRK-7000 were repeated to evaluate the impact of cycloplegia.

Results

Refractive error analysis was performed using Fourier decomposition and each prescription was divided in three parts: MSE (mean spherical equivalent), J0 (astigmatism at 180° or 90°) and J45 (oblique astigmatism at 45° or 135°)

Repeatability analysis for the refractometry measurements showed no statistical significant difference between the two measurements.

Accuracy for the refractometry measurements showed statistical differences in both conditions (no cycloplegia, under cycloplegia). More specifically the measurements with HRK-7000 are found to be more hyperopic than manifest refraction measurements for the spherical equivalent by $0,13 \pm 0,33$ D in the measurements without cycloplegia and by $0,26 \pm 0,25$ D in the measurements under cycloplegia. Although the mean difference is bigger in the measurements with cycloplegia, the two methods seem to correlate better in the presence of cycloplegia (narrower limits of agreement).

Instillation of cyclopentol 1% caused a hyperopic shift of refractive error for the spherical equivalent by $0,33 \pm 0,31$ D. This shift is clinically significant and was also found statistically significant.

Repeatability analysis for the keratometry measurements showed no statistical significant difference .

Accuracy analysis for the keratometry measurements showed statistical differences for all comparisons and clinical differences for K Nasal ($0,23 \pm 0,47$ mm) and K Superior ($0,16 \pm 0,23$ mm)

Conclusions

HRK-7000 showed very high repeatability and accuracy in the refractometry measurements. Its repeatability and accuracy are within the limits of agreement found in similar studies.

The instillation of cyclopentol 1% causes a hyperopic shift of refractive error as expected.

HRK-7000 showed good repeatability centrally in the keratometry measurements , which degraded in the periphery .The accuracy of HRK-7000 for the keratometric measurements was also good centrally but degraded in the periphery.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός

Η αυτόματη διαθλασι-κερατομετρία αποτελεί μια βασική εξέταση ρουτίνας στο ξεκίνημα του οφθαλμικού ελέγχου για την εκτίμηση του σφαιρο-κυκλινδρικού διαθλαστικού σφάλματος.

Το HRK-7000 είναι αυτόματο διαθλασο-κερατόμετρο νέας γενιάς που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας Hartmann –Shack.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η εκτίμηση της επαναληψιμότητας και της ακρίβειας στις μετρήσεις της διαθλασιμετρίας και της κερατομετρίας ,με την παρουσία και την απουσία κυκλοπληγίας.

Μεθοδολογία

Στη συγκεκριμένη έρευνα συμμετείχαν 45 υγιείς μύωπες ,με μέση ηλικία τα 28,6 έτη (Τ.Α:6,5 έτη) και μέσο σφαιρικό ισοδύναμο Δ.Ο: -5,22 διοπτρίες (Τ.Α: 2,14 διοπτρίες).

Αρχικά ,οι εξετάσεις περιλάμβαναν μετρήσεις διαθλασιμετρίας και κερατομετρίας με το HRK-7000.Οι μετρήσεις στην κερατομετρία περιλάμβαναν μετρήσεις κεντρικά και περιφερικά.Η κεντρική ζώνη καθορίστηκε στα 3 mm και η περιφερική ζώνη στα 6 mm. Στην περιφερική ζώνη μετρήθηκαν 4 σημεία : ρινικά , κροταφικά , πάνω, κάτω.

Σε κάθε περίπτωση έγιναν δύο ανεξάρτητες μετρήσεις , μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα ,για την εκτίμηση της επαναληψιμότητας.

Η ακρίβεια στην διαθλασιμετρία καθορίστηκε συγκρίνοντας τις μετρήσεις του HRK-7000 με τις μετρήσεις της υποκειμενικής διάθλασης και της κερατομετρίας συγκρίνοντας τις μετρήσεις του HRK-7000 με τις μετρήσεις του κερατοειδικού τοπογράφου C-Scan .Στη συνέχεια , έγινε κυκλοπληγία στους εξεταζόμενους .Μετά από 30 λεπτά , ξαναέγιναν οι μετρήσεις της διαθλασιμετρίας και της κερατομετρίας με το HRK-7000 για να εκτιμηθεί η επίδραση της κυκλοπληγίας.

Αποτελέσματα

Η ανάλυση του διαθλαστικού σφάλματος έγινε με τον διαχωρισμό Fourier και η κάθε συνταγή χωρίστηκε σε τρία τμήματα : MSE (σφαιρικό ισοδύναμο), J0 (ο αστιγματισμός στις 180° ή στις 90°) και το J45 (πλάγιος αστιγματισμός στις 45° ή στις 135°).

Η ανάλυση για την επαναληψιμότητα έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις δύο συνθήκες (με κυκλοπληγία ,χωρίς κυκλοπληγία).

Η ανάλυση για την εκτίμηση της ακρίβειας στην διαθλασιμετρία ,έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις δύο συνθήκες (με κυκλοπληγία , χωρίς κυκλοπληγία). Πιο συγκεκριμένα , οι μετρήσεις με το HRK-7000 δίνουν πιο υπερμετρωπική διάθλαση από τις μετρήσεις της υποκειμενικής διάθλασης για το σφαιρικό ισοδύναμο ,κατά $0,13 \pm 0,33$ διοπτρίες χωρίς κυκλοπληγία και κατά $0,26 \pm 0,25$ διοπτρίες σε συνθήκες κυκλοπληγίας. Αν και η μέση διαφορά είναι μεγαλύτερη σε συνθήκες κυκλοπληγίας , οι δύο μέθοδοι φαίνεται ότι συμφωνούν περισσότερο σε αυτές τις συνθήκες (στενότερο διάστημα εμπιστοσύνης).

Η ενστάλλαξη κυκλοπεντολάτης 1% προκαλεί μετατόπιση του διαθλαστικού σφάλματος προς την υπερμετροπία για το σφαιρικό ισοδύναμο κατά $0,33 \pm 0,31$ διοπτρίες. Αυτή η μετατόπιση είναι κλινικά σημαντική και βρέθηκε και στατιστικά σημαντική.

Η ανάλυση της επαναληψιμότητας για τις κερατομετρικές μετρήσεις έδειξε ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά.

Η ανάλυση για της εκτίμηση της ακρίβειας έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις συγκρίσεις του HRK-7000 με το C-Scan και οι διαφορές αυτές είναι κλινικά σημαντικές ρινικά ($0,23 \pm 0,47$ mm) και κάτω ($0,16 \pm 0,23$ mm).

Συμπεράσματα

Το HRK-7000 έδειξε πολύ υψηλή επαναληψιμότητα και ακρίβεια στις μετρήσεις της διαθλασιμετρίας. Η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα του είναι ανάμεσα στα ίδια όρια εμπιστοσύνης με αυτά που βρέθηκαν σε παρόμοιες μελέτες.

Η ενστάλλαξη κυκλοπεντολάτης 1% προκαλεί μετατόπιση του διαθλαστικού σφάλματος προς την υπερμετροπία, όπως αναμενόταν.

Το HRK-7000 στις μετρήσεις της κερατομετρίας έδειξε καλή επαναληψιμότητα κεντρικά η οποία μειώνεται περιφερικά. Η ακρίβεια του HRK-7000 όσον αφορά την κερατομετρία, είναι επίσης καλή κεντρικά και μειώνεται περιφερικά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1° ΜΕΡΟΣ-Η ΟΠΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

1.1)	Ο οφθαλμός ως οπτικό όργανο.....	9
1.2)	Διαθλαστικά σφάλματα.....	10
1.3)	Οι οφθαλμικές εκτροπές.....	13

2° ΜΕΡΟΣ – ΔΙΑΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ

2.1)	Σκιασκοπία.....	15
2.2)	Αυτόματα Διαθλασίμετρα.....	15
2.2.1)	Βασικός σχεδιασμός.....	15
2.2.2)	Τύποι αυτόματων διαθλασίμερων.....	17
2.2.3)	Βασισμένα στην αρχή Shack-Hartmann πχ HRK-7000 της Huvitz.....	19
2.3)	Υπολογισμός διαθλαστικού σφάλματος απευθείας από τα διαθλασίμετρα.....	23
2.4)	Προσαρμογή και υποκειμενική διάθλαση.....	25
2.5)	Διαθλασιμετρία μετά από επέμβαση.....	27
2.6)	Υποκειμενική Διαθλαστική Εξέταση.....	28
2.6.1)	Διαδικασία υποκειμενικής διάθλασης.....	29
2.7)	Υποκειμενική διάθλαση και επαναληψιμότητα – αναπαραγωγικότητα.....	31

3° ΜΕΡΟΣ – ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

3.1)	Τοπογραφία κερατοειδούς.....	35
3.1.1)	Αρχή Τοπογραφίας κερατοειδούς.....	35
3.2)	Κερατομετρία με το HRK-7000 της Huvitz.....	37
3.3)	Σκοπός της εργασίας.....	38

4° ΜΕΡΟΣ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1)	Συμμετέχοντες.....	39
4.2)	Κριτήρια Επιλογής.....	39
4.3)	Διαδικασία μετρήσεων – Μηχανήματα.....	40
4.3.1)	Μετρήσεις με το HRK-7000 της Huvitz.....	40
4.3.2)	Μετρήσεις με το Canon RK-F1.....	42
4.3.3)	Μετρήσεις με το Technomed C-Scan Colour Ellipsoid Topometer.....	42
4.3.4)	Υποκειμενική Διάθλαση.....	43
4.3.5)	Κυκλοπληγία.....	43
4.4)	Στατιστικές μέθοδοι.....	44

5° ΜΕΡΟΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1)	Υπολογισμός διαθλαστικού σφάλματος.....	45
5.1.1)	Επαναληψιμότητα HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία.....	45
5.1.2)	Επαναληψιμότητα HRK-7000 με κυκλοπληγία.....	49
5.1.3)	Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 με κυκλοπληγία και χωρίς κυκλοπληγία.....	53
5.1.4)	Σύγκριση των μετρήσεων της υποκειμενικής διάθλασης με και χωρίς κυκλοπληγία.....	57

5.1.5) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 και της υποκειμενικής διάθλασης χωρίς κυκλοπληγία.....	61
5.1.6) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 και της υποκειμενικής διάθλασης με κυκλοπληγία.....	65
5.2) Υπολογισμός των κεντρικών και των περιφερικών στοιχείων του κερατοειδούς.....	70
5.2.1) Επαναληψιμότητα του HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του κερατοειδούς.....	70
5.2.2) Επαναληψιμότητα του HRK-7000 για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του κερατοειδούς με κυκλοπληγία.....	78
5.2.3) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του κερατοειδούς με και χωρίς κυκλοπληγία.....	85
5.2.4) Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ του C-Scan Colour Ellipsoid Topometer για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του κερατοειδούς.....	93

6° ΜΕΡΟΣ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1) Υπολογισμός διαθλαστικού σφάλματος.....	103
6.1.1) Επαναληψιμότητα HRK-7000 χωρίς και με κυκλοπληγία.....	103
6.1.2) Ακρίβεια του HRK-7000.....	106
6.1.2.1) Ακρίβεια του HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία.....	106
6.1.2.2) Ακρίβεια του HRK-7000 με κυκλοπληγία.....	110
6.1.3) Η επίδραση της κυκλοπληγίας στον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος.....	113
6.2) Υπολογισμός των κεντρικών και των περιφερικών στοιχείων του κερατοειδούς.....	116
6.2.1) Επαναληψιμότητα του HRK-7000 με και χωρίς κυκλοπληγία για τα κύρια και τα περιφερικά κερατομετρικά στοιχεία του οφθαλμού.....	116
6.2.2) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 για τα κύρια και τα περιφερικά κερατομετρικά στοιχεία του κερατοειδούς με και χωρίς κυκλοπληγία.....	118
6.2.3) Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ του HRK-7000 και του C-Scan Colour Ellipsoid Topometer για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του κερατοειδούς.....	120

7° ΜΕΡΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1) Υπολογισμός διαθλαστικού σφάλματος.....	122
7.2) Υπολογισμός των κεντρικών και των περιφερικών στοιχείων του κερατοειδούς.....	122
7.3) Περιορισμοί της έρευνας.....	122
7.4) Μελλοντική έρευνα.....	122

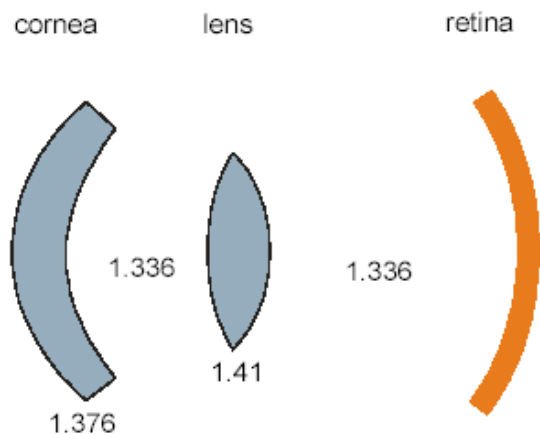
8° ΜΕΡΟΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	123
---	-----

1^ο ΜΕΡΟΣ-Η ΟΠΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

1.1) Ο ΟΦΘΑΛΜΟΣ ΩΣ ΟΠΤΙΚΟ ΟΡΓΑΝΟ

Όταν μια δέσμη ακτίνων εισέρχεται στο μάτι φθάνει στον αμφιβληστροειδή περνώντας μέσα από τα ακόλουθα διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού:

1. Η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς.
2. Η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς.
3. Η πρόσθια επιφάνεια του φακού.
4. Η οπίσθια επιφάνεια του φακού.



Εικόνα 1: Σχηματική αναπαράσταση των διαθλαστικών μέσων με τους αντίστοιχους δείκτες διάθλασης (cornea=κερατοειδής, lens=φακός, retina=αμφιβληστροειδής)

Όταν η φωτεινή ακτινοβολία περάσει από τα παραπάνω διαθλαστικά μέσα θα υποστεί ουσιαστική διάθλαση μόνο από την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς και το φακό. Η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς μπορεί να αγνοηθεί γιατί χωρίζει 2 οπτικά μέσα με σχεδόν τον ίδιο δείκτη διάθλασης.

Η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς αποτελεί το διαθλαστικότερο στοιχείο του ματιού και προσφέρει τα 2/3 της συνολικής διαθλαστικής του δύναμης. Η μεγάλη διαθλαστική δύναμη του κερατοειδούς οφείλεται σε 2 λόγους:

1. Στη μεγάλη κυρτότητα της κεντρικής του περιοχής .
2. Στο γεγονός ότι αυτή η επιφάνεια χωρίζει 2 μέσα με μεγάλη διαφορά στο δείκτη διάθλασης (αέρας – ίδια ουσία κερατοειδούς)

Ο φακός έχει μικρότερη διαθλαστική δύναμη από τον κερατοειδή ,κυρίως επειδή περιβάλλεται από το υδατοειδές υγρό και το υαλώδες σώμα ,των οποίων οι

δείκτες διάθλασης δεν διαφέρουν ουσιαστικά από του φακού όπως φαίνεται στην εικόνα 1.

(δ.δ φακού: 1.41, δ.δ υδατοειδούς υγρού:1,336 , δ.δ υαλώδους : 1,336)

Η συνολική διαθλαστική ισχύς ενός εμμετρικού οφθαλμού είναι περίπου +60 D.

1.2)ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Όταν μια παράλληλη δέσμη ακτινών εισέρχεται στον οφθαλμό η εικόνα του αντικειμένου εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή και πιο συγκεκριμένα στο κεντρικό βοθρίο.

Το μάτι δεν είναι ένα στατικό όργανο γι' αυτό και ένα αντικείμενο μπορεί να εστιαστεί καθαρά στον αμφιβληστροειδή εντός ενός εύρους αποστάσεων.

Το πιο κοντινό αντικείμενο που μπορεί να εστιαστεί καθαρά ονομάζεται **εγγύς σημείο** ,ενώ το πιο μακρινό **άπω σημείο** του οφθαλμού.

Στο **εμμετρικό μάτι** το άπω σημείο είναι το άπειρο.

Η διαφορά μεταξύ του εγγύς σημείου και του απώτερου σημείου ονομάζεται εύρος προσαρμογής και αποτελεί την περιοχή εντός της οποίας τα αντικείμενα μπορούν να εστιαστούν καθαρά στον αμφιβληστροειδή,

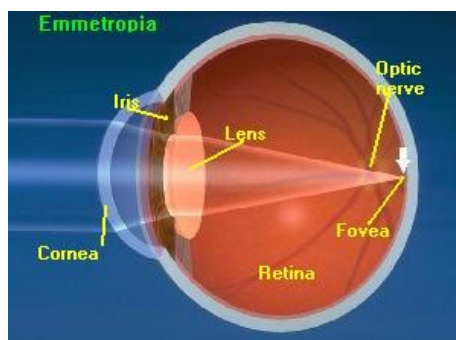
Ο υπολογισμός της προσαρμογής (σε διοπτρίες) που απαιτείται για ευκρινή όραση σε μια ορισμένη απόσταση ισούται με το αντίστροφο αυτής της απόστασης.

πχ για απόσταση 1m απαιτείται προσαρμογή 1D.

Ο μηχανισμός της προσαρμογής οφείλεται στη δράση του ακτινωτού μυ.

Όταν ο ακτινωτός μυς συσπάται ,οι ίνες της Ζιννείου ζώνης χαλαρώνουν ,η τάση που ασκούν στην περιφέρεια του φακού μειώνεται και το μάτι αποκτά την μέγιστη διαθλαστική του δύναμη για να εστιάσει σε κοντινά αντικείμενα(εγγύς σημείο).

Το αντίθετο συμβαίνει όταν ο ακτινωτός μυς χαλαρώνει εστιάζοντας στα μακρινά αντικείμενα(απώτερο σημείο).



Εικόνα 2:Εμμετρικό μάτι

Αμετροπία:Όταν η προσπίπτουσα δέσμη ακτινών δεν μπορεί να εστιαστεί πάνω στον αμφιβληστροειδή αλλά εστιάζεται πιο μπροστά ή πιο πίσω από αυτόν ,η εικόνα του αντικειμένου δεν είναι καθαρή και η κατάσταση ονομάζεται αμετροπία.

Στο **μυωπικό μάτι** η προσπίπτουσα δέσμη των ακτινών εστιάζεται πιο μπροστά από τον αμφιβληστροειδή. Το άπω σημείο σε αυτήν την περίπτωση δεν είναι το άπειρο αλλά βρίσκεται σε μια απόσταση μπροστά από τον κερατοειδή.

Η απόσταση του άπω σημείου από τον κερατοειδή (σε μέτρα) και ο βαθμός της αμετροπίας (σε διοπτρίες) συνδέονται με αντίστροφη σχέση.

πχ το άπω σημείο ενός ματιού με $-5D$ είναι $1/5=0,20m$ μπροστά από τον κερατοειδή.



Εικόνα 3:διαθλαστική μυωπία.

Η μυωπία οφείλεται συνήθως είτε σε αύξηση του μήκους του προσθιοπίσθιου άξονα του ματιού ,όπου ονομάζεται **αξονική μυωπία** ,είτε σε αύξηση της διαθλαστικής ισχύς του ματιού λόγω αύξησης της κυρτότητας μιας από τις διαθλαστικές του επιφάνειες ,όπου ονομάζεται **διαθλαστική μυωπία**.

Η παραπάνω διάκριση δεν είναι πάντα ασφαλής .δεδομένου ότι υπάρχουν εμμετρωπικοί οφθαλμοί με μεγάλη διαθλαστική ισχύ ή μεγάλο αξονικό μήκος. Ωστόσο αν σε ένα εμμετρωπικό μάτι το αξονικό μήκος του αυξηθεί .το μάτι θα καταστεί μυωπικό σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\delta L \approx -\delta l * F^2 / n \quad (1)$$

,όπου δL το διαθλαστικό σφάλμα αλλαγή στο αξονικό μήκος , F η συνολική ισχύς του ματιού ($\sim 60 D$) και n ο δείκτης διάθλασης του κερατοειδούς.

Αντίστοιχα αν σε ένα εμμετρωπικό μάτι ο κερατοειδής γίνει πιο κυρτός ,το οποίο οφείλεται κυρίως στην μείωση της ακτίνας καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδή,το μάτι θα καταστεί μυωπικό σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$F_c = (n-1)/r \quad (2)$$

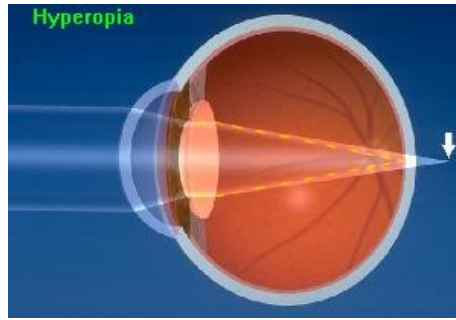
όπου F_c η ισχύς της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς , n ο δείκτης διάθλασης του κερατοειδούς και r η ακτίνα καμπυλότητας.

Στο **υπερμετρωπικό μάτι** η προσπίπτουσα δέσμη των ακτινών συναντάει τον αμφιβληστροειδή πριν σχηματίσει εστία και το αντικείμενο απεικονίζεται πιο πίσω από τον αμφιβληστροειδή.

Το άπω σημείο του υπερμετρωπικού ματιού είναι φανταστικό και βρίσκεται σε μια απόσταση πίσω από τον κερατοειδή.

Όπως και στην περίπτωση της μυωπίας ,ο βαθμός της υπερμετροπίας συνδέεται με την απόσταση από το άπω σημείο με αντίστροφη σχέση.

πχ το άπω σημείο ενός ματιού με υπερμετροπία $+2D$ βρίσκεται $1/2=0,5m$ πίσω από τον κερατοειδή.



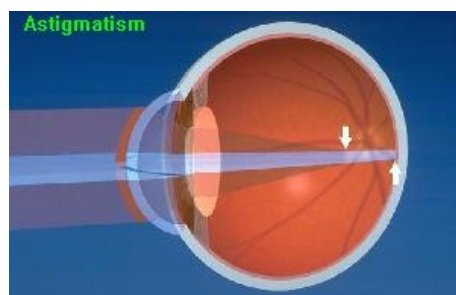
Εικόνα 4:Υπερμετρωπία.

Η υπερμετρωπία διακρίνεται όπως και η μυωπία σε **αξονική υπερμετρωπία**, όταν ο προσθιοπίσθιος άξονας είναι μικρότερος από το φυσιολογικό, συνοδευόμενος συνήθως και από μικρούς οφθαλμούς και σε **διαθλαστική υπερμετρωπία**, όταν η κυρτότητα οποιασδήποτε επιφάνειας του ματιού (συνήθως ο κερατοειδής) είναι μικρότερη της φυσιολογικής. Ο παράγοντας που σχετίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό με την ύπαρξη αμετρωπίας είναι το αξονικό μήκος. Περίπου το 50% των αμετρωπιών έχουν ως αιτία το αξονικό μήκος, το 20% την διαθλαστική ισχύ του κερατοειδούς, το 5% το βάθος του προσθίου θαλάμου και το υπόλοιπο 25% συνδέεται με άγνωστες παραμέτρους πχ κρυσταλλοειδή φακό.

Είναι πιθανό να υπάρχουν εμμετρωπικοί οφθαλμοί με μικρότερο του φυσιολογικού αξονικό μήκος ή μικρή κυρτότητα κερατοειδή, αλλά αν σε ένα εμμετρωπικό μάτι το αξονικό μήκος μειωθεί, το μάτι θα γίνει υπερμετρωπικό σύμφωνα με τη σχέση (1), ενώ αν η κυρτότητα του κερατοειδή μειωθεί και η ακτίνα καμπυλότητας αυξηθεί το μάτι θα γίνει υπερμετρωπικό σύμφωνα με τη σχέση (2).

Αστιγματισμός

Στον αστιγματισμό, η προσπίπτουσα δέσμη των ακτινών δεν διαθλάται το ίδιο σε όλους τους μεσημβρινούς με αποτέλεσμα το μάτι να μην έχει την ίδια διαθλαστική ισχύ σε όλους τους μεσημβρινούς. Η εστία των ακτινών δεν είναι σημειακή αλλά βλέπουμε 2 εστιακές γραμμές, συνήθως κάθετες μεταξύ τους οι οποίες διαμορφώνουν το κωνοειδές του Sturm.



Εικόνα 5:Αστιγματισμός.

1.3)ΟΙ ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΕΚΤΡΟΠΕΣ

Αν ο οφθαλμός ήταν ένα « τέλειο » οπτικό σύστημα , τότε οι ακτίνες οι οποίες προέρχονται από ένα σημειακό αντικείμενο ,μετά τη διάθλαση τους ,θα εστιάζονταν σε ένα σημειακό σημείο.

Αντίστοιχα αν έχουμε ένα επίπεδο μέτωπο κύματος το οποίο εισέρχεται σε ένα τέλειο οπτικό σύστημα , τότε το μέτωπο κύματος θα εξακολουθεί να είναι επίπεδο κατά την έξοδο του από το οπτικό σύστημα.

Αυτό συμβαίνει σπάνια ,δεδομένου ότι ο οφθαλμός είναι ένα οπτικό σύστημα με εκτροπές.Ως αποτέλεσμα , οι ακτίνες που προέρχονται από ένα σημειακό αντικείμενο ,δεν εστιάζονται σε ένα μόνο σημείο ,ενώ το επίπεδο μέτωπο κύματος ,δεν παραμένει επίπεδο κατά την έξοδο του από το οπτικό σύστημα.

Αυτό έχει ως συνέπεια ,ο οφθαλμός ,εκτός από τα συνηθισμένα διαθλαστικά σφάλματα που προαναφέρθηκαν (μυωπία , υπερμετροπία ,αστιγματισμός) , να έχει πιθανόν και εκτροπές υψηλής τάξης (πχ κόμη ,σφαιρική εκτροπή ,καμπυλότητα πεδίου κτλ).

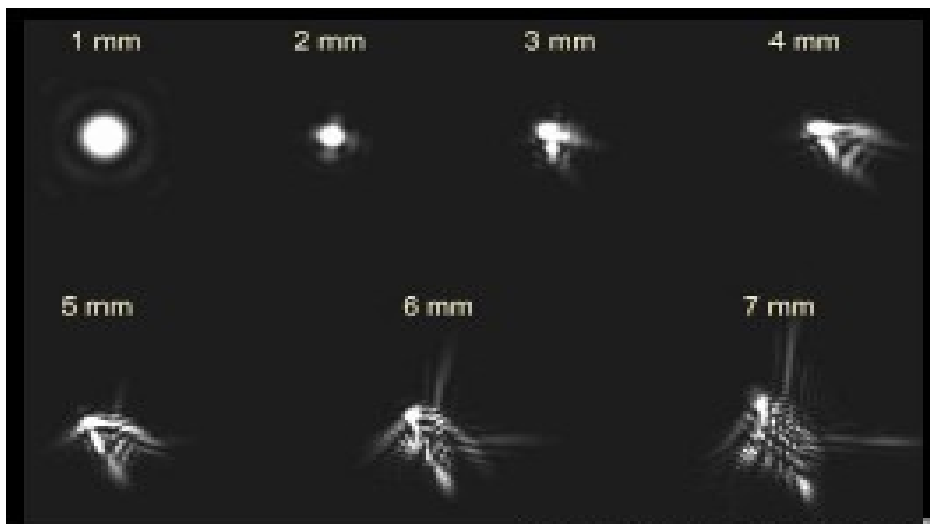
Οι εκτροπές υψηλής τάξης είναι η αιτία που κάποιες φορές ,μετά από μια διαθλαστική επέμβαση ,παρολο που το διαθλαστικό σφάλμα πχ μυωπία έχει διορθωθεί , το αμφιβληστροειδικό είδωλο να μην είναι απόλυτα ευκρινές.

Οι εκτροπές στο οπτικό σύστημα υπολογίζονται με τη μέθοδο της εκτροπομετρίας.Τα εκτροπόμετρα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των οφθαλμικών εκτροπών ,βασίζονται είτε στην αρχή Ray-tracing ,είτε στην αρχή Tcherning ,είτε στην αρχή Shack-Hatmann.

Οι εκτροπές υψηλής τάξης(σφαιρική εκτροπή,κόμα,καμπυλότητα πεδίου) είναι μικρές στα κεντρικά 2 mm της διαμέτρου της κόρης αλλά αυξάνονται ραγδαία όταν η κόρη είναι διεσταλμένη .Γι'αυτό ακόμα και όταν το διαθλαστικό σφάλμα έχει διορθωθεί το είδωλο που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή δεν είναι απόλυτα ευκρινές.

Η αύξηση της διαμέτρου της κόρης βελτιώνει την διακριτική ικανότητα λόγω της μείωσης του φαινομένου της περίθλασης αλλά ταυτόχρονα την μειώνει λόγω των μονοχρωματικών εκτροπών.

Στην ακόλουθη εικόνα βλέπουμε τη συνάρτηση διασποράς σημείου (PSF) ενός φυσιολογικού οφθαλμού που εκφράζει την κατανομή της σχηματιζόμενης στον αμφιβληστροειδή φωτεινής κηλίδας για σημειακή πηγή.



Η καλύτερη διακριτική ικανότητα εδώ είναι μεταξύ 2-3mm.

Γενικά: **Κόρη <3mm** –φαινόμενο **περίθλασης**

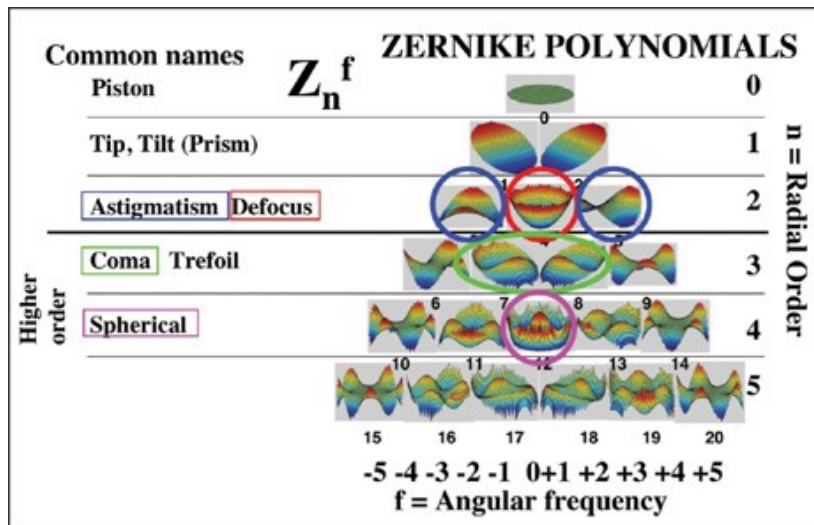
Κόρη >3mm –φαινόμενο **υψηλών εκτροπών**

Καλύτερη διακριτική ικανότητα : **Κόρη = 3mm**

Ο πιο γνωστός τρόπος έκφρασης και ποσοτικοποίησης των αποκλίσεων για ένα οπτικό σύστημα είναι χρησιμοποιώντας τα πολυώνυμα zernike . Τα πολυώνυμα αυτά μπορούν να εκφράσουν εκτροπές χαμηλής τάξης όπως σφαιρώμα και αстиγματισμό ,αλλά και εκτροπές υψηλής τάξης ,όπως κόμμα ,σφαιρικές εκτροπές.

Για το Z_2^0 : $Z_2^0 = \frac{-C_2^0 4\sqrt{3}}{r^2}$ → περίπτωση σφαιρώματος(μυωπία ή υπερμετρωπία)

Για το Z_4^0 : $Z_4^0 = \frac{-C_4^0 4\sqrt{3} + C_4^0 12\sqrt{5}}{r^2}$ → περίπτωση σφαιρικής εκτροπής.



Εικόνα 6: Πολυώνυμα Zernike.

Το RMS είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το μέγεθος ενός οπτικού σφάλματος και αναφέρεται στην απόκλιση ενός οπτικού συστήματος από το ιδανικό. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του rms για ένα οπτικό σύστημα ,τόσα περισσότερα τα οπτικά σφάλματα του συστήματος.

-Το RMS κάθε τάξης ισούται με την τετραγωνική ρίζα των αθροισμάτων των τετραγώνων των πολυωνύμων κάθε εκτροπής

-Το RMS των συνολικών εκτροπών υψηλής τάξης (3,4,5,6 τάξη) ισούται με την ρίζα των τετραγώνων των πολυωνύμων Zernike των εκτροπών (3,4,5,6 τάξης)

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτροπών που παρατηρούνται ,είναι εκτροπές χαμηλής τάξης (2^{ης} : μυωπία , υπερμετρωπία , κανονικός αστιγματισμός) ,σε ποσοστό περίπου 95% .

Από τις εκτροπές υψηλής τάξης ,αυτή που επηρεάζει περισσότερο την ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου ,είναι η σφαιρική εκτροπή.

2° ΜΕΡΟΣ-ΔΙΑΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ

2.1)ΣΚΙΑΣΚΟΠΙΑ

Η σκιασκοπία είναι μία μέθοδος εκτίμησης της διάθλασης που ενδείκνυται για τη διάθλαση σε βρέφη,μικρά παιδιά πνευματικά καθυστερημένα άτομα ,αναλφάβητους και μη συνεργάσιμους ασθενείς.

Στην σκιασκοπία προβάλλεται φως το οποίο επιτρέπει στον εξεταστή να παρατηρεί την κίνηση μιας περιοχής του βυθού του εξεταζόμενου.Προσθέτοντας δοκιμαστικούς φακούς μπροστά από το μάτι παρατηρούμε τη φαινόμενη κίνηση της φωτισμένης περιοχής του βυθού.Αν η κίνηση είναι ομόρροπη προσθέτουμε θετικούς φακούς ενώ αν είναι αντίρροπη αρνητικούς φακούς.Τοποθετώντας ανάλογα με την περίπτωση είτε αρνητικούς είτε θετικούς φακούς θα υπάρξει κάποια στιγμή που θα παρατηρηθεί αναστροφή της κίνησης της περιοχής.Ο φακός που προκάλεσε την αναστροφή της κίνησης είναι αυτός που προσδιορίζει τον βαθμό της αμετρωπίας.

2.2)ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΔΙΑΘΛΑΣΙΜΕΤΡΑ

Το πρώτο αυτόματο διαθλασίμετρο παρουσιάστηκε πριν από περίπου 30 χρόνια με αμφιλεγόμενες αντιδρασεις.

Από τότε μέχρι σήμερα η αποδοχή ,η διάδοση και η εξέλιξη της αυτοματοποιημένης διαθλασιμετρίας υπήρξε ραγδαία.Αυτό είναι λογικό ,δεδομένου ότι αυτές οι συσκευές προσφέρουν ταχύτητα , αξιόπιστη ακρίβεια και επαναληψιμότητα.

2.2.1)Βασικός σχεδιασμός

Τα αυτόματα διαθλασίμετρα αποτελούνται ουσιαστικά από :

1)Μια πηγή υπέρυθρου φωτός (800-900 nm)

Η υπέρυθη ακτινοβολία χρησιμοποιείται κυρίως λόγω της μεγάλης διαπερατότητας και αντανakλαστικότητας που επιτυγχάνεται από τα βαθύτερα στρώματα του ματιού (σκληρό και χοριοειδή).

Σε αυτό το μήκος κύματος ,η ανάκλαση από από τον σκληρό και τον χοριοειδή ,σε συνδιασμό με την επίδραση της εκτεταμένης χρωματικής εκτροπής ,συνεπάγεται ένα συστηματικό σφάλμα της τάξης της -0,50 D το οποίο πρέπει να προστίθεται για να αντισταθμίσει την διάθλαση για το φυσικό φως.

2) Ένας στόχος προσήλωσης

Διάφοροι στόχοι έχουν χρησιμοποιηθεί ανά καιρούς όπως 'αστέρια' ή εικόνες με θόλωση στην περιφέρεια για να επιτευχθεί χαλάρωση της προσαρμογής. Τώρα όλα τα αυτόματα διαθλασίμετρα χρησιμοποιούν τεχνικές θόλωσης για την χαλάρωση της προσαρμογής πριν από την αντικειμενική μέτρηση όπου συνήθως τοποθετείται ένας θετικός φακός μπροστά από την εικόνα έτσι ώστε να φαίνεται θολή. Ωστόσο η χαλάρωση της προσαρμογής δεν επιτυγχάνεται πάντα και μπορεί να υπάρξουν διακυμάνσεις μέχρι 0,50 D με αποτέλεσμα μικρή υπερδιόρθωση στην μυωπία ή υποδιόρθωση στην υπερμετροπία η και περισσότερο αν πρόκειται για νεαρά άτομα ή παιδιά.

3) Ένα οπτόμετρο Badal

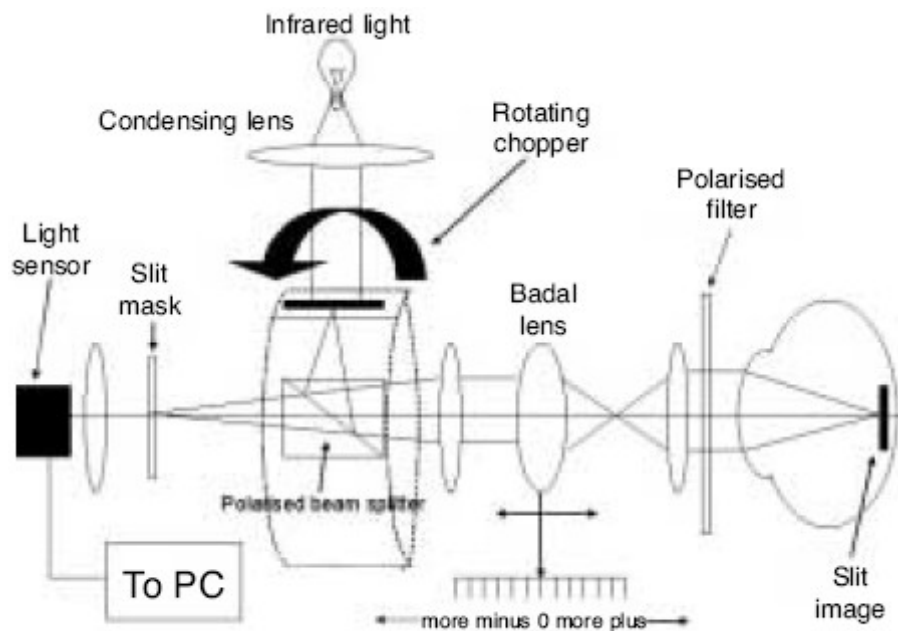
Το οπτόμετρο Badal χρησιμοποιείται από τα περισσότερα διαθλασίμετρα γιατί παρουσιάζει 2 σημαντικά πλεονεκτήματα:

α) Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της απόστασης του φακού του Badal από τον οφθαλμό και της διάθλασης στον άξονα που μετράμε.

β) Με το συγκεκριμένο σύστημα φακών, η μεγέθυνση του στόχου παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τη θέση του φακού Badal.

Η βασική αρχή λειτουργίας του διαθλασίμετρου φαίνεται στο σχήμα 6. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός ενσωματώθηκε στο διαθλασίμετρο Dioptron της CooperVision το 1970 και αναπτύχθηκε από τον Charles Munnerylyn. Υπάρχει μια πηγή υπέρυθρου φωτός το οποίο ευθυγραμμίζεται και περνάει διαμέσου ορθογώνιων μασκών που βρίσκονται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο. Έπειτα το φως περνάει στο σύστημα Badal διαμέσου ενός διαχωριστή δέσμης. Αυτό το σύστημα κινείται πλάγια μέχρι το φως που έχει περάσει από τη σχισμή να εστιαστεί ιδανικά στον αμφιβληστροειδή. Όταν επιτευχθεί η καλύτερη εστίαση ένας φωτεσένσορας δίνει το σήμα κορύφωσης. Ο πολωτικός διαχωριστής δέσμης απομακρύνει το ανακλώμενο φως από τον κερατοειδή ενώ το είδωλο της σχισμής στον αμφιβληστροειδή περνάει διαμέσου ενός πολωμένου διαχωριστή δέσμης.

Το συγκεκριμένο σύστημα μετράει σε τουλάχιστον 3 άξονες του ματιού για να μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της διαθλαστικής ισχύος του ματιού με τη μέθοδο των τετράγωνων ημιτόνων (sine-squared function).



Εικόνα 7:Βασική αρχή αυτόματης διαθλασιμετρίας.

2.2.2) Τύποι αυτόματων διαθλασίμετρων

Ουσιαστικά υπάρχουν 3 τύποι αυτόματων διαθλασίμετρων.

1) Ανάλυσης ποιότητας εικόνας.

Αυτός ο τύπος διαθλασίμετρου δεν χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα. Αρχική του εφαρμογή υπήρξε το διαθλασίμετρο Diortron.

Η βασική αρχή λειτουργίας του φαίνεται στο σχήμα 6. Η ιδανική θέση εστίασης του οπτομέτρου Badal καθορίζεται από το εξερχόμενο σήμα του φωτοσένσορα. Το περιστρεφόμενο τύμπανο παράγει έναν εναλλασσόμενο φωτεινό/σκοτεινό στόχο. Ο φωτοσένσορας συνδιάζει την ένταση του εισερχόμενου φωτός από το μάτι με την ένταση του φωτός από τη σχισμή του περιστρεφόμενου τύμπανου.

Αν η ένταση του φωτός από το μάτι είναι χαμηλή σημαίνει ότι το οπτόμετρο Badal δεν είναι στη σωστή θέση για τη διόρθωση αξονικής δύναμης. Αν η ένταση του φωτός κορυφωθεί χρησιμοποιείται η ένδειξη στο Badal για να βρεθεί η ισχύς του άξονα που μετράμε. Όταν αυτό γίνει για 3 άξονες, χρησιμοποιείται η μεθοδος των τετράγωνων ημιτόνων για να υπολογιστεί η σφαιροκυλινδρική συνταγή.

2) Διπλού pin-hole, βασισμένο στην αρχή Scheiner.

Τα περισσότερα διαθλασίμετρα σε λειτουργία σήμερα χρησιμοποιούν την αρχή του Scheiner.

Στην κλινική διάταξη χρησιμοποιείται ένας διπλός στενοπικός δίσκος ο οποίος τοποθετείται μπροστά από την κόρη του οφθαλμού. Αν ο οφθαλμός είναι μυωπικός, ο ασθενής θα βλέπει το αντικείμενο διπλό και χιασμένο (η εικόνα του

αριστερού οφθαλμού προς τα δεξιά και του αριστερού οφθαλμού προς τα αριστερά). Αν ο οφθαλμός είναι υπερμετροπικός, ο ασθενής βλέπει το αντικείμενο διπλό και αχίαστο. Η διάκριση μεταξύ χιασμένου και αχίαστου ειδώλου μπορεί να γίνει εύκολα ζητώντας από τον ασθενή να πει ποιο είδωλο εξαφανίζεται όταν φραχθεί το άνοιγμα του πάνω ή του κάτω στενοπικού δίσκου.

Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στα αυτόματα διαθλασίμετρα είναι λίγο διαφορετική. Υπάρχουν 2 LEDS (δίοδοι που εκπέμπουν φως που απεικονίζονται στο κορικό επίπεδο.

Αυτοί δρουν σαν το στενοπικό δίσκο του Scheiner με το πλεονέκτημα ότι στενές δέσμες φωτός παράγονται από ένα μικρό άνοιγμα του στενοπικού δίσκου ο οποίος είναι τοποθετημένος στην εστία του αντικειμενικού φακού.

Όταν γίνει η απεικόνιση των LEDS στο κορικό επίπεδο, αν υπάρχει διαθλαστικό σφάλμα θα γίνει διπλασιασμός των LEDS. Μετά την διάθλαση, το αμφιβληστροειδικό είδωλο από τα LEDS ανακλάται από τον αμφιβληστροειδή. Το φως που εκπέμπεται από το μάτι ανακλάται ξανά από ένα ημιεπάργυρο καθρέπτη και κατευθύνεται σε ένα διπλό φωτοανιχνευτή. Για να γίνει η διάκριση μεταξύ του χιασμένου και του αχίαστου διπλασιασμού, τα LEDS πάλλονται διαφορετικά στις υψηλές συχνότητες. Ο διπλός φωτοανιχνευτής του ειδώλου είναι έτσι σχεδιασμένος ώστε να απεικονίζει μόνο το ένα από τα 2 LEDS σε κάθε του μισό και έτσι γίνεται δυνατή η διάκριση χιασμένου και αχίαστου ειδώλου. Καθώς το σύστημα των LEDS μετακινείται μπροστά και πίσω ο διαχωρισμός των διπλωπικών ειδώλων εξαρτάται από τον φωτοανιχνευτή

. Όταν το αμφιβληστροειδικό είδωλο είναι μονό ένα μονό είδωλο των LEDS βρίσκεται στην εστία και των 2 φωτοανιχνευτών. Από τη θέση του LED υπολογίζεται το διαθλαστικό σφάλμα σε αυτόν τον άξονα. Για τον υπολογισμό του αστιγματισμού χρησιμοποιούνται 4 LEDS και υπολογίζεται η δύναμη του άξονα που είναι κάθετος σε αυτόν που μετράμε.

Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ευθυγράμμιση των φωτοανιχνευτών και το σημείο προσήλωσης του ασθενούς να βρίσκεται ομοαξονικά με το μηχάνημα. Αν δεν πληρείται αυτή η προϋπόθεση και η μέτρηση γίνει παραξονικά θα υπάρχει σφάλμα. Οι κατασκευαστές έχουν προσπαθήσει να αποφύγουν αυτού του είδους τα σφάλματα φτιάχνοντας συστήματα αυτο-ευθυγράμμισης. Οι οπτομέτρες που παρακάμπτουν αυτή την διαδικασία μπορεί να αυξήσουν την πιθανότητα σφάλματος μέτρησης λόγω κακής ευθυγράμμισης.

3) Σκιασκοπίας.

Κάποια αυτόματα διαθλασίμετρα χρησιμοποιούν υπέρυθη βιντεοδιάθλαση (Welsch Allen Suresight, Power Refractor II). Ένα περιστρεφόμενο τύμπανο παράγει ένα πλέγμα (grating) ή σχισμή. Το σκεπτικό είναι το ίδιο με την σκιασκοπία όπου η ταχύτητα του αντανάκλαστικού χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διάθλασης.

Η σχισμή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της ισχύος του ματιού. Η ταχύτητα ακριβώς η κατεύθυνση του αντανάκλαστικού ανιχνεύεται από φωτοανιχνευτές και στην συνέχεια γίνονται υπολογισμοί για να εξαχθεί η αξονική ισχύς.

2.2.3) Βασισμένα στην αρχή Shack – Hartmann πχ HRK-7000 της Huvitz

Το HRK-7000 είναι η νέα συσκευή της Huvitz ,που παρουσιάστηκε το 2007 και χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία για την αντικειμενική μέτρηση της διάθλασης και της κερατομετρίας των εξεταζομένων ατόμων.

Οι δυνατότητες της συγκεκριμένης συσκευής υπερβαίνουν την χρήση της ως απλού αυτόματου διαθλασίμετρου συνδιάζοντας στοιχεία κερατομέτρησης και εκτροπομετρίας.

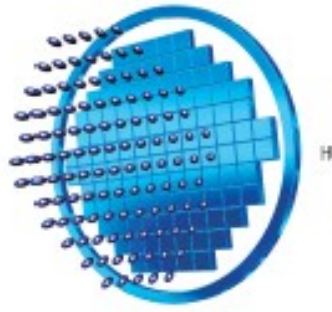


Εικόνα 8:το HRK-7000.

Το HRK-7000 διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα διαθλασίμετρα από τη βάση του ,για και η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στην αρχή Hartmann-Shack η οποία χρησιμοποιείται παραδοσιακά για τον υπολογισμό των συνολικών εκτροπών του οφθαλμού.

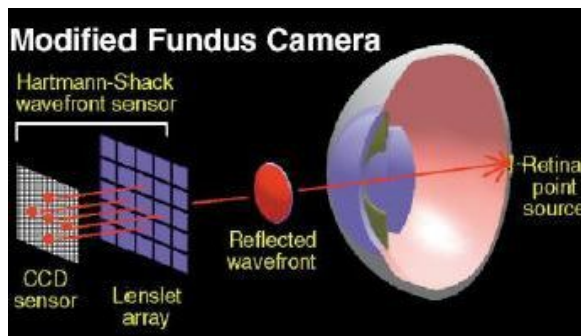
Η αρχή λειτουργίας της εκτροπομετρίας Hartmann-Shack είναι απλή.

Υπάρχει μια φωτοδίοδος υπερ-υψηλής λαμπρότητας (SLD) η οποία λειτουργεί σαν πηγή φωτός και η οποία εκπέμπει μια δέσμη φωτός η οποία έχει τα χαρακτηριστικά να είναι ασφαλής και ανεκτή από τον εξεταζόμενο, να αυξάνεται η ανάκλαση της από τον αμφιβληστροειδή και η ποιότητα των ειδώλων που λαμβάνουμε τελικά να είναι παρόμοια με αυτή που παίρνουμε στο ορατό φως. Η ακτινοβολία κατευθύνεται στο μάτι μέσω ενός ημιεπαγυρωμένου καθρέπτη και εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή με τη βοήθεια των κατάλληλων οπτικών στοιχείων. Στη συνέχεια η δέσμη ανακλάται και το φως εξέρχεται περνώντας από τα διαθλαστικά στοιχεία του οφθαλμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η δέσμη αυτή να μεταφέρει πληροφορίες για κάθε εκτροπή του οφθαλμού. Αυτή η δέσμη στη συνέχεια συναντάει ένα πλέγμα μικροφακών. Το ΗΡΚ συγκεκριμένα έχει ένα πλέγμα **25 μικροφακών** το οποίο μετράει κεντρικά στην περιοχή της **κόρης στα 4mm**.



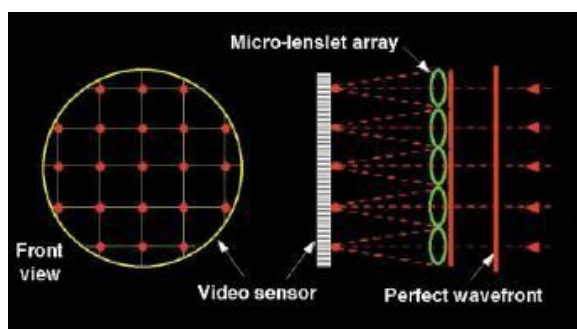
Εικόνα 9:σύστημα μικροφακών του huvitz.

Ο κάθε φακός απεικονίζει ένα στοιχείο της δέσμης πάνω σε έναν αισθητήρα και στη συνέχεια όλα τα σημεία καταγράφονται σε μια CCD κάμερα.



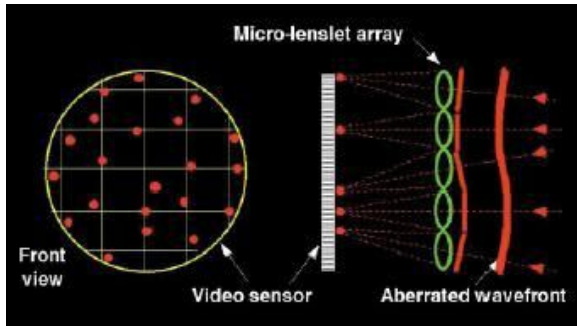
Εικόνα 10:σηματική απεικόνιση της αρχής λειτουργίας Hartmann-Shack.

Αν ο οφθαλμός ήταν ένα σύστημα χωρίς εκτροπές το μέτωπο του κύματος θα ήταν επίπεδο και η διάταξη των κηλίδων από το σύστημα των μικροφακών θα ήταν κανονική.



Εικόνα 11:Απεικόνιση επίπεδου μετώπου κύματος σε κανονική διάταξη κηλίδων από το πλέγμα μικροφακών.

Όταν υπάρχουν εκτροπές στον οφθαλμό, το μέτωπο κύματος δεν είναι επίπεδο και οι εξερχόμενες ακτίνες θα εστιάσουν σε διαφορετικά σημεία από τα κέντρα των μικροφακών.



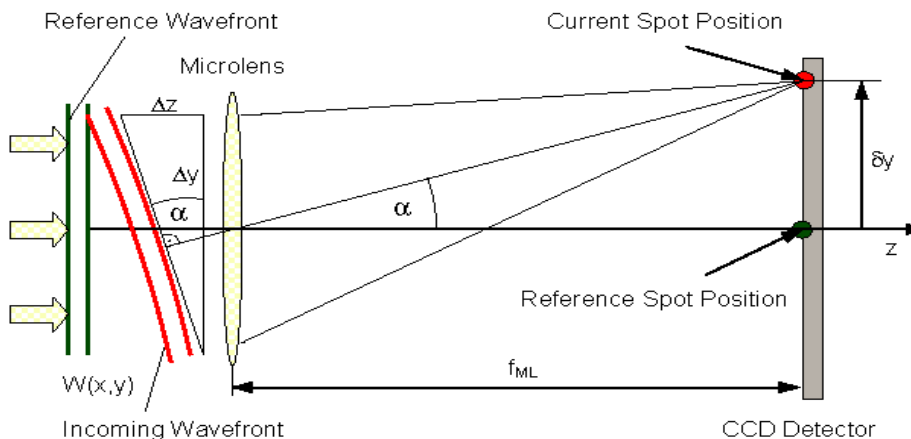
Εικόνα 12: Απεικόνιση παραμορφωμένου επίπεδου κύματος όπου η διάταξη των κηλίδων δεν είναι σε αντιστοιχία με αυτή του πλέγματος.

Η απόσταση που έχει το κεντροειδές της κάθε κηλίδας πάνω στην κάμερα από τη θέση που θα είχε ιδανικά η κηλίδα αν το μέτωπο κύματος ήταν επίπεδο ,μας δίνει μια ένδειξη για την κλίση του μετώπου κύματος στο συγκεκριμένο σημείο.

Η τοπική κλίση για κάθε μικροφακό περιγράφεται από τη σχέση $\alpha = \Delta y / f$ (3) όπου f η εστιακή απόσταση του μικροφακού και Δy η απόσταση του πραγματικού εστιακού σημείου από το ιδανικό πάνω στην κάμερα.

Το HRK -7000 έχει το κατάλληλο λογισμικό ώστε να υπολογίζει την κλίση του μετώπου κύματος και να κατασκευάζει τον **Z-map**.

Επειδή οι εκτροπές που υπάρχουν σε έναν οφθαλμό είναι συχνά σύνθετες ,το 1934 ο Fritz Zernike περιέγραψε έναν τρόπο για την ποσοτικοποίηση τους.Οι μετρήσεις του μετώπου κύματος μπορούν να υπολογιστούν με τα πολυώνυμα zernike .Το κάθε πολυώνυμο περιγράφει την εκτροπή που υπάρχει σε ένα συγκεκριμένο σημείο του



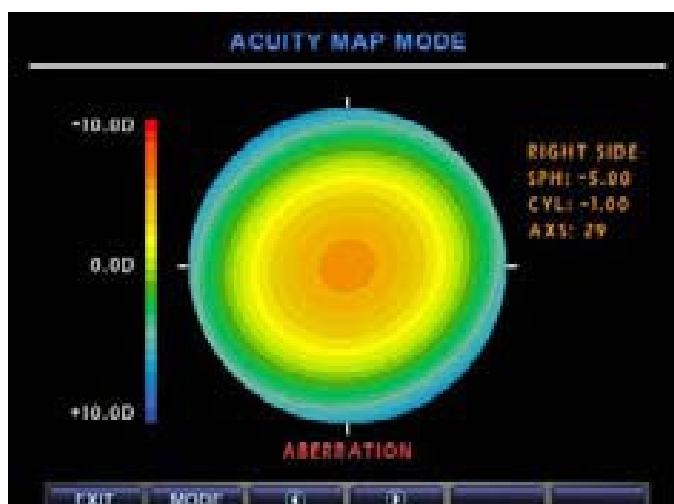
Εικόνα 13: Υπολογισμός εκτροπής.

μετώπου κύματος του φωτός.Τα πολυώνυμα μπορούν να εκφράσουν εκτροπές υψηλής τάξης όπως το κόμα ,τρεφούιλ,σφαιρική εκτροπή και εκτροπές χαμηλής τάξης όπως η μυωπία ,η υπερμετρωπία και ο αστιγματισμός.

Το Hrk-7000 υπολογίζει μόνο τις **εκτροπές 2^{ης} τάξης** (μυωπία ,υπερμετρωπία ,κανονικό αστιγματισμό) μέσω των πολυώνυμων Zernike. Οι εκτροπές 2^{ης} τάξης είναι αυτές που έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στην ποιότητα της όρασης και η

διόρθωση τους έχει την σημαντικότερη επίδραση στην αναγνώριση λεπτομερειών ,αντικειμένων και σχημάτων.

Η κάθε εκτροπή περιγράφεται από ένα ή το συνδιασμό πολυώνυμων zernike και εκφράζεται γραφικά με τη μορφή του εκτροπομετρικού ή χρωματικού χάρτη,ο οποίος περιγράφει την κατανομή της διαθλαστικής δύναμης στην περιοχή της κόρης.



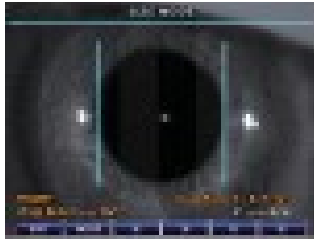
Εικόνα 14:εικόνα z-map με μυωπία και αστιγματισμό.

Από τον παραπάνω χάρτη φαίνεται ότι η εμμετροπία συμβολίζεται με πράσινο χρώμα.Το μπλε χρώμα δείχνει την ύπαρξη υπερμετροπίας ενώ το κόκκινο την ύπαρξη μυωπίας.Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη του διαθλαστικού σφάλματος τόσο πιο παχείς γίνονται οι γραμμές.Όταν δεν υπάρχει αστιγματισμός ο χάρτης έχει οβάλ μορφή ενώ όταν υπάρχει αστιγματισμός υπάρχει μια κατεύθυνση προς τον άξονα του αστιγματισμού.Εκτός από την εμφάνιση του χρωματικού χάρτη το HRK υπολογίζει και το **RMS**(Root Mean Sqared),το οποίο είναι συντελεστής του πολυώνυμου Zernike και η τιμή του δείχνει πόσο επίπεδο είναι το μέτωπο κύματος.

Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του RMS τόσο περισσότερες οι εκτροπές στον οφθαλμό.

Από τα παραπάνω είδαμε πως το HRK-7000 υπολογίζει το σφαιρώμα και τον αστιγματισμό των εξεταζόμενων οφθαλμών με περισσότερη ακρίβεια απο τα συμβατικά διαθλασίμετρα λόγω του συστήματος των 25 μικροφακών και για διάμετρο κόρης 4mm.

Όσο αφορά τη **διαθλασιμετρία** ,το HRK έχει δυνατότητα μέτρησης σφαιρώματος από -25,00 έως +22D ,αστιγματισμού από 0,00 έως ±10D.Ακόμη μετράει τη διακορική απόσταση από 10 έως 85mm και το μέγεθος της κόρης.Το μικρότερο μέγεθος κόρης που μπορεί να μετρηθεί είναι 2mm.



Εικόνα 15:μέτρηση μεγέθους κόρης.

Επιπρόσθετα το HRK έχει τη λειτουργία **IOL** με την οποία μετράει την όραση των ασθενών με καταρράκτη ή με ένθεση ενδοφακών. Έχει τη λειτουργία **CLBC** με την οποία μετράει την κοίλη επιφάνεια ενός φακού επαφής και την λειτουργία **RETRO-ILLUMINATION**(οπίσθιου φωτισμού) με την οποία μπορεί να εξεταστεί η κατάσταση του κρυσταλλοειδούς φακού ή το αν υπάρχουν γρατζουνιές στον κερατοειδή.

2.3) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΙΜΕΤΡΑ

Οι περισσότερες έρευνες στην βιβλιογραφία αφορούν την αξιοπιστία των διαθλασίμετρων είτε σύγκριση με άλλα μηχανήματα ίδιου τύπου είτε σε σχέση με τα αποτελέσματα που δίνει η υποκειμενική διάθλαση.

Ο Strang το 1998 έκανε μια έρευνα για να διαπιστώσει αν η συνταγογράφηση γυαλιών από τα αποτελέσματα 6 αυτόματων διαθλασίμετρων χωρίς να γίνει υποκειμενική διάθλαση έδωσε ανεκτά και ικανοποιητικά αποτελέσματα.(.

Το δείγμα της έρευνας ήταν 47 άτομα (23 άνδρες,24 γυναίκες) με μέση ηλικία $36,7 \pm 16,7$ χρόνια από τους οποίους οι 16 ήταν υπερμέτρωτες (μέσο διαθλαστικό σφάλμα $+1,29 \pm 0,98D$) και 31 μύωπες (μέσο διαθλαστικό σφάλμα $-1,72 \pm 1,26D$) και χωρίς οφθαλμικές παθήσεις.

Έγιναν μετρήσεις σε 6 διαφορετικά διαθλασίμετρα (Canon RL-10,Hoya AR-559,Humphrey AR-595,Nidek AR-800,Nikon NR-5500,Torcon RM-A7000),τα οποία σε προηγούμενη μελέτη είχε διαπιστωθεί ότι είχαν ίδια επίπεδα ακρίβειας και επαναληψιμότητας και μία μέτρηση από έναν εξειδικευμένο οπτομέτρη.Από το κάθε μηχανήμα έγιναν 10 μετρήσεις και χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος τους για να μειωθεί το πιθανό σφάλμα του μηχανήματος ή το σφάλμα λόγω μικροδιακυμάνσεων στην προσαρμογή ή αστάθειας εστίασης.Τα άτομα με πολύ μικρή κόρη ή μεγάλη κινητικότητα οφθαλμικών κινήσεων αφαιρέθηκαν από την έρευνα.Στον κάθε εξεταζόμενο δόθηκε ένα ζευγάρι γυαλιά για την μακρινή του συνταγή η οποία ήταν βασισμένη σε ένα από τα μηχανήματα (τυχαία επιλογή ενός από τα έξι) είτε στην συνταγή του οπτομέτρη. Τα γυαλιά χρησιμοποιήθηκαν για 2 βδομάδες και στη συνέχεια δόθηκε στους εξεταζόμενους ένα ερωτηματολόγιο.Στη συνέχεια χορηγήθηκε στους εξεταζόμενους

μια διαφορετική συνταγή (συγκεκριμένα στα άτομα που φορούσαν τη συνταγή από το διαθλασίμετρο δόθηκε η συνταγή του οπτομέτρη και αντίστροφα ,χωρίς όμως να

είναι γνωστό στους εξεταζόμενους ποια από τις 2 διορθώσεις φορούσαν). Μετά από 2 βδομάδες δόθηκε στους εξεταζόμενους ξανά το ερωτηματολόγιο.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι 3 άτομα είχαν οπτική οξύτητα λιγότερη από 6/9. Από αυτά τα δύο φορούσαν την συνταγή από ένα διαθλασίμετρο και το ένα την συνταγή από τον οπτομέτρη. Το 68% που φορούσε τη συνταγή από το διαθλασίμετρο δήλωσε ότι ήταν ευχαριστημένο από την όραση του συνολικά και για μακριά, το ποσοστό για αυτούς που φορούσαν τη συνταγή του οπτομέτρη ήταν 85%. Ένα ποσοστό 42,6% δήλωσε ότι είχε πονοκεφάλους και κούραση στα μάτια σε σύγκριση με το 29,8% των ατόμων με τη συνταγή του οπτομέτρη με ίδια συμπτώματα. Ωστόσο και στις 2 περιπτώσεις η διαφορά δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική.

Στην ερώτηση αν οι εξεταζόμενοι θα επέστρεφαν στον εξεταστή για να τους δοθεί διαφορετική συνταγή 18 άτομα απάντησαν ότι θα επέστρεφαν (38,3%) από τα άτομα που φορούσαν τη συνταγή από το διαθλασίμετρο και 5 άτομα (10,6%) από αυτούς που φορούσαν τη συνταγή του οπτομέτρη. Η συγκεκριμένη διαφορά κρίθηκε στατιστικά σημαντική. Τέλος 24 (51,1%) άτομα δήλωσαν ότι προτιμούν τη συνταγή του οπτομέτρη, 9 άτομα (19,1%) ότι προτιμούν τη συνταγή του διαθλασίμετρου και 14 άτομα (29,8%) ότι και τα 2 ζευγάρια γυαλιά ήταν εξίσου ικανοποιητικά.

Ακόμη τέθηκε το ερώτημα στους εξεταζόμενους αν είχαν δυσκολίες προσαρμογής στο καινούργιο ζευγάρι και πόσο γρήγορα συνήθισαν την καινούργια συνταγή. Τα αποτελέσματα ήταν ότι 24 άτομα (54,5%) που φορούσαν τα γυαλιά με τη συνταγή του διαθλασίμετρου είχαν αρχικά δυσκολίες προσαρμογής οι οποίες ξεπεράστηκαν σε ένα χρονικό διάστημα 3.2 ± 3.0 μέρες σε σχέση με ένα μικρότερο ποσοστό των ατόμων (18 άτομα, 39,1%) που φορούσαν τη συνταγή του οπτομέτρη και τα οποία επιπλέον συνήθισαν στην καινούργια συνταγή γρηγορότερα σε διάστημα 2.1 ± 1.6 μέρες. Υπήρξαν 11 άτομα (οι 6 χρησιμοποιούσαν συνταγή από το διαθλασίμετρο και 5 από τον οπτομέτρη) που δεν μπόρεσαν να προσαρμοστούν στο διάστημα των δύο βδομάδων.

Από την παραπάνω έρευνα γίνεται φανερό ότι η συνταγογράφηση απευθείας από τα διαθλασίμετρα υστερεί σε σχέση με την συνταγογράφηση από την υποκειμενική διάθλαση. Είναι επίσης σημαντικό ότι η ανοχή και η προσαρμογή στην συνταγή από το διαθλασίμετρο είναι μικρότερη από αυτή από τον οπτομέτρη. Αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι τα άτομα προσαρμόζουν στη διάρκεια της μέτρησης με αποτέλεσμα ένα σφάλμα της τάξης της 0,50 διοπτρίας ακόμα και ανάμεσα σε μετρήσεις. Οι τεχνικές θόλωσης για απενεργοποίηση της προσαρμογής δεν έχουν λύσει απόλυτα αυτό το πρόβλημα και συνιστάται η λήψη τουλάχιστον τριών μετρήσεων και η χρησιμοποίηση του μέσου όρου τους.

Ένας ακόμα παράγοντας που σχετίζεται με σφάλματα στον υπολογισμό της διάθλασης από αυτόματα διαθλασίμετρα είναι το φαινόμενο της μυωπίας του μέσου (instrument myopia). Κάποια άτομα όταν εστιάζουν σε ένα στόχο μέσω ενός οπτικού μηχανήματος όπως ένα τηλεσκόπιο ή στη συγκεκριμένη περίπτωση ενός διαθλασίμετρου υπερπροσαρμόζουν και φέρονται σαν μύωπες..

Η επίδραση αυτού του φαινομένου στην προσαρμογή θα μειωνόταν αν υπήρχε η δυνατότητα διόφθαλμης μέτρησης. Το Shin Nippon NVISION –K 5001 είναι ένα

διαθλασίμετρο ανοιχτού πεδίου όπου ο εξεταζόμενος κοιτάζει το στόχο διόφθαλμα μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το φαινόμενο της instrument myopia. Γι' αυτό το λόγο θεωρείται ιδανική η χρήση του στα παιδιά και στους υπερμέτρωτες στους οποίους η προσαρμογή είναι πιο ενεργή.



Εικόνα 16: διαθλασίμετρα ανοιχτού πεδίου

Η Jane Gwiazda έκανε μια έρευνα συγκρίνοντας 3 διαφορετικά διαθλασίμετρα εκ των οποίων τα δύο ήταν ανοιχτού πεδίου (Canon R-1, Grand Seiko) και το ένα κλειστού πεδίου (Nidek ARK 700A). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όντως το διαθλασίμετρο κλειστού πεδίου έδινε αρνητικότερες, δηλαδή μυωπικότερες τιμές σε σύγκριση με τα άλλα δύο, γεγονός που επιβεβαιώνει το φαινόμενο της instrument myopia..

Παρ' όλα αυτά η χρήση διαθλασίμετρων ανοιχτού πεδίου δεν λύνει απόλυτα το πρόβλημα και αναμένεται ότι έστω και μια μικρή απόκριση προσαρμογής θα υπάρξει και θα επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα της διάθλασης ιδιαίτερα στα παιδιά και στους υπερμέτρωτες..

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν στην αξιόπιστη μέτρηση από ένα διαθλασίμετρο είναι η αδυναμία εστίασης στο στόχο και η αδυναμία μέτρησης σε πολύ μικρές κόρες.

2.4) ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η ενεργοποίηση της προσαρμογής αποτελεί το σημαντικότερο πρόβλημα της αντικειμενικής διάθλασης.

Στην έρευνα των Gwiazda and Weber τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα διαθλασίμετρα ανοιχτού πεδίου βελτιώνουν το πρόβλημα σε κάποιο βαθμό δίνοντας θετικότερες τιμές από τα διαθλασίμετρα κλειστού πεδίου που έχουν να αντιτεωπίσουν το φαινόμενο της instrument myopia.

Ωστόσο σε δύο τουλάχιστον έρευνες και στις οποίες χρησιμοποιήθηκε διαθλασίμετρο ανοιχτού πεδίου, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσαρμογή επηρεάζει τα αποτελέσματα της διάθλασης δίνοντας πιο αρνητικές τιμές οδηγώντας σε υπερδιόρθωση της μυωπίας και υποεκτίμηση της υπερμετρωπίας όταν είναι ενεργή.

Ένας τρόπος για την χαλάρωση της προσαρμογής είναι η χρήση θολωτικών φακών. Οι

Queiros, Gonzalez-Meijome χρησιμοποίησαν στην έρευνα τους το διαθλασίμετρο Grand Seiko WAM-5500 υπό τρεις διαφορετικές συνθήκες.

Αρχικά χωρίς κυκλοπληγία ,στη συνέχεια χωρίς κυκλοπληγία αλλά με τη χρήση ενός θολωτικού φακού +2.00D και τέλος με τη χρήση κυκλοπληγίας. Η χρήση των θολωτικών φακών μελετήθηκε γιατί έχει κάποια πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την κυκλοπληγία. Η κυκλοπληγία απαιτεί περισσότερο χρόνο , έχει αυξημένο κόστος ,υπάρχει η πιθανότητα αύξησης της ενδοφθάλμιας πίεσης,ο ασθενής συχνά παραπονιέται ότι δεν βλέπει καλά για ένα χρονικό διάστημα και αντιδρά. Επιπλέον η χρήση διαγνωστικών φαρμάκων όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στην κυκλοπληγία είναι απαγορευμένη για τους οπτομέτρους στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες με εξαίρεση την Αγγλία, την Ολλανδία και την Ιρλανδία.

Τα αποτελέσματα όσον αφορά τη σύγκριση διάθλασης χωρίς κυκλοπληγία και τη διάθλαση με τη χρήση θολωτικών φακών έδειξαν ότι με τη χρήση θολωτικού φακού οι τιμές είναι θετικότερες επιβεβαιώνοντας τη δράση της προσαρμογής στα διαθλασίμετρα ανοιχτού πεδίου.

Σε σύγκριση με την κυκλοπληγία αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του θολωτικού φακού ήταν επαρκής για τους χαμηλούς μύωπες και τους εμμέτρωπες. Οι υπερμέτρωπες είχαν πιο θετικές τιμές με τη χρήση της κυκλοπληγίας χωρίς η διαφορά να είναι πολύ μεγάλη υποδεικνύοντας ωστόσο ότι είναι πιο αποτελεσματική στην συγκεκριμένη κατηγορία και συνεπώς και στα παιδιά που η προσαρμογή είναι πιο ενεργή. Το περίεργο εύρημα της συγκεκριμένης έρευνας είναι ότι τα αποτελέσματα στους υψηλούς μύωπες είναι πιο θετικά με τη χρήση θολωτικού φακού απ'ότι με τη χρήση κυκλοπληγίας. Μια πιθανή εξήγηση που δόθηκε από τα άτομα που διεξήγαγαν την έρευνα είναι ότι πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη επίδραση της σφαιρικής εκτροπής λόγω της διαστολής της κόρης στην κυκλοπληγία.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι η χρήση θολωτικού φακού μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα σε περιπτώσεις που η κυκλοπληγία δεν μπορεί να εφαρμοστεί για τους λόγους που προαναφέρθηκαν ,ωστόσο είναι χρήσιμο να γίνεται όταν οι εξεταζόμενοι είναι παιδιά ή υπερμέτρωπες.

Στις έρευνες των και που η μελέτη γίνεται σε παιδιά τα αποτελέσματα με την χρήση κυκλοπληγίας ήταν περισσότερο αξιόπιστα στατιστικά ,κάτι που επιβεβαιώνεται και από άλλες έρευνες

Σε μια άλλη έρευνα έγινε εξέταση 199 ατόμων με μέση ηλικία 21.6 ± 2.66 με το Nidek ARK 700-A (διαθλασίμετρο κλειστού πεδίου) χωρίς κυκλοπληγία αρχικά και στη συνέχεια με κυκλοπληγία. Το ίδιο έγινε και με τη χρήση σκιασκοπίου για την εφαρμογή σκιασκοπίας με και χωρίς κυκλοπληγία.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι και η χρήση του διαθλασίμετρου και η εφαρμογή σκιασκοπίας δίνουν αρνητικότερες τιμές αν δεν εφαρμοστεί κυκλοπληγία και δεν επαρκούν για να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για τη διάθλαστική κατάσταση των εξεταζομένων. Το αυτόματο διαθλασίμετρο χωρίς κυκλοπληγία ,για το σφαιρικό ισοδύναμο έδωσε 0.86D αρνητικότερες τιμές. Η αντίστοιχη τιμή για την σκιασκοπία ήταν 0.37D.

Οι Goss και Grossvenor θεώρησαν ότι μια διαφορά μεγαλύτερη από 0,25D στην επαναληψιμότητα μιας διαθλαστικής μεθόδου μέτρησης πρέπει να λαμβάνεται ως κλινικά σημαντική. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο κριτήριο η αυτόματη διαθλασιμετρία μέχρι στιγμής δεν δίνει απόλυτα ασφαλή αποτελέσματα. Οι μηχανισμοί θόλωσης που υπάρχουν στα σύγχρονα μηχανήματα δεν επαρκούν για την χαλάρωση της προσαρμογής και η χρήση κυκλοπληγίας είναι στις περισσότερες περιπτώσεις επιβαλλόμενη.

Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί ότι η σωστή εκτίμηση του διαθλαστικού σφάλματος και η συνταγογράφηση είναι ούτως ή άλλως δύο ελαφρώς διαφορετικά πράγματα. Σαφώς η σωστή εκτίμηση είναι πολύ σημαντική αλλά υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που πρέπει να συνυπολογίζονται όπως η προηγούμενη συνταγή του ασθενούς, οι ανάγκες του (κοντινή-μακρινή εργασία) κτλ.

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι η χρήση της αντικειμενικής διάθλασης ιδιαίτερα με την χρήση των διαθλασίμετρων που είναι εύκολα στη χρήση ακόμα και για έναν άπειρο οπτομέτρη (σε αντίθεση με τη σκιασκοπία που χρειάζεται μια παραπάνω εξοικίωση) αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο και αξιόπιστο εργαλείο στα χέρια των οπτομετρών, ιδιαίτερα όταν γίνεται χρήση κυκλοπληγίας. Ωστόσο η συνταγογράφηση γυαλιών δεν πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά στην διάθλαση είτε από το διαθλασίμετρο είτε από τη σκιασκοπία.

2.5) ΔΙΑΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗ

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι ασθενείς επιλέγουν την διαθλαστική χειρουργική για την διόρθωση του διαθλαστικού τους σφάλματος. Είναι λοιπόν εύλογη η απορία αν το διαθλασίμετρο μπορεί να κάνει μια σωστή εκτίμηση της διαθλαστικής κατάστασης της συγκεκριμένης κατηγορίας ασθενών μετά από μια διαθλαστική επέμβαση.

Μετεγχειρητικά το σχήμα του κερατοειδούς είναι σημαντικά τροποποιημένο στις περισσότερες επεμβάσεις. Επιπλέον χρησιμοποιούνται ειδικοί αλγόριθμοι στα λέιζερ για την αποδόμηση του κερατοειδούς ώστε να μειωθούν οι εκτροπές δημιουργώντας ωστόσο ζώνες αποδόμησης αυξημένης διαμέτρου. Αν η ζώνη αποδόμησης είναι μικρότερη από τη διάμετρο της κόρης οι μετρήσεις με το διαθλασίμετρο που συνήθως είναι ρυθμισμένες για συγκεκριμένη διάμετρο κόρης είναι πολύ πιθανό να εμπεριέχουν σφάλμα.

Σε έρευνες που έγιναν για την εκτίμηση του διαθλαστικού σφάλματος μετά από PRK

και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από PRK το η διάθλαση με το αυτόματο διαθλασίμετρο δίνει μικρότερες τιμές στην σφαίρα και στην κύλινδρο από την υποκειμενική διάθλαση με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση του διαθλαστικού σφάλματος.

Σε έρευνα που έγινε μετά από ακτινωτή κερατοτομή ο Russel και οι συνεργάτες του βρήκαν ότι μετεγχειρητικά η αυτόματη διαθλασιμετρία δίνει πιο μυωπική διάθλαση σε σύγκριση με την υποκειμενική διαθλαστική εξέταση.

Στις παραπάνω έρευνες η εκτίμηση του διαθλαστικού σφάλματος έγινε χωρίς κυκλοπληγία. Γι' αυτό θεωρήθηκε πιθανό οι διαφορές στη διάθλαση μεταξύ

αυτόματης διαθλασιμετρίας και υποκειμενικής διάθλασης να οφείλονται στην προσαρμογή που επηρεάζει περισσότερο τα αυτόματα διαθλασίμετρα. Γι' αυτό το λόγο η έρευνα για την διαθλαστική εκτίμηση σφάλματος μετά από Lasik πραγματοποιήθηκε με κυκλοπληγία ώστε να αποφευχθεί η επίδραση της προσαρμογής που θα επηρέαζε την διαθλαστική κατάσταση του ματιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αν και προεγχειρητικά δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αυτόματης διαθλασιμετρίας και της υποκειμενικής διαθλαστικής εξέτασης με κυκλοπληγία, μετεγχειρητικά η αυτόματη διαθλασιμετρία δίνει πιο αρνητικές τιμές στο σφαιρώμα και υψηλότερο αστιγματισμό. Ωστόσο ο άξονας του αστιγματισμού δεν φαίνεται να επηρεάζεται. Οι παραπάνω διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές και συνέχισαν να παρατηρούνται ακόμα και ένα χρόνο μετά την επέμβαση. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε ανωμαλίες του υαλοειδούς και στην διάθλαση σε κερατοκωνικά μάτια. Γι' αυτό κρίνεται απαραίτητο στις παραπάνω περιπτώσεις η εκτίμηση διαθλαστικού σφάλματος να μην βασίζεται μόνο στην αυτόματη διαθλασιμετρία.

2.6) ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Η υποκειμενική διαθλαστική εξέταση (manifest) θεωρείται ο «χρυσός κανόνας» στην εκτίμηση του διαθλαστικού σφάλματος. Όλες οι μελέτες που γίνονται για την εκτίμηση ενός καινούργιου μηχανήματος συγκρίνουν τα αποτελέσματα τους με τα αποτελέσματα της υποκειμενικής διάθλασης.

Αυτό οφείλεται στο ότι η υποκειμενική διάθλαση δίνει πληροφορίες που η αυτόματη διαθλασιμετρία δεν μπορεί να δώσει ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου θολερότητες των διαφανών μέσων του ματιού (καταρράκτης, θολερότητες του κερατοειδούς) ή διαταραχές στο σχήμα του κερατοειδούς (κερατόκωνος, ανώμαλος αστιγματισμός), η διαθλαστική επέμβαση (PRK, Lasik, ακτινωτή κερατοτομή), κάνουν την διεξαγωγή της αντικειμενικής διάθλασης δύσκολη ή τα αποτελέσματα της αβέβαια. Επιπλέον η υποκειμενική διάθλαση παρέχει την δυνατότητα διόφθαλμης οπτικής οξύτητας και συνεπώς της διόφθαλμης οπτικής ισορροπίας. Ακόμη ελέγχεται η κατάσταση της ισορροπίας των οφθαλμοκινητικών μυών, η ύπαρξη αμβλυωπίας ή άλλων παθολογικών καταστάσεων, γίνεται σύγκριση με την προηγούμενη συνταγή του εξεταζόμενου και συζητούνται οι ανάγκες του αναφορικά με την εργασία του και την καθημερινότητα του. Για όλους τους παραπάνω λόγους η υποκειμενική διάθλαση πρέπει πάντα να συνοδεύει τα αποτελέσματα της αντικειμενικής διάθλασης. Το μειονέκτημα της υποκειμενικής διάθλασης είναι ότι απαιτεί την συνεργασία του ασθενούς και μπορεί να εμφανιστούν δυσκολίες εφαρμογής της σε μικρά παιδιά και μη συνεργαζόμενα άτομα.

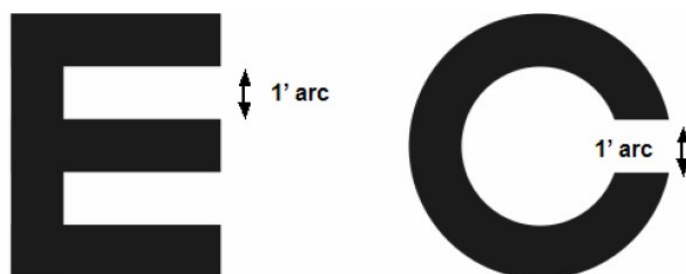
2.6.1) Διαδικασία υποκειμενικής διάθλασης

Το σημαντικότερο κομμάτι της υποκειμενικής διάθλασης είναι η σωστή **αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας**. Αρχικά γίνεται μέτρηση της όρασης χωρίς διόρθωση, στη συνέχεια γίνεται μέτρηση της οπτικής οξύτητας με διόρθωση στο κάθε μάτι χωριστά και τέλος μέτρηση της οπτικής οξύτητας και στα δύο μάτια.

Η οπτική οξύτητα ορίζεται σαν η ικανότητα του οφθαλμού να διακρίνει ,με την καλύτερη διαθλαστική διόρθωση (όταν αυτή απαιτείται), δύο σημεία στο χώρο σαν ξεχωριστά.

Η Ο.Ο κλινικά αξιολογείται με τη χρήση διαφόρων τύπων πινάκων που περιέχουν σειρές από γράμματα ,σύμβολα ή αριθμούς τα οποία ελαττώνονται σε μέγεθος.

Το μέγεθος των συμβόλων έχει επιλεγεί ώστε να στηρίζεται στο γεγονός ότι η διακριτική ικανότητα του οφθαλμού(η μικρότερη χωρική λεπτομέρεια που μπορεί να ανιχνευθεί,αναγνωριστεί ή να γίνει αντιληπτή) είναι περίπου 1 λεπτό της μοίρας(1 arcmin). Το κάθε σύμβολο είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να περικλείεται σε ένα τετράγωνο του οποίου το μήκος της κάθε πλευράς είναι πενταπλάσιο του πάχους των γραμμών που αποτελούν το σύμβολο.



Εικόνα 17:αρχή κατασκευής οπτοτύπων.

Η οπτική οξύτητα εκφράζεται με ένα κλάσμα που αριθμητής είναι η απόσταση του εξεταζόμενου από το οπτότυπο και παρονομαστής η απόσταση στην οποία το σύμβολο/γράμμα φαίνεται υπό γωνία 5 λεπτών της μοίρας(5 arcmin).

ΟΟ=απόσταση εξέτασης /απόσταση στην οποία το γράμμα φαίνεται υπό γωνία 5 arcmin.

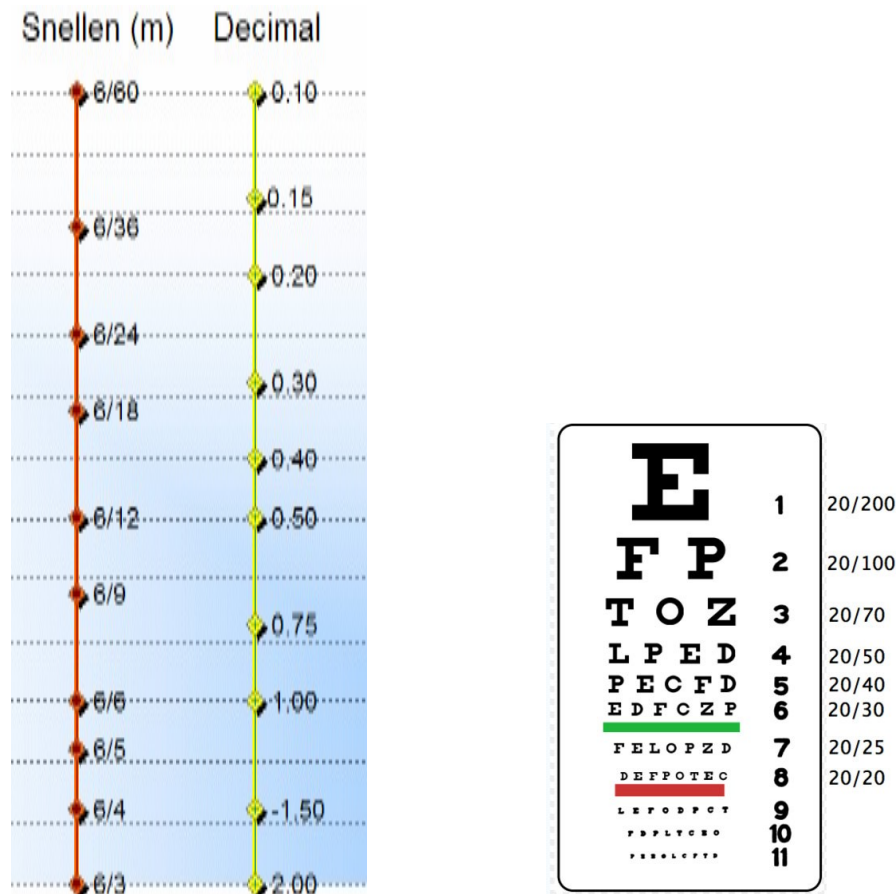
Υπάρχουν διάφοροι τύποι οπτοτύπων.Στο οπτότυπο Snellen η απόσταση του εξεταστή από το οπτότυπο είναι 6m και η βέλτιστη οπτική οξύτητα θεωρείται 6/6.Το γράμμα των 6/6 είναι αυτό που σε απόσταση 6 μέτρων το κάθε σκέλος του φαίνεται υπό γωνία 1 arcmin.

Η αύξηση του μεγέθους των γραμμάτων γίνεται με γεωμετρική πρόοδο .Η κάθε σειρά γραμμάτων διαφέρει από την προηγούμενη κατα $\sqrt{2}$,δηλαδή το μέγεθος των γραμμάτων διπλασιάζεται κάθε δύο σειρές.

Με την πάροδο του χρόνου κατασκευάστηκαν διάφορα οπτότυπα με βάση το οπτότυπο Snellen που διαφέρουν στον αριθμό των σειρών που χρησιμοποιούν ,στον αριθμό και τη γραμματοσειρά των συμβόλων που χρησιμοποιούν και την αποσταση μεταξύ των γραμμάτων.Το αποτέλεσμα είναι ότι η μέτρηση της οπτικής οξύτητας μπορεί να διαφέρει μεταξύ διαφορετικών οπτοτύπων.

Στην ευρώπη χρησιμοποιούνται συνήθως οπτότυπα με δεκαδική κλίμακα (το πηλίκο της παράστασης Snellen).Η σημαντικότερη διαφορά με το οπτότυπο

Snellen είναι ότι οι σειρές από 0.1(6/60) έως 1.0 (6/60) διαφέρουν κατά 0.1,δηλαδή δεν παρουσιάζεται γεωμετρική πρόοδος.



Εικόνα 18

αριστερά:μετατροπή των τιμών του οπτότυπου Snellen σε δεκαδική μορφή.

δεξιά:τυπικό οπτότυπο Snellen.

Ο προσδιορισμός της καλύτερης οπτικής οξύτητας γίνεται με τη χρήση φορόπτερου,με βήμα διάθλασης 0,25D.Συνήθως στο δοκιμαστικό σκελετό τοποθετείται το σφαίρωμα και ο κύλινδρος που έχει προδιοριστεί σκιασκοπικά ,με το διαθλασίμετρο ή που ο εξεταζόμενος φορούσε στα γυαλιά του.Για την χαλάρωση της προσαρμογής χρησιμοποιείται η μέθοδος της ομίχλης όπου ουσιαστικά τοποθετείται ένας θετικός φακός μπροστά από το μάτι καθιστώντας το μυωπικό ή σε περιπτώσεις που ο εξεταζόμενος είναι πολύ νέος ή υπερμέτρωπας γίνεται κυκλοπληγία.

Το σφαίρωμα αυξομειώνεται μέχρι να επιτευχθεί η καλύτερη οπτική οξύτητα..Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ο αστεροειδής κύκλος για τη διαπίστωση αστιγματισμού και τον προδιορισμό του διορθωτικού κυλίνδρου.Μετά χρησιμοποιείται ο σταυροειδής κύλινδρος που είναι ένας σφαιροκυλινδικός φακός που χρησιμοποιείται στον τελικό έλεγχο και ρύθμιση του άξονα και της δύναμης ενός διορθωτικού κυλινδικού φακού.

Έπειτα γίνεται ο τελικός έλεγχος και ρύθμιση του σφαιρώματος.Τέλος γίνεται το διχρωματικό τεστ.Η διαδικασία αυτή γίνεται για το κάθε μάτι χωριστά και στο τέλος γίνεται η διόφθαλμη αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας.

Η παραπάνω διαδικασία αφορά την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας για την μακρινή όραση. Αν ο εξεταζόμενος είναι πρεσβύωπας ή παραπονιέται για την κοντινή του όραση πρέπει να γίνει έλεγχος της όρασης του για κοντά. Ο ασθενής φοράει το δοκιμαστικό σκελετό που έχει την όραση του για μακριά, το ένα μάτι καλύπτεται και και χρησιμοποιώντας έναν πίνακα Ο.Ο εξετάζεται η οπτική του οξύτητα για μια απόσταση περίπου 35-40 cm εκτός αν ο εξεταζόμενος υποδείξει μια άλλη απόσταση εργασίας. (αναλυτικότερα για την διαδικασία υποκειμενικής διάθλασης βλ.

2.7)ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ-ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ.

Όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα οι περισσότερες έρευνες βασίζονται στα αποτελέσματα τους για την ακρίβεια μιας καινούργιας συσκευής στα αποτελέσματα της υποκειμενικής διάθλασης. Αυτό συμβαίνει λόγω της πεποίθησης ότι η υποκειμενική διάθλαση δίνει μια εκτίμηση της διαθλαστικής κατάστασης του οφθαλμού η οποία είναι εξ' ορισμού σαφής και ακριβής. Τα δύο στοιχεία που χαρακτηρίζουν την υποκειμενική διάθλαση κλινικά είναι η επαναληψιμότητα και η αναπαραγωγικότητα της.

Η **επαναληψιμότητα** όπως ορίζεται από τον διεθνή οργανισμό πιστοποίησης (ISO) καθορίζεται από την διεξαγωγή ανεξάρτητων μετρήσεων οι οποίες γίνονται υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες. στο ίδιο εργαστήριο, με το ίδιο μηχάνημα, από τον ίδιο εξεταστή ή χειριστή, στον ίδιο εξεταζόμενο ανάμεσα σε μικρά χρονικά διαστήματα.

Οι περισσότερες έρευνες για την επαναληψιμότητα βασίζονται στην διεξαγωγή δύο (έως πέντε ανεξάρτητων μετρήσεων ανά άτομο.

Ο μεγαλύτερος αριθμός των ερευνών που έχουν διεξαχθεί και μας έχουν δώσει χρήσιμες πληροφορίες για την επαναληψιμότητα της υποκειμενικής διάθλασης αφορά την εκτίμηση της επαναληψιμότητας των αυτόματων διαθλασίμετρων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η υποκειμενική διάθλαση έχει ίδια ή χειρότερη επαναληψιμότητα από την αυτόματη διαθλασιμετρία και σε κάποιες περιπτώσεις καλύτερη επαναληψιμότητα .

Οι περισσότεροι ερευνητές λαμβάνουν υπ' όψιν την έρευνα σύμφωνα με την οποία το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για την υποκειμενική διάθλαση είναι $\pm 0,29D$. Συνεπώς η ακρίβεια της υποκειμενικής διάθλασης θεωρείται ότι είναι περίπου $0,25D$ και μια αλλαγή της τάξης της μισής διοπτρίας ($0,50D$) θεωρείται κλινικά σημαντική.

Η συγκεκριμένη ακρίβεια ωστόσο αναμένεται στην περίπτωση που ο εξεταζόμενος επισκέπτεται τον ίδιο οφθαλμίατρο-οπτομέτρη και δεν λαμβάνει υπ' όψιν την μεταβλητότητα στις μετρήσεις που προκύπτει όταν η εξέταση διεξάγεται από διαφορετικούς εξεταστές.

Η διαφορά της επαναληψιμότητας από την **αναπαραγωγικότητα** είναι ότι στην δεύτερη περίπτωση η εξέταση γίνεται υπό τις ίδιες συνθήκες στο ίδιο άτομο αλλά από περισσότερους από ένα εξεταστές.

Οι έρευνες που έχουν γίνει για την εκτίμηση της αναπαραγωγικότητας βασίστηκαν στα αποτελέσματα δύο διαφορετικών εξεταστών ή σπανιότερα στα αποτελέσματα τριών διαφορετικών εξεταστών. Στις παραπάνω έρευνες βρέθηκε ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα ακόμα και δύο διαφορετικών οπτομετρών παρόλο που η εκπαίδευση και η πρακτική τους άσκηση είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά.

Επιπρόσθετα τα αποτελέσματα των συγκριμένων ερευνών υπόκεινται σε κάποιους περιορισμούς όσον αφορά τη διεξαγωγή της μελέτης. Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε στην υπόθεση ότι η διακύμανση του διαθλαστικού σφάλματος είναι η ίδια σε όλες τις ηλικίες και ανεξάρτητα από την ισχύ του (μικρή-μέτρια-μεγάλη). Επιπλέον η στατιστική ανάλυση είτε αγνόησε είτε ανέλυσε λανθασμένα τον αστιγματισμό και τον άξονα του. Ακόμη σε πολλές περιπτώσεις ο εξεταστής είχε γνώση της προηγούμενης διαθλαστικής εξέτασης ή της συνταγής των γυαλιών του εξεταζόμενου με αποτέλεσμα να υπάρχει η πιθανότητα προκατάληψης στην εκτίμηση της οπτικής οξύτητας.

Σε μια προσπάθεια να γίνει μια μελέτη της αναπαραγωγικότητας της υποκειμενικής διάθλασης χωρίς τους παραπάνω περιορισμούς ο Graeme MacKenzie διεξήγαγε μια έρευνα στην οποία ένας εξεταζόμενος 29 ετών εξετάστηκε από 40 διαφορετικούς οπτομέτρους. Ο εξεταζόμενος δεν έπασχε από κάποια οφθαλμική ασθένεια και είχε μη διορθωμένη και διορθωμένη οπτική οξύτητα 6/7.5 και 6/4.5 αντίστοιχα. Η επιλογή των οπτομετρών έγινε με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Οι οπτομέτρες που συμμετείχαν στην έρευνα είχαν παρόμοια και επαρκή εκπαίδευση και δεν γνώριζαν την φύση της έρευνας ούτε τα αποτελέσματα

της προηγούμενης διαθλαστικής εξέτασης για να διατηρηθεί η αμεροληψία.

Η εκτίμηση της οπτικής οξύτητας έγινε με τη χρήση δοκιμαστικών σκελετών σε όλες εκτός από δύο περιπτώσεις. Η διάθλαση με χρήση δοκιμαστικού σκελετού υπερτερεί ελαφρώς της διάθλασης με τη χρήση φορόπτερου όπου υπάρχει μια μικρή πιθανότητα προκατάληψης από έναν πολύ παρατηρητικό εξεταζόμενο που θα καταγράψει τη σειρά εμφάνισης των φακών που θα χρησιμοποιηθούν. Στην διάθλαση με τη χρήση δοκιμαστικού σκελετού αυτή η πιθανότητα ελαχιστοποιείται μια και η σειρά των φακών παρουσιάζεται με μια τυχαία σειρά.

Η ανάλυση του διαθλαστικού σφάλματος έγινε με το διαχωρισμό των αστιγματικών και των μη αστιγματικών ποσοτήτων της συνταγής σύμφωνα με τη μέθοδο που προτάθηκε από τον Harris. Η ανάλυση έγινε και για τα δύο μάτια αλλά η παρουσία των αποτελεσμάτων έγινε μόνο για το δεξί μια και η διακύμανση του διαθλαστικού σφάλματος ήταν παρόμοια και στα δύο μάτια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσον αφορά το αστιγματικό κομμάτι της συνταγής υπάρχει διακύμανση της τάξης της 0,24D, η οποία σχεδόν τριπλασιάζεται και γίνεται 0,75D στο αστιγματικό κομμάτι, με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Παρ'όλο που υπάρχει μια διακύμανση στην εκτίμηση της οπτικής οξύτητας, σε όλες τις περιπτώσεις ο εξεταζόμενος είχε τελική οπτική οξύτητα πάνω από 6/6. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην επιλογή κάποιων οπτομετρών να υποδιορθώσουν ελαφρώς κάποιον ασθενή εφόσον έχει ικανοποιητική οπτική οξύτητα σε αντίθεση με κάποιους άλλους που επιλέγουν να δώσουν την πλήρη ισχύ της συνταγής. Επιπλέον σχετίζεται με παράγοντες όπως η ηλικία και το μέγεθος του διαθλαστικού σφάλματος του εξεταζόμενου.

Γενικότερα το συμπέρασμα της συγκεκριμένης έρευνας είναι ότι η ακρίβεια της υποκειμενικής διάθλασης είναι της τάξης της 0,25D όταν διεξάγεται από έναν οπτομέτρη. Στην περίπτωση που η εξέταση γίνεται από δύο ή παραπάνω

οπτομέτρεις μπορεί να υπάρξει διαφοροποίηση από 0,75D και παραπάνω για το αστιγματικό κομμάτι της συνταγής. Αυτή η παρατήρηση είναι σημαντική και για τις επιδημιολογικές μελέτες αλλά και στην καθημερινότητα ενός οπτομέτρη ο οποίος συχνά κάνει εκτίμηση της οπτικής οξύτητας ενός ασθενή βασισμένος στην προηγούμενη συνταγή.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι υπάρχει κάποια διακύμανση και στην επαναληψιμότητα της υποκειμενικής διάθλασης και κυρίως στην αναπαραγωγικότητα της. Υπάρχουν περιπτώσεις που η επαναληψιμότητα ενός αυτόματου διαθλασίμετρου είναι καλύτερη από την επαναληψιμότητα της υποκειμενικής διάθλασης (όταν γίνεται κυκλοπληγία) και γι' αυτό προτείνεται η χρήση της αυτόματης διαθλασιμετρίας για την εκτίμηση της εξέλιξης του διαθλαστικού σφάλματος. Ωστόσο το πιθανότερο είναι ότι η υποκειμενική διάθλαση θα εξακολουθήσει να είναι η βάση της οπτομετρίας και αυτή που ουσιαστικά θα καθορίσει την συνταγογράφηση γυαλιών για αρκετά χρόνια ακόμα. Αυτό οφείλεται στο ότι παρ' όλες τις διακυμάνσεις στην επαναληψιμότητα και την αναπαραγωγικότητα, η υποκειμενική διάθλαση λειτουργεί και δίνει καλύτερα ανεκτά αποτελέσματα από την αντικειμενική διάθλαση όσον αφορά την συνταγογράφηση για λόγους που σχετίζονται είτε με την ηλικία, είτε με τις ανάγκες του εξεταζομένου είτε με την ύπαρξη ανισομετροπίας ή αμβλυωπίας ή κάποιας άλλης οφθαλμικής κατάστασης (διαθλαστική επέμβαση, κερατόκωνο) όπου η αυτόματη διαθλασιμετρία αδυνατεί να δώσει σωστά και ανεκτά αποτελέσματα.

3^ο ΜΕΡΟΣ-ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

Κερατομετρία ονομάζεται η διαδικασία με την οποία μετράται η ακτίνα καμπυλότητας της προσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κερατομέτρηση είναι το οφθαλμόμετρο Javal και το κερατόμετρο..

Η κερατομετρία αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την αντικειμενική μέτρηση του αστιγματισμού. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως για την εφαρμογή φακών επαφής.



Εικόνα 19

Εικόνα 20:κερατόμετρο Marco Model 1.

Η εφαρμογή της για τον προδιορισμό του αστιγματισμού πιστεύεται ότι είναι ανακριβής για τους ακόλουθους λόγους:

1. Το κερατόμετρο ή οφθαλμόμετρο μετράει την καμπυλότητα και όχι τη διαθλαστική δύναμη της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς. Η δύναμη υπολογίζεται έμμεσα με την αποδοχή ενός συμβατικού δείκτη διάθλασης του κερατοειδούς (βλ σχέση 2).
2. Η διαθλαστική δύναμη της οπίθιας επιφάνειας του κερατοειδούς αγνοείται παρ'όλο που μπορεί να έχει δύναμη μέχρι και 0,50 διοπτρία ,συνήθως παρά τον κανόνα.
3. Δεν συνυπολογίζει τον φακικό αστιγματισμό.
4. Δεν συνυπολογίζει το vertex distance με αποτέλεσμα στην υψηλή μυωπία ο απαιτούμενος κύλινδος να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που δείχνει το κερατόμετρο ενώ στην υψηλή υπερμετρωπία μικρότερος.



Εικόνα 21:οφθαλμόμετρο javal.

3.1)ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ

Τα τελευταία χρόνια η τοπογραφία κερατοειδούς (videokeratography) χρησιμοποιείται ευρέως για να πάρουμε πληροφορίες για την επιφάνεια του κερατοειδούς. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο ότι η τεχνολογία εξελίχθηκε και οι σημερινοί τοπογράφοι είναι πιο προσιτοί οικονομικά ,έχουν μικρότερες διαστάσεις και παρέχουν περισσότερη ακρίβεια.

Οι τοπογράφοι σε αντίθεση με το κερατόμετρο που μετράει μόνο σε 4 σημεία στην κεντρική περιοχή του κερατοειδούς διαμέτρου 3-4mm μπορούν να απεικονίσουν 8.000-20.000 συγκεκριμένα σημεία σε όλη την επιφάνεια του κερατοειδούς προσφέροντας μια πολύ καλύτερη και ποσοτικά και ποιοτικά μελέτη.

Η τοπογραφία ενδείκνυται κλινικά για παθήσεις του κερατοειδή όπως τον κερατόκωνο ,στον προεγχειρητικό έλεγχο για πιθανά εμπόδια όπως ουλές ή ανώμαλο αστιγματισμό ,στον μετεγχειρητικό έλεγχο για την παρακολούθηση της περιόδου επούλωσης.Επίσης είναι πολύ χρήσιμη για τον ετήσιο έλεγχο των μεταβολών του κερατοειδούς των χρηστών μαλακών φακών επαφής και στην εφαρμογή των σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής.Οι περισσότεροι τοπογράφοι διαθέτουν λογισμικό για τον ατομικό σχεδιασμό του φακού επαφής για καλύτερη εφαρμογή.

3.1.1)Αρχή λειτουργίας τοπογραφίας κερατοειδούς

Οι τοπογράφοι χρησιμοποιούν ομόκεντρους εναλλασόμενους φωτεινούς και σκοτεινούς δακτυλίους (placido rings) οι οποίοι προβάλλονται στον κερατοειδή σχηματίζοντας ένα είδωλο που ανακλάται. Το είδωλο της ανάκλασης προβάλλεται σε μια CCD κάμερα. Το εικονιζόμενο είδωλο συγκρίνεται με το αρχικό είδωλο και μέσω του κατάλληλου λογισμικού γίνεται η σύγκριση των εικόνων, η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η προβολή τους με διάφορες μορφές.

Υπάρχουν 2 τύποι τοπογράφων. Στον ένα τύπο τοπογράφου ο κώνος (placido disk) ο οποίος περιέχει τους δακτυλίους είναι αρκετά μεγάλος σε διάμετρο, είναι τοποθετημένος σε κάποια απόσταση από τον εξεταζόμενο ενώ στον τύπο ο κώνος είναι μικρότερου μεγέθους και βρίσκεται σε επαφή με το μάτι του εξεταζόμενου.

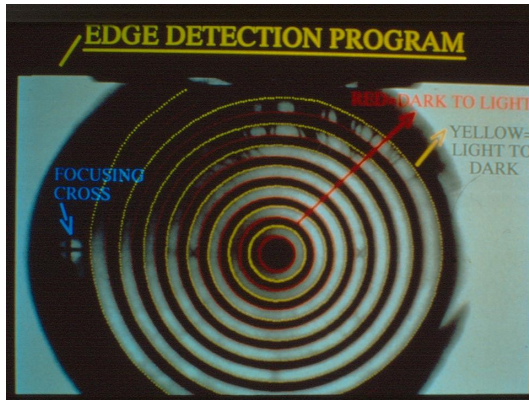


Εικόνα 22: τοπογράφος με μεγάλο κώνο για μέτρηση χωρίς επαφή με το μάτι του εξεταζόμενου.



Εικόνα 23: τοπογράφος με μικρό κώνο.

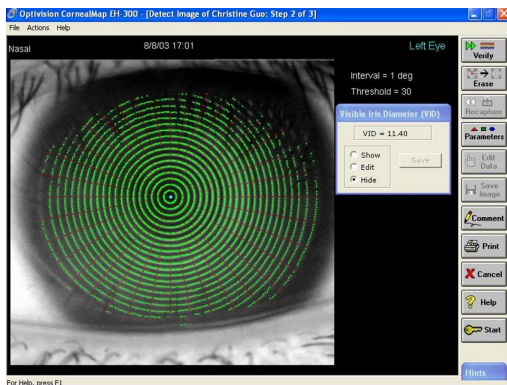
Επίσης υπάρχουν δύο τύποι εναλλασόμενων φωτεινών και σκοτεινών δακτυλίων και συνεπώς δύο διαφορετικοί τρόποι να πάρουμε πληροφορίες από τον κερατοειδή. Στην μία περίπτωση ο κώνος περιέχει ένα μικρό αριθμό από φαρδείς ομόκεντρους κύκλους. Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί την τεχνική edge-detection (ανίχνευση άκρης), ανιχνεύοντας την μετάβαση από τις σκοτεινές στις φωτεινές περιοχές της εικόνας. Αν η εικόνα είναι καλά εστιασμένη οι άκρες ανιχνεύονται εύκολα.



Εικόνα 24:σύστημα που χρησιμοποιεί την τεχνική edge detection.

Το παραπάνω σύστημα δεν είναι πολύ ευαίσθητο στις μικρές λεπτομέρειες και αν η παθολογία εντοπίζεται σε μια πολύ μικρή περιοχή μπορεί να μη γίνει αντιληπτή.

Στη δεύτερη περίπτωση ο κώνος αποτελείται από ένα μεγαλύτερο αριθμό λεπτών ομόκεντρων δακτυλίων. Η συγκεκριμένη τεχνική ονομάζεται peak detection (ανίχνευση κορυφής) και λειτουργεί προβάλλοντας μια ακίδα που αντιπροσωπεύει την ένταση κάθε φωτιζόμενου δακτυλίου. Το λογισμικό εντοπίζει την κορυφή της έντασης σε κάθε ακίδα και τοποθετεί τα δεδομένα στο συγκεκριμένο σημείο. Λόγω του αυξημένου αριθμού των ομόκεντρων κύκλων η μέθοδος αυτή είναι πιο ευαίσθητη και γίνονται αντιληπτές ακόμα και μικρές αλλαγές στην επιφάνεια του κερατοειδούς που τα άλλα συστήματα μπορεί να αγνοήσουν.



Εικόνα 25:σύστημα που χρησιμοποιεί την τεχνική peak detection.

Η προβολή των αποτελεσμάτων γίνεται με διάφορους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι χαρτογράφησης που χρησιμοποιούνται από τους οφθαλμιάτρους είναι οι ακόλουθοι:

- Αξιακή map: Εμφανίζει τις αλλαγές στην καμπυλότητα του κερατοειδούς σαν προβολές και χρησιμοποιεί χρώματα που αντιπροσωπεύουν τις τιμές σε διοπτρίες. Τα θερμά χρώματα αντιπροσωπεύουν τις πιο κυρτές περιοχές (κόκκινο, πορτοκαλί) ενώ τα ψυχρά χρώματα τις πιο επίπεδες (μπλε, πράσινο). Το μειονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι ότι αγνοεί τις μικρές παραλλαγές στην καμπυλότητα.

- Tangential map: Χρησιμοποιεί χρώματα που αντιπροσωπεύουν τις μεταβολές σε τιμές διοπτριών. Προσφέρει καλύτερη απεικόνιση για τον εντοπισμό κερατοειδικής βλάβης και χρησιμεύει για την μετεγχειρητική παρακολούθηση.
- Elevation map: Ο συγκεκριμένος χάρτης δείχνει το μετρούμενο ύψος από το οποίο αποκλίνει η κερατοειδική καμπυλότητα σε σύγκριση με μία επιφάνεια αναφοράς καθορισμένη από τον υπολογιστή. Τα θερμότερα χρώματα στον χάρτη αντιπροσωπεύουν τα σημεία στον κερατοειδή που βρίσκονται ψηλότερα από την επιφάνεια αναφοράς ενώ τα ψυχρά χρώματα αντιπροσωπεύουν τα σημεία που βρίσκονται πιο χαμηλά από την επιφάνεια αναφοράς.
- Refractive map: Χρησιμοποιεί την μετρημένη ισχύ σε διοπτρίες και εφαρμόζει το νόμο του Snell για τον υπολογισμό της πραγματικής διαθλαστικής ισχύος του κερατοειδή.

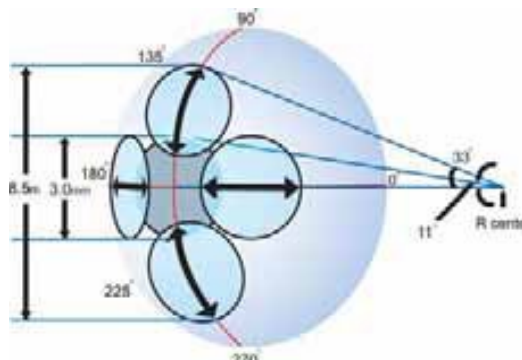
Το σημαντικότερο κομμάτι του διαθλαστικού χάρτη είναι το κεντρικό που καλύπτει το τμήμα της κόρης και έχει την μεγαλύτερη επίδραση στην ποιότητα της όρασης.

3.2) ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΕ ΤΟ HRK-7000 ΤΗΣ HUVITZ

Τα τελευταία χρόνια τα περισσότερα αυτόματα διαθλασίμετρα λειτουργούν και ως κερατόμετρα .

Όσον αφορά την κερατομετρία το HRK παρέχει την δυνατότητα της μέτρησης ακτίνας καμπυλότητας από 5.00 έως 10.2mm , της κερατοειδικής ισχύος από 33.00 έως 67.50D και του κερατοειδικού αστιγματισμού από 0.00 έως 15,00D και του φακικού αστιγματισμού.

Επιπλέον έχει τη δυνατότητα **περιφερικής κερατομέτρησης** σε 4 σημεία (πάνω, κάτω, ρινικά και κροταφικά) με εύρος μέτρησης 8.5mm στον κερατοειδή. Ο κεντρικός κερατοειδής παρουσιάζει τη μεγαλύτερη καμπυλότητα και όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο γίνεται πιο επίπεδος. Η γνώση της περιφερικής καμπυλότητας βοηθάει στην καλύτερη εφαρμογή των φακών επαφής κυρίως των RGP (σκληρών αεροδιαπερατών) που εφαρμόζονται μόνο στο κέντρο του κερατοειδή.



Εικόνα 26: περιφερική κερατομετρία σε 4 σημεία.

Είναι πολύ χρήσιμο το ότι το HRK έχει την δυνατότητα διαθλασιμετρίας και κερατομετρίας ταυτόχρονα με μια μέτρηση στην λειτουργία K&R.

3.3)ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Συμπεραίνουμε από τα παραπάνω ότι η αυτόματη διαθλασιμετρία αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τους οπτομέτρους λόγω της ευκολίας χειρισμού ενός αυτόματου διαθλασίμετρου και του γεγονότος ότι παρέχει γρήγορα και αξιόπιστα αποτελέσματα. Το Huvitz HRK-7000 είναι ένα διαθλασίμετρο νέας γενιάς ,βασισμένο στην αρχή Hartmann-Shack με δυνατότητες διαθλασιμετρίας και κερατομέτρησης.

Στην συγκεκριμένη μελέτη θα γίνει έλεγχος της ακρίβειας του σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση και της επαναληψιμότητας του. Η σύγκριση θα γίνει σε συνθήκες χαλαρής προσαρμογής αλλά και σε συνθήκες κυκλοπληγίας ώστε να ελεγχθεί το πως και σε ποιο βαθμό η προσαρμογή επηρεάζει τις μετρήσεις, αν ο μηχανισμός θόλωσης του μηχανήματος επαρκεί και κατά πόσο η σχέση του Huvitz και της υποκειμενικής διάθλασης διαφοροποιείται στις συγκεκριμένες συνθήκες.

Επιπρόσθετα θα γίνει κερατομέτρηση της κεντρικής περιοχής του κερατοειδή αλλά και της περιφέρειας του σε τέσσερα σημεία (ρινικά, κροταφικά, πάνω, κάτω) και θα γίνει σύγκριση των μετρήσεων με τις κερατομετρικές μετρήσεις ενός τοπογράφου του κερατοειδούς για να γίνει εκτίμηση της ακρίβειας του Huvitz στην κερατομέτρηση καθώς και προσδιορισμός της επαναληψιμότητας της.

4° ΜΕΡΟΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1)ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Στην συγκεκριμένη έρευνα συμμετείχαν συνολικά 45 άτομα με μέση ηλικία 28.6 χρόνια (T.A:6.5 χρόνια).μ

Τα 31 ήταν γυναίκες (68.8%) και τα 14 άντρες (31.1%).

Το μέσο διαθλαστικό τους σφάλμα σε μορφή σφαιρικού ισοδύναμου (sph+cyl/2) στον δεξιό οφθαλμό ήταν -5.22D (T.A:2.14) με μέγιστη τιμή -10,25D και μικρότερη τιμή -1.38D. Στον αριστερό οφθαλμό το μέσο διαθλαστικό σφάλμα σε μορφή σφαιρικού ισοδύναμου ήταν -4.94D (T.A:2.09) με μέγιστη τιμή -8.88D και μικρότερη τιμή -1.25D.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
AGE	45	19	44	28,58	6,496
MYOPIA_R.EYE	45	-9,75	-,75	-4,8389	2,15662
ASTIGMAT_R.EYE	45	-4,50	,00	-,7667	,92687
SPH.EQUIVALENT_R.EYE	45	-10,25	-1,38	-5,2180	2,14169
MYOPIA_R.EYE	45	-8,75	-,50	-4,5333	2,08662
ASTIGMATISM_R.EYE	45	-3,75	,00	-,8222	,91176
SPH.EQUIVALENT_R.EYE	45	-8,88	-1,25	-4,9471	2,05291
Valid N (listwise)	45				

Οι εξεταζόμενοι προσήλθαν στο Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης στα πλαίσια οφθαλμολογικού προεγχειρητικού ελέγχου για την διόρθωση του διαθλαστικού τους σφάλματος με λέιζερ.

Το χρονικό πλαίσιο των μετρήσεων ήταν από τον Ιούνιο του 2008 μέχρι τον Νοέμβριο του 2008.

4.2)ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

1. Η ύπαρξη μυωπίας ή υπερμετρωπίας έως 10D και αστιγματισμού έως 5D.
2. Οι εξεταζόμενοι να μην είναι χρήστες φακών επαφής και στην περίπτωση που είναι να μην έχουν κάνει χρήση των φακών επαφής για τουλάχιστον ένα μήνα.
3. Να μην υπάρχει ιστορικό κάποιας διαθλαστικής ή οφθαλμικής επέμβασης.
4. Να μην έχουν κερατόκωνο ή ανώμαλο αστιγματισμό.
5. Να μην υπάρχει κάποια οφθαλμική πάθηση όπως γλαύκωμα,καταρράκτη κτλ
6. Να μην υπάρχει κάποια πάθηση που μπορεί να επηρεάσει τη διαθλαστική κατάσταση του εξεταζόμενου πχ διαβήτη.
7. Να μην υπάρχει αμβλυωπία.

Στη συγκεκριμένη έρευνα αποκλείστηκαν οι υπερμέτρωτες γιατί το δείγμα ήταν πολύ μικρό για να γίνει στατιστική ανάλυση.

4.3)ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ –ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

Οι εξετάσεις έγιναν με την ακόλουθη σειρά:

- Διαθλασιμετρία,κερατομετρία και περιφερική κερατομέτρηση με το Huvitz HRK-7000.
- Διαθλασιμετρία με το Canon RK-F1.
- Τοπογραφία κερατοειδούς με τον τοπογράφο Technomed C-Scan Colour Ellipsoid Topometer.
- Υποκειμενική διάθλαση .

στην συνέχεια έγινε κυκλοπληγία και ακολούθησαν :

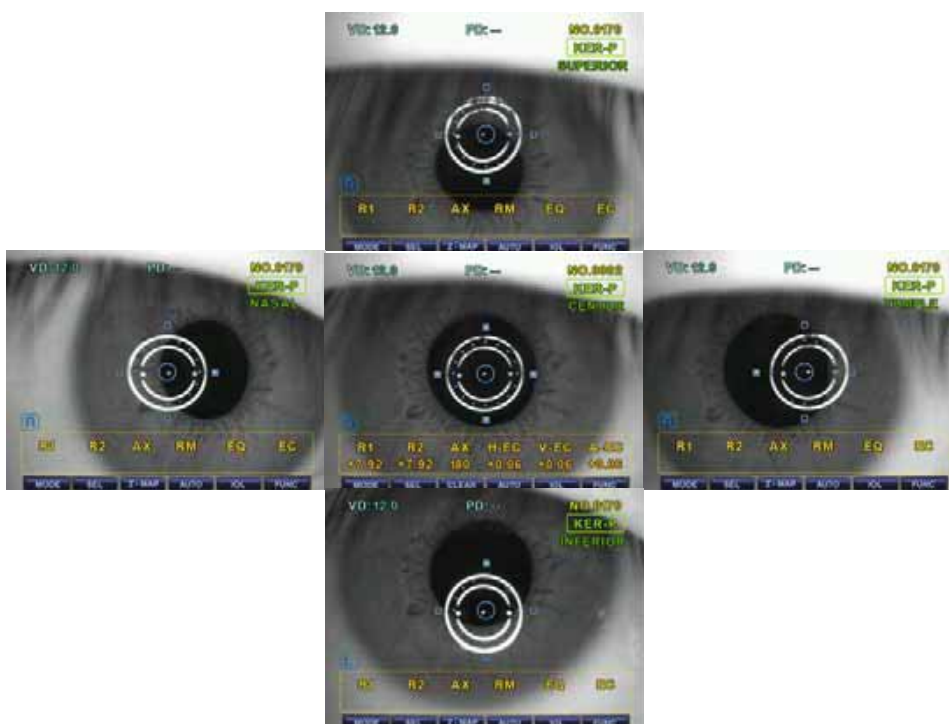
- Διαθλασιμετρία,κερατομετρία και περιφερική κερατομέτρηση με το Huvitz HRK-7000.
- Διαθλασιμετρία με το Canon RK-F1.
- Υποκειμενική διάθλαση .

4.3.1)Μετρήσεις με το Huvitz HRK-7000.

Ο εξεταζόμενος κάθεται άνετα στην καρέκλα και τοποθετεί το πηγούνι και το μέτωπο του στα αντίστοιχα στηρίγματα του μηχανήματος.Με την περιστροφή

του λεβιέ του μηχανήματος γίνεται η κατάλληλη προσαρμογή στο ύψος έτσι ώστε ο οπτικός άξονας του μηχανήματος και η γραμμή όρασης του εξεταζόμενου να είναι στην ίδια ευθεία. Σ' αυτό το σημείο ζητείται από τον εξεταζόμενο να εστιάσει στο στόχα προσήλωσης ο οποίος αποτελείται από ένα αερόστατο. Η εξέταση γίνεται πρώτα στον δεξιό και στη συνέχεια στον αριστερό οφθαλμό. Η επολογή του δεξιού οφθαλμού γίνεται απλά με την σπρώχνοντας το λεβιέ δεξιά και αριστερά αντίστοιχα. Στην οθόνη του μηχανήματος υπάρχει η ένδειξη R&K που σημαίνει ότι το μήκάνημα είναι στην λειτουργία διαθλασιμετρίας και κερατομετρίας, η ένδειξη manual mode που δείχνει ότι η εκτέλεση της μέτρησης θα γίνει μηχανικά και όχι αυτόματα, η ένδειξη VD=12mm που δηλώνει ότι η απόσταση βέρτεξ που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις μετρήσεις είναι 12 χιλιοστά και η ένδειξη PD που δηλώνει την διακορική απόσταση των δύο οφθαλμών. Ο εξεταστής βλέπει το είδωλο του οφθαλμού σε πραγματικό χρόνο και στη συνέχεια κουνάει το λεβιέ δεξιά ή αριστερά ώστε ο εξωτερικός δακτύλιος ευθυγράμμισης να τοποθετηθεί στο κέντρο της κόρης του αντεστραμμένου ειδώλου του οφθαλμού. Στη συνέχεια κουνάει το λεβιέ μπροστά και πίσω για να πετύχει ένα πιο καθαρό είδωλο. Αν η διάμετρος της κόρης είναι μικρότερη από 2mm θα είναι μικρότερη από τον εξωτερικό δακτύλιο ευθυγράμμισης και η μέτρηση δεν μπορεί να γίνει. Σ' αυτήν την περίπτωση η μέτρηση γίνεται σε λιγότερο φωτεινές συνθήκες. Μέσα στον δακτύλιο ευθυγράμμισης υπάρχουν 3 οριζόντιες κουκκίδες. Ο στόχος του εξεταστή είναι να τοποθετηθεί η κεντρική κουκκίδα στο κέντρο της κόρης του εξεταζόμενου. Όταν συμβεί αυτό γύρω από την κεντρική κουκκίδα εμφανίζεται ένας μικρός φωτεινός δακτύλιος. Σε αυτό το σημείο ο εξεταστής πατάει το λεβιέ και παίρνει τη μέτρηση. Έγιναν τρεις μετρήσεις στο δεξιό οφθαλμό και χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος τους ως αντιπροσωπευτική τιμή για να μειωθεί η πιθανότητα σφάλματος μέτρησης. Η ίδια διαδικασία ακολούθησε για τον αριστερό οφθαλμό. Στη συνέχεια η μέτρηση διακόπηκε για λίγα λεπτά και επαναλήφθηκε με ακριβώς τον ίδιο τρόπο μια δεύτερη φορά για να ελεγχθεί η επαναληψιμότητα του μηχανήματος. Στην συνέχεια ακολούθησε η περιφερική κερατομέτρηση. Σε αυτή την περίπτωση η ένδειξη στην οθόνη του μηχανήματος δείχνει την λειτουργία KEP-R. Ο εξεταζόμενος τοποθετείται στην ίδια θέση με το πηγούνι και το μέτωπο κατάλληλα στηριγμένα. Σε αυτήν την περίπτωση αυτό που βλέπει είναι ένα πράσινο φωτάκι το οποίο αρχικά είναι στο κέντρο και στη συνέχεια αλλάζει θέση με την ακόλουθη σειρά: κροταφικά, πάνω, ρινικά και κάτω. Ο εξεταστής αφού τοποθετήσει τον δακτύλιο ευθυγράμμισης στο κεντρικό σημείο της κόρης θα δει 4 κουτάκια τοποθετημένα κατάλληλα πάνω στο δακτύλιο τα οποία αντιστοιχούν στα 4 σημεία της μέτρησης αντεστραμμένα. Ο εξεταστής ζητά από τον εξεταζόμενο να ακολουθήσει με το βλέμμα του την κατεύθυνση του πράινου φωτός. Όταν ο εξεταζόμενος κοιτάει κροταφικά το κουτάκι που είναι τοποθετημένο ρινικά στον δακτύλιο γεμίζει με χρώμα δείχνοντας ποιο σημείο του κερατοειδή μετράται. Αντίστοιχα όταν μετράται το πάνω μέρος της περιφέρειας του κερατοειδή το κουτάκι που είναι τοποθετημένο στην κάτω μεριά του δακτυλίου γεμίζει με χρώμα κτλ. Η μέτρηση στο κάθε σημείο γίνεται τοποθετώντας την κεντρική κουκκίδα από τις τρεις που υπάρχουν οριζόντια στο κέντρο του εξωτερικού δακτυλίου στο κουτάκι που έχει γεμίσει χρώμα την κάθε φορά. Όταν γίνει αυτό ο εξεταστής πατάει το λεβιέ και η μέτρηση γίνεται άμεσα. Η ίδια διαδικασία ακολουθεί και για το άλλο μάτι. Στη συνέχεια γίνεται διακοπή της μέτρησης για λίγα λεπτά και η διαδικασία επαναλαμβάνεται για την εκτίμηση της επαναληψιμότητας.

Όλες οι μετρήσεις με Huvitz HRK-7000 έγιναν από το ίδιο άτομο.



Εικόνα 27: ένδειξη της οθόνης στην περιφερική κερατομέτρηση.

4.3.2) Μετρήσεις με Canon RK-F1.

Το διαθλαστικό σφάλμα μετρήθηκε επίσης με το διαθλασίμετρο Canon RK-F1. Το συγκεκριμένο διαθλασίμετρο είναι κλειστού πεδίου επίσης και χρησιμοποιείται ευρέως από τους οπτομέτρους γιατί είναι πολύ εύκολο στη χρήση και παρέχει γρήγορες και αρκετά αξιόπιστες μετρήσεις.



Εικόνα 28: το Canon RK-F1.

Ο εξεταζόμενος κάθεται τοποθετώντας το πηγούνι του και το μέτωπο του στα αντίστοιχα στηρίγματα και του ζητάται να κοιτάξει την εικόνα μέσα στο διαθλασίμετρο, σε αυτήν την περίπτωση ένα σπίτι. Μόλις η κόρη του εξεταζόμενου εμφανιστεί στην οθόνη ο εξεταστής απλά πατάει το πλήκτρο start και το διαθλασίμετρο κάνει αυτόματα την ευθυγράμμιση και την μέτρηση πρώτα

στο δεξί και στη συνέχεια στο αριστερό μάτι. Η διαδικασία είναι απόλυτα αυτοματοποιημένη.

Η απόσταση βέρτεξ είναι επίσης ρυθμισμένη στα 12mm. Το μηχάνημα παίρνει 3 μετρήσεις για το κάθε μάτι και χρησιμοποιεί το μέσο όρο τους.

4.3.3) Μετρήσεις με το Technomed C-Scan Colour Ellipsoid Topometer



Εικόνα 29:ο τοπογράφος C-Scan της Technomed.

Το C-Scan της Technomed χρησιμοποιείται για την χαρτογράφηση του κερατοειδούς και βασίζεται στην αρχή ray-tracing. Ο κώνος περιέχει 22 ομόκεντρους κύκλους για περισσότερη ακρίβεια και μπορεί να μετρήσει μέχρι 22.000 σημεία.

Ο εξεταζόμενος κάζεται τοποθετώντας πηγούνι και το μέτωπο στα αντίστοιχα στηρίγματα. Το μάτι του δεν είναι σε επαφή με τον τοπογράφο και μπορεί να έχει απόσταση έως 80mm. Ζητάται από τον εξεταζόμενο να ανοιγοκλείσει το μάτι του μερικές φορές και στη συνέχεια να το κρατήσει όσο πιο ανοιχτό γίνεται και να εστιάσει σε μια κίτρινη κουκκίδα που βρίσκεται στο κέντρο των χρωματιστών δακτυλίων που βλέπει. Ο εξεταστής στην οθόνη του υπολογιστή βλέπει στο κέντρο της κόρης δύο κουκκίδες (μία άσπρη και μία κόκκινη) και δύο τετραγώνια (ένα άσπρο και ένα κόκκινο). Στόχος του εξεταστή είναι να τοποθετήσει με τις κατάλληλες κινήσεις το λευκό τεράγωνο μέσα στο κόκκινο τεράγωνο και στη συνέχεια τη λευκή κουκκίδα μέσα στο λευκό τεράγωνο και την κόκκινη κουκκίδα μέσα στο κόκκινο τεράγωνο. Όταν γίνει αυτό θεωρείται ότι έχει γίνει σωστή ευθυγράμμιση και ακολουθεί η λήψη της μέτρησης. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για το άλλο μάτι.

4.3.4) Υποκειμενική διάθλαση

Η υποκειμενική διάθλαση έγινε με την ακόλουθη διαδικασία.

Αρχικά έγινε μονόφθαλμη αξιολόγηση της όρασης του εξεταζόμενου χωρίς διόρθωση για το κάθε μάτι. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε στο φορόπτερο η διόρθωση σύμφωνα με τις μετρήσεις του Canon RK-F1 για το δεξί μάτι και ακολούθησε θόλωση του με τη μέθοδο της ομίχλης. Σε όλη τη διαδικασία το άλλο μάτι είναι καλυμμένο. Στη συνέχεια με βήμα διάθλασης 0,25D έγινε αυξομείωση του σφαιρώματος και του κυλίνδρου μέχρι να επιτευχθεί η καλύτερη οπτική οξύτητα. Μετά χρησιμοποιήθηκε ο σταυροκύλινδρος για τον τελικό

έλεγχου του αστιγματισμού και στο τέλος έγινε ο διχρωματικός έλεγχος. Αφού καταγράφηκε η καλύτερη οπτική οξύτητα για τον δεξιό οφθαλμό ακολούθησε η ίδια διαδικασία για τον αριστερό οφθαλμό.

4.3.5)Κυκλοπληγία

Αφού έγιναν οι παραπάνω μετρήσεις ακολούθησε κυκλοπληγία με την ενστάλλαξη μιας σταγόνας αλκαίνης και στη συνέχεια μιας σταγόνας cyclopental (1%).

Η αλκαίνη χρησιμοποιείται ως τοπικό αναισθητικό πριν την ενστάλλαξη κυκλοπεντολάτης.

Η κυκλοπεντολάτη ανήκει στην κατηγορία των τεταρτοταγών αμινών με αντιμυοσκαρινική δράση και φέρεται σε οφθαλμικά διαλύματα με περιεκτικότητα 0,5%,1%,2%. Χρησιμοποιείται σαν μυδριατικό και κυκλοπληγικό. Η δράση της είναι συμπαθητικολυτική. Είναι γνωστό ότι η νεύρωση του σφιγκτήρα της ίριδας είναι εξαρτημένη από την ακετυλοχολίνη. Η κυκλοπεντολάτη δεσμεύει την ακετυλοχολίνη με αποτέλεσμα την χαλάρωση του μυ και την πρόκληση μυδρίασης. Ο ακτινωτός μυς συνδέεται άμεσα με την προσαρμογή και διεγείρεται επίσης από την ακετυλοχολίνη. Η δέσμευση της ακετυλοχολίνης από την κυκλοπεντάλη συνεπάγεται την χαλάρωση του ακτινωτού μυ έτσι ώστε να μην μπορεί να επέμβει στην προσαρμογή και να έχουμε παράλυση της προσαρμογής. Ο χρόνος έναρξης δράσης της κυκλοπεντάλης ξεκινά περίπου 15 λεπτά μετά την ενστάλλαξη και μετά από 30 λεπτά θεωρείται ότι έχει επέλθει κυκλοπληγία. Η διάρκεια της είναι περίπου 24 ώρες ενώ μετά από 3-4 ώρες είναι δυνατή η ανάγνωση κειμένου. Σε κάποιες περιπτώσεις το διάλυμα του φαρμάκου μπορεί να προκαλέσει αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Υπάρχουν και άλλα κυκλοπληγικά φάρμακα όπως η ατροπίνη η οποία όμως δεν χρησιμοποιείται σε πειραματικές διαδικασίες όπως της συγκεκριμένης εργασίας επειδή η δράση της διαρκεί αρκετές μέρες προκαλώντας ενόχληση στον εξεταζόμενο και κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη σε παιδιά που έχουν πολύ μεγάλο εύρος προσαρμογής και η τροπικαμίδη η οποία έχει μικρότερη δράση και δεν θεωρείται ότι προκαλεί πλήρη παράλυση της προσαρμογής.

Στη συνέχεια ακολούθησε ένα διάστημα 30 λεπτών για να δράσει το κολλύριο και στη συνέχεια επαναλήφθηκαν οι μετρήσεις της διαθλασιμετρίας και κερατομετρίας με το Huvitz, της διαθλασιμετρίας με το Canon RK-F1 και της υποκειμενικής διάθλασης με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω.

4.4)ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS 15.

Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση που έγινε συμπεριλαμβάνει:

-το τεστ κανονικότητας shapiro-wilk για τον έλεγχο προσαρμογής των δεδομένων μας στην κανονική κατανομή.

- τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης Pearson ή Spearman για την εύρεση της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών .
- τον συσχετισμένο έλεγχο t (paired t-test) για την σύγκριση των μέσων όρων δύο συνόλων τιμών που προέρχονται από το ίδιο δείγμα ατόμων και την εκτίμηση της διαφοράς σε στατιστικά ή μη στατιστικά σημαντική.
- τον μη παραμετρικό έλεγχο wilcoxon για συσχετισμένες τιμές στην περίπτωση που τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή και δεν μπορεί να εφαρμοστεί ο έλεγχος t-test.
- η απλή γραμμική παλινδρόμηση για την πρόβλεψη της μίας μεταβλητής από την άλλη.

Επίσης σχεδιάστηκε:

- το γράφημα διασποράς το οποίο συνοδεύει τον συντελεστή συσχέτισης pearson ή spearman και το οποίο δίνει μια οπτική αναπαράσταση της σχέσης των δύο μεταβλητών .
- το διάγραμμα Bland-altman για την γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ δύο διαφορετικών μετρήσεων ή δύο διαφορετικών μεθόδων.

Όσον αφορά την ανάλυση και την επεξεργασία του διαθλαστικού σφάλματος χρησιμοποιήθηκε ο διαχωρισμός Fourier .

Πιο συγκεκριμένα η κάθε συνταγή χωρίστηκε σε 3 τμήματα:

- το σφαιρικό ισοδύναμο

$$MSE=Sph+Cyl/2$$

- το J0 που αντιπροσωπεύει το αρνητικό κυλινδρικό κομμάτι της συνταγής το οποίο είναι σύμφωνο με τον κανόνα (άξονας 180° αν είναι θετικό) ή παρά τον κανόνα (άξονας 90° αν είναι αρνητικό).

$$J0=(-Cyl/2)\cos(2\alpha)$$

- το J45 που αντιπροσωπεύει τον πλάγιο αστιγματισμό στις 45° αν είναι θετικό ή τον πλάγιο αστιγματισμό στις 135° αν είναι αρνητικό.

$$J45=(-Cyl/2)\sin(2\alpha)$$

- οι 3 παραπάνω όροι μπορούν να περιγραφούν με έναν όρο

$$V=\sqrt{MSE^2+J0^2+J45^2}$$

- επίσης για να είναι ευκολότερη η στατιστική ανάλυση οι διαφορές στο SME,J0,J45 μπορούν να συνοψιστούν σε έναν όρο ο οποίος περιγράφει την διοπτρική απόσταση μεταξύ δύο σημείων σε έναν τρισδιάστατο χώρο.

$$VDD=\sqrt{(\Delta MSE)^2+(\Delta J0)^2+(\Delta J45)^2}$$

5^ο ΜΕΡΟΣ - ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

5.1.1)Επαναληψιμότητα HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία.

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΩΜΑ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦ.ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ
0,00±0,18 D	0,01±0,19 D	0,00±0,19 D

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο της 1^{ης} μέτρησης είναι $-5,09 \pm 2,12$ και για το σφαιρικό ισοδύναμο της 2^{ης} μέτρησης $-5,08 \pm 2,15$ σε D.

Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι **0,00 ± 0,19** με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,06 έως 0,05 D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα προέρχονται από κανονικές κατανομές.

Για την 1^η μέτρηση :

Shapiro-wilk:0,162

Στρεβλότητα:-0,275

Κυρτότητα:-0,850

Για τη 2^η μέτρηση:

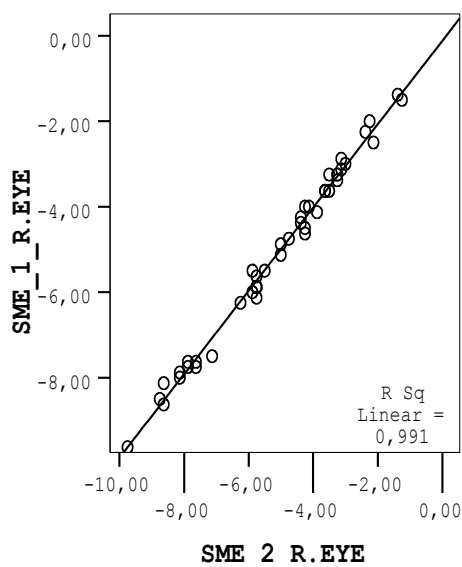
Shapiro-wilk:0,139

Στρεβλότητα:-0,316

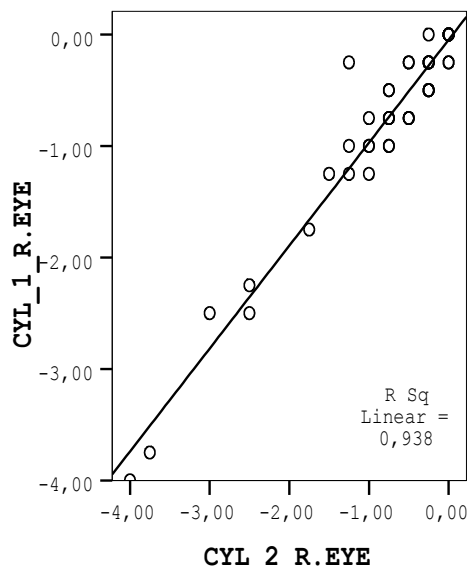
Κυρτότητα:-0,758

Ο έλεγχος που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της διαφοράς ήταν ο συσχετισμένος έλεγχος t (paired t-test). Ο έλεγχος σημαντικότητας έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=-0,102$, $p=0,919$ (two-tailed).

Η συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων βρέθηκε πολύ υψηλή συντελεστής pearson = 0,996 και στατιστικά σημαντική $p=0,001$.



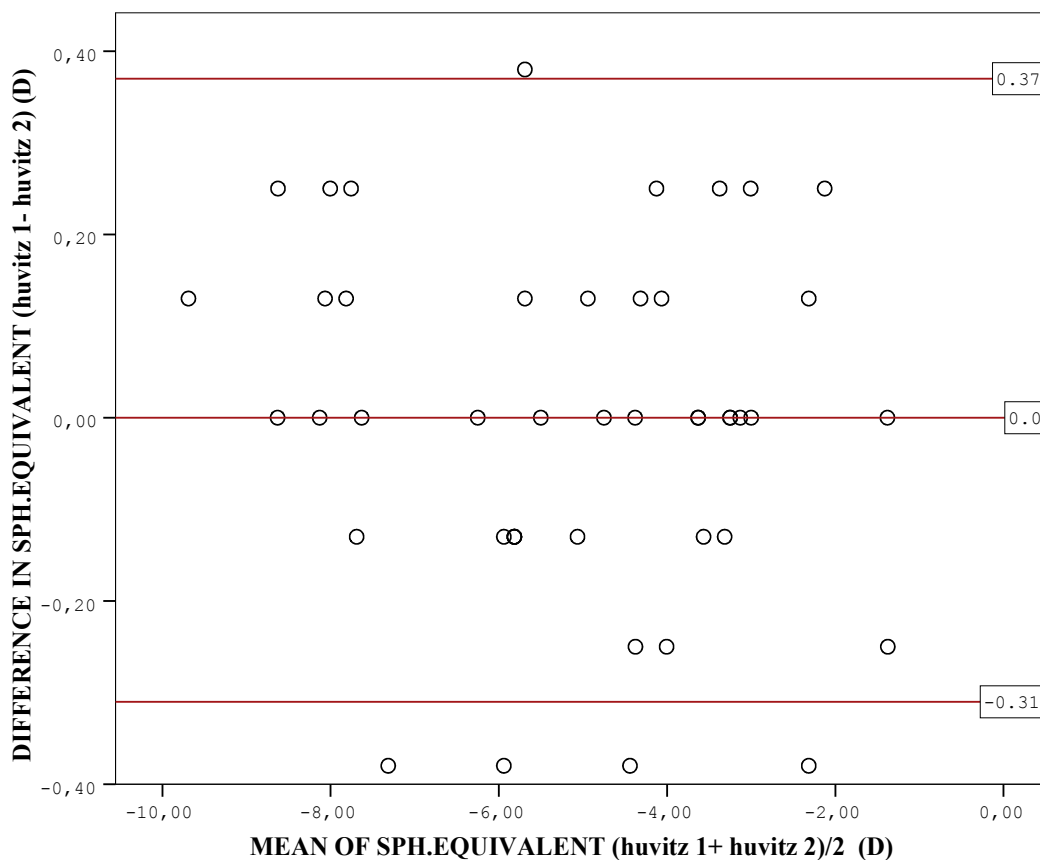
Εικόνα 30:συσχέτιση σφαιρ.ισοδύναμου (huvitz 1 vs huvitz 2)



Εικόνα 31:συσχέτιση κυλίνδρου (huvitz 1 vs huvitz 2)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων. Στο διάγραμμα δεν φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερη σημαντική διαφορά. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,37 έως -0,31). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,31 D ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,37 D.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha = -0,069$ και $B = -0,013$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 32: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο σφ.ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2)

Η μέση τιμή για το J0 για την 1^η μέτρηση είναι $0,20 \pm 0,48$ και για το J0 για τη 2^η μέτρηση $0,20 \pm 0,49$ σε D.

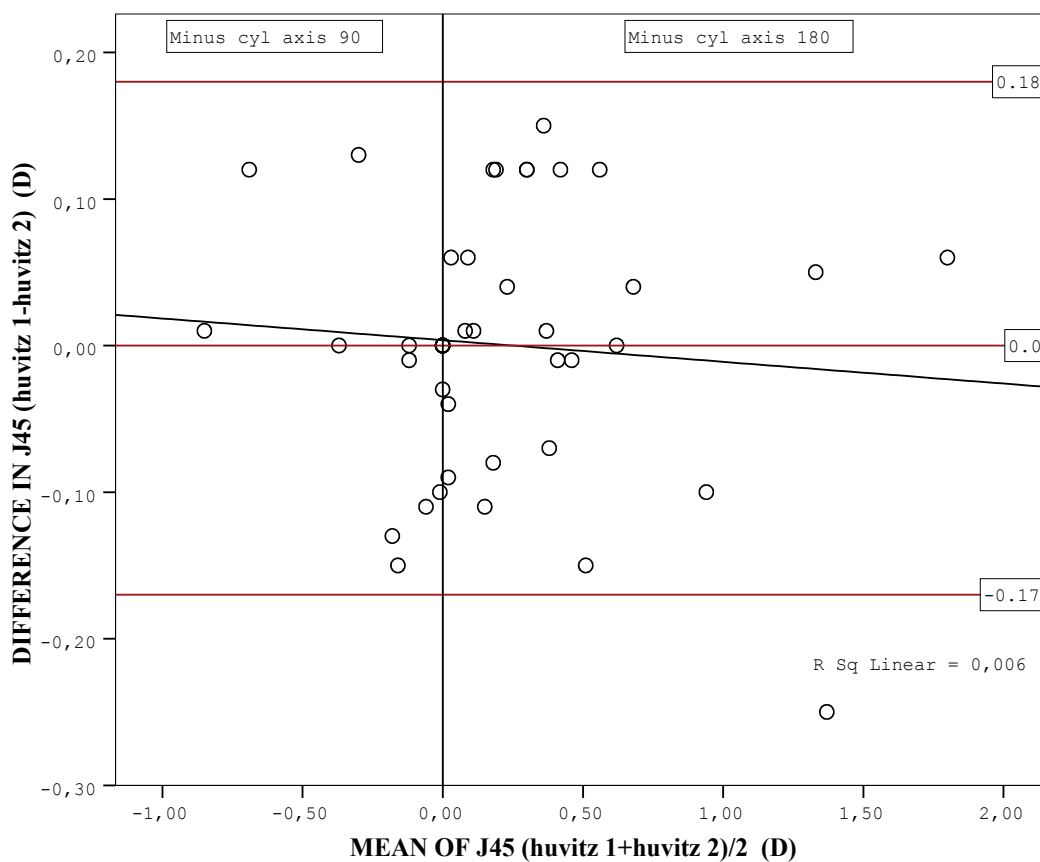
Η μέση διαφορά στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,00 \pm 0,09$ με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,025 έως 0,028 D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν προέρχονται από κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής Pearson έδειξε ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του J0 στις 2 μετρήσεις $\text{pearson}: 0,983$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,001$.

Ο έλεγχος κανονικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα στις 2 μετρήσεις δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-0,394$, $p=0,694$ (δίπλευρη). Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται ότι η μέση διαφορά είναι 0,00. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των δύο μετρήσεων (από 0,18 έως -0,17 D). Αυτό σημαίνει ότι η πρώτη μέτρηση μπορεί να υπερεκτιμήσει το J0 κατά 0,17 D ή να το υποεκτιμήσει κατά 0,18 D σε σχέση με τη 2^η μέτρηση με πιθανότητα 95%.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,008$ και $B=0,966$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J0 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να αυξάνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση $t=35,044$, $p=0,001$.



Εικόνα 33: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση της συμφωνίας στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2).

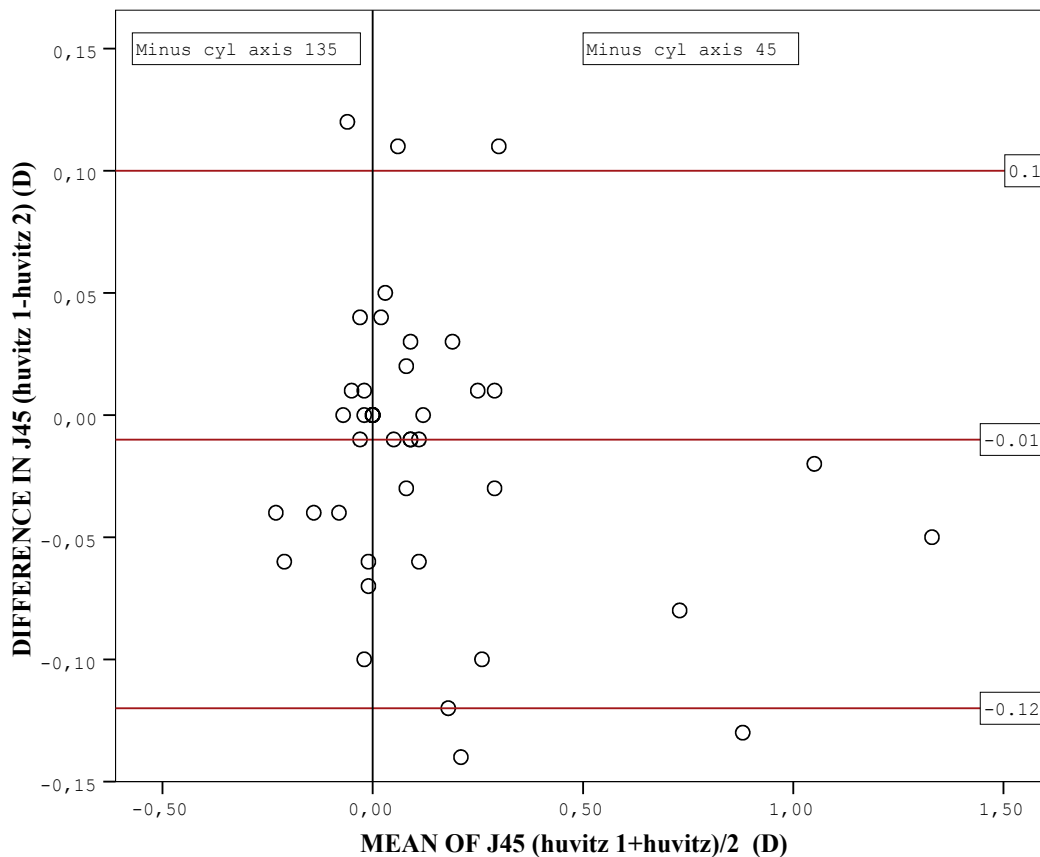
Η μέση τιμή για το J45 για την 1^η μέτρηση είναι $0,12 \pm 0,30$ D και για τη 2^η μέτρηση $0,14 \pm 0,31$ D.

Η μέση διαφορά στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $-0,01 \pm 0,06$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,03 έως 0,004 D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων $\text{pearson}=0,984$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-1,619$ και $p=0,106$. Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι $-0,01D$ και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων είναι από $0,10$ έως $-0,12D$. Αυτό σημαίνει ότι το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει στον υπολογισμό του J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων στο 95% των περιπτώσεων είναι να υπερεκτιμήσει η 1^η μέτρηση το J45 κατά $0,12D$ ή να το υποεκτιμήσει κατά $0,10D$. Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,008$ και $B=-0,047$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J45 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 34: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση της συμφωνίας στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2).

VDD=0,18±0,12

5.1.2) Επαναληψιμότητα HRK-7000 με κυκλοπληγία.

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΩΜΑ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦ.ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ
---------------------------	----------------------------	-------------------------------

0,01±0,14 D	-0,06±0,18 D	-0,02 ±0,15 D
--------------------	---------------------	----------------------

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο στην 1^η μέτρηση είναι $-4,76 \pm 2,03 D$ και για τη 2^η μέτρηση $-4,75 \pm 2,02 D$.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση :

Shapiro-wilk:0,176

Στρεβλότητα:-0,264

Κυρτότητα:0,793

Για τη 2^η μέτρηση:

Shapiro-wilk:0,282

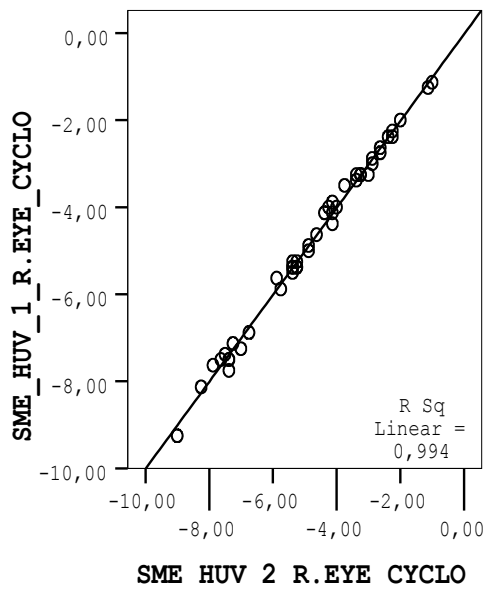
Στρεβλότητα:-0,205

Κυρτότητα:-0,793.

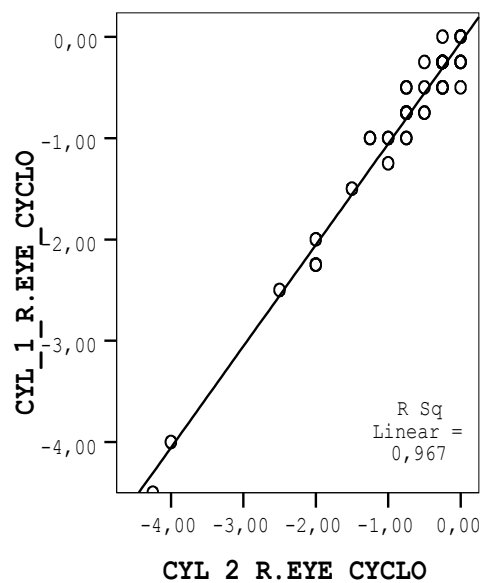
Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι $-0,02 \pm 0,15 D$ με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από $-0,06$ έως $0,03 D$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=-0,716, p=0,478$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,997 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.



Εικόνα 35:συσχέτιση σφ.ισοδύναμου
(huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

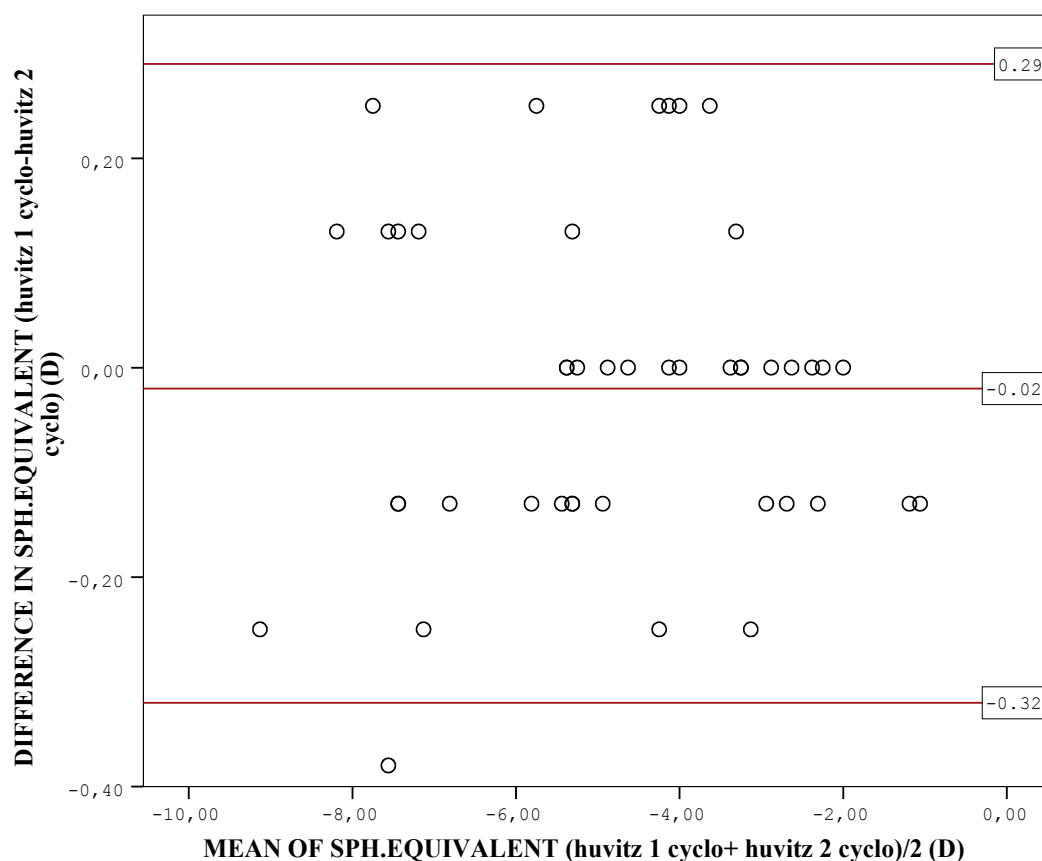


Εικόνα 36:συσχέτιση κυλίνδρου
(huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων .Στο διάγραμμα δεν φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερη σημαντική διαφορά.Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά.Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων(από 0,29 έως -0,32). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να

υπερεκτιμηθεί το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,32 D ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,29D.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,01$ και $B=0,00$. Αυτό δείχνει ότι στις μετρήσεις με κυκλοπληγία η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων δεν φαίνεται να επηρεάζεται από την τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου.



Εικόνα 37: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο σφ.ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Η μέση τιμή για το J0 είναι $0,23 \pm 0,50$ για την 1^η μέτρηση και $0,21 \pm 0,49$ σε D για την 2^η μέτρηση.

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,02 \pm 0,09$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από 0,01 έως 0,05 D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

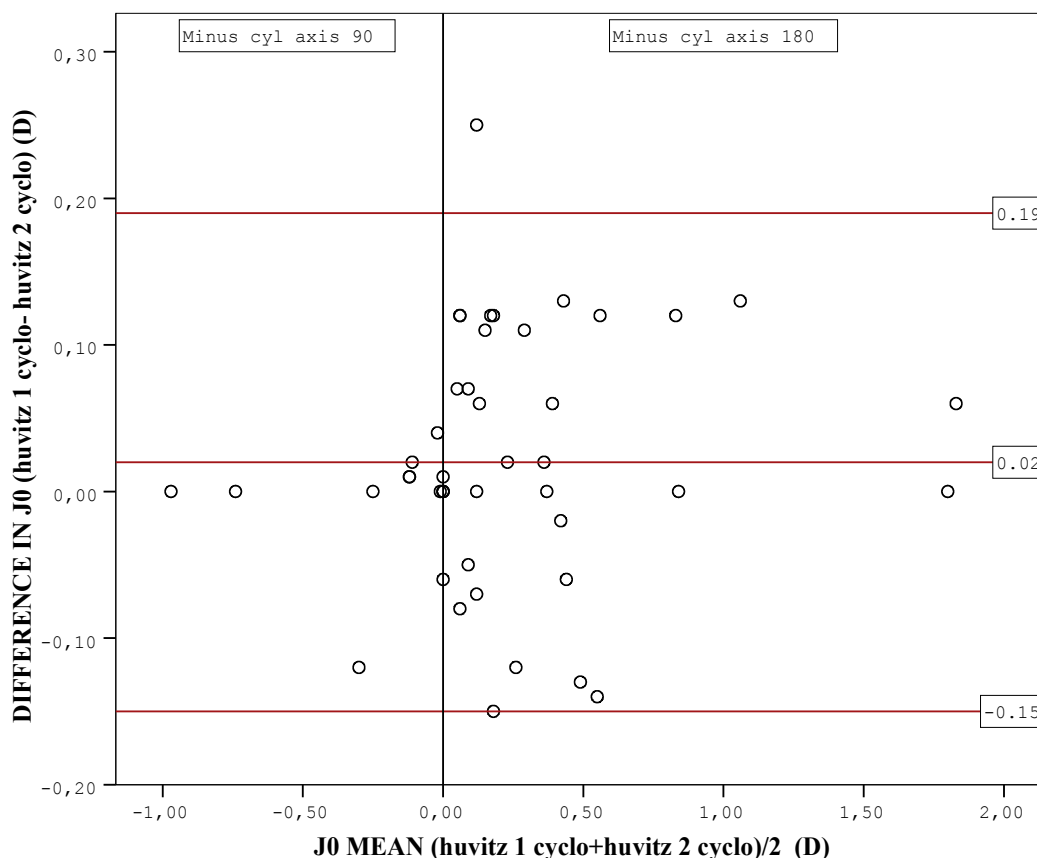
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,985$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-1,337$ $p=0,181$ (δίπλευρη).

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι 0,02D και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων είναι από 0,19 έως -0,15D. Αυτό σημαίνει ότι το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει στον υπολογισμό του J0 μεταξύ των

2 μετρήσεων στο 95% των περιπτώσεων είναι να υπερεκτιμήσει η 1^η μέτρηση το J0 κατά 0,15D ή να το υποεκτιμήσει κατά 0,19D.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha=0,015$ και $B=0,022$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J0 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να αυξάνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 38: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Η μέση τιμή για το J45 για την 1^η μέτρηση είναι $0,13 \pm 0,29$ D και $0,12 \pm 0,28$ D για την 2^η μέτρηση.

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,02 \pm 0,07$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,01 έως 0,04 D..

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

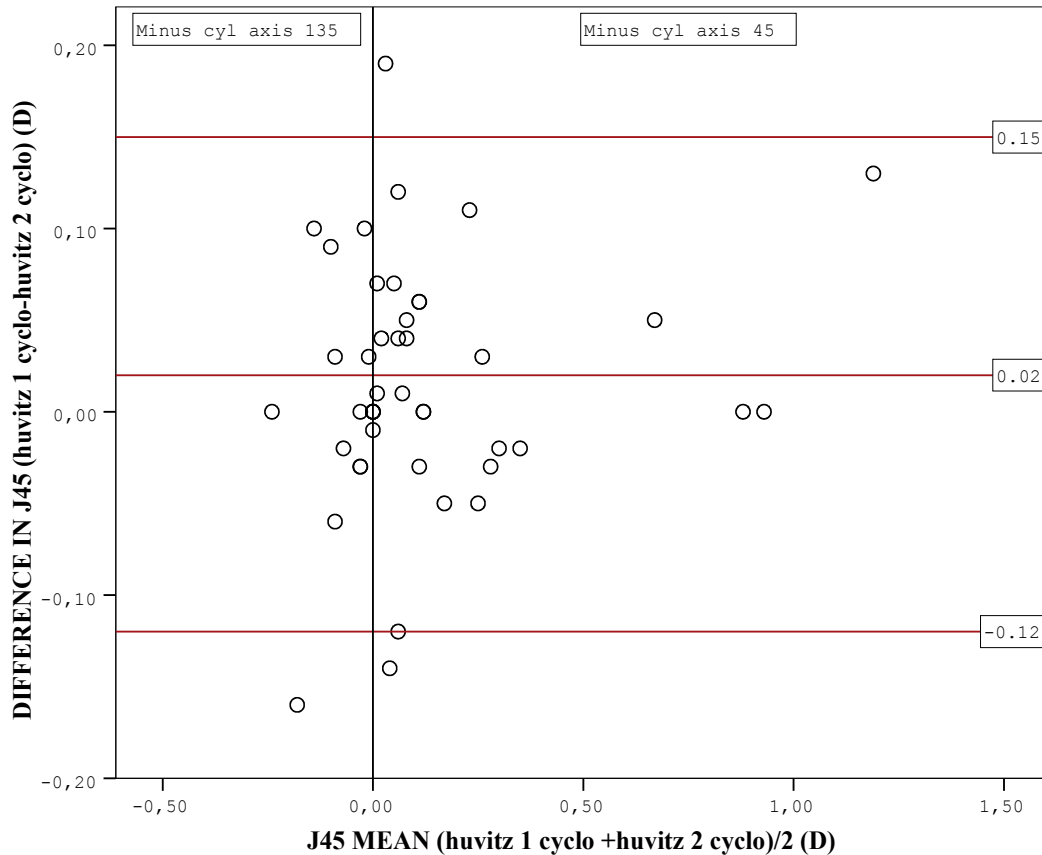
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,969$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-1,714, p=0,087$ (δίπλευρη),.

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι $0,02 \pm 0,07$ D και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων είναι από 0,15 έως -0,12D. Αυτό σημαίνει ότι το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει στον υπολογισμό του J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων στο 95% των περιπτώσεων είναι να υπερεκτιμήσει η 1^η μέτρηση το J45 κατά 0,12D ή να το υποεκτιμήσει κατά 0,15D.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές

$\alpha=0,014$ και $B=0,009$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J45 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 39: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

VDD=0,16±0,10

5.1.3) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 με κυκλοπληγία και χωρίς κυκλοπληγία.

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΩΜΑ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦ.ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ
-0,33±0,29 D	0,01±0,20 D	-0,33 ±0,31 D

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό χωρίς κυκλοπληγία είναι $-5,08 \pm 2,13$ και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία $-4,75 \pm 2,02$.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία :

Shapiro-wilk:0,137
Στρεβλότητα:-0,298
Κυρτότητα:0,805

Για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία:

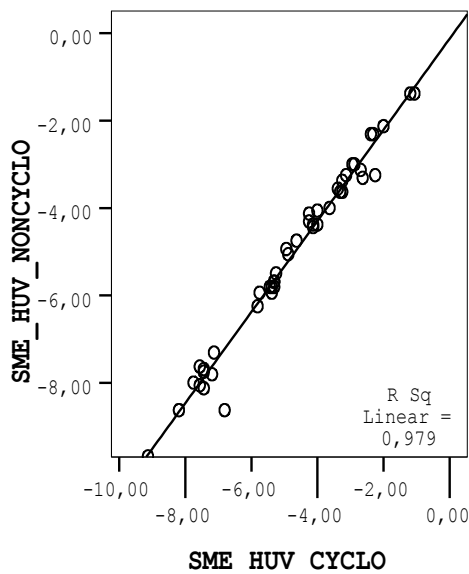
Shapiro-wilk:0,217
Στρεβλότητα:-0,234
Κυρτότητα:-0,794.

Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι **-0,33 ±0,31 D** με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,42 έως -0,23 D .

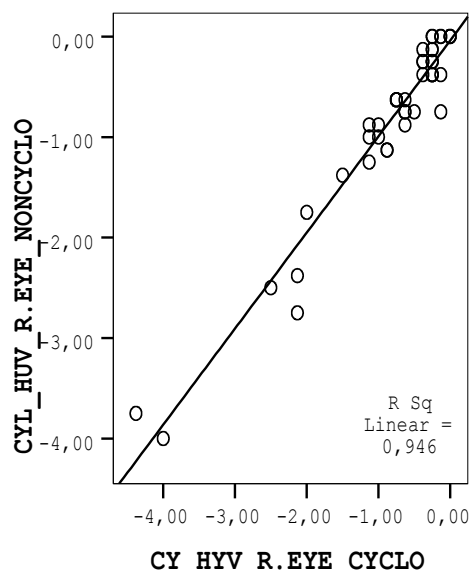
Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-6,945$, $p=0,001$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $\text{pearson} = 0,990$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά -0,33D δείχνει ότι το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία κατά μέσο όρο υπερεκτιμά το σφαιρικό ισοδύναμο κατά -0,33D και δίνει μωπικότερη διάθλαση. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι κλινικά σημαντική αφού το βήμα διάθλασης στην οπτομετρία θεωρείται 0,25D και είναι και στατιστικά σημαντική δείχνοντας ότι οι μηχανισμοί θόλωσης του μηχανήματος δεν επαρκούν απόλυτα για την παράλυση της προσαρμογής.



Εικόνα 40: συσχέτιση σφ.ισοδύναμου (huvitz non cyclo vs huvitz cyclo)



Εικόνα 41: συσχέτιση κυλίνδρου (huvitz non cyclo vs huvitz cyclo)

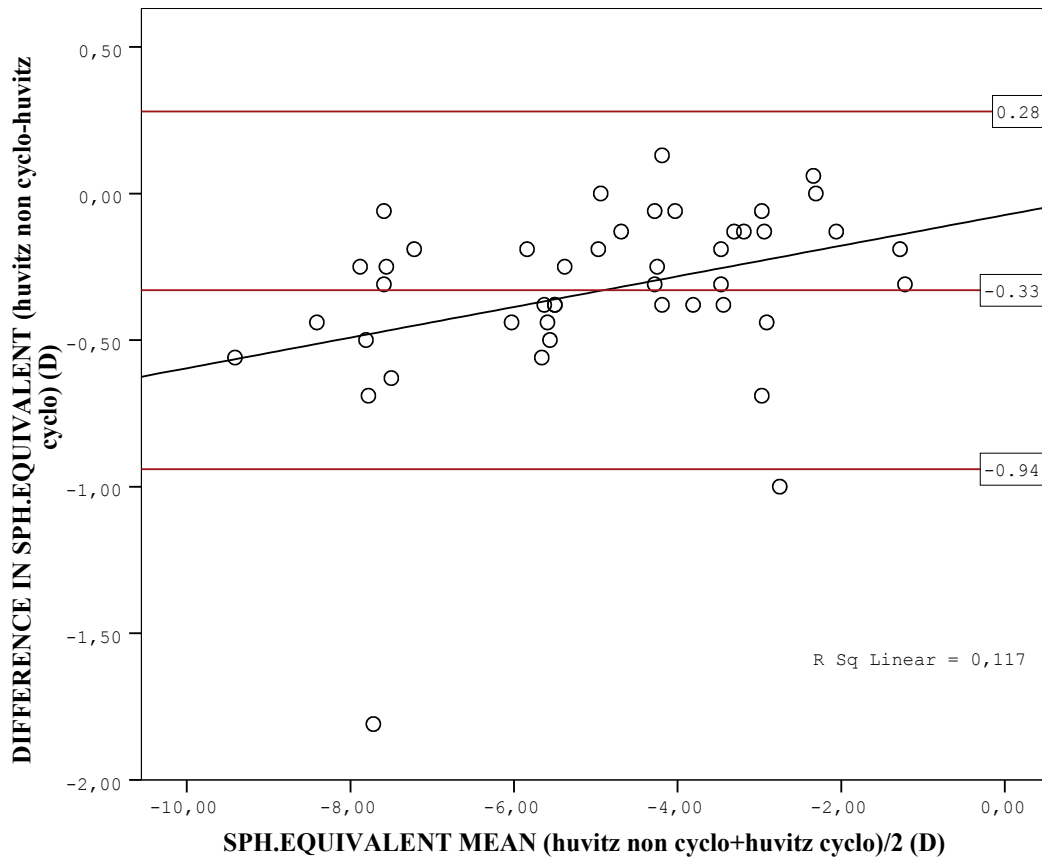
Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα Bland-altman για την εκτίμηση του βαθμού συμφωνίας των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία.

Η μέση διαφορά των 2 μετρήσεων είναι -0,33D και τα 95% όρια συμφωνίας είναι από 0,28D έως -0,94D.

Αυτό σημαίνει ότι το HRK -7000 χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το σφαιρικό ισοδύναμο το μέγιστο κατά 0,98D και το ελάχιστο κατά 0,28 D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία .

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές

$\alpha=-0,073$ και $B=0,052$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να αυξάνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση ($t=2,533$, $p=0,015$).



Εικόνα 42: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο σφ.ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz non cyclo vs huvitz cyclo)

Η μέση τιμή για το J0 είναι $0,20 \pm 0,48$ για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία και $0,22 \pm 0,49$ σε D για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $-0,02 \pm 0,12$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,05 έως 0,02 D..

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

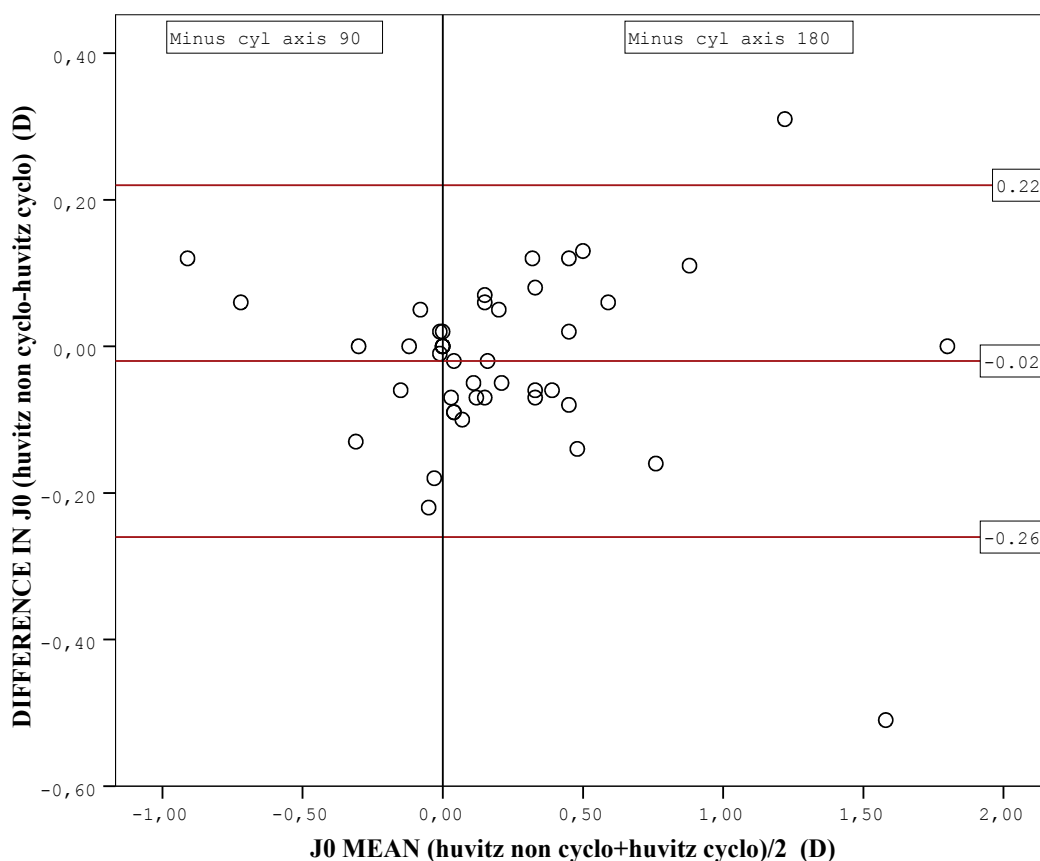
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,970$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-1,060, p=0,289$ (δίπλευρη).

Η διαφορά $-0,02$ D δείχνει ότι το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία μπορεί να υπερεκτιμήσει το J0 κατά $0,02$ D. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι πολύ μικρή και δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική .

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς στο J0 μεταξύ των μετρήσεων χωρίς κυκλοπληγία και με κυκλοπληγία. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα 95% όρια συμφωνίας στα οποία οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμούν ή υποεκτιμούν το J0 σε σύγκριση με τις

μετρήσεις με κυκλοπληγία. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι από 0,22D έως -0,26D. Αυτό σημαίνει ότι το HRK-7000 στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά -0,26D το J0 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,22D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία στο 95% των περιπτώσεων . Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha = -0,014$ και $B = -0,031$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J0 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται . Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 43: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz non cyclo vs huvitz cyclo)

Η μέση τιμή για το J45 για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία είναι $0,13 \pm 0,31$ D και $0,12 \pm 0,28$ D για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία..

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,01 \pm 0,05$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,01 έως 0,02 D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

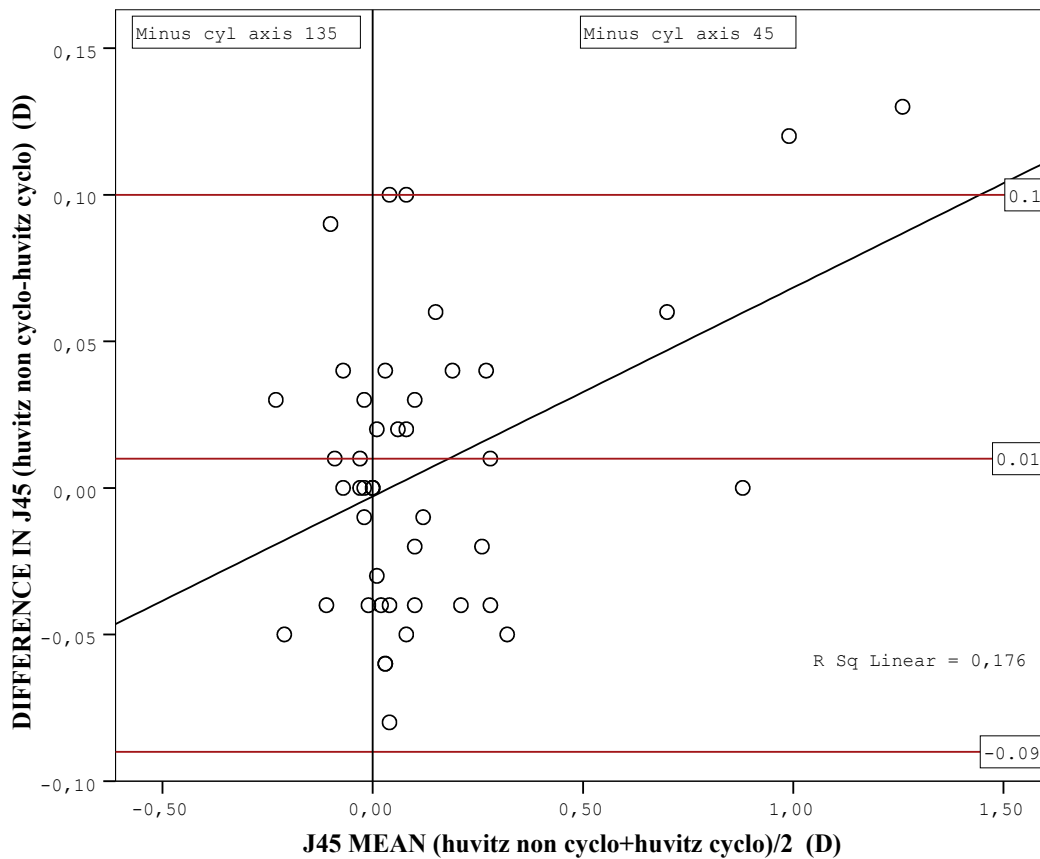
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson} = 0,989$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z = -0,443, p = 0,657$ (δίπλευρη).

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι 0,01D και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων είναι από 0,1 έως -0,09D . Αυτό σημαίνει ότι

το HRK-7000 στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά 0,09D το J45 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,1D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία στο 95% των περιπτώσεων .

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,003$ και $B=0,0871$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J45 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να αυξάνεται .Ο έλεγχος σημαντικότητας επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση ($t=3,036$, $p=0,004$).



Εικόνα 44: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz non cyclo vs huvitz cyclo)

VDD=0,36±0,31

5.1.4) Σύγκριση των μετρήσεων της υποκειμενικής διάθλασης με και χωρίς κυκλοπληγία.

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΩΜΑ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦ.ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ
-0,22±0,25 D	0,06±0,15 D	-0,19 ±0,23 D

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό χωρίς κυκλοπληγία είναι $-5,20 \pm 2,10$ και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία $-5,01 \pm 2,06$.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία :

Shapiro-wilk:0,069

Στρεβλότητα:-0,290

Κυρτότητα:-0,895

Για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία:

Shapiro-wilk:0,135

Στρεβλότητα:-0,184

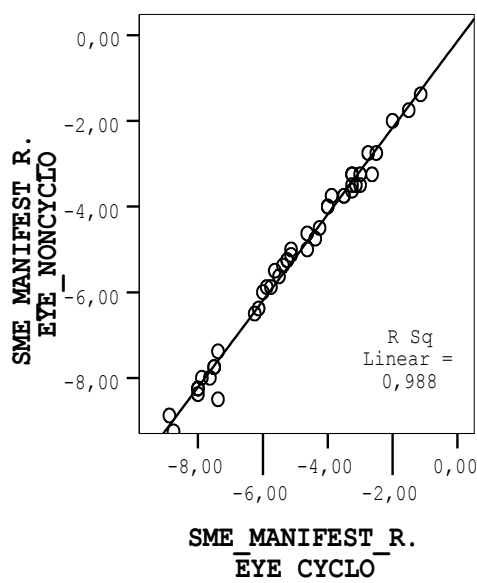
Κυρτότητα:-0,946

Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι $-0,19 \pm 0,23$ D με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από $-0,26$ έως $-0,12$ D .

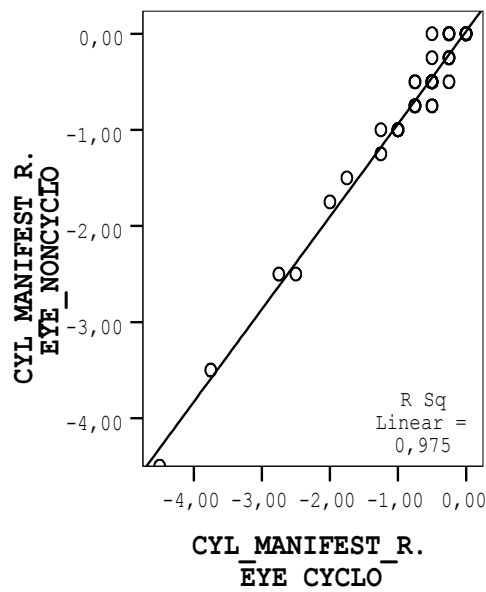
Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-5,458$, $p=0,001$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,994 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά $-0,19$ D δείχνει ότι η υποκειμενική διάθλαση χωρίς κυκλοπληγία κατά μέσο όρο υπερεκτιμά το σφαιρικό ισοδύναμο κατά $0,19$ D και δίνει μυωπικότερη διάθλαση.



Εικόνα 45:συσχέτιση σφ.ισοδύναμου
(manifest noncyclo vs manifest cyclo)



Εικόνα 46:συσχέτιση κυλίνδρου
(manifest noncyclo vs manifest cyclo)

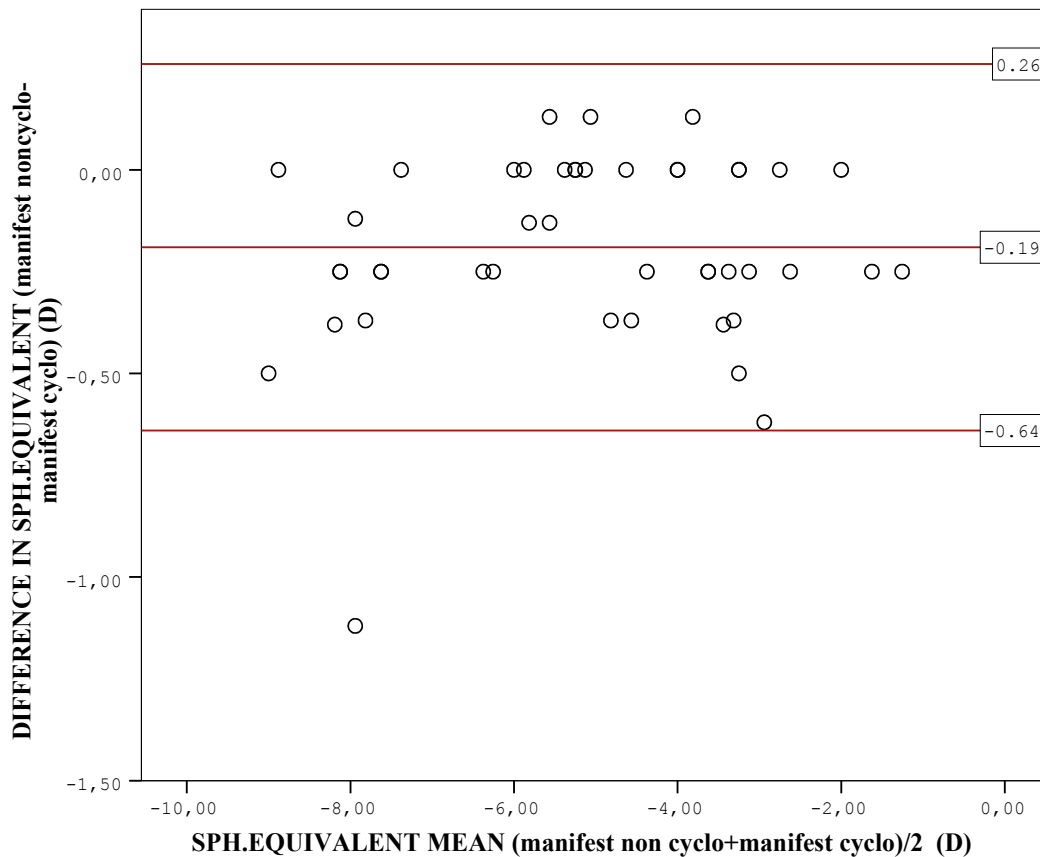
Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα Bland-altman για την εκτίμηση του βαθμού συμφωνίας των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία.

Η μέση διαφορά των 2 μετρήσεων είναι $-0,19$ D και τα 95% όρια συμφωνίας είναι από $0,26$ D έως $-0,64$ D.

Αυτό σημαίνει ότι η υποκειμενική διάθλαση χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το σφαιρικό ισοδύναμο το μέγιστο κατά $0,64$ D σε σχέση με τις

μετρήσεις με κυκλοπληγία ή θα υποεκτιμήσει το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,26D.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,105$ και $B=0,016$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να αυξάνεται. Ο έλεγχος δεν σημαντικότητας επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση .



Εικόνα 47: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο σφ.ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων (manifest non cyclo vs manifest cyclo)

Η μέση τιμή για το J0 είναι $0,23 \pm 0,48$ για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία και $0,24 \pm 0,50$ σε D για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $-0,01 \pm 0,09$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,04 έως 0,02 D..

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $pearson=0,983$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

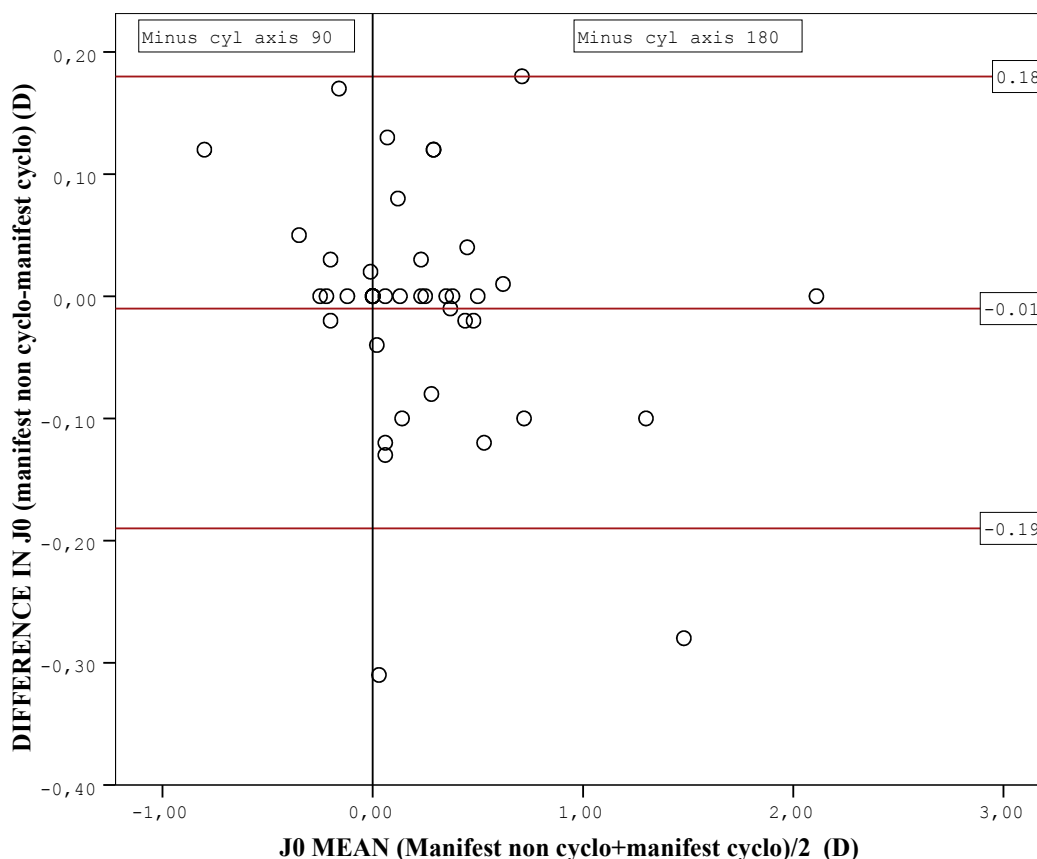
Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-0,204, p=0,838$ (δίπλευρη),.

Η διαφορά $-0,01$ D δείχνει ότι η υποκειμενική διάθλαση χωρίς κυκλοπληγία μπορεί να υπερεκτιμήσει το J0 κατά 0,01D. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι πολύ μικρή και δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική .

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς στο J0 μεταξύ των μετρήσεων χωρίς κυκλοπληγία και με κυκλοπληγία. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα 95% όρια συμφωνίας στα οποία οι μετρήσεις

χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμούν ή υποεκτιμούν το J0 σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι από 0,18D έως -0,19D. Αυτό σημαίνει ότι η υποκειμενική διάθλαση στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά 0,19D το J0 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,18D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία στο 95% των περιπτώσεων .

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha=0,005$ και $B=-0,056$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J0 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται . Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 48: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων (manifest non cyclo vs manifest cyclo)

Η μέση τιμή για το J45 για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία είναι $0,08 \pm 0,28$ D και $0,08 \pm 0,29$ D για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία..

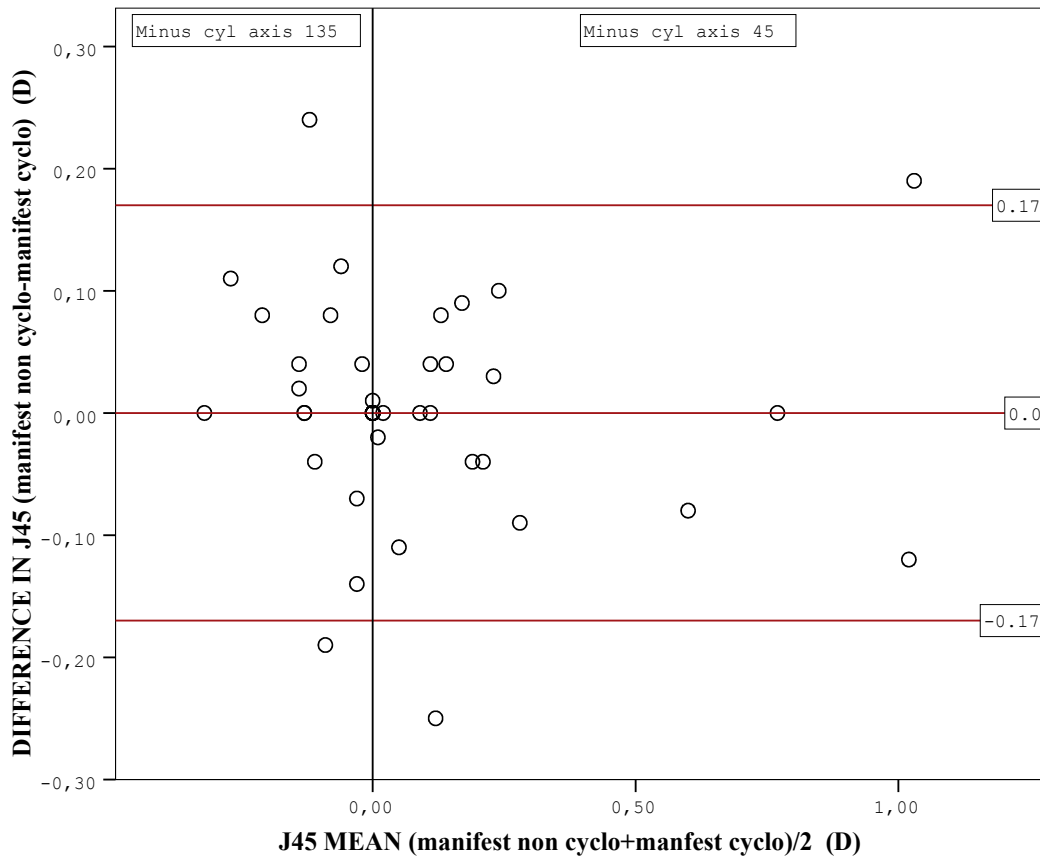
Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,00 \pm 0,09$ D με διάστημα εμπιστοσύνης 95% από -0,02 έως 0,03 D. Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,954$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-0,182, p=0,855$ (δίπλευρη).. Η μέση διαφορά είναι 0,00D και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από -0,02 έως 0,03D ..

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι 0,00D και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων είναι από 0,17 έως -0,17D . Αυτό σημαίνει

ότι η υποκειμενική διάθλαση στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά 0,17D το J45 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,17D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία στο 95% των περιπτώσεων . Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha=0,004$ και $B=-0,019$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J45 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται .Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 49: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων (manifest non cyclo vs manifest cyclo)

VDD=0,26±0,23

5.1.5) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 και της υποκειμενικής διάθλασης χωρίς κυκλοπληγία.

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΩΜΑ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦ.ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ
0,13±0,27 D	-0,04±0,25 D	0,13 ±0,33 D

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $-5,08 \pm 2,13$ D και για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση

-5,22±2,09 D.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,137

Στρεβλότητα:-0,298

Κυρτότητα:-0,805

Για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση:

Shapiro-wilk: 0,092

Στρεβλότητα:-0,279

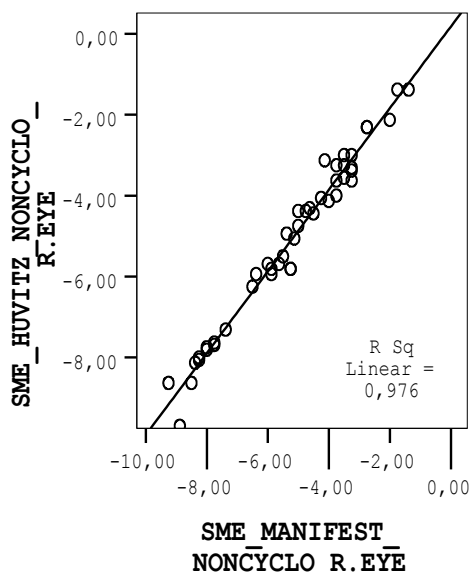
Κυρτότητα:-0,868

Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι **0,13 ±0,33 D** με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,03 έως 0,23 D .

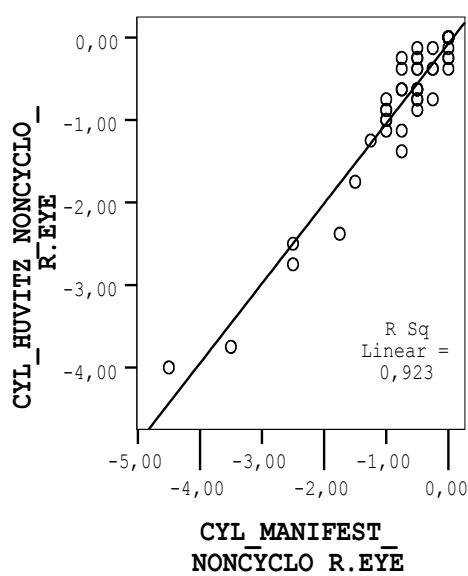
Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-2,653$, $p=0,011$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,988 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά 0,13D δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία κατά μέσο όρο υποεκτιμούν το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,13D και δίνουν λιγότερο μυωπική διάθλαση σε σχέση με την υποκειμενική διάθλαση.



Εικόνα 50:συσχέτιση σφ.ισοδύναμου
(huvitz vs manifest)



Εικόνα 51:συσχέτιση κυλίνδρου
(huvitz vs manifest)

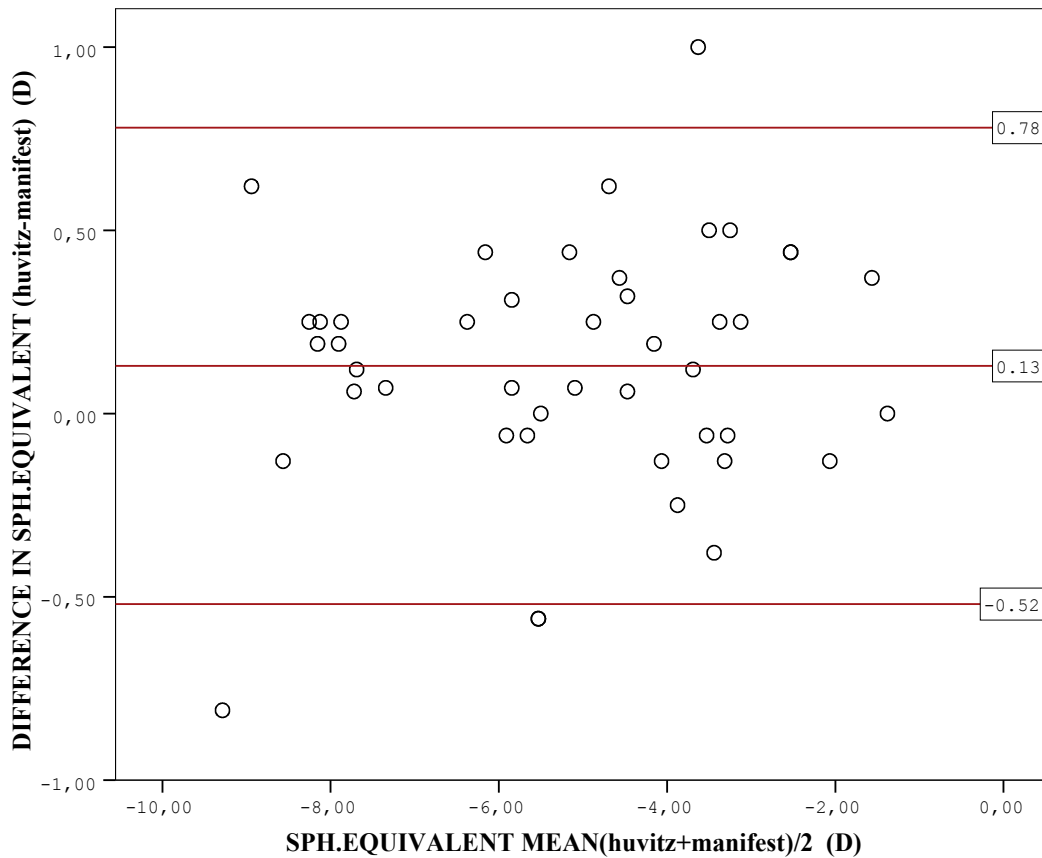
Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα Bland-altman για την εκτίμηση του βαθμού συμφωνίας των μετρήσεων με το HRK-7000 σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση.

Η μέση διαφορά των 2 μετρήσεων είναι 0,13D και τα 95% όρια συμφωνίας είναι από 0,78D έως -0,52D.

Αυτό σημαίνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 θα υπερεκτιμήσουν το μέγιστο το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,52 D ή θα το υποεκτιμήσουν κατά 0,78D σε σχέση με την υποκειμενική διάθλαση.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές

$\alpha=0,242$ και $B=0,021$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου να αυξάνεται η διαφορά μεταξύ του huvitz και της υποκειμενικής δάθλασης. Η συγκεκριμένη τάση δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική.



Εικόνα 52: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο σφ.ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs manifest)

Η μέση τιμή για το J0 με τις μετρήσεις με το HRK-7000 είναι $0,20 \pm 0,48$ D και $0,23 \pm 0,48$ σε D για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση.

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $-0,02 \pm 0,12$ D και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά είναι από $-0,06$ έως $0,02$ σε D.

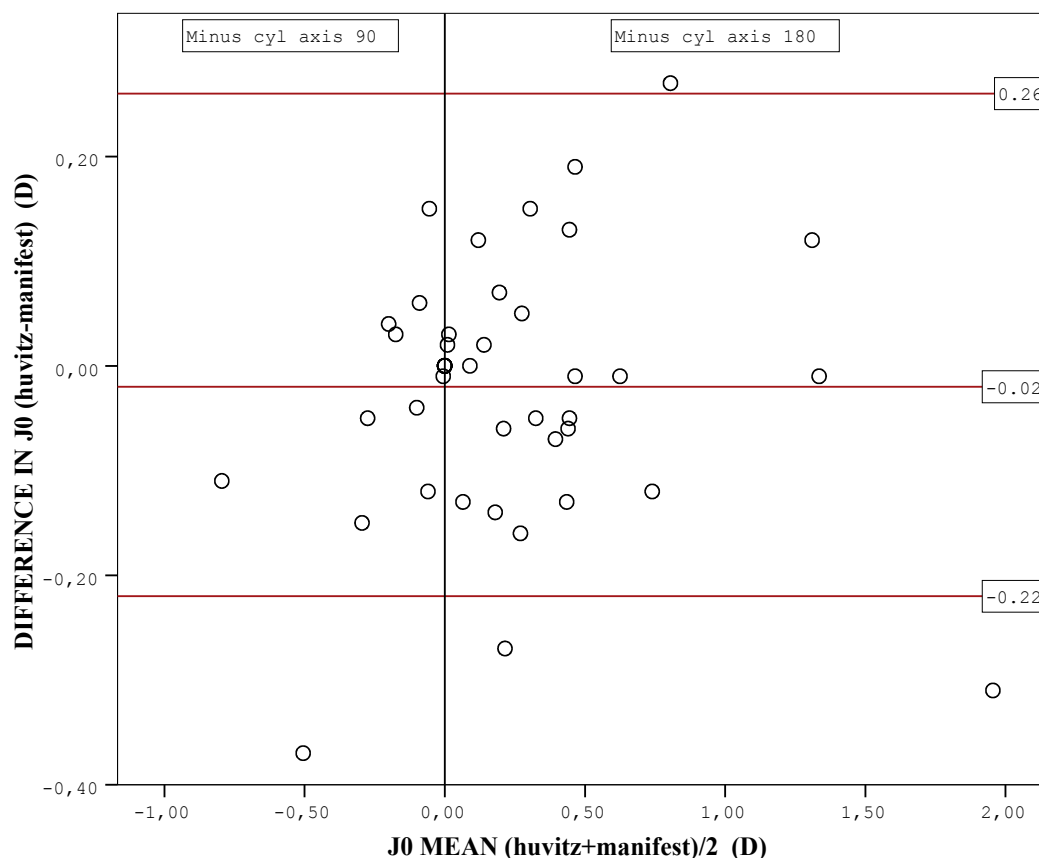
Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,967$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$. Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-1,064, p=0,287$ (δίπλευρη). Η διαφορά $-0,02$ D δείχνει ότι το HRK-7000 μπορεί να υπερεκτιμήσει το J0 κατά $0,02$ D. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι πολύ μικρή και δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική.

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς στο J0 μεταξύ των μετρήσεων χωρίς κυκλοπληγία και με κυκλοπληγία. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα 95% όρια συμφωνίας στα οποία οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμούν ή υποεκτιμούν το J0 σε σύγκριση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι από $0,26$ D έως $-0,22$ D. Αυτό σημαίνει ότι το HRK-7000 στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα

υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά 0,22D το J0 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,26D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση στο 95% των περιπτώσεων

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,24$ και $B=0,013$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση όσο αυξάνεται το J0 να αυξάνεται η διαφορά μεταξύ του huvitz και της υποκειμενικής διάθλασης.



Εικόνα 53: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs manifest)

Η μέση τιμή για το J45 για τις μετρήσεις με το HRK-7000 είναι $0,13 \pm 0,31$ D και $0,08 \pm 0,28$ D για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση..

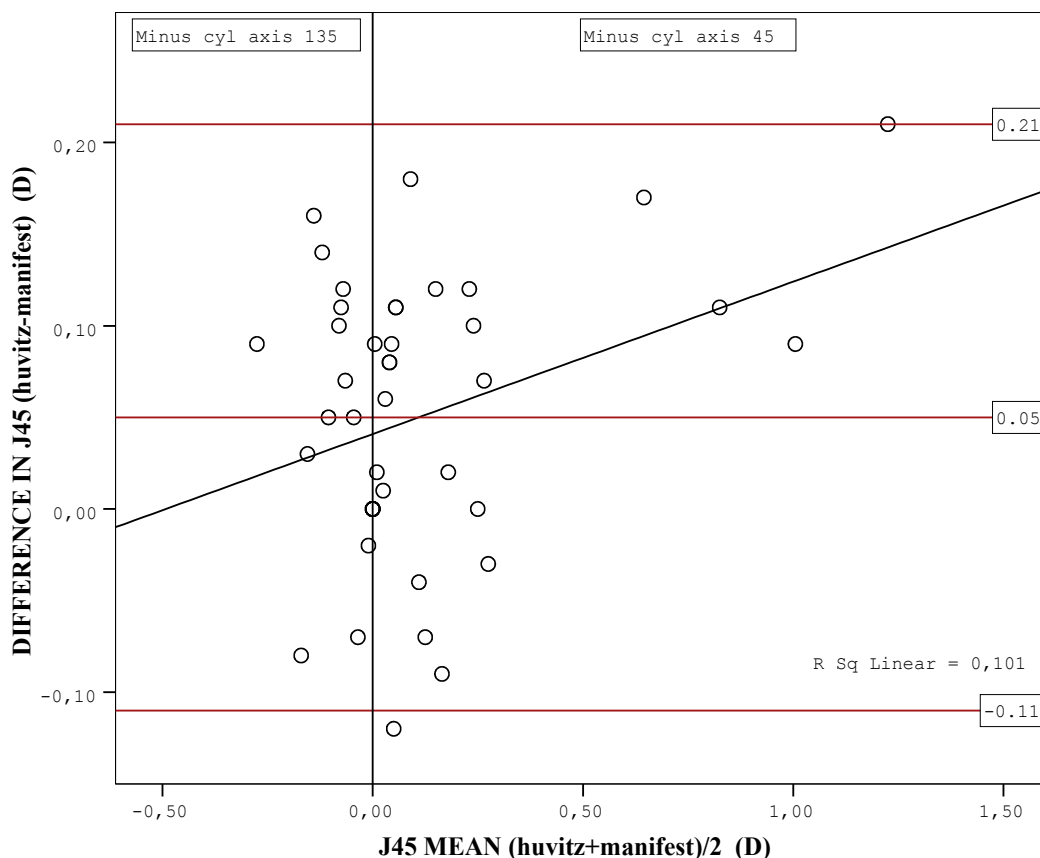
Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,05 \pm 0,08$ D και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από 0,03 έως 0,07 σε D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,969$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $Z=-3,692, p=0,001$ (δίπλευρη), .

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μεθόδων των μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι 0,05D και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μεθόδων είναι από 0,21 έως -0,11D . Αυτό σημαίνει ότι το HRK-7000 στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά 0,11D το J45 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,21D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση στο 95% των περιπτώσεων .

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha=0,041$ και $B=0,083$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J45 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να αυξάνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση ($t=2,192$, $p=0,034$).



Εικόνα 54: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs manifest)

VDD=0,353±0,22

5.1.6) Σύγκριση των μετρήσεων με το HRK-7000 και της υποκειμενικής διάθλασης με κυκλοπληγία.

ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦΑΙΡΩΜΑ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΣΦ.ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ
0,25±0,21 D	0,01±0,26 D	0,26 ±0,25 D

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $-4,76 \pm 2,02$ D και για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση $-5,01 \pm 2,06$ D.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,217
Στρεβλότητα:-0,234
Κυρτότητα:-0,794

Για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση:

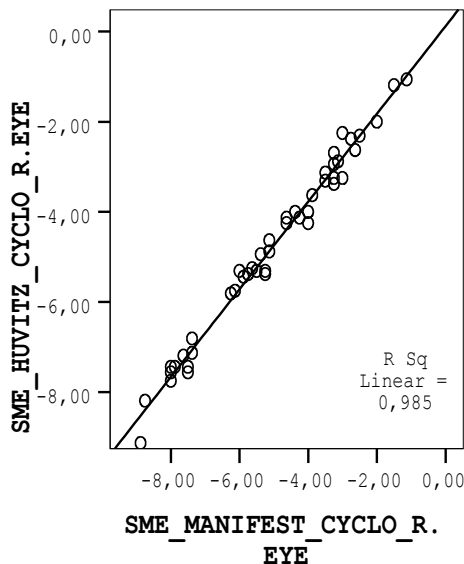
Shapiro-wilk:0,135
Στρεβλότητα:-0,184
Κυρτότητα:-0,946

Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι **0,26 ±0,25 D** με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,18 έως 0,33 D .

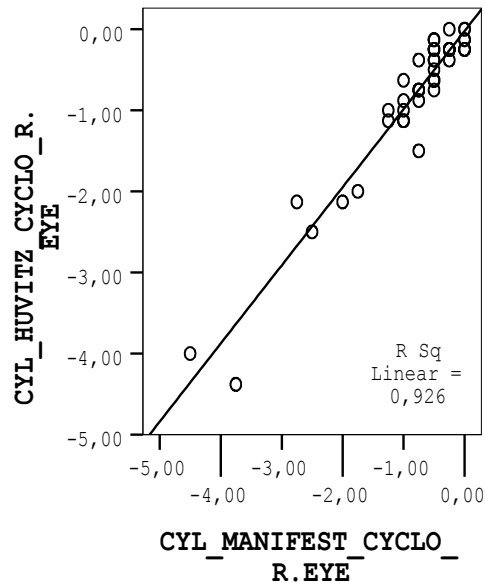
Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική t=6,725, p=0,001(δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,992 η οποία είναι στατιστικά σημαντική p=0,001.

Η μέση διαφορά 0,26D δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 με κυκλοπληγία κατά μέσο όρο υποεκτιμούν το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,26D και δίνουν λιγότερο μυωπική διάθλαση σε σχέση με την υποκειμενική διάθλαση.



Εικόνα 55:συσχέτιση σφ.ισοδύναμου
(huvitz cyclo vs maniest cyclo)



Εικόνα 56:συσχέτιση κυλίνδρου
(huvitz cyclo vs manifest cyclo)

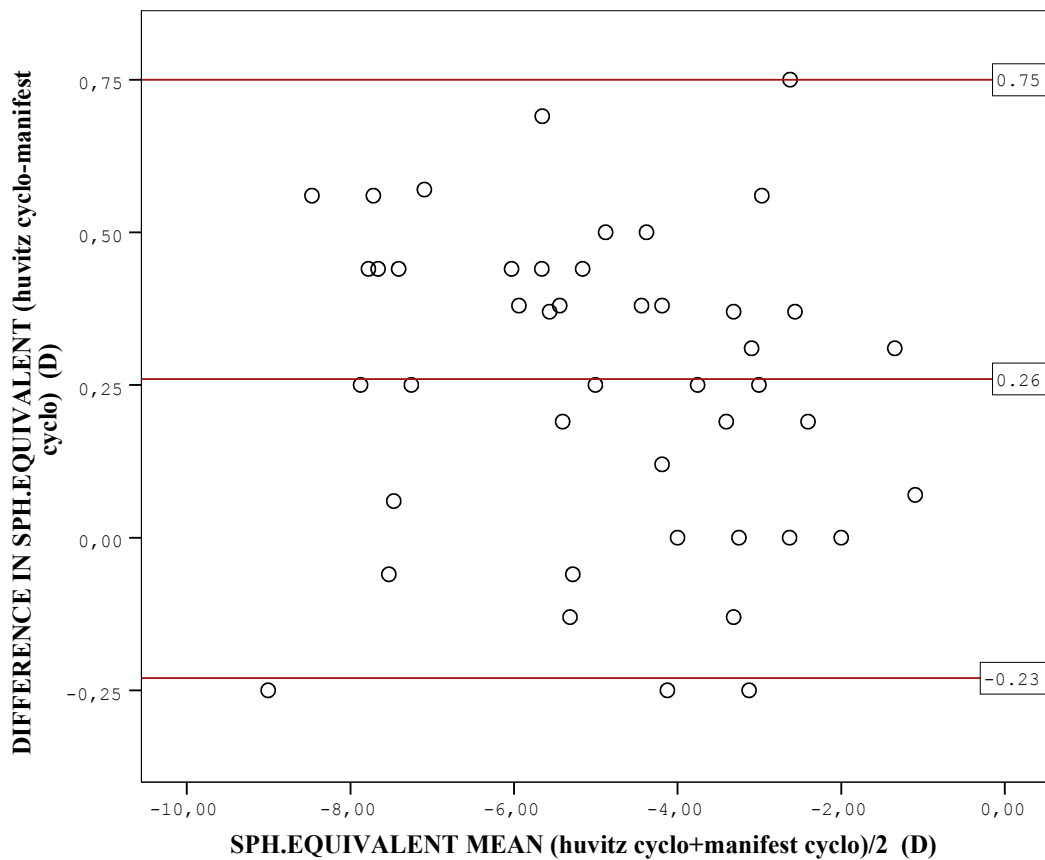
Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα Bland-altman για την εκτίμηση του βαθμού συμφωνίας των μετρήσεων με το HRK-7000 σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση.

Η μέση διαφορά των 2 μετρήσεων είναι 0,26D και τα 95% όρια συμφωνίας είναι από 0,75D έως -0,23D.

Αυτό σημαίνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 θα υπερεκτιμήσουν το μέγιστο το σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,23 D ή θα το υποεκτιμήσουν κατά 0,75D σε σχέση με την υποκειμενική διάθλαση.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές

$\alpha=0,16$ και $B=-0,02$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση .



Εικόνα 57: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο σφ.ισοδύναμο μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz cyclo vs manifest cyclo)

Η μέση τιμή για το J0 με τις μετρήσεις με το HRK-7000 είναι $0,22 \pm 0,49$ D και $0,24 \pm 0,50$ σε D για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση.

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $-0,01 \pm 0,13$ D και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά είναι από $-0,05$ έως $0,03$ σε D.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

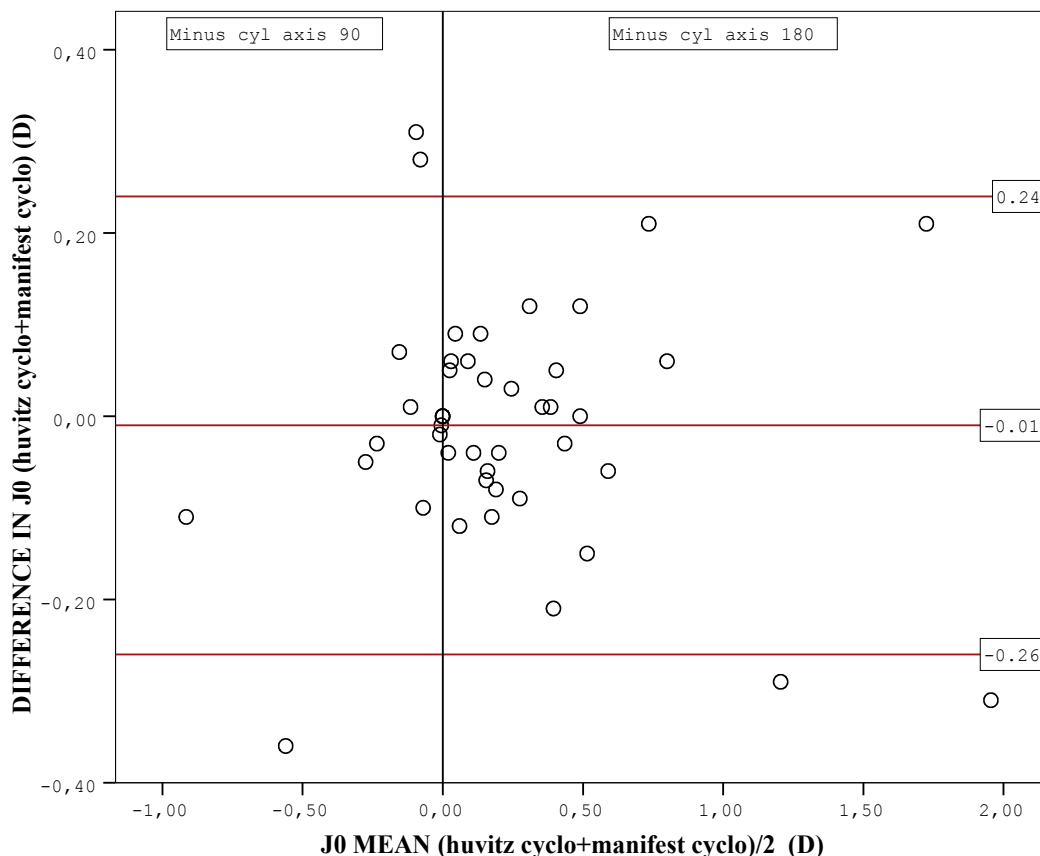
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,964$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $Z=-0,584, p=0,573$ (δίπλευρη).

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς στο J0 μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με τη υποκειμενική διάθλαση. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τα 95% όρια συμφωνίας στα οποία οι μετρήσεις με το HRK-7000 υπερεκτιμούν ή υποεκτιμούν το J0 σε σύγκριση με τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση. Τα 95% όρια συμφωνίας είναι από $0,24D$ έως $-0,26D$. Αυτό σημαίνει ότι το HRK-7000 στις μετρήσεις με κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά $0,26D$ το J0 ή θα

το υποεκτιμήσει κατά 0,24D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση στο 95% των περιπτώσεων.

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $a=-0,008$ και $B=-0,015$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J0 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση .



Εικόνα 58: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J0 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz cyclo vs manifest cyclo)

Η μέση τιμή για το J45 για τις μετρήσεις με το HRK-7000 είναι $0,12 \pm 0,28$ D και $0,08 \pm 0,29$ D για τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση..

Η μέση διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων είναι $0,04 \pm 0,1$ D και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης της διαφοράς είναι από 0,02 έως 0,07 σε D.

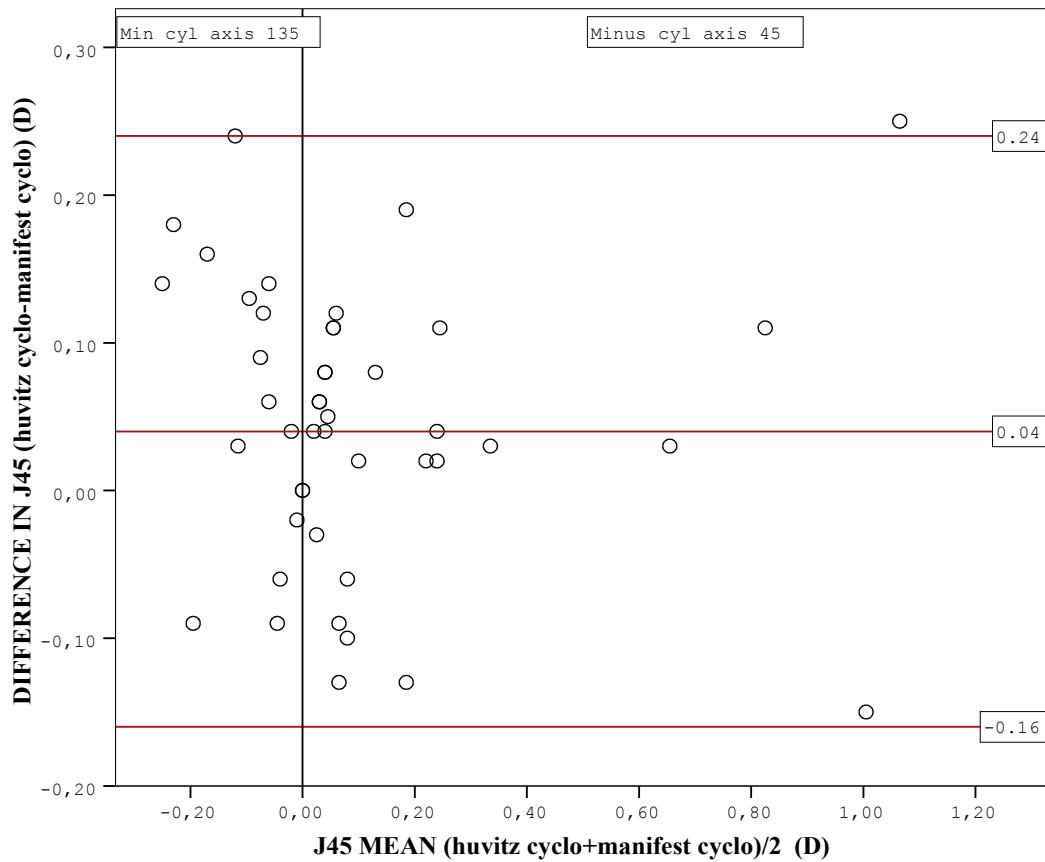
Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση $\text{pearson}=0,944$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $Z=-2,773, p=0,06$ (δίπλευρη), .

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η γραφική αναπαράσταση της διαφοράς μεταξύ των 2 μεθόδων των μετρήσεων. Η μέση διαφορά είναι 0,04D και τα 95% όρια συμφωνίας μεταξύ των μεθόδων είναι από 0,24 έως -0,16D . Αυτό σημαίνει ότι το HRK-7000 στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το μέγιστο κατά 0,16D το J45 ή θα το υποεκτιμήσει κατά 0,24D σε σύγκριση με τις μετρήσεις με την υποκειμενική διάθλαση στο 95% των περιπτώσεων .

Η εξίσωση της παλινδρόμησης για το συγκεκριμένο διάγραμμα έχει συντελεστές $\alpha=0,047$ και $B=-0,014$. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια τάση όσο αυξάνεται η τιμή του J45 η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων να μειώνεται. Ο έλεγχος σημαντικότητας δεν επιβεβαίωσε ότι υπάρχει η συγκεκριμένη σχέση.



Εικόνα 59: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο J45 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz cyclo vs manifest cyclo)

$VDD=0,37\pm 0,27$.

5.2)ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ.

5.2.1)Επαναληψιμότητα HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία για τα κύρια κερατομετρικά και τα περιφερικά στοιχεία του οφθαλμού.

	n	Minimum	maximum	MEAN	st.deviation
Difference k mean	45	-0,09	0,05	0,00	0,02
Difference k nasal	44	-0,61	0,77	0,02	0,36
Difference k	45	-0,66	0,42	-0,06	0,22

temporal					
Difference k superior	45	-0,72	0,55	0,04	0,24
Difference k inferior	45	-0,54	1,13	0,11	0,30
Difference Horizontal Eccentricity	44	-0,45	0,67	0,04	0,27
Difference Vertical Eccentricity	45	-0,38	0,36	0,01	0,16
Difference Total Eccentricity	45	-0,28	0,52	0,03	0,15
Valid N	43				

Η μέση τιμή για το k mean για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,68 \pm 0,232$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,68 \pm 0,231$. Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,552

Στρεβλότητα:0,397

Κυρτότητα:0,008

Για τη 2^η μέτρηση με το HRK-7000:

Shapiro-wilk:0,495

Στρεβλότητα:0,386

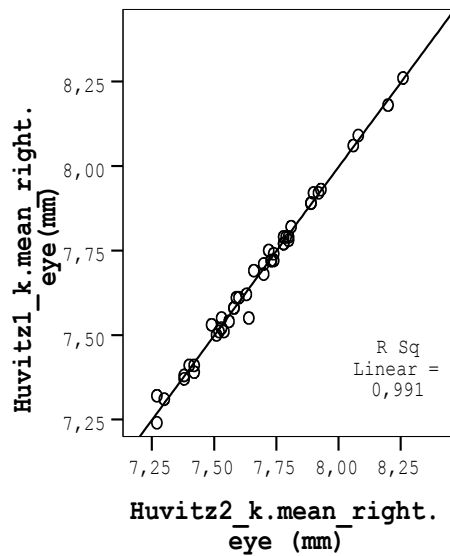
Κυρτότητα:0,843

Η μέση διαφορά στο k mean είναι **$0,00 \pm 0,02$ mm** με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,00 έως 0,02mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=-0,743$, $p=0,461$ (δίπλευρη).

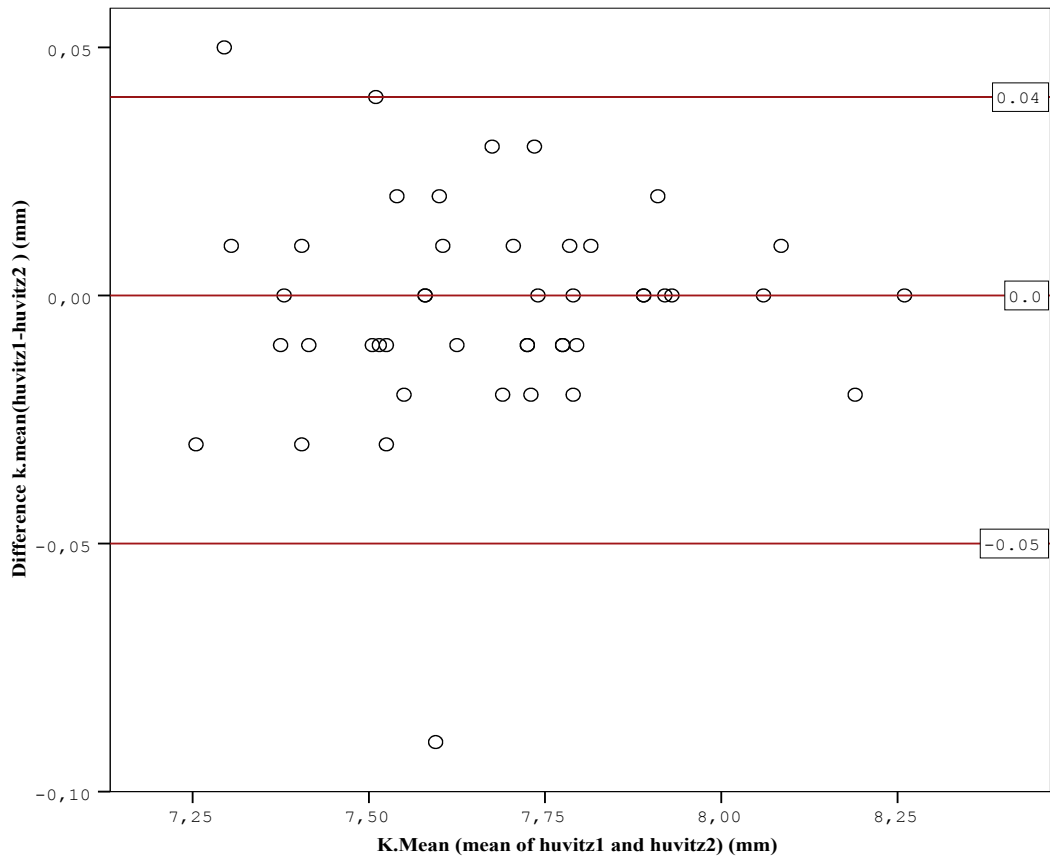
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $\text{pearson} = 0,995$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά 0,00mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση για τον υπολογισμό του k mean με το HRK-7000 δεν διαφέρει σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.



Εικόνα 60:συσχέτιση k mean (huvitz 1vs huvitz 2)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k mean μεταξύ των 2 μετρήσεων Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά.Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων(από 0,04mm έως -0,05mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k mean κατά 0,05mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,4 mm.



Εικόνα 61: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k mean μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2)

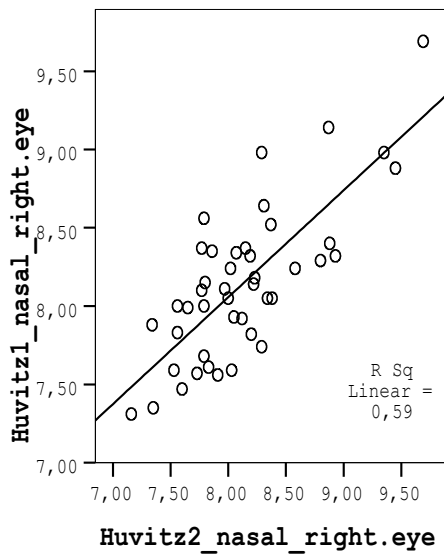
Η μέση τιμή για το k nasal για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $8,14 \pm 0,49$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $8,11 \pm 0,56$.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k nasal είναι **$0,02 \pm 0,36$ mm** με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,09 έως 0,12mm.

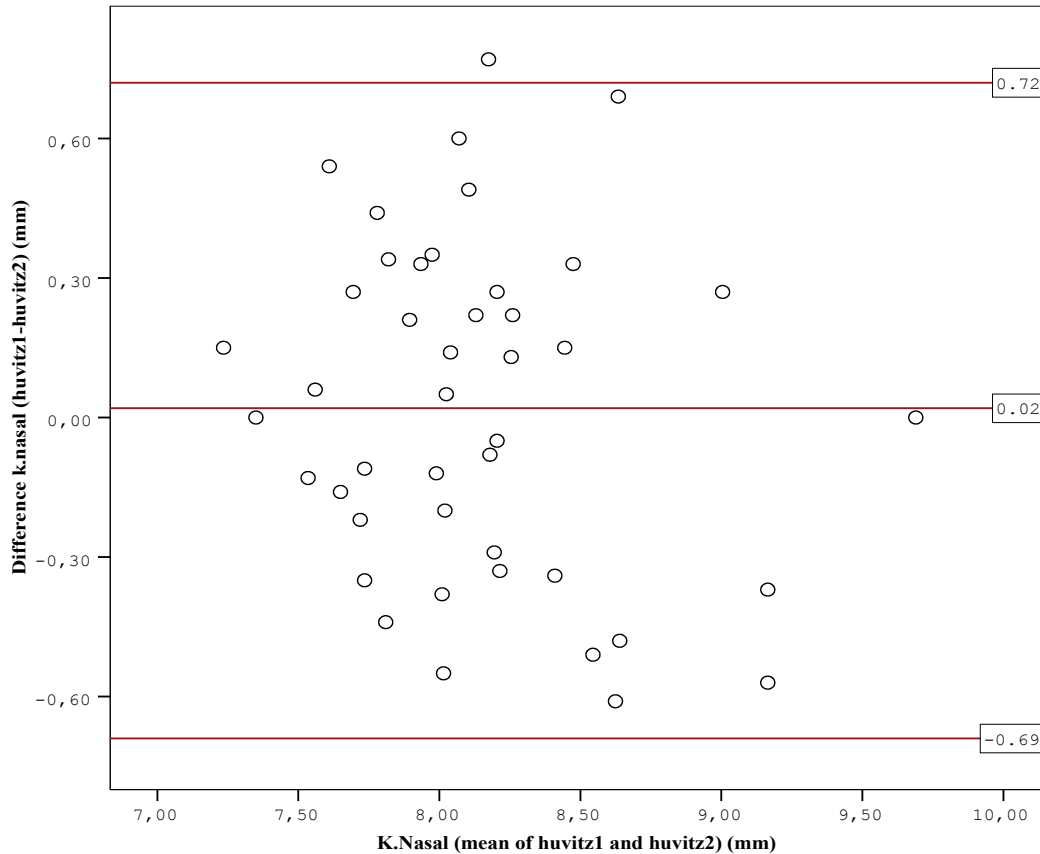
Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($z=-0,2$, $p=0,841$ (δίπλευρη)).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $\text{pearson} = 0,768$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.



Εικόνα 62: συσχέτιση k nasal (huvitz 1 vs huvitz 2)

Η μέση διαφορά 0,02mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 μπορεί να υποεκτιμησει το k nasal κατά 0,02mm σε σχέση με τη 2^η μέτρηση. Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k nasal μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,72mm έως -0,69mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπεκτιμηθεί το k nasal κατά 0,69mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,72 mm.



Εικόνα 63: : Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k nasal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2)

Η μέση τιμή για το k temporal για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,81 \pm 0,31$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,87 \pm 0,33$.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,534

Στρεβλότητα:0,056

Κυρτότητα:0,651

Για τη 2^η μέτρηση με το HRK-7000:

Shapiro-wilk:0,071

Στρεβλότητα:-0,601

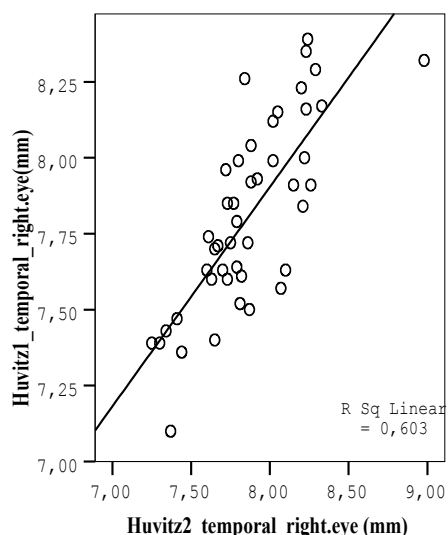
Κυρτότητα:1,480

Η μέση διαφορά στο k temporal είναι $-0,06 \pm 0,22$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,12 έως 0,01mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired t-test) έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z=-1,864$, $p=0,069$ (δίπλευρη).

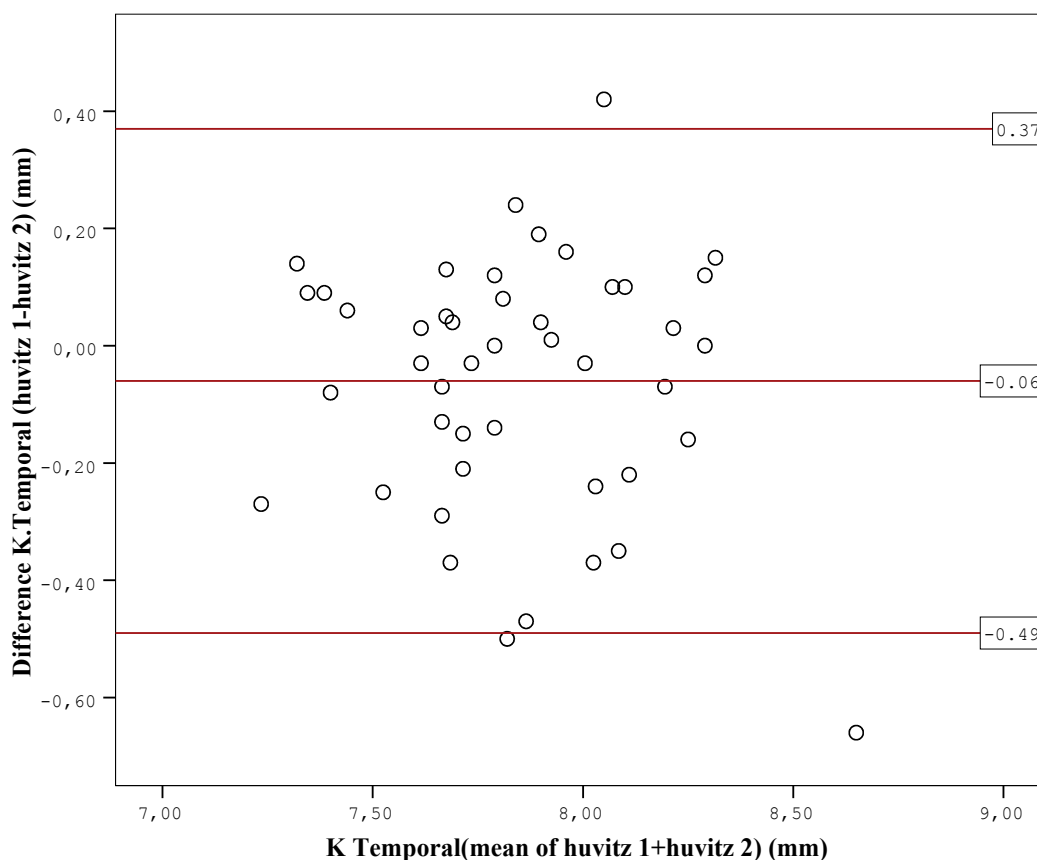
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,776 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά -0,06mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 μπορεί να υπερεκτιμήσει το k temporal κατά 0,06mm σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.



Εικόνα 64:συσχέτιση k temporal (huvitz 1 vs huvitz 2)

Το διάγραμμα 1 δείχνει την διαφορά στο k temporal μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,37mm έως -0,49mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k temporal κατά 0,49mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,37 mm.



Εικόνα 65: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k temporal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2)

Η μέση τιμή για το k superior για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,88 \pm 0,32$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,84 \pm 0,32$ mm. Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,167

Στρεβλότητα:0,652

Κυρτότητα:1,087

Για τη 2^η μέτρηση με το HRK7000:

Shapiro-wilk:0,204

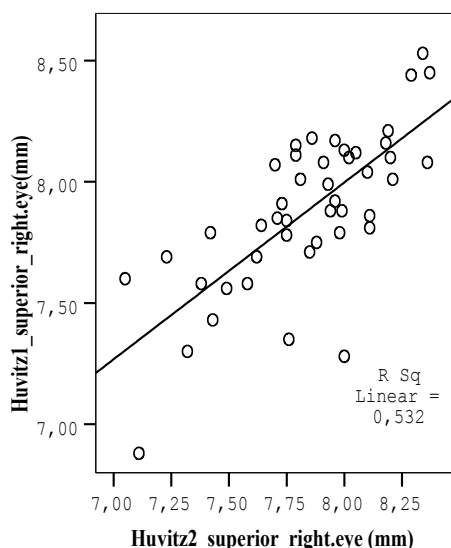
Στρεβλότητα:-0,564

Κυρτότητα:0,058

Η μέση διαφορά στο k superior είναι $0,04 \pm 0,24$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,32 έως 0,11mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired t-test) έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=-1,128$, $p=0,265$ (δίπλευρη).

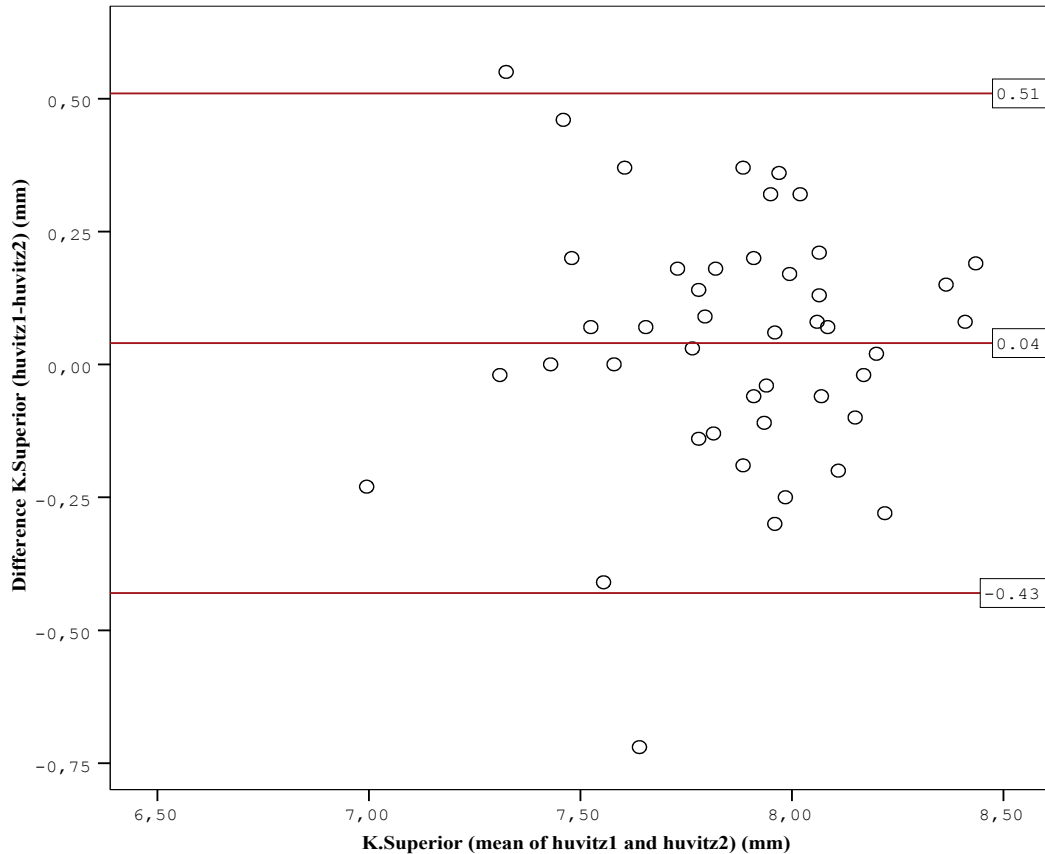
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,730 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.



Εικόνα 66: συσχέτιση k superior (huvitz 1 vs huvitz 2)

Η μέση διαφορά 0,04mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 μπορεί να υποεκτιμήσει το k superior κατά 0,04 mm σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k superior μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,51mm έως -0,43mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k superior κατά 0,43mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,51 mm.



Εικόνα 67: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k superior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2)

Η μέση τιμή για το k inferior για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,88 \pm 0,29$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,78 \pm 0,31$ mm. Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,147

Στρεβλότητα:0,711

Κυρτότητα:1,650

Για τη 2^η μέτρηση με το HRK7000:

Shapiro-wilk:0,064

Στρεβλότητα:0,819

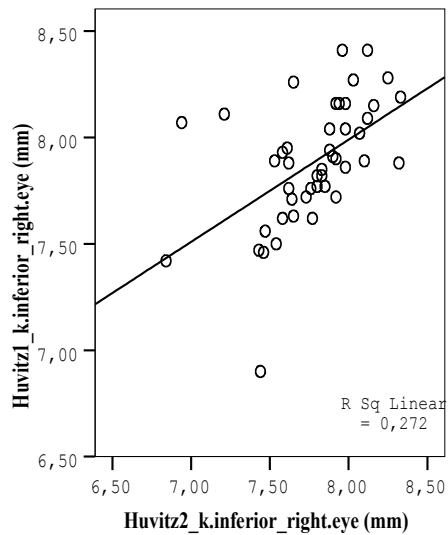
Κυρτότητα:1,280

Η μέση διαφορά στο k inferior είναι $0,11 \pm 0,30$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,02 έως 0,20mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired t-test) έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=2,394$, $p=0,021$ (δίπλευρη).

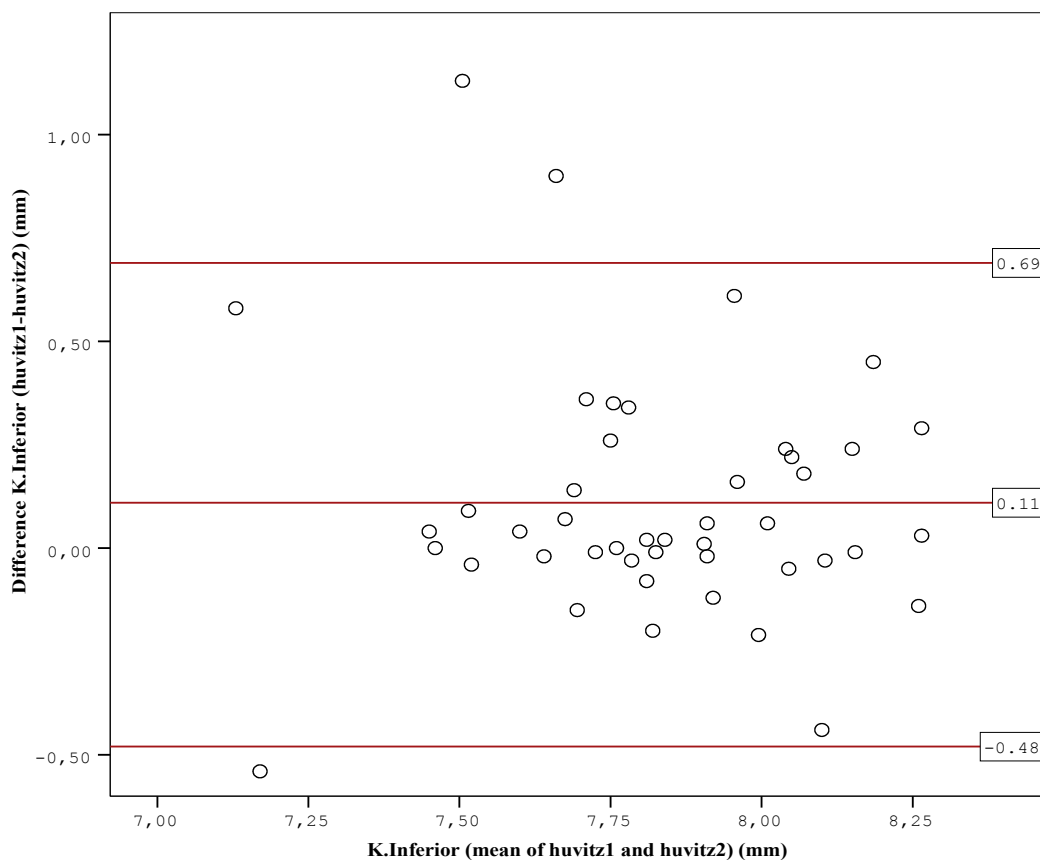
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,552 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά 0,04mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 μπορεί να υποεκτιμήσει το k inferior κατά 0,04 mm σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.



Εικόνα 68: συσχέτιση k inferior (huvitz 1 vs huvitz 2)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k inferior μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,51mm έως -0,43mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k inferior κατά 0,43mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,51 mm.



Εικόνα 69: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k inferior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 vs huvitz 2)

5.2.2) Επαναληψιμότητα HRK-7000 για τα κύρια κερατομετρικά και τα περιφερικά στοιχεία του οφθαλμού με κυκλοπληγία

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Difference k mean	45	-0,04	0,08	0,00	0,02
Difference k nasal	44	-1,27	1,24	0,12	0,51
Difference k temporal	44	-0,53	0,96	0,00	0,26
Difference k superior	44	-0,86	0,52	0,01	0,37
Difference k inferior	44	-0,58	0,87	0,00	0,23
Difference Horizontal Eccentricity	44	-0,76	0,37	-0,02	0,23
Difference Vertical Eccentricity	44	-0,61	0,37	0,005	0,2
Difference Total Eccentricity	44	-0,31	,030	0,01	0,13
Valid N	44				

Η μέση τιμή για το k mean για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,67 \pm 0,23$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,67 \pm 0,23$.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,513

Στρεβλότητα:0,028

Κυρτότητα:0,513

Για τη 2^η μέτρηση με το HRK-7000:

Shapiro-wilk:0,689

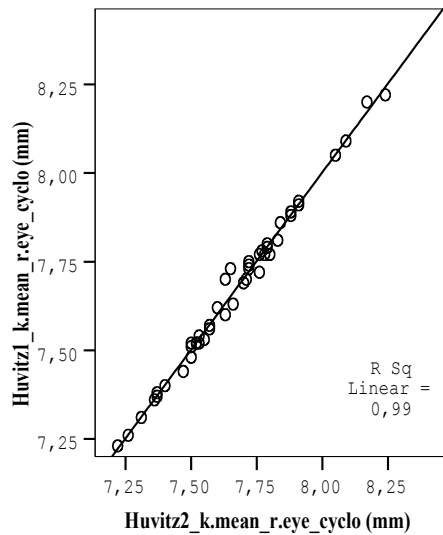
Στρεβλότητα:0,825

Κυρτότητα:0,013

Η μέση διαφορά στο k mean είναι $0,00 \pm 0,02$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,00 έως 0,01 mm.

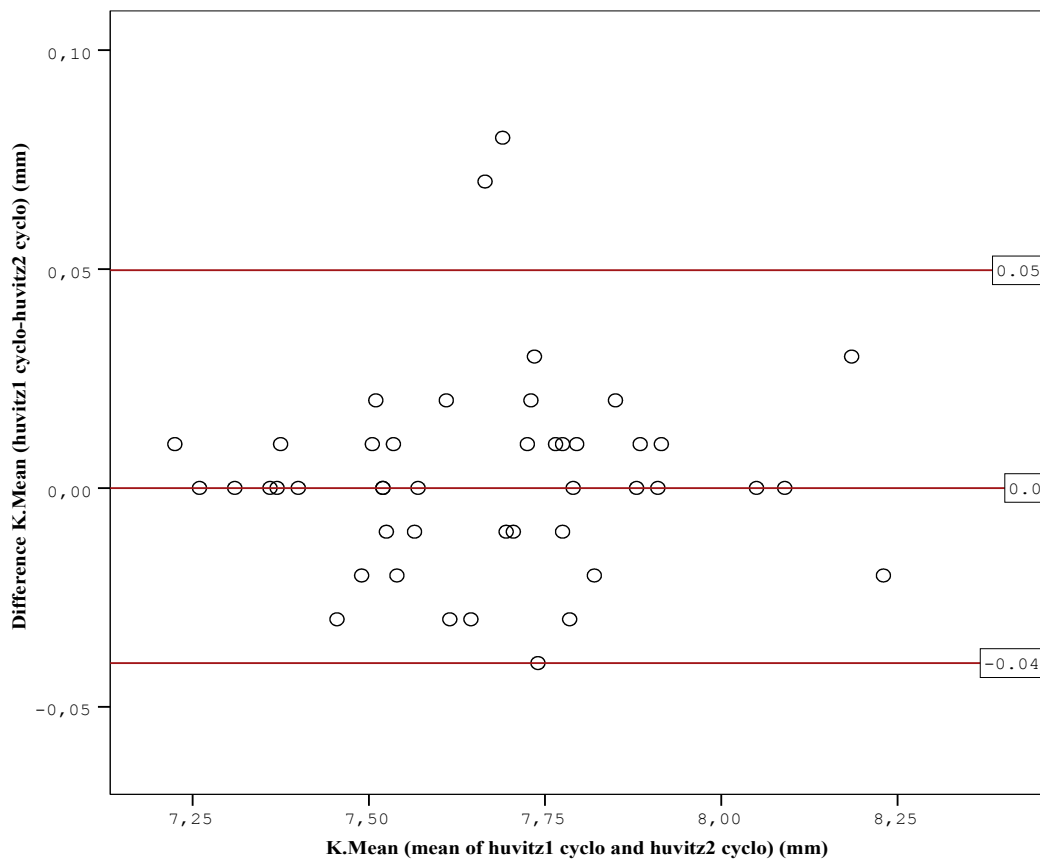
Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=-0,655$, $p=0,516$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $\text{pearson} = 0,995$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$. Η μέση διαφορά 0,00 mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση για τον υπολογισμό του k mean με το HRK-7000 δεν διαφέρει σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.



Εικόνα 70: συσχέτιση k mean (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Το διάγραμμα 1 δείχνει την διαφορά στο k mean μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,04mm έως -0,05mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k mean κατά 0,05mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,4 mm



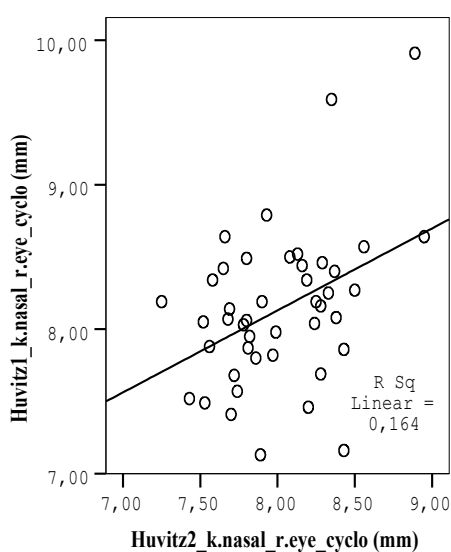
Εικόνα 71: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k mean μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Η μέση τιμή για το k nasal για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $8,14 \pm 0,53$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $8,01 \pm 0,38$. Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k nasal είναι $0,12 \pm 0,51$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,03 έως 0,28mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z = -1,57$, $p = 0,116$ (δίπλευρη).

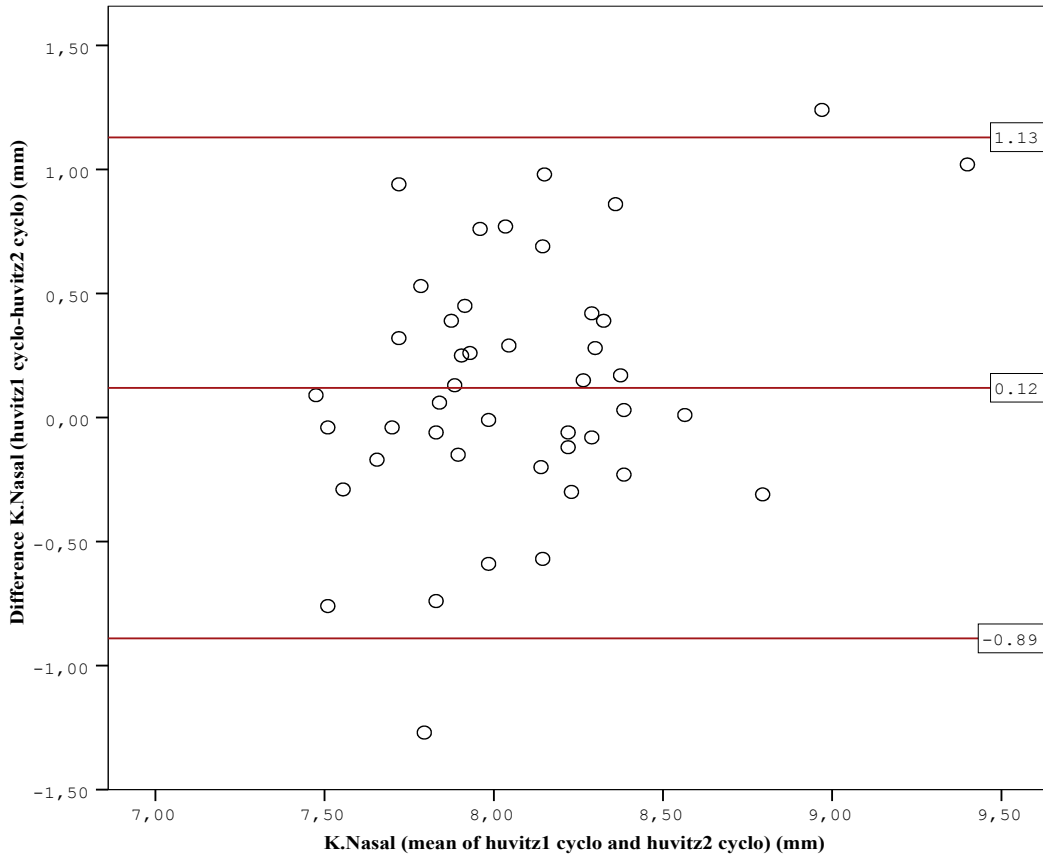
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson = 0,405 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,006$.



Εικόνα 72: συσχέτιση k nasal (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Η μέση διαφορά 0,12mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 μπορεί να υποεκτιμησει το k nasal κατά 0,12mm σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.

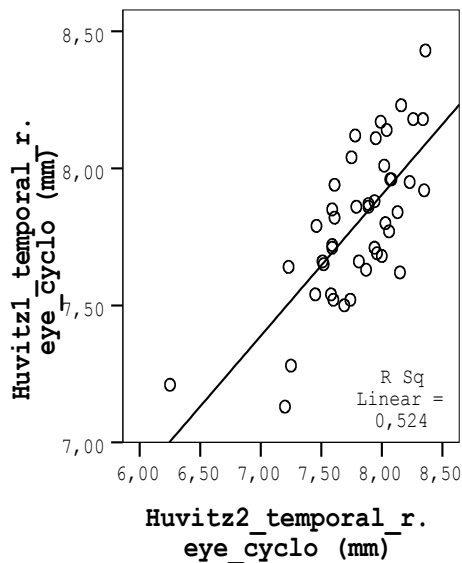
Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k nasal μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 1,13mm έως -0,89mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k nasal κατά 0,89mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 1,13 mm.



Εικόνα 73: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k mean μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Η μέση τιμή για το k temporal για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,81 \pm 0,28$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,8 \pm 0,38$.

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson = 0,724 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,006$.

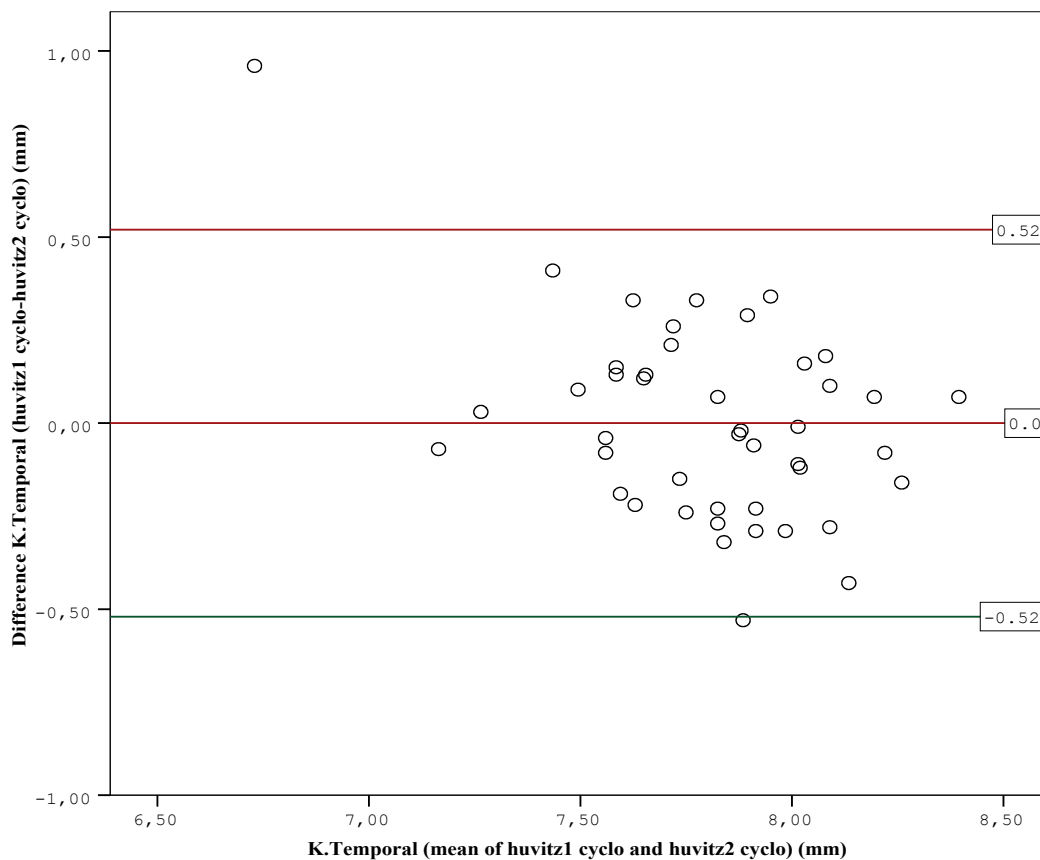


Εικόνα 74: συσχέτιση k temporal (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Η μέση διαφορά στο k temporal είναι $0,00 \pm 0,26$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,08 έως 0,08mm. Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z = -0,286$, $p = 0,775$ (δίπλευρη).

Η μέση διαφορά 0,00mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 δεν διαφέρει στον υπολογισμό του k temporal σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k temporal μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,52 mm έως -0,52mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k temporal κατά 0,52mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,52 mm.

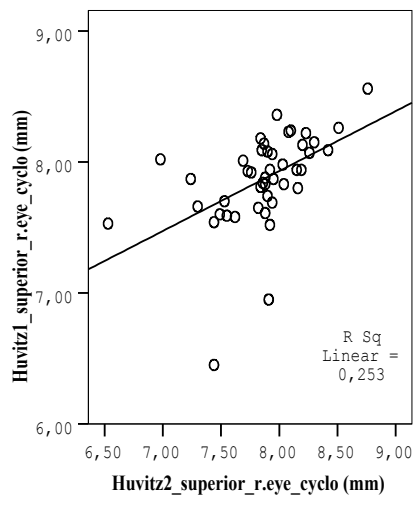


Εικόνα 75: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k temporal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Η μέση τιμή για το k superior για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,87 \pm 0,35$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,86 \pm 0,39$ mm. Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Η μέση διαφορά στο k superior είναι $0,01 \pm 0,37$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,11 έως 0,12mm. Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z = -0,140$, $p = 0,889$ (δίπλευρη).

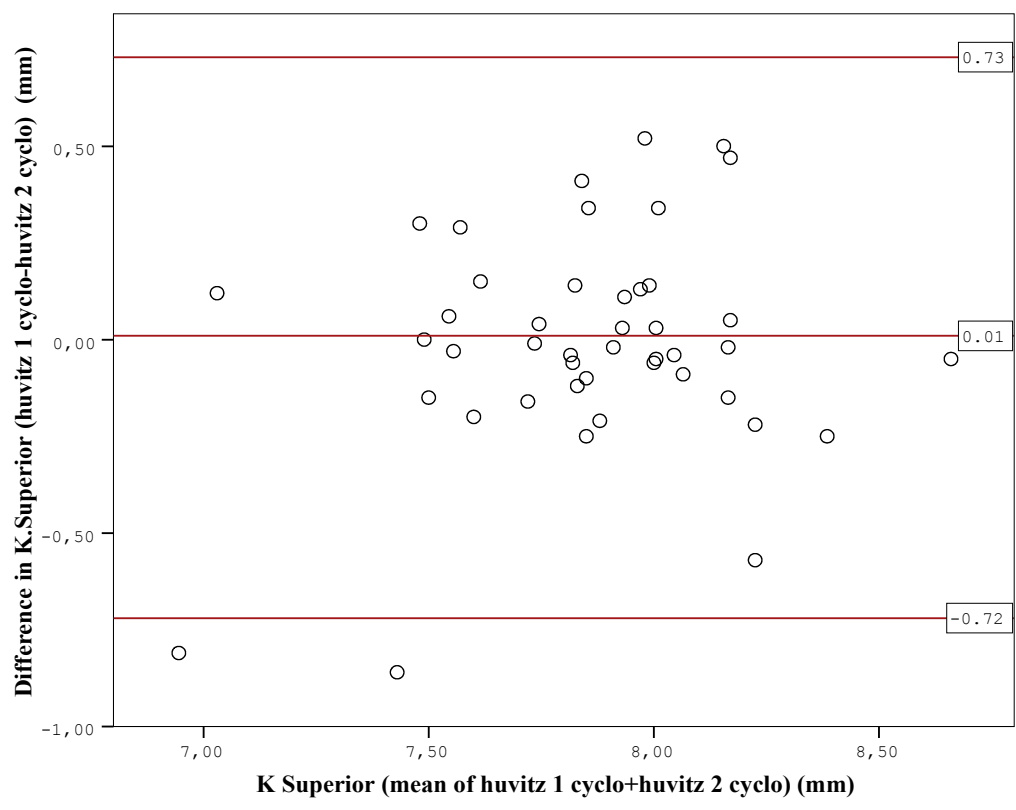
Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $r = 0,503$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,001$. Η

μέση διαφορά 0,01 mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 μπορεί να υποεκτιμήσει το k superior κατά 0,01mm σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.



Εικόνα 76: συσχέτιση k superior (huvitz 1 cyelo vs huvitz 2 cyelo)

Το διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k superior μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,73 mm έως -0,72mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k superior κατά 0,72 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,73 mm.



Εικόνα 77: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k superior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyelo vs huvitz 2 cyelo)

Η μέση τιμή για το k inferior για την 1^η μέτρηση στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,90 \pm 0,26$ mm και για τη 2^η μέτρηση είναι $7,89 \pm 0,30$ mm. Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για την 1^η μέτρηση με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,390

Στρεβλότητα:-0,435

Κυρτότητα:0,565

Για τη 2^η μέτρηση με το HRK-7000:

Shapiro-wilk:0,770

Στρεβλότητα:0,291

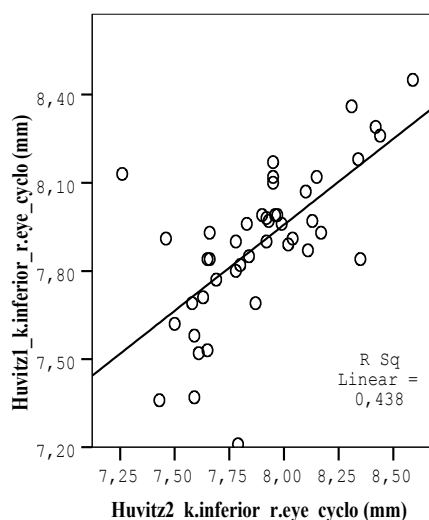
Κυρτότητα:-0,157

Η μέση διαφορά στο k inferior είναι $0,00 \pm 0,23$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,07 έως 0,07 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired t-test) έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=0,03$, $p=0,958$ (δίπλευρη).

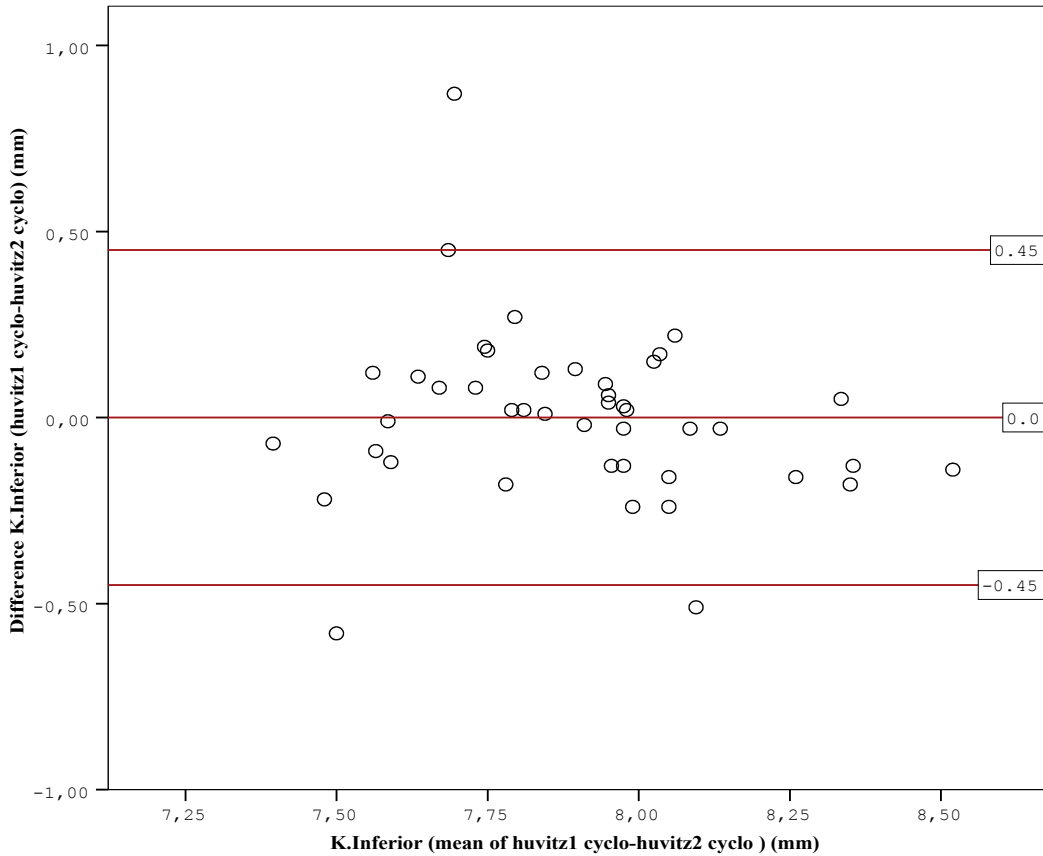
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,662 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά 0,00 mm δείχνει ότι η 1^η μέτρηση με το HRK-7000 δεν διαφέρει στον υπολογισμό του k inferior σε σχέση με τη 2^η μέτρηση.



Εικόνα 78: συσχέτιση k inferior (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k inferior μεταξύ των 2 μετρήσεων. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των 2 μετρήσεων (από 0,45mm έως -0,45mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις 2 μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k inferior κατά 0,45mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,45 mm.



Εικόνα 79: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k inferior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz 1 cyclo vs huvitz 2 cyclo)

5.2.3) Σύγκριση μετρήσεων με το HRK-7000 για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του οφθαλμού με και χωρίς κυκλοπληγία

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Difference k mean	45	-0,07	0,05	0,00	0,02
Difference k nasal	44	-1,33	1,16	0,12	0,51
Difference k temporal	44	-0,67	0,35	0,00	0,26
Difference k superior	44	-0,37	0,42	0,01	0,37
Difference k inferior	44	-0,57	0,82	0,00	0,23
Difference Horizontal Eccentricity	43	-0,34	0,51	-0,03	0,17
Difference Vertical Eccentricity	44	-0,29	0,36	0,02	0,13
Difference Total Eccentricity	44	-0,22	0,24	0,00	,09
Valid N	42				

Η μέση τιμή για το k mean για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία είναι $7,68 \pm 0,23$ mm και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία είναι $7,67 \pm 0,23$.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία :

Shapiro-wilk:0,502

Στρεβλότητα:0,396

Κυρτότητα:0,043

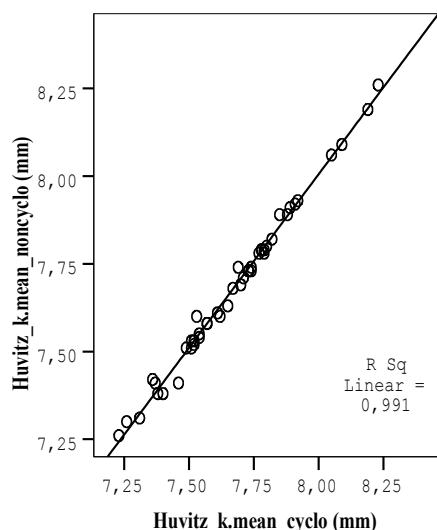
Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 με κυκλοπληγία:

Shapiro-wilk:0,625

Στρεβλότητα:0,317

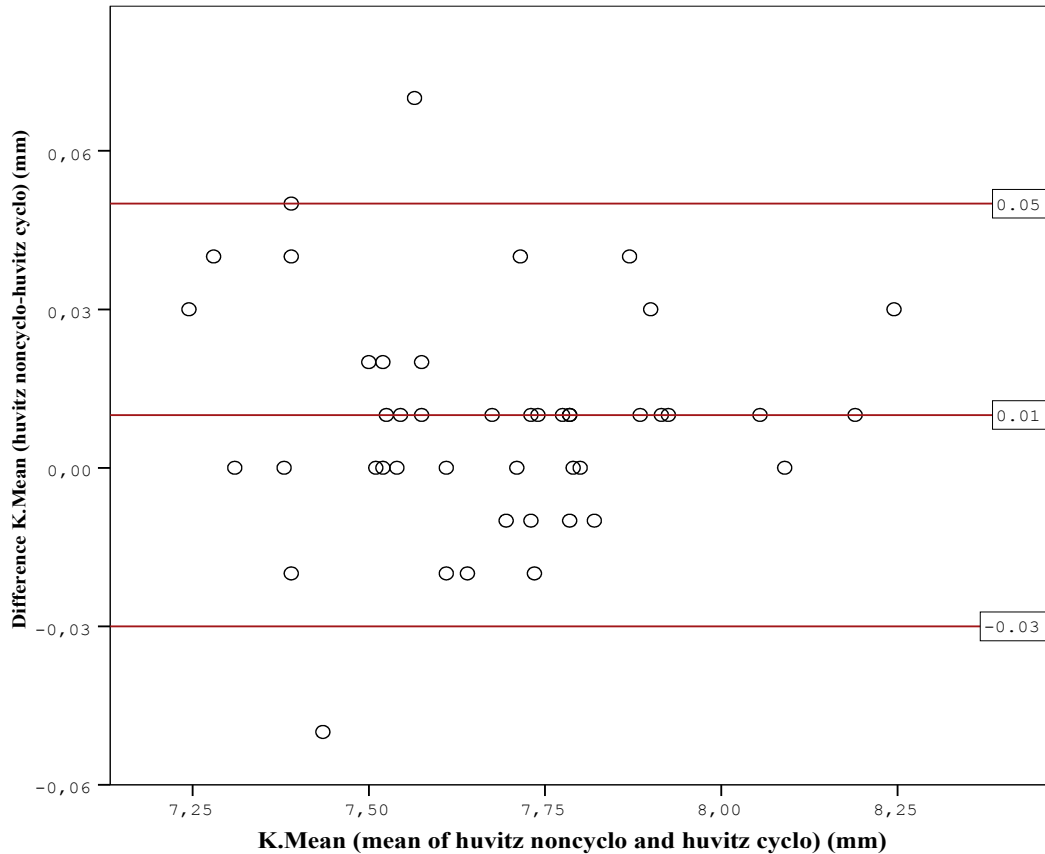
Κυρτότητα:0,007

Η μέση διαφορά στο k mean είναι $0,01 \pm 0,02$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,00 έως 0,01 mm. Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=2,766$, $p=0,008$ (δίπλευρη). Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson = 0,996 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$. Η μέση διαφορά 0,01 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υποεκτιμούν το k mean κατά 0,01 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.



Εικόνα 80: συσχέτιση k mean (huvitz vs huvitz cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k mean μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία ..Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία (από 0,05 mm έως -0,03 mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k mean κατά 0,03 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,5 mm.



Εικόνα 81: : Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k mean μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs huvitz cyclo)

Η μέση τιμή για το k nasal για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία είναι $8,14 \pm 0,49$ mm και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία είναι $7,99 \pm 0,70$ mm.

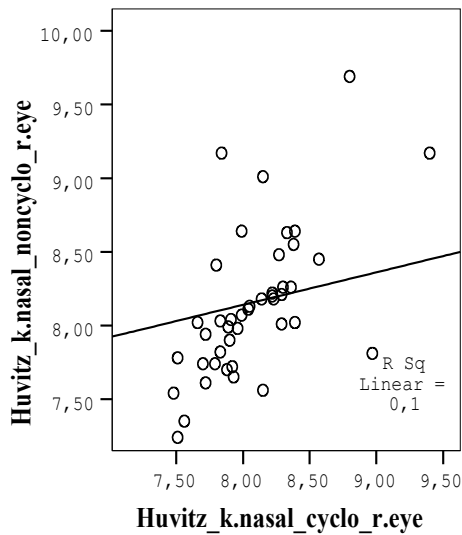
Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k nasal είναι $0,15 \pm 0,72$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,68 έως 0,37mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z=-9,88$, $p=0,323$ (δίπλευρη).

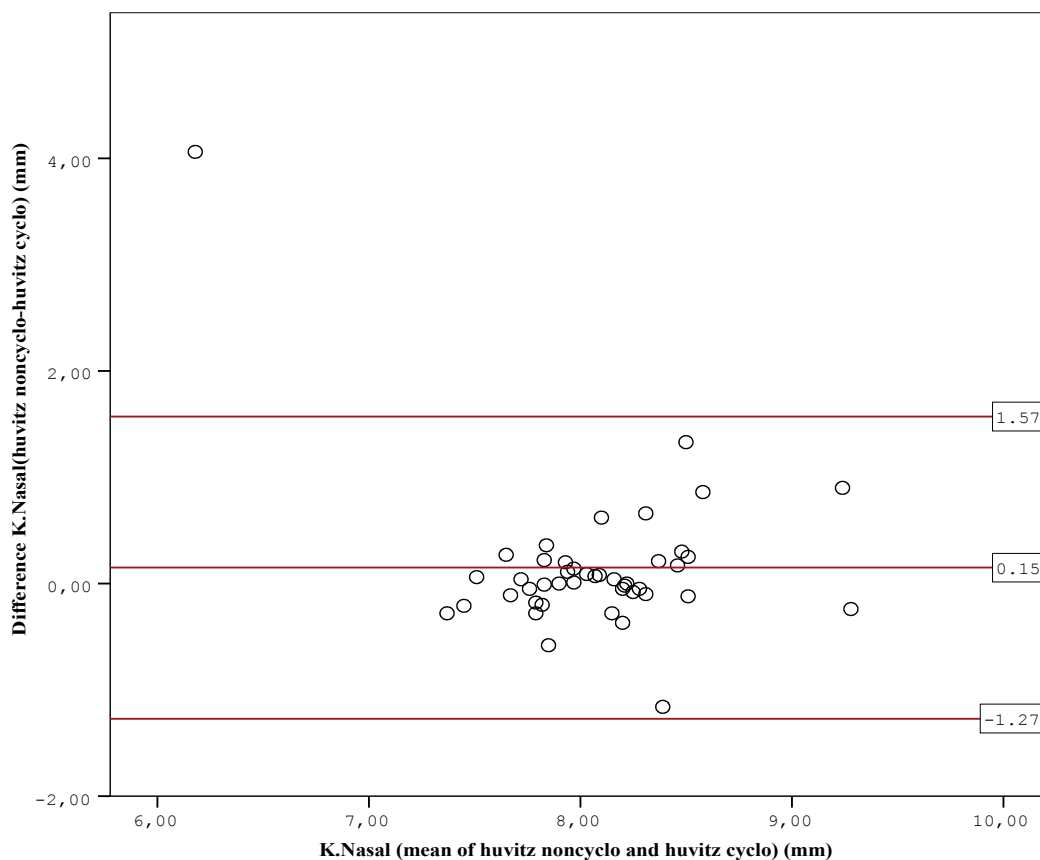
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει χαμηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $\text{pearson}=0,316$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά 0,15 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υποεκτιμούν το k nasal κατά 0,15mm σε σχέση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.



Εικόνα 82: συσχέτιση k nasal (huvitz vs huvitz cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k nasal μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία (από 1,57mm έως -1,27mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k mean κατά 1,27mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 1,57 mm



Εικόνα 83: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k nasal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs huvitz cyclo)

Η μέση τιμή για το k temporal για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία είναι $7,84 \pm 0,30$ mm και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία είναι $7,80 \pm 0,31$ mm.

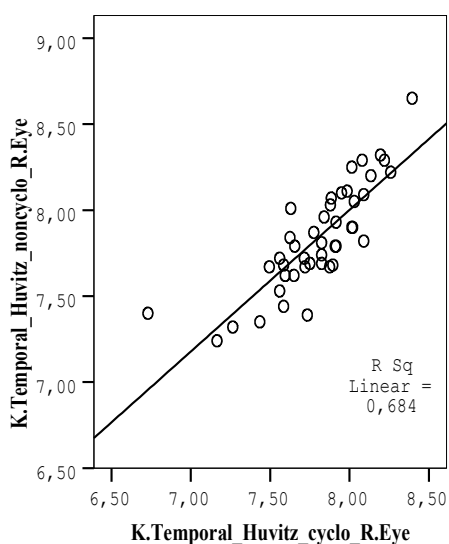
Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k temporal είναι $0,04 \pm 0,18$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,2 έως 0,09 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z = -1,298$, $p = 0,194$ (δίπλευρη).

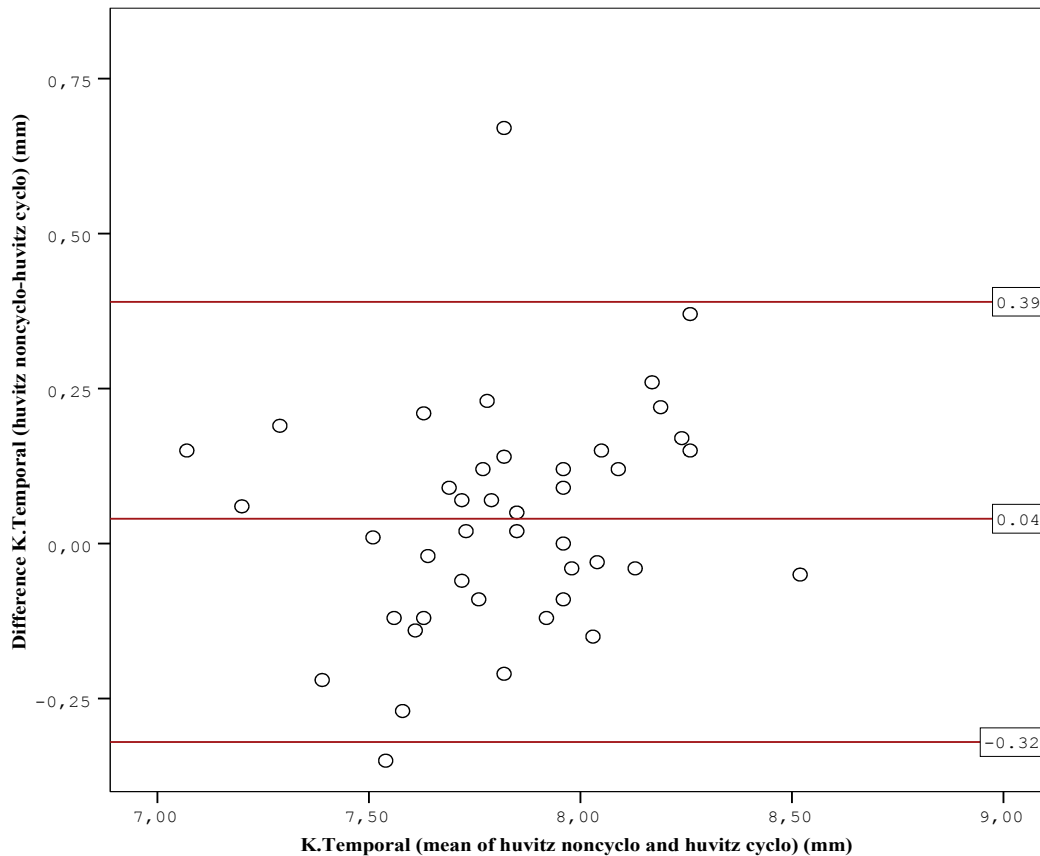
Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson έδειξε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων $r = 0,886$ η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,001$.

Η μέση διαφορά 0,04 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υποεκτιμούν το k temporal κατά 0,04 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.



Εικόνα 84: : συσχέτιση k temporal (huvtz vs huvtz cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k temporal μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία ..Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία (από 0,39 mm έως -0,32 mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k temporal κατά 0,32 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,39 mm.



Εικόνα 85: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k temporal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs huvitz cyclo)

Η μέση τιμή για το k superior για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία είναι $7,86 \pm 0,30$ mm και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία είναι $7,87 \pm 0,32$ mm.

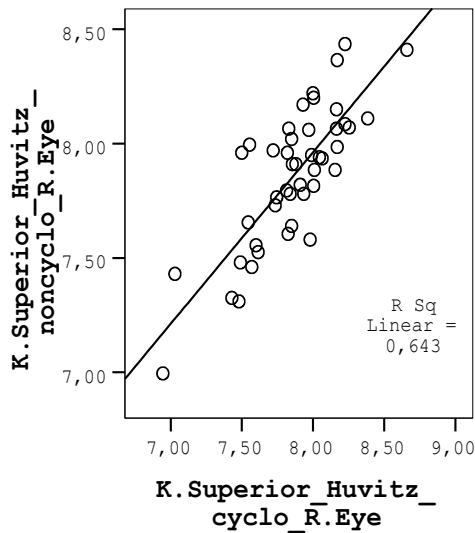
Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k superior είναι $-0,04 \pm 0,2$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,06 έως 0,05 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας Wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $z = -0,423$, $p = 0,672$ (δίπλευρη).

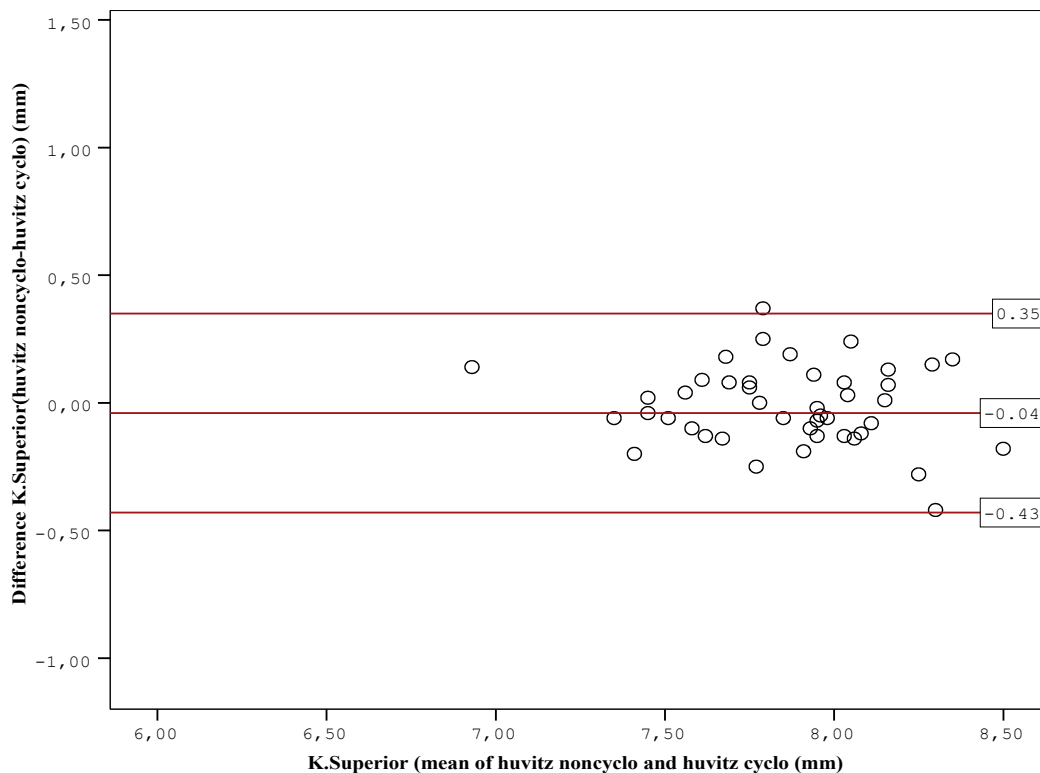
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson = 0,802 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,001$.

. Η μέση διαφορά -0,04 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμούν το k superior κατά 0,04 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.



Εικόνα 86: : συσχέτιση k superior (huvitz vs huvitz cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k superior μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία ..Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά.Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία(από 0,35mm έως -0,43mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k superior κατά 0,43 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,35 mm.



Εικόνα 87: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k superior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs huvitz cyclo)

Η μέση τιμή για το k inferior για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία είναι $7,83 \pm 0,27$ mm και για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία είναι $7,89 \pm 0,25$ mm.

Ο έλεγχος κανονικότητας Shapiro-Wilk έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία :

Shapiro-wilk:0,311

Στρεβλότητα:-0,498

Κυρτότητα:0,378

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 με κυκλοπληγία:

Shapiro-wilk:0,065

Στρεβλότητα:0,276

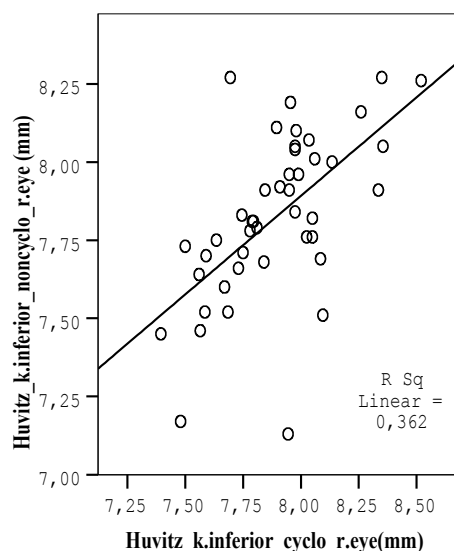
Κυρτότητα:-0,072

Η μέση διαφορά στο k inferior είναι $-0,07 \pm 0,23$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,14 έως 0,00 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired t-test) έδειξε ότι η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική $t=-1,978$, $p=0,054$ (δίπλευρη).

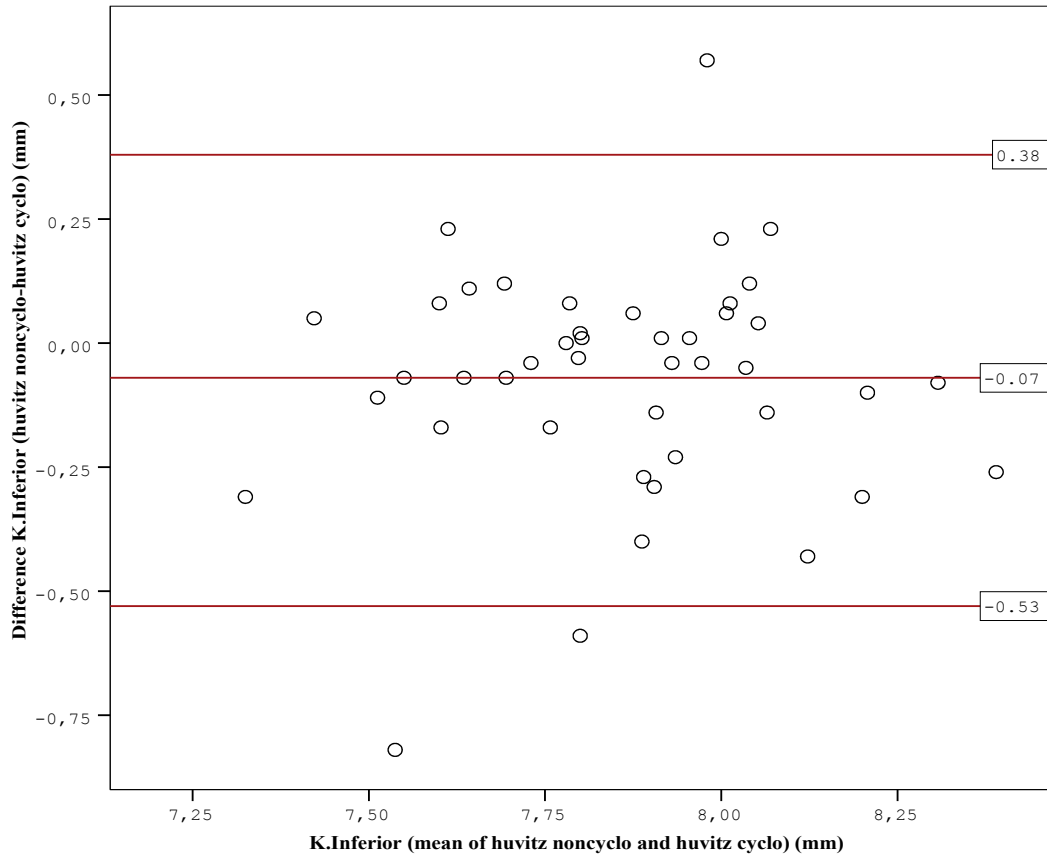
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,601 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά -0,07 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμούν το k inferior κατά 0,07 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με κυκλοπληγία.



Εικόνα 88: συσχέτιση k inferior (huvitz vs huvitz cyclo)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k inferior μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία ..Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων χωρίς και με κυκλοπληγία (από 0,38 mm έως -0,53 mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k inferior κατά 0,53 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,38 mm.



Εικόνα 89: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k inferior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs huvitz cyclo)

5.2.4) Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ του HRK-7000 και του Technomed C-Scan Colour Ellipsoid Topometer για τα κύρια και τα περιφερικά κερατομετρικά στοιχεία του οφθαλμού.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Difference k1	45	-0,19	-0,01	-0,08	0,03
Difference k2	45	-0,24	0,01	-0,06	,05
Difference k nasal	44	-0,36	1,91	0,23	0,47
Difference k temporal	45	-,050	0,34	-0,06	0,18
Difference k superior	45	-0,39	0,79	0,16	0,23
Difference k inferior	45	-1,05	0,61	0,13	,030
Valid N (listwise)	44				

Η μέση τιμή για το k1 για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,76 \pm 0,22$ mm και για τις μετρήσεις με το C.Scan είναι $7,84 \pm 0,24$ mm. Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,683

Στρεβλότητα:0,163

Κυρτότητα:0,13

Για τις μετρήσεις με το C-Scan:

Shapiro-wilk:0,889

Στρεβλότητα:0,189

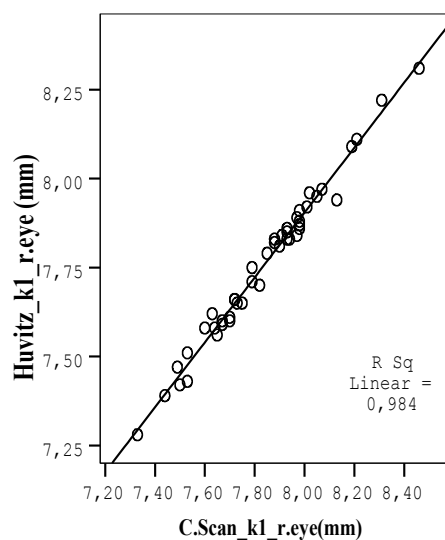
Κυρτότητα:0,135

Η μέση διαφορά στο k 1 είναι $-0,08 \pm 0,034$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,09 έως - 0,07mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-15,976$, $p=0,001$ (δίπλευρη).

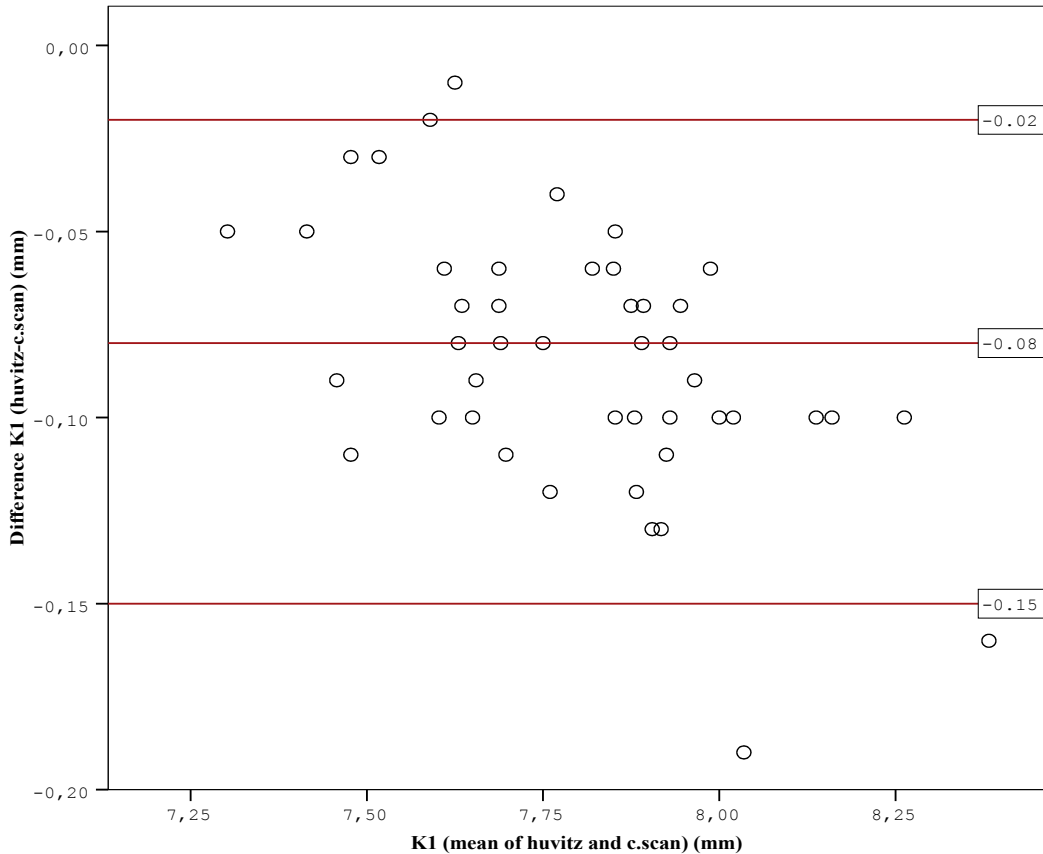
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,992 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$. Η μέση διαφορά -0,08mm δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 υπερεκτιμούν το

k1 κατά 0,08mm σε σχέση με τις μετρήσεις με το C-Scan.



Εικόνα 90: : συσχέτιση k 1 (huvitz vs c.scan)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k 1 μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με το C-Scan .Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά.Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων των δύο μεθόδων (από -0,02mm έως -0,15mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k1 από 0,02 mm έως 0,15mm.



Εικόνα 91: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k 1 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs c.scan)

Η μέση τιμή για το k2 για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 χείναι $7,60 \pm 0,26$ mm και για τις μετρήσεις με το C.Scan είναι $7,66 \pm 0,27$ mm. Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,582

Στρεβλότητα:0,350

Κυρτότητα:-0,227

Για τις μετρήσεις με το C-Scan:

Shapiro-wilk:0,523

Στρεβλότητα:-0,242

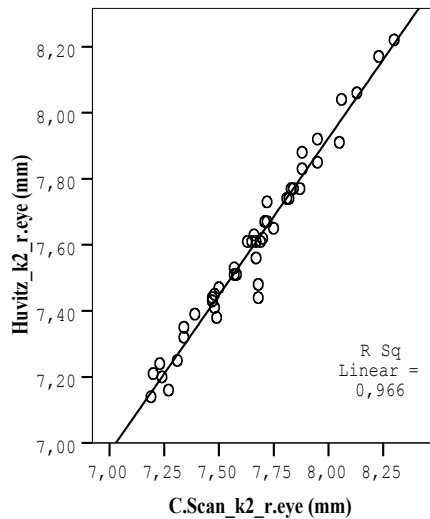
Κυρτότητα:-0,264

Η μέση διαφορά στο k 2 είναι $-0,06 \pm 0,05$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,07 έως - 0,05mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας paired t-test έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-8,006$, $p=0,001$ (δίπλευρη).

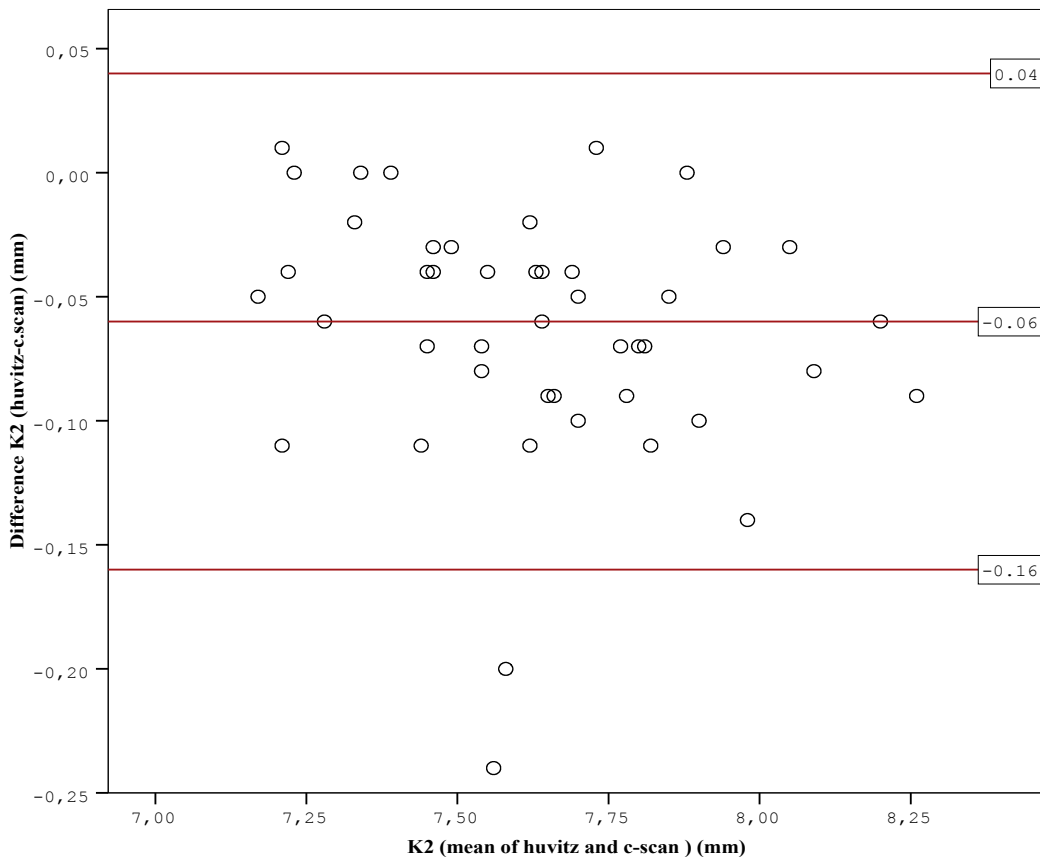
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,983 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$. Η μέση διαφορά -0,06mm δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 υπερεκτιμούν το

k 2 κατά 0,06mm σε σχέση με τις μετρήσεις με το C-Scan.



Εικόνα 92: : συσχέτιση k 2 (huvitz vs c.scan)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k 2 μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με το C-Scan .Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά.Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων των δύο μεθόδων (από -0,04mm έως -0,16mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k 2 από 0,04 mm έως 0,16 mm.



Εικόνα 93: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k 2 μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs c.scan)

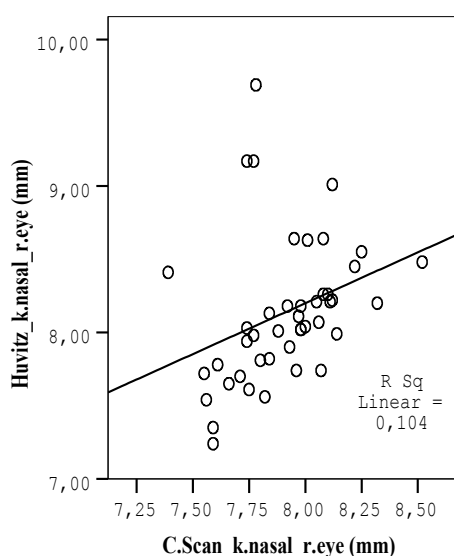
Η μέση τιμή για το k nasal για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $8,14 \pm 0,49$ mm και για τις μετρήσεις με το C.Scan είναι $7,91 \pm 0,23$ mm.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k nasal είναι $0,23 \pm 0,47$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,08 έως -0,37 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $z = -2,944$, $p = 0,003$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει χαμηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson = 0,323 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,001$.

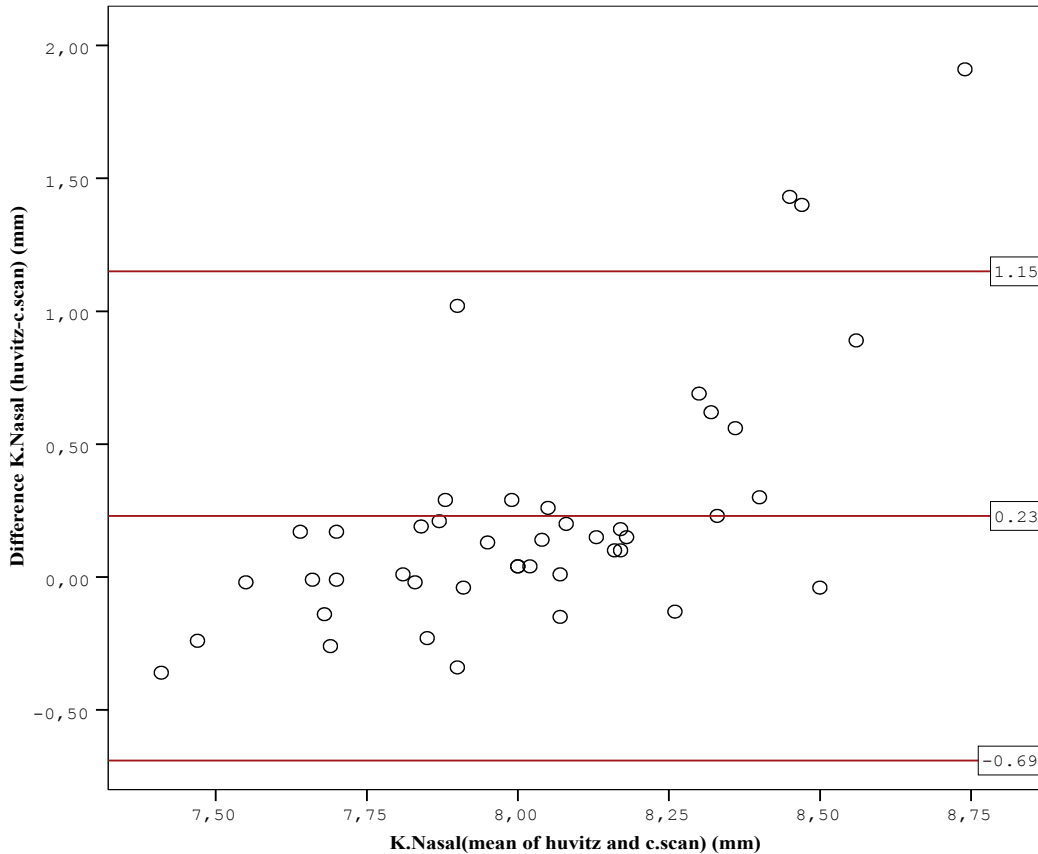


Εικόνα 94: συσχέτιση k nasal (huvitz vs c.scan)

Η μέση διαφορά 0,23 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 υποεκτιμούν το

k nasal κατά 0,23 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με το C-Scan.

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k nasal μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με το C-Scan. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων των δύο μεθόδων (από 1,15 mm έως -0,69 mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k nasal κατά 0,69 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 1,15 mm.



Εικόνα 95: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k nasal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs c.scan)

Η μέση τιμή για το k temporal για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,84 \pm 0,30$ mm και για τις μετρήσεις με το C.Scan είναι $7,91 \pm 0,24$ mm.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,746

Στρεβλότητα:0,216

Κυρτότητα:0,099

Για τις μετρήσεις με το C-Scan:

Shapiro-wilk:0,984

Στρεβλότητα:0,067

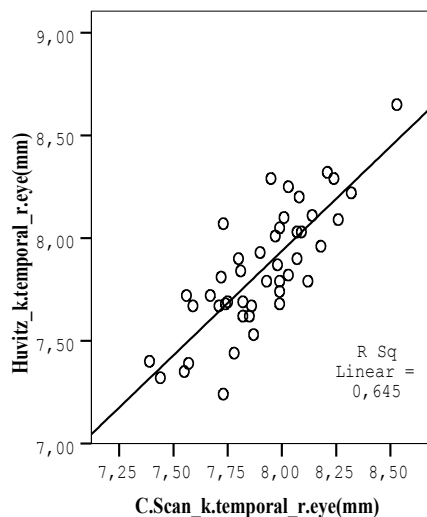
Κυρτότητα:0,097

Η μέση διαφορά στο k temporal είναι $-0,06 \pm 0,18$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από -0,12 έως -0,01 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired -test) έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-2,386$, $p=0,021$ (δίπλευρη).

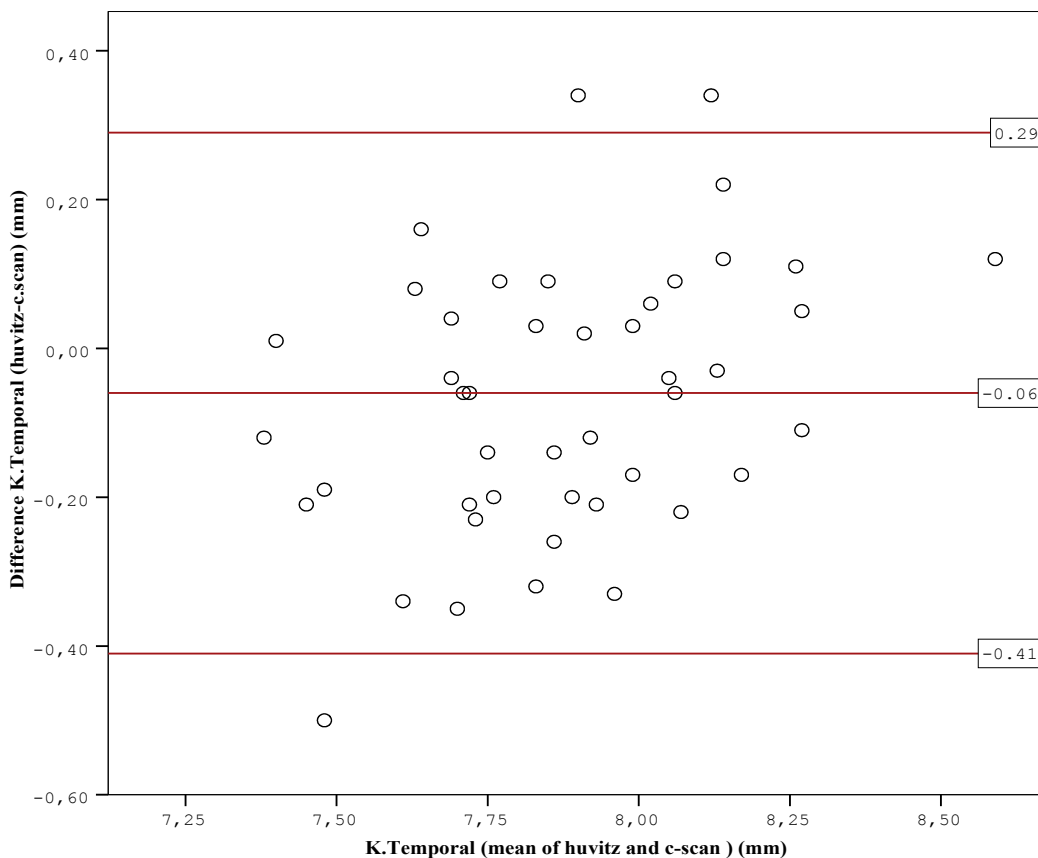
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,803 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά -0,06 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 υπερεκτιμούν το k temporal κατά 0,06 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με το C-Scan.



Εικόνα 96: συσχέτιση k temporal (huvitz vs c.scan)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k temporal μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με το C-Scan .Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά.Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων των δύο μεθόδων (από 0,29mm έως -0,41mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k temporal κατά 0,41 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,29 mm.



Εικόνα 97: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k temporal μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs c.scan)

Η μέση τιμή για το k superior για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,86 \pm 0,30$ mm και για τις μετρήσεις με το C-Scan είναι $7,70 \pm 0,27$ mm.

Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Για τις μετρήσεις με το HRK-7000 :

Shapiro-wilk:0,440

Στρεβλότητα:-0,518

Κυρτότητα:0,453

Για τις μετρήσεις με το C-Scan:

Shapiro-wilk:0,653

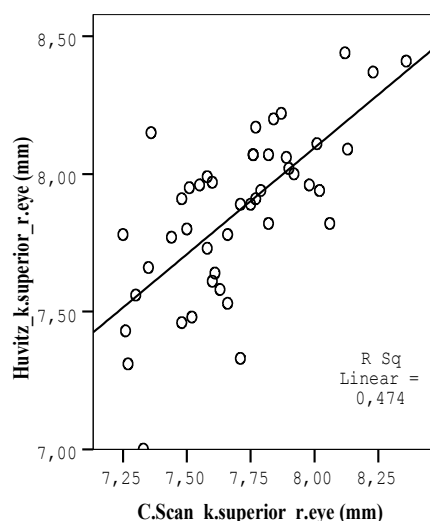
Στρεβλότητα:0,287

Κυρτότητα:-0,326

Η μέση διαφορά στο k superior είναι $0,16 \pm 0,23$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,09 έως 0,23 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας t (paired -test) έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=4,811$, $p=0,001$ (δίπλευρη).

Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson =0,689 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

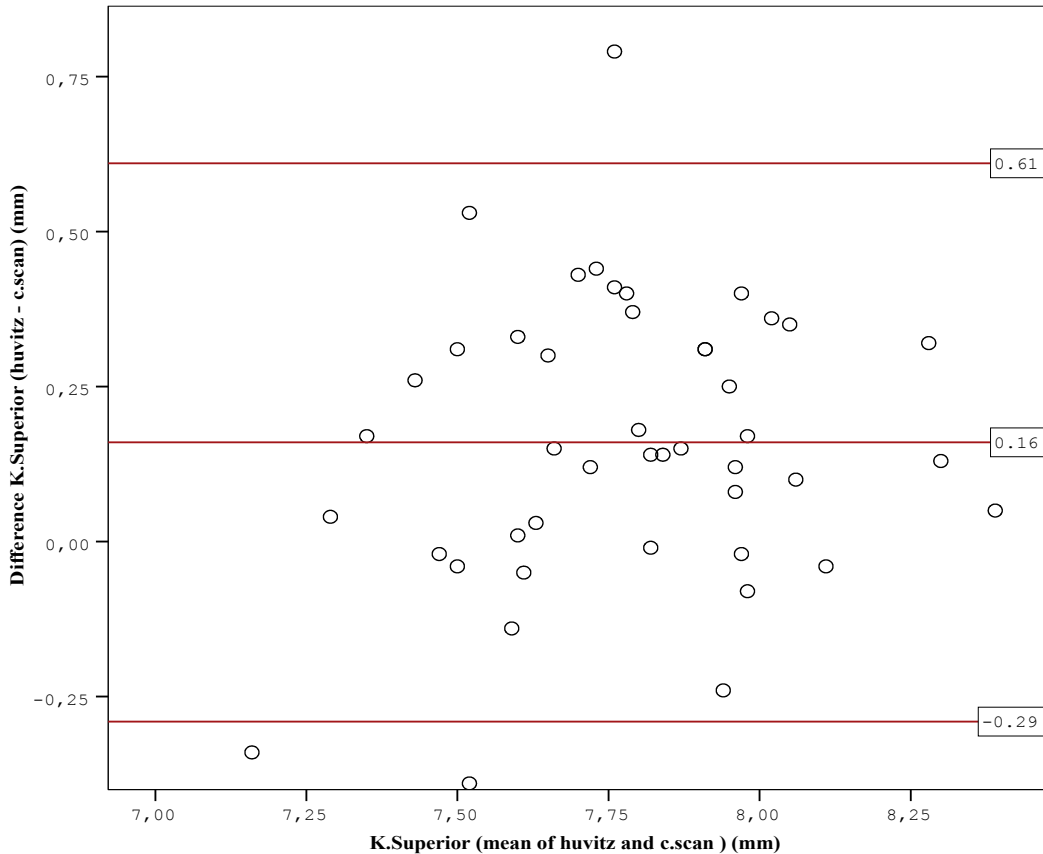


Εικόνα 98: συσχέτιση k superior (huvitz vs c.scan)

Η μέση διαφορά 0,16 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 υποεκτιμούν το

k superior κατά 0,16 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με το C-Scan.

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k superior μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με το C-Scan. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων των δύο μεθόδων (από 0,29mm έως -0,41mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k superior κατά 0,41 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,29 mm.



Εικόνα 99: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k superior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs c.scan)

Η μέση τιμή για το k inferior για τις μετρήσεις στον δεξιό οφθαλμό με το HRK-7000 είναι $7,83 \pm 0,27$ mm και για τις μετρήσεις με το C.Scan είναι $7,70 \pm 0,33$ mm.

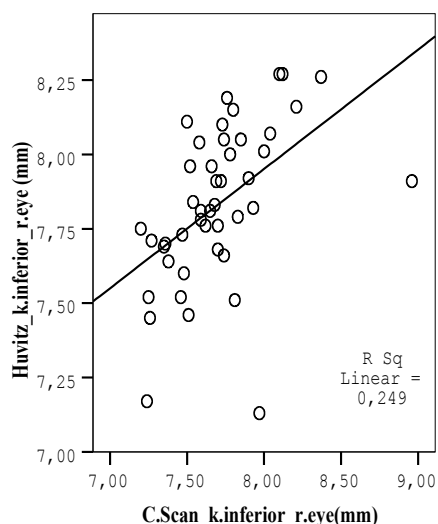
Ο έλεγχος κανονικότητας έδειξε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η μέση διαφορά στο k inferior είναι $0,13 \pm 0,30$ mm με 95% διάστημα εμπιστοσύνης από 0,04 έως 0,22 mm.

Ο έλεγχος σημαντικότητας wilcoxon έδειξε ότι η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική $t=-3,737$ $p=0,001$ (δίπλευρη).

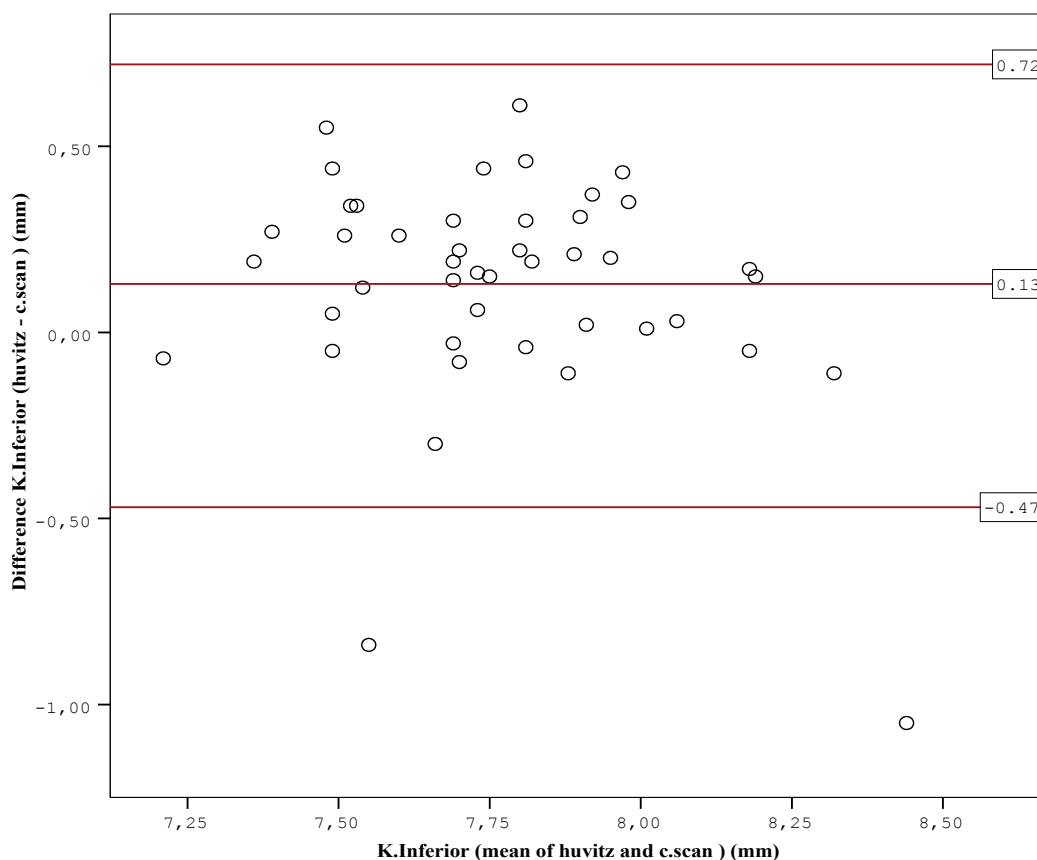
Ο συντελεστής συσχέτισης pearson έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των 2 μετρήσεων pearson = 0,449 η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,001$.

Η μέση διαφορά 0,13 mm δείχνει ότι οι μετρήσεις με το HRK-7000 υποεκτιμούν το k inferior κατά 0,13 mm σε σχέση με τις μετρήσεις με το C-Scan.



Εικόνα 100: συσχέτιση k inferior (huvitz vs c.scan)

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει την διαφορά στο k inferior μεταξύ των μετρήσεων με το HRK-7000 και των μετρήσεων με το C-Scan. Η κόκκινη γραμμή αναπαριστά τη μέση διαφορά. Οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές αναπαριστούν τα όρια συμφωνίας μεταξύ των μετρήσεων των δύο μεθόδων (από 0,72mm έως -0,47mm). Αυτό σημαίνει ότι στο 95% των περιπτώσεων το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει ανάμεσα στις μετρήσεις είναι να υπερεκτιμηθεί το k inferior κατά 0,47 mm ή να υποεκτιμηθεί κατά 0,71 mm.



Εικόνα 101: Bland-altman διάγραμμα για την εκτίμηση συμφωνίας στο k inferior μεταξύ των 2 μετρήσεων (huvitz vs c.scan)

6^ο ΜΕΡΟΣ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

6.1.1)) Επαναληψιμότητα HRK-7000 χωρίς και με κυκλοπληγία.

Στον ακόλουθο πίνακα περιγράφονται συνοπτικά τα αποτελέσματα του HRK-7000 χωρίς και με κυκλοπληγία.

Πίνακας 1

επαναληψιμότητα HRK-7000 με και χωρίς κυκλοπληγία.

	hrk-7000 non cyclo	HRK-7000 CYCLO
SPHERE	0,00±0,18 D	0,01±0,14 D
CYLINDER	0,01±0,19 D	-0,06±±0,18 D
MSE	0,00±0,19	-0,02±0,15D
LoA	0,37 D ~ -0,31 D	0,29 D ~ -0,32 D
J0	0,00±0,09 D	0,02±0,09 D
LoA	0,18 D ~ -0,17 D	0,19 ~ -0,15 D
J45	-0,01±0,06 D	0,02±0,07 D
LoA	0,1 D ~ -0,12 D	0,15 D ~ -0,12 D
VDD	0,18±0,12 D	0,16±0,10 D

*LoA: Mean ± 1,96*SD

Η επαληψιμότητα στον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος είναι πολύ σημαντική τόσο στην κλινική πράξη όσο και στην έρευνα. Πιο συγκεκριμένα η γνώση της επαναληψιμότητας μιας μεθόδου ή ενός μηχανήματος βοηθάει στο να αξιολογηθεί αν μία αλλαγή στον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος οφείλεται σε σφάλμα μέτρησης ή σε πραγματική αλλαγή.

Ένα μηχάνημα ή μία μέθοδος πρέπει να δίνει το ίδιο αποτέλεσμα με πολύ μικρή απόκλιση σε συνθήκες επαναληψιμότητας.

Το κριτήριο που υιοθετείται στις περισσότερες έρευνες ως κλινικά σημαντικό είναι αυτό που προταθηκε από τους Goss και Gossvenor. Σύμφωνα με την έρευνα τους οποιαδήποτε διαφορά μεγαλύτερη από 0,25 D θεωρείται κλινικά σημαντική. Στα αποτελέσματα με το HRK-7000 οι διαφορές τόσο στο σφαιρικό ισοδύναμο όσο και στο J0 και στο J45 είναι πολύ μικρές και δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές.

Η διαφορά στην επαναληψιμότητα σε συνθήκες κυκλοπληγίας είναι ελάχιστα μικρότερη και τα όρια εμπιστοσύνης είναι στενότερα (κατά 0,07D στο σφαιρικό ισοδύναμο κατά 0,01 D στο J0 ενώ είναι λίγο ευρύτερα στο J45 κατά 0,03 D.) Η διαφορά στο VDD που περιγράφει συνοπτικά την διαφορά και στους τρεις όρους (MSE, J0, J45) είναι ελάχιστη (0,02 D). Αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι στον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος σε συνθήκες κυκλοπληγίας η προσαρμογή που μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα σε κάποιο βαθμό είναι ανενεργή.

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα από προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει για την επαναληψιμότητα.

Η επαναληψιμότητα του HRK-7000 είναι πολύ υψηλή, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Η σύγκριση της επαναληψιμότητας του HRK-7000 με την επαναληψιμότητα άλλων αυτόματων διαθλασίμετρων που μελετήθηκαν σε προηγούμενες έρευνες όπως φαίνεται στον πίνακα 2 ,δείχνουν καλύτερη επαναληψιμότητα σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την σύγκριση με το Topcon KR-8000 .

Πίνακας 2

περίληψη αποτελεσμάτων από προηγούμενες μελέτες για την επαναληψιμότητα.

μελετη	συμμετεχοντες	μηχανημα	επαναληψιμοτητα
	40 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Canon R-1	Μέση τιμή στον κάθετο άξονα:-0,06 95% LoA= -0,69~0,56
	12 ενήλικες	Canon R-1	MSE 95% LoA= ±0,35
	30 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Nikon NK-8000 Nidek AR-1000	VDD=0,39±0,39 VDD=0,43±0,43
	86 παιδιά και ενήλικες	Hoya AR-570	MSE=0,02 95% LoA= -0,40~0,36
	53 παιδιά όχι κυκλοπληγία με κυκλοπληγία	Shin-Nippon SRW-5000	MSE=0,00 95% LoA= ±0,45 J0=0,00 95% LoA= ±0,33 J45=0,00 95% LoA= ±0,27 MSE=-0,01 95% LoA= ±0,35 J0=0,03 95% LoA= ±0,25 J45=0,02 95% LoA= ±0,3
	100 ενήλικες (200 μάτια) όχι κυκλοπληγία	Shin-Nippon SRW-5000	MSE=0,04±0,22 J0=0,01±0,12 J45=-0,02±0,12
	60 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Topcon BV-1000	MSE=-0,06±0,22 J0=0,02±0,15 J45=-0,02±0,10
	100 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Topcon BV-1000	MSE=-0,06±0,23 J0=-0,02±0,07 J45=-0,03±0,08 VDD=0,31±0,20
	50 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Canon R-1 Grand Seiko WR-5100K Nidek	MSE=0,099±0,075 J0=0,0084±0,0076 J45=0,080±0,0053 MSE=0,115±0,059 J0=0,086±0,061 J45=0,068±0,057 MSE=0,139±0,097

		ARK700-A	J0=0,080±0,083 J45=0,059±0,046
	53 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	OPD Scan ARK 10,000	SPHERE=0,03±0,15 CYL=0,01±0,11 AXIS=-0,63±5,03°
	16 ενήλικες με κυκλοπληγία	Topcon KR-8000	SME 95% LoA= ±0,076 J0 95% LoA= ±0,035 J45 95% LoA= ±0,021 VDD=0,12

*όλες οι τιμές είναι σε διοπτρίες (D)

Στην συγκεκριμένη εργασία δεν έγινε μελέτη της επαναληψιμότητας στην υποκειμενική διάθλαση. Σύμφωνα με την μελέτη η αναμενόμενη ακρίβεια στην υποκειμενική διάθλαση είναι 0,29 D και οποιαδήποτε αλλαγή μεγαλύτερη από 0,50 D θεωρείται κλινικά σημαντική. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης όπως και της μελέτης δείχνουν ότι η υποκειμενική διάθλαση έχει καλύτερη επαναληψιμότητα από το αυτόματο διαθλασίμετρο. Ωστόσο σε όλες τις άλλες μελέτες η υποκειμενική διάθλαση έχει ίδια ή χειρότερη επαναληψιμότητα από το αυτόματο διαθλασίμετρο. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η επαναληψιμότητα για την υποκειμενική διάθλαση που έχει καταγραφεί είναι $\pm 0,63$ D, $\pm 0,78$ D και $\pm 0,51$ D ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα αυτόματα διαθλασίμετρα είναι εμφανώς καλύτερες $\pm 0,38$ D και $\pm 0,32$ D με κυκλοπληγία.

Είναι χρήσιμο σε αυτό το σημείο να υπενθυμίσουμε ότι οι τιμές για την επαναληψιμότητα της υποκειμενικής διάθλασης ισχύουν στην περίπτωση που ο εξεταζόμενος απευθύνεται στον ίδιο εξεταστή χρόνο με το χρόνο. Στις μελέτες που έγιναν με τον εξεταζόμενο να αλλάζει εξεταστή, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει κλινικά και στατιστικά σημαντική διαφορά. Αυτό είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπ' όψιν από τον κάθε εξεταστή που ξεκινάει την διαθλαστική εξέταση βασιζόμενος στην προηγούμενη συνταγή του εξεταζόμενου. Είναι επίσης απαραίτητο να συνυπολογίζεται στις μελέτες που χρησιμοποιούνται δεδομένα που προέρχονται από περισσότερους από έναν ερευνητές-εξεταστές. Δεδομένου ότι η επαναληψιμότητα της αυτόματης διαθλασιμετρίας είναι σε υψηλότερα επίπεδα από αυτή της υποκειμενικής διάθλασης, ιδιαίτερα στις πιο πρόσφατες μελέτες, δείχνοντας ότι τα αυτόματα διαθλασίμετρα εξελίσσονται και βελτιώνονται διαρκώς είναι κατάλληλη η χρήση τους για τον εντοπισμό και τον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος στην αρχή μιας οφθαλμολογικής εξέτασης και την παρακολούθηση της εξέλιξης του.

6.1.2)) Ακρίβεια του HRK-7000

6.1.2.1) Ακρίβεια του HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία

Πίνακας 3

ακρίβεια του HRK-7000 χωρίς κυκλοπληγία.

	hrk-7000 non cyclo - manifest non cyclo
SPHERE	0,13±0,27 D
CYLINDER	-0,04±0,25 D

MSE	0,13±0,33 D
LoA	0,78 ~-0,52 D
J0	-0,02±0,12 D
LoA	0,26 ~ -0,22 D
J45	0,05±0,08 D
LoA	0,21 ~ -0,11 D
VDD	0,35±0,22 D

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο για το hunitz είναι $-5,08 \pm 2,13$ D ενώ για την υποκειμενική διάθλαση είναι $-5,22 \pm 2,09$ D. Αυτό δείχνει ότι η διάθλαση με το hunitz δίνει πιο υπερμετρωπικά αποτελέσματα ή ότι η υποκειμενική διάθλαση υπερεκτιμάει το σφαιρικό ισοδύναμο κατά $0,13 \pm 0,33$ D σε σχέση με το hunitz.

Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική. Στο 37,7% (17 από 45) των περιπτώσεων η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 0,25 D που είναι το όριο για την κλινική σημαντικότητα. Η συσχέτιση μεταξύ των 2 μεθόδων είναι πολύ υψηλή 0,988 και στατιστικά σημαντική.

Η μέση διαφορά για το J0 είναι $-0,02 \pm 0,12$ D και δείχνει ότι το hunitz υπερεκτιμά το

J0 κατά $0,02 \pm 0,12$ D σε σχέση με την υποκειμενική διάθλαση. Η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στο 8,8% των περιπτώσεων (4 από 45) η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 0,25 D. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των 2 μεθόδων είναι υψηλός 0,967 και η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Η μέση διαφορά $0,05 \pm 0,08$ D για το J45 δείχνει ότι η υποκειμενική διάθλαση υπερεκτιμά το J45 κατά μέσο όρο $0,05$ D σε σχέση με το hunitz. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Ωστόσο σε καμία περίπτωση η διαφορά δεν ήταν μεγαλύτερη από 0,25 D. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των μεθόδων είναι πολύ υψηλός 0,969 και η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Υπενθυμίζουμε ότι η ακρίβεια ενός μηχανήματος ορίζεται από το βαθμό συμφωνίας των αποτελεσμάτων του σε σύγκριση με τα αποτελέσματα που μιας μεθόδου που θεωρείται «μέθοδος αναφοράς». Η μέθοδος αναφοράς στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η υποκειμενική διάθλαση και η εκτίμηση κάθε καινούργιας συσκευής που υπολογίζει διαθλαστικό σφάλμα τυπικά κρίνεται από τον βαθμό συμφωνίας της με την υποκειμενική διάθλαση.

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα από προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει για την εκτίμηση της ακρίβειας σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση χωρίς κυκλοπληγία.

Πίνακας 4

περίληψη αποτελεσμάτων από προηγούμενες μελέτες για την ακρίβεια χωρίς κυκλοπληγία.

μελετη	συμμετεχοντες	συγκριση	επαναληψιμοτητα
	40 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Canon	Μέση τιμή στον κάθετο άξονα: $-0,16$ 95% LoA= $-1,26 \sim 0,94$

		R-1	
	100 μάτια (όχι πληροφορίες δείγματος) όχι κυκλοπληγία	Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Hoya AR-550	SPHERE=-0,02 CYL=-0,01 SPHERE=-0,05 95% LoA= -0,88 ~ +0,78 CYL=-0,07 95% LoA= -0,72 ~ +0,58
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Humphrey 550	SPHERE=-0,22 95% LoA= -1,08 ~ +0,64 CYL=+0,08 95% LoA= -0,52 ~ +0,67
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Inami GR12	SPHERE=-0,05 95% LoA= -0,91 ~ +0,82 CYL=-0,05 95% LoA= -0,62 ~ +0,53
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nidek AR-1000	SPHERE=+0,01 95% LoA= -0,51 ~ +0,52 CYL=+0,03 95% LoA= -0,56 ~ +0,61
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nikon NR-5000	SPHERE=+0,05 95% LoA= -0,92 ~ +0,83 CYL=-0,12 95% LoA= -0,85 ~ +0,62
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nikon NR-5100	SPHERE=+0,02 95% LoA= -0,82 ~ +0,87 CYL=+0,05 95% LoA= -0,58 ~ +0,68
	90 μάτια όχι κυκλοπληγία	Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nikon NR-5100	SPHERE=-0,01 95% LoA= -0,64 ~ +0,63 CYL=+0,13 95% LoA= -0,43 ~ +0,7
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Topcon RMA-2000	
		Υποκειμενικ ή διάθλαση vs	

		Takagi AR1	
	30 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nikon NK-8000 Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nidek AR-1000	VDD=0,58±0,38 VDD=0,43±0,26
	100 ενήλικες (200 μάτια) όχι κυκλοπληγία	Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Shin-Nippon SRW-5000	MSE=0,16 95% LoA= -0,70 ~ +1,02 J0=-0,10 95% LoA= -0,47 ~ +0,27 J45=-0,10 95% LoA= -0,39 ~ +0,19
	60 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Topcon BV-1000 vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	MSE=0,21±0,31 J0=-0,04±0,14 J45=+0,02±0,11
	100 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Topcon BV-1000 vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	MSE=0,10±0,37 95% LoA= -0,63 ~ + 0,83 J0=-0,04±0,13 95% LoA= -0,30 ~ +0,22 J45=-0,01±0,11 95% LoA= -0,22 ~ + 0,21 VDD=0,37
	190 ενήλικες όχι κυκλοπληγία	Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Nidek ARK-700A Υποκειμενικ ή διάθλαση vs Topcon KR-8000	MSE=-0,03±0,36 95% LoA= -0,74 ~ + 0,68 MSE=0,11±0,34 95% LoA= -0,55 ~ + 0,77
	117 παιδιά όχι κυκλοπληγία	Retinomax K2 vs Υποκειμενικ ή διάθλαση Canon RK10 vs	SPHERE=-1,31±2,21 CYL=-0,50±0,78 MSE=-1,55±2,37 95% LoA= -1,98~ -1,12 SPHERE=-0,88±2,44 CYL=-0,47±0,78

	Υποκειμενική διάθλαση	MSE=-1,11±2,61 95% LoA= -1,59~ -0,64
	Grand Seiko WR-5100K vs Υποκειμενική διάθλαση	SPHERE=-0,46±2,19 CYL=-0,66±0,77 MSE=-0,79±2,4 95% LoA= -1,23~ -0,35

*όλες οι τιμές είναι σε διοπτρίες (D)

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του huvitz με τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δείχνει ότι το huvitz δίνει υπερμετροπικότερα (λιγότερο αρνητικά) αποτελέσματα σε σύγκριση με τα περισσότερα άλλα αυτόματα διαθλασίμετρα. Η πιο άμεση σύγκριση μπορεί να γίνει με τις έρευνες των που χρησιμοποιούν την ίδια στατιστική ανάλυση με της συγκεκριμένης εργασίας αν και το δείγμα τους είναι αρκετά μεγαλύτερο.

Η σύγκριση με την έρευνα του Mallen δείχνει ότι το huvitz δίνει λιγότερο αρνητικά αποτελέσματα σε σύγκριση με το Shin-Nippon SRW-5000 παρ'όλο που το Shin-Nippon είναι διαθλασίμετρο ανοιχτού πεδίου και συνεπώς δεν επηρεάζεται από το φαινόμενο της instrument myopia που οδηγεί σε αρνητικότερες διαθλάσεις όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Επίσης το 95% διάστημα εμπιστοσύνης του είναι μεγαλύτερο από του huvitz όσον αφορά το σφαιρικό ισοδύναμο. Τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης είναι επίσης μεγαλύτερα για το J0 και το J45 δείχνοντας ότι το huvitz έχει καλύτερη συμφωνία και στους τρεις όρους (sme, j0, j45) με την υποκειμενική διάθλαση.

Η σύγκριση με τις έρευνες των Sheedy, Dave & Fukuma δείχνουν ότι η υποκειμενική διάθλαση και στις 3 περιπτώσεις δίνει αρνητικότερες τιμές από το αυτόματο διαθλασίμετρο και συνεπώς επηρεάζεται περισσότερο από την επίδραση της προσαρμογής. Τα όρια εμπιστοσύνης και στις 3 περιπτώσεις και για το sme και για τα j0 και j45 είναι σχεδόν τα ίδια αν και του huvitz είναι ελάχιστα στενότερα

Η μεγαλύτερη διαφορά σε σύγκριση με τις τιμές του παραπάνω πίνακα εμφανίζεται στην έρευνα των . Στην συγκεκριμένη έρευνα η διαφορά είναι αναμενόμενη αφού συμμετέχουν παιδιά στα οποία η προσαρμογή είναι πλήρως ενεργή και οι μηχανισμοί θόλωσης του μηχανήματος δεν επαρκούν σε συνδιασμό με το φαινόμενο της instrument myopia για να δώσουν θετικότερες τιμές σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση.

6.1.2.2) Ακρίβεια του HRK-7000 με κυκλοπληγία

Πίνακας 4

ακρίβεια του HRK-7000 με κυκλοπληγία.

	hrk-7000 cyclo - manifest cyclo
SPHERE	0,25±0,21 D
CYLINDER	0,01±0,26 D
MSE	0,26±0,25 D
LoA	0,75 ~ -0,23 D
J0	-0,01±0,13 D
LoA	0,24 ~ -0,26 D
J45	0,04±0,1 D
LoA	0,24 ~ -0,16 D
VDD	0,37±0,27 D

Ένα πρώτο σχόλιο που μπορεί να γίνει είναι ότι η διαφορά μεταξύ του hunvitz και της υποκειμενικής διάθλασης είναι μεγαλύτερη στο σφαιρικό ισοδύναμο στην σύγκριση με κυκλοπληγία αλλά το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι στενότερο.

Αυτό δείχνει ότι σε συνθήκες κυκλοπληγίας η διαφορά μεταξύ του hunvitz και της υποκειμενικής διάθλασης είναι μεγαλύτερη αλλά οι δύο μέθοδοι έχουν καλύτερη συμφωνία (στενότερο διάστημα εμπιστοσύνης, καλύτερη συσχέτιση $r=0,992$ στην 2^η περίπτωση.)

Αυτό συμφωνεί και με άλλες έρευνες που δείχνουν ότι σε συνθήκες κυκλοπληγίας οι δύο μέθοδοι συμφωνούν σε μεγαλύτερο βαθμό και θα αναλυθεί περισσότερο στην επόμενη ενότητα.

Στο j0 και j45 δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαφορά στις δύο συνθήκες (η μέση διαφορά και τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης σχεδόν συμπίπτουν).

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο για το hunvitz είναι $-4,76 \pm 2,02$ D ενώ για την υποκειμενική διάθλαση είναι $-5,01 \pm 2,06$ D. Αυτό δείχνει ότι η διάθλαση με το hunvitz δίνει πιο υπερμετροπικά αποτελέσματα ή ότι η υποκειμενική διάθλαση υπερεκτιμάει το σφαιρικό ισοδύναμο κατά $0,26 \pm 0,25$ D σε σχέση με το hunvitz.

Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική. Στο 51,1% (23 από 45) των περιπτώσεων η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 0,25 D που είναι το όριο για την κλινική σημαντικότητα. Η συσχέτιση μεταξύ των 2 μεθόδων είναι πολύ υψηλή 0,992 και στατιστικά σημαντική.

Η μέση διαφορά για το J0 είναι $-0,01 \pm 0,13$ D και δείχνει ότι το hunvitz υπερεκτιμά το

J0 κατά $0,01 \pm 0,13$ D σε σχέση με την υποκειμενική διάθλαση. Η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στο 11,1% (5 από 45) των περιπτώσεων η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 0,25 D. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των 2 μεθόδων είναι υψηλός 0,964 και η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Η μέση διαφορά $0,04 \pm 0,1$ D για το J45 δείχνει ότι η υποκειμενική διάθλαση υπερεκτιμά το J45 κατά μέσο όρο $0,04$ D σε σχέση με το hunvitz. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Ωστόσο σε καμία περίπτωση η διαφορά δεν ήταν μεγαλύτερη από 0,25 D. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των μεθόδων είναι πολύ υψηλός 0,944 και η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα από προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει για την εκτίμηση της ακρίβειας σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση με κυκλοπληγία.

Πίνακας 5

περίληψη αποτελεσμάτων από προηγούμενες μελέτες για την ακρίβεια με κυκλοπληγία.

μελετη	συμμετεχοντες	συγκριση	επαναληψιμοτητα
	22 παιδιά με κυκλοπληγία	Retinomax vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	MSE=0,07 95% LoA= -1,58 ~ +1,72 VDD=1,03 95% LoA= -0,13 ~ +2,09
	44 παιδιά με κυκλοπληγία	Shin-Nippon SRW-5000 vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	MSE=0,24 95% LoA= -0,43 ~ + 0,91 J0=-0,05 95% LoA= -0,36 ~ +0,26 J45=-0,06 95% LoA= -0,29 ~ + 0,41
	117 παιδιά με κυκλοπληγία	Retinomax K2 vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	SPHERE=-0,31±2,34 CYL=-0,46±0,75 MSE=-0,54±2,48 95% LoA= -0,99~ -0,08
		Canon RK10 vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	SPHERE=-0,29±2,34 CYL=-0,54±0,9 MSE=-0,56±2,51 95% LoA= -1,02~ -0,103
		Grand Seiko WR-5100K vs Υποκειμενικ ή διάθλαση	SPHERE=-0,07±2,26 CYL=-0,73±0,89 MSE=-0,44±2,48 95% LoA= -0,89~ 0,11

*όλες οι τιμές είναι σε διοπτρίες (D)

Δυστυχώς είναι δύσκολο να γίνουν ασφαλείς συγκρίσεις με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα μια και το δείγμα στις παραπάνω έρευνες αποτελείται από παιδιά.Ωστόσο,επειδή στις παραπάνω έρευνες έχει γίνει κυκλοπληγία ,η προσαρμογή θεωρητικά είναι εντελώς ανενεργή ,οπότε μπορεί να γίνει κάποια συσχέτιση με τα παραπάνω δεδομένα.

Στις δύο από τις 3 μελέτες , η υποκειμενική διάθλαση σε συνθήκες κυκλοπληγίας δίνει θετικότερα (λιγότερο μυωπικά) αποτελέσματα από το διαθλασίμετρο.Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για το σφαιρικό ισοδύναμο και στις δύο αυτές μελέτες είναι μεγαλύτερο από του hunvitz.

Η σύγκριση με την μελέτη των ίσως είναι ασφαλέστερη δεδομένου ότι έχει παρόμοιο μέγεθος δείγματος.Τα αποτελέσματα για το σφαιρικό ισοδύναμο είναι σχεδόν ίδια με του hunvitz ,δείχνοντας ότι και στις δύο περιπτώσεις το διαθλασίμετρο δίνει θετικότερα αποτελέσματα από την υποκειμενική διάθλαση.Το 95% διάστημα είναι στενότερο για το hunvitz δείχνοντας καλύτερη συμφωνία με την υποκειμενική διάθλαση.Η σύγκριση στο j0 δείχνει ότι το Shin-Nippon υποεκτιμάει πεισσότερο το j0 σε σχέση με το hunvitz (κατά 0,04).Η

σύγκριση στο j45 δείχνει ότι συμβαίνει το ίδιο αλλά σε μικρότερο βαθμό (κατά 0,02). Και στις δύο περιπτώσεις τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης είναι στενότερα για το hunitz.

Η ακρίβεια του hunitz και στις δύο περιπτώσεις είναι πολύ καλή συγκρινόμενη με τις προηγούμενες μελέτες. Το σημαντικότερο εύρημα της συγκεκριμένης σύγκρισης είναι ότι το hunitz και στις δύο περιπτώσεις δίνει λιγότερο μυωπική διάθλαση από την υποκειμενική διάθλαση. Αυτό δείχνει ότι δεν επηρεάζεται σημαντικά από το φαινόμενο της instrument myopia (τα αποτελέσματα συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με του Shin-Nippon που είναι διαθλασίμετρο ανοιχτού πεδίου) και επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από την προσαρμογή από την υποκειμενική διάθλαση.

Η συγκεκριμένη διαφορά μπορεί να οφείλεται και στην τάση των εξεταστών να δίνουν την πλήρη αρνητική διόρθωση ή να υπεδιορθώνουν τον εξεταζόμενο κατά 0,25 D στην υποκειμενική διάθλαση. Αυτό είναι σχετικά συνηθισμένο στους μύωπες, οι οποίοι αποτελούν και το δείγμα της συγκεκριμένης εργασίας και οι οποίοι ανέχονται εύκολα μια υπεριορθωση της τάξης του 0,25 D.

Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι στην έρευνα των εκτός από την σύγκριση διαθλασίμετρου-υποκειμενικής διάθλασης, έγινε και η σύγκριση της προηγούμενης συνταγής γυαλιών του εξεταζομένου και της υποκειμενικής διάθλασης. Η μέση διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο δεν ήταν μεγάλη αλλά το διάστημα εμπιστοσύνης ήταν ευρύτερο σε σύγκριση με του διαθλασίμετρου. Αυτό επιβεβαιώνει αυτό που αναφέραμε παραπάνω· ότι είναι σωστότερο ο εξεταστής να ξεκινάει την διαθλαστική εξέταση βασιζόμενος στα αποτελέσματα του αυτόματου διαθλασίμετρου απ' ότι στην προηγούμενη συνταγή του εξεταζόμενου.

6.1.3) Η επίδραση της κυκλοπληγίας στον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος.

Πίνακας 6

επίδραση της κυκλοπληγίας στο HRK7000 και στην υποκειμενική διάθλαση

	hrk-7000 non cyclo VS HrK-7000 CYCLO	MANIFEST NON CYCLO VS MANIFEST CYCLO
SPHERE	-0,33±0,29 D	-0,22±0,25 D
CYLINDER	0,01±0,20 D	0,06±±0,15 D
MSE	-0,33±0,31	-0,19±0,23D
LoA	0,28 D ~ -0,94 D	0,26 D ~ -0,64 D
J0	-0,02±0,12 D	-0,01±0,09 D
LoA	0,22 D ~ -0,26 D	0,18 ~ -0,19 D
J45	-0,01±0,05 D	0,00±0,09 D
LoA	0,1 D ~ -0,09 D	0,17 D ~ -0,17 D
VDD	0,36±0,31 D	0,26±0,23 D

Ο πίνακας 6 δείχνει την διαφορά που εμφανίζεται και στις δύο μεθόδους με την επίδραση της κυκλοπληγίας. Οι συγκεκριμένες τιμές δείχνουν ότι και στις δύο μεθόδους οι τιμές με κυκλοπληγία στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι θετικότερες κατά 0,33 D στο huvitz και κατά 0,19 στην υποκειμενική διάθλαση συγκρινόμενες με τις τιμές χωρίς κυκλοπληγία.

Στο huvitz στο 48,8% (22 από 45) των περιπτώσεων η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 0,25 D και είναι στατιστικά σημαντική. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ υψηλός 0,988 και η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική. Η γραμμική παινδρόμησης δείχνει ότι όσο μεγαλώνει η τιμή του σφαιρικού ισοδύναμου τόσο αυξάνεται η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων. Η συγκεκριμένη τάση είναι στατιστικά σημαντική $p=0,01$.

Στην υποκειμενική διάθλαση στο 22,2% (10 από 45) η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 0,25 D και είναι στατιστικά σημαντική. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ υψηλός 0,994 και η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Όσον αφορά το j0 και στις δύο μεθόδους υπάρχει υπερεκτίμηση του στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία. Η διαφορά είναι 0,02 για το huvitz και 0,01 για την υποκειμενική διάθλαση. Στο huvitz στο 4,4% των περιπτώσεων (2 από 45) η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 0,25 D και δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στην υποκειμενική διάθλαση το ποσοστό είναι το ίδιο και η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Όσον αφορά το j45 οι τιμές για το huvitz είναι θετικότερες με κυκλοπληγία ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει διαφορά στην υποκειμενική διάθλαση.

Τόσο στο huvitz όσο και στην υποκειμενική διάθλαση η διαφορά δεν ξεπερνά σε κανέναν εξεταζόμενο το 0,25 D και δεν είναι στατιστικά σημαντική. Υπάρχει μία τάση στο huvitz όσο αυξάνεται το j45 να αυξάνεται η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων και η οποία είναι στατιστικά σημαντική $p=0,004$.

Ο συντελεστής συσχέτισης για το huvitz είναι 0,989 ενώ για την υποκειμενική διάθλαση είναι 0,954. Η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική και στις δύο περιπτώσεις.

Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι στενότερο για την υποκειμενική διάθλαση για τα mse, j0 και στενότερο για το huvitz στο j45.

Η μέση τιμή για το σφαιρικό ισοδύναμο και το j0 είναι θετικότερη για το huvitz τόσο στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία όσο και στις μετρήσεις με κυκλοπληγία. Η μέση τιμή για το j45 είναι θετικότερη για την υποκειμενική διάθλαση και στις δύο συνθήκες.

Πίνακας 7

περίληψη αποτελεσμάτων από προηγούμενες μελέτες για την επίδραση της κυκλοπληγίας στον υπολογισμό διαθλαστικού σφάλματος.

μελετη	συμμετεχοντες	συγκριση	επιδραση κυκλοπληγίας
	44 παιδιά	Shin-Nippon SRW-5000 non cyclo vs Shin-Nippon SRW-5000 cyclo	MSE=-0,38 95% LoA= -1,32 ~ +0,56 J0=-0,06 95% LoA= -0,41 ~ +0,29 J45=-0,01 95% LoA= -0,31 ~ +

			0,31
	199 μάτια (ενήλικες)	Nidek ARK-700A non cyclo vs Nidek ARK-700A cyclo. Retinoscopy non cyclo vs retinoscopy cyclo	MSE=-0,86 95% LoA= -2,40 ~ + 0,67 J0=-0,05 95% LoA= -0,27 ~ +0,16 J45=0,01 95% LoA= -0,03 ~ + 0,14 MSE=-0,37 95% LoA= -1,25 ~ + 0,51 J0=-0,01 95% LoA= -0,23 ~ +0,21 J45=-0,01 95% LoA= -0,15 ~ + 0,14
	142 ενήλικες	Grand Seiko WAM-5500 non cyclo vs Grand Seiko WAM-5500 cyclo	MSE=-0,28 95% LoA= -0,85 ~ + 0,29 J0=-0,00 95% LoA= -0,31 ~ +0,32 J45=-0,01 95% LoA= -0,23 ~ + 0,21

*όλες οι τιμές είναι σε διοπτρίες (D)

Σε όλες τις παραπάνω έρευνες η διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών (χωρίς κυκλοπληγία – με κυκλοπληγία) είναι κλινικά σημαντική (μεγαλύτερη από 0,25 D) και στατιστικά σημαντική.

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο μηχανισμός θόλωσης των αυτόματων διαθλασιμέτρων δεν επαρκεί για επαρκή εξουδετέρωση της προσαρμογής και ο στόχος προσήλωσης πιθανότατα προκαλεί το φαινόμενο της instrument myopia.

Ωστόσο τα αποτελέσματα της έρευνας των δείχνουν ότι εμφανίζεται η ίδια τάση για υπερεκτίμηση του διαθλαστικού σφάλματος και στην περίπτωση του Shin-Nippon που είναι διαθλασιμετρο ανοιχτού πεδίου. Οι τιμές στο sme και το j0 δείχνουν μεγαλύτερη διαφορά στις δύο συνθήκες από το hunvitz και μεγαλύτερο εύρος στο 95% διάστημα εμπιστοσύνης. Αυτό είναι λογικό δεδομένου ότι το δείγμα της συγκεκριμένης έρευνας αποτελείται από παιδιά. Στα παιδιά η προσαρμογή είναι πλήρως ενεργή και η κυκλοπληγία είναι μάλλον επιβαλλόμενη.

Ο έδειξε ότι χωρίς τη χρήση κυκλοπληγίας υπάρχει η πιθανότητα το 17,8% των 12-χρονων παιδιών να θεωρηθούν μύωπες χωρίς να είναι.

Επιπλέον υπάρχουν αρκετές έρευνες που συνδέουν την προσαρμογή με την προοδευτική αύξηση της μυωπίας. Η χρήση γυαλιών με υπερδιόρθωση θα

οδηγήσει στην αυξημένη προσαρμογή η οποία με τη σειρά της πιθανώς να οδηγήσει σε προδιάθεση ανάπτυξης μυωπίας. Ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος για τα παιδιά, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που ενήλικες εμφανίζουν μυωπία σε μικρό βαθμό μετά από παρατεταμένη κοντινή εργασία. Η συγκεκριμένη μυωπία συχνά παύει να εμφανίζεται όταν αλλάξουν οι συνθήκες που την δημιουργούν (ψευδομυωπία) αλλά σε κάποιες περιπτώσεις παραμένει.

Η έρευνα των έδειξε ότι η σκιασκοπία αποτελεί καλύτερη αντικειμενική μέθοδο για το ξεκίνημα μιας διαθλαστικής εξέτασης από το αυτόματο διαθλασίμετρο γιατί οι τιμές του διαθλαστικού σφάλματος είναι θετικότερες και στις δύο συνθήκες. Αυτό δείχνει ότι η σκιασκοπία επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από την προσαρμογή. Τα αποτελέσματα του hunitz δείχνουν μικρότερη διαφορά από το διαθλασίμετρο αλλά και από την σκιασκοπία. Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για το σφαιρικό ισοδύναμο είναι στενότερο, ενώ για το J0 και J45 η διαφορά και το εύρος του διαστήματος εμπιστοσύνης είναι σχεδόν ίδιο.

Στην έρευνα των η διαφορά στο σφαιρικό ισοδύναμο είναι επίσης μεγαλύτερη από τα αποτελέσματα του hunitz ενώ είναι ευρύτερα και τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης τόσο για το J0 όσο και για το J45.

Ωστόσο η σύγκριση με τις παραπάνω έρευνες δεν είναι απολύτως ασφαλής δεδομένου ότι το δείγμα τους είναι αρκετά μεγαλύτερο, αλλά κυρίως λόγω του ότι το δείγμα τους αποτελείται και από υπερμέτρωτες. Το δικό μας δείγμα αποτελείται μόνο από μύωπες, στους οποίους η προσαρμογή είναι λιγότερο ενεργή και συνεπώς είναι αναμενόμενο να υπάρχει μικρότερη διαφορά.

Το πιο ασφαλές συμπέρασμα είναι ότι όλες οι μέθοδοι χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμούν το σφαιρικό ισοδύναμο. Αυτό είναι πιο έντονο στους υπερμέτρωτες και τα παιδιά ενώ η διαφορά μεγαλώνει όσο μεγαλώνει το διαθλαστικό σφάλμα. Τα διανύσματα J0 και J45 δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από την επίδραση της κυκλοπληγίας.

Δεδομένου ότι σε αυτήν την έρευνα οι τιμές του hunitz είναι θετικότερες από της υποκειμενικής διάθλασης και στις δύο συνθήκες δείχνοντας ότι το hunitz επηρεάζεται λιγότερο από την προσαρμογή συγκριτικά με την υποκειμενική διάθλαση, είναι ασφαλής η χρήση του στο ξεκίνημα της διαθλαστικής εξέτασης. Οι κλινικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών εμφανίζονται όταν το σφαιρικό ισοδύναμο είναι μεγαλύτερο από -3,13 D και αυξάνονται όσο αυξάνεται αυτό. Γι' αυτό θα ήταν χρήσιμο σε αμετρωπίες μεγαλύτερες από αυτήν να γίνεται κυκλοπληγία ή θόλωση. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι η χρήση θολωτικών φακών δρα ανασταλτικά στην λειτουργία της προσαρμογής σε ικανοποιητικό βαθμό στους μύωπες και τους εμμέτρωτες και η κυκλοπληγία μπορεί να αποφευχθεί. Αυτό δυστυχώς δεν ελέγχθηκε στην συγκεκριμένη εργασία αλλά έχοντας ως δεδομένο ότι η επίδραση της κυκλοπληγίας είναι μικρότερη στο hunitz από το Grand Seiko WAM-5500 είναι πολύ πιθανό να ισχύει.

6.2) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ.

6.2.1) *Επαναληψιμότητα HRK-7000 χωρίς και με κυκλοπληγία για τα κύρια κερατομετρικά και τα περιφερικά στοιχεία του οφθαλμού.*

Πίνακας 8

επαναληψιμότητα HRK-7000 με και χωρίς κυκλοπληγία.

	hrk-7000 non cyclo	hrk-7000 cyclo
K MEAN	0,00±0,02	0,00±0,02
LoA	0,04 ~ -0,05	0,05 ~ -0,04
pearson	0,995	0,995
K NASAL	0,02±0,36	0,12±0,51
LoA	0,72 ~ -0,69	1,13 ~ - 0,89
pearson	0,768	0,405
K TEMPORAL	-0,06±0,22	0,00±0,26
LoA	0,37 ~ -0,49	0,52 ~ -0,52
pearson	0,776	0,724
K SUPERIOR	0,04±0,24	0,01±0,37
LoA	0,51 ~ -0,43	0,73 ~ -0,72
pearson	0,730	0,503
K INFERIOR	0,11±0,30	0,00 ±0,23
LoA	0,69 ~ - 0,48	0,45 ~ -0,45
pearson	0,552	0,662

*όλες οι τιμές είναι σε χιλιοστά (mm).

Η επαναληψιμότητα στο k mean (μέση ακτίνα καμπυλότητας) είναι πολύ καλή και στις δύο συνθήκες.

Η μέση διαφορά στην επαναληψιμότητα χωρίς κυκλοπληγία είναι μηδέν δείχνοντας ότι η μέση ακτίνα καμπυλότητας δεν αλλάζει μεταξύ των μετρήσεων. Το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να προκύψει μεταξύ των μετρήσεων είναι η υπερεκτίμηση κατά 0,05 mm ή υποεκτίμηση κατά 0,04 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική και η συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων είναι πολύ υψηλή και είναι στατιστικά σημαντική. Η μέση διαφορά στο k mean όταν έχει γίνει κυκλοπληγία είναι επίσης 0,00 δείχνοντας ότι σε συνθήκες κυκλοπληγίας η μέση ακτίνα καμπυλότητας δεν διαφοροποιείται μεταξύ των μετρήσεων. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ υψηλός και το διάστημα εμπιστοσύνης έχει το ίδιο εύρος με την επαναληψιμότητα χωρίς κυκλοπληγία.

Στο k nasal η συσχέτιση είναι σχετικά καλή στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία και κακή στις μετρήσεις με κυκλοπληγία. Η επαναληψιμότητα είναι χειρότερη στις μετρήσεις με κυκλοπληγία, όπου ο συντελεστής συσχέτισης είναι μικρότερος και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης των μετρήσεων είναι μεγαλύτερο κατά 0,61 mm. Η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων χωρίς κυκλοπληγία είναι 0,02mm. Αυτή η διαφορά για μέση ακτίνα καμπυλότητας 8,14mm αντιστοιχεί σε 0,1 D. Η συγκεκριμένη διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική αλλά ούτε κλινικά σημαντική. Η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων με κυκλοπληγία είναι 0,12 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά για μέση ακτίνα καμπυλότητας 7,99 mm αντιστοιχεί σε 0,63 D. Αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική αλλά ούτε κλινικά σημαντική.

Η επαναληψιμότητα στο k temporal είναι ελαφρώς καλύτερη στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι λίγο υψηλότερος στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι στενότερο παρ'όλο που η μέση διαφορά είναι μεγαλύτερη. Η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων χωρίς κυκλοπληγία είναι 0,06 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά για μέση ακτίνα καμπυλότητας 7,84 mm αντιστοιχεί σε 0,33 D και δεν είναι ούτε κλινικά ούτε στατιστικά σημαντική. Η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων με κυκλοπληγία είναι 0,00.

Η επαναληψιμότητα στο k superior είναι καλύτερη στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι αρκετά υψηλότερος και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι στενότερο. Η μέση διαφορά στο k superior για τις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία είναι 0,04mm. Αυτή η διαφορά ,για ακτίνα καμπυλότητας 7,86 mm αντιστοιχεί σε 0,21 D. Η συγκεκριμένη διαφορά δεν είναι ούτε κλινικά ούτε στατιστικά σημαντική.

Η μέση διαφορά για τις μετρήσεις με κυκλοπληγία είναι 0,01 mm. Αυτή η διαφορά για ακτίνα καμπυλότητας 7,87 mm αντιστοιχεί σε 0,05 D. Η συγκεκριμένη διαφορά δεν είναι ούτε κλινικά ούτε στατιστικά σημαντική.

Η επαναληψιμότητα στο k inferior είναι λίγο καλύτερη στις μετρήσεις με κυκλοπληγία. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι λίγο μεγαλύτερος ,η διαφορά είναι μικρότερη ενώ το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι λίγο στενότερο. Στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία η μέση διαφορά είναι 0,11 mm . Η συγκεκριμένη διαφορά για μέση ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,83 mm αντιστοιχεί σε 0,6 D. Αυτή η διαφορά δεν είναι κλινικά ούτε στατιστικά σημαντική. Στις μετρήσεις με κυκλοπληγία η μέση διαφορά είναι 0,00 .

Συνολικά το huvitz έδειξε πολύ καλή επαναληψιμότητα στον υπολογισμό του k mean και αρκετά καλή στο k temporal. Η χειρότερη επαναληψιμότητα εμφανίζεται στον υπολογισμό του k nasal.

Η επαναληψιμότητα χωρίς κυκλοπληγία είναι καλύτερη για τα k nasal , k temporal και k superior ενώ η επαναληψιμότητα με κυκλοπληγία είναι καλύτερη για τα k temporal και k inferior.

Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές αλλά ούτε κλινικά σημαντικές διαφορές στον υπολογισμό των περιφερικών στοιχείων του κερατοειδούς με βάση το κλινικό κριτήριο 0,75 D .

6.2.2) Σύγκριση μετρήσεων με το HRK-7000 για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του οφθαλμού με και χωρίς κυκλοπληγία

Πίνακας 9

επίδραση της κυκλοπληγίας στο HRK7000 για τα κύρια και τα περιφερικά στοιχεία του οφθαλμού.

	hrk-7000 non cyclo-hrk-7000 cyclo
K MEAN	0,01±0,02
LoA	0,05 ~ -0,03
pearson	0,996
K NASAL	0,15±0,72
LoA	1,57 ~ -1,27
pearson	0,316
K TEMPORAL	0,04±0,18
LoA	0,39 ~ -0,32
pearson	0,886
K SUPERIOR	-0,04±0,2
LoA	0,35 ~ -0,43
pearson	0,802
K INFERIOR	-0,07±0,23
LoA	0,38 ~ - 0,53
pearson	0,601

*όλες οι τιμές είναι σε χιλιοστά (mm).

Η σύγκριση των μετρήσεων στο k mean χωρίς και με κυκλοπληγία δείχνει ότι στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία το huvitz υποεκτιμάει την μέση ακτίνα καμπυλότητας κατά 0,01 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά μεταφράζεται ,για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,67 mm σε 0,06D. Αυτή η διαφορά αν και είναι στατιστικά σημαντική δεν είναι κλινικά σημαντική. Η συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων είναι πολύ υψηλή και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι πολύ στενό.

Η σύγκριση των μετρήσεων στο k nasal δείχνει ότι η συσχέτιση των μετρήσεων είναι πολύ μικρή. Η μέση διαφορά 0,15 mm αντιστοιχεί σε 0,78 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 8,06 mm και δείχνει ότι σε συνθήκες χωρίς κυκλοπληγία το huvitz μπορεί να υποεκτιμήσει το k nasal κατά 0,15 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική αλλά είναι κλινικά σημαντική. Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης έχει πολύ μεγάλο εύρος.

Η σύγκριση στο k temporal δείχνει ότι υπάρχει αρκετά καλή συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων. Η μέση διαφορά 0,04 mm δείχνει ότι το huvitz χωρίς κυκλοπληγία μπορεί να υποεκτιμήσει το k temporal κατά 0,04mm. Η συγκεκριμένη διαφορά ,για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,82 mm αντιστοιχεί σε 0,22D. Αυτή η διαφορά δεν είναι ούτε κλινικά ούτε στατιστικά σημαντική.

Η σύγκριση των μετρήσεων στο k superior δείχνει αρκετά υψηλή συσχέτιση. Η μέση διαφορά -0,04mm δείχνει ότι το huvitz χωρίς κυκλοπληγία υπερεκτιμάει το k superior κατά 0,04mm. Αυτή η διαφορά αντιστοιχεί σε 0,22D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,87 mm. Η διαφορά αυτή δεν είναι ούτε στατιστικά ούτε κλινικά σημαντική.

Η σύγκριση των μετρήσεων στο k inferior δείχνει ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων. Η μέση διαφορά -0,07 mm δείχνει ότι το huvitz χωρίς κυκλοπληγία θα υπερεκτιμήσει το k inferior κατά 0,07 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά αντιστοιχεί σε 0,38 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,86 mm. Αυτή η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική αλλά ούτε κλινικά σημαντική.

Συνολικά υπάρχει καλή συσχέτιση στο k mean ,k temporal και k superior.
 Η καλύτερη συσχέτιση εμφανίζεται στο k mean που έχει και το στενότερο 95% διάστημα εμπιστοσύνης ενώ η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίζεται στο k nasal, στο οποίο ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ χαμηλός και το 95% διάστημα εμπιστοσύνης είναι το μεγαλύτερο.

Στις μετρήσεις χωρίς κυκλοπληγία το hunitz μετράει κυρτότερο κερατοειδή για τα k mean ,k nasal και k temporal και πιο επίπεδο κερατοειδή για τα k superior και k inferior.

Η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά εμφανίζεται στο k mean.Ωστόσο η συγκεκριμένη διαφορά είναι πολύ μικρή και δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα .

Στα υπόλοιπα στοιχεία δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές .Η μόνη κλινικά σημαντική διαφορά βρέθηκε για το k nasal. Δεδομένου ότι υπάρχει κακή συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων το πιθανότερο είναι ότι η συγκεκριμένη διαφορά οφείλεται σε κακές μετρήσεις στην 2^η περίπτωση (με χρήση κυκλοπληγίας).

6.2.3) Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ του HRK-7000 και του Technomed C-Scan Colour Ellipsoid Topometer για τα κύρια και τα περιφερικά κερατομετρικά στοιχεία του οφθαλμού.

Πίνακας 10

αποτελέσματα μεταξύ του HRK-7000 και του Technomed C-Scan Colour Ellipsoid Topometer για τα κύρια και τα περιφερικά κερατομετρικά στοιχεία του οφθαλμού

	hrk-7000 vs c-scan
K 1	-0,08±0,034
LoA	-0,02 ~ -0,15
pearson	0,992
K 2	-0,06±0,05
LoA	-0,04 ~ -0,16
pearson	0,983
K NASAL	0,23±0,47
LoA	1,15 ~ -0,69
pearson	0,323
K TEMPORAL	-0,06±0,18
LoA	0,29 ~ - 0,41
pearson	0,803
K SUPERIOR	0,16±0,23
LoA	0,61 ~ - 0,29
pearson	0,689
K INFERIOR	0,13±0,30
LoA	0,72 ~ -0,47
pearson	0,449

*όλες οι τιμές είναι σε χιλιοστά (mm).

Η διαφορά στο k1 (πρόσθια ακτίνα καμπυλότητας) δείχνει ότι το huvitz μετράει κυρτότερο κερατοειδή για το k1 σε σύγκριση με το c-scan κατά 0,08 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,80 mm αντιστοιχεί σε 0,44 D. Αυτή η διαφορά είναι στατιστικά αλλά όχι κλινικά σημαντική. Η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων είναι αρκετά υψηλή.

Η διαφορά στο k2 (οπίσθια ακτίνα καμπυλότητας) δείχνει ότι το huvitz θα μετρήσει κυρτότερο κερατοειδή για το k2 κατά 0,06 mm σε σύγκριση με το c-scan. Η συγκεκριμένη διαφορά αντιστοιχεί σε 0,35 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,63 mm. Η διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων είναι και στατιστικά σημαντική αλλά όχι κλινικά σημαντική.

Η διαφορά στο k nasal δείχνει ότι το huvitz θα μετρήσει κυρτότερο κερατοειδή για το k nasal κατά 0,23 mm σε σύγκριση με το c-scan. Αυτή η διαφορά αντιστοιχεί σε 1,2 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 8,025 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι στατιστικά αλλά και κλινικά σημαντική. Η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων δεν είναι καλή.

Η διαφορά στο k temporal δείχνει ότι το huvitz θα μετρήσει πιο επίπεδο κερατοειδή για το k temporal κατά 0,06 mm σε σύγκριση με το c-scan. Αυτή η διαφορά αντιστοιχεί σε 0,3 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,875 mm. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι στατιστικά αλλά όχι κλινικά σημαντική. Η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων είναι αρκετά υψηλή.

Η διαφορά στο k superior δείχνει ότι το huvitz θα μετρήσει πιο επίπεδο κερατοειδή για το k superior κατά 0,16 mm. Αυτή η διαφορά αντιστοιχεί σε 0,9 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,78 mm. Η διαφορά είναι και κλινικά και στατιστικά σημαντική. Η συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων είναι αρκετά καλή.

Η διαφορά στο k inferior δείχνει ότι το huvitz θα μετρήσει πιο επίπεδο κερατοειδή για το k inferior κατά 0,13 mm σε σύγκριση με το c-scan. Η συγκεκριμένη διαφορά αντιστοιχεί σε 0,73 D για ακτίνα καμπυλότητας ίση με 7,765 mm. Αυτή η διαφορά είναι στα όρια κλινικής σημαντικότητας και είναι στατιστικά σημαντική. Η συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων είναι μέτρια.

Γενικά η συμφωνία του huvitz με το c-scan δεν είναι καλή. Η καλύτερη συμφωνία είναι στον υπολογισμό των k1, k2 όπου η συσχέτιση είναι πολύ υψηλή και στο k temporal και k superior. Στο k inferior η συσχέτιση είναι μέτρια και στο k nasal κακή.

Οι διαφορές σε όλα τα κερατομετρικά στοιχεία είναι και στατιστικά σημαντικές. Οι διαφορές είναι κλινικά σημαντικές για το k nasal και k superior.

Το huvitz μετράει πιο κυρτό κερατοειδή σε σχέση με το C-Scan για τα k1, k2 και k temporal και πιο επίπεδο κερατοειδή για τα k nasal, k superior και k inferior.

7^ο ΜΕΡΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

- ✓ η επαναληψιμότητα του HRK-7000 είναι πολύ υψηλή
- ✓ η ακρίβεια του HRK-7000 είναι πολύ υψηλή
- ✓ η ακρίβεια του HRK-7000 είναι λίγο καλύτερη σε συνθήκες κυκλοπληγίας
- ✓ το HRK-7000 δίνει υπερμετροπικότερη διάθλαση από την υποκειμενική διάθλαση τόσο σε συνθήκες μη κυκλοπληγίας όσο και σε συνθήκες κυκλοπληγίας
- ✓ τόσο το HRK-7000 όσο και η υποκειμενική διάθλαση δίνουν μωπικότερη διάθλαση χωρίς τη χρήση κυκλοπληγίας και συνεπώς επηρεάζονται από τους μηχανισμούς της προσαρμογής

7.2) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ

- ✓ η επαναληψιμότητα του HRK-7000 είναι πολύ υψηλή κεντρικά και χειροτερεύει στην περιφέρεια
- ✓ η ακρίβεια του HRK-7000 είναι καλή κεντρικά και χειροτερεύει στην περιφέρεια
- ✓ το HRK-7000 μετράει πιο κυρτό κερατοειδή για τα k 1, k 2 και k nasal και πιο επίπεδο κερατοειδή για τα k temporal ,k superior και k inferior σε σύγκριση με το c-scan

7.3) ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

- ✓ Στην συγκεκριμένη έρευνα συμμετείχαν μόνο μύωπες οι οποίοι αποτελούν μια ομάδα εξεταζομένων με μειωμένη προσαρμογή
- ✓ Η υποκειμενική διάθλαση δεν έγινε μόνο από έναν εξεταστή αλλά από 4 διαφορετικούς εξεταστές.
- ✓ Στην συγκεκριμένη έρευνα δεν έγινε μελέτη της επαναληψιμότητας της υποκειμενικής διάθλασης

7.4) ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

- ✓ Ο έλεγχος της ακρίβειας και της επαναληψιμότητας του HRK-7000 σε υπερμέτρωτες και παιδιά
- ✓ Ο έλεγχος της ακρίβειας και της επαναληψιμότητας του HRK-7000 σε μετεγχειρητικούς ασθενείς ,στους οποίους σύμφωνα με τις υπάρχουσες έρυνες ,τα αυτόματα διαθλασίμετρα δίνουν διαφορετικές μετρήσεις σε σύγκριση με την υποκειμενική διάθλαση και συνεπώς δεν θεωρούνται αξιόπιστα

8^ο ΜΕΡΟΣ –ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1.