



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ: Οπτικής και Οπτομετρίας

ΤΙΤΛΟΣ

“Συγκριτική μελέτη του αστιγματισμού σε άνοιγμα μεταξύ των 3mm και 5mm
καταγεγραμμένου από τοπογράφο σε φυσιολογικούς οφθαλμούς”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ: Αχιλλέας Παπαγεωργίου

ΑΜ: 63516086

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ευάγγελος Πατέρας

ΑΘΗΝΑ 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

FACULTY OF HEALTH AND CARE SCIENCES

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES

DIVISION: Optics and Optometry

TITLE

**“Comparing study of astigmatism in an opening between 3 mm and 5 mm
recorded from a topographer on ordinary eyes”**

DISSERTATION

Name: Achilles Papageorgiou

Candidate Number: 63516086

Supervisor: Evangelos Pateras

ATHENS 2023



ΤΙΤΛΟΣ

“Συγκριτική μελέτη του αστιγματισμού σε άνοιγμα μεταξύ των 3mm και 5mm καταγεγραμμένου από τοπογράφο σε φυσιολογικούς οφθαλμούς”

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Αθηνά Πλακίτση

Κωνσταντίνος Καραμπάτσας

Ευάγγελος Πατέρας

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗΥΠΟΓΡΑΦΗ
	Αθηνά Πλακίτση	Επίκουρη καθηγήτρια	
	Κωνσταντίνος Καραμπάτσας	Επίκουρος καθηγητής	
	Πατέρας Ευάγγελος	Κκαθηγητής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ


Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Αχιλλέας Παπαγεωργίου του Αριστοτέλη, με αριθμό μητρώου 63516086 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή*

Ο/Η Δηλών/ούσα



*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**

(Υπογραφή)

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

**** Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):***

https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf

Κεφάλαιο 1.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Αστιγματισμός.....	2
1.2.1 Αιτιολογία	2
1.2.2 Επιδημιολογία	3
1.2.3 Παθοφυσιολογία	4
1.3 Χάρτες καμπυλότητας και Χάρτες διαθλαστικής δύναμης.....	5
1.3.1 Αρχή λειτουργίας	5
1.3.2 Τρόποι μέτρησης.....	6
1.3.2.1 Τοξοειδής μέθοδος	6
1.3.2.2 Μέθοδος της εφαπτομένης.....	7
1.3.3 Άξονας αναφοράς	9
1.3.3.1 Πραγματικός άξονας αναφοράς	10
1.3.4 Σχήματα φυσιολογικής καμπυλότητας κερατοειδούς.....	10
1.3.5 Διαφορές μεταξύ τοξοειδικών και εφαπτομενικών χαρτών	13
1.4 Χάρτες ανύψωσης κερατοειδούς	14
1.4.1 Αρχή λειτουργίας	14
1.5 Σώμα αναφοράς	15
1.5.1 Αρχή λειτουργίας	15
1.5.2 Είδη.....	17
1.5.2.1 Ελλειψοειδές σώμα	17
1.5.2.2 Τορικό ελλειψοειδές σώμα.....	18
1.5.2.3 Σφαιρικό σώμα.....	18
1.6 Σχήμα επιπλέοντος σώματος.....	19
1.7 Κλινική διάγνωση	21
1.8 Pentacam	22
1.8.1 Αρχή λειτουργίας	23
1.8.2 Παχυμετρία Pentacam και άλλων συσκευών.....	32
1.8.3 Χρήση στην κλινική διάγνωση	35
1.8.4 Προσομοίωση φακικού ενδοφακού προσθίου θαλάμου	44
Κεφάλαιο 2.....	44
2.1 Υλικά και Μέθοδοι.....	44
2.1.1 Ο τοπογράφος και η λήψη μετρήσεων.....	44
Κεφάλαιο 3.....	45
3.1 Αποτελέσματα.....	45
3.1.1 Στατιστική ανάλυση δεδομένων	45
Κεφάλαιο 4.....	51
4.1 Συμπέρασμα.....	51

4.1.1 Σύγκριση μετρήσεων των 3 mm, 5 mm και 7mm.....	52
Paired samples t-test	53
Paired samples t-test	54
Paired samples t-test	56
Βιβλιογραφία.....	61

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή, θα διαπραγματευτεί πειραματικά εάν παρατηρείται κάποια αξιοσημείωτη αλλαγή στις τιμές του κερατοειδικού αστιγματισμού όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της κόρης. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό, θα διερευνηθεί στις αποστάσεις από 3mm έως 7 mm από το κέντρο της κόρης. Με άλλα λόγια, θα προσπαθήσουμε να διαπιστεύσουμε εάν επηρεάζεται ο κερατοειδικός αστιγματισμός (δηλαδή το ανάγλυφο του κερατοειδούς) από την τοποθεσία ενός σημείου πάνω στον κερατοειδή σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία του. Αυτό κρίθηκε σημαντικό να διερευνηθεί, διότι, παρότι γνωρίζουμε τη σχέση αυτή μεταξύ τοποθεσίας και παθολογικής ανωμαλίας πάνω στον κερατοειδή, κάτι τέτοιο δεν γνωρίζετε για τους φυσιολογικούς οφθαλμούς. Γι'αυτόν τον λόγο, αρχικά, θα πρέπει να εξηγηθεί στο μέτρο που κρίνεται απαραίτητο, τι είναι ο αστιγματισμός και ποια είναι η αιτιολογία, επιδημιολογία και παθοφυσιολογία του.

Στη συνέχεια, θα γίνει πλήρης ανάλυση των ιδιοτήτων των συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν, των τρόπων λειτουργίας τους και των μέσων που χρησιμοποιούν για την λήψη των μετρήσεων τους. Ειδικότερα, θα γίνει αναφορά στην αρχή λειτουργίας των τοπογράφων, στους χάρτες καμπυλότητας και διαθλαστικής δύναμης, στον τρόπο μέτρησής τους δηλαδή στην τοξοειδή και εφατομενική μέθοδο, και στους κανόνες φυσικής που ακολουθούν. Έπειτα, θα γίνει σύγκριση μεταξύ των χαρτών και μια σύντομη παρουσίαση φυσιολογικών και μη, εκδοχών σχημάτων κερατοειδούς. Στο επόμενο υποκεφάλαιο, αναπτύσσονται τα ίδια στοιχεία για τους χάρτες ανύψωσης κερατοειδούς που δίνουν άλλα στοιχεία βάση της λειτουργίας τους, αναγράφονται τα διάφορα σώματα αναφοράς που χρησιμοποιούν και τα πλεονεκτήματα του καθενός. Συνοψίζοντας, αναφέρονται οι τιμές και τα δεδομένα που θεωρούνται φυσιολογικά κατά την χρήση αυτών των χαρτών στην κλινική διάγνωση.

Τέλος, στο τελευταίου υποκεφάλαιο εστιάζουμε στο όργανο ονόματι Pentacam. Αναπτύσσεται λεπτομερώς η αρχή λειτουργίας του, οι διαθέσιμες ρυθμίσεις για την μέτρηση διαφόρων τιμών και τα διάφορα σώματα αναφοράς στην μέτρηση της κερατοειδικής επιφάνειας. Συνεχίζοντας, γίνεται αναφορά στα επαναλαμβανόμενα σχήματα και τιμές κατά την μέτρηση της πρόσθιας και οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας και αναλύεται η σημασία τους για την

ανίχνευση διαφόρων ανωμαλιών. Γίνεται σύγκριση της παχυμετρίας που λαμβάνεται από το Pentacam με την παχυμετρία άλλων συσκευών, και αναπτύσσεται λόγος για την πιθανή αντικατάσταση των κατεστημένων οργάνων για την μέτρηση και διάγνωση παθήσεων από όργανα όπως το εν λόγω μηχάνημα. Ολοκληρώνοντας, αναγράφεται η χρήση του Pentacam στην κλινική διάγνωση του κερατόκωνου και άλλων παθήσεων και διασαφηνίζονται οι πιθανές λειτουργίες του οργάνου σε προσομοιώσεις φακικών ενδοφακών προσθίου θαλάμου.

1.2 Αστιγματισμός

Αστιγματισμός είναι η διαθλαστική ανωμαλία στην οποία παράλληλες ακτίνες δεν διαθλώνται ισότιμα σε όλους τους μεσημβρινούς. Οι ακτίνες φωτός που διαθλώνται δεν εστιάζουν σε ένα σημείο και δημιουργούν μια γραμμή εστίασης (1). Αναλογεί περίπου στο 13 τις εκατό όλων των διαθλαστικών ανωμαλιών στον ανθρώπινο οφθαλμό(2). Η ερευνητική μελέτη του αστιγματισμού, με την βοήθεια σύγχρονων τεχνολογικών μέσων, έχει επεκταθεί σε πολυάριθμες και εξειδικευμένες πτυχές του. Μέσω αυτών των ερευνών, έχει διαπιστωθεί η σχέση μεταξύ αστιγματισμού και μυωπίας, όπως επίσης και διάφοροι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τον αστιγματισμό. Μπορούν να είναι εξωγενείς όπως η πίεση από το βλέφαρο, η πίεση εξόφθαλμων μυών και μπορούν να είναι ενδογενείς όπως το μέγεθος του βολβού και η προσαρμογή. Η μη αντιμετώπιση του αστιγματισμού μπορεί να οδηγήσει στην μείωση της οπτικής οξύτητας και σε αμβλυωπία (2).

1.2.1 Αιτιολογία

Οφείλεται είτε σε ανωμαλίες της κυρτότητας κάποιας διαθλαστικής επιφάνειας του οπτικού συστήματος του οφθαλμού (κατά κύριο λόγο του κερατοειδή), είτε στην έκκεντρη τοποθέτηση της, είτε τέλος σε ανωμαλίες του δείκτη διάθλασης (3).

Από την παραπάνω αιτιολογία, προκύπτει η ύπαρξη τριών ειδών αστιγματισμού:

- i. κερατικός
- ii. φακικός

iii. και αμφιβληστροειδικός

Σύμφωνα με τον μεσημβρινό, μπορεί να υπάρξουν τέσσερις τύποι αστιγματισμού:

- i. με τον κανόνα (οι δύο άξονες είναι κάθετοι μεταξύ τους και ο κάθετος μεσημβρινός είναι πιο κυρτός από τον οριζόντιο).
- ii. παρά τον κανόνα (οι δύο άξονες είναι κάθετοι μεταξύ τους και ο οριζόντιος μεσημβρινός είναι πιο κυρτός από τον κάθετο).
- iii. πλάγιος (οι δύο άξονες είναι κάθετοι μεταξύ τους, δεν είναι οριζόντιοι ή κάθετοι αλλά λοξοί)
- iv. ανώμαλος πλάγιος (οι δύο άξονες δεν είναι κάθετοι μεταξύ τους, δεν είναι οριζόντιοι ή κάθετοι αλλά λοξοί π.χ. στις 20 και 110 μοίρες).

Ανάλογα με την τοποθέτηση της εστίασης των ακτινών που διαθλώνται από τον οφθαλμό, ο αστιγματισμός μπορεί να χωριστεί σε τρεις υποκατηγορίες:

- i. Απλό. Σε αυτήν την υποκατηγορία έχουμε τον απλό μυωπικό και τον απλό υπερμετρωπικό. Όταν οι ακτίνες σε έναν μεσημβρινό εστιάζουν μπροστά από τον αμφιβληστροειδή έχουμε απλό μυωπικό, και όταν εστιάζουν πίσω από τον αμφιβληστροειδή έχουμε απλό υπερμετρωπικό.
- ii. Σύνθετο. Πάλι, όπως και πριν, σε αυτήν την υποκατηγορία έχουμε τον σύνθετο μυωπικό και τον σύνθετο υπερμετρωπικό. Όταν οι ακτίνες και στους δύο μεσημβρινούς εστιάζουν μπροστά από τον αμφιβληστροειδή έχουμε σύνθετο μυωπικό, και όταν εστιάζουν πίσω από τον αμφιβληστροειδή έχουμε σύνθετο υπερμετρωπικό.
- iii. Μικτό, όπου οι ακτίνες σε έναν μεσημβρινό εστιάζουν μπροστά από τον αμφιβληστροειδή και στον άλλον πίσω.

1.2.2 Επιδημιολογία

Ο αστιγματισμός αλλάζει με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα την ηλικία. Σε νεαρά παιδιά, ηλικίας από 0 έως 4 ετών, παρατηρείται υψηλός δείκτης κερατοειδικού αστιγματισμού, δηλαδή ο κερατοειδής είναι έντονα κυρτός, και οι περισσότερες περιπτώσεις είναι με παρά τον κανόνα αστιγματισμό. Σε μεγαλύτερα παιδιά, ηλικίας από 4 έως 18 ετών, παρατηρείται μείωση του αστιγματισμού, ο κερατοειδής είναι πιο επίπεδος και περιπτώσεις με τον κανόνα

αστιγματισμού είναι πιο συχνές. Σε άτομα ηλικίας 18 με 40 ετών, ο αστιγματισμός είναι σπανιότερα παρά τον κανόνα και ο κερατοειδής παραμένει σταθερός. Σε ηλικίες 40 και άνω, ο κερατοειδής γίνεται πιο κυρτός και υπάρχει μια αλλαγή προς παρά τον κανόνα αστιγματισμός (4).

Έπειτα, παρατηρείται μια συσχέτιση μεταξύ εθνικότητας και αστιγματισμού. Έχει παρατηρηθεί αυξημένη παρουσία με τον κανόνα αστιγματισμού σε Ινδιάνους(5). Οι Harvey, Dobson, και Miller ανέφεραν αστιγματισμό τουλάχιστον 1.00D σε 42% των παιδιών σε σχολείο (6). Έχει σημειωθεί ακόμη, και η επιρροή κακής διατροφής στην υγεία και τις ιδιότητες του κερατοειδούς. Μεγάλες είναι επίσης, σε άτομα ασιατικής καταγωγής, η σημειωθείσα αλλαγή αστιγματισμού λόγω της σχισμοειδούς φυσιολογίας των βλεφάρων και της ασκούμενης υπό αυτών πίεση στον κερατοειδή. Οι Kleisnsteinetal. ανέφεραν την επικράτηση μιάς ή περισσότερων διοπτριών σε 33.6% Ασιατών και 36.9% Ισπανών παιδιών (2). Αξιοσημείωτες είναι τέλος και οι παρατηρήσεις άλλων χωρών όπως η Βραζιλία, που κατέγραψε επικράτηση αστιγματισμού 16% μιας διοπτρίας.

1.2.3 Παθοφυσιολογία

Οι ακτίνες που εισέρχονται στον οφθαλμό με κανονικό αστιγματισμό, δεν εστιάζουν σε ένα συγκεκριμένο σημείο, αλλά διαμορφώνουν δύο γραμμές εστίασης. Η διαμόρφωση των ακτίνων που διαθλώνται από τη τορική επιφάνεια ονομάζεται το κωνοειδές του Sturm, και η απόσταση μεταξύ των δύο εστιών ονομάζεται εστιακό διάστημα του Sturm(7). Σε βρέφη και νεογνά, παρατηρείται η εμφάνιση αστιγματισμού μεγαλύτερου βαθμού. Ο βαθμός του αστιγματισμού είναι ακόμα μεγαλύτερος σε πρόωρα νεογνά(8). Περίπου 40 τις εκατό νεογνών έχουν 1 Δ αστιγματισμό εκ γενετής, και μειώνεται σε επίπεδα ενηλίκων στην ηλικία ενός έτους λόγω της ωρίμανσης του οφθαλμού, και βολβικού αναδιαμορφισμού(9). Πολλές έρευνες έχουν κάνει λόγω για την ανάπτυξη και διέγερση της προσαρμογής χάρη σε υψηλού βαθμού αστιγματισμό στα αρχικά στάδια της ζωής. Πολλές φορές, μπορεί και η βλεφαρική σχισμή να επηρεάζει την κερατοειδική τορικότητα και έτσι να υπάρξει αλλαγή στον βαθμό αστιγματισμού. Η κερατοειδική ακαμψία μπορεί επίσης να επηρεάσει τον αστιγματισμό που προκαλείται από την πίεση των βλεφάρων(10). Το μέγεθος της κόρης, μπορεί να έχει μεγάλες επιρροές στον αστιγματισμό. Μεγαλύτερο κορικό μέγεθος συσχετίζεται με υψηλή κυλινδρική δύναμη και με τον κανόνα αστιγματισμό(11). Τέλος, η δακρυϊκή στιβάδα μπορεί να επηρεάσει τον κερατοειδή με κατάληξη σε αστιγματισμό(12).

1.3 Χάρτες καμυλότητας και Χάρτες διαθλαστικής δύναμης

1.3.1 Αρχή λειτουργίας

Για τον υπολογισμό της διαθλαστικής δύναμης μιας σφαιρικής διαθλαστικής επιφάνειας χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Ισχύς} = (n_1 - n_2) / r = (1 - 0.33751) / 7.5 \text{ mm} = 45 \text{ διοπτρίες (D) σε όλα τα σημεία}$$

όπου,

n_1 , είναι ο διαθλαστικός δείκτης της σφαιρικής διαθλαστικής επιφάνειας, που ανταποδίδεται στην επιφάνεια του κερατοειδούς.

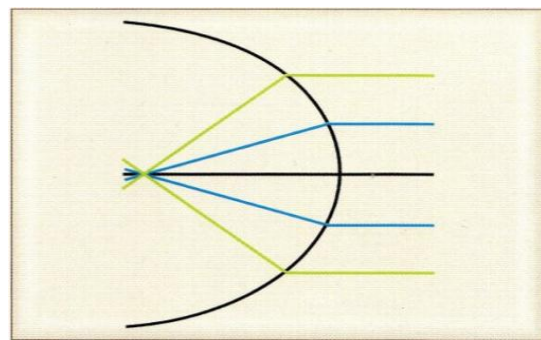
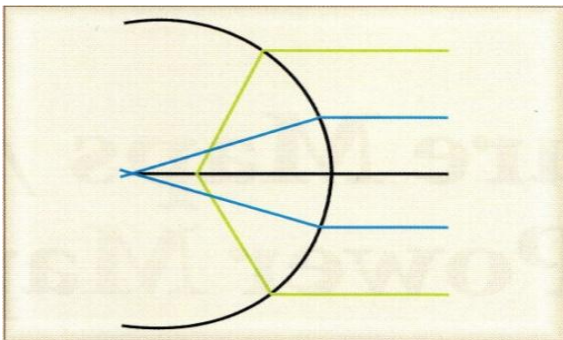
n_2 , είναι ο διαθλαστικός δείκτης του αέρα, μπροστά από τον κερατοειδή.

r , είναι η ακτίνα καμυλότητας της σφαιρικής διαθλαστικής επιφάνειας(13).

Απ' τον παραπάνω τύπο προκύπτει ότι η διαθλαστική δύναμη του κερατοειδούς είναι 45 διοπτρίες σε όλα τα σημεία του, πράγμα το οποίο δεν μπορεί να αληθεύει γιατί ο κερατοειδής δεν είναι σφαιρικός.

Παρόλα αυτά, ας υποθέσουμε ότι ο κερατοειδής είναι σφαιρικός:

Σε αυτήν την περίπτωση, οι ακτίνες που βρίσκονται στην περιφέρεια της φωτεινής δέσμης θα διαθλούν περισσότερο από τις παρα-αξονικές ακτίνες. Αυτό προκύπτει και από την γωνία πρόσπτωσης, η οποία είναι μεγαλύτερη στην περιφέρεια απότι στην παρα-αξονική περιοχή της διαθλαστικής επιφάνειας. Έτσι οι ακτίνες δεν εστιάζουν σε ένα σημείο αλλά αντιθέτως δημιουργείται ένα πολυεστιακό φάσμα (Εικόνα 1) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ευκρίνεια και να έχουμε τις λεγόμενες σφαιρικές εκτροπές.



Ε Εικόνα 2. Ασφαιρική επιφάνεια
Η ε διάθλασης. Η διαθλαστική δύναμη είναι
πε ίση σε όλα τα σημεία και οι ακτίνες
ε εστιάζουν σε ένα σημείο(13).

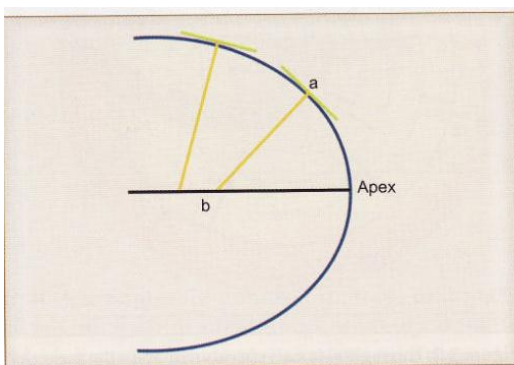
Γι' αυτόν τον λόγο, όπως συμπεράναμε και προηγουμένως, για να μην υπάρχουν εκτροπές ο κερατοειδής έχει ασφαιρική επιφάνεια διάθλασης (Εικόνα 2).

1.3.2 Τρόποι μέτρησης

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ακτίνα καμπυλότητας (r) είναι άνιση σε όλα τα σημεία του κερατοειδούς, αφού δεν είναι σφαιρικός. Συνεπακόλουθα, για να είναι εφικτή η μέτρηση της διαθλαστικής δύναμης του κερατοειδούς σε οποιοδήποτε σημείο, είναι αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος μέτρησης της ακτίνας καμπυλότητας. Γι' αυτό το σκοπό προτείνονται δύο τρόποι μέτρησης:

1. η τοξοειδής μέθοδος (αξονικά) και,
2. η μέθοδος της εφαπτομένης (τοπικά).

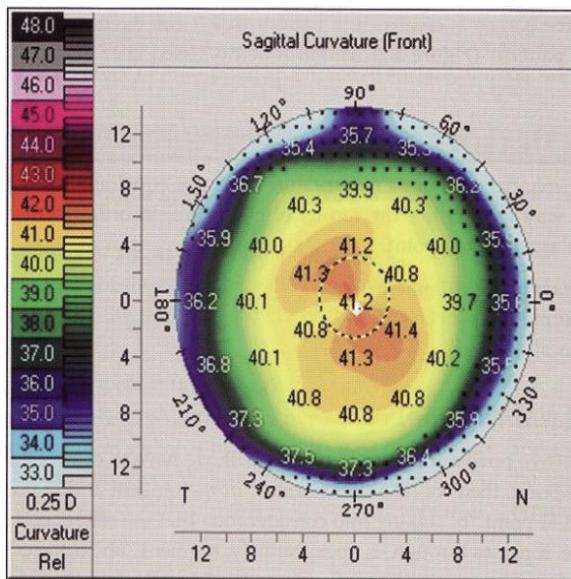
1.3.2.1 Τοξοειδής μέθοδος



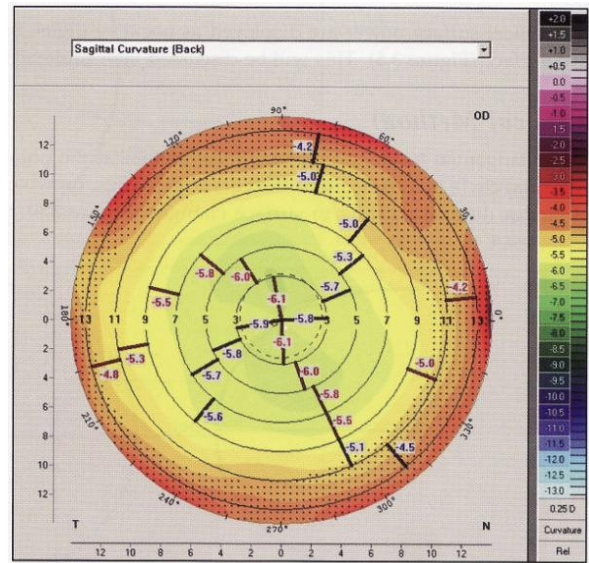
Εικόνα 3. Η τοξοειδής μέθοδος
(αξονική μέθοδος)(14).

Στην εικόνα 3 απεικονίζεται ο τρόπος μέτρησης της διαθλαστικής δύναμης σε σημείο "a". Από το σημείο "a" φέρνουμε την εφαπτομένη στο σημείο αυτό του κερατοειδούς και την κάθετη που τέμνεται με τον άξονα αναφοράς στο σημείο "b". Επειδή ο άξονας αναφοράς είναι και ο ανατομικός άξονας του κερατοειδούς, συμπεραίνουμε ότι περνά από την κορυφή του κερατοειδούς. Το τμήμα "ab" είναι η ακτίνα καμπυλότητας (r) του κερατοειδούς στο σημείο "a". Για τον υπολογισμό της διαθλαστικής δύναμης του

κερατοειδούς στο σημείο αυτό χρησιμοποιείται ο τύπος: $\text{Ισχύς} = (n_1 - n_2) / r$, όπως και σε όλα τα υπόλοιπα σημεία. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις δύο επιφάνειες του κερατοειδούς.



Εικόνα 4. Τοξοειδής χάρτης καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς(15).



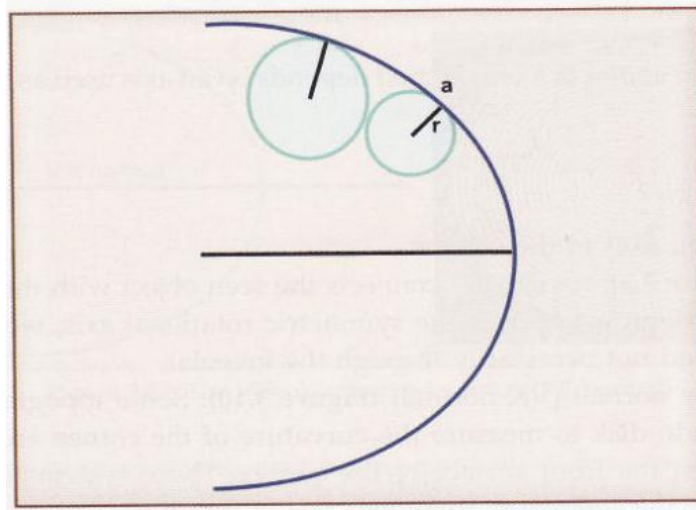
Εικόνα 5. Τοξοειδής χάρτης καμπυλότητας της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς(15).

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων της μεθόδου αυτής, ο υπολογιστής αναπαριστά τη δύναμη του κερατοειδούς με τη μορφή έγχρωμου χάρτη, με βάση τη χρωματιστή κλίμακα στο πλάι της εικόνας 4.

Τιμές της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς αναπαριστώνται ως αρνητικές λόγω της κυρτότητας της επιφάνειας στην εικόνα 5.

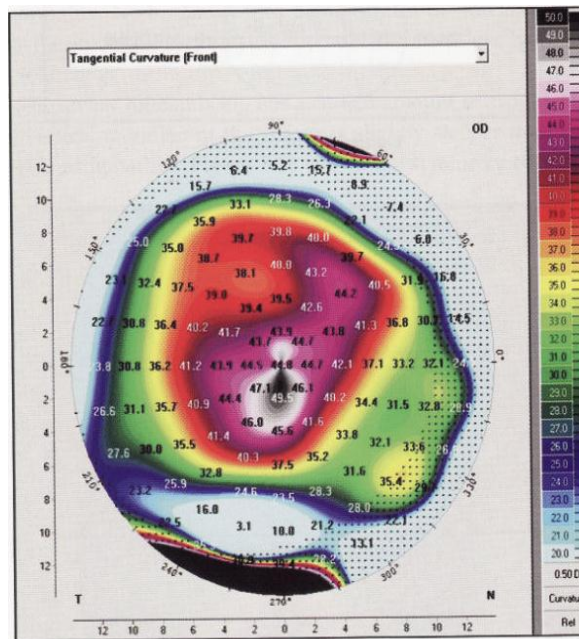
1.3.2.2 Μέθοδος της εφαπτομένης

Σε αυτή τη μέθοδο, η ακτίνα κάθε εφαπτόμενου κύκλου θεωρείται ως η ακτίνα καμπυλότητας του σημείου αυτού. Βάση της ακτίνας καμπυλότητας που χρησιμοποιείται σε κάθε σημείο μέτρησης μπορεί να εφαρμοστεί ο αρχικός τύπος υπολογισμού της ισχύος. Από γεωμετρικής άποψης, οι μετρήσεις των εφαπτόμενων κύκλων είναι πιο σωστές από αυτές των εφαπτόμενων γραμμών, επειδή οι ακτίνες των κύκλων αλλάζουν βάσει των αλλαγών στις αντίστοιχες επιφάνειες (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Η μέθοδος της εφαπτομένης (τοπική μέθοδος)(16).

Άρα μπορούμε να αναγνωρίσουμε οποιαδήποτε ανωμαλία στον κερατοειδή ανεξαρτήτως μεγέθους, καλύτερα με τη μέθοδο αυτή (Εικόνα 7), επειδή η μπροστινή επιφάνεια παίζει τον ρόλο κοίλης επιφάνειας, και όλες οι τιμές τις πίσω επιφάνειας παίρνουν αρνητική τιμή.

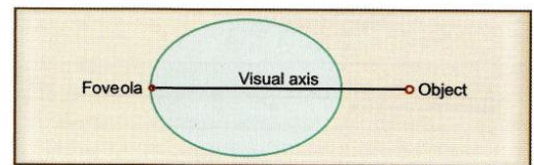


Εικόνα 7. Χάρτης καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς βασισμένος στη μέθοδο της εφαπτομένης(16).

1.3.3 Άξονας αναφοράς

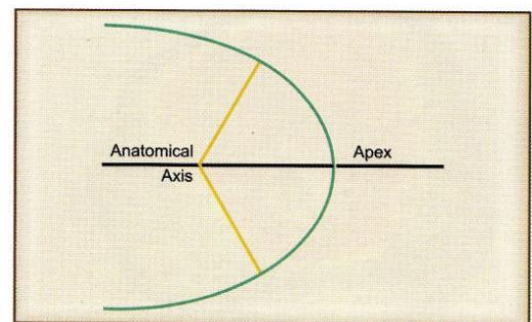
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι μέθοδοι αυτοί εξαρτώνται από έναν άξονα αναφοράς που τον χρησιμοποιούν για την μέτρηση των ακτίνων καμπυλότητας. Υπάρχουν τρεις σημαντικοί άξονες στον οφθαλμό:

- i. ο οπτικός άξονας, που συνδέει το αντικείμενο παρακολούθησης με το κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας (Εικόνα 8).



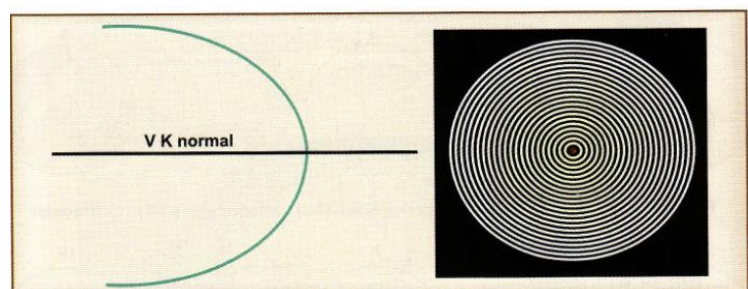
Εικόνα 8. Οπτικός άξονας(17).

- ii. ο γεωμετρικός (ανατομικός) άξονας, που περνά από την κορυφή του κερατοειδούς, χωρίς να περνά από την ωχρά κηλίδα απαραίτητως, και είναι ο συμμετρικός άξονας περιστροφής (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Γεωμετρικός άξονας(17).

- iii. οβιντεοκερατοσκοπικός κανονικός ή αλλιώς VKnormal, που μερικοί τοπογράφοι για να μετρήσουν την καμπυλότητα της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, χρησιμοποιούν δακτύλιους φωτός ονόματι Πλασίντο, από την αντανάκλαση των οποίων παίρνουν τις μετρήσεις τους.



Εικόνα 10. Βιντεοκερατοσκοπικός κανονικός ή VKnormal(18).

Τέτοια συστήματα θεωρούν συμμετρικό άξονα περιστροφής του κερατοειδούς, το κέντρο των δακτυλίων Πλασίντο (Εικόνα 10).

1.3.3.1 Πραγματικός άξονας αναφοράς

Πολλές φορές τα συστήματα των τοπογράφων θεωρούν τους τρεις άξονες (οπτικός, γεωμετρικός και VKnormal) πανομοιότυπους. Έτσι, παρότι πραγματικός άξονας αναφοράς είναι αυτός που περνά από την κορυφή του κερατοειδούς, αντ'αυτού χρησιμοποιούν το VKnormal. Ως εκ τούτου, λόγω λανθασμένης ευθυγράμμισης κατά την λήψη της τοπογραφικής εικόνας, οι εικόνες πολλές φορές παρουσιάζουν λανθασμένη γκάμα πληροφοριών.

Παρακάτω παρατίθενται μερικές εικόνες φυσιολογικών κερατοειδών για την κατανόηση της συμπεριφοράς των αλλαγών στην επιφάνειά του.

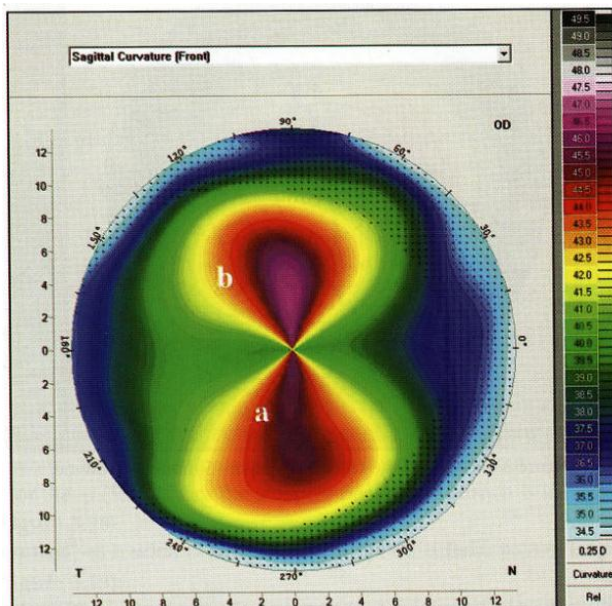
1.3.4 Σχήματα φυσιολογικής καμπυλότητας κερατοειδούς

Είναι γνωστό και διαδεδομένο ότι ο κάθε άνθρωπος είναι μοναδικός ως προς τα χαρακτηριστικά του. Όπως και με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του ανθρώπου, έτσι και στον κερατοειδή κάθε μάτι διαφέρει από το άλλο, έστω και λίγο. Με αυτό κατόνυ, κατά την εξέταση των ματιών, πρέπει να γνωρίζουμε ότι μικρές διαφορές και παραλλαγές στον κερατοειδή των ασθενών μπορεί να οφείλονται σε αυτή τη κοινή γνώμη και όχι στην ύπαρξη κάποιας παθολογίας ή διαθλαστικής ανωμαλίας. Άρα, συμπεραίνουμε ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ως προς το τι θεωρείται φυσιολογικό και τι μη φυσιολογικό.

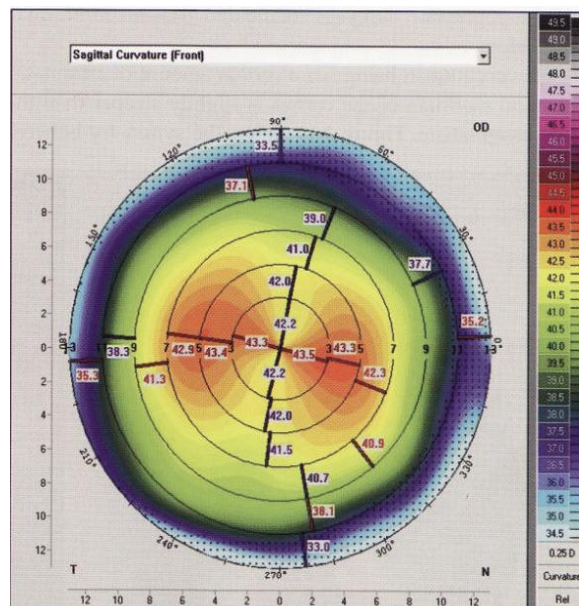
Έπειτα, εξίσου σημαντικό είναι να γνωρίζουμε ότι κάθε οφθαλμός, έστω και σε ελάχιστο βαθμό, έχει αστιγματισμό. Με όλα αυτά τα δεδομένα αναλύεται παρακάτω η φυσιολογική τοπογραφική εικόνα του κερατοειδούς, που μπορεί να ακολουθήσει μία από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

Κανονικός αστιγματισμός: σε αυτήν την περίπτωση, γνωστή και ως με τον κανόνα αστιγματισμός, ο κάθετος μεσημβρινός είναι πιο κυρτός από τον οριζόντιο. Η τοπογραφική του εικόνα φαίνεται στην εικόνα 11. Τα τμήματα a και b είναι ίσα σε μέγεθος και συμμετρικά. Αυτό το σχήμα είναι γνωστό και ως bow-tie σχηματισμός.

Στην αντίθετη περίπτωση, παρά τον κανόνα αστιγματισμό, έχουμε όταν ο αστιγματισμός παρουσιάζεται στον οριζόντιο άξονα (Εικόνα 12). Αυτοί οι δύο τύποι αστιγματισμού έχουν 90 μοίρες διαφορά.

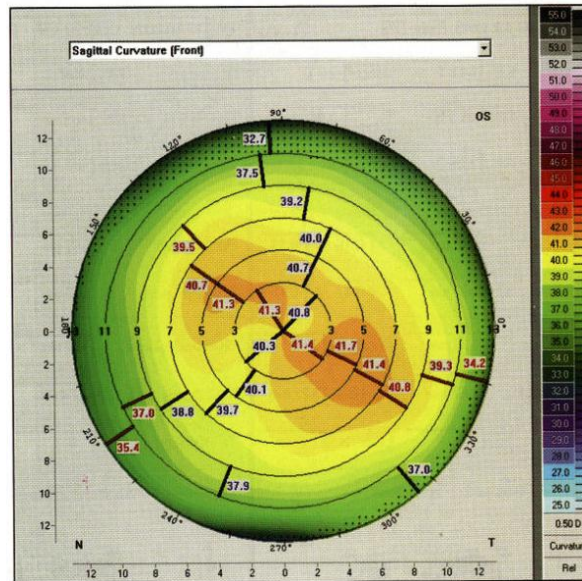


Εικόνα 11. Με τον κανόνα αστιγματισμός (σχήμα «bowtie»)(18).



Εικόνα 12. Παρά τον κανόνα αστιγματισμός (σχήμα «bowtie»)(19).

Τέλος, μπορεί το σχήμα αυτό να εμφανιστεί και διαγώνια. Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε πλάγιο αστιγματισμό.



Εικόνα 13. Πλάγιος αστιγματισμός (σχήμα «bowtie»)(20).

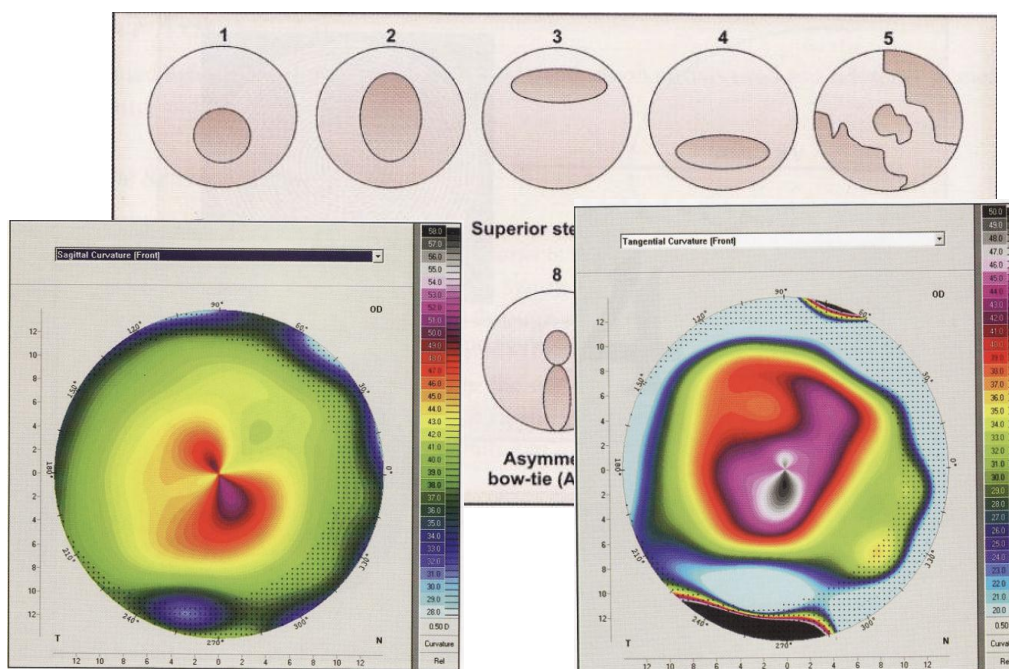
Στα πλαίσια του τι θεωρείται κανονικό και φυσιολογικό, ο φυσιολογικός κερατοειδής γνωρίζουμε πως στο ρινικό τμήμα του είναι πιο επίπεδος από τον κροταφικό, που σε αντίθεση με τον πρώτο είναι πιο κυρτός. Αυτό στον τοπογραφικό χάρτη αναπαρίσταται με την γρήγορη αλλαγή χρώματος προς το μπλε. Ακόμη, στην προσπάθεια μας να αναγνωρίζουμε τι θεωρούμε φυσιολογικό βοηθά η γνώση πως τα μάτια ενός ανθρώπου αναπαριστούν την αντίστροφη εικόνα του άλλου. Έτσι, σύμφωνα με την αρχή αυτή, μπορούμε να εξετάσουμε την φυσιολογική κατάσταση ενός κερατοειδή συγκρίνοντάς τον με το ετερόπλευρο μάτι του εξεταζόμενου.

Κατά την εξέταση χαρτών καμπυλότητας, για την διάγνωση κάποιας ανωμαλίας είναι σημαντικό να κοιτάμε τον μεγεθυμένο χάρτη διαλέγοντας την ρύθμιση των αναπαριστώμενων κύκλων και των δύο κύριων αξόνων καμπυλότητας, για να εξετάσουμε τις τιμές στον ίδιο οφθαλμό αλλά και μεταξύ των δύο.

Παραπάνω στην εικόνα 14, παρατίθενται μερικά παραδείγματα μη φυσιολογικής καμπυλότητας κερατοειδούς.

Εικόνα 14. Τοπογραφικές εικόνες μη φυσιολογικών σχημάτων(19).

1.3.5 Διαφορές μεταξύ τοξοειδικών και εφαπτομενικών χαρτών



Εικόνα 15. Τοξοειδής χάρτης(21).

Εικόνα 16. Εφαπτομενικός χάρτης(22).

i. Οι εφαπτομενικοί χάρτες επειδή χρησιμοποιούν κύκλους στις μετρήσεις τους, είναι πιο ευάλωτοι σε τοπικές αλλαγές καμπυλότητας. Όπως φαίνεται και στις εικόνες 15 και 16 στην μία είναι διακριτές οι κερατοειδικές ανωμαλίες (15) ενώ στην άλλη όχι (16).

ii. Οι εφαπτομενικοί χάρτες είναι λιγότερο επιρρεπής σε κακή ευθυγράμμιση επειδή κάθε σημείο μετριέται ανεξάρτητα, δηλαδή χωρίς άξονα αναφοράς. (!)

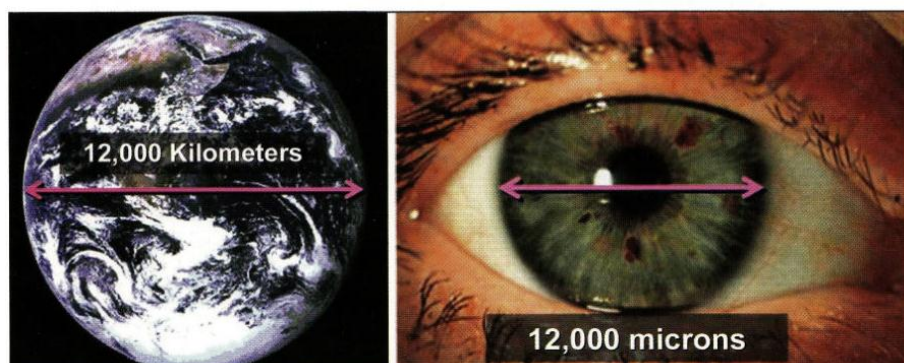
- iii. οι τοξοειδείς χάρτες είναι χειρότερη στην επισκόπηση περιφερειακού κερατοειδή.
- iv. Παρά τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα, πιο ευρέως χρησιμοποιημένοι είναι οι τοξοειδείς χάρτες.

Ισότιμοι είναι η επιρροή και των δύο ειδών χαρτών από το δακρυικό φιλμ και την χρήση φακών επαφής. Ωστόσο, συστήματα όπως η Pentacam, που δεν κάνει χρήση των δακτυλίων Placido, είναι λιγότερο επηρεασμένα από αυτούς τους δύο παράγοντες.

1.4 Χάρτες ανύψωσης κερατοειδούς

1.4.1 Αρχή λειτουργίας

Ως προς τις αυξομειώσεις των δύο επιφανειών, η επιφάνεια του κερατοειδούς και της γης είναι πολύ όμοιες (Εικόνα 17). Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι ότι η γη έχει ως μέτρο σύγκρισης τη στάθμη της θάλασσας, ενώ στον οφθαλμό δεν υπάρχει τέτοιο μέτρο αναφοράς. Οι αυξομειώσεις αυτές πρέπει να υπολογίζονται και να αναπαρίστανται για να πάρουμε μια ρεαλιστική τοπογραφία του κερατοειδούς. Για αυτόν τον λόγο, είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί ένα τεχνητό μέτρο που βασίζεται στις κεντρικές ακτίνες της εξεταζόμενης επιφάνειας.

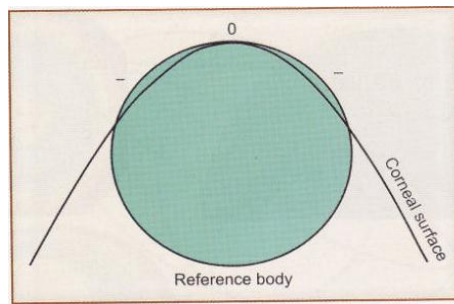


Εικόνα 17. Όμοιες επιφάνειες της γης και του κερατοειδούς(23).

1.5 Σώμα αναφοράς

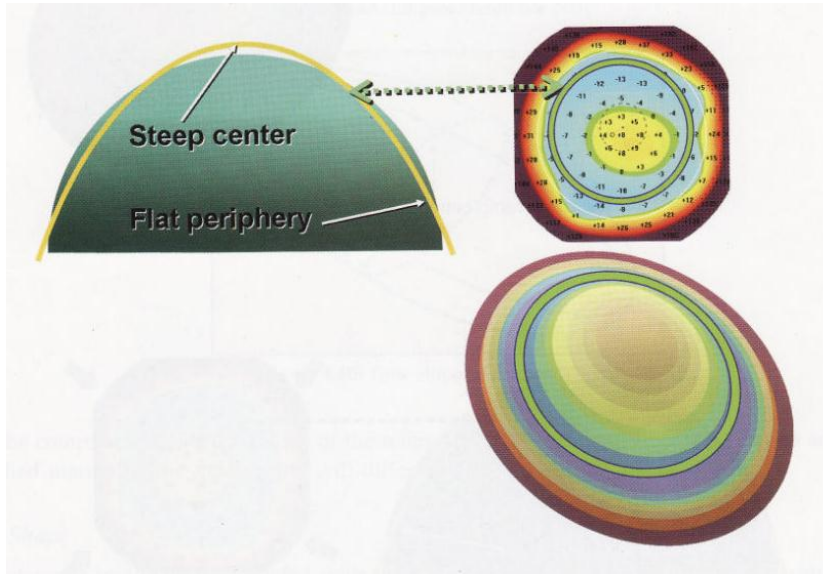
1.5.1 Αρχή λειτουργίας

Για κάθε κερατοειδή που τοπογραφείται, ο υπολογιστής της κάμερας προτίνει ένα σώμα αναφοράς (Εικόνα 18). Έπειτα, ο υπολογιστής εφαρμόζει την επιφάνεια αναφοράς στην επιφάνεια που μετράμε. Παρότι μπορεί να γίνεται τοπογραφία ενός κερατοειδή, το σώμα αναφοράς για την πρόσθια επιφάνεια δεν είναι το ίδιο και για την οπίσθια.

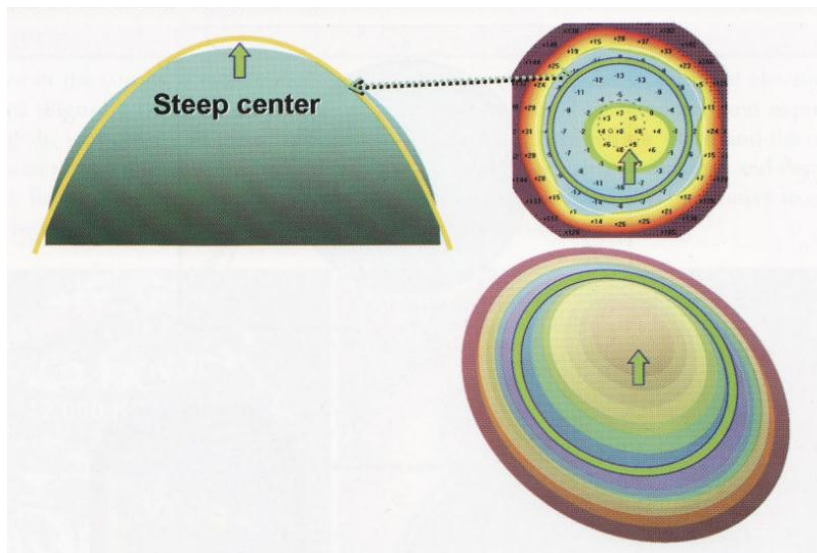


Εικόνα 18. Το σώμα αναφοράς(25).

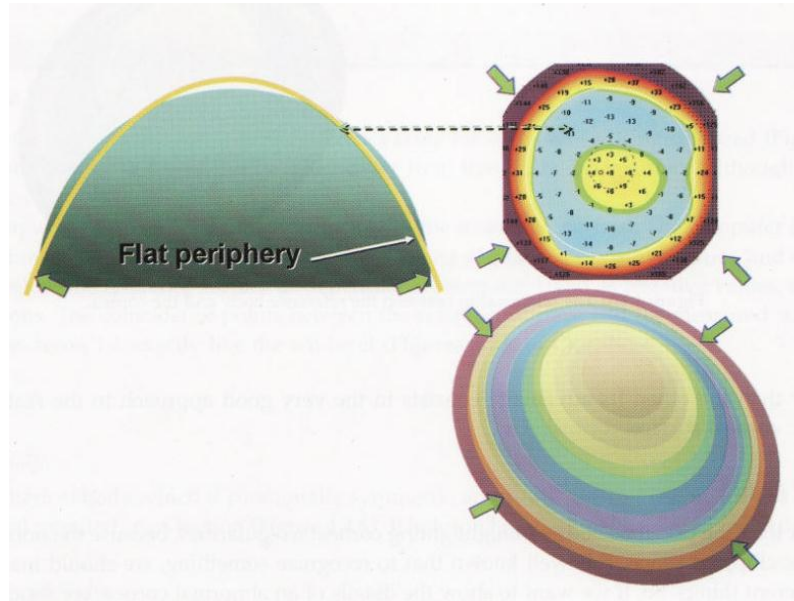
Ο υπολογιστής μετράει την επιφάνεια σε σύγκριση με την επιφάνεια του σώματος αναφοράς. Όλα τα σημεία που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια αναφοράς θεωρείται πως παρουσιάζουν αύξηση του υψομέτρου της μετρημένης επιφάνειας και δίδεται θετικό πρόσημο. Αντίθετα, όλα τα σημεία που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια αναφοράς θεωρείται πως παρουσιάζουν μείωση του υψομέτρου της μετρημένης επιφάνειας και δίδεται αρνητικό πρόσημο (Εικόνες 19, 20, 21).



Εικόνα 19. Σχέση μεταξύ σώματος αναφοράς και κερατοειδούς (25).



Εικόνα 20. Σχέση μεταξύ σώματος αναφοράς και κερατοειδούς (25).

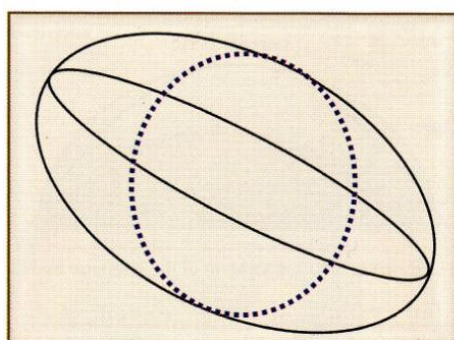


Εικόνα 21. Σχέση μεταξύ σώματος αναφοράς και κερατοειδούς (25).

1.5.2 Είδη

1.5.2.1 Ελλειψοειδές σώμα

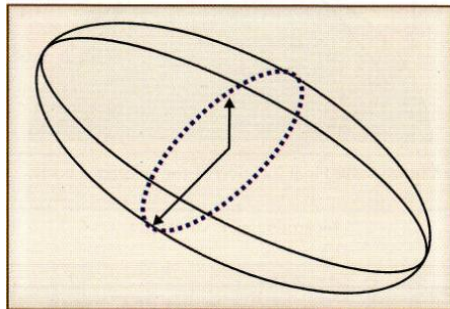
Έχει κωνοειδές κυκλική διατομή, το σώμα είναι ασφαιρικό και είναι περιστροφικά συμμετρικό σε δύο άξονες, έναν θετικό και έναν αρνητικό (Εικόνα 22). Είναι πολύ χρήσιμο στην διασαφήνιση του πραγματικού σχήματος του κερατοειδούς.



Εικόνα 22. Ελλειψοειδές σώμα αναφοράς(26).

1.5.2.2 Τορικό ελλειψοειδές σώμα

Έχει κωνοειδές ελληπτική διατομή, το σώμα είναι ασφαιρικό και είναι περιστροφικά συμμετρικό στους δύο άξονες (Εικόνα 23). Δίνει πάρα πολύ καλή εικόνα της πραγματικής κατεύθυνσης της αστιγματικής κερατοειδικής επιφάνειας.



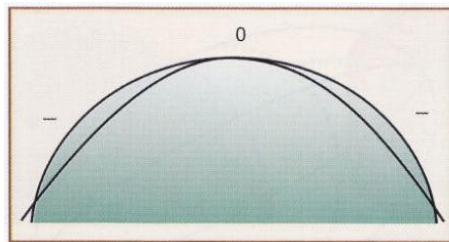
Εικόνα 23. Τορικό ελλειψοειδές σώμα αναφοράς (26).

1.5.2.3 Σφαιρικό σώμα

Είναι διαδεδομένο ότι για να διακρίνουμε κάτι πρέπει να το συγκρίνουμε με ένα άλλο σώμα, διαφορετικό. Έτσι, εάν θέλουμε να δούμε τις λεπτομέρειες ενός μη φυσιολογικού κερατοειδή, επειδή ο κερατοειδής έχει τορικό ελλειψοειδές σχήμα, είναι καλύτερο να τον συγκρίνουμε σε σφαιρικό σώμα αναφοράς. Με αυτόν τον τρόπο διακρίνονται οι κερατοειδικές ανωμαλίες καλύτερα. Απ'την άλλη μεριά, η οφθαλμολογική εξέταση μπορεί να συγκριθεί καλύτερα με μια που εξάγεται με άλλα τοπογραφικά συστήματα που και αυτά, χρησιμοποιούν τέτοιου είδους σώματα αναφοράς. Η τοπογραφία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον προσανατολισμό του σώματος αναφοράς που μπορεί να αλλάξει αυτόματα ή δια χειρός.

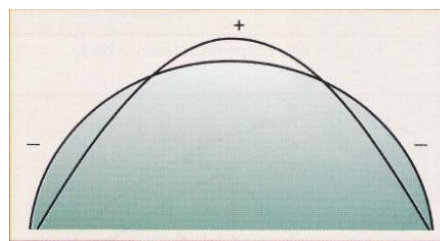
1.6 Σχήμα επιπλέοντος σώματος

Ανάλογα με την εφαρμογή τους σώματος αναφοράς στο εξετασμένο τμήμα του κερατοειδούς, λεπτομέρειες του κεντρικού του τμήματος μπορούν να εμφανιστούν ή να εξαφανιστούν. Σχήμα μη επιπλέοντος σώματος (nofloatshape) έχουμε όταν το σώμα αναφοράς εφαρμοστεί σε επαφή με την κορυφή του κερατοειδούς (Εικόνα 24).



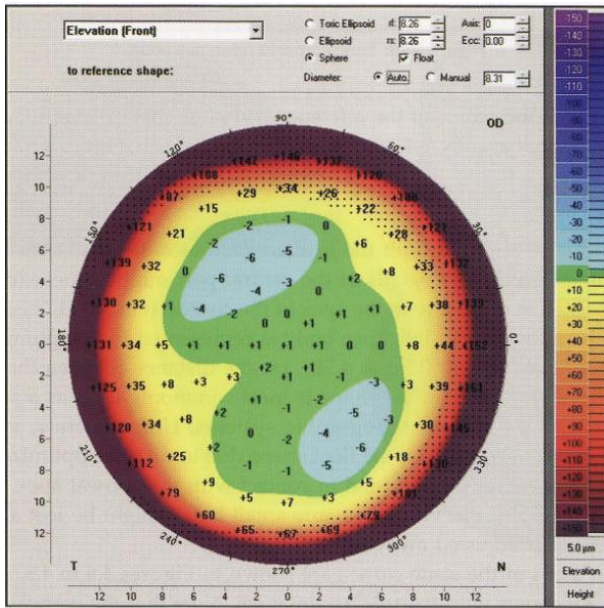
Εικόνα 24. Nofloat εφαρμογή του σώματος αναφοράς(27).

Αντιθέτως, σχήμα επιπλέοντος σώματος (floatshape) έχουμε όταν το σώμα αναφοράς δεν εφαρμοστεί σε επαφή με την κορυφή του κερατοειδούς αλλά αξιοποιείται στο μέγιστο το σώμα αναφοράς σε σχέση με τον κερατοειδή (Εικόνα 25), δηλαδή το κενό μεταξύ των δύο σωμάτων να είναι ίσο στο σύνολο και στη διαφορά.

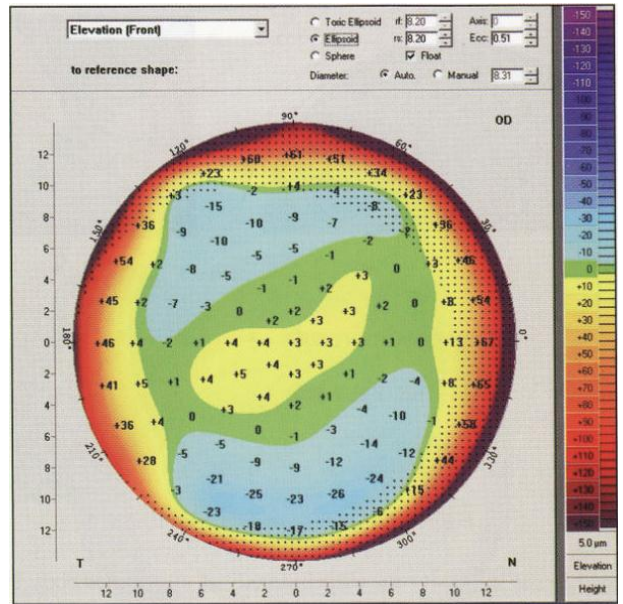


Εικόνα 25. Float εφαρμογή του σώματος αναφοράς(27).

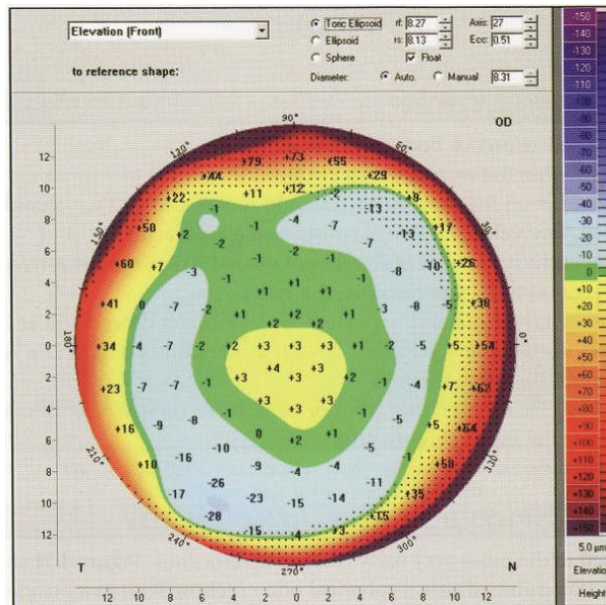
Δυστυχώς λόγω αυτής της εφαρμογής, σε αυτό το σχήμα είναι δύσκολο να διαγνωστεί ο κερατόκωνος στα πολύ πρώιμα στάδια του. Αυτό επικυρώνεται και όταν σε άλλες εξετάσεις, το σώμα αναφοράς είναι εφαρμοσμένο σε επαφή με την κορυφή του κερατοειδούς και εξογκώματα κοντά στην κορυφή είναι ορατά. Αντιθέτως, όταν το σώμα αναφοράς εφαρμόζεται μακριά από την κορυφή του κερατοειδούς, μικρά εξογκώματα δεν είναι ορατά κοντά σε μεγαλύτερα στοιχεία. Στις εικόνες 26 με 28 αναπαρίστανται διαφορετικοί χάρτες ανύψωσης του ίδιου κερατοειδούς.



Εικόνα 26. Σχήμα επιπλέοντος σφαιρόματος(27).

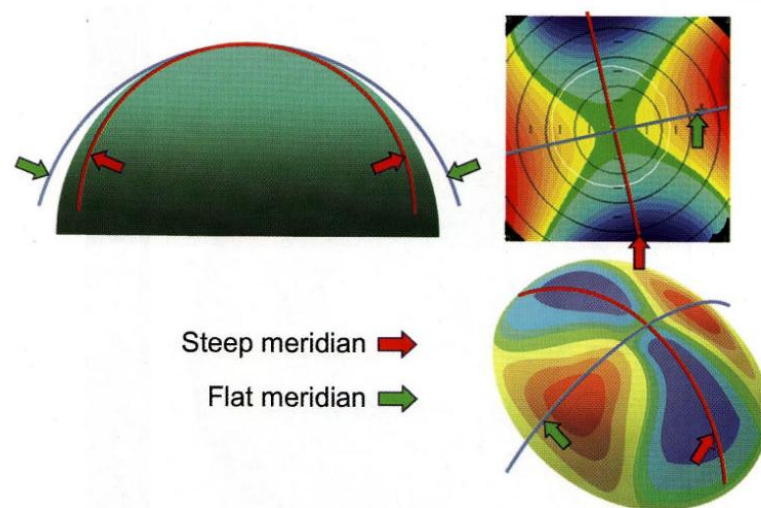


Εικόνα 27. Επιπλέον ελλειψοειδής(28).



Εικόνα 28. Επιπλέον τορικός ελλειψοειδής(28).

Στην εικόνα 29, όπου αναπαρίστανται με τον κανόνα ασigmatισμός, παρατηρούμε ότι ο κερατοειδής έχει δύο άξονες. Σε ασigmatισμό με τον κανόνα ο κατακόρυφος άξονας είναι πιο κυρτός.



Εικόνα 29. Με τον κανόνα αστιγματισμός(29).

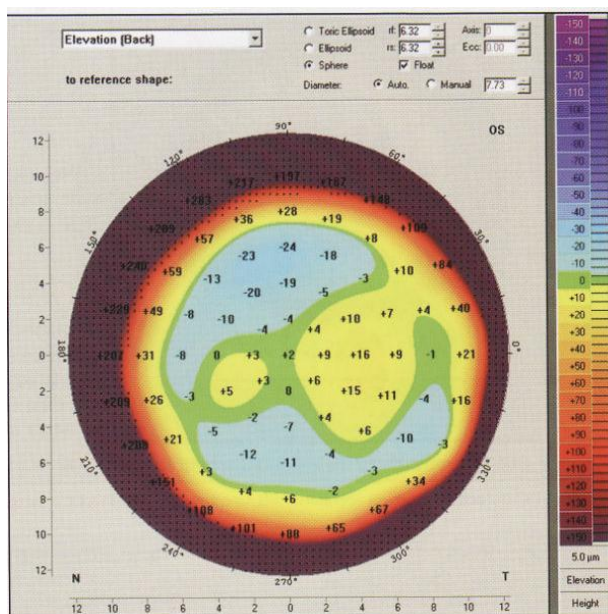
Σε περίπτωση αστιγματισμού μεγαλύτερου των 3Δ, συνιστάται η χρήση του επιπλέοντος τορικού ελληψοειδούς σώματος ως σώμα αναφοράς επειδή σε ακραίες περιπτώσεις αστιγματισμού είναι μεγάλη η διαφορά στο κέντρο μεταξύ των δύο αστιγματικών αξόνων, το οποίο οδηγεί σε λανθασμένη ερμηνεία από τον υπολογιστή ενδεικνύοντας την ύπαρξη κώνου. Όπως γίνεται αντιληπτό, κάτι τέτοιο δεν αληθεύει.

1.7Κλινική διάγνωση

Εξετάζουμε κοιτώντας τις τιμές εντός των κεντρικών 4mm του κύκλου (συνήθως χρησιμοποιώντας το επιπλέον σφαιρικό σχήμα ως σώμα αναφοράς):

- i. Καμία ανύψωση στην πρόσθια επιφάνεια δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 12μ, οι τιμές από 13μ έως 15μ μας δημιουργούν υποψίες, και όλες οι τιμές άνω 15μ θεωρούνται επικίνδυνες.
- ii. Καμία ανύψωση στην οπίσθια επιφάνεια δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 17μ, οι τιμές από 18μ έως 20μ μας δημιουργούν υποψίες, και κάθε τιμή μεγαλύτερη των 20μ θεωρούνται επικίνδυνες.
- iii. Εάν στην οπίσθια επιφάνεια έχουμε ανύψωση 12μ και στην πρόσθια 4μ, η μέτρηση αυτή θεωρείται επικίνδυνη επειδή καμία μέτρηση στο ίδιο σημείο μεταξύ πρόσθιας και οπίσθιας επιφάνειας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα +5μ. Αυτό ισχύει ακόμα και εάν οι δύο τιμές είναι φυσιολογικές για τις επιμέρους επιφάνειες.

iv. Άμεσα επικίνδυνες θεωρούνται κάθε απομονωμένη νησίδα σε οποιαδήποτε επιφάνεια, ακόμα και εάν οι τιμές είναι φυσιολογικές για τις επιμέρους επιφάνειες (Εικόνα 30).



*Εικόνα 30. Οριακά απομονωμένη νησίδα στην
οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς(30).*

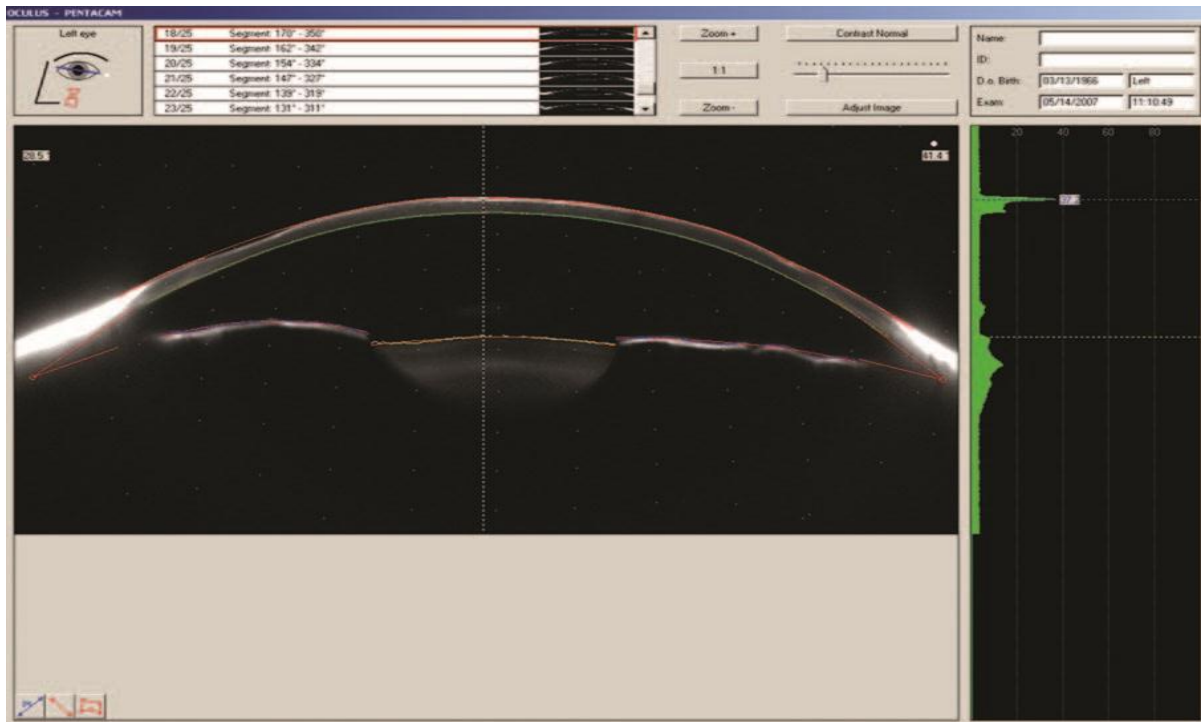
1.8 Pentacam

Υπάρχει μια ευρεία μάζα τεχνολογικών εργαλείων για την εξέταση των οφθαλμών. Ένα εξαιρετικά χρήσιμο και προηγμένο εργαλείο είναι ο Pentacam Οφθαλμικός Σαρωτής. Το εργαλείο αυτό, χρησιμοποιεί την Scheimpflug εικονογράφηση για την αναπαράσταση πολλών οφθαλμικών δομών. Πρόκειται για μια εξειδικευμένη κάμερα που χρησιμοποιεί την πατέντα του ιδρυτή της, TheodorScheimpflug, ο οποίος το 1904 ανακάλυψε μια ιδιοτροπία στις κάμερες. Εάν τα πλάνα εντός της κάμερας βρίσκονται σε διατομή μεταξύ τους αντί παραλληλίας, τότε αυτό έχει μεγάλη επίδραση στο αποτέλεσμα της εικόνας με το βάθος εστίασης να αυξάνεται. Η διαφορά στην αρχή λειτουργίας της κάμερας εξηγείται παρακάτω.

1.8.1 Αρχή λειτουργίας

Υπάρχουν τρία φανταστικά επίπεδα σε μια καθημερινή κάμερα: το πλάνο της ευκρινής εικόνας, το πλάνο του φακού και το πλάνο της φωτογραφικής ταινίας. Σε αυτήν την περίπτωση, η εικόνα του αντικειμένου τοποθετημένο στο πλάνο ευκρινής εστίασης θα περάσει το πλάνο του φακού κάθετα στον άξονα του φακού και θα βρεθεί στο πλάνο της φωτογραφικής ταινίας λόγω του ότι τα πλάνα είναι όλα παράλληλα μεταξύ τους. Όπως γίνεται κατανοητό, το βάθος εστίασης σε μια τέτοια διάταξη δεν μπορεί να επεκταθεί πάρα πολύ.

Αντίθετα, σε μια κάμερα Scheimpflug δεν ακολουθείται μια τέτοια διάταξη, αλλά η διάταξη είναι σύμφωνη με τη «γραμμή του Scheimpflug». Σε αυτήν την διάταξη, τα πλάνα δεν είναι παράλληλα αλλά διατέμνονται σε μία γραμμή, εξού και ο όρος. Αναλυτικότερα, ο φακός είναι σε κλίση ώστε το πλάνο του να διατέμνει το πλάνο της φωτογραφικής ταινίας, όπως επίσης το πλάνο της ευκρινής εστίασης, δηλαδή να περνάν και τα τρία πλάνα από την «γραμμή του Scheimpflug», διευρύνοντας το βάθος εστίασης. Αυτή η διάταξη βέβαια έχει ένα ελάττωμα στην ευκρίνεια της εικόνας, η οποία επιδιορθώνεται από το σύστημα του Pentacam. Αποτέλεσμα τέτοιας φωτογράφισης είναι η δισδιάστατη διατομική εικόνα που φαίνεται και στην εικόνα 31.



Εικόνα 31. Scheimpflug εικόνα δακρυϊκής στιβάδας. Η λέπτυνση θεωρείται δεύτερης σημασίας στην απώλεια ιστού(31).

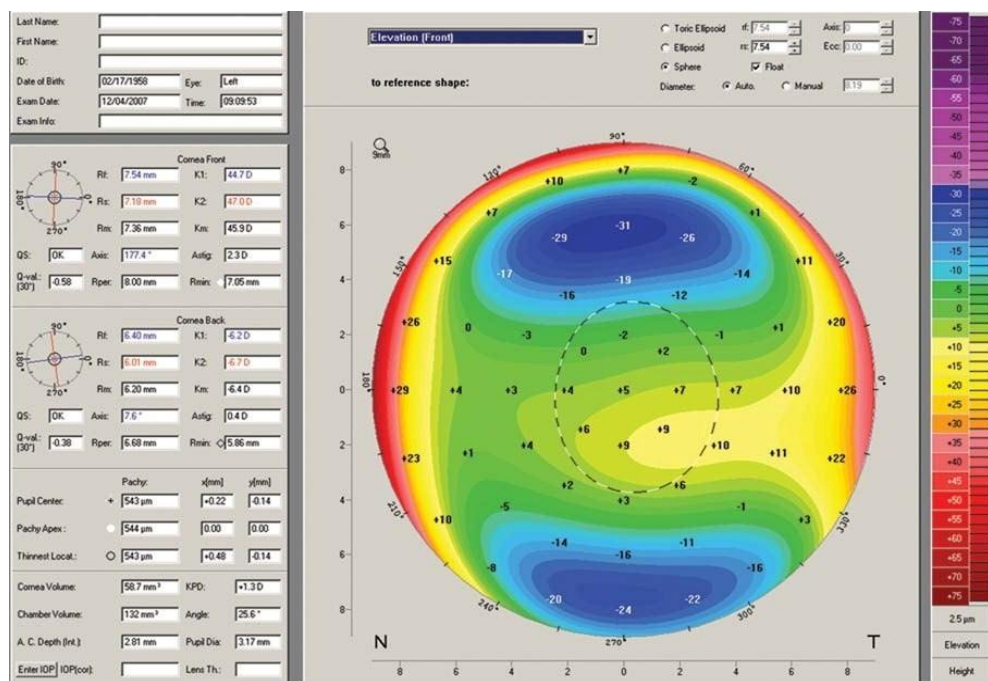
Όταν γίνεται σάρωση των δομών του οφθαλμού με το όργανο αυτό, χρησιμοποιούνται δύο κάμερες. Η μία κάμερα περιφέρεται 180 μοίρες λαμβάνοντας 25 με 50 εικόνες του μπροστινού μέρους του οφθαλμού απ'το επίπεδο της ίριδας, και του κρυσταλλοειδούς φακού μέσω της κόρης. Όσο γίνεται αυτό, η δεύτερη κάμερα που βρίσκεται κεντρικά λαμβάνει το μέγεθος της κόρης, το προσανατολισμό της και διακρίνει την εστίαση. Ανά φωτογραφία, λαμβάνονται 500 πραγματικά σημεία ανύψωσης και συγκαταλέγονται 25.000 σημεία για κάθε επιφάνεια. Ένα σημείο στο οποίο υπερτερεί αυτή η τεχνολογία αντί των τοπογράφων που κάνουν χρήση δίσκων Placido, είναι στην μέτρηση δεδομένων του κέντρου του κερατοειδούς, πράγμα στο οποίο οι δεύτεροι αδυνατούν να κάνουν.

Αυτός ο τρόπος μέτρησης δεδομένων ανύψωσης είναι πολύ χρήσιμος για πολλούς λόγους. Αρχικά, επειδή είναι ανεξάρτητο από προσανατολισμό, τοποθέτηση και άξονα, αναπαριστά το ανάγλυφο του κερατοειδούς πιο πιστά στην πραγματικότητα. Έτσι, επειδή η Pentacam δεν επηρεάζεται από την τοποθέτηση, ο χάρτης καμπυλότητας θεωρητικά αληθεύει περισσότερο. Όπως και στους τοπογράφους έτσι και εδώ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τριών ειδών σημεία αναφοράς: σφαιρικό καλύτερης εφαρμογής, ελλειψοειδής με περιστροφική ακτίνα,

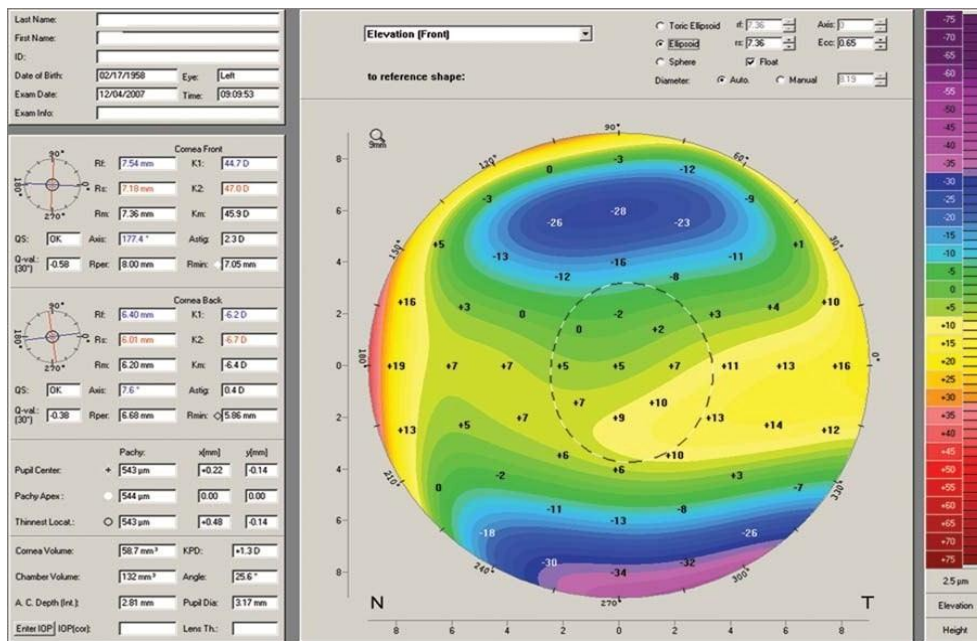
και τορικός. Το σφαιρικό καλύτερης εφαρμογής χρησιμοποιεί συγκρίσεις μεταξύ άλλων τοπογράφων και η σφαίρα υπολογίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο εφαρμόσιμο στην φυσική και πραγματική κατάσταση του κερατοειδούς. Παρ'όλα αυτά, αυτή η εφαρμογή δεν είναι η καλύτερη για την ασφαιρική φύση του κερατοειδή.

Από την κερατομετρική εκκεντρικότητα υπολογίζεται η ελλειψοειδής περιστροφική ακτίνα, και η κύρια κεντρική ακτίνα καμπυλότητας. Σε αντίθεση με το πρώτο σώμα αναφοράς, αυτό αντιστοιχεί καλά στο πραγματικό σχήμα του κερατοειδή.

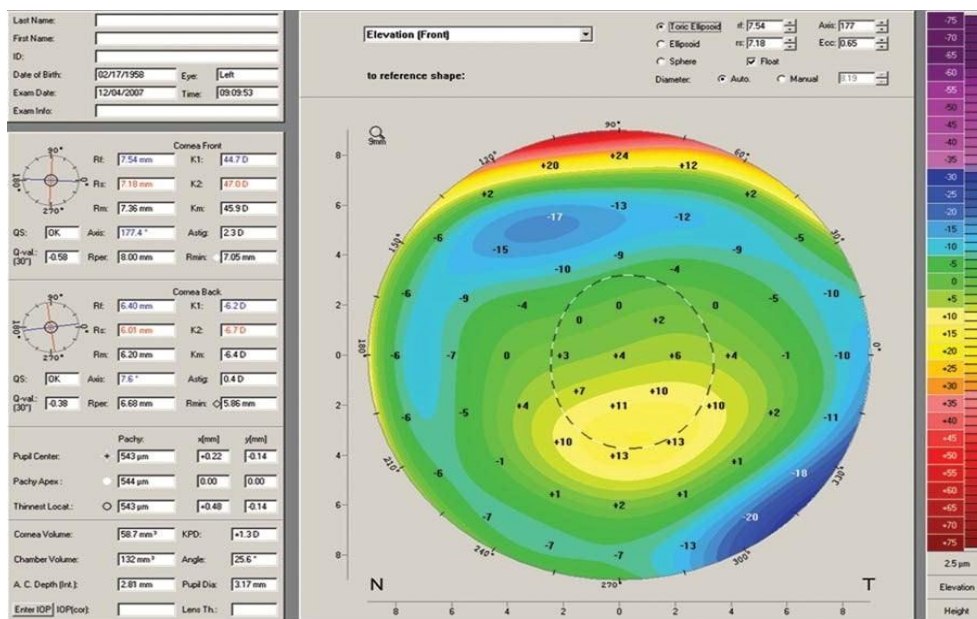
Όπως και με την προηγούμενη αναφορά, έτσι και το τορικό βασίζεται στην κερατομετρική εκκεντρικότητα και τις κύριες κεντρικές ακτίνες καμπυλότητας. Χρησιμοποιούνται αυτόματα οι επίπεδες και κυρτές ακτίνες καμπυλότητας. Αυτό το σώμα αναφοράς είναι πολύ καλό για την μέτρηση αστιγματικών κερατοειδών. Επίσης, είναι πολύ χρήσιμο και αποτελεσματικό στην έγκυρη ανίχνευση κερατόκωνου διότι αξιοποιεί στο μέγιστο βαθμό μοτίβα ανίχνευσης ανωμαλιών στην πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή. Αυτό φαίνεται και στις εικόνες 32 με 34 όπου αναπαρίσταται ο ίδιος οφθαλμός καταγεγραμμένος με διαφορετικά σώματα αναφοράς. Ο μοναδικός στον οποίο φαίνεται η ύπαρξη κερατόκωνου, είναι ο χάρτης με τορικό ελλειψοειδή σημείο αναφοράς.



Εικόνα 32. Χάρτης ανύψωσης που χρησιμοποιεί σφαιρικό σώμα αναφοράς καλύτερης εφαρμογής. Ο αστιγματισμός αναπαρίσταται σε σχήμα «σέλας» χωρίς την ένδειξη αξιοσημείωτου κώνου(32).



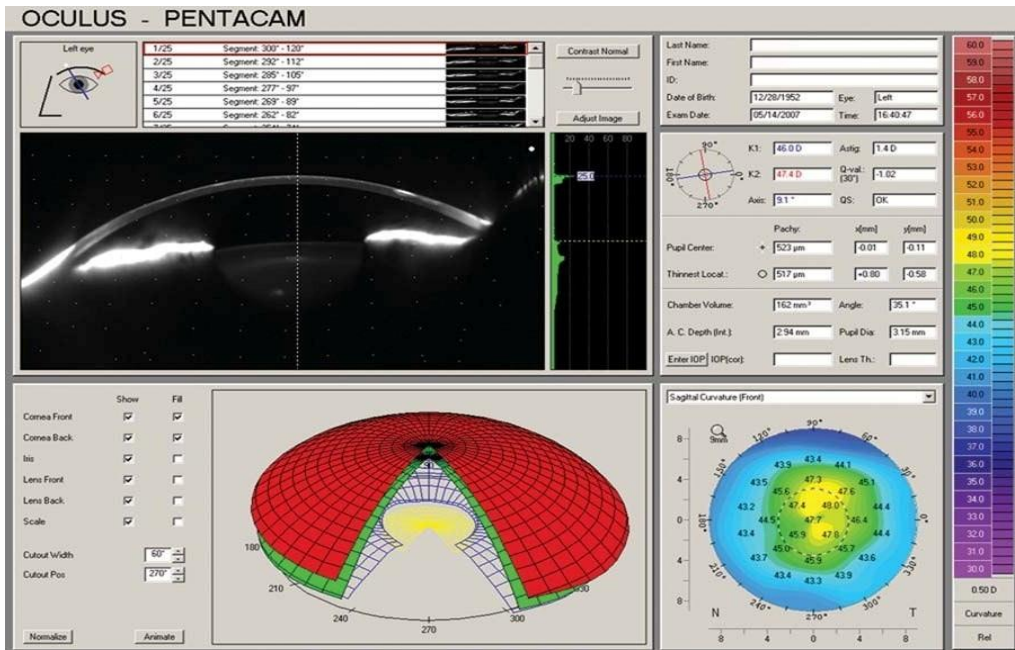
Εικόνα 33. Χάρτης ανύψωσης που χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές σώμα αναφοράς (33).



Εικόνα 34. Χάρτης ανύψωσης που χρησιμοποιεί το τορικό ελλειψοειδές σώμα αναφοράς.

Παρατηρούμε την καλύτερη ένδειξη ύπαρξης κώνου, με αυτό το σώμα αναφοράς (34).

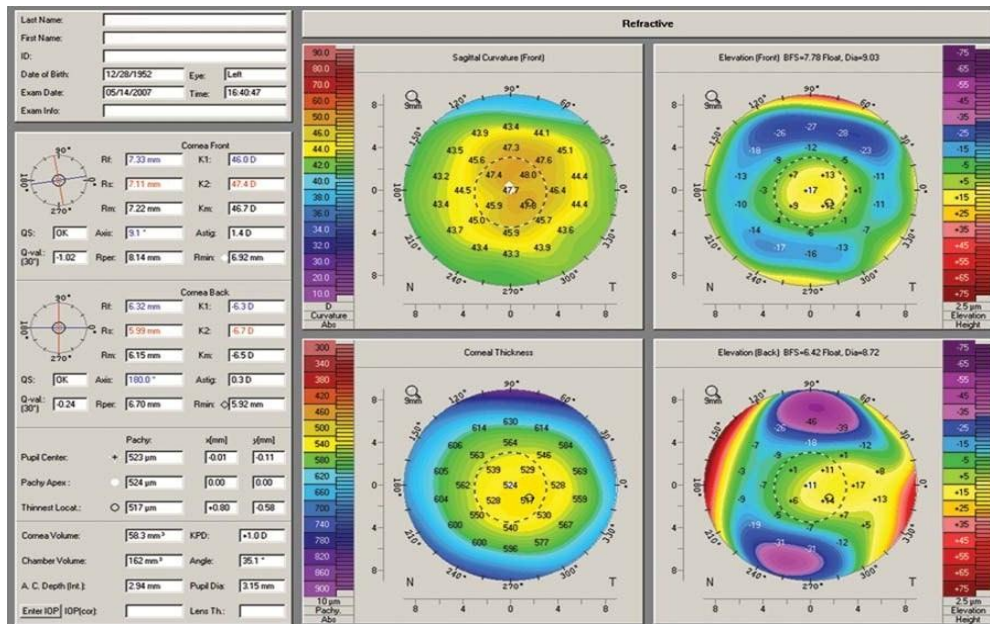
Είναι ορατό ότι αυτοί οι χάρτες διαφέρουν λίγο από τους απλούς τοπογραφικούς χάρτες. Η ρύθμιση που αναπαρίσταται είναι η «overviewdisplay», και σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο, η εικόνα Scheimpflug, ένας επιπλέον χάρτης, κερατομετρία, παχυμετρία και μετρήσεις κορικής και προσθίου θαλάμου. Ένα παράδειγμα ασθενούς με ιστορικό κερατοπλαστικής με «overviewdisplay» φαίνεται στην εικόνα 35.



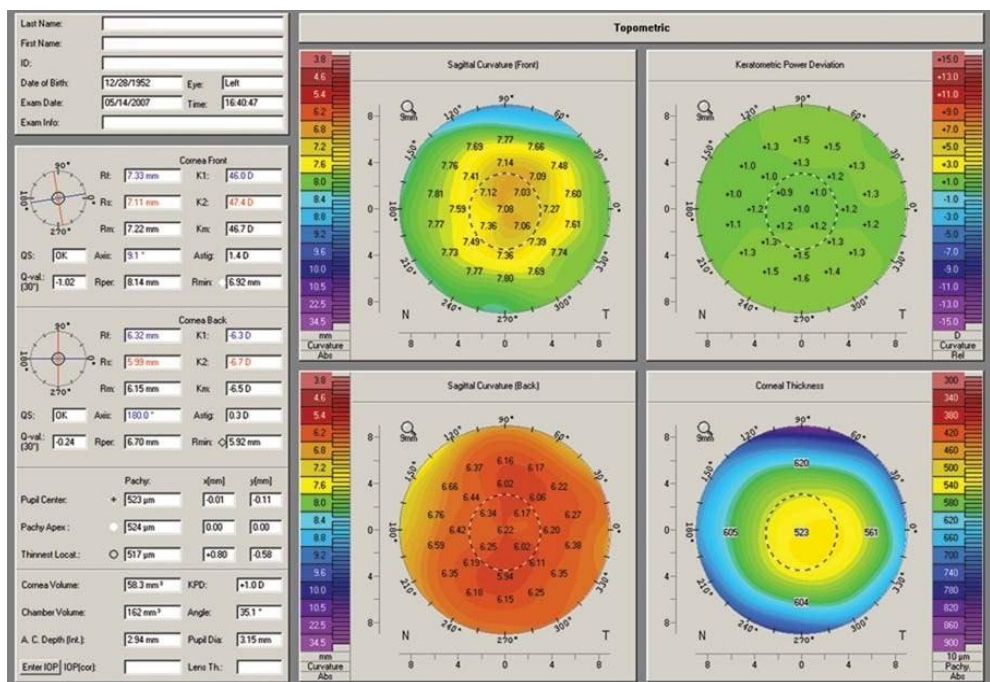
Εικόνα 35. «Overviewdisplay» ασθενούς με ιστορικό κερατοπλαστικής και καταρράκτη(35).

Ανάλογα τον λόγο σάρωσης και επισκόπησης, μπορούμε να διαλέξουμε άλλες διαφάνειες πληροφοριών να εξυπηρετήσει την διάγνυσή μας: διάγνωση κερατόκωνου, καταρράκτη, διάγνωση προσθίου θαλάμου, εγχείρηση οπτικής διόρθωσης κ.ά.

Στις εικόνες 36 με 37 φαίνονται οι τιμές διάθλασης και τοπογραφίας του ίδιου ασθενούς που είδαμε και στην εικόνα 35.



Εικόνα 36. Διαφάνεια διάθλασης ασθενούς στην εικόνα 35. Χρησιμοποιείται συχνά όταν γίνεται διάγνωση ασθενών για επιλεκτική οπτική διόρθωση(36).



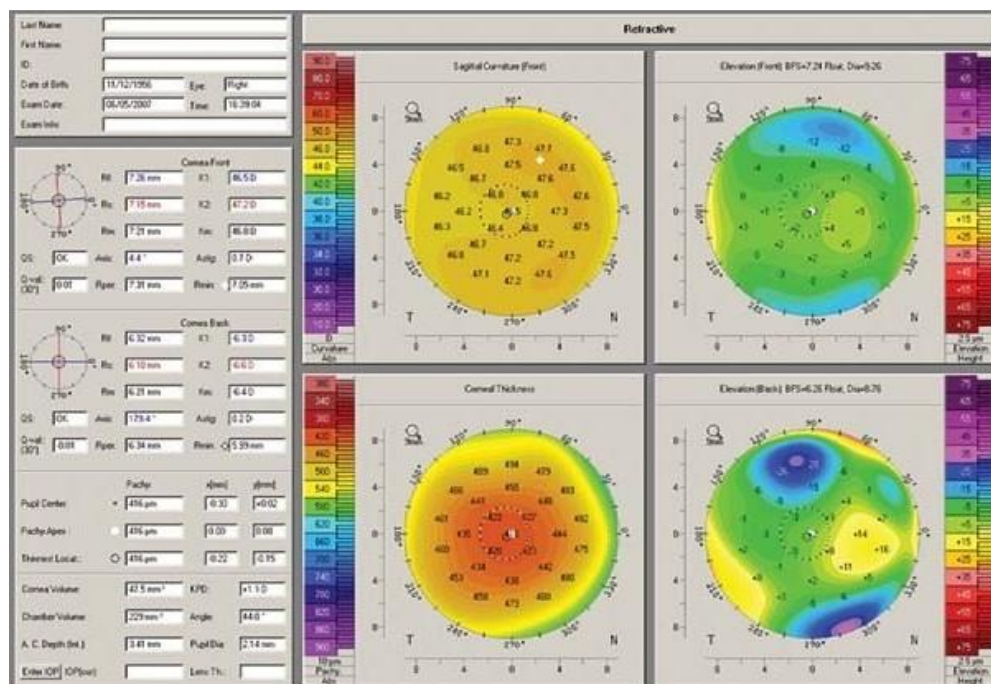
Εικόνα 37. Τοπομετρική διαφάνεια ασθενούς στην εικόνα 35. Χρησιμοποιείται όταν γίνεται εφαρμογή φακών επαφής(37).

Χρησιμοποιώντας το 3mm δακτύλιο στις 90 μοίρες μεταξύ των δύο κύριων μεσημβρινών, είναι καταγεγραμμένες οι δυνάμεις τους, K1 και K2, και οι αντίστοιχες ακτίες καμπυλότητας, R1 και R2. Η κύρια κερατομετρική ακτίνα καμπυλότητας είναι η αριθμητική μέση τιμή των αντίστοιχων μετρήσεων. Οι κύριες καμπυλότητες των 7mm και 9mm

δακτυλίων περιγράφεται ως «Rper» και το «Astig» περιγράφει τον κεντρικό κερατοειδικό αστιγματισμό.

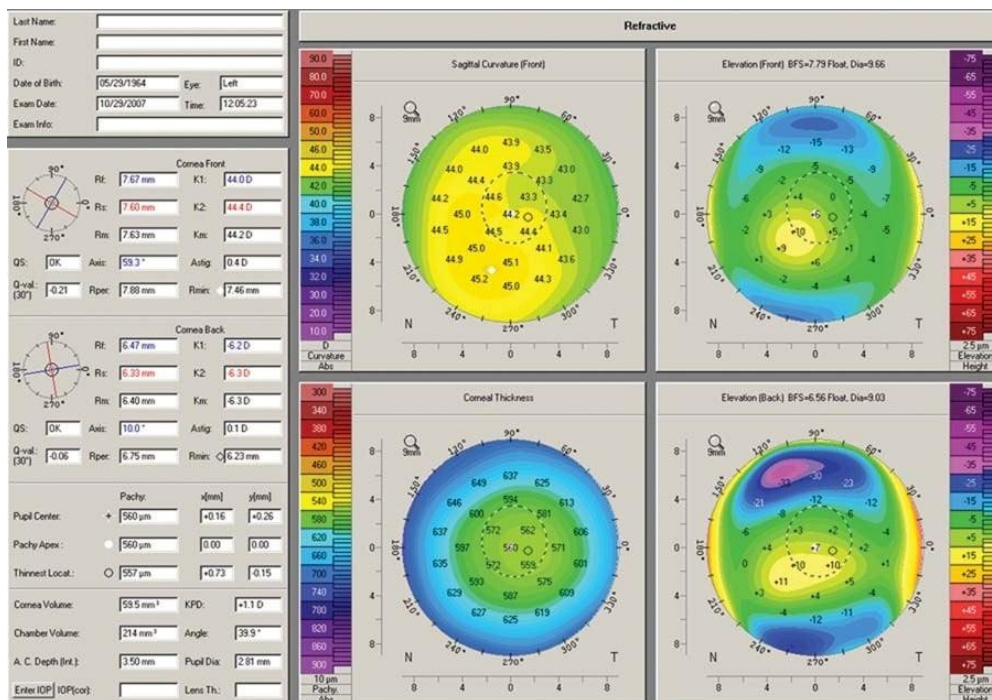
Η μέτρηση Q-value περιγράφει είτε την εκκεντρικότητα του κερατοειδούς, είτε τον παράγοντα κερατοειδικού σχήματος. Εάν μερικοί ωοειδείς κερατοειδείς έχουν αξιολογούμενα μεγαλύτερες αρνητικές τιμές αυτό μπορεί να σηματοδοτεί υπερμετρωπική ή κερατοκωνική διόρθωση. Όπως οι κερατοειδείς με ιστορικό διόρθωσής μυωπίας έχουν πεπλατυσμένους κερατοειδείς, το ίδιο μπορεί να σηματοδοτούν και οι θετικές τιμές.

Την τοξοειδή καμπυλότητα, τους χάρτες παχυμετρίας και την πρόσθια και οπίσθια ανύψωση τώρα συμπεριλαμβάνονται στην παρουσίαση του ευρέως αποδεκτού «Quadmap». Για τον καθορισμό υποψηφιότητας για επιλογή διόρθωση της όρασης κατά την εξέταση του quadmap στο Pentacam, πρέπει να αξιολογηθεί η σχέση μεταξύ χαρτών. Πάντα εξετάζουμε την οπίσθια επιφάνεια πρώτα, μιας και αυτή είναι εκείνη που θα εμφανίσει εκτατικές αλλαγές πρώτη. Σημειωθείσες ανυψωμένες περιοχές στον χάρτη οπίσθιας επιφάνειας μπορεί να αντιστοιχούν σε μια λανθασμένα προσδιορισμένη «thinnest area» (λεπτότερη περιοχή) στον χάρτη παχυμετρίας, ασυνήθιστος αστιγματισμός στον χάρτη καμπυλότητας και μια υπερυψωμένη περιοχή στον πρόσθιο χάρτη ανύψωσης. Τέτοιου είδους παραδείγματα φαίνονται στις εικόνες 38 με 40.

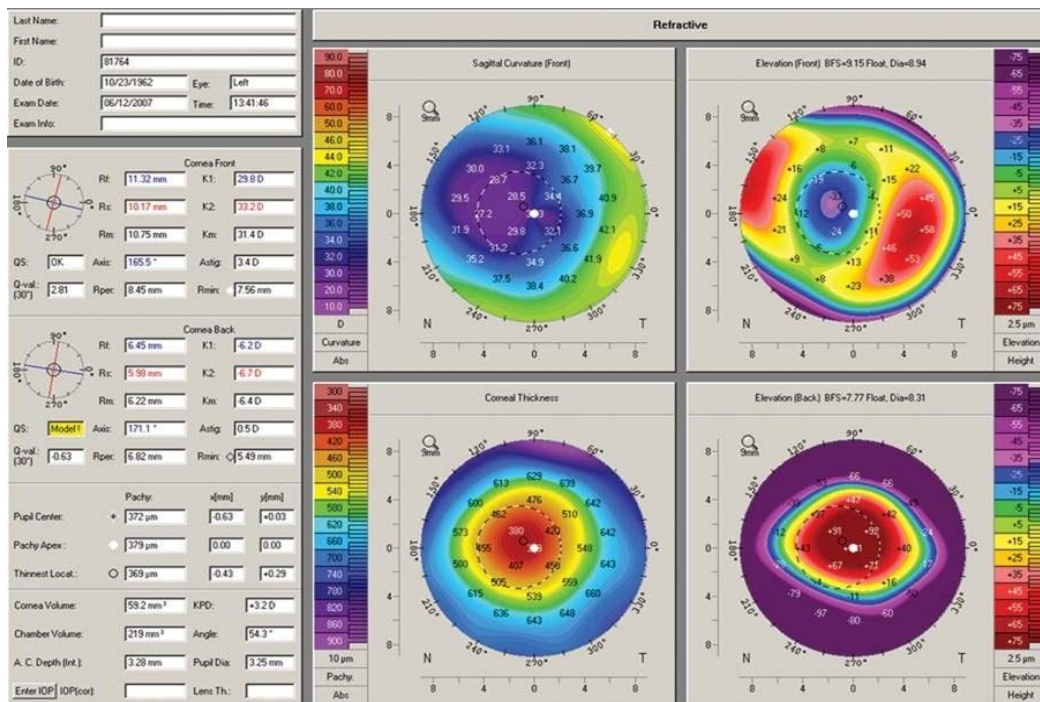


Εικόνα 38. Όταν κάνουμε διάγνωση ασθενούς για χειρουργική διόρθωση διάθλασης, κοιτάμε τη σχέση μεταξύ των τεσσάρων χαρτών στη διαφάνεια διάθλασης. Σε αυτήν την εικόνα

παρατηρείται το φαινόμενο «two-pointtouch» όπου η οπίσθια ανύψωση αντιστοιχεί σε ήπια πρόσθια ανύψωση. Ο ασθενής είχε χαμηλή παχυμετρία, αλλά πέραν τούτου ήταν φυσιολογική, και συμμετρική γύρω από το κέντρο(38).

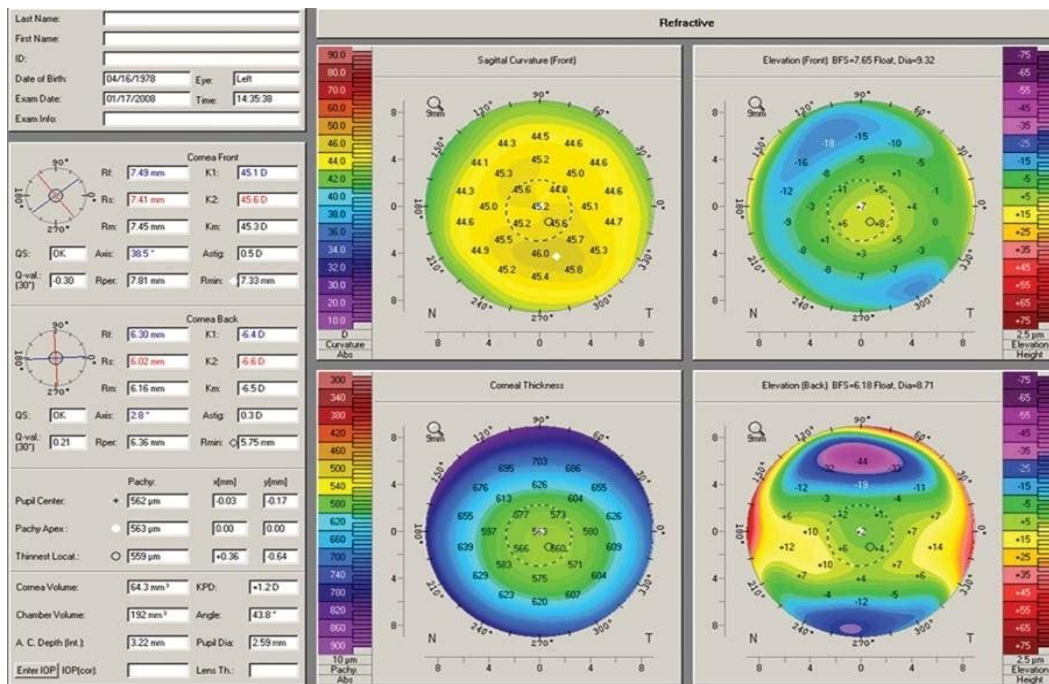


Εικόνα 39. Σε αυτήν την εικόνα παρατηρείται το παράδειγμα «threepointtouch» όπου η ανύψωση στην πρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια αντιστοιχεί σε κυρτή περιοχή στον χάρτη καμπυλότητας (39).



Εικόνα 40. Αυτό είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα κλασικής εκτασίας που ακολουθείται έπειτα από χειρουργείο για υψηλή μυωπία, όπου και οι τέσσερις χάρτες δείχνουν εμφανή σημεία εκτασίας(40).

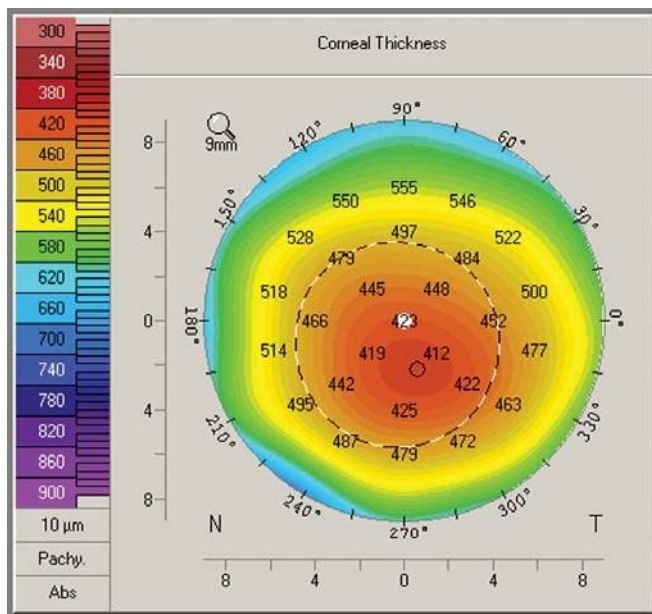
Πολλές φορές, όπως και στην εικόνα 41, ο αστιγματισμός εκδηλώνεται με το σχήμα «σέλας» (saddle) στην οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς. Σε αυτούς τους οφθαλμούς, είναι χρήσιμο να ελέγχουμε τον χάρτη ανύψωσης κάνοντας χρήση του τορικού ελλειψοειδούς σώματος αναφοράς για τον αποκλεισμό τυχόν εκτασίας.



Εικόνα 41. Ο αστιγματισμός εμφανίζεται με την μορφή «σέλας» στην οπίσθια επιφάνεια(41).

1.8.2 Παχυμετρία Pentacam και άλλων συσκευών

Η οπτική παχυμετρία υπολογίζεται από την απευθείας μέτρηση των ανυψώσεων της οπίσθιας και της πρόσθιας επιφάνειας. Χωρίς να διαγραφεί ο υπέρηχος από την ευρέως αποδεκτή πρακτική για την μέτρηση της παχυμετρίας, έχει σημειωθεί η αξιοπιστία και η αναπαραγωγιμότητα της οπτικής παχυμετρίας στην διεθνή βιβλιογραφία. Μια αφορμή για την οποία γίνεται λόγος για την οπτική παχυμετρία, είναι το πλεονέκτημά της στην παρουσίαση τιμών πάνω στην επιφάνεια του κερατοειδούς (Εικόνα 42).



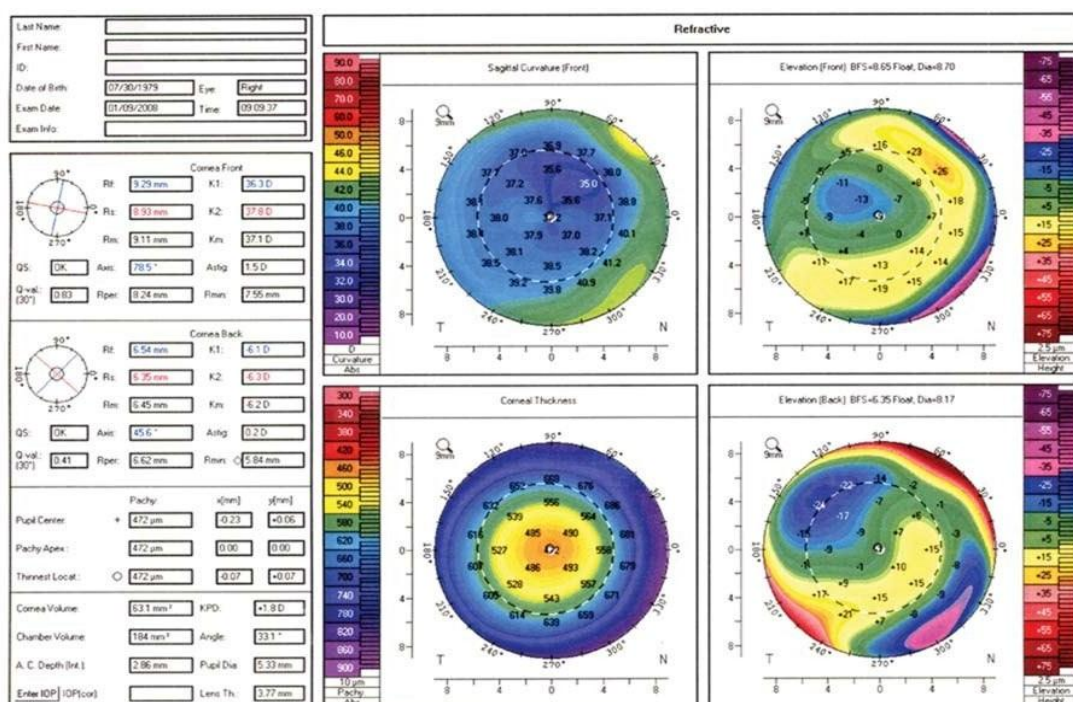
Εικόνα 42. Χάρτης παχυμετρίας ασθενούς με κερατόκωνο. Παρατηρούμε την έκκεντρη τοποθέτηση του σημείου ελάχιστου πάχους, και την γενική μείωση κερατοειδικού πάχους(42).

Η χρησιμότητα αυτής της ιδιότητας βρίσκεται στην δυνατότητα επιτήρησης των τιμών παχυμετρίας σε σχέση με αυτές γύρω τους, και σε σχέση με το λεπτότερο σημείο. Μια μελέτη διερεύνησε ότι μετρήσεις που ληφθήκαν από το OrbscanII (CF) ήταν πιο λεπτές από αυτές που ληφθήκαν από το Pentacam σε φυσιολογικούς οφθαλμούς, και μία ακόμη διαπίστωσε ότι η Pentacam λάμβανε μετρήσεις οι οποίες ήταν ελάχιστα αλλά σταθερά μικρότερες από αυτές που λαμβάνονταν από την παχυμετρία υπέρηχου σε φυσιολογικούς κερατοειδείς. Είναι σημαντικό παρ'όλα αυτά, να σημειώσουμε ότι αυτές οι μέθοδοι πρέπει να δοκιμαστούν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, πριν αντικαταστήσουν τις κατεστημένες και διαπιστευμένες μέθοδοι.

Μεγάλη είναι η διερεύνηση από πολυάριθμους επιστήμονες για τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα της μετεγχειρητικής παχυμετρίας, σε όλους τους τρόπους διεξαγωγής της. Η παχυμετρία μετά από PRK π.χ., έχει αποδειχθεί προβληματική για συσκευές σχισμοειδής σάρωσης (slit-scanning). Χρησιμοποιώντας το OrbscanII, τοPentacam, και την υπέρηχη παχυμετρία σε μη χειρουργημένα μάτια αλλά και σε αυτά μετά από μυωπικό PRK, μετρήθηκε το κερατοειδικό πάχος. Συνεπακόλουθα μυωπικού PRK, πολλοί συγγραφείς έχουν αναφέρει ότι, ενώ η Orbscan μέτρηση ήταν λεπτότερη από αυτήν της Pentacam, η δεύτερη ήταν

συγκρίσιμη με αυτήν της υπερηχητικής παχυμετρίας. Μεταβλητή έχει αποδειχθεί να είναι και η παχυμετρία μετά από Lasik. Λόγω πολλών αναφορών καλής επαναληψιμότητας στις μετρήσεις παχυμετρίας και της πιστικής αντιστοιχίας σε πολυάριθμες έρευνες, αυξανόμενη είναι η γνώμη ερευνητών για την αντικατάσταση της Pentacam παχυμετρίας με την υπερηχητική σε post-Lasik ασθενείς.

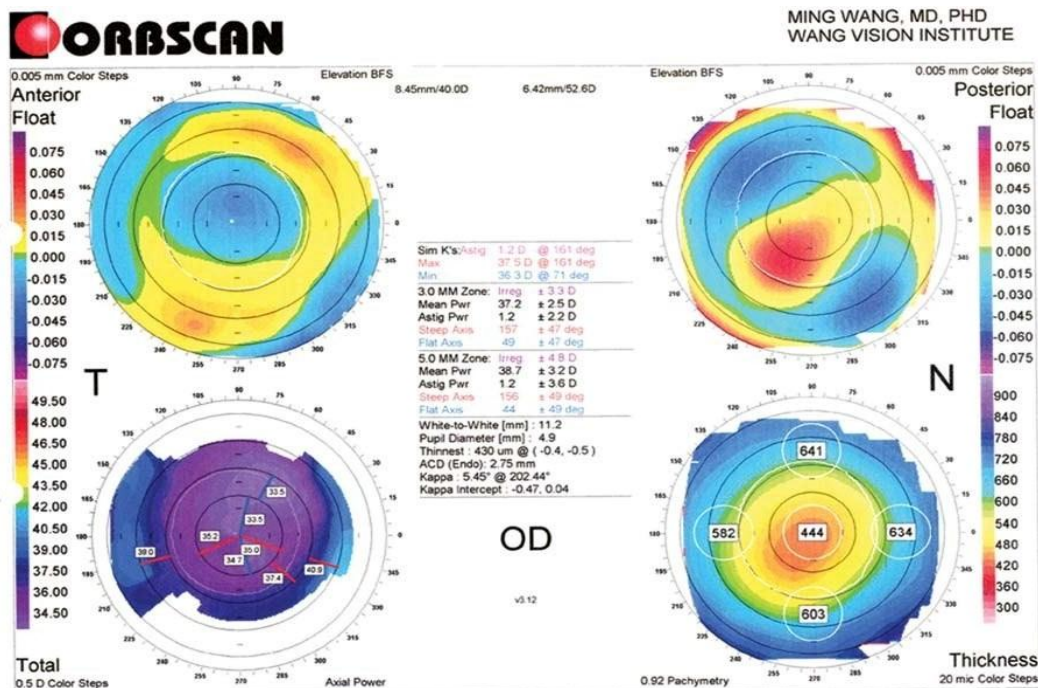
Αναπαριστάμενη στην εικόνα 43, είναι η άμεση μέτρηση της οπίσθιας επιφάνειας της Pentacam ως τομογράφος.



Εικόνα 43. Οπίσθια κερατοειδική επιφάνεια σε ασθενή με ιστορικό LASIK χρησιμοποιώντας στην οπίσθια επιφάνεια τη σφαίρα καλύτερης εφαρμογής. Δεν παρατηρείται εκτασία στο Pentacam, και η παχυμετρία ήταν παρόμοια με την τιμή του υπέρηχου(43).

Όλοι οι υπολογισμοί είναι βασισμένοι στο οφθαλμικό μοντέλο του Gullstrand. Οι αρνητικές τιμές οφείλονται στο υδατοειδές υγρό και στο δείκτη διάθλασης του κερατοειδή.

Λόγο για πολύ καλή επαναληψιμότητα για την οπίσθια καλύτερα εφαρμόσιμη σφαίρα (BestFitSphere, BSF) κάνουν βιβλιογραφικές αναφορές με αξιοσημείωτες διαφορές, συγκρινόμενο με το Orbscan (Εικόνα 44).



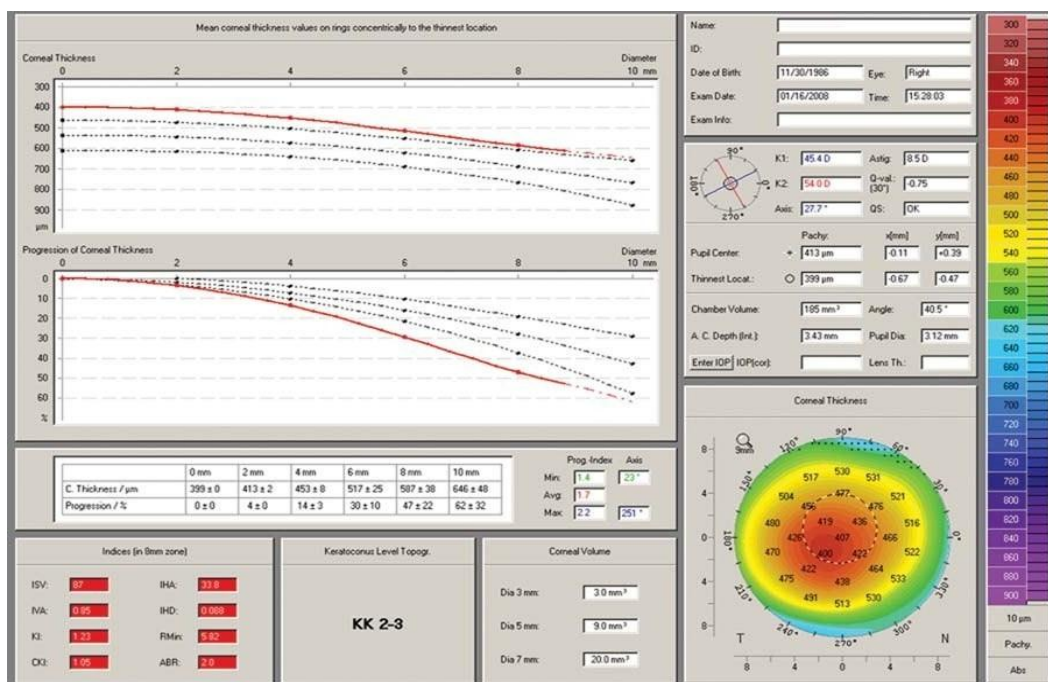
Εικόνα 44. Orbiscan του ασθενούς στην εικόνα 43. Παρατηρείται η διαφορά στην εμφάνιση της οπίσθιας float map που σηματοδοτεί εκτασία. Η παχυμετρία ήταν 444 microns, σημαντικής διαφοράς από 472 του Pentacam και του υπέρηχου (480)(44).

1.8.3 Χρήση στην κλινική διάγνωση

Έρευνα σε ασθενείς με Lasik έκαναν οι Hashemietal, χρησιμοποιώντας το Orbiscan και το Pentacam προ και μετεγχειρητικά. Το Orbiscan II, σε σύγκριση με το Pentacam, όπως αναφέρουν, λάμβανε μεγαλύτερες τιμές ανύψωσης προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά, και σημείωνε σημαντικές μετεγχειρητικές αλλαγές στην οπίσθια κερατοειδική ανύψωση και στη μέγιστη οπίσθια ανύψωση.

Ο Ciolino, όπως καταγράφεται από το Pentacam, δεν βρήκε σημαντικές στατιστικές διαφορές σε οπίσθια κερατοειδική μετατόπιση μεταξύ των ασθενών Lasik και PRK και συμμερίζεται πως είναι πιθανόν η εκτασία να μην παρουσιάζεται επανειλημμένα μετά από Lasik. Σε έρευνα που διεξήγαγαν οι Quislingetal, βρήκαν ότι το Orbiscan II και το Pentacam μετρούν παρόμοια σημεία ελάχιστου πάχους και παρά την ομοιότητα σε ακτίνες καμπυλότητας, διαφέρουν στις

μετρήσεις οπίσθιας ανύψωσης πάνω από το best-fitsphere. Αδυνάτησαν να διευκρινίσουν, εάν το Orbscan υπερεκτιμά το ύψος ή εάν το Pentacam υποεκτιμά τον οπίσθιο θόλο. Εάν διαλέξουμε την προβολή εικόνας «keratocoanalysis», σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται η παχυμετρία, η κερατομετρία, σκερατοειδικός όγκος, πληροφορίες του προσθίου θαλάμου, και η εκτίμηση του μέγιστου πάχους σε σύγκριση με το λεπτότερο σημείο (thinnestpoint). Στην εικόνα 45 δημιουργούνται «δακτύλιοι» (Rings) διαμέτρου 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, και 5mm γύρω από το λεπτότερο σημείο (thinnestpoint) και τα κερατοειδικά πάχη και το κεντρικό κερατοειδικό πάχος αναπαρίστανται σε γραφικές διαφάνειες.



Εικόνα 45. Διαφάνεια κερατόκωνου. Παρατηρούνται οι ύποπτοι δείκτες εμφανίζονται με κίτρινο και κόκκινο(45).

Για τον υπολογισμό του επιπέδου του KCrisk (ρίσκο κερατόκωνου), χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες, με την δημιουργία πολύ μεγάλης υποψίας τιμών που παρουσιάζονται σε κόκκινο, όπως φαίνεται στην εικόνα 46.

Indices (in 8mm zone)			
ISV:	27	IHA:	7.6
IVA:	0.31	IHD:	0.019
KI:	1.09	RMin:	6.98
CKI:	1.01	ABR:	1.1

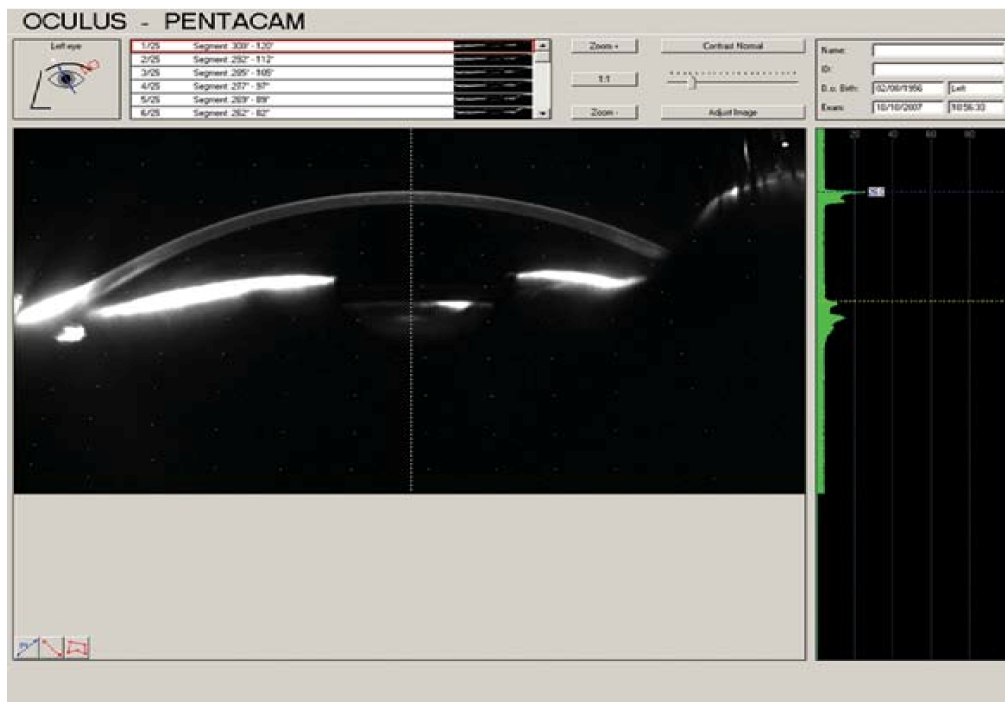
Εικόνα 46. Διαφορετικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για να διασαφηνίσουν το βαθμό ρίσκου εμφάνισης κερατόκωνου, και υποψιαζόμαστε τιμές που εμφανίζονται σε κόκκινο(46).

Αυτοί οι δείκτες υπολογίζονται μόνο με την χρήση της πρόσθιας επιφάνειας. Ο δείκτης KC δείχνει το ρίσκο ύπαρξης κερατόκωνου βασισμένο στο σύστημα ταξινόμησης του Amsler και Muckenhirm, δίνοντας περιγραφή σταδίου 4. Με την ρύθμιση «KeratoconusLevelTopography», ανοίγει το παράθυρο που περιγράφει σημάδια του κερατόκωνου που χρησιμοποιεί ο δείκτης KC. Αυτά τα σημάδια δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνα τους για την διάγνωση, αντ'αυτού, πρέπει να γίνεται και λεπτομερής κλινική εκτίμηση της πάθησης.

Στην KC διαφάνεια, οι παράμετροι που παρατίθενται είναι βασισμένοι σε έρευνες που δείχνουν την ύπαρξη διαφορών, μεταξύ φυσιολογικών και κερατοκωνικών κερατοειδών. Με την πρόοδο της πάθησης, οι Emreetal βρήκαν ότι το βάθος του προσθίου θαλάμου και το ολικό κερατοειδικό πάχος διέφεραν στατιστικά και ότι υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε μετρήσεις του όγκου του κερατοειδούς και στην γωνία προσθίου θαλάμου μεταξύ ομάδων ήπιου και προχωρημένου κερατόκωνου.

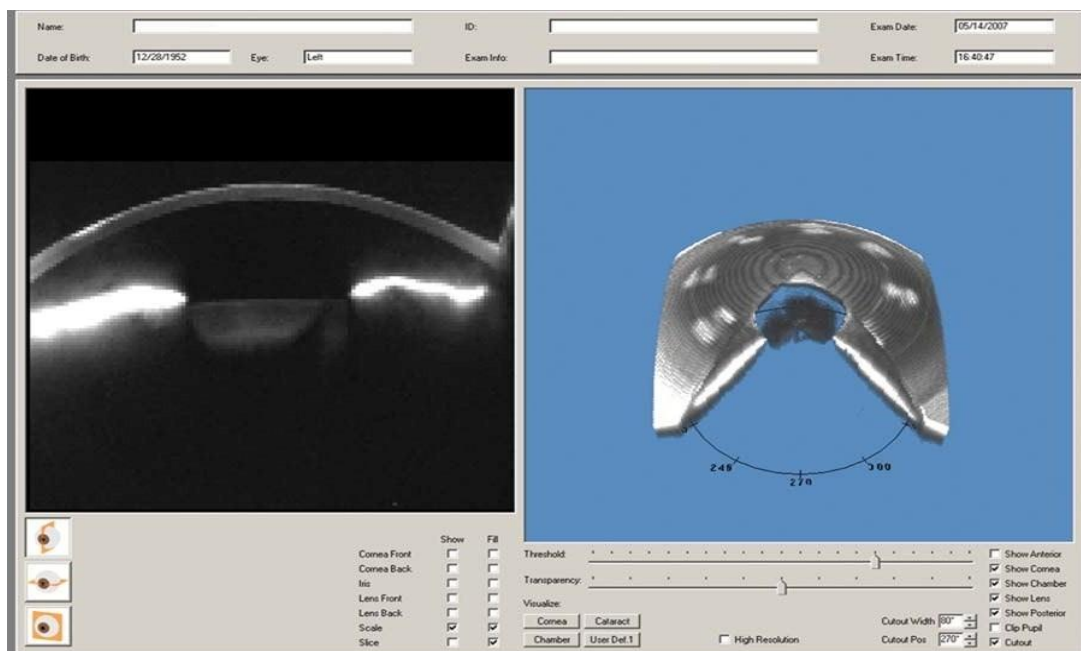
Τα ήπια με προχωρημένα κερατοκωνικά μάτια σε σύγκριση με φυσιολογικά μάτια μελέτησαν οι Ambrosioetal, κάνοντας χρήση του Pentacam. Το ποσοστό αύξησης σε πάχος, το προφίλ κερατοειδικής κατανομής πάχους, το ποσοστό αύξησης σε όγκο και η κατανομή κερατοειδικού όγκου διέφεραν σε φυσιολογικούς και κερατοκωνικούς κερατοειδείς.

Στην εικόνα 47 φαίνεται πως μπορεί να γίνει αντικειμενική εκτίμηση με την εξυπηρέτηση της παχυμετρίας.



Εικόνα 47. Παχυμετρία σε ασθενή με ASC(47).

Για την εκπαίδευση ασθενών στο ποσό δημιουργίας καταράκτη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η οθόνη τομογραφίας (Εικόνα 48).



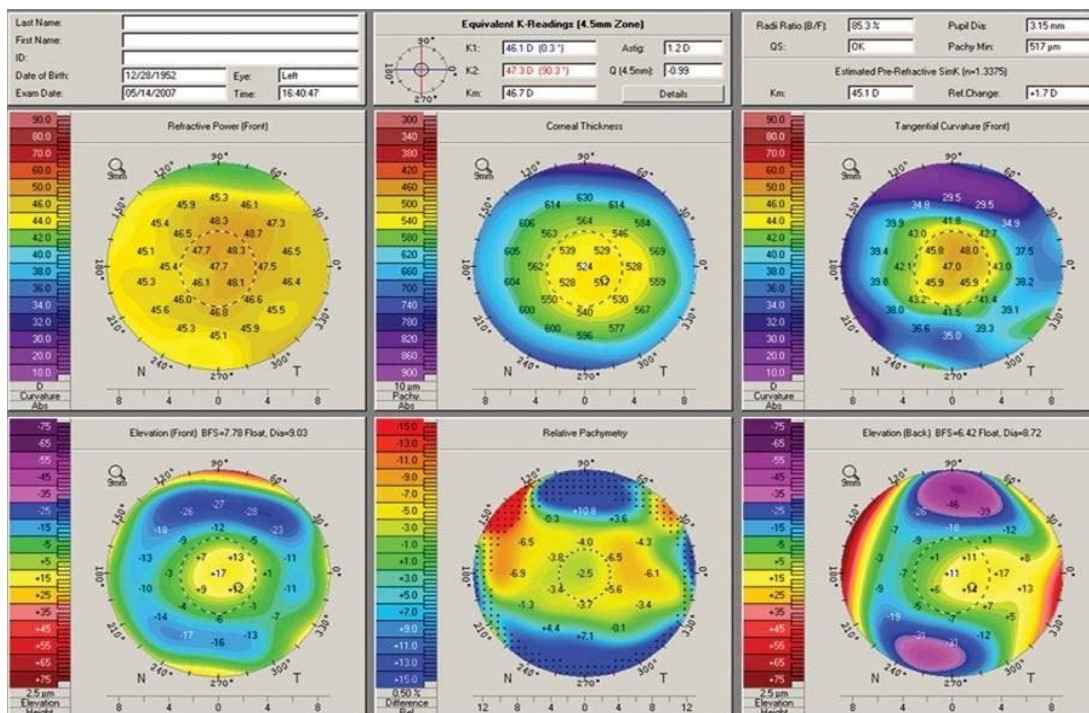
Εικόνα 48. Η διαφάνεια τομογραφίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκπαίδευση ασθενών στο βαθμό πρόοδωσης του καταράκτη και είναι πολύ σημαντικό για ασθενείς που παρουσιάζουν την ανάγκη ενίσχυσης μετά από κερατοδιαθλαστική διόρθωση με ήπιο καταράκτη. Αυτός ο ασθενής είχε ιστορικό κερατοπλαστικής και εμφάνιζε μείωση

ευκρίνειας κατά την ανάγνωση. Προτάθηκε χειρουργείο καταρράκτη αντί επιπλέοντος διαθλαστικής διόρθωσης(48).

Η εκπαίδευση αυτή, μπορεί να είναι μεγάλης σημασίας σε ασθενείς υποψήφιους για επιλεκτική διόρθωση οπτικής οξύτητας με ήπιο καταρράκτη.

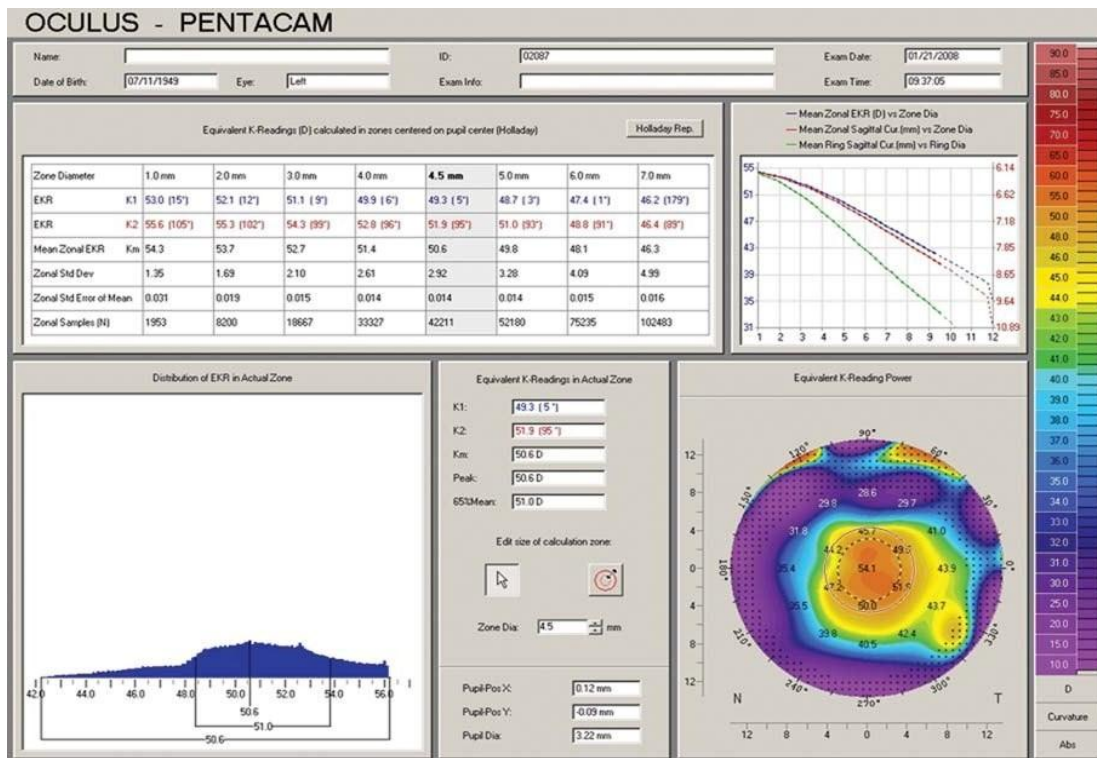
Η απεικόνιση του Pentacam έχει σημειωθεί πολύ χρήσιμη στην εκτίμηση πολλών καταστάσεων όπως, ύπαρξη ενδοκερατοειδικού ξένου σώματος, σε διατριταίνων οφθαλμικό τραύμα, σε διάγνωση και διαχείριση CBDS, σε υποκλινικές μετουσιώσεις τραυμάτων ηλεκτρικού καταρράκτη και οπίσθια θυλακείωδης θόλωση. Η ρύθμιση σάρωσης εξέτασης «enhanceddynamic», πρέπει να διαλέγεται όταν ο σκοπός της εξέτασης είναι η παχυμετρία γιατί έτσι, διευρύνεται ο χρόνος έκθεσης ανά εικόνα Scheimpflug στη διάρκεια σάρωσης. Όταν ο ίδιος αριθμός των εικόνων διαλέγεται κατά τις επακόλουθες επισκέψεις του ασθενή, μπορεί να καταγραφεί η πρόοδος της κατάστασής του.

Στην εικόνα 49, παρουσιάζεται η καταγραφή Holladay, η οποία αναπτύχθηκε να βοηθήσει χειρουργούς με ασθενείς με ιστορικό χειρουργείου διαθλαστικής διόρθωσης, στον υπολογισμό της δύναμης IOL (Intraocularlens).



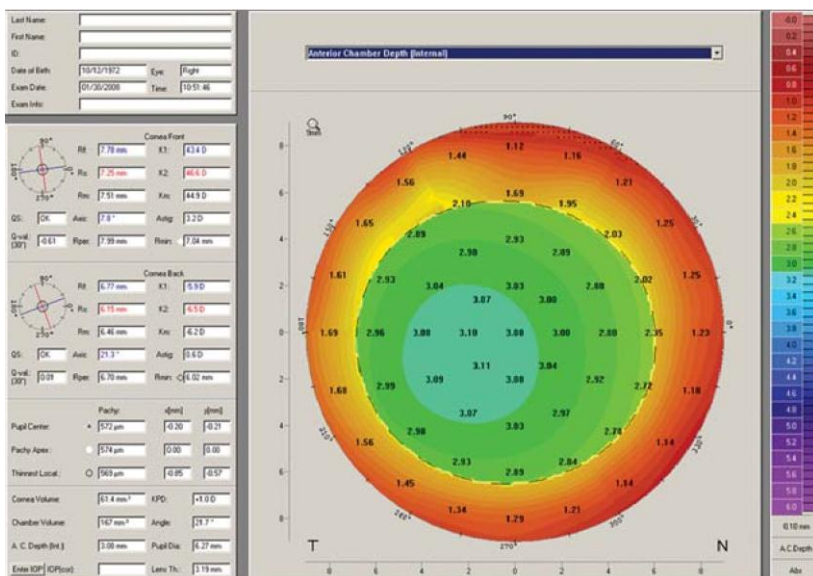
Εικόνα 49. Η αναφορά Holladay είναι χρήσιμη όταν υπολογίζουμε την ισχύ ενδοφακού σε ασθενείς με ιστορικό διαθλαστικού χειρουργείου(49).

Σε καιρούς όπου οι απαιτήσεις των ασθενών είναι υψηλές, είναι ανεπιθύμητες οι αλλαγές στην κεντρική τοπογραφία που μπορεί να προκαλέσει «refractive surprises» (διαθλαστικές εκπλήξεις). Σε ασθενείς με χειρουργικά αλλοιωμένη τοπογραφία η τυπική κερατομετρία αποτυγχάνει στον υπολογισμό της πραγματικής κερατοειδικής διαθλαστικής δύναμης. Τα κερατόμετρα αποτυγχάνουν στον έγκυρο υπολογισμό της δύναμης διότι υποθέτουν η αναλογία μεταξύ οπίσθιου και πρόσθιου κερατοειδή είναι ίδιο όπως σε ένα απείραχτο μάτι, δηλαδή 82%. Ο δείκτης διάθλασης που χρησιμοποιούν αυτά τα μηχανήματα είναι 1.3375. Αυτή η αναλογία, λόγω της excimerlaser θεραπείας, αλλάζει, και ο υπολογισμός καταλήγει λανθασμένος. Αυτό συνεπάγεται την αποτυχία του ενδοφακού στην διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος. Το Pentacam δημιουργεί τα «Equivalent K readings» ή EKR's υπολογίζοντας τη δύναμη της πρόσθιας και της οπίσθιας επιφάνειας. Για να πάρουμε τις σωστές αναγκαίες δυνάμεις του ενδοφακού για ασθενείς με χειρουργικά αλλαγμένο κερατοειδή, τα EKR's χρησιμοποιούνται με τα συστήματα υπολογισμού IOL. Ο υπολογισμός των EKR's, αντί της συσχέτισης με την κορυφή του κερατοειδούς όπως στην κερατομετρία, συσχετίζεται με το κέντρο της κόρης, και αντί της χρήσεως του χάρτη καμπυλότητας χρησιμοποιεί τον χάρτη διαθλαστικής δύναμης. Ο υπολογισμός βασίζεται στην αναλογία της οπίσθιας και της πρόσθιας επιφάνειας ακτινών, στην περιοχή που είναι η πιο σχετική για ασθενείς με ιστορικό θεραπείας με excimer, η οποία είναι η ζώνη εντός των 4.5 mm. Στην εικόνα 50, αναγράφεται διάγραμμα για ασθενείς με ιστορικό κερατοτομής, ακραίο ανώμαλο αστιγματισμό, και τραύμα για όποτε άλλες ζώνες μετρήσεων είναι καλύτερες για την διάγνωση του ασθενή από τις προεπιλεγμένες ζώνες μετρήσεων με τα αντίστοιχα EKR.

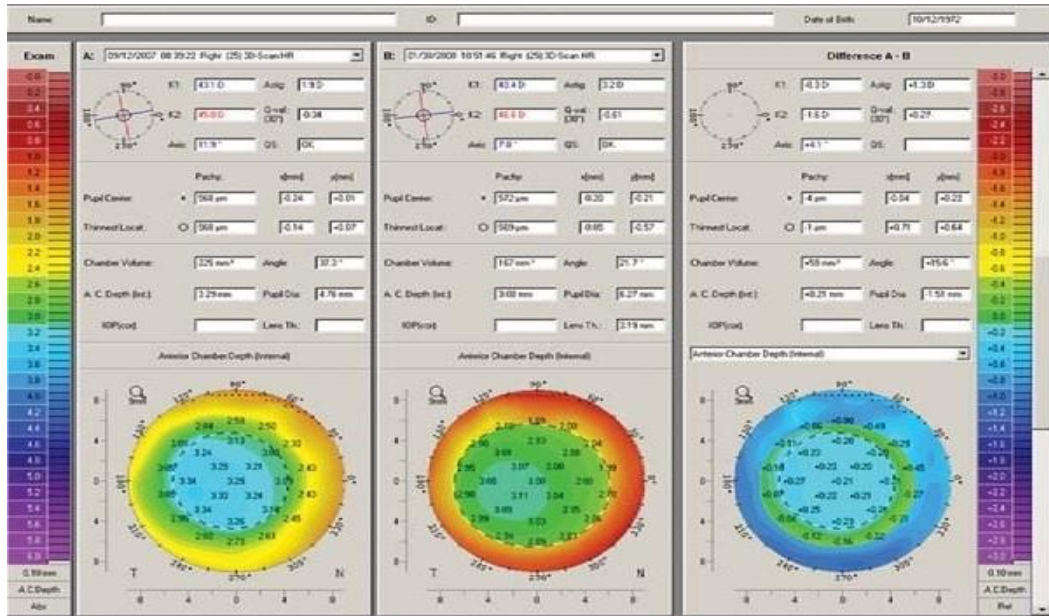


Εικόνα 50. Διάφορες οπτικές ζώνες μπορεί να χρειαστούν για περιπτώσεις ακραίου ανώμαλου αστιγματισμού όπως φαίνεται στις ενδείξεις EKR ασθενούς με ιστορικό επανειλημμένων χειρουργείων Lasik και τραυματισμό κεντρικού κερατοειδή(50).

Το Pentacam παρουσιάζει την εκτίμηση της γωνίας του προσθίου θαλάμου και δεδομένα που αφορούν το βάθος και τον όγκο του προσθίου θαλάμου. Πολύ εύκολα το Pentacam κάνει αναπαράσταση του προσθίου θαλάμου (Εικόνα 51).



Εικόνα 51. Ενδείξεις προσθίου θαλάμου ασθενούς εξεταζομένου για αυξημένο IOP έπειτα από εγκατάσταση ενδοφακού(51).



Εικόνα 52. Χάρτης που δείχνει τις διαφορές σε πληροφορίες προσθίου θαλάμου προεγχειρητικά και έπειτα από την εγκατάσταση ενδοφακού. Η φυσική κάμψη και το πλατό της ίριδας προκαλούν μισο-διαστολικό φραγμό της κόρης και αυξημένη πίεση. Η απεικόνιση Scheimpflug έδειξε ότι η αρχιτεκτονική της ίριδας ήταν η αιτία φραγμού της κόρης. Εμφανής είναι η μείωση της γωνίας του προσθίου θαλάμου (52).

Ενώ η απόσταση μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας το κερατοειδούς και της ίριδας είναι ενσωματωμένα σε διάμετρο 12mm γύρω από την κορυφή του κερατοειδούς, ο όγκος του προσθίου θαλάμου υπολογίζεται άμεσα. Όταν η κόρη είναι σε διαστολή, η γωνία προσθίου θαλάμου δεν πρέπει να υπολογίζεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλο σκοπό, όπως η πρόγνωση ασθενών για ρίσκο παρουσίας γλαυκώματος χάρη σε στενή γωνία. Αυτές οι πληροφορίες, δηλαδή οι πληροφορίες του προσθίου θαλάμου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και όταν κάνουμε διάγνωση για ενδοφακούς.

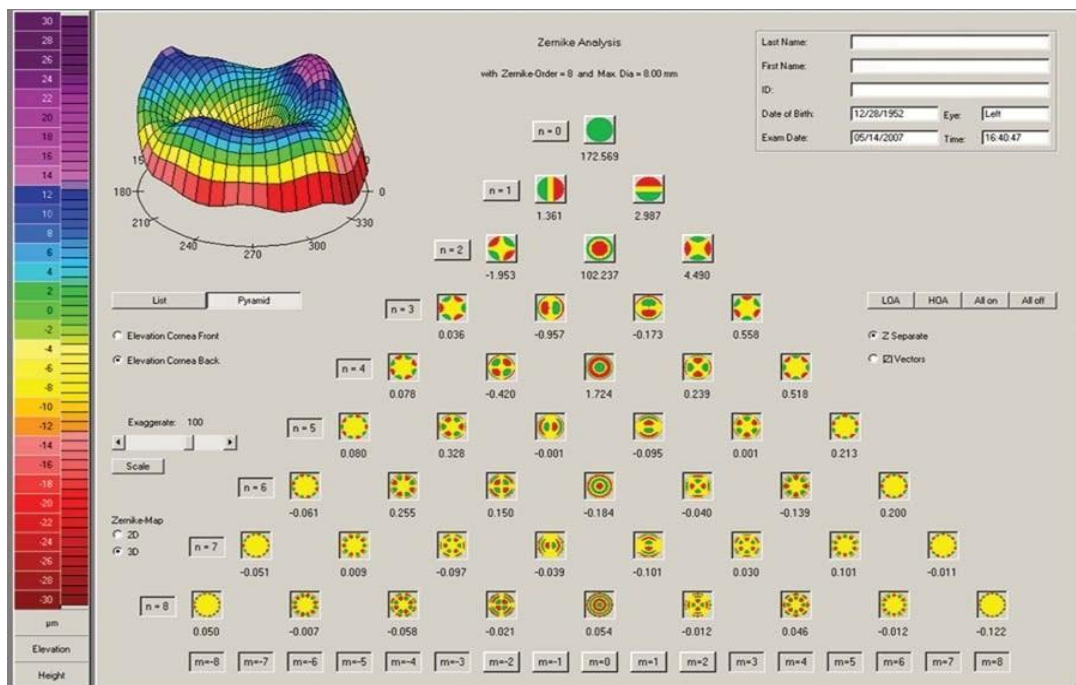
Σε έρευνα που έκαναν οι Nemethetal, συγκρίνοντας μετρήσεις σε φακικούς και ψευδοφακικούς οφθαλμούς, με υπέρηχο και με Pentacam, του βάθους του προσθίου θαλάμου (Anterior Chamber Depth, ACD) βρήκαν αξιοσημείωτα μικρότερες μετρήσεις με το Pentacam σε ψευδοφακικούς και παρόμοιες μετρήσεις με το Pentacam και τον υπέρηχο ωστόσο, σε φακικούς.

Σε άλλη έρευνα, των Elbazetal, συγκρίθηκαν μετρήσεις ACD που λειφθήκαν από υπέρηχο A-scan, Pentacam και IOLMaster. Μετρήσεις ACD από IOLMaster και υπέρηχο διέφεραν πολύ από αυτές του Pentacam. Δεν συνιστάται η αντικατάσταση αυτών των μηχανημάτων ωστόσο, που χρησιμοποιούν συμπεράσματα μετρήσεων ACD και κερατοειδικής καμπυλότητας. Αντ' αυτού,

σε έρευνα των Lackneretal που σύγκριναν ACD μετρήσεις με το Orbscan και το Pentacam, μελέτησαν τις διαφορές των τιμών ACD αλλά και την μεταβλητότητα μετρημένα με Orbscan και Pentacam, και διαπίστωσαν την ευελιξία αντικατάστασης μεταξύ των δύο.

Χρησιμοποιώντας το Pentacam, μπορούμε να εκτιμήσουμε την ανατομία της γωνίας του προσθίου θαλάμου σε σχέση με το κλείσιμο της γωνίας σε γλαύκωμα. Οι Rabsiberetal, βρήκαν την χρησιμότητά του για την διάγνωση της πιθανότητας κλεισίματος της γωνίας σε γλαυκωματικούς ασθενείς, λόγω της επιπλέον αξιοπιστίας του στην εκτίμηση του προσθίου θαλάμου.

Βάση των δεδομένων ύψους της πρόσθιας και της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, το Pentacam περιγράφει το σφάλμα του μετώπου κύματος. Σημαντικό είναι να σημειωθεί, ότι διαφέρει από ένα αμπερόμετρο μετώπου κύματος, και δεν μετράει το συνολικό σφάλμα του μετώπου. Η ανάλυση Zernicke γίνεται με την σύγκριση κανονιστικών δεδομένων (για φυσιολογικούς οφθαλμούς) και όχι με την χρήση σώματος αναφοράς. Για την ευκολία αναγνώρισης, οι μη φυσιολογικές τιμές επισημαίνονται με έντονο χρώμα όπως φαίνεται στην εικόνα 53. Οι συντελεστές εκτροπών υπολογίζονται από τους συντελεστές Zernicke. Οι τιμές άνω των 1.0 είναι οπτικά σημαντικές, ενώ, η τιμή 0, ισοδυναμεί με την ανυπαρξία ουδεμίας εκτροπής.



Εικόνα 53. Χάρτης κερατοειδικού μετώπου κύματος του ασθενή στην εικόνα 35, με ιστορικό κερατόκωνου(53).

1.8.4 Προσομοίωση φακικού ενδοφακού πρόσθιου θαλάμου

Για την διευκόλυνση των χειρουργών στην τοποθέτηση ενδοφακών στον πρόσθιο θάλαμο, δημιουργήθηκε το λογισμικό προσομοίωσης. Επειδή όμως, το Pentacam δεν μπορεί να απεικονίσει δομές πίσω από την ίριδα, ενδοφακοί του οπίσθιου θαλάμου δεν μπορούν να απεικονιστούν. Από την βάση δεδομένων μπορεί να διαλεχτεί η δύναμη και ο τύπος του φακού, και το λογισμικό υπολογίζει της διαθλαστική δύναμη του φακού, βάση της μετουσιωμένης διάθλασης ύστερα από τις εισαγωγές του κλινικού εργαζόμενου. Αποστάσεις μεταξύ του ενδοθηλίου, του κρυσταλλοειδούς φακού, και του ενδοφακού μπορούν να δοθούν όπως επίσης και οι προσομοιώσεις γήρανσης. Το λογισμικό υποθέτει ότι ο κρυσταλλοειδής φακός μεγαλώνει κατά 18 μm , που με τη σειρά του, θα μίκρυνε το πρόσθιο θάλαμο αφού η ίριδα, από την διεύρυνση του φακού, θα μετακινούταν όλο και πιο κοντά στον κερατοειδή, βάζοντας σε ρίσκο το ενδοθήλιο.

Κεφάλαιο 2

2.1 Υλικά και Μέθοδοι

2.1.1 Ο τοπογράφος και η λήψη μετρήσεων

Η λήψη των τιμών για την εξαγωγή της έρευνας, έγινε με τοπογράφο της σχολής με την εθελοντική συμμετοχή συμφοιτητών μετά τις διδακτικές ώρες. Ο τοπογράφος ήταν τύπου Placido και βρίσκεται στην αίθουσα 115 στο κτήριο K4. Οι μετρήσεις ληφθήκαν η καθεμία ξεχωριστά για το κάθε μάτι του εξεταζόμενου, αριστερό και δεξί. Ο τύπος των τοπογραφικών χαρτών που χρησιμοποιήθηκε ήταν της επαπτομενικής μεθόδου για μεγαλύτερη ακρίβεια. Από τις διαθέσιμες τιμές, καταγράφηκαν οι κερατομετρικές K_1 και K_2 , ο μέσος όρος τους (Avg), η κατεύθυνση και η δύναμη σε διοπτρίες του κυλίνδρου (Cyl). Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι η δειγματοληψία είναι μεγέθους 229 τιμών και έγινε ανώνυμα. Έπειτα με την βοήθεια το στατιστικού προγράμματος Medcalc, εισήχθησαν οι παραπάνω μετρήσεις στο πρόγραμμα και προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα και τα συναφή διαγράμματα.

Κεφάλαιο 3

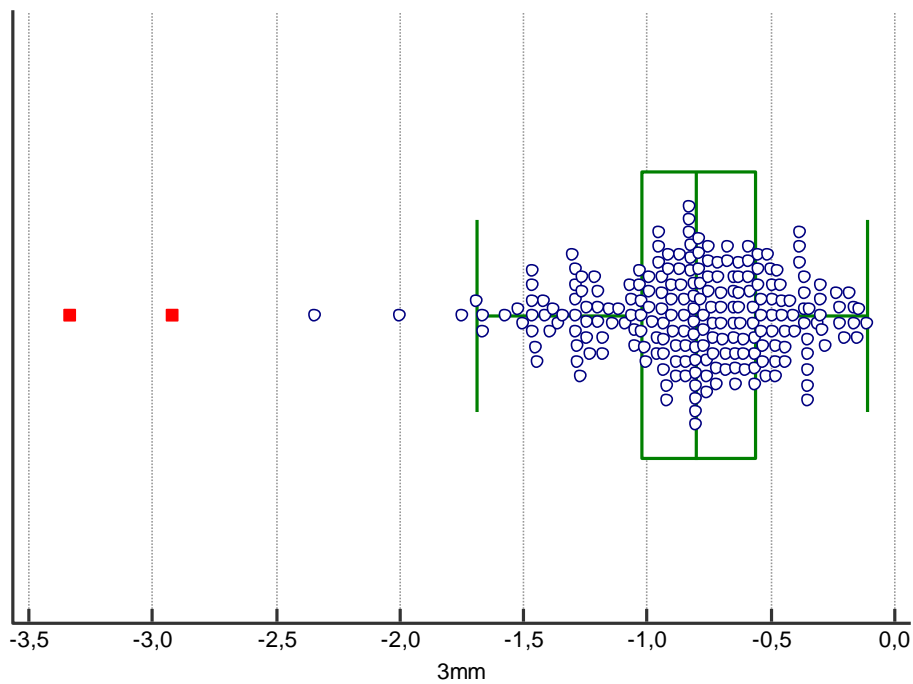
3.1 Αποτελέσματα

3.1.1 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

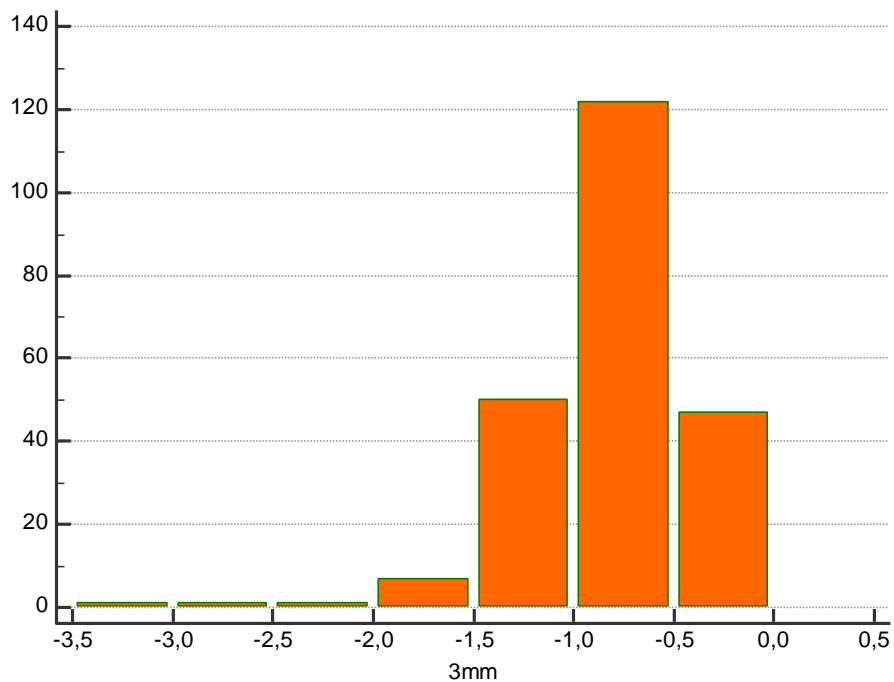
Πίνακας 3.1. Αστιγματισμός ανάλυση για τα 3mm:

Variable	3mm
Sample size	229
Lowest value	<u>-3,3300</u>
Highest value	<u>-0,1100</u>
Arithmetic mean	-0,8362
95% CI for the mean	-0,8921 to -0,7804
Median	-0,8000
95% CI for the median	-0,8281 to -0,7500
Variance	0,1841
Standard deviation	0,4291
Relative standard deviation	-0,5131 (-51,31%)
Standard error of the mean	0,02836
Coefficient of Skewness	-1,7118 (P<0,0001)
Coefficient of Kurtosis	6,6872 (P<0,0001)
Chi-squared test for Normal distribution	reject Normality (P=0,0074) (Chi-squared=24,078 DF=10)
Percentiles	95% Confidence Interval
2,5	-1,6833 -2,8487 to -1,4900
5	-1,4620 -1,6921 to -1,4240
10	-1,3520 -1,4600 to -1,2735
25	-1,0200 -1,1751 to -0,9419
75	-0,5575 -0,6181 to -0,4900
90	-0,3600 -0,4330 to -0,3000
95	-0,2895 -0,3500 to -0,1793
97,5	-0,1845 -0,2825 to -0,1412

Η μέση τιμή του κυλίνδρου όλων των μετρήσεων για το εύρος των 3mm είναι -0,8362, το οποίο είναι σχετικά χαμηλό. Έπειτα, η τυπική απόκλιση είναι 0,4291 το οποίο και πάλι μας βάζει σε επίπεδα πολύ χαμηλού αστιγματισμού για τα 3mm.



1. Ανάλυση τιμών μετρήσεων σε γράφημα για τα 3mm

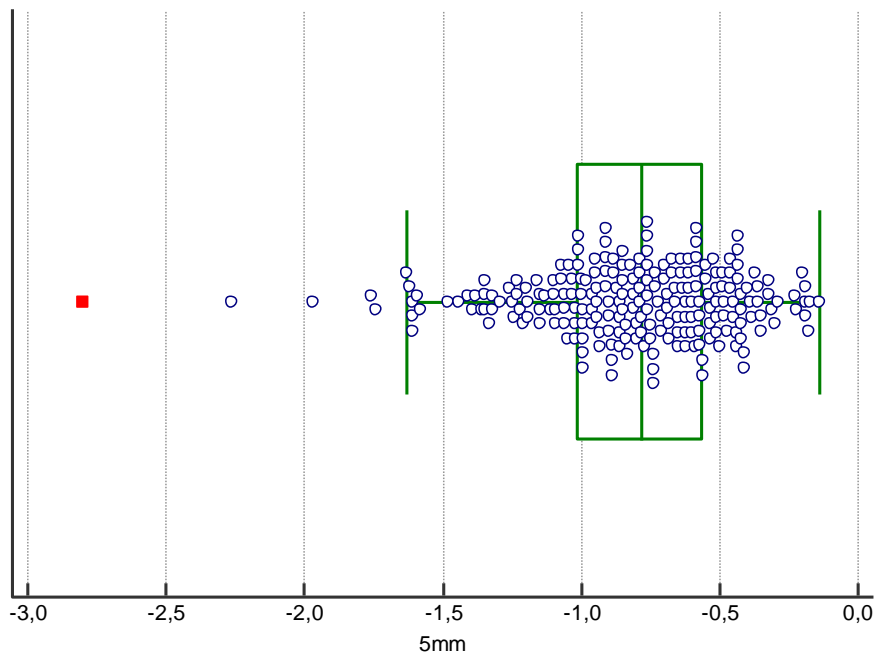


2. Ανάλυση τιμών μετρήσεων σε γράφημα για τα 3mm

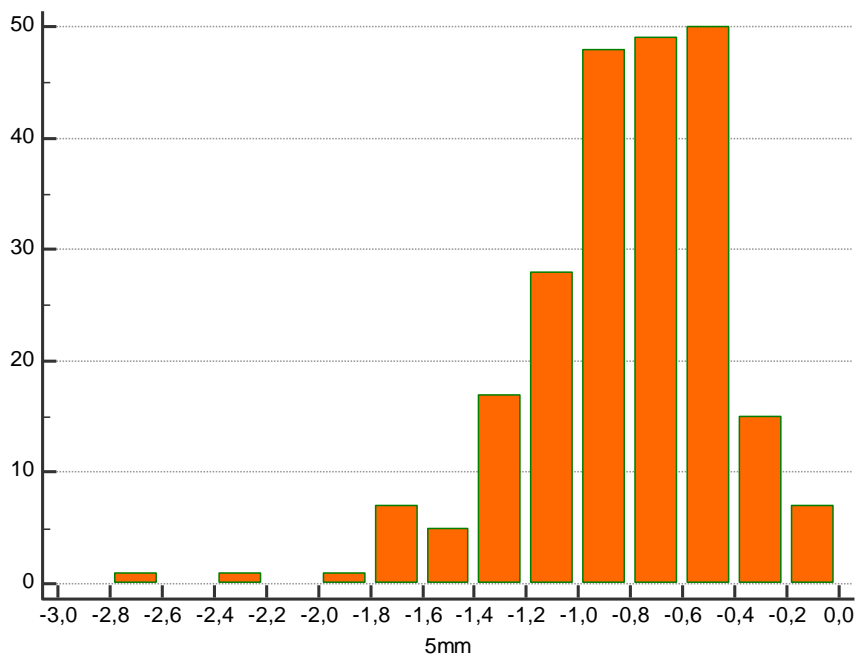
Πίνακας 3.2. Αστιγματισμός ανάλυση για τα 5mm:

Variable	5mm	
Sample size	229	
Lowest value	<u>-2,8000</u>	
Highest value	<u>-0,1400</u>	
Arithmetic mean	-0,8216	
95% CI for the mean	-0,8715 to -0,7717	
Median	-0,7800	
95% CI for the median	-0,8500 to -0,7319	
Variance	0,1469	
Standard deviation	0,3833	
Relative standard deviation	-0,4665 (-46,65%)	
Standard error of the mean	0,02533	
Coefficient of Skewness	-1,1759 (P<0,0001)	
Coefficient of Kurtosis	3,1935 (P<0,0001)	
Chi-squared test for Normal distribution	reject Normality (P=0,0145) (Chi-squared=23,600 DF=11)	
Percentiles		95% Confidence Interval
2,5	-1,6278	-2,2243 to -1,5875
5	-1,5805	-1,6339 to -1,3520
10	-1,3200	-1,4125 to -1,2035
25	-1,0125	-1,0867 to -0,9600
75	-0,5575	-0,6000 to -0,5016
90	-0,4100	-0,4365 to -0,3475
95	-0,3095	-0,3680 to -0,1900

Η μέση τιμή του κυλίνδρου όλων των μετρήσεων για το εύρος των 5mm είναι -0,8216, το οποίο είναι σχετικά χαμηλό. Έπειτα, η τυπική απόκλιση είναι 0,3833 το οποίο για άλλη μια φορά μας βάζει σε επίπεδα πολύ χαμηλού αστιγματισμού για τα 5mm.



3. Ανάλυση τιμών μετρήσεων σε γράφημα για τα 5mm

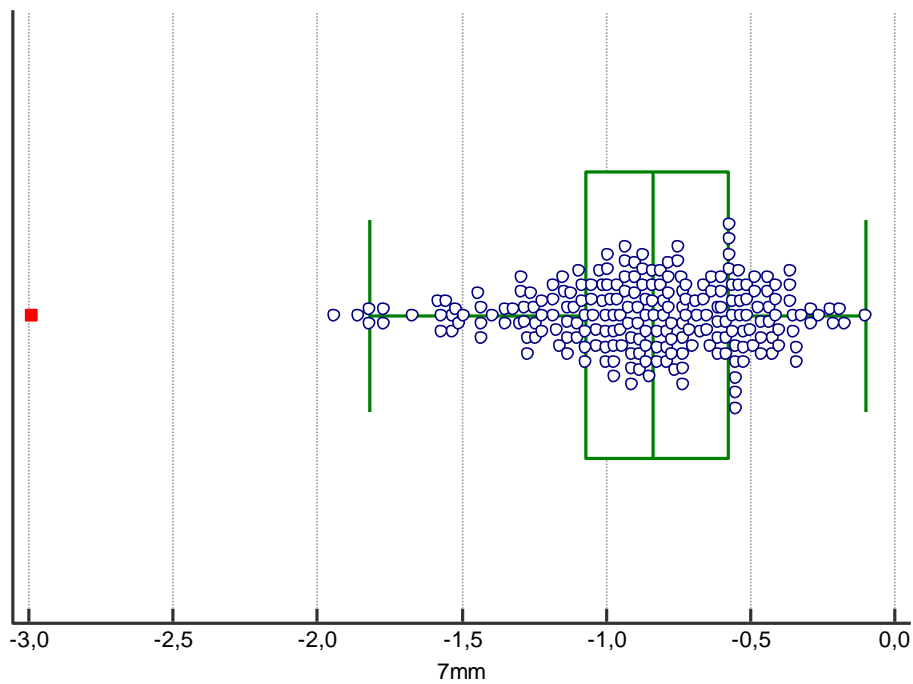


4. Ανάλυση τιμών μετρήσεων σε γράφημα για τα 5mm

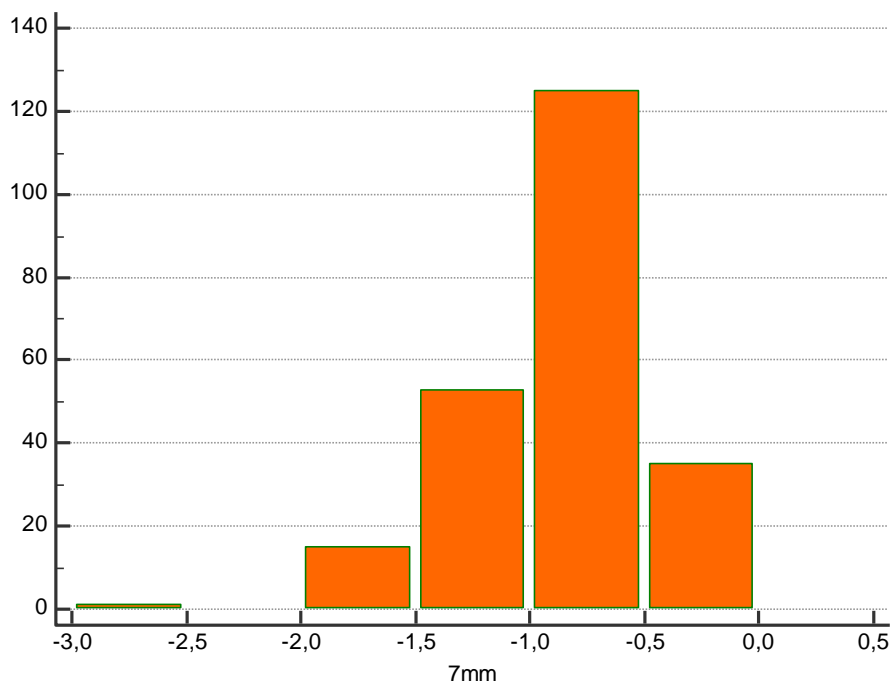
Πίνακας 3.3. Αστιγματισμός ανάλυση για τα 7mm:

Variable	7mm	
Sample size		229
Lowest value		<u>-2,9900</u>
Highest value		<u>-0,1000</u>
Arithmetic mean		-0,8701
95% CI for the mean		-0,9205 to -0,8197
Median		-0,8400
95% CI for the median		-0,8981 to -0,7800
Variance		0,1496
Standard deviation		0,3868
Relative standard deviation		-0,4446 (-44,46%)
Standard error of the mean		0,02556
Coefficient of Skewness		-1,1029 (P<0,0001)
Coefficient of Kurtosis		3,3641 (P<0,0001)
Chi-squared test for Normal distribution		accept Normality (P=0,2264) (Chi-squared=12,952 DF=10)
Percentiles		95% Confidence Interval
2,5	-1,7700	-1,9302 to -1,5650
5	-1,5510	-1,7718 to -1,4320
10	-1,3500	-1,5208 to -1,2635
25	-1,0725	-1,1484 to -1,0000
75	-0,5700	-0,6381 to -0,5416
90	-0,4240	-0,4800 to -0,3600
95	-0,3495	-0,4080 to -0,2586
97,5	-0,2667	-0,3425 to -0,1725

Η μέση τιμή του κυλίνδρου όλων των μετρήσεων για το εύρος των 7mm είναι -0,8701, το οποίο είναι σχετικά χαμηλό. Έπειτα, η τυπική απόκλιση είναι 0,3868 το οποίο μοιάζει πάρα πολύ με τις μετρήσεις για τα 5mm και μας βάζει σε επίπεδα πολύ χαμηλού αστιγματισμού για τα 7mm.



5. Ανάλυση τιμών μετρήσεων σε γράφημα για τα 7mm



6. Ανάλυση τιμών μετρήσεων σε γράφημα για τα 7mm

Κεφάλαιο 4

4.1 Συμπέρασμα

Για τις τιμές των 3mm και μέγεθος δείγματος 229 έχουμε:

Η μικρότερη τιμή είναι -3,33 Δ αστιγματισμού ενώ η μεγαλύτερη είναι -0.11 Δ. Από όλες τις ληφθήσες τιμές βγαίνει η μέση τιμή των -0,8362 και το 95% CI αυτής της τιμής είναι από -0,8921 έως -0,7804. Δηλαδή υπάρχει 95 % πιθανότητα η μέση τιμή να βρίσκεται σε αυτό το πεδίο τιμών. Ο διάμεσος που έχει τιμή -0,8000, έχει 95% CI από -0,8281 έως -0,7500. Η διακύμανση στις τιμές όλων των δειγμάτων από τη μέση τιμή είναι 0,1841. Η τυπική απόκλιση όλων των τιμών από τη μέση τιμή, δηλαδή η τιμή διασκόρπισης των δειγμάτων από την μέση τιμή είναι 0,4291. Με διαφορά από την προηγούμενη τιμή, η σχετική τυπική απόκλιση είναι -0,5131 δηλαδή -51,31%. Το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής είναι 0,02836. Παρακάτω, ο συντελεστής λοξότητας δηλαδή το μέτρο ασυμμετρίας στην κατανομή είναι -1,7118 ($P < 0,0001$). Ο συντελεστής κύρτωσης, που χρησιμοποιείται για να εκτιμήσουμε εάν μια συνάρτηση πυκνότητας είναι πιο αποκορυφωμένη γύρω από το κέντρο της, είναι 6,6872 ($P < 0,0001$). Τέλος, το Chi-Squaretest που χρησιμοποιείται για να μας δείξει εάν μια μεταβλητή πρόκειται να προέλθει από μία κατανομή, οι τιμές είναι Chi-Square=24,078, DF=10 που αποκλείει την κανονικότητα ($P=0,0074$).

Για τις τιμές των 5 mm και μέγεθος δείγματος 229 έχουμε:

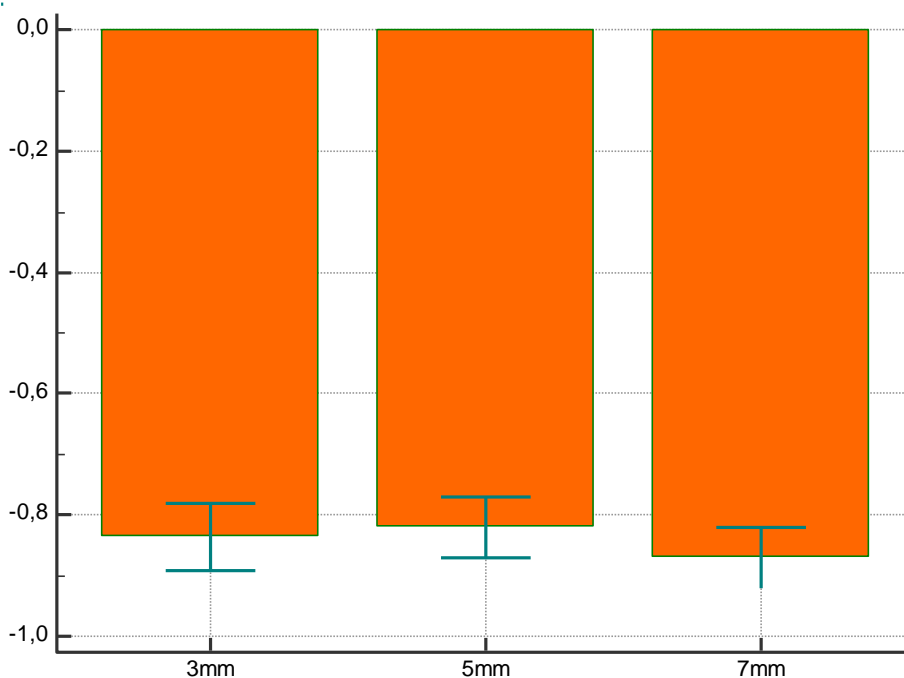
Η μικρότερη τιμή είναι -2,8000 Δ αστιγματισμού ενώ η μεγαλύτερη είναι -0,1400 Δ. Από όλες τις ληφθήσες τιμές βγαίνει η μέση τιμή των -0,8216 και το 95% CI αυτής της τιμής είναι από -0,8715 έως -0,7717. Ο διάμεσος που έχει τιμή -0,7800 έχει 95% CI από -0,8500 έως -0,7319. Η διακύμανση στις τιμές όλων των δειγμάτων από τη μέση τιμή είναι 0,1469. Η τυπική απόκλιση όλων των τιμών από τη μέση τιμή είναι 0,3833. Διαφέροντας από την προηγούμενη τιμή, η σχετική τυπική απόκλιση είναι -0,4665 δηλαδή -46,65%. Το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής είναι 0,02533. Συνεχίζοντας, ο συντελεστής λοξότητας δηλαδή το μέτρο ασυμμετρίας στην κατανομή είναι -1,1759 ($P < 0,0001$). Ο συντελεστής κύρτωσης είναι 3,1935 ($P < 0,0001$). Τελειώνοντας, για το Chi-Squaretest οι τιμές είναι Chi-Square=23,600, DF=11 που αποκλείει την κανονικότητα ($P=0,0145$).

Για τις τιμές των 7 mm και μέγεθος δείγματος 229 έχουμε:

Η μικρότερη τιμή είναι -2,9900 Δ αστιγματισμού ενώ η μεγαλύτερη είναι -0,1000 Δ. Από όλες τις ληφθήσες τιμές βγαίνει μέση τιμή των -0,8701 και το 95% CI αυτής της τιμής είναι από -0,9205 έως -0,8197. Ο διάμεσος που έχει τιμή -0,8400 έχει 95% CI από -0,8981 έως -0,7800. Η διακύμανση στις τιμές όλων των δειγμάτων από τη μέση τιμή είναι 0,1496. Η τυπική απόκλιση όλων των τιμών από τη μέση τιμή είναι 0,3868. Με διαφορά από την προηγούμενη τιμή, η σχετική τυπική απόκλιση είναι -0,4446 δηλαδή -44,46%. Το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής είναι 0,02556. Έπειτα, ο συντελεστής λοξότητας δηλαδή το μέτρο ασυμμετρίας στην κατανομή είναι -1,1029 ($P < 0,0001$). Ο συντελεστής κύρτωσης είναι 3,3641 ($P < 0,0001$). Τέλος, για το Chi-Squaretest οι τιμές είναι Chi-Square=12,952, DF=10 που δέχεται την κανονικότητα ($P=0,2264$).

4.1.1 Σύγκριση μετρήσεων των 3 mm, 5 mm και 7mm

Συγκριτικό τιμών για 3 mm, 5 mm και 7mm:



4.1. Γράφημα συγκριτικό μεταξύ και των τριών διαμέτρων

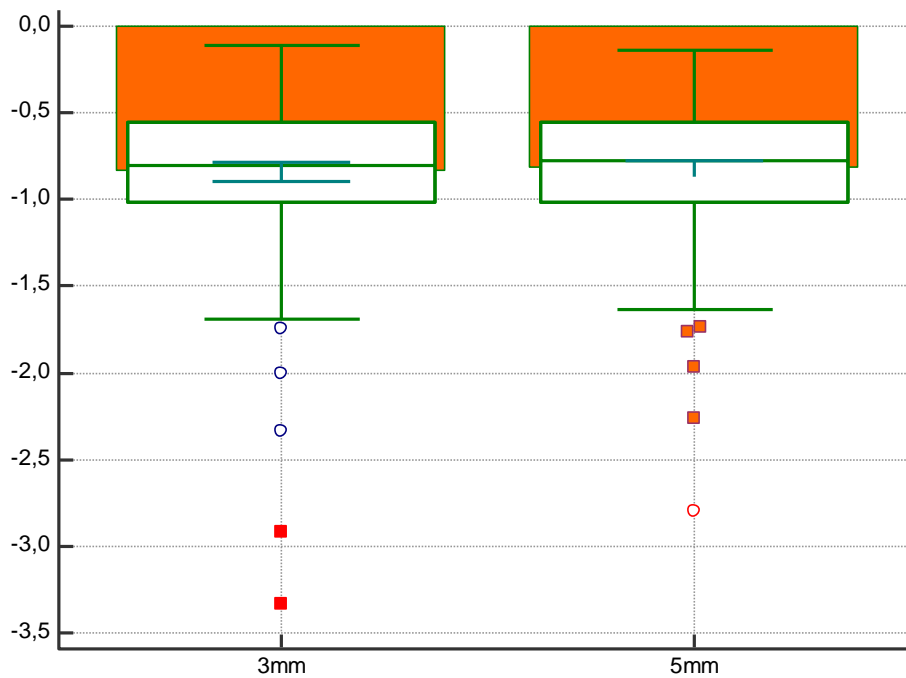
Συμπέρασμα:

Σημαντικό ότι δείχνει μια μείωση στις μέσες τιμές από 3mm σε 5mm και μετά πάλι αύξηση στα 7mm η διαφορά όμως είναι αμελητέα.

Πίνακας 4.1. Συγκριτικό 3 -5 mm διαφορά **0,0147 «αμελητέο»**.

Sample 1	3mm	
Sample 2	5mm	
	Sample 1	Sample 2
Sample size	229	229
Arithmetic mean	-0,8362	-0,8216
95% CI for the mean	-0,8921 to -0,7804	-0,8715 to -0,7717
Variance	0,1841	0,1469
Standard deviation	0,4291	0,3833
Standard error of the mean	0,02836	0,02533
Paired samples t-test		
Mean difference		0,01467
Standard deviation of mean difference		0,1539
Standard error of mean difference		0,01017
95% CI		-0,005370 to 0,03472
Test statistic t		1,442
Degrees of Freedom (DF)		228
Two-tailed probability		P = 0,1505

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, η διαφορά στη μέση τιμή για τις μετρήσεις των 3 και 5 mm είναι ελάχιστη. Αυτό σημαίνει ότι για τις παρακάτω τιμές περιμένουμε και πάλι την ομοιότητα μεταξύ των δύο δειγμάτων. Το εύρος 95% CI για τη μέση τιμή είναι πολύ παρόμοια και διαφέρει κατά ελάχιστα δέκατα. Το ίδιο ισχύει και για τη διακύμανση των τιμών που η διαφορά είναι στον βαθμό των εκατοστών. Συνεχίζοντας, καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρείται στην τυπική απόκλιση και στο τυπικό σφάλμα της μέση τιμής. Στο Paired samples t-test η διαφορά των μέσων τιμών είναι 0,01467 δηλαδή είναι μηδαμινού βαθμού και δεν έχει κάποια σημαντική επιρροή στα δείγματα. Όλες οι υπόλοιπες τιμές είναι πολύ μικρού βαθμού για να παρατηρηθεί κάποια σημαντική πληροφορία εκτός από το P που είναι ίσο με 0,1505 δηλαδή μεγαλύτερο του 0,05.



4.2. Γράφημα συγκριτικό μεταξύ και των 3 και 5mm διαμέτρων

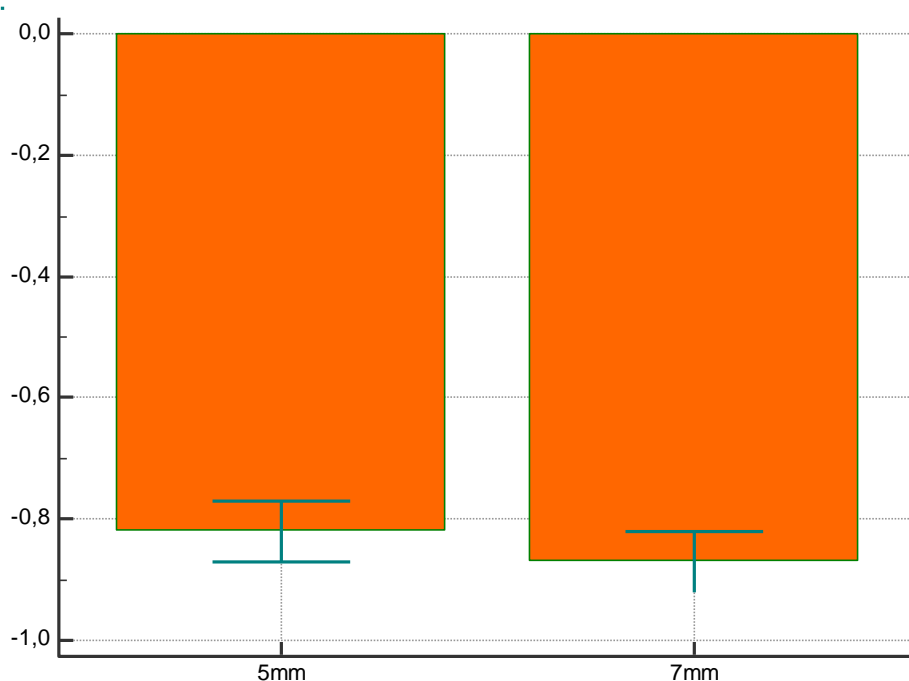
Συμπέρασμα:

Σημαντικό ότι δείχνει μια μείωση στις μέσες τιμές από 3mm σε 5mm η διαφορά όμως είναι αμελητέα.

Πίνακας 4.2. Συγκριτικό 5 -7 mm διαφορά **0,04852** «αμελητέο».

Sample 1	5mm	
Sample 2	7mm	
	Sample 1	Sample 2
Sample size	229	229
Arithmetic mean	-0,8216	-0,8701
95% CI for the mean	-0,8715 to -0,7717	-0,9205 to -0,8197
Variance	0,1469	0,1496
Standard deviation	0,3833	0,3868
Standard error of the mean	0,02533	0,02556
Paired samples t-test		
Mean difference		-0,04852
Standard deviation of mean difference		0,1106
Standard error of mean difference		0,007311
95% CI		-0,06292 to -0,03411
Test statistic t		-6,636
Degrees of Freedom (DF)		228
Two-tailed probability		P < 0,0001

Από τον πίνακα φαίνεται η διαφορά στη μέση τιμή για τις μετρήσεις των 5 και 7 mm είναι ελάχιστη. Αυτό σημαίνει ότι για άλλη μια φορά, περιμένουμε οι παρακάτω τιμές να είναι όμοιες μεταξύ των δύο δειγμάτων. Το εύρος 95% CI για τη μέση τιμή είναι πολύ παρόμοια και διαφέρει κατά ελάχιστα δέκατα. Το ίδιο ισχύει και για τη διακύμανση των τιμών, που η διαφορά είναι στον βαθμό των χιλιοστών. Συνεχίζοντας, καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρείται στην τυπική απόκλιση και στο τυπικό σφάλμα της μέση τιμής. Στο Paired samples t-test η διαφορά των μέσων τιμών είναι -0,04852 δηλαδή είναι μηδαμινού βαθμού και δεν έχει κάποια σημαντική επιρροή στα δείγματα. Όλες οι υπόλοιπες τιμές είναι πολύ μικρού βαθμού για να παρατηρηθεί κάποια σημαντική πληροφορία εκτός από το P που είναι μικρότερο από 0,0001 δηλαδή μικρότερο του 0,05.



4.3. Γράφημα συγκριτικό μεταξύ και των 5 και 7mm διαμέτρων

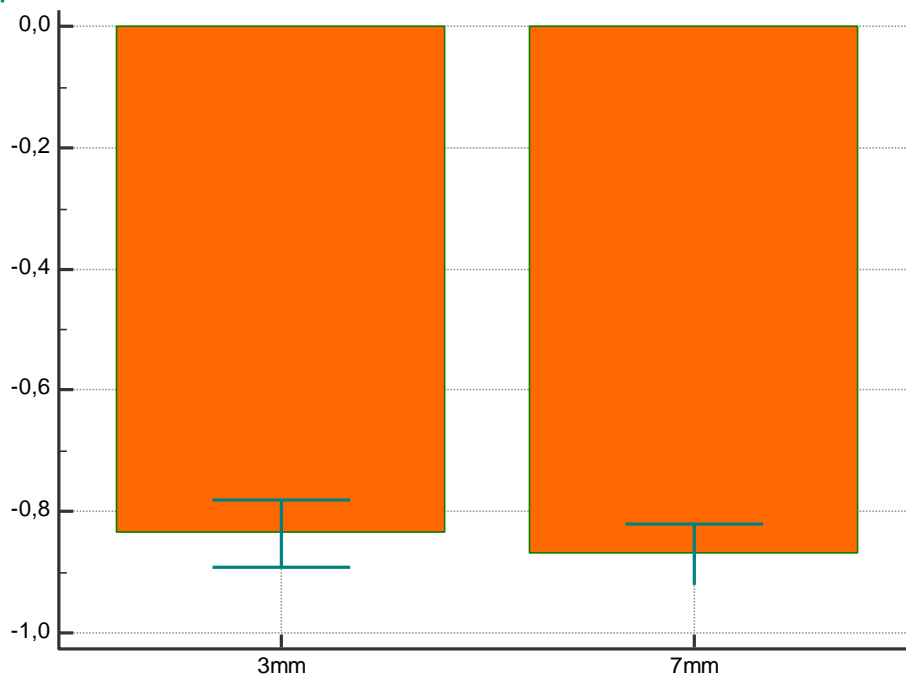
Συμπέρασμα:

Σημαντικό δείχνει μια αύξηση στις μέσες τιμές από 5mm σε 7mm η διαφορά όμως είναι αμελητέα.

Πίνακας 4.3. Συγκριτικό 3 -7 mm διαφορά 0,03384 «αμελητέο».

Sample 1	3mm	
Sample 2	7mm	
	Sample 1	Sample 2
Sample size	229	229
Arithmetic mean	-0,8362	-0,8701
95% CI for the mean	-0,8921 to -0,7804	-0,9205 to -0,8197
Variance	0,1841	0,1496
Standard deviation	0,4291	0,3868
Standard error of the mean	0,02836	0,02556
Paired samples t-test		
Mean difference		-0,03384
Standard deviation of mean difference		0,2307
Standard error of mean difference		0,01525
95% CI		-0,06388 to -0,003804
Test statistic t		-2,220
Degrees of Freedom (DF)		228
Two-tailed probability		P = 0,0274

Όπως αναγράφεται στον πίνακα η διαφορά στη μέση τιμή για τις μετρήσεις των 3 και 7 mm είναι ελάχιστη. Αυτό σημαίνει ότι όπως και στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις, περιμένουμε οι παρακάτω τιμές να είναι όμοιες μεταξύ των δύο δειγμάτων. Το εύρος 95% CI για τη μέση τιμή είναι πολύ παρόμοια και διαφέρει κατά ελάχιστα δέκατα. Το ίδιο ισχύει και για τη διακύμανση των τιμών, που η διαφορά είναι στον βαθμό των εκατοστών. Συνεχίζοντας, καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρείται στην τυπική απόκλιση και στο τυπικό σφάλμα της μέση τιμής. Στο Paired samples t-test η διαφορά των μέσων τιμών είναι -0,03384 δηλαδή είναι μηδαμινού βαθμού και δεν έχει κάποια σημαντική επιρροή στα δείγματα. Όλες οι υπόλοιπες τιμές είναι πολύ μικρού βαθμού για να παρατηρηθεί κάποια σημαντική πληροφορία εκτός από το P που είναι ίσο με 0,0274 δηλαδή μικρότερο του 0,05.

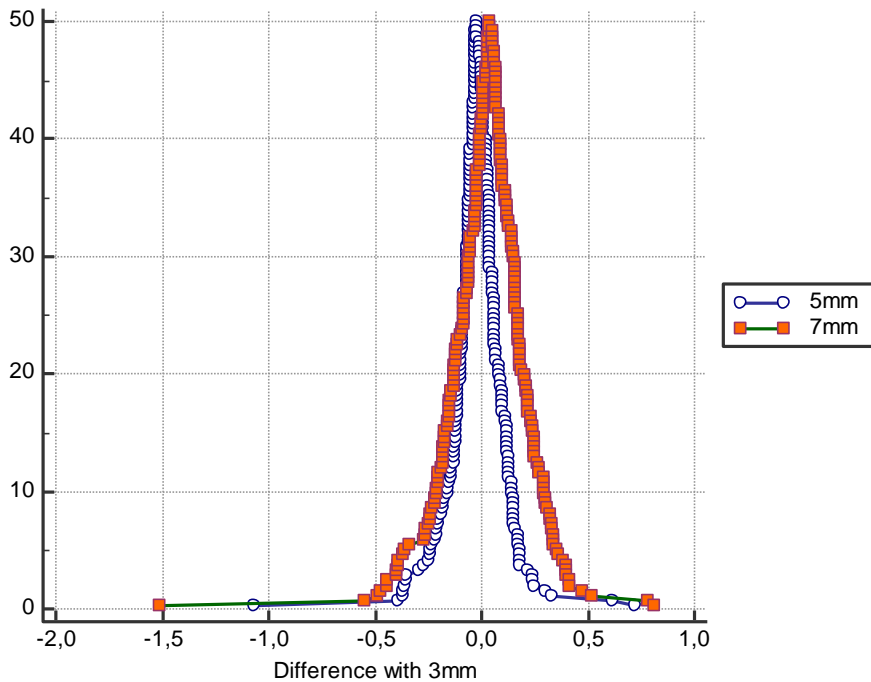


4.4. Γράφημα συγκριτικό μεταξύ και των 3 και 7mm διαμέτρων

Συμπέρασμα:

Σημαντικό ότι δείχνει μια αύξηση στις μέσες τιμές από 3mm σε 7mm η διαφορά όμως είναι αμελητέα.

Συγκριτικό 3mm με 5mm και 7mm μαζί



4.5. Γράφημα διαφοράς συγκριτικό μεταξύ και των 5 και 7mm διαμέτρων σε σχέση με τα 3mm.

Πίνακας 4.4. Όλες οι συγκρίσεις 3mm με 5mm, 5mm με 7mm και 3mm με 7mm:

Variable Y	3mm
Variable X	5mm
Sample size	229
Correlation coefficient r	0,9344
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,9156 to 0,9490

Variable Y	5mm
Variable X	7mm
Sample size	229
Correlation coefficient r	0,9588
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,9468 to 0,9681

Variable Y	3mm
Variable X	7mm
Sample size	229
Correlation coefficient r	0,8451
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,8035 to 0,8785

Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει μια μείωση ή αύξηση των μέσων τιμών αλλά η διαφορά είναι αναμφισβήτητα «αμελητέα».

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ απόστασης από το κέντρο της κόρης με το βαθμό του αστιγματισμού σε φυσιολογικούς οφθαλμούς.

Αρχικά γίνεται λόγος για το θέμα και τον στόχο της παρούσης εργασίας και ο αναγνώστης εισάγεται στις αρχικές έννοιες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση της εργασίας. Έτσι, γίνεται ανάλυση του ορισμού του αστιγματισμού, της αιτιολογίας του, των τύπων και ειδών του βάση διαφόρων αρχών και ολοκληρώνεται αυτό το υποκεφάλαιο με μια σύντομη παρουσίαση της παθοφυσιολογίας του. Στη συνέχεια, καθώς μπαίνουμε πιο βαθιά στο θέμα της εργασίας, ο αναγνώστης επιμορφώνεται επί του θέματος των χαρτών καμπυλότητας και διαθλαστικής δύναμης. Αναφέρεται η αρχή λειτουργίας τους, οι δύο τύποι λήψης χαρτών, ο τοξοειδής και ο εφαπτομενικός, καθώς και μερικές βασικές διαφορές, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Με αυτήν την επιμόρφωση στην κατοχή του αναγνώστη, παρουσιάζονται τα συνήθη σχήματα φυσιολογικής καμπυλότητας κερατοειδούς. Έπειτα, ο αναγνώστης εισάγεται στο κεφάλαιο χαρτών ανύψωσης κερατοειδούς και αναφέρεται η αρχή λειτουργίας τους, οι διάφοροι μέθοδοι λειτουργίας τους, οι διαφορές με τους προηγούμενους χάρτες και η βασική χρήση τους στην κλινική διάγνωση των ασθενών. Συνεχίζοντας, αναλύεται το υποκεφάλαιο του Pentacam, και παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας του ενώ μετέπειτα ακολουθεί επιμόρφωση του αναγνώστη στη φυσιολογική κλινική εικόνα των ασθενών με πολλά παραδείγματα χαρτών. Συνεπακόλουθα, αναλύονται και σχολιάζονται λεπτομερώς οι ρυθμίσεις του οργάνου για τις ανάλογες μετεγχειρητικές περιπτώσεις. Γίνεται λόγος για την παχυμετρία του Pentacam και άλλων συσκευών, με την ανάλυση καταγεγραμμένων αποτελεσμάτων και γίνεται αναφορά στην πιθανή αντικατάσταση των κατεστημένων συσκευών από άλλων βάση της επίδοσής τους. Τελευταίο σε αυτό το υποκεφάλαιο, βρίσκεται η ανάλυση της χρήσης της συσκευής στην κλινική διάγνωση. Ολοκληρώνοντας, ακολουθεί το ερευνητικό κομμάτι της εργασίας, όπου αναγράφεται ο τρόπος και η μέθοδος λήψης των μετρήσεων και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων με τα ανάλογα σχεδιαγράμματα. Τέλος, σχολιάζονται τα αποτελέσματα και καταλήγουμε στο συμπέρασμα για την σχέση μεταξύ της απόστασης από την κόρη, και της δύναμης του αστιγματισμού.

Summary

Firstly, the reader is presented with the subject and the goal of the present thesis and is introduced to the basic terms that are needed for its correct understanding. In the effort of completing this objective, the definition of astigmatism is analyzed as well as its etiology, the types of astigmatism, and its basic pathophysiology. Following in the same manner, the reader is educated on the subject of curvature maps and corneal power maps. The principle of function of these maps is analyzed, as well as their methods of measurement (the sagittal and tangential method), their basic differences, their advantages and disadvantages. Having this information in mind, the reader is presented with patterns of normal corneal curvature. Furthermore, we are introduced to the subchapter of elevations maps where its principle of function is mentioned, its variable methods of functionality, its key differences with the maps mentioned in the previous subchapter, and its use in clinical diagnosing. The next subchapter is dedicated to the machine named Pentacam. Here, we are again presented with the principle of function of this machine, many examples of normal clinical patterns that aim to inform the reader on this matter, and its variable settings specialized for post-operative diagnosing. The pachymetry of this tool is mentioned as well as analysis of its recorded results and the possible substitution of the commonly used machine by the Pentacam. Lastly in this subchapter, we find extensive information on the use of this machine in clinical practice. Following this section of the thesis is the chapter regarding the research done regarding the fact in question. The way and method of measurement are fully detailed, and so is the statistical analysis with the regarded diagrams. Finally, these results are commented on and we come to the conclusion whether or not the distance from the center of the pupil has any affect of the power of astigmatism.

Βιβλιογραφία

1. *Optics & refraction*. **Sutter E, Foster A, Francis V.** 33, s.l. : Community Eye Health. 2000;13(33):8, 2000, Vol. 13, p. 8.
2. *Astigmatism*. **Gurnani, Bharat, Kaur. Kirandeep.** s.l. : StatPearls Publishing LLC, 2023.
3. **Ευάγγελος, Πατέρας.** *Οπτομετρία 1*. Αθήνα : Εκδόσεις Έλλην, 2010. pp. 76-77.
4. *Age Differences in Axial Length, Corneal Curvature, and Corneal Astigmatism in Marfan Syndrome with Ectopia Lentis*. **Chen J, Jing Q, Tang Y, Qian D, Lu Y, Jiang Y.** s.l. : J Ophthalmol., 2018.
5. *Corneal astigmatism in Amerind children*. **Lyle WM, Grosvenor T, Dean KC.** 6, s.l. : Am J Optom Arch Am Acad Optom, 1972 , Vol. 49, pp. 517-24.
6. *Prevalence of high astigmatism, eyeglass wear, and poor visual acuity among Native American grade school children*. *Optom Vis Sci.* 2006 Apr;83(4):206-12. **Harvey EM, Dobson V, Miller JM.** 4, s.l. : Optom Vis Sci, 2006 , Vol. 83, pp. 206-12.
7. *FOGGING FOR THE FOCAL INTERVAL OF STURM*. **N., Glegg.** s.l. : Br J Ophthalmol. 1934 May;18(5):264-6., 1934 May, Br J Ophthalmol. , pp. 264-6.
8. *Refractive status at birth: its relation to newborn physical parameters at birth and gestational age*. **Varghese RM, Sreenivas V, Puliyel JM, Varughese S.** 2, s.l. : PLoS One, 2009, Vol. 4.
9. *Ocular Refraction at Birth and Its Development During the First Year of Life in a Large Cohort of Babies in a Single Center in Northern Italy*. **Semeraro F, Forbice E, Nascimbeni G, Cillino S, Bonfiglio VME, Filippelli ME, Bartollino S, Costagliola C.** 7, s.l. : Front Pediatr, 2019, p. 539.
10. *Relationship between the axis and degree of high astigmatism and obliquity of palpebral fissure*. *J AAPOS.* 2003 Feb;7(1):14-22. **Garcia ML, Huang D, Crowe S, Traboulsi EI.** 1, s.l. : J AAPOS., 2003, Vol. 7, pp. 14-22.
11. *Influence of severity and types of astigmatism on visual acuity in school-aged children in southern China*. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(8):1377-1383. **Wang LL, Wang W, Han XT, He MG.** 8, s.l. : Int J Ophthalmol, 2018, Vol. 11, pp. 1377-1383.
12. *Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eye*. *J Refract Surg.* 2003 Mar-Apr;19(2 Suppl):S270-4. **Wang Y, Zhao K, Jin Y, Niu Y, Zuo T.** s.l. : J Refract Surg. , 2003 .
13. **Sinjab, Mazen M.** *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 16.
14. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 40.
15. **Amar Agarwal, Athiya Agarwal, Soosan Jacob.** *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009.
16. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 47.
17. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 48.
18. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 49.
19. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 51.
20. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 52.
21. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 53.
22. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 55.
23. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 56.
24. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 57.
25. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 58.
26. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 60.

27. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 62.
28. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 63.
29. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 65.
30. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 66.
31. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 67.
32. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 68.
33. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 70.
34. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 72.
35. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 73.
36. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 74.
37. —. *CORNEAL TOPOGRAPHY*. s.l. : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD, 2009. p. 76.
38. **Sinjab, Mazen M.** *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 17.
39. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 18.
40. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 19.
41. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 20.
42. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 21.
43. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 22.
44. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 23.
45. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 34.
46. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 35.
47. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 38.
48. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 39.
49. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 41.
50. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 42.
51. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 43.
52. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 44.
53. —. *Corneal Topography in Clinical Practice*. s.l. : JP Medical Ltd, 2012. p. 45.

