

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΥ**

ΑΠΟΣΤΟΛΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΚΑΖΑΝΑ ΜΑΡΙΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΑ ΓΕΩΡΓΑΝΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΙΓΙΟ 2014

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η εργασία που ακολουθεί εκπονήθηκε στα πλαίσια της υποχρεωτικής πτυχιακής εργασίας κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου της φοίτησής μας στο Τμήμα της Οπτικής και Οπτομετρίας του παραρτήματος Αιγίου του Α.Τ.Ε.Ι Πατρών υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Γεωργίας Γεωργανοπούλου.

Σκοπός αυτής της μελέτης με τίτλο «Κλινική Διερεύνηση και Αντιμετώπιση του Κερατόκωνου» είναι να περιγραφεί η οφθαλμική πάθηση του κερατόκωνου, η διάγνωση και τα μέσα αντιμετώπισής και θεραπείας της. Ο κερατόκωνος αποτελεί μία οφθαλμολογική πάθηση που προσβάλλει άτομα τα οποία βρίσκονται κυρίως στην εφηβεία ή στην νεαρή ηλικία και συνεχίζεται μέχρι την ηλικία των 35 ετών περίπου. Ο κερατόκωνος προκαλεί παραμορφώσεις στην επιφάνεια του κερατοειδή, οι οποίες οδηγούν σε σταδιακή αλλά σημαντική μείωση της οπτικής οξύτητας του ατόμου. Αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινότητα του ασθενή καθώς επηρεάζει τις μαθησιακές ή επαγγελματικές του δραστηριότητες. Επομένως, κρίνεται πολύ σημαντική η έγκαιρη διάγνωση και αποκατάσταση της όρασης ιδιαίτερα εφόσον πρόκειται για ένα νέο ηλικιακά άτομο. Η πρώιμη διάγνωση έχει μεγάλη σημασία στην επιλογή της κατάλληλης θεραπείας για τον ασθενή η οποία θα παγώσει την εξέλιξη της πάθησης και θα επαναφέρει σε όποιο βαθμό μπορεί να επιτευχθεί την αποκατάσταση της οπτικής λειτουργίας του ασθενούς. Στις μέρες μας τόσο η εξέλιξη των διαγνωστικών μηχανημάτων όσο και η πρόοδος της επιστήμης στον τομέα της θεραπείας του κερατόκωνου συμβάλλουν στη διευκόλυνση του ασθενή με κερατόκωνο.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας κ. Γεωργία Γεωργανοπούλου η οποία ανήκει στο ειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό του τμήματος της Οπτικής και Οπτομετρίας Αιγίου. Τόσο η στήριξη και η βοήθεια που μας προσέφερε όσο και η σωστή καθοδήγησή και οι χρήσιμες συμβουλές της έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ταυτόχρονα, η άμεση ανταπόκριση που έδειξε όλο το χρονικό διάστημα συγγραφής της εργασίας για τις απορίες μας συνέβαλλε σε μία εποικοδομητική συνεργασία.

Θα ήταν παράλειψη εάν δεν συμπεριλαμβάναμε όλους τους καθηγητές μας που σε αυτά τα 4 έτη των σπουδών μας, μας προσέφεραν απλόχερα ο καθένας ξεχωριστά όλες τις γνώσεις που κατείχαν. Επίσης, ένα θερμό ευχαριστώ στον Προϊστάμενο του Τμήματος κ. Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη για την κατανόηση, την βοήθεια και τη στήριξή του.

Τέλος, το πιο μεγάλο ευχαριστώ πρέπει να αποδοθεί στις οικογένειές μας όχι μόνο για την οικονομική τους συμπαράσταση αλλά και για την αμέτρητη στήριξή τους που μας έδειχναν με κάθε τρόπο όχι μόνο στο διάστημα της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αλλά σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωσή μας.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην ανάλυση της πάθησης του κερατόκωνου και των σύγχρονων διαγνωστικών εξετάσεων του ασθενούς, καθώς επίσης και στην ενημέρωση του αναγνώστη για τα οπτικά μέσα αντιμετώπισης και τις τελευταίες εξελίξεις στη θεραπεία της νόσου.

Η βασική δομή της εργασίας χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία γενική αναφορά στην ανατομία του οφθαλμού. Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται πιο συγκεκριμένα η ανατομία και φυσιολογία του κερατοειδή καθώς επίσης και η σημασία της λειτουργίας του στην όραση του ανθρώπου.

Το τρίτο κεφάλαιο εξετάζεται γενικότερα ο κερατόκωνος. Ειδικότερα, στο πρώτο κομμάτι γίνεται αναφορά στον ορισμό, στην αιτιολογία του, στα κλινικά χαρακτηριστικά και στην κατηγοριοποίηση της νόσου. Επιπλέον, αναλύονται οι διαγνωστικές εξετάσεις και τα κλινικά σημεία του κερατόκωνου. Στο δεύτερο κομμάτι περιγράφονται τα σύγχρονα διαγνωστικά μηχανήματα καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Τέλος, το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο πραγματεύεται την θεραπεία και την αντιμετώπιση του κερατόκωνου. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται όλες οι οπτικές επιλογές που έχει ένας ασθενής όπως τα γυαλιά και τα είδη φακών επαφής και στη συνέχεια οι χειρουργικές μέθοδοι θεραπείας όπως το Cross-Linking, οι ενδοκερατικοί δακτύλιοι και η κερατοπλαστική.

Συμπερασματικά, ο κερατόκωνος αποτελεί μια αρκετά συχνή πάθηση σε χώρες όπως η Ελλάδα και για αυτό τον λόγο ο διαθλαστικός έλεγχος κρίνεται σημαντικός στην έγκαιρη διάγνωση του. Η παρούσα εργασία περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες όσων αφορά την πάθηση του κερατόκωνου και τις νεότερες εξελίξεις στα μέσα διάγνωσης και αντιμετώπισής της.

Abstract

The present paper focuses on the analysis of the keratoconus pathology and the diagnostic examinations of the patient, as well as, informing the reader on the latest developments of the optical media and the treatment of the condition.

The basic formation of the paper is in four chapters:

At the first chapter is given a general approach of the eye anatomy, while the second one provides information about the analysis of the anatomy and the physiology of the cornea as well as its important role in the human vision.

The third chapter is examining keratoconus in general. Specifically, the first part makes reference at the definition of keratoconus, its causes, clinical characteristics and the classification of the disease. Moreover, there are being analyzed the diagnostic examinations and the clinical signs of keratoconus. Whilst, at the second part are described the newest diagnostic devices and the way they are being operated, their advantages and disadvantages.

Finally, the fourth and last chapter examines different therapeutic methods of treating keratoconus. In details, are analyzed all the optical choices that a patient has, such as spectacles, different kinds of contact lenses and as surgical methods of cure like the Cross-Linking, the intracorneal ring segments and keratoplasty.

In conclusion, keratoconus is appeared more frequently in countries like Greece and that is the reason why the refraction check-up is of the outmost importance for the evaluation of each condition. The present paper includes all the essential information about keratoconus and the newest developments on the means of diagnosis and treatment of keratoconus.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	σελ.7
---------------	-------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

Ανατομία Οφθαλμού.....	σελ.8
1.1 Επικουρικές δομές του οφθαλμού.....	σελ.8
1.1.1 Οι οφρύες.....	σελ.8
1.1.2 Τα βλέφαρα και οι βλεφαρίδες.....	σελ.9
1.1.3 Ο επιπεφυκότας.....	σελ.9
1.1.4 Η δακρυϊκή συσκευή.....	σελ.9
1.1.5 Οι οφθαλμικοί μύες.....	σελ.10
1.1.6 Η αγγείωση του οφθαλμού.....	σελ.11
1.2 Ο βολβός του οφθαλμού.....	σελ.12
1.3 Οι χιτώνες του οφθαλμού.....	σελ.13
1.3.1 Ο ινώδης χιτώνας.....	σελ.13
1.3.2 Ο αγγειώδης μελαγχρωματικός ή ραγοειδής χιτώνας.....	σελ.14
1.3.3 Ο νεύρινος χιτώνας ή αμφιβληστροειδής.....	σελ.15
1.4 Ωχρά κηλίδα.....	σελ.16
1.5 Οπτικός δίσκος, οπτική θηλή και οπτικό νεύρο.....	σελ.17
1.6 Τα διαθλαστικά μέρη του οφθαλμού.....	σελ.17
1.6.1 Ο κερατοειδής.....	σελ.18
1.6.2 Το υδατοειδές υγρό.....	σελ.19
1.6.3 Ο κρυσταλλοειδής φακός.....	σελ.20
1.6.4 Το υαλοειδές ή υαλώδες σώμα.....	σελ.21
1.7 Οπτικό σύστημα του οφθαλμού.....	σελ.22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

Κλινική διερεύνηση κερατοειδή.....	σελ.24
2.1 Ιστολογική δομή του κερατοειδή.....	σελ.24
2.1.1 Επιθήλιο του κερατοειδούς.....	σελ.25
2.1.2 Μembrάνη του Bowman (πρόσθιο αφοριστικό πέταλο).....	σελ.26
2.1.3 Ιδίως ουσία ή Στρώμα.....	σελ.26
2.1.4 Μembrάνη του Descemet (οπίσθιο αφοριστικό πέταλο).....	σελ.27
2.1.5 Ενδοθήλιο κερατοειδούς.....	σελ.27
2.2 Διαθλαστική δομή του κερατοειδούς.....	σελ.28
2.3 Διαφάνεια κερατοειδούς.....	σελ.29
2.4 Διατροφή/ Οξυγόνωση του κερατοειδούς.....	σελ.30
2.5 Φυσικές ιδιότητες κερατοειδή.....	σελ.30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

Κερατόκωνος.....	σελ.31
3.1 Ορισμός.....	σελ.31
3.2 Γενικές Πληροφορίες – Αιτιολογία.....	σελ.33
3.3 Συμπτώματα κερατόκωνου.....	σελ.34
3.4 Κατηγοριοποίηση κερατόκωνου.....	σελ.38
3.5 Εξέλιξη – Πρόβλεψη.....	σελ.42
3.6 Διαγνωστικές εξετάσεις-Κλινικά χαρακτηριστικά κερατόκωνου.....	σελ.42
3.7 Τεχνολογικός εξοπλισμός.....	σελ.52
3.7.1 Τοπογραφία κερατοειδούς Placido disk.....	σελ.53
3.7.1.1 Κλινικές ενδείξεις τοπογραφίας.....	σελ.60
3.7.1.2 Μειονεκτήματα τοπογραφίας Placido disk.....	σελ.62
3.7.2 Τοπογραφία Pentacam.....	σελ.64
3.7.3 LED Cassini (Τοπογραφία κερατοειδούς).....	σελ.66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Θεραπεία και αντιμετώπιση του κερατόκωνου.....	σελ.69
4.1 Γυαλιά οράσεως.....	σελ.69
4.2 Φακοί επαφής.....	σελ.71
4.2.1 Μαλακοί φακοί επαφής.....	σελ.72
4.2.2 Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής RGP (ή ημίσκληροι).....	σελ.75
4.2.3 Υβριδικοί φακοί επαφής.....	σελ.81
4.2.4 Εφαρμογή Piggyback.....	σελ.83
4.2.5 Απτικοί Σκληρικοί Φακοί Επαφής.....	σελ.86
4.2.6 Μαλακοί φακοί επαφής τεχνολογίας Wavefront.....	σελ.87
4.3 Collagen Cross-Linking.....	σελ.89
4.3.1 Το «Πρωτόκολλο της Αθήνας».....	σελ.93
4.4 Ενδοστρωματικοί Δακτύλιοι (INTACS).....	σελ.95
4.5 Κερατοπλαστική για τον κερατόκωνο.....	σελ.98
4.5.1 Είδη κερατοπλαστικής.....	σελ.99
4.6 Κερατοπρόσθεση (τεχνητός κερατοειδής).....	σελ.107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.110

Εισαγωγή

Το θέμα στο οποίο αναφέρεται η ακόλουθη εργασία έχει τον τίτλο : «ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΥ». Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται τόσο τα χαρακτηριστικά του κερατόκωνου και των σύγχρονων διαγνωστικών μεθόδων, όσο και οι διαθέσιμοι τρόποι αντιμετώπισής του.

Ο κερατόκωνος είναι μια πάθηση του κερατοειδούς χιτώνα του οφθαλμού, που έχει ως κύριο χαρακτηριστικό τη σταδιακή παραμόρφωση της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδή, η οποία αποκτά ένα κωνικό σχηματισμό. Η παραμόρφωση αυτή επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το βασικό ρόλο του κερατοειδή, ο οποίος είναι η σωστή διάθλαση των ακτινών που εισέρχονται στον οφθαλμό για να φτάσουν πάνω στον αμφιβληστροειδή. Με άλλα λόγια, οι ακτίνες φωτός δεν προσπίπτουν σε ομαλή επιφάνεια και έτσι διαθλώνται ανώμαλα. Για αυτό το λόγο η ποιότητα της εικόνας που λαμβάνει ο ασθενής δεν είναι καθαρή. Η συγκεκριμένη αλλαγή του σχήματος του κερατοειδή τροποποιεί τη διαθλαστική κατάσταση του οφθαλμού, προκαλώντας συνεχώς αυξανόμενη μυωπία και αστιγματισμό.

Ο οπτικός-οπτομέτρης είναι πιθανό να αντιμετωπίσει πολλές φορές στην επαγγελματική του πορεία περιπτώσεις ανώμαλου αστιγματισμού. Σκοπός της εργασίας μας είναι η ενημέρωση των συναδέλφων μας έτσι ώστε να διευκολυνθούν στην διαφοροποίηση των καταστάσεων και την έγκαιρη διάγνωση περιπτώσεων όπως ο κερατόκωνος. Η πρώιμη διάγνωση είναι ζωτικής σημασίας στην επιλογή του κατάλληλου τρόπου θεραπείας του κερατόκωνου, η οποία θα οδηγήσει στην έγκαιρη αποκατάσταση της οπτικής λειτουργίας.

Συχνά, η διάγνωση του κερατόκωνου ειδικά όταν βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία για τον εξεταστή. Αυτός είναι ο λόγος που συνέβαλε στην επιλογή του θέματος και στον προσδιορισμό εκείνων των κλινικών χαρακτηριστικών που συνοδεύουν τον κερατόκωνο. Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά που θα υποψιάσει τον οπτικό-οπτομέτρη για την εμφάνιση κερατόκωνου είναι η ηλικία του ασθενούς. Συνήθως εμφανίζεται στην εφηβεία μια προοδευτική μείωση της οπτικής οξύτητας και το άτομο αναζητά συνεχώς καλύτερη διόρθωση. Για αυτό πολύ συχνό φαινόμενο στους κερατοκωνικούς ασθενείς είναι να έχει χρειαστεί να αλλάξουν αρκετές φορές τη διόρθωση στα γυαλιά τους σε μικρό χρονικό διάστημα.

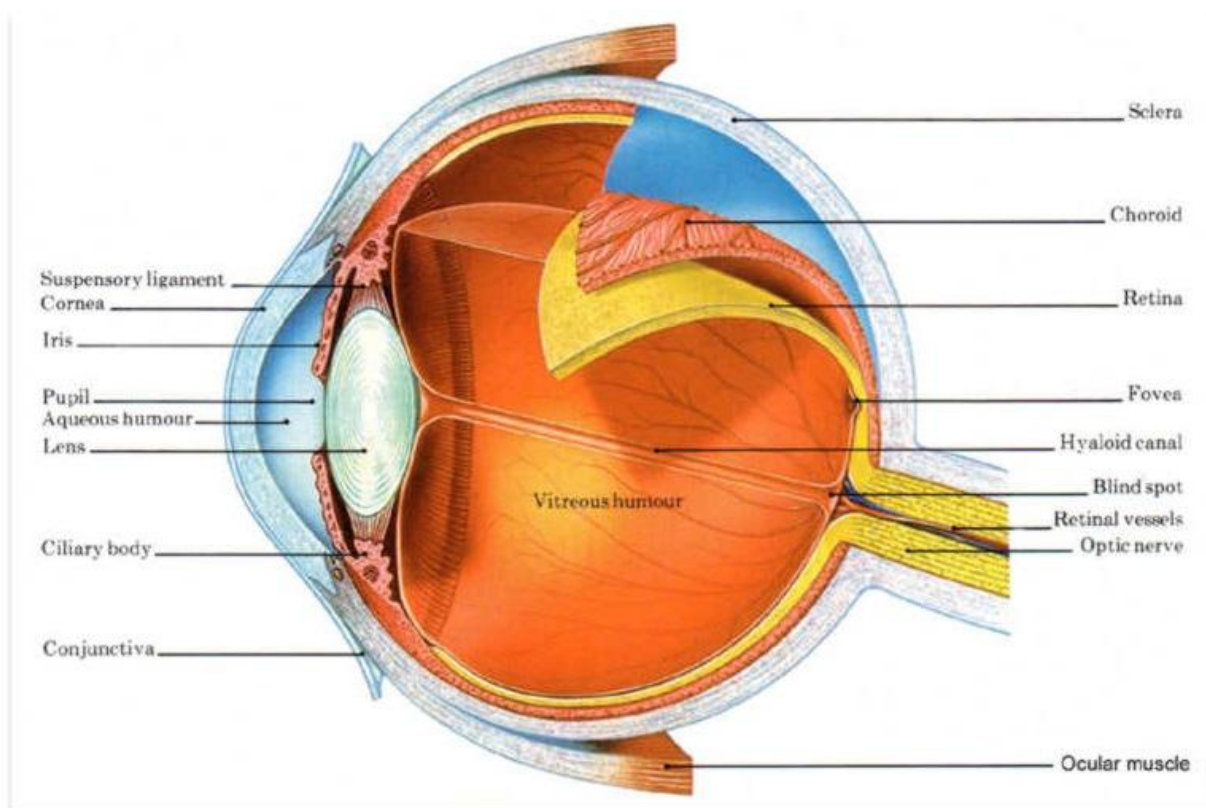
Η ακόλουθη πτυχιακή εργασία έχει βιβλιογραφικό χαρακτήρα. Αρχικά, γίνεται μια λεπτομερής περιγραφή της ανατομίας του ανθρώπινου οφθαλμού, και ειδικότερα του κερατοειδή χιτώνα. Στη συνέχεια γίνεται μια πλήρης κλινική διερεύνηση του κερατόκωνου, όπως επίσης αναλύεται και ο σύγχρονος τεχνολογικός εξοπλισμός που βοηθάει στην έγκαιρη διάγνωση του κερατόκωνου. Στη συνέχεια, εξετάζονται όλες οι διαθέσιμες μέθοδοι θεραπείας και αντιμετώπισης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την περίπτωση.

Η παρούσα εργασία είναι αρχικά αποτέλεσμα συλλογής πληροφοριών από διαθέσιμα συγγράμματα που αφορούν σε γενικό πλαίσιο τον οφθαλμό και τον κερατοειδή. Ταυτόχρονα, προκύπτει από πηγές και άρθρα του διαδικτύου και την παρακολούθηση του σεμιναρίου με θέμα « Ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια διάγνωσης και κατηγοριοποίησης του Κερατόκωνου με σύγχρονες διαγνωστικές διατάξεις» του Laser Vision.

Τέλος, ο σκοπός της εργασίας είναι η ανασκόπηση της πάθησης του κερατόκωνου και η ενημέρωση του αναγνώστη για τις νεότερες εξελίξεις στην διάγνωση και την θεραπεία της νόσου.

1. Ανατομία οφθαλμού

Ο οφθαλμός βρίσκεται μέσα στον κόγχο που αποτελεί οστέινη, κοίλη, τετράπλευρη πυραμίδα. Αποτελεί το αισθητήριο όργανο της όρασης. Με την όραση δίνεται η ικανότητα αντίληψης του φωτός και κατ' επέκταση των χρωμάτων, του βάθους και του όγκου των αντικειμένων, καθώς και της θέσης και της κίνησης στο χώρο. Μέσα στον κόγχο περιλαμβάνονται ο οφθαλμικός βολβός, που είναι το βασικό όργανο της όρασης και τα επικουρικά όργανα και μέρη π.χ. οι οφρύδες, τα βλέφαρα, ο επιπεφυκότας και η δακρυϊκή συσκευή, ο δακρυϊκός αδένας, οι οφθαλμοκινητικοί μύες, το λίπος του κόγχου, αγγεία και νεύρα. Στην κίνηση του οφθαλμού συμμετέχουν οι 6 οφθαλμοκινητικοί μύες: άνω, κάτω, έσω, έξω ορθοί μύες και έσω, έξω λοξοί μύες καθώς επίσης και ο ανελκτήρας του άνω βλεφάρου. Οι μύες του οφθαλμού νευρώνονται από την 3, 4 και 6 εγκεφαλική συζυγία.



Εικόνα 1: Γενική ανατομία οφθαλμού.

(<http://www.vision-training.com/en/Eye%20Anatomy/Eye%20anatomy.html>)

1.1 Επικουρικές δομές του οφθαλμού

Τα επικουρικά μέρη είναι απαραίτητα για την προστασία και την λειτουργία του οφθαλμικού βολβού. Τα σημαντικότερα είναι τα ακόλουθα:

1.1.1 Οι οφρύδες

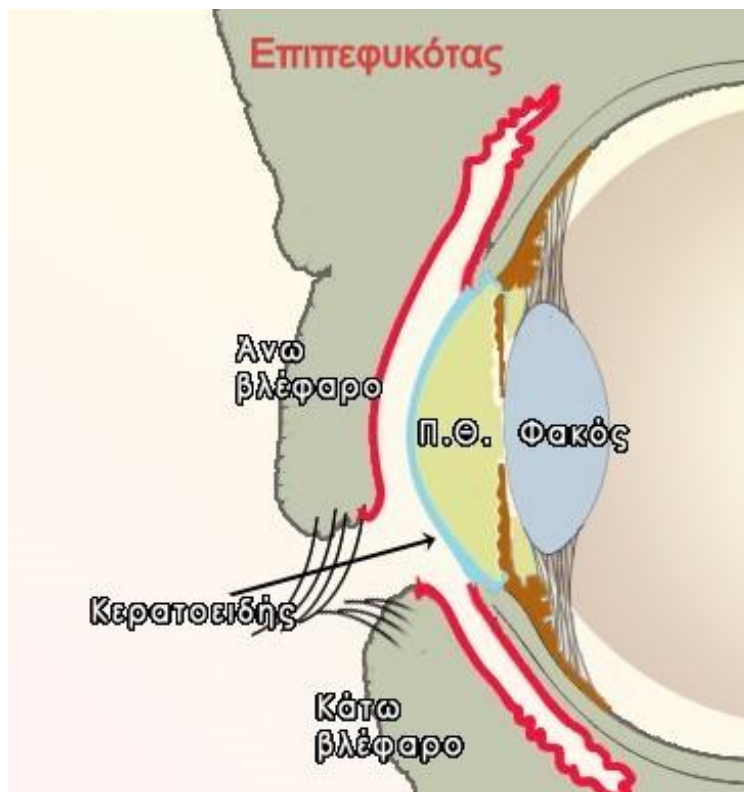
Η βασική λειτουργία τους είναι η προστασία του οφθαλμού από τον ιδρώτα και την σκόνη του περιβάλλοντος.

1.1.2 Τα βλέφαρα και οι βλεφαρίδες

Τα άνω και τα κάτω βλέφαρα έχουν ως κύριο ρόλο τους την προστασία των οφθαλμών. Λειτουργούν αντανακλαστικά εμποδίζοντας την είσοδο έντονου φωτός και άλλων επιβλαβών αντικειμένων στον οφθαλμό με τη σύγκλισή τους. Βοηθούν επίσης στη διασπορά των δακρύων στην πρόσθια επιφάνεια του βολβού του οφθαλμού. Νευρώνονται από το τρίδυμο και το προσωπικό νεύρο. Το κάθε βλέφαρο έχει 2-3 σειρές βλεφαρίδων οι οποίες ενισχύουν την προστασία των οφθαλμών. (Snell, 2006)

1.1.3 Ο επιπεφυκότας

Πρόκειται για μία λεπτή διαφανή μεμβράνη η οποία καλύπτει το εσωτερικό μέρος των βλεφάρων και την μπροστινή επιφάνεια του βολβού του οφθαλμού (σκληρός) μέχρι το σκληροκερατοειδές όριο. Ο επιπεφυκότας έχει πλούσια αγγείωση και τα κύτταρα του παράγουν βλέννα, η οποία βοηθάει στη λίπανση του οφθαλμού. Η φλεγμονή του επιπεφυκότα ονομάζεται επιπεφυκίτιδα. (Snell, 2006)



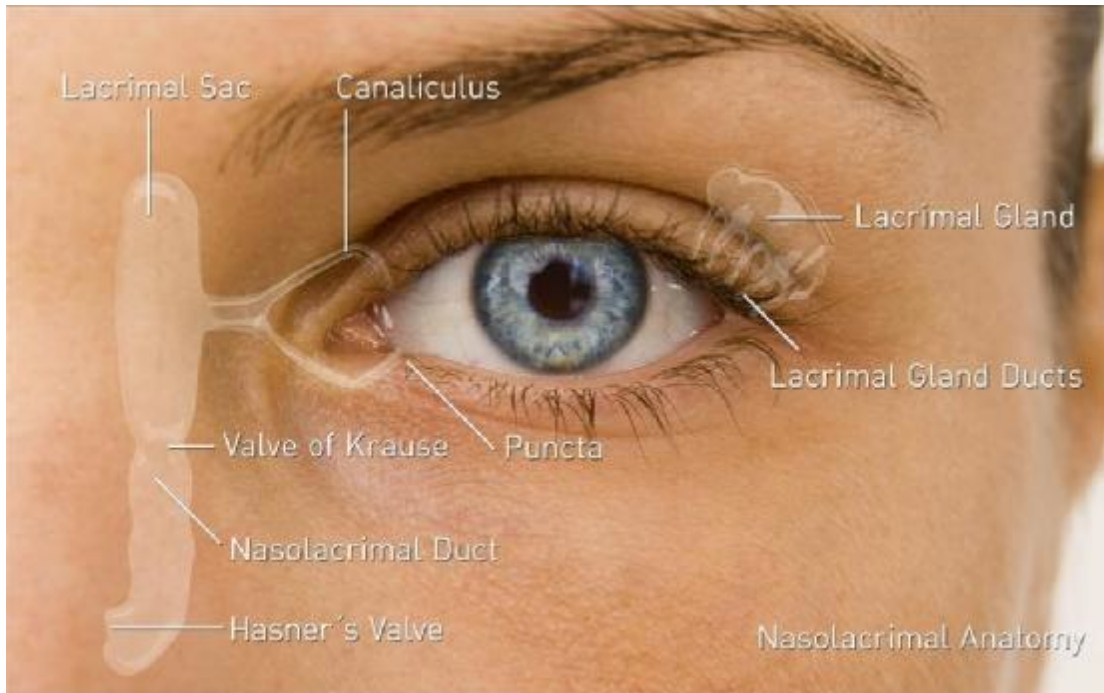
Εικόνα 2: Έκταση επιπεφυκότα.

(<http://www.athenseyehospital.gr/gr/apo-to-fws-sti-syneidisi-p173.html>)

1.1.4 Η δακρυϊκή συσκευή

Η κύρια λειτουργία της δακρυϊκής συσκευής είναι η συνεχής παραγωγή δακρύων προκειμένου να ενυδατώνεται και να λιπαίνεται ο οφθαλμός. Τα δάκρυα παρέχουν θρέψη και εφύγρανση στον οφθαλμό και βοηθούν στην απομάκρυνση των ξένων μικρό-σωματιδίων που έχουν εισέλθει σε αυτόν. Τα δάκρυα παράγονται από τον δακρυϊκό αδένα ο οποίος βρίσκεται στο άνω και έξω τοίχωμα του οφθαλμικού κόγχου. Στο εσωτερικό-ρινικό χείλος των βλεφάρων υπάρχει μια μικρή οπή, το δακρυϊκό σημείο (το άνω

και το κάτω) ένα σε κάθε βλέφαρο. Από το κάθε δακρυϊκό σημείο ξεκινά και ένας δακρυϊκός πόρος ή σωληνάριο οι οποίοι στη συνέχεια ενώνονται μεταξύ τους και καταλήγουν στο δακρυϊκό ασκό. Ο δακρυϊκός ασκός βρίσκεται σε μια εσοχή του τοιχώματος του οφθαλμικού κόγχου κοντά στη βάση της μύτης. Από το δακρυϊκό ασκό ξεκινά ο ρινοδακρυϊκός πόρος, που εκείνος με τη σειρά του παροχετεύει τα δάκρυα στο εσωτερικό της μύτης όταν αυξάνεται η παραγωγή τους. Ακόμη, τα δάκρυα περιέχουν μία φυσική αντισηπτική ουσία, τη λυσοζύμη, που συντελεί στη προστασία των ματιών από τις μολύνσεις. (Ασκληπιακό Πάρκο Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών,2008)

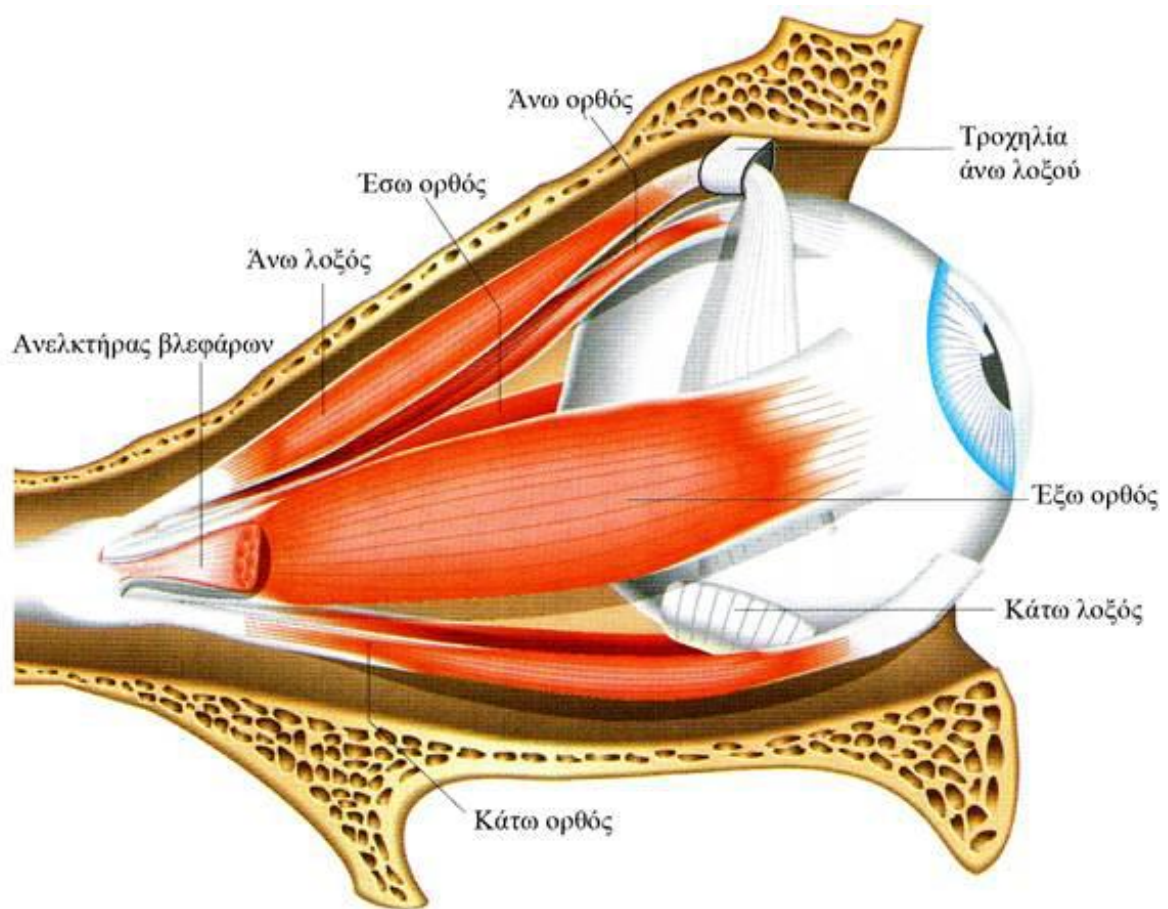


Εικόνα 3: Δακρυϊκή συσκευή.
(Εφαρμογή sight selector)

1.1.5 Οι Οφθαλμικοί μύες

Στο οφθαλμικό κόγχο υπάρχουν 2 ομάδες μυών :

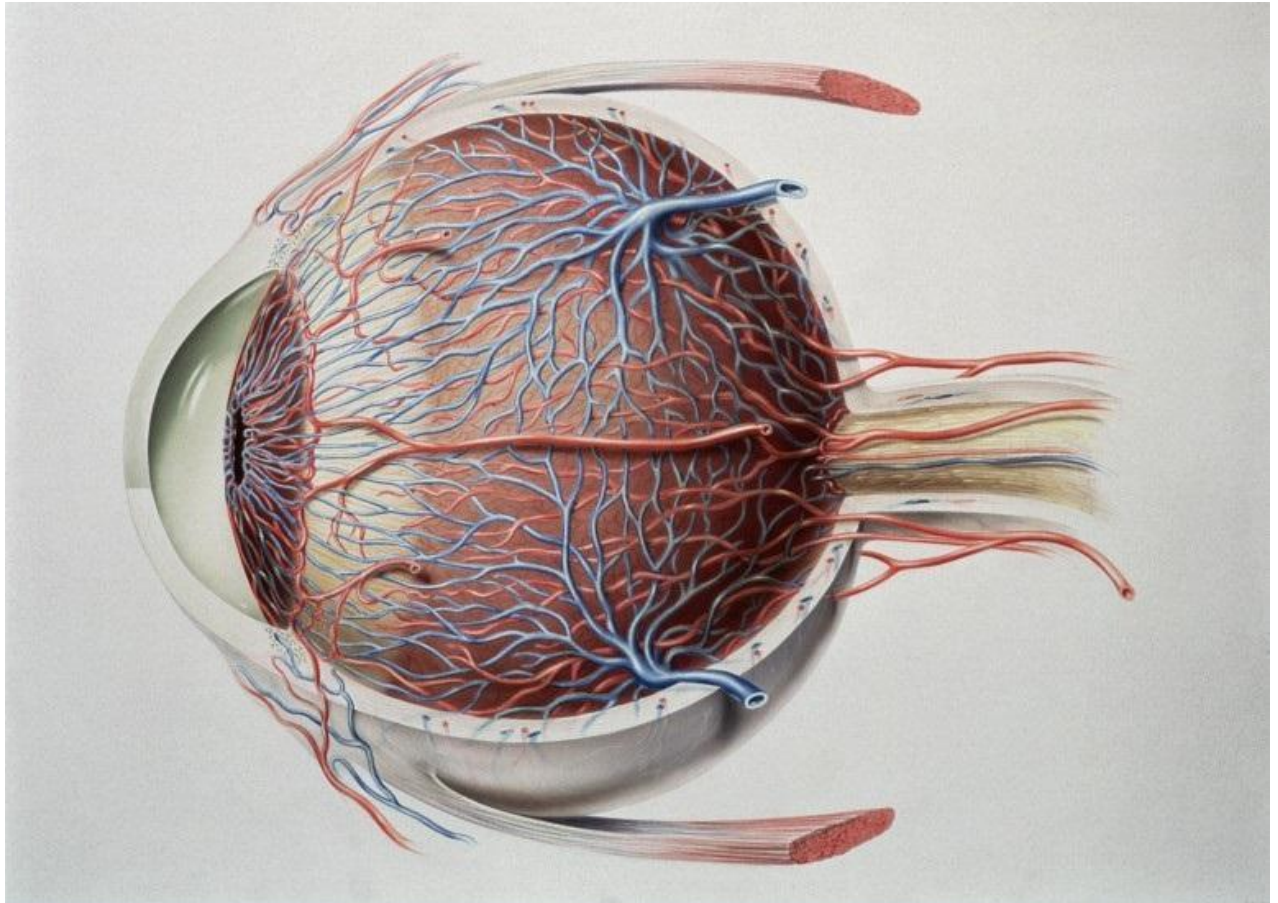
Οι **εξωβολβικοί μύες**, οι οποίοι κινούν το βολβό του ματιού ή ανυψώνουν το άνω βλέφαρο. Σε αυτούς περιλαμβάνονται ο ανεκκτήρας του άνω βλεφάρου , ο άνω ορθός , ο κάτω ορθός , ο έσω ορθός , ο έξω ορθός , ο άνω λοξός και ο κάτω λοξός. Και οι **ενδοφθάλμιοι μύες** , οι οποίοι βρίσκονται στο εσωτερικό του βολβού και ελέγχουν το σχήμα του φακού και το μέγεθος της κόρης του οφθαλμού. Σε αυτούς περιλαμβάνονται ο ακτινωτός μυς, ο σφικτήρας της κόρης και ο διαστολέας της κόρης. Ο ανεκκτήρας του άνω βλεφάρου πραγματοποιεί ανύψωση του άνω βλεφάρου. Ο άνω ορθός πραγματοποιεί ανύψωση , προσαγωγή και εσωτερική στροφή του βολβού. Ο κάτω ορθός πραγματοποιεί έλξη προς τα κάτω, προσαγωγή και εξωτερική στροφή του βολβού. Ο έσω ορθός πραγματοποιεί προσαγωγή του βολβού ενώ ο έξω ορθός απαγωγή. Ο άνω λοξός πραγματοποιεί έλξη προς τα κάτω, απαγωγή και εσωτερική στροφή του βολβού και ο κάτω λοξός ανύψωση , απαγωγή και εξωτερική στροφή του βολβού. Ο ακτινωτός μυς συσπά το ακτινωτό σώμα, ο σφικτήρας της κόρης ευθύνεται για τη μύση της κόρης και ο διαστολέας της κόρης ευθύνεται για τη μυδρίαση της κόρης. (Athens Eye Hospital, 2014)



Εικόνα 4: Οφθαλμοκινητικοί μύες.
<http://www.eyepathology.gr/how-eye-works/newsid836/147>

1.1.6 Η αγγείωση του οφθαλμού

Το αρτηριακό δίκτυο του οφθαλμού προέρχεται από την οφθαλμική αρτηρία που αποτελεί κλάδο της έσω καρωτίδας. Η οφθαλμική αρτηρία δημιουργεί κλάδους οι οποίοι συμβάλουν στην αιμάτωση του βολβού του οφθαλμού και των εξωφθάλμιων μυών. Η φλεβική απορροή των δομών του οφθαλμικού κόγχου επιτελείται κυρίως από τις οφθαλμικές φλέβες. (Snell, 2006)

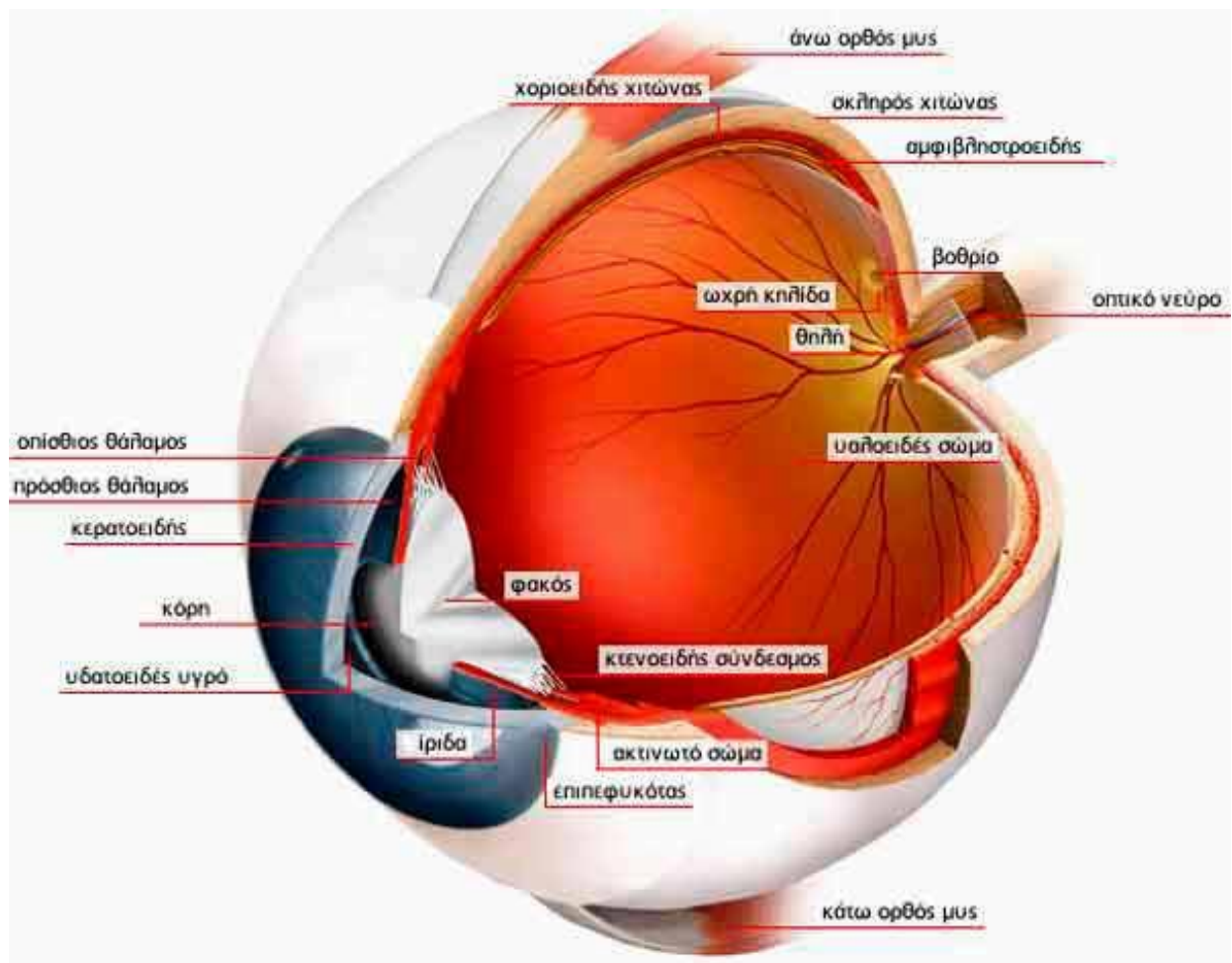


Εικόνα 5: Αιμάτωση οφθαλμού.

(http://wellcomeimages.org/indexplus/obf_images/42/44/c54b639ccae5ced70bc202d765fa.jpg)

1.2 Ο βολβός του οφθαλμού

Ο οφθαλμικός βολβός έχει σχήμα πεπλατυσμένης σφαίρας με διάμετρο περίπου 2,5 cm και βρίσκεται προστατευμένος μέσα στον οφθαλμικό κόγχο που σχηματίζεται από τα οστά του κρανίου. Το πρόσθιο τμήμα του είναι διαφανές, έχει ακτίνα καμπυλότητας περίπου 8 mm και αποτελεί το 1/6 του ενώ το οπίσθιο τμήμα του είναι αδιαφανές, με ακτίνα καμπυλότητας 12 mm και καταλαμβάνει τα υπόλοιπα 5/6. Περιέχει τον πρόσθιο θάλαμο που βρίσκεται το υδατοειδές υγρό και τον οπίσθιο θάλαμο που βρίσκεται το υαλώδες σώμα. (eyepathology, 2012)



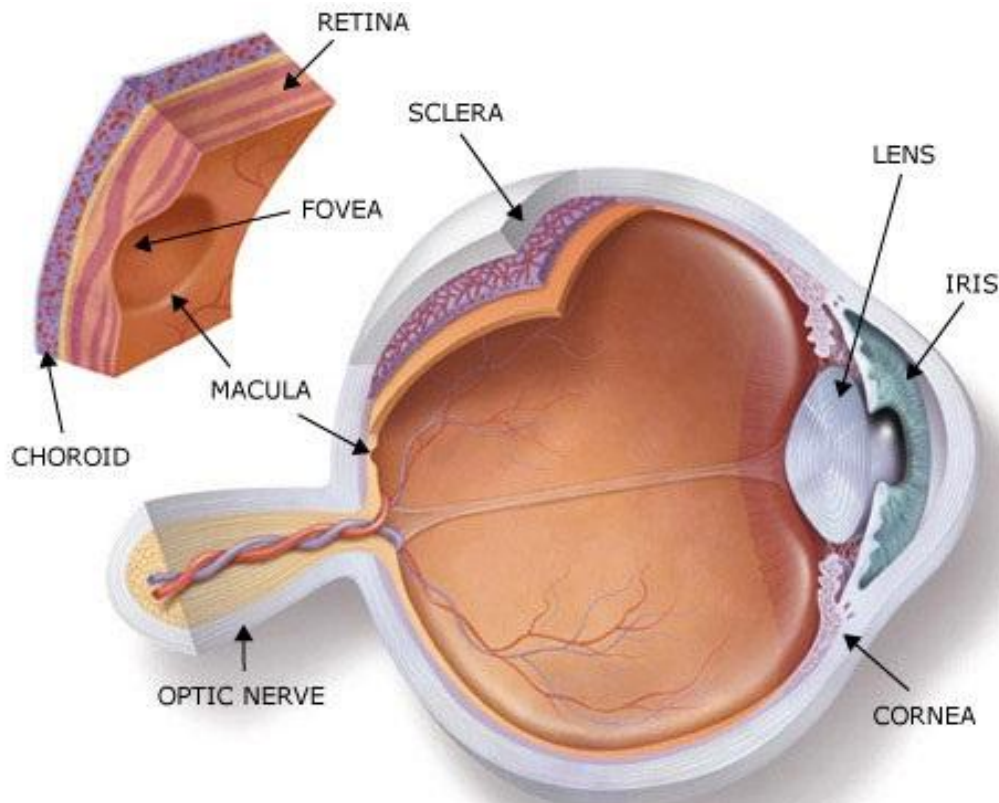
Εικόνα 6: Ο βολβός του οφθαλμού.
<http://vision-optometry.blogspot.gr/2012/04/blog-post.html>

1.3 Οι χιτώνες του βολβού του οφθαλμού

Ο βολβός απαρτίζεται από έξω προς τα μέσα από τον ινώδη χιτώνα, τον αγγειώδη μελαγχρωματικό ή ραγοειδή χιτώνα και το νευρικό χιτώνα.

1.3.1. Ο ινώδης χιτώνας

Ο ινώδης είναι ένα ανθεκτικό περίβλημα του οφθαλμικού βολβού το οποίο έχει την ικανότητα να διατηρεί το σχήμα του. Αποτελείται από τον σκληρό και από τον κερατοειδή. Ο σκληρός είναι το αδιαφανές (λευκό) μέρος του ινώδη χιτώνα και περιβάλλει τα 5/6 του βολβού. Ο κερατοειδής είναι διαφανής και αποτελεί το 1/6 του βολβού. Η περιοχή που γίνεται η μετάπτωση από το ένα τμήμα στο άλλο ονομάζεται σκληροκερατοειδές όριο. (Snell, 2006)



Εικόνα 7: Οι χιτώνες του βολβού.

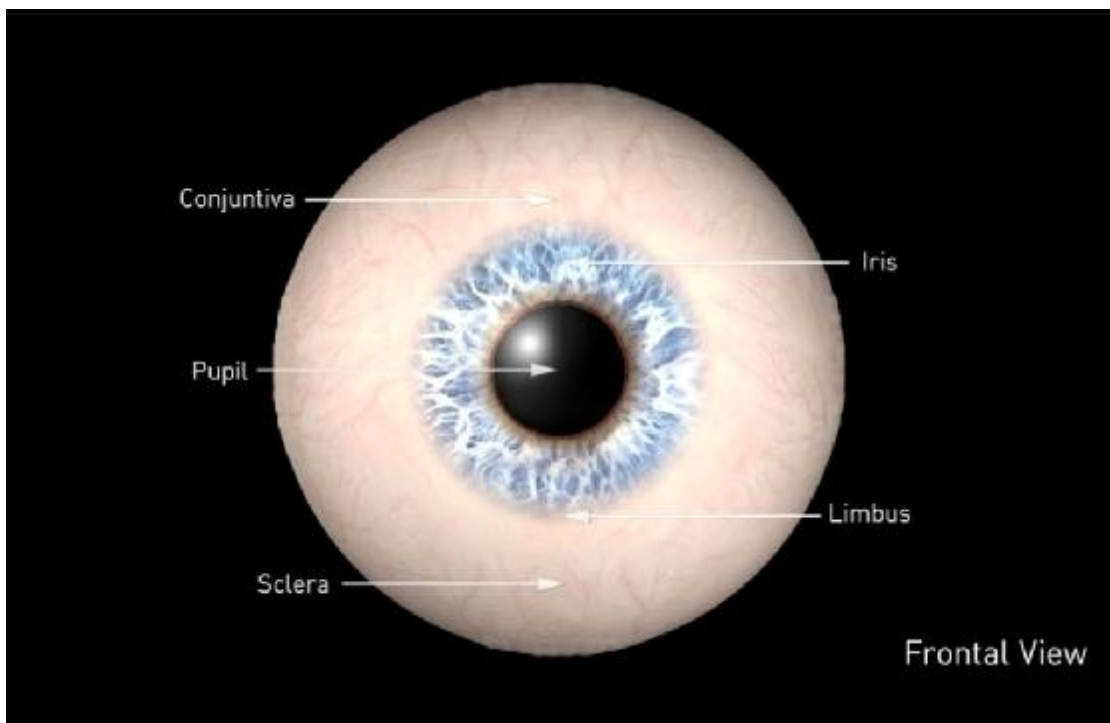
(<http://www.eastoneye.com/comprehensive-eye-exam.aspx>)

1.3.2 Ο αγγειώδης μελαγχρωματικός ή ραγοειδής χιτώνας

Ο αγγειώδης χιτώνας τροφοδοτεί το μάτι με τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες, καλύπτει εσωτερικά το σκληρό και αποτελείται από τον χοριοειδή, το ακτινωτό σώμα και την ίριδα. Το όνομα του προέρχεται λόγω της δομής του που απαρτίζεται από νεύρα και αγγεία. (Snell, 2006)

- **Χοριοειδής:** Λόγω των αγγείων του, η κύρια λειτουργία είναι η θρέψη του αμφιβληστροειδή. Ταυτόχρονα συμβάλει στη διέλευση των αιμοφόρων αγγείων στην πρόσθια περιοχή του οφθαλμού. Επίσης, η ροή του αίματος βοηθά στην ρύθμιση την ενδοφθάλμιας πίεσης. (Snell, 2006)
- **Ακτινωτό σώμα:** Το σχήμα του θυμίζει ένα δαχτυλίδι και ουσιαστικά πρόκειται για μία αγγειομυϊκή μεμβράνη. Στο οπίσθιο θάλαμο περιέχει τις ακτινωτές προβολές όπου παράγουν το υδατοειδές υγρό. Από το ακτινωτό σώμα ξεκινούν και οι ίνες της Ζίννειου ζώνης, όπου συγκρατούν τον κρυσταλλοειδή φακό στη θέση του. Ο ακτινωτός μυς μπορεί να συσπά και να χαλαρώνει τις ίνες του Ζινν και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η προσαρμογή του φακού του οφθαλμού για την μακρινή αλλά και την κοντινή όραση. (Snell, 2006)

- **Ίριδα:** Λειτουργεί σαν διάφραγμα με μια οπή στο κέντρο του, την κόρη. Βρίσκεται εντός του υδατοειδούς υγρού, πίσω από τον κερατοειδή και μπροστά από τον κρυσταλλοειδή φακό και ουσιαστικά διαχωρίζει τον πρόσθιο και τον οπίσθιο θάλαμο. Η ίριδα έχει διάμετρο περίπου 12mm. Επίσης η ίριδα μπορεί να έχει διάφορους χρωματισμούς από ανοιχτό γαλάζιο μέχρι και σκούρο καφέ. Η κύρια λειτουργία της, μέσω της κόρης, είναι να ελέγχει το ποσό του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό και φθάνει στον αμφιβληστροειδή. (Snell, 2006)
- **Κόρη:** Ονομάζεται η οπή που βρίσκεται στο κέντρο της ίριδας, με διάμετρο από 1,5 έως 8,0 mm. Έχει τη δυνατότητα να συστέλλεται και να διαστέλλεται ρυθμίζοντας έτσι το ποσό του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούνται δύο φαινόμενα: η μυδρίαση όπου σε χαμηλό φωτισμό ή με το συναίσθημα του φόβου, ο διαστολέας της κόρης την διαστέλλει και η μύση όπου σε συνθήκες έντονου φωτισμού, με τη δράση του σφιγκτήρα της κόρης συστέλλεται. (Snell, 2006)

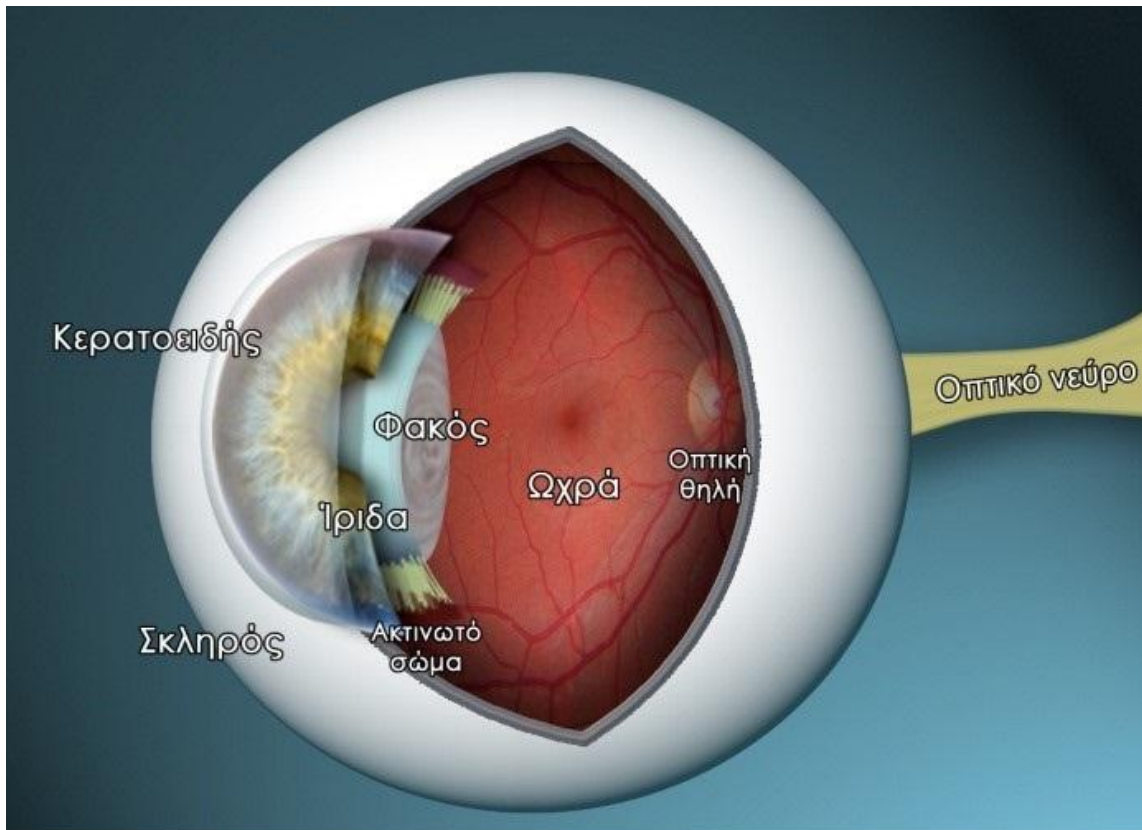


Εικόνα 8: Κόρη και Ίριδα οφθαλμού.
(Εφαρμογή sight selector)

1.3.3 Ο νεύρινος χιτώνας ή αμφιβληστροειδής

Πρόκειται για μια λεπτή μεμβράνη η οποία καλύπτει το πίσω μέρος του οφθαλμού. Πρόσθια φτάνει μέχρι το επιθήλιο του ακτινωτού σώματος και της ίριδας και οπίσθια συνεχίζεται με το οπτικό νεύρο. Περιέχει νευρικές ίνες και φωτοευαίσθητα κύτταρα. Στον αμφιβληστροειδή υπάρχουν δύο είδη φωτοευαίσθητων κυττάρων: τα ραβδία και τα κωνία. Τα ραβδία βρίσκονται κυρίως στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή, είναι πολύ λιγότερα σε αριθμό από τα κωνία, είναι υπεύθυνα για την όραση σε χαμηλό φωτισμό και δε μπορούν να διακρίνουν τα χρώματα. Αντίθετα, τα κωνία έχουν πυκνότερη κατανομή κοντά στην ωχρά κηλίδα, είναι υπεύθυνα για την όραση σε υψηλό φωτισμό, έχουν την ικανότητα να διακρίνουν τα χρώματα και να αναλύουν τις μικρές λεπτομέρει-

ες των αντικειμένων. Τα κωνία χωρίζονται σε τρεις τύπους. Αυτά που αντιλαμβάνονται την κόκκινη ακτινοβολία (570nm), αυτά που λειτουργούν με την επίδραση της πράσινης ακτινοβολίας (530 nm) και αυτά που ερεθίζονται από την μπλε (400nm). Στον αμφιβληστροειδή, σχηματίζεται το οπτικό είδωλο και στη συνέχεια είναι υπεύθυνος για τη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό μέσω των φωτοϋποδοχέων. Το σήμα από τους φωτοϋποδοχείς μεταβιβάζεται στα γαγγλιακά κύτταρα μέσω των δίπολων κυττάρων και έτσι η πληροφορία φτάνει μέχρι το οπτικό νεύρο και από εκεί στον εγκέφαλο ο οποίος θα το μετατρέψει σε εικόνα. Στο κέντρο του αμφιβληστροειδή βρίσκεται η ωχρά κηλίδα. Ο αμφιβληστροειδής προς τα πίσω συνεχίζεται με το οπτικό νεύρο. (Snell, 2006)



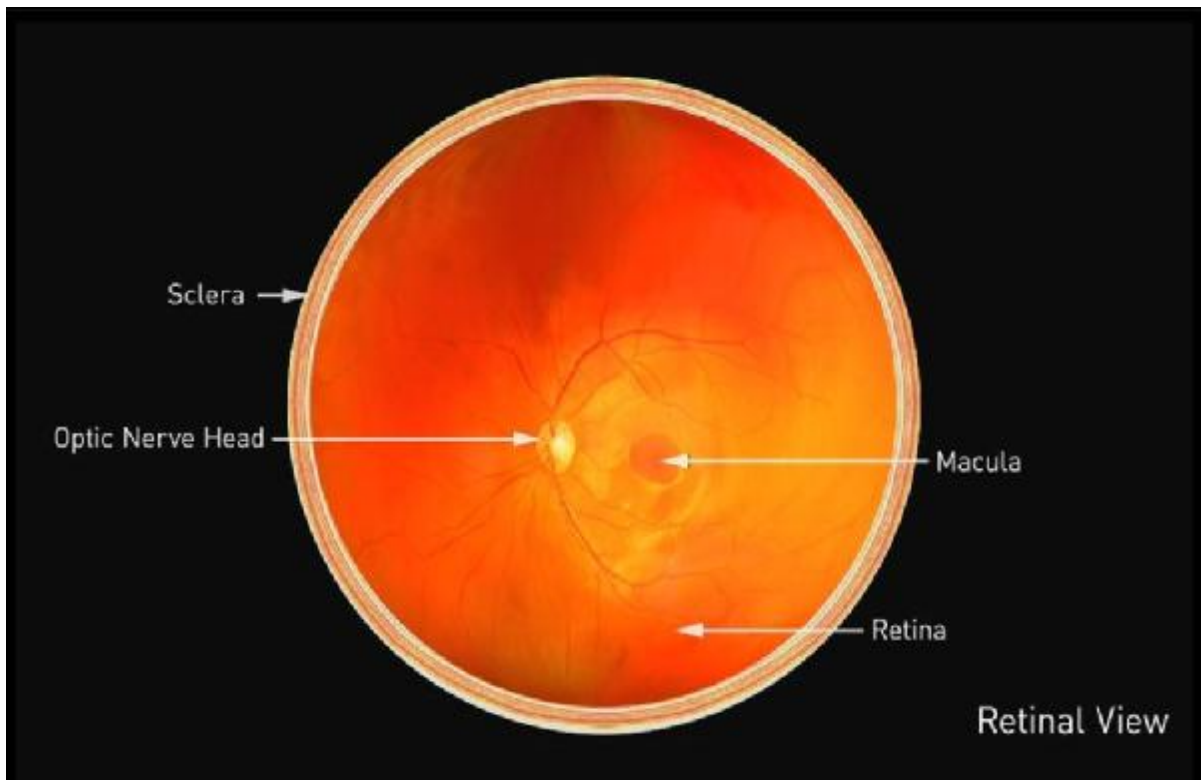
Εικόνα 9: Αμφιβληστροειδής χιτώνας.
(<http://www.athenseyehospital.gr/gr/apo-to-fws-sti-syneidisi-p173.html>)

1.4 Ωχρά κηλίδα

Έχει διάμετρο περίπου 5 mm και βρίσκεται 3 mm κροταφικά του οπτικού δίσκου, στο κέντρο του αμφιβληστροειδή. Σε αυτή την περιοχή απουσιάζουν τα αιμοφόρα αγγεία και αποτελεί το κέντρο της ευκρινούς όρασης. Στο κέντρο της βρίσκεται το κεντρικό βοθρίο που έχει διάμετρο περίπου 1,5 mm. Βλάβη στην ωχρή κηλίδα συνεπάγεται την απώλεια της κεντρικής όρασης. Η προοδευτική καταστροφή της ωχράς κηλίδας είναι μια ασθένεια γνωστή ως εκφύλιση της ωχράς κηλίδας. (Snell, 2006)

1.5 Οπτικός δίσκος, οπτική θηλή και οπτικό νεύρο

Ο οπτικός δίσκος εντοπίζεται 3mm ρινικά της ωχράς κηλίδας και η διάμετρος του είναι περίπου 1,5 mm . Στην περιοχή αυτή, υπάρχει πλήρης απουσία ραβδίων και κωνίων και χαρακτηρίζεται ως τυφλή κηλίδα ή τυφλό σημείο. Από εκεί εισέρχονται και εξέρχονται τα αγγεία του αμφιβληστροειδούς και εξέρχονται οι οπτικές νευρικές ίνες από τον οφθαλμό. Οπτική θηλή είναι η περιοχή όπου φαίνεται η αρχή του οπτικού νεύρου . Το οπτικό νεύρο είναι το σημαντικότερο κρανιακό νεύρο που διαθέτουμε. Απαρτίζεται από τους νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς και εκτείνεται από τον οπτικό δίσκο μέχρι το οπτικό χίασμα. Χωρίζεται σε τέσσερις μοίρες: την ενδοβολβική ,την ενδοκογχική, την ενδοτρηματική και την ενδοκρανιακή. Οι νευρικές ώσεις από τους φωτοϋποδοχείς του κάθε αμφιβληστροειδή μεταδίδονται μέσω των οπτικών νεύρων στον οπτικό φλοιό και από εκεί στον ινιακό λοβό. Εκεί συνδυάζονται οι δύο σχεδόν διαφορετικές εικόνες που λαμβάνονται από τους δύο οφθαλμούς σε μία ενιαία εικόνα και επιτυγχάνεται η πλήρης αντίληψη του οπτικού πεδίου. Αυτός ο συνδυασμός παρέχει την αντίληψη του βάθους και βοηθάει στην δημιουργία της τρισδιάστατης απεικόνισης. (Snell, 2006)



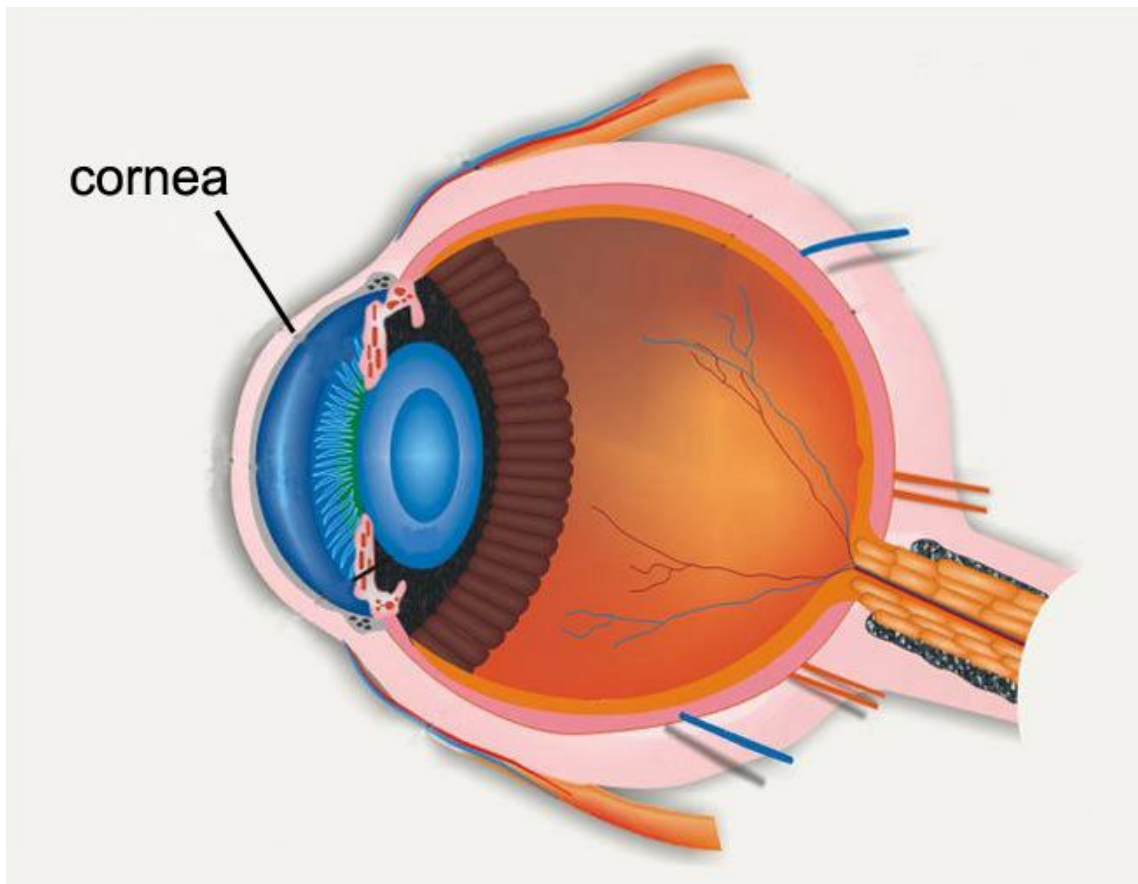
Εικόνα 10: Όψη αμφιβληστροειδούς κατά τη βυθοσκόπηση (Εφαρμογή sight selector)

1.6 Τα διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού

Μια δέσμη φωτεινών ακτινών που εισέρχεται στον οφθαλμό φθάνει στον αμφιβληστροειδή περνώντας μέσα από τα διάφορα διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού. Αυτά είναι από έξω προς τα μέσα ο κερατοειδής, το υδατοειδές υγρό, ο κρυσταλοειδής φακός και το υαλώδες σώμα. Στα διαθλαστικά μέσα, διαθλάται κατάλληλα το φως για να σχηματιστεί το είδωλο στον αμφιβληστροειδή.

1.6.1 Ο κερατοειδής

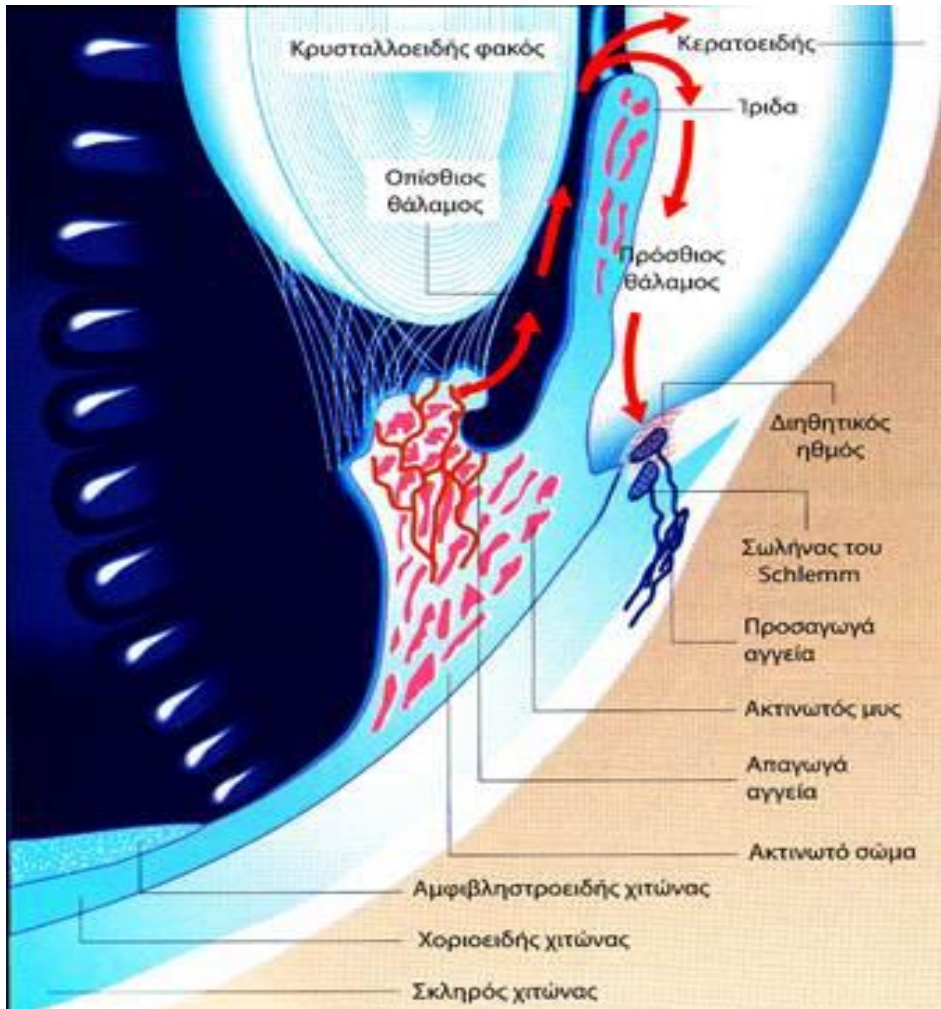
Ο κερατοειδής είναι ο πρόσθιος διαφανής ανάγγειος ιστός του ματιού που επιτρέπει την είσοδο του φωτός στο εσωτερικό του ματιού και μας δίνει την δυνατότητα να βλέπουμε καθαρά. Αποτελεί το διαθλαστικότερο μέσο του οφθαλμού καθώς η διαθλαστική του δύναμη ανέρχεται σε περίπου 45 διοπτρίες. Καταλαμβάνει το πρόσθιο διαφανές τμήμα του ινώδη χιτώνα του οφθαλμικού βολβού, αποτελώντας το 1/6 του εξωτερικού στρώματος του οφθαλμού. Σε πρόσθια άποψη ο κερατοειδής είναι κυρτός και ελαφρώς ελλειπτικός σε σχήμα ενώ στην οπίσθια είναι κοίλος. Η πρόσθια επιφάνειά του έχει ακτίνα καμπυλότητας περίπου 7.8 mm και η οπίσθια 6.5 mm. Οι διαστάσεις του ποικίλουν από άτομο σε άτομο, κατά προσέγγιση όμως οι διάμετροι είναι 10,6 mm καθέτως και 11,7 mm οριζοντίως. Επίσης είναι λεπτότερος στο κέντρο (0,5-0,6 mm) και παχύτερος στην περιφέρεια (0,7 mm). Ο κερατοειδής αποτελεί το κύριο μέρος του οφθαλμού όσον αφορά την διάθλαση του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό καθώς είναι υπεύθυνος για τη συγκέντρωση και την εστίαση των ακτίνων, που προέρχονται από τα αντικείμενα του περιβάλλοντος, επάνω στον αμφιβληστροειδή. Τέλος, η ανάπτυξη του κερατοειδή ολοκληρώνεται στο 6^ο έτος της ζωής του ατόμου. (Snell, 2006)



Εικόνα 11: Κερατοειδής.
(<http://lasikblog.net/the-eye-parts-cornea/>)

1.6.2 Το Υδατοειδές υγρό

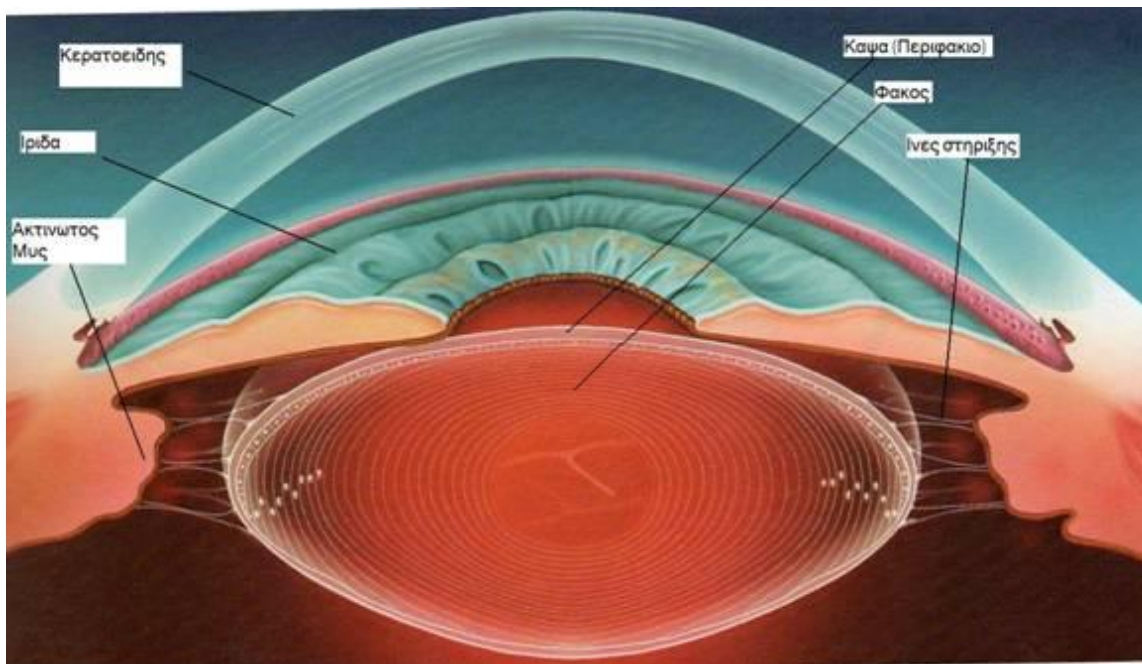
Το υδατοειδές υγρό είναι ένα διαυγές και άχρωμο υγρό που παράγεται από τις ακτινοειδείς προβολές του ακτινωτού σώματος. Βρίσκεται στον πρόσθιο και οπίσθιο θάλαμο του οφθαλμού και αποχετεύεται μέσω της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου. Το υδατοειδές υγρό μεταφέρει θρεπτικά συστατικά στο φακό και τον κερατοειδή και απομακρύνει τις τοξίνες από αυτά. Ταυτόχρονα, αποτελεί το βασικό παράγοντα ρύθμισης της ενδοφθάλμιας πίεσης και βοηθά στην διατήρηση του σχήματος του οφθαλμού καθώς υποστηρίζει τα τοιχώματά του. Συμμετέχει και αυτό στη διάθλαση των ακτινών και έχει δείκτη διάθλασης 1,33. (Snell, 2006)



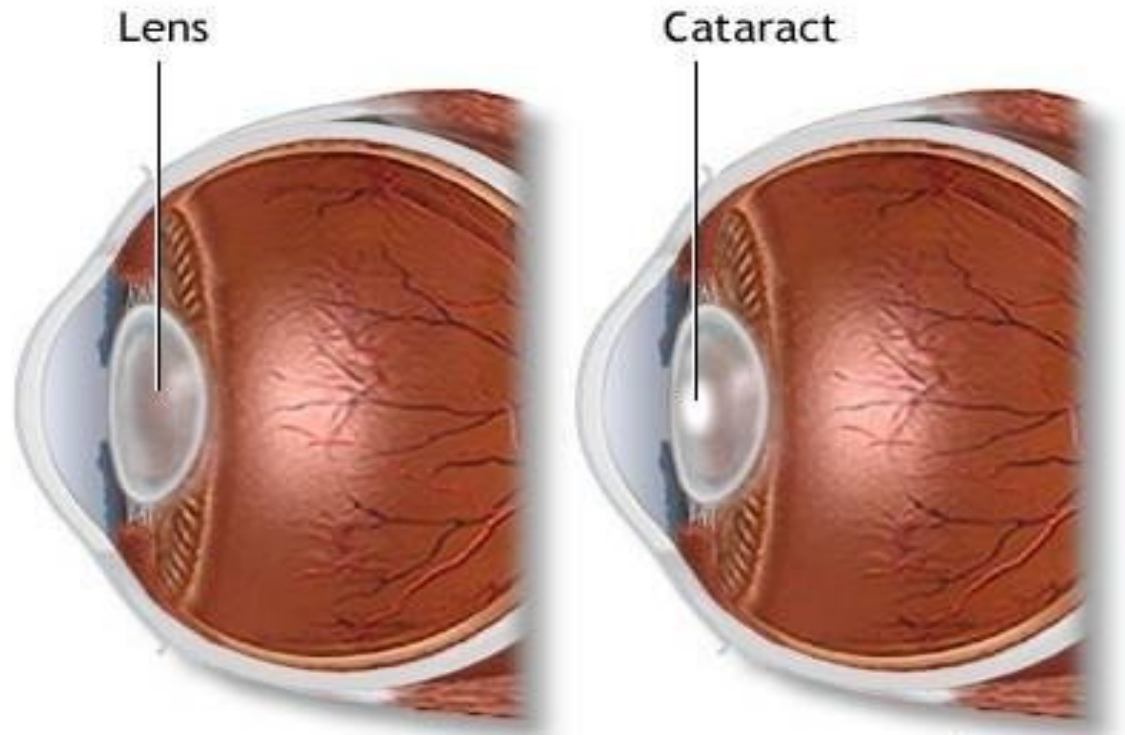
Εικόνα 12: Διαδρομή υδατοειδούς υγρού στον πρόσθιο θάλαμο.
(<http://www.eyepathology.gr/how-eye-works/newsid836/137/useroption836/printArticle/popup/836>)

1.6.3 Ο κρυσταλλοειδής φακός

Ο κρυσταλλοειδής φακός βρίσκεται πίσω από την ίριδα και μπροστά από το υαλώδες σώμα και είναι διαφανής και αμφίκυρτος. Ο φακός παρουσιάζει μεγαλύτερη κυρτότητα στην πρόσθια επιφάνεια του και σε έναν ενήλικα έχει διάμετρο 10 mm και πάχος περίπου 4 mm. Ο φακός αποτελεί το αμέσως επόμενο διαθλαστικότερο μέσο από τον κερατοειδή αφού κατέχει συνολική δύναμη περίπου 15 διοπτρίες. Η κυριότερη λειτουργία του είναι η προσαρμοστική του ικανότητα. Ο φακός έχει δείκτη διάθλασης περίπου 1,36 στην περιφέρεια και 1,41 στο κέντρο του. Ο φακός διατηρείται στη θέση του με τις ίνες του ακτινωτού μυός. Έτσι με τις συσπάσεις του ακτινωτού μυός, μεταβάλλεται η καμπυλότητα του φακού άρα και η προσαρμοστική του ικανότητα. Η πιο συνηθισμένη πάθηση που μπορεί να υποστεί ο φακός οφείλεται στην υπεριώδη ακτινοβολία και ονομάζεται καταρράκτης, όπου καταστρέφεται την διαύγεια του. Ο κατεστραμμένος φακός να αφαιρείται με χειρουργική επέμβαση και στην θέση του τοποθετείται ένας πλαστικός ενδοφακός (απλός ή πολυεστιακός). (Snell, 2006)



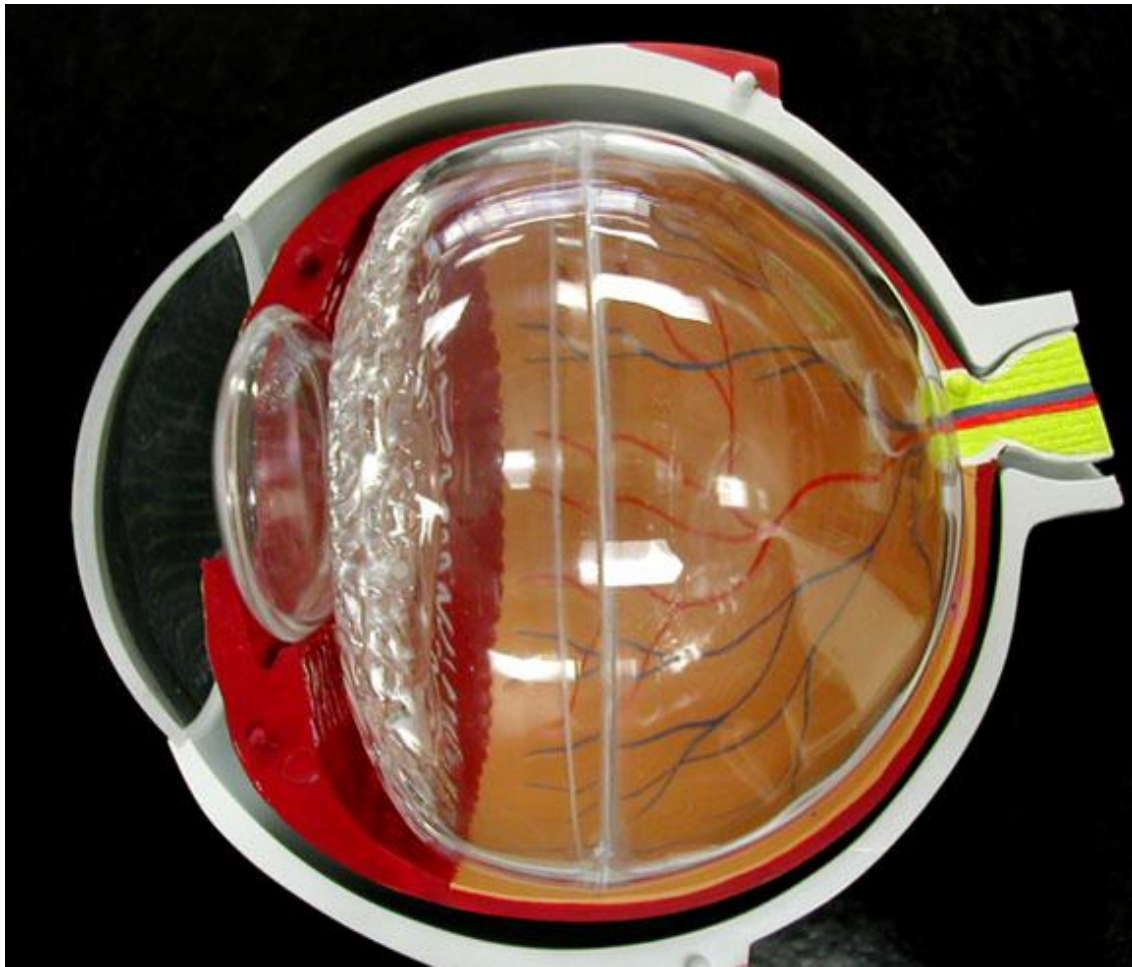
Εικόνα 13: Κρυσταλλοειδής φακός του οφθαλμού.
(<http://www.kriti-eyemd.gr/kataract.php>)



Εικόνα 14: Θόλωση κρυσταλλοειδούς φακού κατά τον καταρράκτη.
(<http://feastervillefamilyeyecare.com/common-eye-disorders.html>)

1.6.4 Το υαλοειδές ή υαλώδες σώμα

Το υαλώδες σώμα βρίσκεται στο χώρο μεταξύ φακού και αμφιβληστροειδούς. Καλύπτει δηλαδή τα 4/5 του βολβού. Είναι ένα ενιαίο σώμα σαν μια διαφανή γέλη η οποία είναι πιο πυκνή στην περιφέρεια και πιο ρευστή στο κέντρο. Το υαλώδες σώμα είναι προσκολλημένο στον αμφιβληστροειδή στην περιοχή της ωχράς κηλίδας και στον φακό. Αποτελείται κατά 98 % από νερό και έχει δείκτη διάθλασης περίπου 1,34. Η σύστασή του περιλαμβάνει ινίδια κολλαγόνου, μεγάλες ποσότητες υαλουρονικού οξέος, αμινοξέα, διαλυτές πρωτεΐνες, άλατα και ασκορβικό οξύ. Βοηθάει στη διατήρηση του σχήματος του οφθαλμού και συμμετέχει και αυτό σε μικρό βαθμό στη διαθλαστική ισχύ του οφθαλμού. Οι κύριες λειτουργίες του είναι να υποστηρίξει την οπίσθια επιφάνεια του φακού και να χρησιμεύει σαν αποθήκη χημικών ουσιών για το μεταβολισμό του αμφιβληστροειδή. (Snell, 2006)



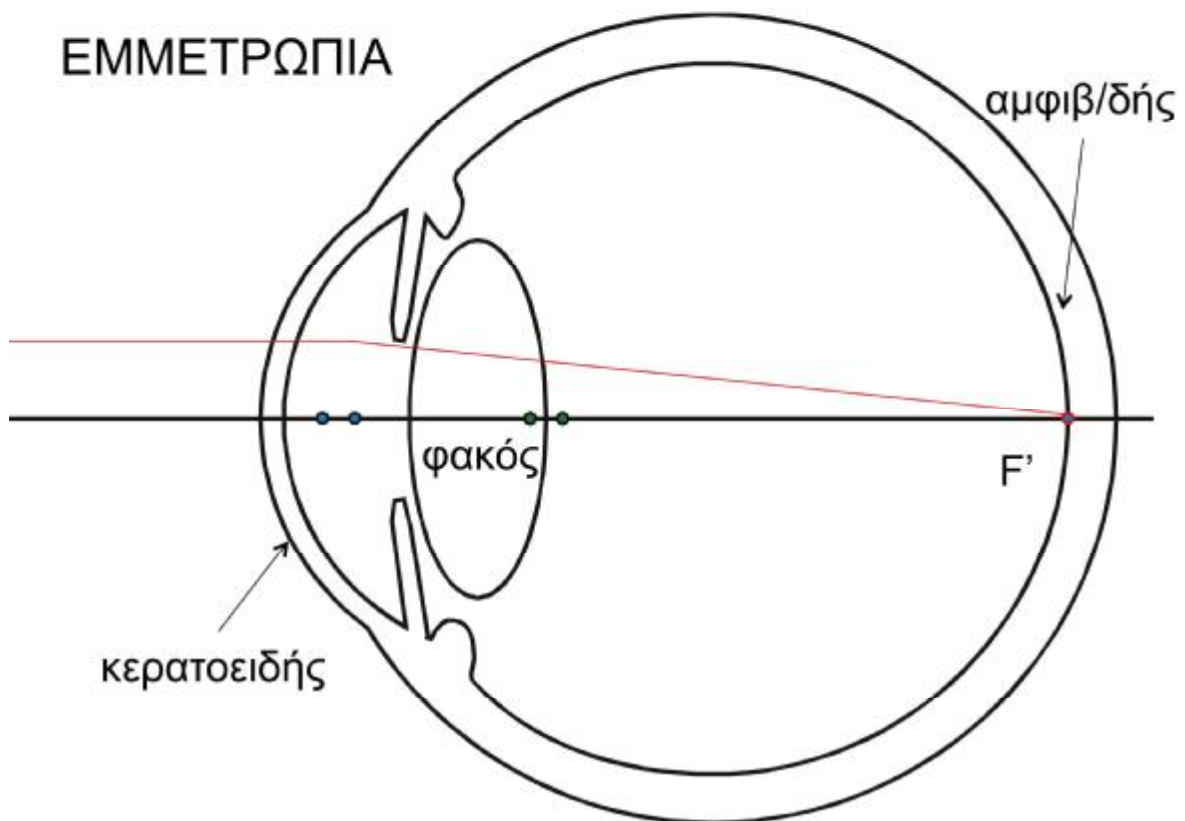
Εικόνα 15: Υαλώδες σώμα.

(<http://danmcquiddy.blogspot.gr/2010/08/vitreous-humor.html>)

1.7 Οπτικό σύστημα του οφθαλμού

Ο οφθαλμός λειτουργεί σαν ένα οπτικό σύστημα και αποτελεί το αισθητήριο όργανο της όρασης. Ο οφθαλμός δέχεται τα φωτόνια, που προσπίπτουν και στη συνέχεια ανακλώνται από τα αντικείμενα του χώρου, με τη μορφή δέσμης ακτινών. Οι εισερχόμενες στον οφθαλμό ακτίνες διαθλώνται αρχικά από τον διάφανο κερατοειδή. Η διαφάνεια του κερατοειδή συμβάλλει στην δημιουργία ευκρινούς όρασης. Ο κερατοειδής έχει δείκτη διάθλασης περίπου 1,34. Στη συνέχεια, η ίριδα ρυθμίζει το μέγεθος της κόρης για να επιτρέψει την είσοδο λιγότερης ή περισσότερης ποσότητας φωτεινών ακτινών ούτως ώστε να μην δημιουργηθεί βλάβη στον οφθαλμό. Οι ακτίνες φτάνουν στον κρυσταλλοειδή φακό που έχει δείκτη διάθλασης 1,36 στην περιφέρεια και 1,41 στο κέντρο του και στη συνέχεια στο υαλώδες σώμα που έχει δείκτη διάθλασης 1,34. Ο κρυσταλλοειδής φακός με την προσαρμογή μπορεί ν' αλλάξει σχήμα ώστε να εστιάζει τις φωτεινές ακτίνες και από τα κοντινά και από τα μακρινά αντικείμενα στον αμφιβληστροειδή. Οι ακτίνες που φτάνουν στον αμφιβληστροειδή αντιπροσωπεύουν ένα αντικείμενο. Το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται αντεστραμμένο στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο αμφιβληστροειδής περιέχει δύο είδη φωτοϋποδοχέων τα ραβδία, τα οποία είναι υπεύθυνα για την όραση το βράδυ και τα κωνία, τα οποία χρησιμεύουν για την όραση στο φως και την αντίληψη των χρωμάτων. Οι φωτοϋποδοχείς διεγείρονται από το λεγόμενο ορατό φάσμα που βρίσκεται ανάμεσα στα 400 και 700 nm. Τα διαφορετικά μήκη κύματος του φάσματος ερμηνεύονται από τον εγκέφαλο ως τα διαφορετικά χρώματα. Οι

φωτοϋποδοχείς σχηματίζουν συνάψεις με τα διπολικά νευρικά κύτταρα τα οποία αποστέλλουν ενέργεια στα γαγγλιακά κύτταρα. Οι νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων σχηματίζουν το οπτικό νεύρο. Το οπτικό νεύρο εισέρχεται στον ινιακό λοβό του εγκεφάλου αφού πρώτα σχηματίσει το οπτικό χίασμα. Με αυτόν τον τρόπο το σήμα μεταφέρεται στον εγκέφαλο όπου εκεί θα γίνει η απαραίτητη επεξεργασία για την αντίληψη της εικόνας του αντικειμένου. Η ευκρίνεια της όρασης μας εξαρτάται και από την απόσταση μεταξύ κερατοειδούς και αμφιβληστροειδούς, καθώς και από το σχήμα του κερατοειδούς και του κρυσταλλοειδούς φακού. Ο οφθαλμός χωρίς διαθλαστικές ανωμαλίες ονομάζεται εμμετρικός και εστιάζει την εικόνα που λαμβάνει επάνω στον αμφιβληστροειδή. Ενώ όταν απόσταση μεταξύ κερατοειδούς και αμφιβληστροειδούς είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη ή ο κερατοειδής δεν έχει το κατάλληλο σχήμα, η εικόνα προβάλλεται μπροστά ή πίσω από τον αμφιβληστροειδή, με αποτέλεσμα η όραση να είναι θολή και ο οφθαλμός λέγεται αμετρικός. (Snell, 2006)



Εικόνα 16: Οπτικό σύστημα φυσιολογικού οφθαλμού.

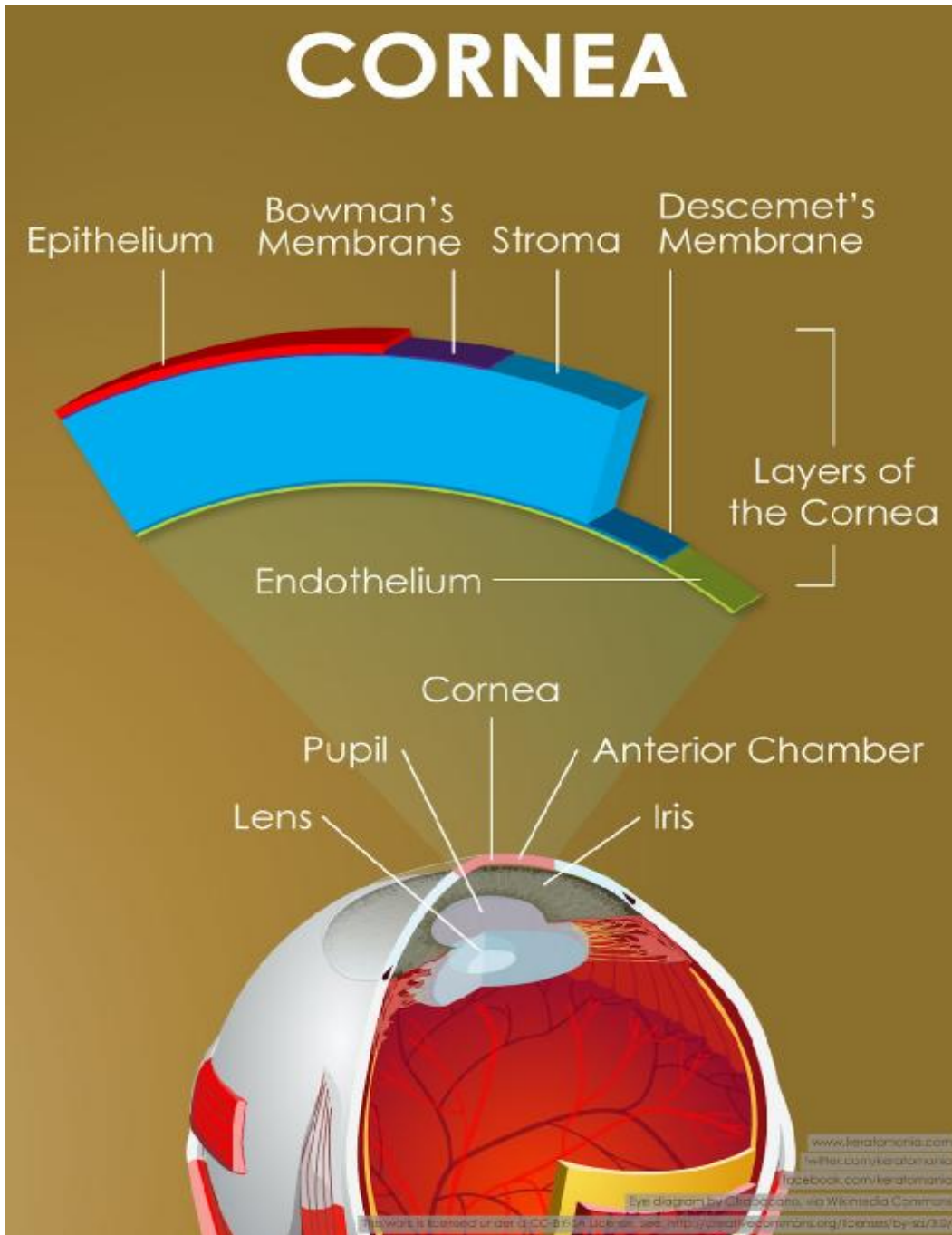
(<http://www.opticalhouse.gr/el/optometry/refractive-errors/refractive-errors.html>)

2. Κλινική Διερεύνηση Κερατοειδή

2.1 Ιστολογική δομή του κερατοειδή

Ο κερατοειδής αποτελείται από πέντε στοιβάδες κυττάρων:

- § το επιθήλιο,
- § το πρόσθιο αφοριστικό πέταλο (μεμβράνη του Bowman)
- § η ίδια ουσία (στρώμα),
- § το οπίσθιο αφοριστικό πέταλο (μεμβράνη του Descemet),
- § το ενδοθήλιο

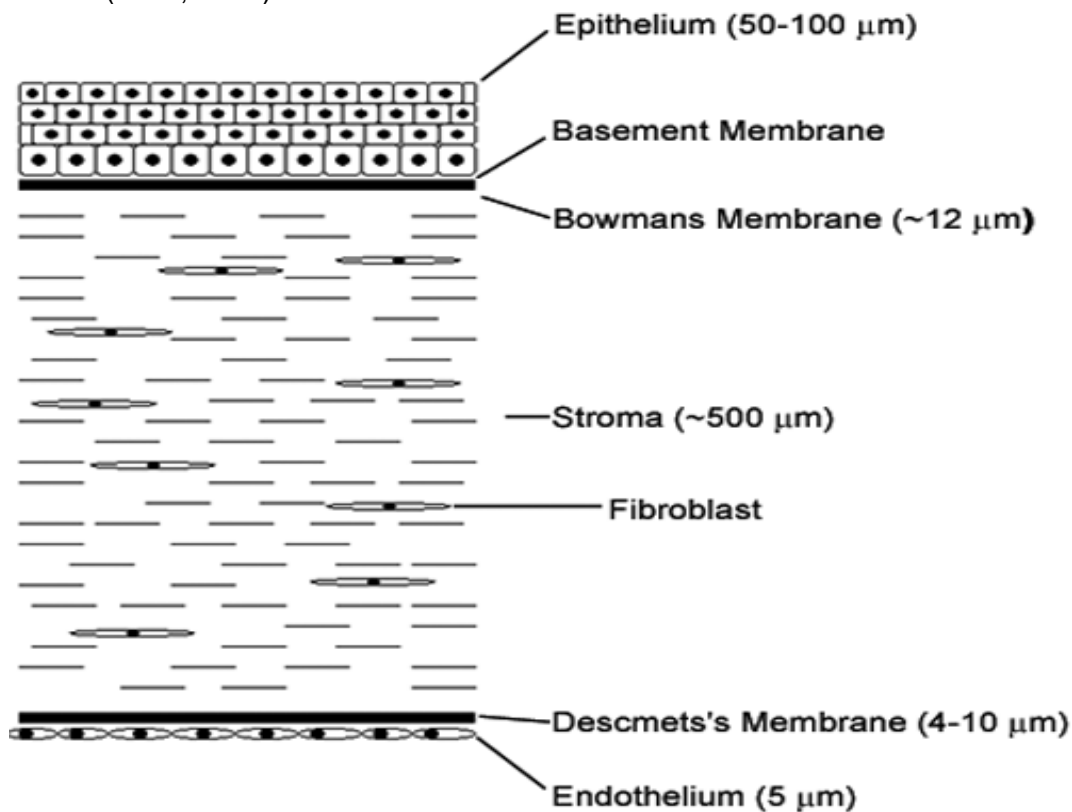


Εικόνα 17: Δομή κερατοειδούς .
(<http://www.corneatexas.com/cornea-disease>)

2.1.1 Επιθήλιο του κερατοειδούς

Το επιθήλιο του κερατοειδούς είναι πολύστιβο καθώς αποτελείται από πέντε στοιβάδες επιθηλιακών κυττάρων και το ολικό του πάχος είναι περίπου 50-60 μm . Το επιθήλιο αποτελεί το 10% του συνολικού πάχους του κερατοειδή. Στην περιφέρεια έχει πάχος περίπου 80 μm και αποτελείται από δέκα ή περισσότερες στοιβάδες κυττάρων, αντίστοιχα προς το ΣΚΟ, όπου μεταπίπτει στο επιθήλιο του επιπεφυκότα. Αποτελείται από 3 είδη κυττάρων, τα βασικά επιθηλιακά, τα πτερυγοειδή πολυγωνικά και τα επιφανειακά κύτταρα. Τα κύτταρα στη βάση του επιθηλίου έχουν κυλινδρικό σχήμα, ενώ τα επιφανειακά είναι πεπλατυσμένα. Τα επιφανειακά κύτταρα του επιθηλίου συνδέονται μεταξύ τους με δεσμοσώματα και καθώς με την πάροδο της ηλικίας αποπίπτουν μέσα στην προκεράτια δακρυϊκή σιβάδα. Τα πτερυγοειδή πολυγωνικά αποτελούν τη μέση σιβάδα του επιθηλίου. Η βασική στοιβάδα είναι η στοιβάδα από την οποία προέρχονται τα νέα επιθηλιακά κύτταρα. Τα κύτταρα της βασικής στοιβάδας είναι τα μόνα επιθηλιακά κύτταρα που υφίστανται μίτωση. Μετά από κάθε κυτταρική διαίρεση τα κύτταρα χωρίζονται και το ένα παραμένει στη βασική στοιβάδα ώστε να χρησιμοποιηθεί ως παραγωγικό κύτταρο για την επόμενη κυτταρική διαίρεση, ενώ το άλλο διαφοροποιείται σταδιακά. Επόμενος σκοπός τους είναι η γρήγορη αναπαραγωγή τους, σε περίπτωση τραυματισμού του κερατοειδούς. Αυτή πραγματοποιείται στην περιφέρεια του κερατοειδούς και συγκεκριμένα στο ΣΚΟ. Έχει υπολογισθεί ότι μια πλήρης ανανέωση των επιφανειακών κυττάρων του κερατικού επιθηλίου διαρκεί 7 μέρες. Επιπλέον, το επιθήλιο εμποδίζει τη μετάβαση ξένου υλικού στον οφθαλμό και στα άλλα στρώματα του κερατοειδούς και παρέχει μια ομαλή επιφάνεια που απορροφά οξυγόνο και άλλες αναγκαίες θρεπτικές ουσίες των κυττάρων. Μεταξύ της βασικής στοιβάδας των επιθηλιακών κυττάρων και της μεμβράνης του bowman βρίσκεται η βασική μεμβράνη, η οποία εκκρίνεται από ειδικά κύτταρα της βασικής στοιβάδας και αποτελείται από ίνες κολλαγόνου τύπου IV ενώ η υφή της δεν είναι απόλυτα γνωστή.

(Snell, 2006)



Εικόνα 19: Επιθήλιο του κερατοειδούς και βασική μεμβράνη.

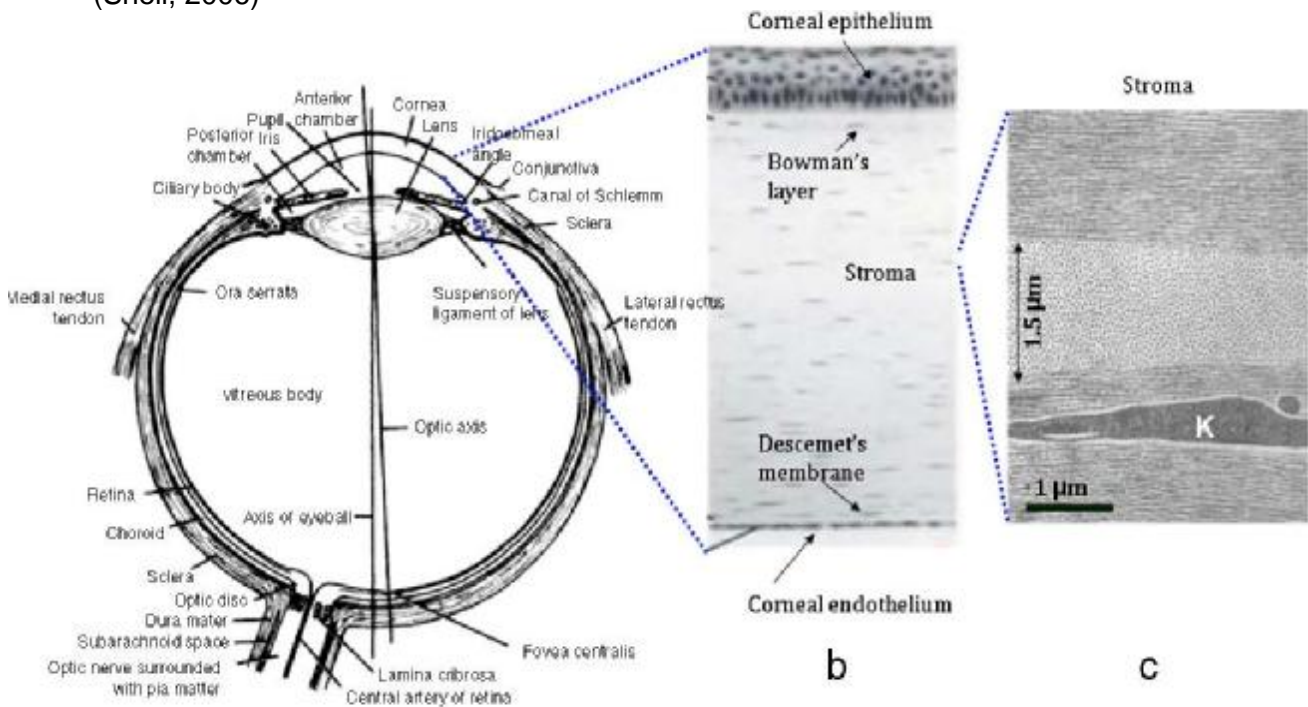
(<http://keratoconuscanada.org/research/The-effect-of-keratoconus-on-the-structural-mechanical-and-optical-properties-of-the-cornea.html>)

2.1.2 Μembrάνη του Bowman (πρόσθιο αφοριστικό πέταλο)

Η μεμβράνη του Bowman βρίσκεται κάτω ακριβώς από την βασική μεμβράνη του κερατικού επιθηλίου. Αποτελεί ξεχωριστή στοιβάδα του κερατοειδή, όμως στην ουσία είναι συνέχεια του στρώματος στο οποίο μεταπίπτει χωρίς να δύναται να διαχωριστεί από αυτό. Έχει πάχος περίπου 8-10μm και πρόκειται για ακυτταρικό υμένα που αποτελείται από διαπλεγμένες ίνες κολλαγόνου και θεμέλιο ουσία. Η πρόσθια επιφάνεια της μεμβράνης του Bowman είναι λεία και ομαλή, σε αντίθεση με την οπίσθια, η οποία είναι ασαφής και συγγέται με το δίκτυο κολλαγόνων ουσιών του οπίσθιου στρώματος. Τέλος, θεωρείται ότι προσδίδει στον κερατοειδή σταθερότητα και αντοχή. Η μεμβράνη του Bowman τερματίζει απότομα στο ΣΚΟ. (Snell, 2006)

2.1.3 Ιδίως ουσία ή Στρώμα

Το στρώμα του κερατοειδούς αποτελεί το 90% του πάχους του κερατοειδούς. Διαφανές, ινώδες και συμπαγές, αποτελείται από ελάσματα κολλαγόνων ινιδίων, κύτταρα και θεμέλιο ουσία. Τα ελάσματα από κολλαγόνο είναι περίπου 200-250 και επικάθονται το ένα πάνω στο άλλο και διατάσσονται παράλληλα τόσο μεταξύ τους όσο και προς την επιφάνεια του κερατοειδή. Κάθε έλασμα αποτελείται από κολλαγόνα IV, που περιβάλλονται από θεμέλια ουσία. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι η μέση απόσταση μεταξύ των δομικών στοιχείων του στρώματος είναι πολύ μικρότερη από το μήκος κύματος του ορατού φωτός του οποίου καλείται να υποστηρίξει τη διάδοση. Η διάταξη αυτή, επίσης, αποτελεί την κύρια αιτία για την διαφάνεια του κερατοειδή. Τα κύτταρα του στρώματος διακρίνονται σε μόνιμα (κερατοκύτταρα) και σε μεταναστευτικά (λεμφοκύτταρα, πολυμορφοπύρρηνα και μακροφάγα). Η θεμέλιος ουσία, αποτελείται από πρωτεογλυκάνες και γλυκοζαμινογλυκάνες (Snell, 2006)



Εικόνα 20: Στρώμα κερατοειδούς.

(http://keratoconuscanada.org/research/images/ambekar%20et%20al.,%202011_img_1.jpg)

2.1.4 Μembrάνη του Descemet (οπίσθιο αφοριστικό πέταλο)

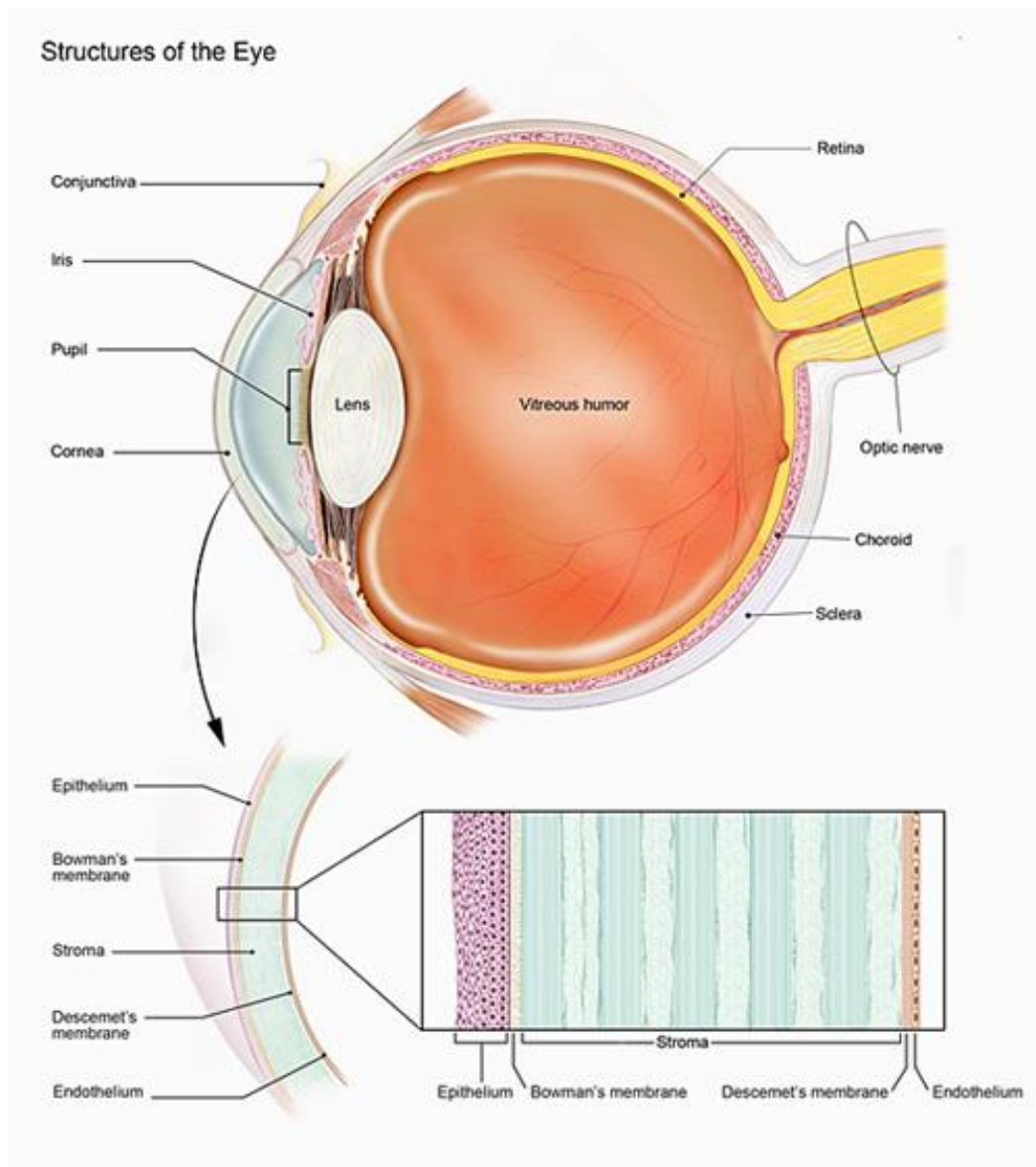
Η δεσμεμέτειος μεμβράνη βρίσκεται επί της οπίσθιας επιφάνειας του στρώματος και αποτελεί τη βασική μεμβράνη του ενδοθηλίου. Η μεμβράνη αυτή είναι ισχυρή και ομοιογενείς και έχει πάχος 10μm. Αποτελείται από λεπτά κολλαγόνα ινίδια με ομοιόμορφη κατανομή, διαφορετικά όμως από αυτά του στρώματος. Είναι αφορισμένη από το στρώμα και είναι παχύτερη από το ενδοθήλιο. Περιφερικά περατώνεται σχηματίζοντας τη γραμμή του Schwalbe.
(Snell, 2006)

2.1.5 Ενδοθήλιο κερατοειδούς

Το κερατοειδικό ενδοθήλιο αποτελεί το ενδοτάτο στρώμα του κερατοειδούς χιτώνα, το οποίο ιστολογικά είναι τυπικό πλακώδες επιθήλιο. Όμως η άμεση επαφή του με το υδατοειδές υγρό το καθιστά εξαιρετικής λειτουργικής σημασίας ιστό για τον μεταβολισμό του κερατοειδούς καθώς και για την διατήρηση της διαφάνειάς του. Αποτελείται από μια μόνη στοιβάδα αποπλατυσμένων κυττάρων που έχουν σχήμα πολυγωνικό και ο συνολικός τους αριθμός υπολογίζεται περίπου στις 400.000. Η πυκνότητα των ενδοθηλιακών κυττάρων στους ενήλικες είναι περίπου 3.000-4.000 κύτταρα και ελαττώνεται με την πάροδο της ηλικίας λόγω της μείωσης του αριθμού τους, σε συνδυασμό με την ατόχρονη έλλειψη μιτωτικής δραστηριότητας στο ενδοθήλιο. Τα ενδοθηλιακά κύτταρα που απομένουν, αποπλατύνονται και μετακινούνται προκειμένου να καλύψουν τα γειτονικά κενά. Αυτή είναι μια ιδιαίτερα αργή διαδικασία. Τα κύτταρα του ενδοθηλίου καλύπτουν την οπίσθια επιφάνεια της δεσμεμέτειου μεμβράνης και έρχονται σε συνέχεια με τα ενδοθηλιακά κύτταρα που επιστρώνουν την πρόσθια επιφάνεια της ίριδας. Το πάχος των ενδοθηλιακών κυττάρων είναι 4-6 μm, και συνδέονται μεταξύ τους με δεσμοσώματα, χασματοσυνδέσεις και στενές συνδέσεις και φέρουν στην επιφάνεια τους μικρολάχνες. Παρά την ύπαρξη των στενών συνδέσεων μεταξύ των κυττάρων, παραμένει μεσοκυττάριο διάστημα που επιτρέπει τη δίοδο μικρών μορίων από τον πρόσθιο θάλαμο προς το στρώμα. Τα κύτταρα αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της φυσιολογικής ενυδάτωσης του κερατοειδούς με δύο τρόπους:

- § με τη λειτουργία φραγμού που περιορίζουν την είσοδο νερού από το υδατοειδές υγρό προς το κερατοειδικό στρώμα, επομένως συντελούν στη φυσιολογική υδάτωση και θρέψη του κερατοειδή
- § και με τον μηχανισμό ενεργητικής μεταφοράς ιόντων.

(Snell, 2006)



Εικόνα 18: Δομή στοιβάδων κερατοειδούς .
[\(http://www.nei.nih.gov/health/cornealdisease/\)](http://www.nei.nih.gov/health/cornealdisease/)

2.2 Διαθλαστική δομή του κερατοειδούς

Ο κερατοειδής χιτώνας αποτελεί την ισχυρότερη διαθλαστική δομή του οφθαλμού, ιδιότητα την οποία οφείλει στην καμπυλότητά του και στην θέση που κατέχει στον βολβό του οφθαλμού. Επίσης, αποτελεί την πρώτη διαθλαστική επιφάνεια την οποία συναντούν οι εισερχόμενες στον οφθαλμό ακτίνες. Η ίριδα είναι αυτή που ρυθμίζει τη ποσότητα του φωτός που φτάνει στον αμφιβληστροειδή, ενώ ο κρυσταλλοειδής φακός λειτουργεί ως μέσο ρύθμισης της συνολικής διοπτρικής ισχύος, προκειμένου να καθίσταται δυνατή η ευκρινής απεικόνιση των αντικειμένων. Η διαθλαστική ισχύς του κερατοειδή εξαρτάται από την δείκτη διάθλασης, ο οποίος είναι $n=1.376$ και καθορίζεται κυρίως από το στρώμα, και την κυρτότητά του και είναι περίπου 45 διοπτρίες. Το πάχος του κερατοειδή μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο. Στο κέντρο είναι περίπου 540 μm , ενώ στην περιφέρεια και προς το ΣΚΟ φτάνει τα 670-700 μm . Για το καμπύλο σχήμα του κερατοειδή σημαντικό ρόλο παίζει η ενδοφθάλμια πίεση, αφού αυτή είναι η οποία

δίνει το σχήμα του. Σε μια διατομή ο κερατοειδής μοιάζει με ένα μηνίσκο φακό. Παρουσιάζει δύο επιφάνειες, όπου η ακτίνα καμπυλότητα της πρόσθιας επιφάνειας είναι κατά μέσο όρο 7,8mm και της οπίσθιας επιφάνειας 6,8mm. Η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς είναι ένα από τα κύρια διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού αφού αντιστοιχεί στα 2/3 της διοπτρικής του ισχύος. Για το λόγο αυτό η συμμετρία και η ομοιομορφία της επιφάνειας του κερατοειδή παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα του ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το κεντρικό 1/3 του κερατοειδούς είναι σχεδόν σφαιρικό και έχει διάμετρο 4mm σε φυσιολογικό οφθαλμό. Ως ένας φακός λεπτότερος στη μέση του θα περιμέναμε ότι ο κερατοειδής θα έχει αρνητική οπτική ισχύ. Παρόλα αυτά, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει γιατί οι τιμές για τους δείκτες διάθλασης εκατέρωθεν του είναι διαφορετικές. Εξωτερικά βρίσκεται συνήθως αέρας ($n=1$) ενώ στην οπίσθια εσωτερική επιφάνειά του υπάρχει το υδατοειδές υγρό με $n'=1,336$. (Κατσούλος, 2010)

2.3 Διαφάνεια κερατοειδούς

Ο φυσιολογικός κερατοειδής ως διαθλαστικό μέσο είναι διαφανής για να επιτελεί σωστά τη λειτουργία του. Η χαρακτηριστική διαφάνεια του οφείλεται σε ανατομικούς παράγοντες, δηλαδή το στρώμα του περιέχει πολύ μικρό αριθμό κυττάρων και σε συνδυασμό πάντα με την ομοιόμορφη και κανονική διάταξη των ελασμάτων του στρώματος και των κολλαγόνων ινιδίων από τα οποία αποτελούνται. Ταυτόχρονα, πολύ σημαντικός παράγοντας στην διατήρηση της διαφάνειάς του είναι η ύπαρξη στερεών συνδέσεων μεταξύ των επιθηλιακών κυττάρων του, καθώς εμποδίζουν την διέλευση του υδατοειδούς υγρού από την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς και η φυσιολογική διάταξη και ακεραιότητα του κερατοειδικού ενδοθηλίου. Επίσης, η έλλειψη αγγείων και εμμέλων νευρικών ινών είναι ένας παράγοντας που συντελεί στη διαφάνεια του κερατοειδούς. Ακόμη, η συγκεκριμένη πολύ σημαντική στην όραση διαφάνεια του κερατοειδούς επιτυγχάνεται από , τη λειτουργία των ενδοθηλιακών κυττάρων, η λειτουργία τους είναι η διαρκής διατήρηση συγκεκριμένου βαθμού αφυδάτωσης στο στρώμα. Σε φυσιολογικά πλαίσια, η ενυδάτωση του κερατοειδή υπολογίζεται στο 75%. Το υδατοειδές υγρό από τον πρόσθιο θάλαμο μεταφέρεται στο στρώμα διαμέσου του ατελούς φραγμού του κερατοειδικού ενδοθηλίου. Η δύναμη που προκαλεί τη συγκεκριμένη μετακίνηση του υδατοειδούς ονομάζεται δύναμη διαπτόσης και είναι η συνισταμένη της ενδοφθάλμιας πίεσης και της ωσμωτικής πίεσης του στρώματος. Η ωσμωτική πίεση του στρώματος οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα του σε γλυκοζαμινογλυκάνες και είναι υπεύθυνη για την μετακίνηση του υδατοειδούς υγρού από τον πρόσθιο θάλαμο προς το στρώμα. Επιπροσθέτως, η αντλία του ενδοθηλίου συντελεί στην ενεργητική μετακίνηση του υδατοειδούς από το στρώμα προς τον πρόσθιο θάλαμο προκαλώντας το βαθμό της αφυδάτωσης του κερατοειδή. Η ενέργεια για τη λειτουργία της αντλίας παρέχεται με τη μορφή ATP από τα μιτοχόνδρια του κυτταροπλάσματος των ενδοθηλιακών κυττάρων. Ο μηχανισμός συνίσταται στην ενεργητική μεταφορά ιόντων Na^+ και HCO_3^- από το στρώμα προς το υδατοειδές υγρό. Η αυξημένη συγκέντρωση των ιόντων στο υδατοειδές υγρό προκαλεί παθητική μεταφορά ύδατος προς τον πρόσθιο θάλαμο. Οι καταστάσεις οι οποίες εμποδίζουν σε κάποιο βαθμό τη λειτουργία του ενδοθηλίου ως φραγμού, όπως μηχανικές ή χημικές κακώσεις του ενδοθηλίου, νόσοι του κερατοειδούς, προκαλούν υπερυδάτωση, δηλαδή οίδημα στον κερατοειδή. Επομένως, χάνει τη διαφάνειά του. (Κατσούλος, 2010)

2.4 Διατροφή/ Οξυγόνωση του κερατοειδούς

Ο κερατοειδής είναι ένας ιστός ο οποίος χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβολικότητα, ιδιαίτερα το επιθήλιο και το ενδοθήλιο. Εξ' αιτίας αυτού, ο κερατοειδής χρειάζεται πολύ μεγάλες ποσότητες βιταμινών, αμινοξέων, γλυκόζης και κυρίως οξυγόνου. Παρόλα αυτά, όμως, η απουσία αγγείων από την επιφάνειά του κάνει την ύπαρξη εναλλακτικών τρόπων διατροφής του κερατοειδούς αναγκαία. Έτσι, τα αγγεία στο σκληροκερατοειδές όριο και η επαφή του κερατοειδούς με το υδατοειδές υγρό και τον ατμοσφαιρικό αέρα κρίνονται απαραίτητα στοιχεία για την υγιή ανάπτυξη και ζωή του. Το οξυγόνο, το οποίο προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα, θα περιέλθει στα δάκρυα και από εκεί με διάχυση θα περάσει στον κερατοειδή. Για το λόγο αυτό κρίνεται σημαντικό η δακρυϊκή στοιβάδα να έρχεται σε όσο το δυνατό περισσότερη επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Επίσης, άλλες πηγές οξυγόνου για την θρέψη του κερατοειδή είναι το υδατοειδές υγρό και τα αιμοφόρα αγγεία του σκληροκερατοειδούς ορίου. Όταν τα βλέφαρα είναι κλειστά και δεν υπάρχει επαφή του κερατοειδή με τον ατμοσφαιρικό αέρα (πχ όταν κοιμόμαστε), η ποσότητα του οξυγόνου η οποία διαπερνά τη μεσοβλεφαρία σχισμή είναι ελάχιστη και έτσι ο κερατοειδής θρέφεται κυρίως από το υδατοειδές υγρό και από τον βλεφαρικό επιπεφυκότα. Η παροχή οξυγόνου αυτή δεν είναι επαρκής και έτσι δημιουργείται υποξία, μείωση δηλαδή της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο επιθήλιο. Η υποξία προκαλεί στον κερατοειδή αναερόβιο μεταβολισμό και δημιουργία γαλακτικού οξέος, του οποίου η συσσώρευση στο στρώμα οδηγεί σε μια βαθμιαία μείωση της πίεσης και μείωση του pH. Σε ακραία μορφή υποξίας, που υπάρχει πλήρης απώλεια παροχής οξυγόνου στον κερατοειδή, κατάσταση που ονομάζεται ανοξία. Ως αποτέλεσμα της υποξίας, μετά από 8 ώρες ύπνου, ο κερατοειδής αυξάνει σε πάχος 3-4%. Η αύξηση αυτή του πάχους ονομάζεται οίδημα, το οποίο όταν ανοίξουν τα μάτια υποχωρεί ταχύτατα. (Κατσούλος, 2010)

2.5 Φυσικές ιδιότητες κερατοειδή

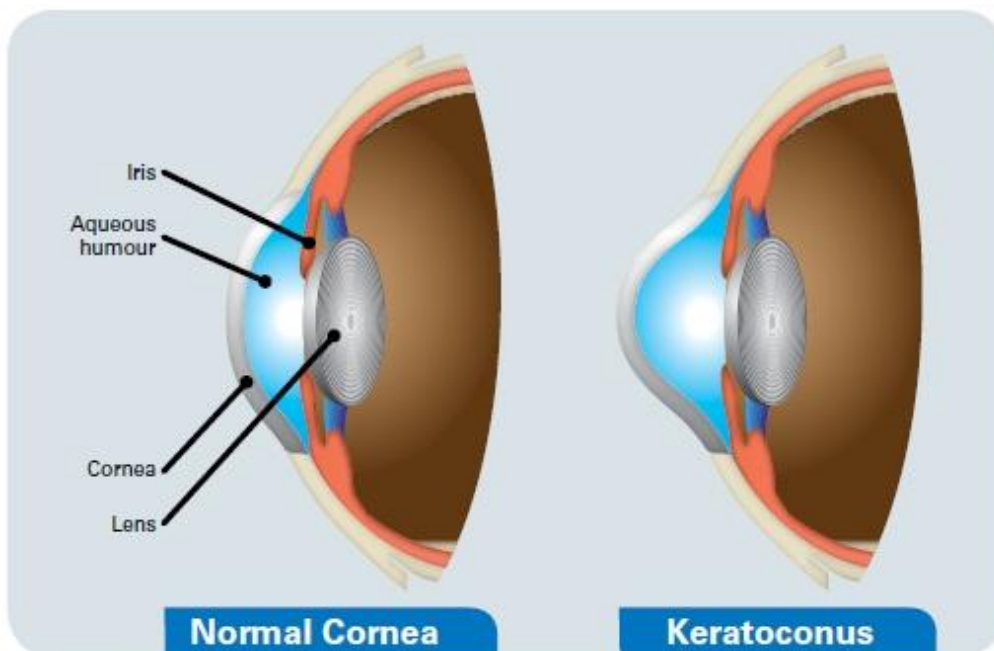
Ο κερατοειδής αποτελεί την πρώτη δομή του εύθραυστου οφθαλμού, δηλαδή αυτή η δομή η οποία έρχεται πρώτη σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Η θέση του αυτή τον κάνει επιρρεπή σε τραυματισμούς από ξένα σώματα. Για το λόγω αυτό, για την προστασία του, ο κερατοειδής έχει πολλούς μηχανισμούς άμυνας:

- § Τα επιθηλιακά κύτταρα αναγεννούνται πλήρως κάθε επτά ημέρες
- § Ο κερατοειδής επουλώνεται γρήγορα, πράγμα που τον κάνει ανθεκτικό στις μολύνσεις
- § Τα επιφανειακά κύτταρα του κερατοειδή έχουν πολύ ισχυρούς δεσμούς πρόσδεσης μεταξύ τους, και έτσι δημιουργείται ένα φράγμα ενάντια στα ατυχήματα που περιέχουν χημικά
- § Λόγω των πολλών νευρικών απολήξεων, ο κερατοειδής είναι ο πιο ευαίσθητος ιστός του ανθρώπινου σώματος, και έτσι προστατεύεται από τραυματισμούς καθώς μόλις αισθανθεί κάτι απομονώνεται με την βοήθεια των βλεφάρων ή ενεργοποιείται η δακρυϊκή δράση
- § Ο κερατοειδής είναι πολύ ανθεκτικός και δεν αλλάζει το σχήμα ή την καμπυλότητά του εύκολα

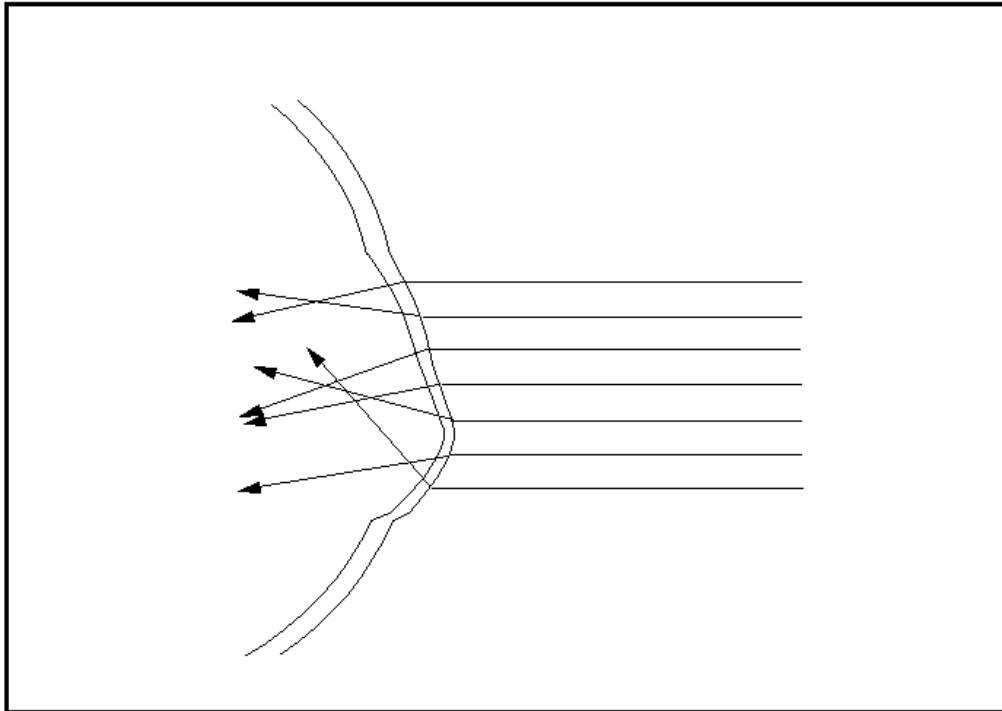
3.Κερατόκωνος

3.1 Ορισμός

Ο κερατόκωνος είναι μία μη φλεγμονώδης νόσος του κερατοειδούς, η οποία δημιουργεί μία προοδευτική παραμόρφωση στην επιφάνειά του. Ο κερατοειδής παίρνει σταδιακά μία «κωνική» μορφή δημιουργώντας έτσι μία προεξοχή. Ο κωνικός σχηματισμός που δημιουργείται από τον κερατόκωνο έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση του οπτικού ειδώλου, εμποδίζοντας έτσι την σωστή εστίαση του στον βυθό του οφθαλμού και πιο συγκεκριμένα στον αμφιβληστροειδή. Ο παθολογικός κερατοειδής ευθύνεται για την παραμόρφωση του φωτός που διαθλάται στο εσωτερικό του ματιού. Σαν αποτέλεσμα έχουμε τις θολερές, παραμορφωμένες ή και πολλαπλές εικόνες. Η παραμόρφωση αυτή χαρακτηρίζεται από μια μη ομαλή και σημαντικά αυξημένη κυρτότητα, κυρίως στην περιοχή του κώνου. Παράλληλα με τον σχηματισμό του κώνου παρατηρείται και μια προοδευτική λέπτυνση του κερατοειδούς όπου στη συνέχεια εξελίσσεται στη δημιουργία θολερότητας στην περιοχή του κώνου. Όταν η νόσος είναι αρκετά προχωρημένη ο κερατοειδής χάνει την διαφάνειά του και διακρίνεται μόνο η θολερότητα. Σε αυτές τις περιπτώσεις προκαλείται μερική ή ολική μείωση της όρασης η οποία δεν διορθώνεται με μη επεμβατικές μεθόδους (πχ. γυαλιά ή φακούς επαφής) και μπορεί να οδηγήσει μέχρι και σε τύφλωση. Τότε ο κερατοειδής μπορεί να γίνει ορατός μόνο με πολύ εξειδικευμένες οφθαλμολογικές εξετάσεις. Αν η πάθηση συνεχίσει να εξελίσσεται είναι πολύ πιθανό να δημιουργηθεί μια ουλή στο κέντρο του κερατοειδούς. Στα περισσότερα κερατοκωνικά περιστατικά, ο κώνος βρίσκεται στο κάτω μέρος του κερατοειδούς και στην αρχή εμφανίζεται σαν ανώμαλος αστιγματισμός, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι όλες οι περιπτώσεις αστιγματισμού οφείλονται αποκλειστικά και μόνο σε κερατόκωνο. Ο κώνος σε όλες τις περιπτώσεις δημιουργεί πολύ μεγάλη μυωπία και σημαντικό ανώμαλο αστιγματισμό. Ένας κερατοκωνικός κερατοειδής έχει ως αποτέλεσμα η διάθλαση του φωτός στον οφθαλμό να είναι ανώμαλη και το είδωλο να είναι πολύ ασαφές. (eyeclinic, 2014)



Εικόνα 21: Σχήμα φυσιολογικού και κερατοκωνικού κερατοειδούς.



Εικόνα 22: Διάθλαση ακτινών σε κερατοκωνικό οφθαλμό.
(<http://www.drbleonard.com/wp-content/uploads/2012/05/Keratoconus-Contact-Lenses-Cross-Section.png>)



Εικόνα 23: Κερατοκωνικός ασθενής.
(<http://www.harvardeye.com/procedures/keratoconus.html>)

3.2 Γενικές Πληροφορίες - Αιτιολογία

Στον κερατοκωνικό ασθενή αλλάζει το σχήμα του κερατοειδούς, ο οποίος διογκώνεται προς τα έξω σαν κώνος. Επομένως, όπως είναι φυσικό, μεταβάλλεται και η διαθλαστική του δύναμη. Σε κάποιο σημείο αποκτά διαθλαστική ισχύ μεγαλύτερη από 48 διοπτρίες και μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 70 διοπτρίες. Ταυτόχρονα εκτός από την ισχύ αλλάζει και το πάχος του κεντρικού κερατοειδή το οποίο μπορεί να μειωθεί από το φυσιολογικό των 550 μm, περίπου, σε λιγότερο από 400 μm. (laservision, 2012)

Όπως έχει παρατηρηθεί, ο κερατόκωνος εκδηλώνεται περισσότερο στους άντρες και στα δύο μάτια κατα κύριο λόγο στο τέλος της εφηβείας και παρουσιάζει μία εξέλιξη η οποία στη συνέχεια επιβραδύνεται και ο ρυθμός της σταματά περίπου στα 35 έτη, ενώ ο λόγος που προκαλείται δεν είναι βέβαιος. Θεωρείται ότι οφείλεται σε κληρονομικότητα και γενικούς παράγοντες δηλαδή ότι ευθύνεται ένα συγκεκριμένο χρωμόσωμα, όμως δεν εκδηλώνεται σε όλα τα άτομα που έχει αυτή την χρωμοσωμική παθολογία. Επομένως είναι άγνωστο ποιοι άλλοι παράγοντες μπορούν να συντελέσουν σε ένα άτομο με κληρονομική προδιάθεση να εκδηλώσει κερατόκωνο. Επιπλέον, οι πιθανότητες να εμφανίσει κερατόκωνο ένας συγγενής εξ αίματος είναι 1/10 και δεν εκδηλώνεται κλινικά σε παραπάνω από ένα μέλος κάθε οικογένειας. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ασθένεια είναι πολυπαραγοντική δηλαδή ο συνδυασμών πολλών ιδιαίτερων παραγόντων στη ζωή κάθε ατόμου μπορούν να οδηγήσουν στην εκδήλωση της πάθησης καθώς η κληρονομικότητα παίζει πρακτικά ένα σχετικά μικρό ρόλο, (περίπου 6-8% των ασθενών έχουν συγγενείς με κερατόκωνο). Επίσης, τόσο οι διαταραχές του συνδετικού ιστού όσο και οι ανωμαλίες στο κολλαγόνο του κερατοειδούς και η διασύνδεσή του φαίνεται πως συντελούν στην εμφάνιση της πάθησης. Τέλος, πιστεύεται ότι η γενετική, το περιβάλλον και το ενδοκρινικό σύστημα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην δημιουργία του κερατόκωνου κερατοειδή. (laservision, 2012)

Επιπροσθέτως, υπάρχουν κάποιες περιοχές όπου έχει παρατηρηθεί μεγαλύτερη συχνότητα των κερατοκωνικών περιστατικών. Για παράδειγμα στα νησιά όπως η Ρόδος, η Σαντορίνη και περιοχές όπως η Κύπρος ο κερατόκωνος έχει συχνότερη εμφάνιση τα τελευταία χρόνια. Στον ελληνικό χώρο οι κερατοκωνικοί ασθενείς υπολογίζονται άνω των 20.000. (συχνότητα ~2/1000 κατοίκους) αν και οι ελαφρότερες μορφές της είναι δέκα φορές πιο συχνές. (Athens vision, 2014)

Μια από τις συχνότερες αιτίες του κερατόκωνου είναι και το μηχανικό τραύμα που προκαλείται από το έντονο τρίψιμο των ματιών. Έντονη είναι η συσχέτιση της νόσου με αλλεργικές διαθέσεις και έκζεμα στην περιοχή των ματιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό ποσοστό των ανθρώπων που παρουσιάζουν κερατόκωνο εμφανίζουν παράλληλα και μια δερματολογική πάθηση που λέγεται ατοπία ή έκζεμα. Η **ατοπική δερματίτιδα** είναι μια δερματολογική πάθηση που δεν μεταδίδεται, αλλά κληρονομείται. Σε πολλές περιπτώσεις σχετίζεται με άσθμα ή και εποχιακή αλλεργική ρινίτιδα. Σε αυτήν την πάθηση προκαλείται στο δέρμα συχνά κνησμός (φαγούρα). Οι ασθενείς με ατοπική δερματίτιδα έχουν την τάση να τρίβουν συχνά το δέρμα τους και δημιουργείται κοκκίνισμα, πρήξιμο και τελικά μικρές πληγές. Επιπλέον, η υπερευαισθησία στο δέρμα προκαλεί σε πολλές περιπτώσεις και κνησμό στα βλέφαρα. Το έντονο τρίψιμο των ματιών, χωρίς απαραίτητα να αποτελεί σίγουρο αίτιο του κερατόκωνου μπορεί να συντελέσει στην εξέλιξή του. Επομένως, πάντα θα πρέπει να δίνονται οι σωστές συμβουλές σε άτομα με κερατόκωνο για να αποφεύγουν να τρίβουν τα μάτια τους. Η ίδια συμβουλή δίνεται και σε νεαρά άτομα με υψηλό αστιγματισμό ο οποίος μπορεί να αποτελεί σημάδι εμφάνισης κερατόκωνου. Οι κρύες κομπρέσες και τα κρύα συνθετικά δάκρυα ανακουφίζουν σημαντικά το πολύ ενοχλητικό σύμπτωμα του κνησμού. Η θεωρία επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι πολλοί ασθενείς με κερατόκωνο έχουν μαλακά βλέφαρα και προκαλείται εύκολα το γύρισμα τους. (peoo, 2014)



Εικόνα 24: Ατοπική δερματίτιδα.

([http://4.bp.blogspot.com/-](http://4.bp.blogspot.com/-InAtrO0JwDY/T6gRdIsnQqI/AAAAAAAAAHM/dcNML8L5Whw/s1600/atopic.jpg)

[InAtrO0JwDY/T6gRdIsnQqI/AAAAAAAAAHM/dcNML8L5Whw/s1600/atopic.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-InAtrO0JwDY/T6gRdIsnQqI/AAAAAAAAAHM/dcNML8L5Whw/s1600/atopic.jpg))

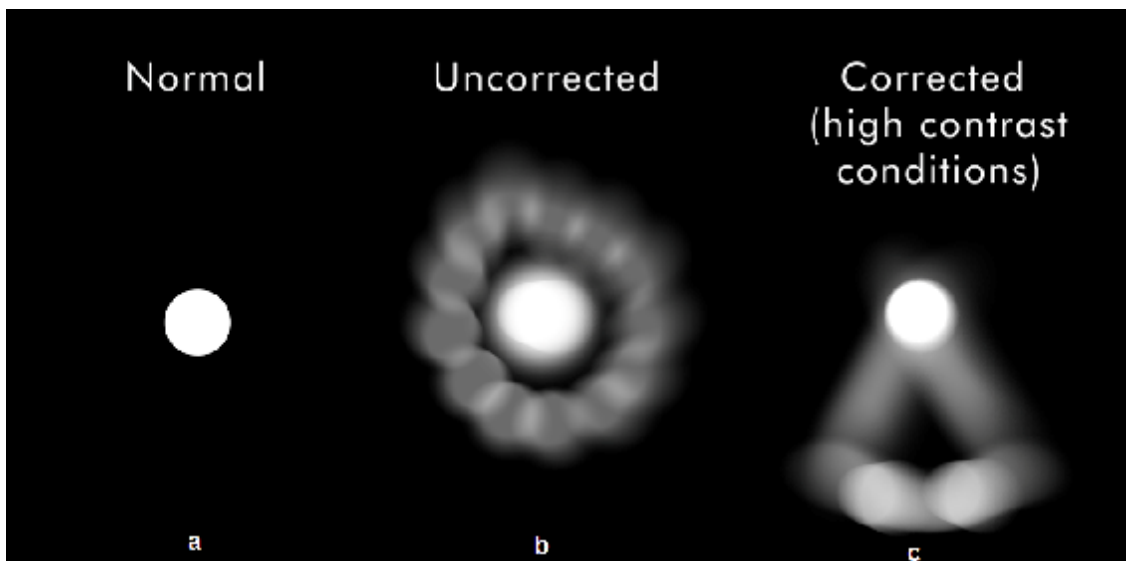
Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί κάποια συσχέτιση του κερατόκωνου με τα ακόλουθα νοσήματα. Το σύνδρομο Down είναι ένας άλλος παράγοντας κινδύνου για την εμφάνιση της ασθένειας (5-15%) καθώς επίσης και διαταραχές στον συνδετικό ιστό που παρατηρούνται στο σύνδρομο Ehlers- Danlos, ατελής οστεογένεση. Με λιγότερη συχνότητα ο κερατόκωνος εμφανίζεται και στα παρακάτω σύνδρομα : Σύνδρομο Rieger, σύνδρομο Apert, σύνδρομο Crouzon, σύνδρομο Marfan, σύνδρομο Turner, οφθαλμοοδοντοδακτυλικό σύνδρομο και το σύνδρομο μαλακών βλεφάρων. Επίσης, υπάρχει συσχέτιση των κερατοκωνικών ασθενών με κάποιων οφθαλμικών νόσων όπως: Κερατοειδικές δυστροφίες (ενδοθηλιακή, οπίσθια πολύμορφη, κοκκώδης), η δυστροφία της ωχράς και η συγγενής αμαύρωση του Leber. Τέλος, το κάπνισμα και ο διαβήτης φαίνεται πως πιθανώς έχουν θετικό ρόλο στον κερατόκωνο καθώς αναστέλλουν την εμφάνιση και επιβραδύνουν την εξέλιξη του . (Καραμπασάς, 2014)

Όταν η πάθηση δεν έχει εκδηλωθεί ακόμα, ο κερατόκωνος ονομάζεται **αρχόμενος ή υποκλινικός** (subclinical ή forme fruste), ενώ αν έχει εκδηλωθεί, **κλινικός** (clinical).

3.3 Συμπτώματα Κερατόκωνου

Η πάθηση του κερατόκωνου ξεκινά προς το τέλος της εφηβείας και εξελίσσεται έως περίπου την ηλικία των 30-35 ετών. Αρχικά, παρουσιάζει μια ραγδαία εξελικτική φάση την οποία ακολουθεί μια πιο αργή πορεία έως να ολοκληρωθεί η κατάσταση του κερατοκωνικού κερατοειδούς. Ξεκινά, δηλαδή, συνήθως γύρω στα 15 και η εξέλιξή της «παγώνει» μετά τα 35 χρόνια. Πολλές φορές ο κερατόκωνος μπορεί να αποτελέσει μία ασυμπτωματική πάθηση και η διαπίστωση γίνεται κατά τον διαθλαστικό έλεγχο. Για αυτόν τον λόγο ο κερατοκωνικός ασθενής κρίνεται απαραίτητο να παρακολουθείται συχνά από τον οφθαλμίατρο για να δίνονται οι σωστές συμβουλές αντιμετώπισης ή θεραπείας. Ο κερατόκωνος επηρεάζει στον ίδιο βαθμό τόσο τους άνδρες όσο και τις γυναίκες ωστόσο είναι συχνότερος στον ανδρικό πληθυσμό. Συνήθως προσβάλλονται και οι δύο οφθαλμοί, είναι όμως πιθανό να προσβληθούν σε διαφορετικό χρονικό διάστημα. (laser vision, 2014)

Το κυριότερο σύμπτωμα που αντιμετωπίζει ένας κερατοκωνικός ασθενής είναι η θολή όραση που δεν μπορεί να διορθωθεί με γυαλιά ή μαλακούς φακούς επαφής. Με άλλα λόγια ο κερατοκωνικός ασθενής παρουσιάζει μία σημαντική μείωση της οπτικής του οξύτητας. Πιο αναλυτικά, η συνταγή των γυαλιών του αυξάνεται με το χρόνο και τις περισσότερες φορές εκδηλώνεται με υψηλή μυωπία και συνεχώς αυξανόμενο αστιγματισμό. Αυτές οι αλλαγές προειδοποιούν τον οφθαλμίατρο για τη διάγνωση της ασθένειας σε αρχικό στάδιο για να προλάβει την εξέλιξή της. Ο κάθε οφθαλμός μπορεί να προσβληθεί σε διαφορετικό βαθμό αλλά είναι πολύ σπάνιο ο κερατόκωνος να είναι ετερόπλευρος. Όσο προχωρά η εξέλιξη του κερατόκωνου η όραση χειροτερεύει καθώς προχωρά η παραμόρφωση του κερατοειδή και εκείνος γίνεται πιο κυρτός, λεπτός και ουλοποιείται. Επομένως, προκαλείται σύγχυση της όρασης με τη δημιουργία θολών και παραμορφωμένων εικόνων. Επομένως, οι κερατοκωνικοί ασθενείς παρουσιάζουν δυσκολία και στη ανάγνωση καθώς βλέπουν τα γράμματα παραμορφωμένα. Παράλληλα, αρκετοί ασθενείς αναφέρουν ως ενοχλητικό σύμπτωμα την θολή όραση είτε όταν οδηγούν το βράδυ είτε όταν υπάρχει έντονη ηλιοφάνεια. Παρουσιάζουν δηλαδή, υπερευαισθησία στον έντονο φωτισμό και δυσκολία στην οδήγηση κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η παραπάνω κατάσταση συνοδεύεται και με ένα πολύ συνηθισμένο και ενοχλητικό σύμπτωμα που είναι γνωστό με τον όρο “ghost images” ή μονόφθαλμη πολυωπία κατά το οποίο οι ασθενείς όταν εστιάζουν σε ένα αντικείμενο λαμβάνουν πολλαπλές εικόνες αντί για ένα. Συνήθως γίνεται έντονο όταν το αντικείμενο εστίασης είναι υψηλής αντίθεσης (για παράδειγμα ένα σημείο έντονου φωτός σε σκοτεινό φόντο). Πιο συγκεκριμένα, αντί ο ασθενής να βλέπει μόνο μία εικόνα ενός αντικειμένου, λαμβάνει πολλές εικόνες από το ίδιο αντικείμενο και προκαλείται ένα είδος χαοτικής σύγχυσης. Επιπλέον, το συγκεκριμένο σύμπτωμα συνήθως δεν αλλάζει από τη μια μέρα στην άλλη, αλλά κατά τη πορεία της ασθένειας μπορεί να αλλάξει η μορφή του. Συνήθως οι ασθενείς μπορεί να βλέπουν ραβδοειδείς ή κυματοειδείς παραμορφώσεις γύρω από φωτεινές πηγές ή να παρατηρούν ότι οι εικόνες κινούνται η μία σε σχέση με την άλλη ακολουθώντας τον ρυθμό του παλμού της καρδιάς. Το παραπάνω σύμπτωμα οφείλεται σε μία εκτροπή υψηλής τάξης που υπάρχει στον κερατοκωνικό οφθαλμό, την κόμη. Η κόμη επηρεάζει την ποιότητα της όρασης διότι οι ακτίνες που ξεκινούν από ένα σημείο εκτός του οπτικού άξονα, σχηματίζουν διαφορετικές γωνίες μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μην εστιάζουν όλες σε ένα σημείο επάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού. (Καραγεωργιάδης, 2014)



Εικόνα 25: a) σημειακό είδωλο σε φυσιολογικό οφθαλμό. b) εικόνα κερατοκωνικού ειδώλου. c) εικόνα διορθωμένου κερατοκωνικού ειδώλου.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Keratoconus#mediaviewer/File:Kc_simulation2.png)



Εικόνα 26: Ghost images.

(<http://corneanews.files.wordpress.com/2011/02/ghosting.jpg>)



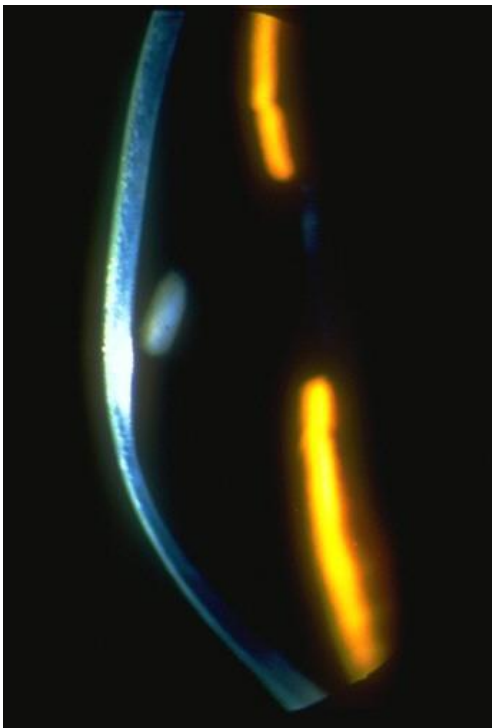
Εικόνα 27: Εικόνα παραμορφωμένων φωτεινών πηγών στον κερατόκωνο.

(<http://corneanews.files.wordpress.com/2011/02/1127.jpg>)

Ένα άλλο πιθανό σύμπτωμα στον κερατόκωνο είναι η ασθενωπία. Η ασθενωπία δημιουργείται σε άτομα που το οπτικό τους σύστημα δεν μπορεί να συνηθίσει την συνεχόμενη για μεγάλο χρονικό διάστημα εργασία σε κοντινές αποστάσεις. Η κατάσταση αυτή μπορεί να συνοδεύεται με πονοκεφάλους, ημικρανίες, γενικό αίσθημα κόπωσης, υπνηλία, διπλωπία, φωτοφοβία, θαμπή όραση, αίσθημα πόνου μέσα ή πίσω από τους οφθαλμούς, δυσκολία στην ανάγνωση και χαμηλή συγκέντρωση. (Καραγεωργιάδης, 2014)

Επιπλέον, είναι απίθανο να προβλέψει κάποιος εάν ο κερατόκωνος θα επιδεινωθεί και πόσο μεγάλη θα είναι η εξέλιξή του καθώς εξαρτάται από τον κερατοειδή του κάθε ανθρώπου. Όμως θεωρείται ότι όσο μικρότερη είναι η ηλικία εμφάνισης της πάθησης και όσο σοβαρότερης μορφής είναι, τόσο πιθανότερη είναι μια προοδευτική επιδείνωση.

Μια ξαφνική μείωση της οπτικής οξύτητας μπορεί να παρουσιασθεί όταν ο κερατοειδής εμφανίσει διόγκωση λόγω ρήξεως της μεμβράνης του descemet και πλήρωσης του κερατοειδούς με κυτταρικό υγρό. Σε πολύ προχωρημένες καταστάσεις, μπορεί να δημιουργηθεί αυτή η κατάσταση στον οφθαλμό γνωστή και ως «**ύδρωπας**», η οποία χαρακτηρίζεται από ξαφνικό πόνο στο μάτι, ερυθρότητα και μείωση της όρασης. Τα παραπάνω συμπτώματα οφείλονται σε βλάβη στην εσωτερική επιφάνεια του κερατοειδούς. Η διόγκωση μπορεί να παραμείνει για εβδομάδες ή μήνες. Εάν εμφανιστεί αυτή η επιπλοκή τότε ο οφθαλμίατρος συνταγογραφεί συνήθως σταγόνες και προστατευτικό φακό επαφής ως προσωρινή ανακούφιση. Κατά τη διάρκεια αυτής της κατάστασης ο κερατοειδής πρέπει να προστατεύεται από πιθανό τραυματισμό γιατί γίνεται ιδιαίτερα ευπαθής για ρήξη. Η κατάσταση αυτή υποχωρεί συνήθως σε μερικές εβδομάδες αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να παραμείνουν μόνιμες ουλές ή θολώσεις στην επιφάνεια του κερατοειδή. (reoo, 2014)



Εικόνα 28: Ύδρωπας.

(<http://www.bausch.gr/ecp/>-

[/m/BL/Greece/Images/ECP/For%20Your%20Practice/Clinical%20Photos/Stroma/Acute-hydrops-in-keratoconic-eye.jpg](http://www.bausch.gr/ecp/-/m/BL/Greece/Images/ECP/For%20Your%20Practice/Clinical%20Photos/Stroma/Acute-hydrops-in-keratoconic-eye.jpg))

Επιπλέον οι ασθενείς με κερατόκωνο παρουσιάζουν κεφαλαλγίες (πονοκέφαλο) που συνοδεύονται συχνά από οφθαλμικό άλγος. Ταυτόχρονα, μπορεί να εμφανίσουν και μονόφθαλμη διπλωπία κυρίως κατά τις βραδινές ώρες, η οποία δημιουργείται από τις περιθλάσεις του φωτός. Πολλοί ασθενείς παρουσιάζουν και δυσανεξία στους μαλακούς φακούς επαφής, οι οποίοι βέβαια τις περισσότερες φορές δεν τους καλύπτουν στη διόρθωση της όρασής τους. Τέλος, ο ερεθισμός και το υπερβολικό τρίψιμο των οφθαλμών είναι ένα σύμπτωμα για την ύπαρξη κώνου στον κερατοειδή. (Καραγεωργιάδης, 2014)

Συνοπτικά τα συμπτώματα που εμφανίζει ένας ασθενής με κερατόκωνο είναι τα ακόλουθα:

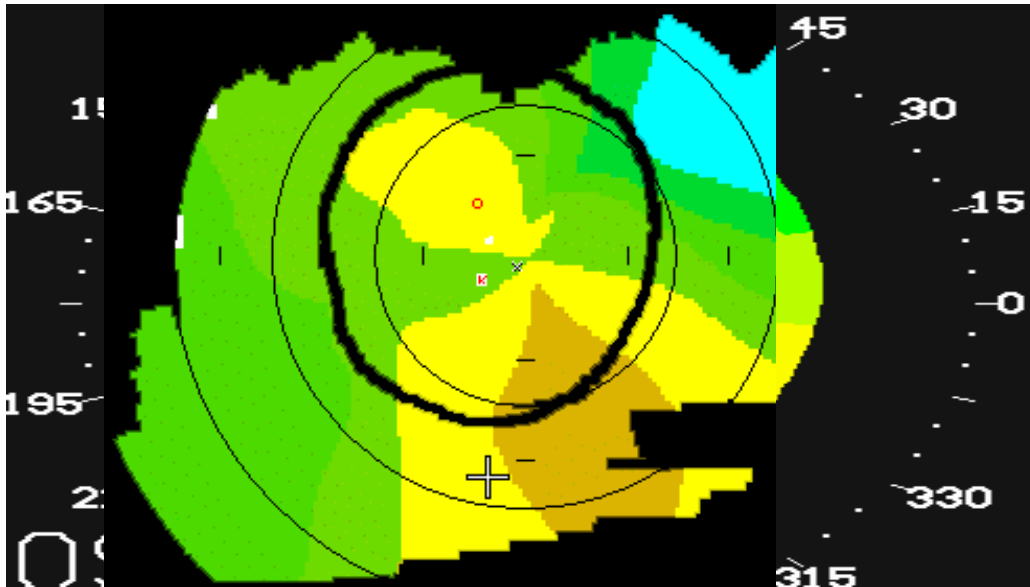
- Προοδευτική μείωση της οπτικής οξύτητας
- Αυξανόμενη μυωπία και ανώμαλος αστιγματισμός που δεν διορθώνεται με γυαλιά
- Κεφαλαλγίες και πόνος στους οφθαλμούς
- Ερεθισμός και τρίψιμο των οφθαλμών
- Δυσανεξία στους μαλακούς φακούς επαφής
- Δυσκολία στην οδήγηση το βράδυ
- Υπερευαισθησία στο φως
- Ghost images
- Εμφάνιση Ασθενωπίας
- Παραμόρφωση και θολρότητα στις εικόνες που βλέπει ο ασθενής
- Παραμόρφωση των γραμμάτων
- Παραθλάσεις του φωτός και διπλωπία στον ένα οφθαλμό
- Ξαφνική μείωση της όρασης και πόνος λόγω εμφάνισης ύδρωπα

3.4 Κατηγοριοποίηση κερατόκωνου

Με βάση τη βαρύτητα της εξέλιξης της νόσου διακρίνεται σε 5 στάδια:

1^ο στάδιο: Υποκλινικός ή ύποπτος

Ο υποκλινικός κερατόκωνος ως το πρώτο στάδιο της εξέλιξης της νόσου είναι η πιο ήπια μορφή κερατόκωνου το οποίο έχει ως χαρακτηριστικό ότι δεν παρατηρείται καμία μορφή εξέλιξης του κώνου έπειτα από 3 τουλάχιστον τοπογραφικούς ελέγχους και υπάρχει μία σταθερότητα στη διάθλαση για πολλά έτη. Η διάγνωση του κώνου γίνεται μόνο βάση των τοπογραφικών ευρημάτων και είναι πολύ σημαντική καθώς αποτελεί αντένδειξη για διαθλαστική χειρουργική. Σε αυτό το στάδιο υπάρχει απουσία κλινικών ευρημάτων κατά τη βιομικροσκόπηση, τη σκίασκοπία, την άμεση οφθαλμοσκόπηση, την κερατομετρία και τη φωτοκερατοσκόπηση και η οπτική οξύτητα μπορεί να είναι 10/10 είτε χωρίς διόρθωση είτε με γυαλιά. (Iaservision, 2014)



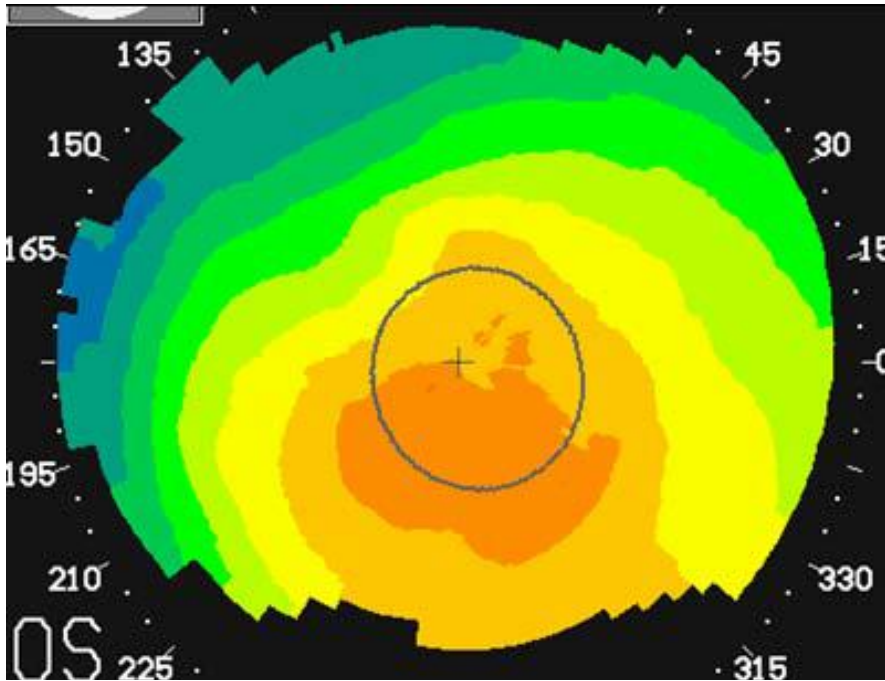
Εικόνα 29: Εικόνα υποκλινικού κερατόκωνου στην τοπογραφία κερατοειδούς. (laservision, 2014)

2^ο στάδιο: Πρώιμος κερατόκωνος

Μπορεί να παρατηρηθεί όταν υπάρχει θετικό οικογενειακό ιστορικό για κερατόκωνο. Όταν υπάρχει υποψία κερατόκωνου η παρακολούθηση της εξέλιξής του επιβάλλεται να είναι συχνή. Σε αυτό το στάδιο της νόσου η διάγνωση γίνεται με την χρήση της κερατομετρίας και της τοπογραφίας του κερατοειδούς επειδή ο κώνος δεν είναι ιδιαίτερα έντονος, η τοπογραφία μπορεί να εντοπίσει και την παραμικρή αλλαγή στην καμπυλότητα του σχήματος του κερατοειδή. Παρατηρείται απουσία κλινικών ευρημάτων στη σχισμοειδή λυχνία και ήπια κύρτωση και λέπτυνση του κερατοειδούς. Κατά τη σκιασκοπία παρατηρούνται ψαλιδοειδείς κινήσεις των ειδώλων και κατά την άμεση οφθαλμοσκόπηση το σημείο Charleaux. Τέλος, η οπτική οξύτητα μπορεί να είναι 10/10 με γυαλιά. (laservision, 2014)

3^ο στάδιο: Ήπιος κερατόκωνος

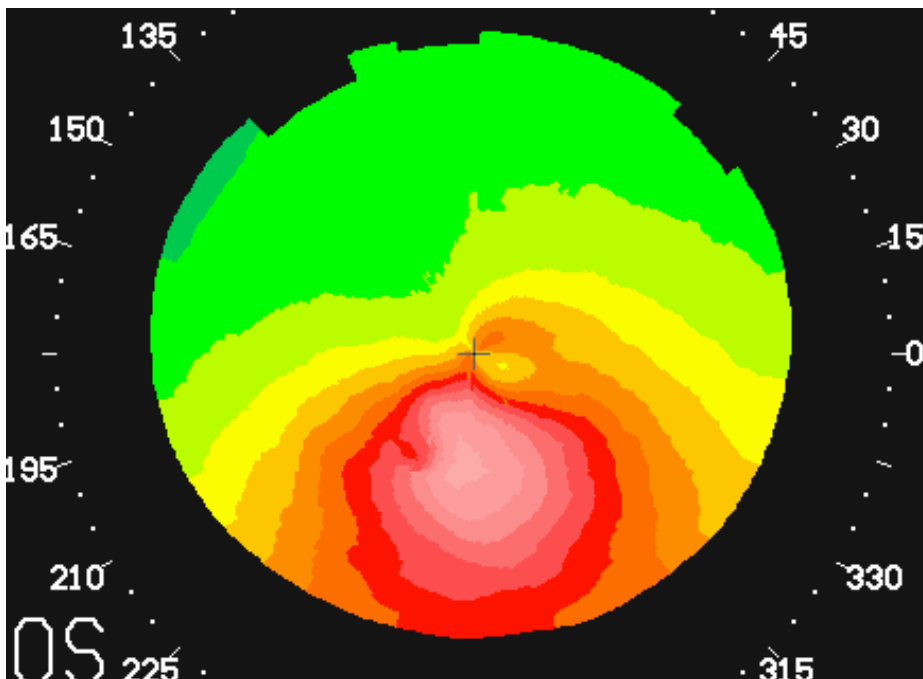
Στον ήπιο κερατόκωνο ο κερατοειδής έχει διαθλαστική ισχύ μικρότερη από 48 διοπτρίες και δεν παρουσιάζει κάποια ουλοποίηση ή θολερότητα, εμφανίζει όμως σημαντική κύρτωση και λέπτυνση. Στην εξέταση με τη σχισμοειδή λυχνία φαίνονται οι πτυχές Vogt και ο δακτύλιος Fleischer και στο κερατόμετρο (Javal) υπάρχει εμφανής παραμόρφωση ειδώλων, τα οποία δεν ευθυγραμμίζονται και σχηματίζουν γωνία διαφόρου βαθμού (γωνία Amsler). Με τον δίσκο Placido μπορούμε να δούμε με τη διαδικασία της φωτοκερατοσκόπησης παραμόρφωση των δακτυλίων. Τέλος, υπάρχει ανώμαλος αστιγματισμός 2.00-8.00 D και η οπτική οξύτητα φτάνει τα 10/10 μόνο με φακούς επαφής καθώς μπορούν να αντισταθμίσουν το κωνικό σχήμα που απέκτησε ο κερατοειδής. (laservision, 2014)



Εικόνα 30: Εικόνα ήπιου κερατόκωνου στην τοπογραφία κερατοειδούς. (laservision, 2014)

4^ο στάδιο: Όψιμος κερατόκωνος

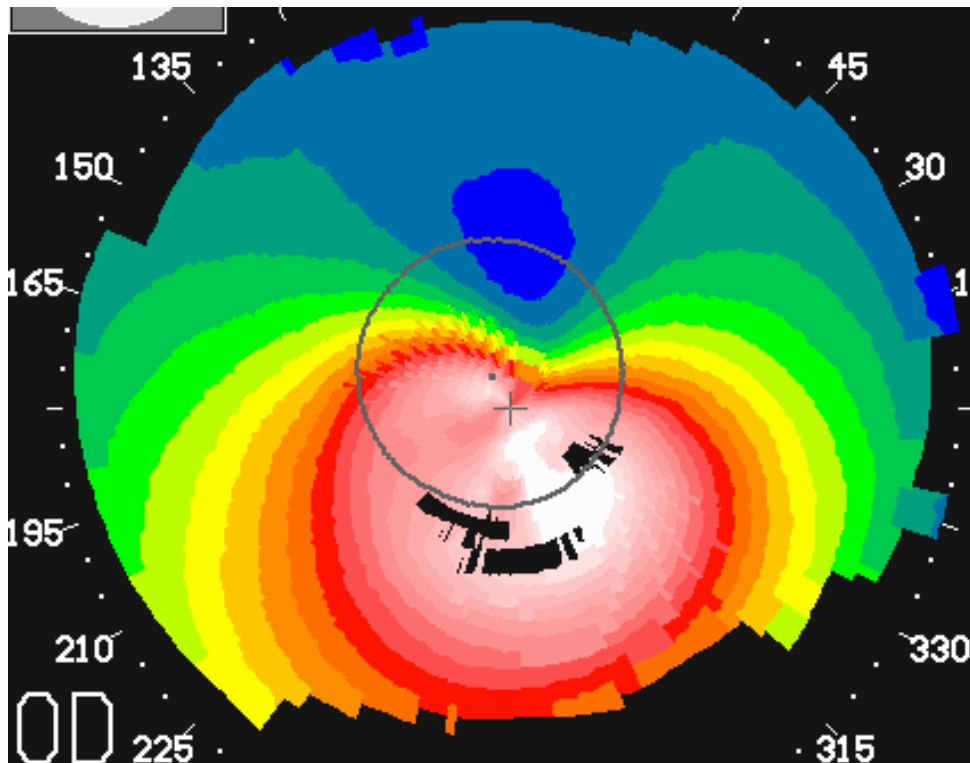
Σε αυτό το στάδιο υπάρχει και το σημείο Munson και το σημείο Rizutti, ενώ ο κώνος είναι ευδιάκριτος σε θέση profil στην εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία. Ο κερατοειδής εμφανίζει επιθηλιακή ή υποεπιθηλιακή ουλοποίηση και σημαντική λέπτυνση και κύρτωση > 55.00 D. Επίσης, η οπτική οξύτητα είναι μικρότερη από 7/10 με φακούς επαφής. (laservision, 2014)



Εικόνα 31: Εικόνα όψιμου κερατόκωνου στην τοπογραφία κερατοειδούς. (laservision, 2014)

5^ο στάδιο: Πολύ προχωρημένος κερατόκωνος- Ύδρωπας

Στο τελευταίο και πιο προχωρημένο στάδιο του κερατόκωνου υπάρχει πολύ σοβαρή κύρτωση του κερατοειδούς > 62.00 D και στους δύο μεσημβρινούς. Ταυτόχρονα, εμφανίζονται ρήξεις της μεμβράνης του Descemet οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε συγκέντρωση υδατοειδούς υγρού από τον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού, είτε με μορφή οίδηματος, είτε με μορφή κύστεων στο στρώμα. Αν το οίδημα αυτό προχωρήσει προς το επιθήλιο και οι κύστεις σπάσουν, έχουμε διαρροή υδατοειδούς στην επιφάνεια του κερατοειδούς και μειωμένη ενδοφθάλμια πίεση. (laservision, 2014)



Εικόνα 32: Εικόνα ύδρωπας στην τοπογραφία κερατοειδούς. (laservision, 2014)

Ως προς τη μορφολογία του κώνου όπου βασίζεται στο μέγεθος, τη μορφή καθώς και τη θέση του κώνου στην επιφάνεια του κερατοειδούς διακρίνεται σε α) θηλοειδή ή ρωγοειδή (nipple), β) ωοειδή (oval) και γ) σφαιροειδή (globus) (laservision, 2014)

1ος τύπος: ρωγοειδής (nipple)

Ο κώνος είναι μικρής διαμέτρου (<5 mm) και στρογγυλού σχήματος. Η θέση του είναι κεντρική ή παράκεντρη και συνηθέστερα εντοπίζεται στο κάτω ρινικό τεταρτημόριο του κερατοειδούς. Ο τύπος αυτός είναι ο ευκολότερος στην εφαρμογή φακών επαφής.

2ος τύπος: ωοειδής (oval)

Ο κώνος είναι διαμέτρου 5mm – 6mm και ωοειδούς σχήματος. Συνήθως εντοπίζεται στο κάτω κροταφικό τεταρτημόριο ή στο κάτω ήμισυ του κερατοειδούς. Αυτός ο τύπος κώνου είναι ο συχνότερος που συναντάται στην τοπογραφία αλλά και δυσκολότερος από τον προηγούμενο στην εφαρμογή φακών επαφής.

3ος τύπος: σφαιροειδής (globus)

Ο κώνος είναι μεγάλης διαμέτρου (>6mm) και σφαιρικού σχήματος και καταλαμβάνει το 75% της επιφάνειας του κερατοειδούς. Επομένως είναι ο πιο δύσκολος στην εφαρμογή φακών επαφής.

Με βάση της γωνίας Amsler, η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κερατοειδικών ειδώλων στο κερατόμετρο Javal ο κερατόκωνος χωρίζεται σε :

1ου βαθμού: γωνία Amsler 1° – 3°

2ου βαθμού: γωνία Amsler 3° – 9°

3ου βαθμού: γωνία Amsler $> 10^{\circ}$

4ου βαθμού: απροσδιόριστη γωνία Amsler λόγω σοβαρής παραμόρφωσης των κερατοειδικών ειδώλων στο κερατόμετρο Javal.

Ως προς τις κεντρικές κερατομετρικές ενδείξεις ο κερατόκωνος χωρίζεται σε:

Ελαφρύς κερατόκωνος: < 45.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

Ήπιος κερατόκωνος: 45.00 D – 52.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

Σοβαρός κερατόκωνος: 52.00 D – 62.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

Προχωρημένος κερατόκωνος: > 62.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

3.5 Εξέλιξη – Πρόβλεψη

Η ηλικία εμφάνισης του κώνου είναι καθοριστικός παράγοντας στην εξέλιξη του κερατόκωνου. Όσο νεότερος είναι ο ασθενής όταν γίνει η διάγνωση του κερατόκωνου, τόσο πιο μικρή είναι και είναι η πρόγνωση. Αντίθετα, είναι λιγότερο πιθανό να καταλήξει ένας ασθενής σε μεταμόσχευση κερατοειδούς, όταν η διάγνωση του κερατόκωνου έχει γίνει σχετικά αργά, περίπου μετά το 30° έτος της ηλικίας του. Γενικότερα το 20% των ασθενών με κερατόκωνο καταλήγουν σε κερατοπλαστική, ενώ το 30% – 45% των μεταμοσχεύσεων του κερατοειδούς οφείλονται σε προχωρημένο κερατόκωνο. Είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί η κατάληξη της εξέλιξης ενός κερατόκωνου. Η βαρύτητα της πάθησης τη στιγμή που θα σταματήσει η εξέλιξή της μπορεί να ποικίλει από ήπια κερατοειδική ανωμαλία με μικρού βαθμού ανώμαλο αστιγματισμό και αρκετά καλή οπτική οξύτητα, μέχρι και σοβαρή παραμόρφωση του κερατοειδούς και τρώση της κορυφής του κώνου με σημαντική μείωση της οπτικής οξύτητας. (Iaservision, 2014)

3.6 Διαγνωστικές εξετάσεις-Κλινικά χαρακτηριστικά κερατόκωνου

Η διάγνωση του κερατόκωνου είναι μια ιατρική πράξη που απαιτεί άριστη επιστημονική επάρκεια, σημαντική κλινική εμπειρία, ιδιαίτερη προσοχή στη λεπτομερή εξέταση και σύγχρονο τεχνολογικά διαγνωστικό εξοπλισμό. Η συνεχόμενα αυξανόμενη μυωπία η οποία συνοδεύεται με ανώμαλο αστιγματισμό είναι από τα βασικότερα χαρακτηριστικά του κερατόκωνου που οδηγεί τον εξεταστή στη διάγνωση του κλινικού κερατόκωνου. Ωστόσο, ιδιαίτερης σημασίας είναι και η διάγνωση του υποκλινικού κερατόκωνου, δηλαδή πριν αυτός εκδηλωθεί. Η διάγνωση του υποκλινικού κερατόκωνου μπορεί να γίνει με ειδικές εξετάσεις, προτού εμφανιστούν τα κλινικά χαρακτηριστικά του κλινικού κερατόκωνου. Γενικότερα η διάγνωση του κερατόκωνου πραγματοποιείται με μία σειρά διαγνωστικών εξετάσεων οι οποίες χωρίζονται σε υποκειμενικές και αντικειμενικές.

Οι υποκειμενικές εξεταστικές μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται στη διάγνωση του κερατόκωνου είναι οι εξής:

- Μέτρηση της οπτικής οξύτητας.

Το πρώτο βήμα του οφθαλμιάτρου ή του οπτομέτρη, όταν εξετάζει ένα άτομο με κάποια μείωση στην όρασή του, είναι να προσδιορίσει την καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα. Ο εξεταστής πρέπει να υποπτεύεται την ύπαρξη κερατόκωνου, όταν είναι δύσκολο να πετύχει στον ασθενή οπτική οξύτητα 10/10 και υπάρχει αυξημένος παρά τον κανόνα ανώμαλος αστιγματισμός. Αντίθετα, η οπτική οξύτητα για κοντά είναι σε γενικές γραμμές καλύτερη σε σχέση με την μακρινή. Οι ασθενείς, στα αρχικά στάδια, παραπονιούνται για μια μειωμένη οπτική οξύτητα, όμως η φυσική εξέταση δεν δίνει πάντοτε στοιχεία για μια σίγουρη διάγνωση. (Κλινική Οπτομετρία I)

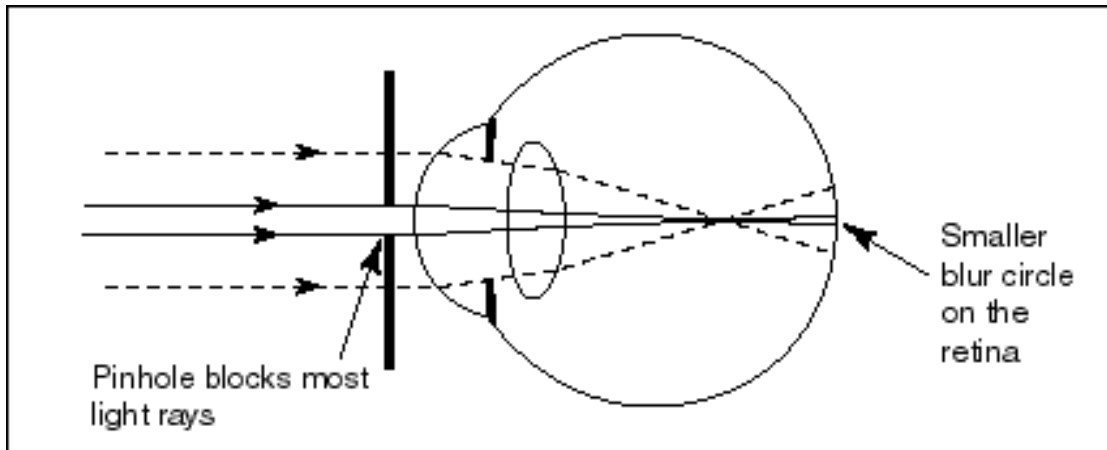
E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F D P L T C E O	10	
F E Z O L C P T D	11	

Εικόνα 33: Πίνακας Snellen.

(<http://www.athenseyehospital.gr/gr/o-elegxos-tis-optikis-oxytitas-p182.html>)

- Χρήση στενοπικού δίσκου (pinhole)

Ο στενοπικός δίσκος αυξάνει το βάθος εστίασης και διορθώνει και μικρά ποσά δι-αθλαστικών ανωμαλιών καθώς εμποδίζει τις περιφερικές και επιτρέπει μόνο στις κεν-τρικές ακτίνες να εισέλθουν στον οφθαλμό . Επίσης μειώνει τον ανώμαλο αστιγματισμό και τη διάχυση του φωτός. Άρα εάν έχουμε ολοκληρώσει την καλύτερη δυνατή διάθ-λαση και με τον στενοπικό δίσκο υπάρχει περαιτέρω διόρθωση της οπτικής οξύτητας, τότε αυτό υποδηλώνει την ύπαρξη ανώμαλου αστιγματισμού. (Κλινική Οπτομετρία Ι)



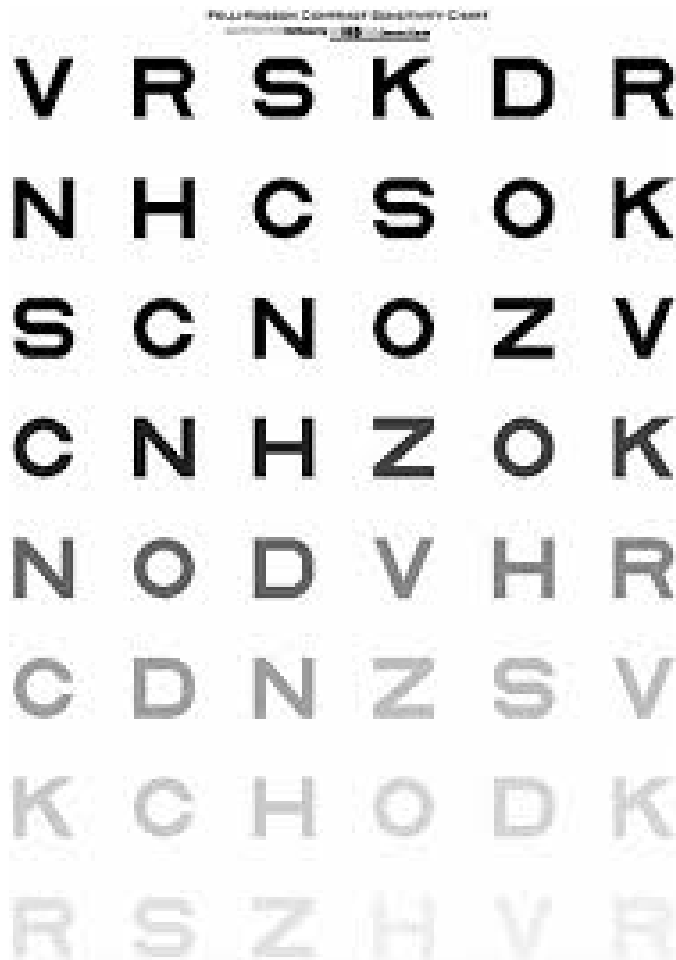
Εικόνα 34: Είσοδος ακτίνων στον οφθαλμό με τη χρήση στενοπικού δίσκου.
(<http://www.myopia.org/pinholes.html>)



Εικόνα 35: Στενοπικός δίσκος.
(http://www.carletonltd.com/admin/sites/default/files/products/thumbs/spare%20pinhole_448x398.jpg)

- Καθορισμός ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση (Contrast Sensitivity Function, C.S.F)

Ο καθορισμός ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση (Pelli-Robson chart) προσφέρει ακριβέστερο προσδιορισμό της οπτικής λειτουργίας σε σχέση με εκείνον της μέτρησης της οπτικής οξύτητας στον πίνακα του Snellen. Επομένως, σε ασθενείς με κερατόκωνο μπορεί να αποκαλύψει ανωμαλίες πολύ πριν επέλθει η μείωση της οπτικής οξύτητας. (Κλινική Οπτομετρία I)



Εικόνα 36: Πίνακας Pelli-Robson
(http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10320&page=84)

Οι αντικειμενικές διαγνωστικές εξετάσεις που χρησιμοποιούνται για τον κερατόκωνο είναι οι εξής:

Σε πιο προχωρημένα στάδια η διάγνωση είναι πιο εύκολη και με την βοήθεια της σχισμοειδούς λυχνίας ο κερατοειδής εμφανίζει την γνωστή κωνική μορφή καθώς και λέπτυνση και θόλωση της κεντρικής περιοχής του.

Ø Βιομικροσκόπηση (εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία)

Στην εξέταση ενός ασθενούς στη σχισμοειδή λυχνία θα παρατηρήσουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

§ Προοδευτική κερατοειδική λέπτυνση, περίπου στο 1/3 του πάχους του κερατοειδούς, στις περισσότερες περιπτώσεις στο κάτω ημιμόριο ή στο κάτω κροταφικό τε-

ταρτημόριο και πολύ πιο σπάνια στο άνω ημιμόριο του κερατοειδούς. Αυτή η λέπτυνση συνδέεται με κακή οπτική οξύτητα ως αποτέλεσμα του ανώμαλου αστιγματισμού με υψηλές κερατομετρικές (Ks) μετρήσεις. (eyeclinic, 2014)

§ Κωνοειδής προβολή - αυξημένη κύρτωση (steepening) του κερατοειδούς.
Η κωνοειδής παραμόρφωση του κερατοειδούς μπορεί να είναι ορατή σε προχωρημένο κερατόκωνο σε θέση profil του ασθενή στη σχισμοειδή λυχνία. (eyeclinic, 2014)



Εικόνα 37: Κωνοειδής προβολή.
(<http://baliakosthomas.gr/wp-content/uploads/2014/06/Keratoconus.jpg>)

Η αυξημένη κύρτωση και κωνοειδής προβολή του κερατοειδούς είναι υπεύθυνη για δύο σημαντικά κλινικά σημεία, ορατά κατά τη βιομικροσκοπηση (eyeclinic, 2014)

1) Το σημείο Munson

Πρόκειται για μία χαρακτηριστική πρόσπτωση-παραμόρφωση του κάτω βλεφάρου του ασθενή, όταν αυτός αναλαμβάνει κάτω βλεμματική θέση.

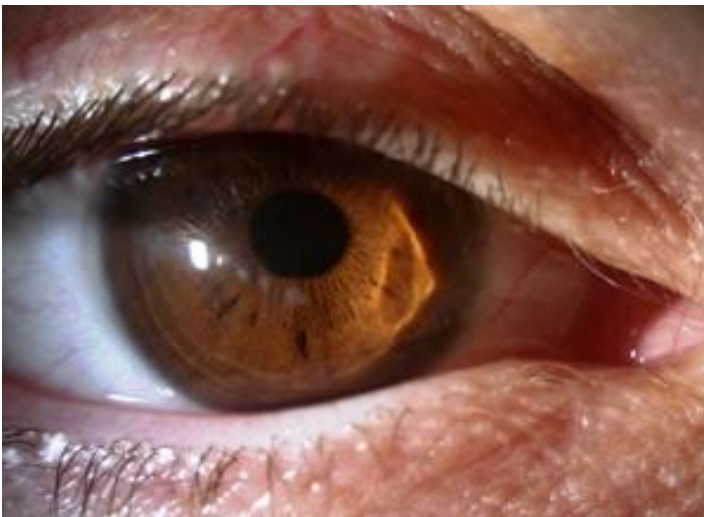


Εικόνα 38: Σημείο Munson.

(<http://www.pinterest.com/kutrybeyeinstit/keratoconus/>)

2) Και το σημείο Rizutti

Παρατηρείται μία αντανάκλαση της φωτεινής δέσμης στο ρινικό σκληροκερατοειδές όριο με τη μορφή «αιχμής βέλους», όταν μια λεπτή δέσμη φωτός εστιάζεται από το κροταφικό σκληροκερατοειδές όριο, παράλληλα με τον κερατοειδή.

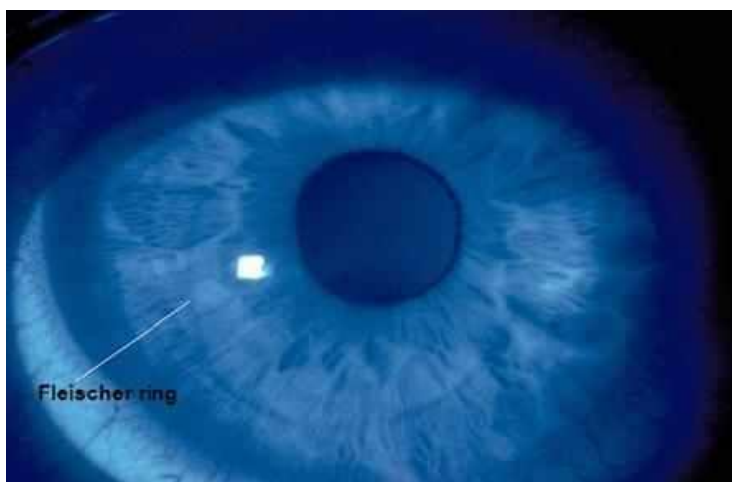


Εικόνα 39: Σημείο Rizutti.

(<http://www.cltoday.com/new/images/2014-02-09.jpg>)

- Δακτύλιος Fleischer

Πρόκειται για ένα τόξο ή κυκλική γραμμή αιμοσιδερίνης, η οποία περιβάλλει τη βάση του κώνου. Αυτός ο δακτύλιος προέρχεται από τη συσσώρευση εναποθέσεων σιδήρου από το προκεράτιο δακρυϊκό φιλμ εντός του κερατοειδούς με αποτέλεσμα τις σοβαρές μεταβολές στην καμπυλότητά του και τη διαφοροποίηση του φυσιολογικού επιθηλίου. (eyedayclinic, 2013)

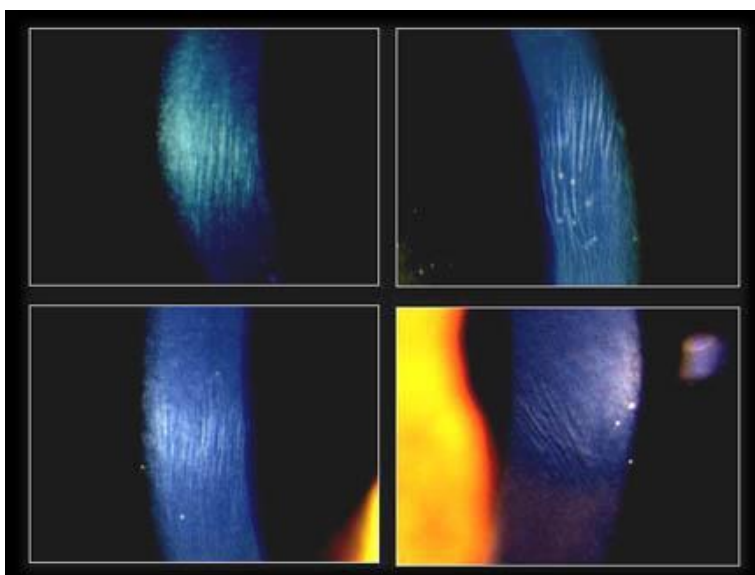


Εικόνα 40: Δακτύλιος Fleischer.

(<http://www.funscrape.com/Search/1/kayser-fleischer+ring.html>)

- Πτυχές Vogt (Vogt's Lines)

Είναι λεπτές, κάθετες γραμμώσεις εντοπισμένες στο εν τω βάθει στρώμα και στη μεμβράνη του Descemet, οι οποίες τείνουν να εξαφανισθούν με την άσκηση πίεσης πάνω στο βολβό του οφθαλμού ή με την εφαρμογή σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής. (Kirkpatrick,2013)

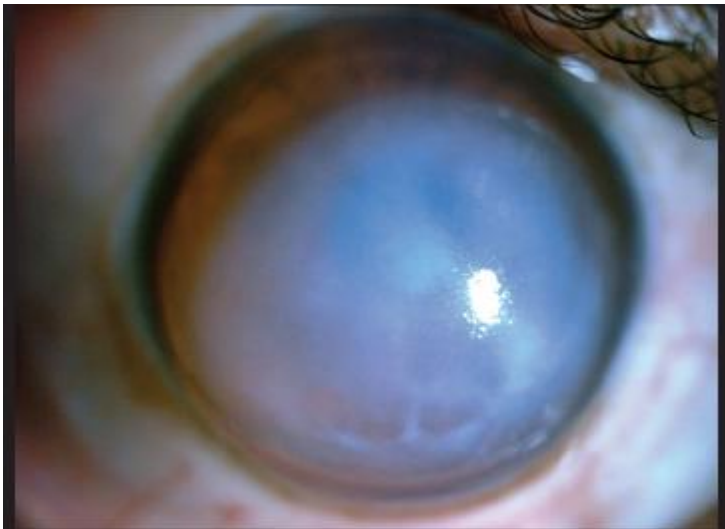


Εικόνα 41: Πτυχές Vogt.

(http://classconnection.s3.amazonaws.com/972/flashcards/1218972/jpg/vogts_striae-1421C0BD134178AE4EF.jpg)

- Αυξημένη ορατότητα των νεύρων του κερατοειδούς λόγω διάτασής τους, τα οποία σχηματίζουν ένα δίκτυο από γκριζωπές γραμμές διάστικτες με μικρές κηλίδες.
- Αυξημένη αντανάκλαση του ενδοθηλίου του κερατοειδούς στην κορυφή του κώνου και παρατήρηση επιφανειακών ή εν τω βάθει θολεροτήτων.
- Οξύς ύδρωπας

Σε πολύ προχωρημένα περιστατικά κερατόκωνου, γίνεται αιφνίδια ρήξη της μεμβράνης του Descemet που μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση υδατοειδούς υγρού είτε υπό μορφή οιδήματος, είτε υπό μορφή κύστεων στο στρώμα. Το οίδημα αυτό μπορεί να προχωρήσει προς το επιθήλιο, ενώ οι κύστεις μπορούν να σπάσουν με αποτέλεσμα τη διαρροή του υδατοειδούς υγρού στην επιφάνεια του κερατοειδούς. Η ραγείσα μεμβράνη του Descemet περιτυλίγεται γύρω από τον εαυτό της και με την πάροδο του χρόνου ενδοθηλιακά κύτταρα εξαπλώνονται πάνω στο οπίσθιο στρώμα στο σημείο της βλάβης δημιουργώντας μια νέα μεμβράνη του Descemet και αποκαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο το οίδημα του κερατοειδούς. Αυτή η επούλωση πολλές φορές έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της κερατοειδικής κύρτωσης. (laservision, 2012)



Εικόνα 42: Οξύς ύδρωπας.

(http://www.ijo.in/articles/2013/61/8/images/IndianJOphthalmol_2013_61_8_461_116062_f3.jpg)

Ø Άμεση οφθαλμοσκόπηση

Εδώ παρατηρείται το σημείο Charleaux, δηλαδή μια σκοτεινή αντανάκλαση από την περιοχή του κώνου υπό μορφή σταγόνας λαδιού με την κόρη σε φαρμακευτική μυδρίαση.



Εικόνα 43: Σημείο Charleaux.

Ø Σκιασκοπία

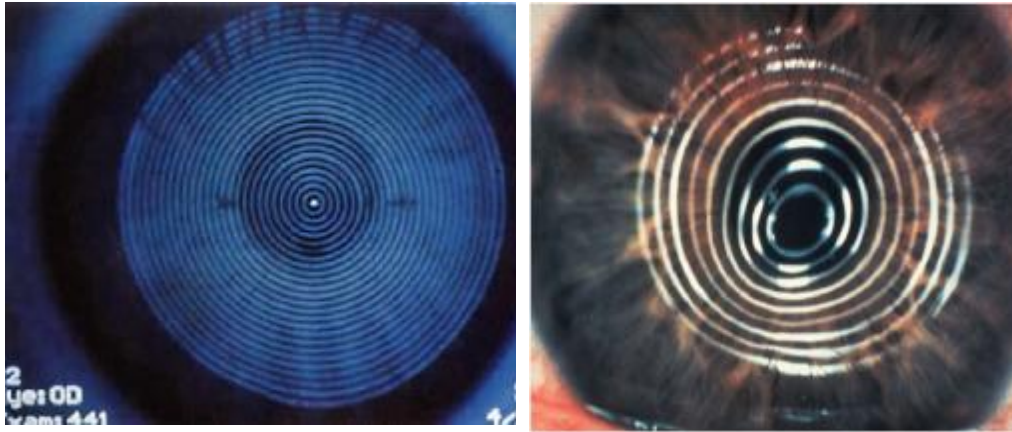
Παρατηρούνται ψαλιδοειδείς κινήσεις των αμφιβληστροειδικών αντανάκλασεων (reflex) λόγω του ανώμαλου αστιγματισμού.

Ø Κερατομετρία (Javal)

Ανώμαλα σχηματισμένα είδωλα στο κερατόμετρο (παραμόρφωση ειδώλων). Τα είδωλα δεν ευθυγραμμίζονται, αλλά σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία (γωνία Amsler). Ταυτόχρονα παρατηρείται ένας ανώμαλο υψηλός εξελικτικός αστιγματισμός που ο ασθενής δεν είχε πριν. Πολλές φορές η κερατομέτρηση μπορεί να δώσει αλλοιωμένες παραμέτρους.

Ø Τοπογραφία κερατοειδούς

Παραμόρφωση των δακτυλίων κατά την εξέταση με το δίσκο του Placido. Η διάγνωση του κερατόκωνου επαληθεύεται εύκολα σήμερα με την ανάλυση της καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς με τοπογραφία που δείχνει την ανωμαλία στην επιφάνεια του οφθαλμού. Ειδικότερα παρατηρούνται ιδιαίτερα κυρτές κερατοειδικές καμπυλότητες. Τα νεότερα συστήματα τοπογραφίας μπορούν να ελέγξουν ταυτόχρονα και την καμπυλότητα της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς της οποίας οι ανωμαλίες φαίνεται ότι προηγούνται της πρόσθιας επιφάνειας. Ταυτόχρονα με την ίδια εξέταση μπορούμε να ελέγξουμε με μεγάλη ακρίβεια το πάχος του κερατοειδή σε κάθε του σημείο. Η σίγουρη διάγνωση του κερατόκωνου, γίνεται με την βοήθεια του ηλεκτρονικού μηχανήματος για την τοπογραφία του κερατοειδούς (corneal map). Με την εξέταση αυτή λαμβάνουμε μια δισδιάστατη έγχρωμη απεικόνιση της τοπογραφίας του κερατοειδούς βάση της οποίας κάνουμε διάγνωση ακόμα και στις υποκλινικές μορφές δηλ. εκείνες που δεν έχουν εμφανίσει συμπτώματα. (ophthalmica, 2014)



Εικόνα 44: a) Δακτύλιοι σε φυσιολογικό κερατοειδή.
b) Δακτύλιοι σε κερατόκωνο.

(<https://apps.ketchum.edu/ceonline/courseview.asp?selclassid=14&selID=125&selOrderID=6>)

Ο πιο εξελιγμένος έλεγχος του κερατοειδή γίνεται με ειδική τοπομετρική τρισδιάστατη απεικόνιση με το σύστημα Pentacam / Oculyzer II, σε συνδυασμό με τρισδιάστατη οπτική παχυμετρία (Optical Coherence Tomography, OCT). Τα λεπτομερή αποτελέσματα των εξετάσεων αυτών, επεξεργασμένα με ειδικούς αλγόριθμους βοηθούν σε ένα πιο ολοκληρωμένο τρόπο διάγνωσης και παρακολούθησης της εξέλιξης του κερατόκωνου.

Η επανάληψη της εξέτασης σε τακτά διαστήματα είναι απαραίτητη για να ελέγξουμε αντικειμενικά την σταθερότητα ή την επιδείνωση της κατάστασης και συνήθως ανάλογα με την ηλικία του ασθενούς, όραση του με γυαλιά, ανοχή στους φακούς επαφής κλπ. Αυτή η εξέταση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται συνήθως κάθε 4 -12 μήνες.

- ✓ Συνοπτικά, οι εξετάσεις που θέτουν την διάγνωση του κερατόκωνου είναι οι εξής:
 - Διάθλαση → συνήθως υπάρχει προοδευτικά αυξανόμενη μυωπία και ανώμαλος αστιγματισμός
 - Σκιασκοπία → ανώμαλες ψαλιδοειδείς αντανακλάσεις
 - Άμεση οφθαλμοσκόπηση
 - Φωτοκερατοσκοπία → ανωμαλίες και ασυμμετρίες στους ανακλώμενους δακτυλίου
 - Κερατομετρία → ανώμαλος αστιγματισμός και υψηλές κερατομετρικές μετρήσεις
 - Τοπογραφία κερατοειδή → ανώμαλη πρόσθια ή οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή, παχυμετρία, σειρά διαφορετικών παραμέτρων χαρακτηριστικοί για την ύπαρξη του κερατόκωνου
 - Εκτροπομέτρηση → μέτρηση των εκτροπών χαμηλής και υψηλής τάξης του οφθαλμού
 - Εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία

✓ Περιληπτικά τα κλινικά χαρακτηριστικά του κερατόκωνου είναι τα ακόλουθα :

- Προοδευτική κερατοειδική λέπτυνση, περίπου στο 1/3 του πάχους του κερατοειδούς. Αυτή συνδέεται με κακή οπτική οξύτητα, αποτέλεσμα του εκσεσημασμένου ανώμαλου αστιγματισμού με υψηλές κερατομετρικές (Ks) μετρήσεις.
- Ανώμαλα σχηματισμένα είδωλα στο κερατόμετρο
- Υψηλός ανώμαλος κερατοειδικός αστιγματισμός
- Ιδιαίτερα κυρτές κερατοειδικές καμπυλότητες
- Ανύψωση και λέπτυνση κερατοειδούς (steepening) συνήθως στο κατώτερο ημιμόριο
- Κατά την τοπογραφία κερατοειδούς εμφανής κύρτωση του κατώτερου κερατοειδούς σε σχέση με τον ανώτερο κερατοειδή (I/S Value), σε συνδυασμό και με μη φυσιολογικούς δείκτες SF (Shape Factor = e^2 , Φυσ. τιμές: 0.13-0.35), και CIM (Corneal Irregularity Measurement, φυσ. Τιμές: 0.03 μm – 0.68 μm)
- Πρόπτωση του κάτω βλεφάρου όταν ο ασθενής κοιτάζει προς τα κάτω (σημείο Munson)
- Δακτύλιος του Fleisher (επιθηλιακές εναποθέσεις σιδήρου) μπορεί να περιβάλλει τη βάση του κώνου.
- Ψαλιδοειδής κίνηση του reflex κατά την απόπειρα σκιασκοπίας
- Στρωματικές, κάθετες, λεπτές γραμμώσεις (Vogt' s Lines)
- Πτυχές στρώματος (Vogt's striae)
- Ίνωση
- Ορατά κερατοειδικά νεύρα
- Επληρμένη κεντρική νησίδα προκαλούσα δυσανεξία στη χρήση φακών επαφής (Proud nebula)
- Εμφανή νεφέλια στην κορυφή του κώνου και ουλοποίηση του κεντρικού κερατοειδή σε βαριές περιπτώσεις
- Ύδρωπας (αιφνίδια απώλεια όρασης και έντονος πόνος)

Ο κερατόκωνος, ιδίως στα πρώτα στάδια μπορεί να μην είναι εύκολο να διαγνωστεί την στιγμή μάλιστα που όλα τα παραπάνω συμπτώματα μπορεί να σχετίζονται με κάποια άλλα προβλήματα όρασης.

3.7 Τεχνολογικός Εξοπλισμός

Στην έγκαιρη διάγνωση και παρακολούθηση της εξέλιξης του κερατόκωνου συμβάλλουν:

- Τοπογραφία κερατοειδούς τύπου Placido
- Τομογραφία Pentacam
- LED Cassini (Τοπογραφία κερατοειδούς)
- Οπτική Τομογραφία Συνοχής (OCT)

3.7.1 Τοπογραφία κερατοειδούς τύπου Placido disk

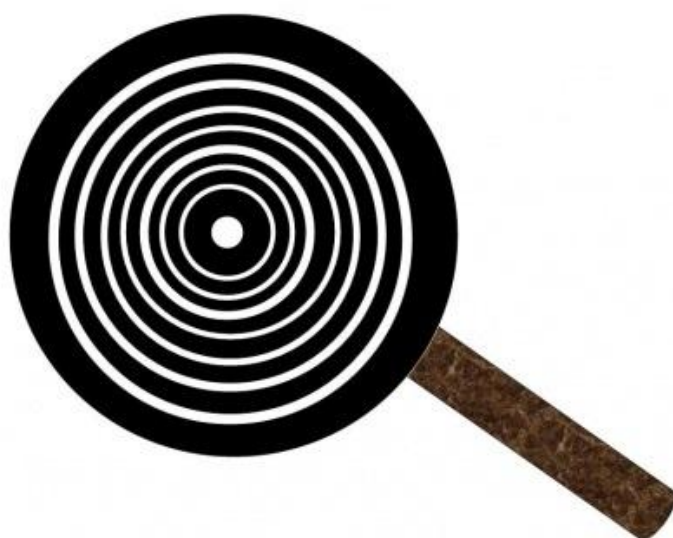
Τοπογραφία ονομάζεται η επιστήμη που περιγράφει και αναπαριστά τα χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης επιφάνειας με μεγάλη λεπτομέρεια. Συγκεκριμένα, η τοπογραφία κερατοειδούς είναι η μέθοδος λεπτομερούς απεικόνισης της επιφάνειας του κερατοειδούς και συγχρόνως διαγνωστική διαδικασία για διάφορες ασθένειες που προέρχονται εξαιτίας ανωμαλιών που υπάρχουν σε αυτή την διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού . Από αυτή λαμβάνουμε πληροφορίες για την καμπυλότητα και το σχήμα της

πρόσθιας και της οπίσθιας επιφάνειας, την διοπτρική δύναμη και το πάχος του κερατοειδή. Οι περισσότεροι τοπογράφοι απεικονίζουν 8.000-10.000 συγκεκριμένα σημεία σε όλη την επιφάνεια του κερατοειδούς. Αντίθετα, το κερατόμετρο υπολογίζει μόνο 4 σημεία-δεδομένα στην κεντρική περιοχή του κερατοειδούς, διαμέτρου 3- 4 cm. (eyewiki.aao.org, 2014)

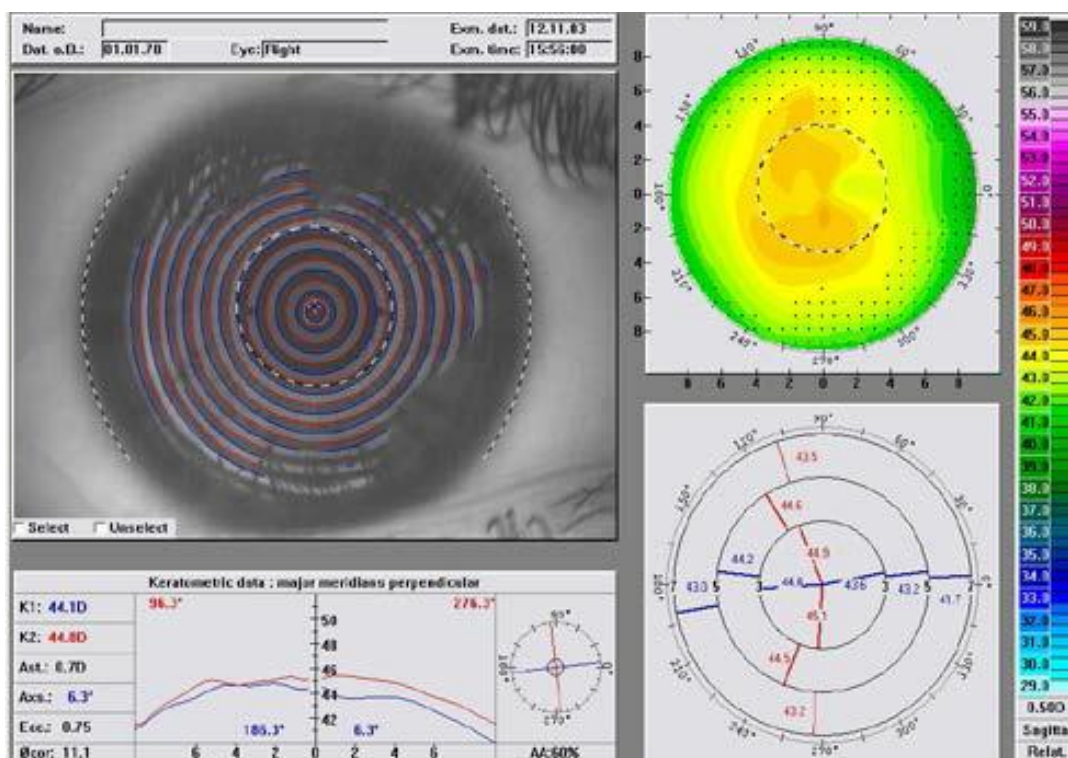


Εικόνα 45: Τοπογράφος.
(<http://www.okebe.gr/corneal-topography.html>)

Η τοπογραφία προσφέρει μία, τόσο ποιοτική όσο και ποσοτική μελέτη καμπυλότητας του κερατοειδούς. Αυτό το πετυχαίνει με προβολή ομόκεντρων δακτυλίων (δακτύλιοι του Placido) επάνω στον κερατοειδή. Η συσκευή συγκρίνει το είδωλο από τις ανακλάσεις των δακτυλίων από τον κερατοειδή σε χιλιάδες σημεία με το μέγεθος – στόχο και ένας σύγχρονος υπολογιστής αποδίδει ψηφιακούς τοπογραφικούς χάρτες καμπυλότητας και οπτικής ισχύος (δηλαδή το πόσο καλά δουλεύει ο κερατοειδής ως φακός) και υψομετρίας (δηλαδή το πόσο ομαλή είναι η επιφάνειά του). Οι χάρτες αυτοί απεικονίζουν με μια κλίμακα χρωμάτων τις διαφορετικές τιμές της οπτικής ισχύος, δηλαδή το πόσο ομαλή είναι η διάθλαση που παρέχει ο κερατοειδής και βοηθά τον ιατρό γρήγορα και εύκολα να συγκρίνει εικόνες από διαφορετικούς οφθαλμούς ή από σημαντικές μεταβολές στην καμπυλότητα στον ίδιο οφθαλμό (π.χ. προ- και μετεγχειρητικό αποτέλεσμα). (eyewiki.aao.org, 2014)

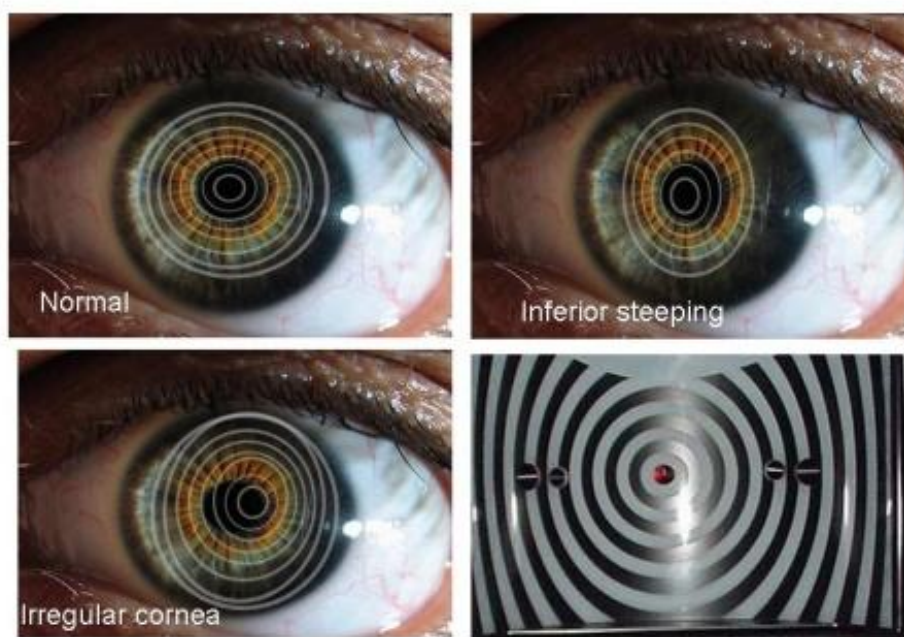


Εικόνα 46: Placido Disk.
http://eyewiki.aao.org/Corneal_topography



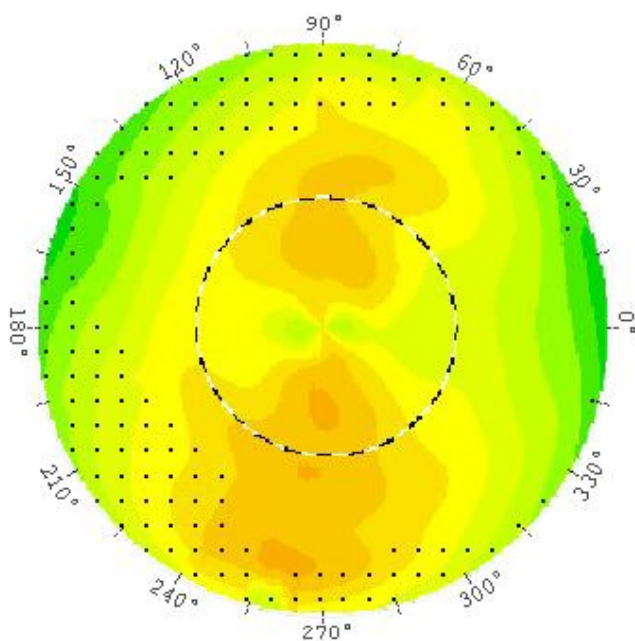
Εικόνα 47: Τοπογραφικός χάρτης επιφάνειας κερατοειδή.
<http://www.laservision.gr/wp-content/uploads/KCN-broc-GA-26JUL12.pdf>

Figure 1 b : Illustrative Placido projections



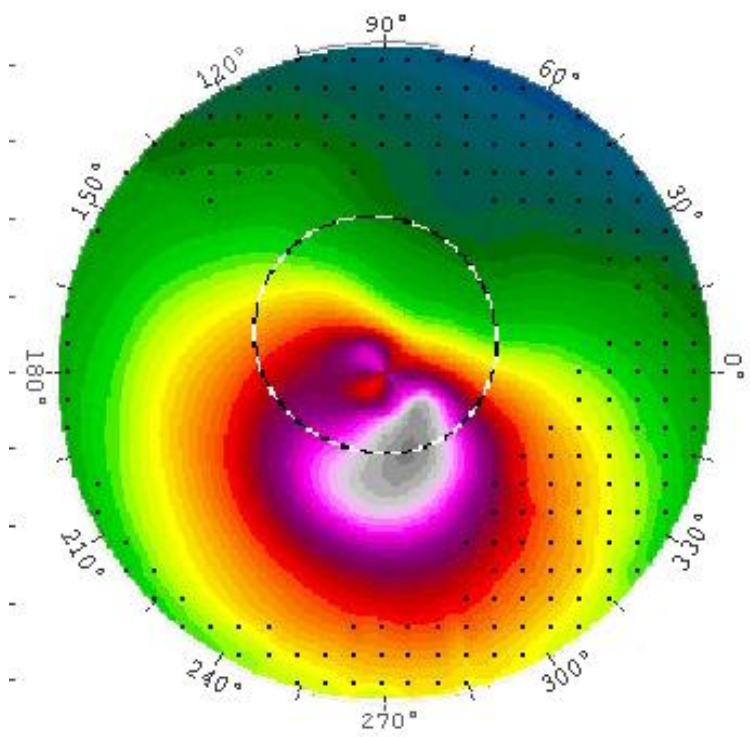
Εικόνα 48: Προβολές Placido disk στον οφθαλμό.
(http://eyewiki.aao.org/Corneal_topography)

Έτσι, μια ομαλή κερατοειδική επιφάνεια παρουσιάζει μικρές εναλλαγές, που συνήθως δείχνουν ένα κάπως πιο επίπεδο κερατοειδή προς την περιφέρεια, με μικρές διαφορές ως προς το κέντρο.



Εικόνα 49: Ομαλή κερατοειδική επιφάνεια.
(<http://www.laservision.gr/wp-content/uploads/KCN-broc-GA-26JUL12.pdf>)

Αντίθετα, ένας κερατοειδής με κερατόκωνο εμφανίζει μεγάλες, απότομες και μη συμμετρικές εναλλαγές. Οι τοπογραφικοί χάρτες παρέχουν πληροφορίες της θέσης, του μεγέθους και της καμπυλότητας της κορυφής του κώνου. Οι μεταβάσεις αναδεικνύουν πολύ μεγάλες καμπυλότητες στην περιοχή του κώνου, ενώ η εικόνα είναι κάθε άλλο παρά φυσιολογική. Η τοπογραφία ενός οφθαλμού, που πάσχει από κερατόκωνο χαρακτηρίζεται από ανώμαλο αστιγματισμό, κεντρική λέπτυνση του κερατοειδούς, μείωση της ακτίνας καμπυλότητας και άρα αύξηση της κυρτότητας του στις κατώτερες ώρες (inferior steepening). Υπάρχουν διάφοροι δείκτες που υπολογίζει το κάθε τοπογραφικό σύστημα για να εκτιμήσει την πιθανότητα παρουσίας κερατοκώνου σε κάθε τοπογραφία, όπως ο I-S index (inferior – superior index) υπολογίζει τη διαφορά της μέσης τιμής της διοπτρικής δύναμης μεταξύ ανώτερων και κατώτερων ωρών, ο SAI (surface asymmetry index), που δείχνει τη διαφορά στη δύναμη του κερατοειδούς σε κάθε δακτύλιο του Placido, ο CEI (corneal eccentricity index), ο IAI (irregular astigmatism index) κ.α. Υπάρχουν, ακόμη, και δείκτες που προκύπτουν συνδυαστικά, όπως ο KPI (keratoconus prediction index), που μας δίνει την πιθανότητα παρουσίας κερατόκωνου σε μια τοπογραφία με ευαισθησία 68% και ειδικότητα 99%. (laservision, 2014)

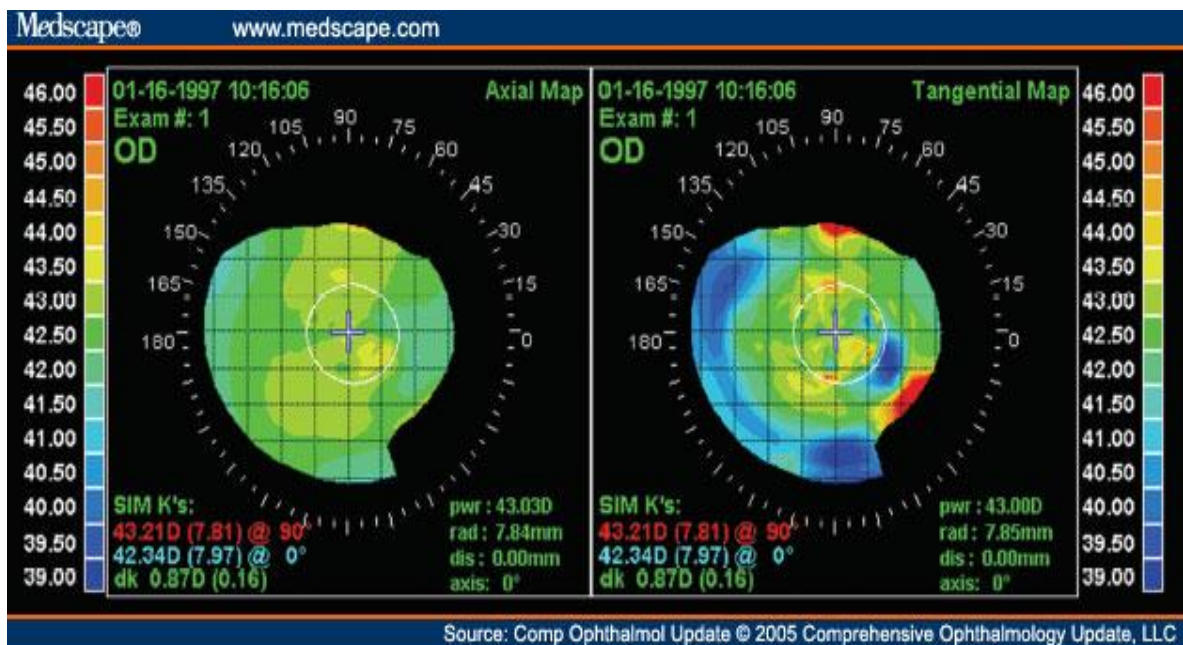


Εικόνα 50: Κερατοειδής με κερατόκωνο.
(http://www.medscape.com/viewarticle/504198_3)

Παρόλο που πολλά διαφορετικά συστήματα είναι διαθέσιμα, όλα μοιράζονται ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά μέτρησης. Ο υπολογιστικός τοπογράφος μπορεί να παράγει ποικίλες γραφικές απεικονίσεις.

Με την τοπογραφία μπορούμε να δούμε και εικονικά σε μορφή χαρτών (και τρισδιάστατα) τη μορφή του κερατοειδή σημείο προς σημείο. Ο κάθε τοπογραφικός χάρτης μας δίνει διαφορετικές πληροφορίες για τον κερατοειδή. Κάθε σημείο ορίζεται με πολικές συντεταγμένες που δίνουν την απόσταση από το κέντρο και τον αντίστοιχο άξονα σε μοίρες. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

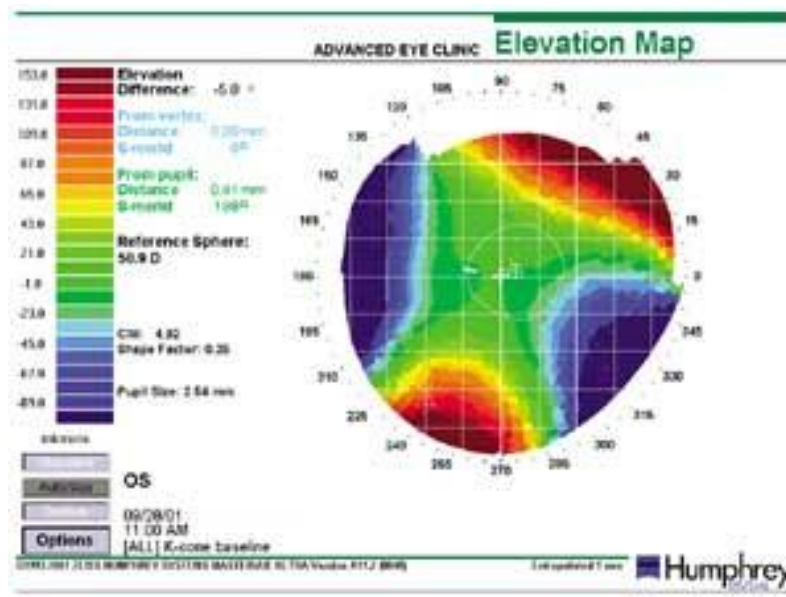
- Axial (power) maps: Αποτελεί το απλούστερο απεικονιστικό αποτέλεσμα. Εμφανίζει τις παραλλαγές στην καμπυλότητα του κερατοειδούς σαν προβολές και χρησιμοποιεί χρώματα που αντιπροσωπεύουν τις τιμές σε διοπτρίες. Τα ζεστά χρώματα όπως είναι το κόκκινο και το πορτοκαλί αντιπροσωπεύουν τις πιο κυρτές περιοχές. Τα ψυχρά χρώματα όπως το μπλε και το πράσινο αντιπροσωπεύουν τις πιο επίπεδες περιοχές. Η απεικόνιση αυτή παρέχει μία σφαιρική προβολή της καμπυλότητας του κερατοειδούς στο σύνολό της. Μειονεκτεί στην απεικόνιση μικρών παραλλαγών καμπυλότητας καθώς και στην ακριβή απεικόνιση της καμπυλότητας του κερατοειδή στην περιφέρεια. Παρόλα αυτά παραμένει ο πιο συνήθης χρησιμοποιούμενος χάρτης καθώς είναι πολύ εύκολος στην ανάγνωσή του. (Ασημέλλης, 2012)
- Trangential maps: Χρησιμοποιεί χρώματα που αντιπροσωπεύουν τις μεταβολές σε τιμές διοπτριών. Είναι πιο ευαίσθητοι χάρτες και προσφέρουν καλύτερη απεικόνιση για την εντόπιση της κερατοειδικής βλάβης με μεγάλη ακρίβεια και χρησιμεύει κατά τη μετεγχειρητική παρακολούθηση καθώς και κατά τη διερεύνηση άλλης παθολογίας του κερατοειδούς. (Ασημέλλης, 2012)



Εικόνα 51: Axial map / Trangential map.

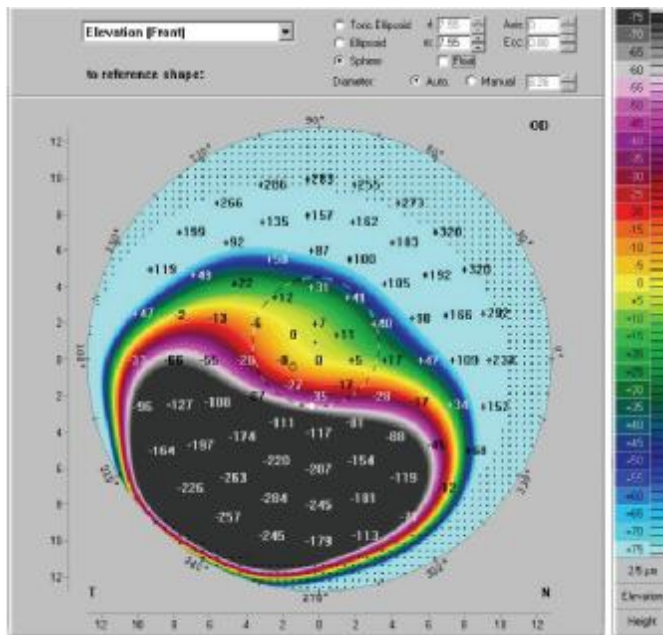
(http://cms.revoptom.com/handbook/oct02_sec3_6.htm)

- Elevation maps: Δείχνει το μετρούμενο ύψος ή βάθος (υψομετρική διαφορά) από το οποίο η κερατοειδική καμπυλότητα αποκλίνει σε σύγκριση με μια σφαιρική επιφάνεια αναφοράς, χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό αλγόριθμο.

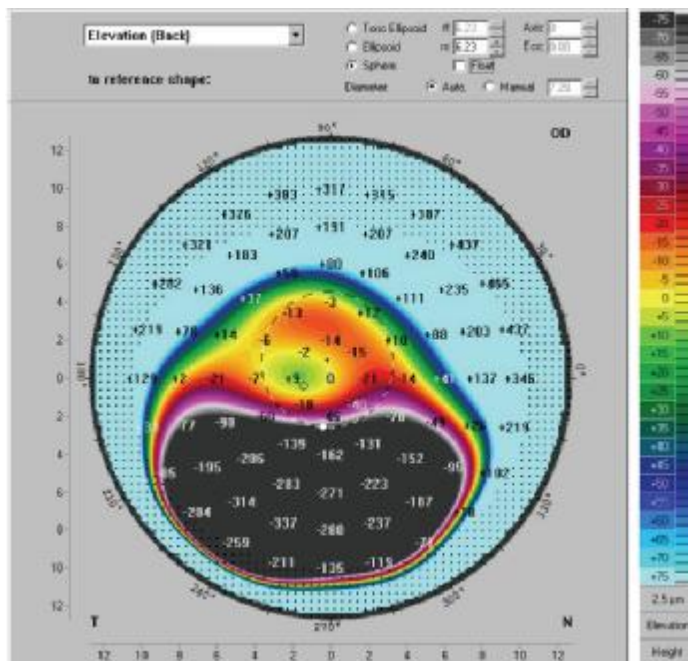


Εικόνα 52: Elevation map.
 (http://cms.revoptom.com/handbook/IMAGES/oct02_sec3_fig7.jpg)

Θεωρητικά, η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή οπτικά, δεν είναι τόσο σημαντική όσο η πρόσθια, όμως υποδεικνύει καλύτερα αλλοιώσεις και ανωμαλίες του κερατοειδή. Αυτό συμβαίνει γιατί ενώ η πρόσθια επιφάνεια μπορεί να κρατήσει την δομή της σταθερή υπό συνθήκες, η οπίσθια όχι. Οι πρώτες δύο κατηγορίες χαρτών (axial και tangential maps) είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι από τα μηχανήματα τοπογραφίας, χωρίς όμως να έχουν την δυνατότητα αναγνώρισης κερατόκωνου. Ο λόγος έγκειται στο ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη μορφή αναγνώρισής του. Έτσι, θα μπορούσαμε να πούμε πως ένας οφθαλμός μπορεί να έχει ανερχόμενο κερατόκωνο κάτι το οποίο μπορούμε να το εντοπίσουμε μόνο με ένα elevation map της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδή. Χαρακτηρίζεται από αλλοιώσεις και μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Συνέπεια αυτών είναι η ένδειξη λέπτυνσης του κερατοειδή στα συγκεκριμένα σημεία. (Ασημέλλης, 2012)



Εικόνα 53: Πρόσθια απεικόνιση της επιφάνειας του κερατοειδή.



Εικόνα 54: Οπίσθια απεικόνιση του κερατοειδή.

- Refractive maps: Χρησιμοποιεί την μετρημένη ισχύ σε διοπτρίες και εφαρμόζει τον νόμο του Snell για τον υπολογισμό της πραγματικής διαθλαστικής ισχύος του κερατοειδούς. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το κεντρικό τμήμα του διαθλαστικού χάρτη. Η επιφάνεια αυτή καλύπτει και την κόρη του ματιού, και κατά συνέπεια τα σφάλματα εδώ, σχεδόν πάντοτε έχουν επίπτωση στην απόδοση της όρασης. Οι οφθαλμίατροι χρησιμοποιούν τους διαθλαστικούς χάρτες για να αξιολογήσουν την απόδοση της όρασης σε μετεγχειρητικούς ασθενείς της διαθλαστικής

χειρουργικής. Η απεικόνιση αυτή χρησιμοποιείται σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε PRK ή LASIK. Η κλίμακα χρωμάτων που διαθέτουν οι τοπογράφοι αντιστοιχεί σε διαφορετικές τιμές διοπτριών και βοηθά τον ιατρό γρήγορα και εύκολα να συγκρίνει εικόνες από διαφορετικούς οφθαλμούς ή από σημαντικές μεταβολές στην καμπυλότητα στον ίδιο οφθαλμό (πχ. προ- και μετεγχειρητικό αποτέλεσμα). (Ασημέλλης, 2012)

3.7.1.1 Κλινικές ενδείξεις τοπογραφίας

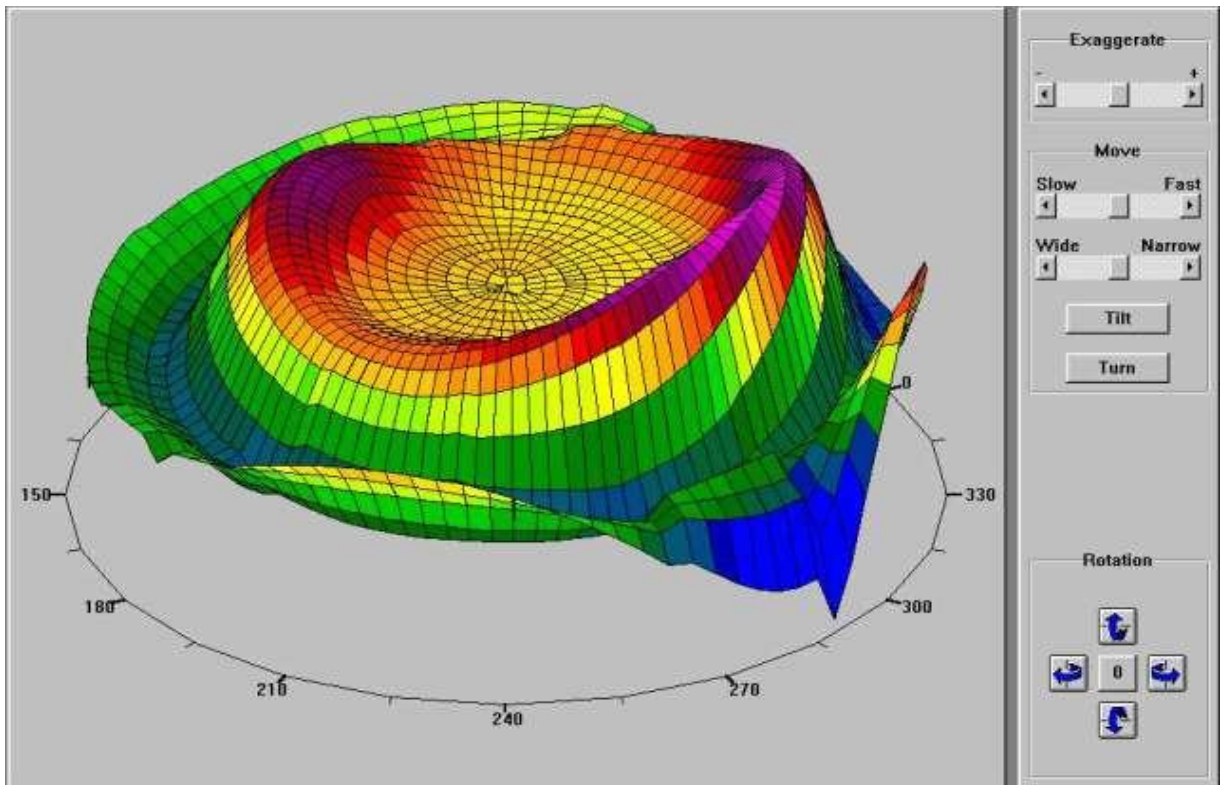
Η τοπογραφία ενδείκνυται σε πολλές κλινικές περιπτώσεις. Παθήσεις όπως ο κερατόκωνος μπορούν να παρουσιάσουν ανώμαλη κυρτότητα προτού να γίνουν εμφανή τα βιομικροσκοπικά σημεία (που μπορεί να διαγνώσει κλινικά ο οφθαλμίατρος). Στον κερατόκωνο, οι χάρτες χρωμάτων παρέχουν πληροφορίες της θέσης, του μεγέθους και της καμπυλότητας της κορυφής του.

Η τοπογραφία είναι ανεκτίμητη κατά την αξιολόγηση προ- και μετεγχειρητικών ασθενών, και ιδιαίτερα για όσους υποβλήθηκαν σε κερατοπλαστική, κερατεκτομή ή LASIK. Προεγχειρητικά, οι κερατοειδικοί χάρτες επιτρέπουν τον έλεγχο για πιθανά εμπόδια για την επέμβαση όπως είναι οι ουλές ή ο ανώμαλος αστιγματισμός. Μετεγχειρητικά, η τοπογραφία βοηθά στην παρακολούθηση της φάσης επούλωσης και έχει επικουρικό ρόλο κατά την εφαρμογή φακών επαφής. Τέλος, η τοπογραφία κερατοειδούς μπορεί να ρίξει φως σε δύσκολες περιπτώσεις της διαθλαστικής χειρουργικής. Ο τοπογράφος είναι απλά ένα ακόμα εργαλείο που μπορεί να βοηθήσει να ληφθούν χρήσιμες πληροφορίες κατά την αξιολόγηση του διαθλαστικού σφάλματος.

Η πιο πρακτική και αποτελεσματική χρήση της τοπογραφίας κερατοειδούς στην κλινική πράξη είναι κατά την εφαρμογή αεροδιαπερατών φακών επαφής. Επίσης είναι χρήσιμη κατά τον ετήσιο έλεγχο των μεταβολών στον κερατοειδή σε ασθενείς που χρησιμοποιούν μαλακούς φακούς επαφής. Θεωρείται επίσης σχεδόν υποχρεωτική εξέταση κατά την επαναδιαμόρφωση του κερατοειδούς (Διαθλαστική Θεραπεία Κερατοειδούς). Οι περισσότεροι τοπογράφοι διαθέτουν λογισμικό (software) που μπορεί να σχεδιάσει τον κατάλληλο φακό επαφής βασισμένο στην τοπογραφία. Παρέχουν προτάσεις για το υλικό, το μέγεθος και το σχέδιο του φακού. (Ασημέλλης, 2008)

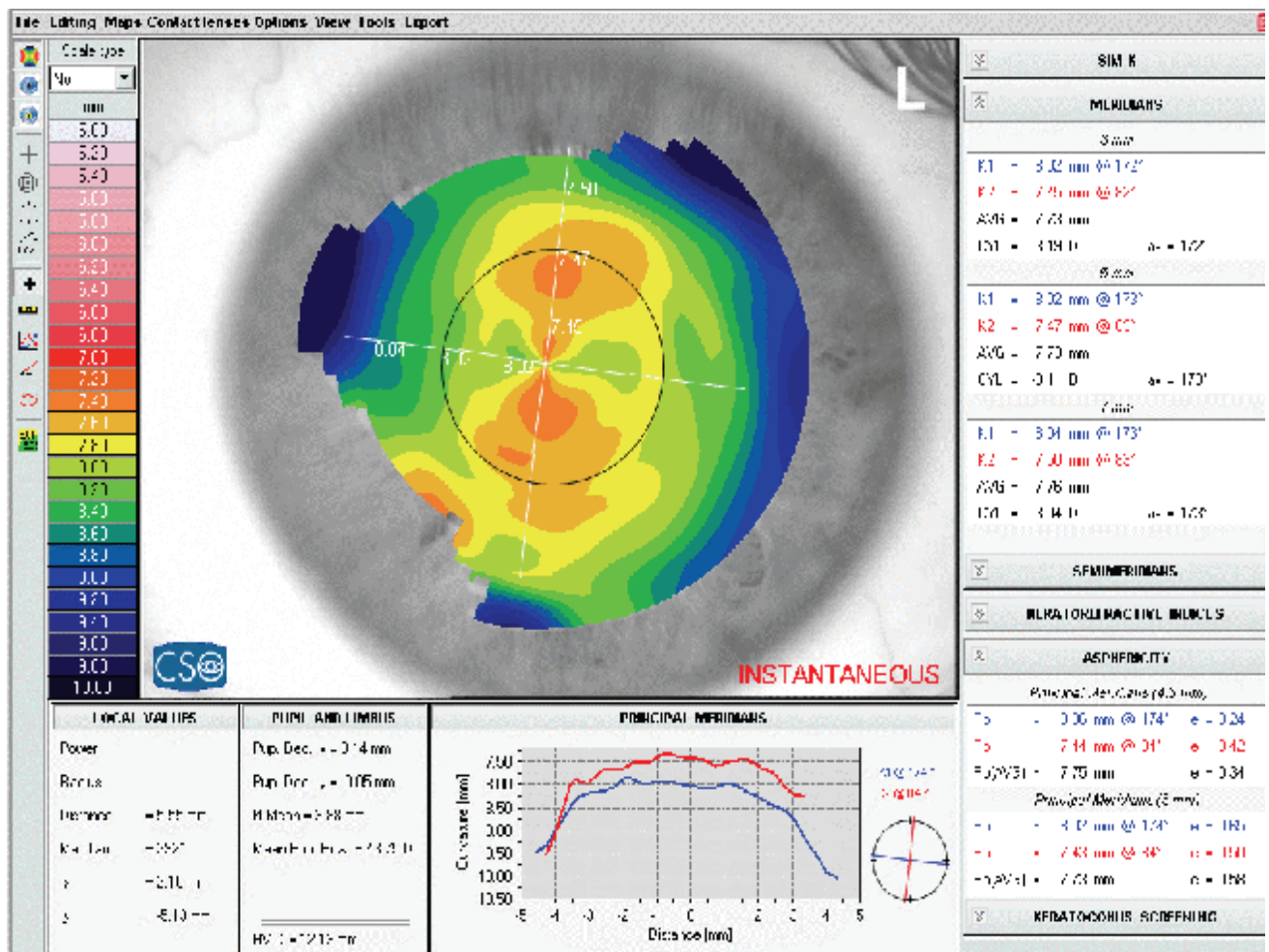
Όταν πρόκειται για διόρθωση οφθαλμολογικών παθήσεων με τη χρήση φακών επαφής, η τοπογραφία γίνεται πρακτικά υποχρεωτική :

- Κερατοπλαστικές που μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλό ή ανώμαλο αστιγματισμό.
- Μετά από RK ή LASIK, όπου ο κεντρικός κερατοειδής επιπεδώνεται σε σχέση με την περιφέρεια, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε υπολειπόμενο διαθλαστικό σφάλμα και ανώμαλο αστιγματισμό.
- Σε προχωρημένο κερατόκωνο, στον οποίο η κεντρική και περιφερική καμπυλότητα του φακού παίζουν σημαντικό ρόλο για την υποδοχή του προσπίπτοντος κώνου.



Εικόνα 55: Τρισδιάστατη απεικόνιση κερατοειδούς.
(http://www.innovativecontactssa.com/wp-content/uploads/2014/07/Forge_toric_topography_3D.jpg)

Οι πληροφορίες που παρέχονται από την τοπογραφία κερατοειδούς μπορεί να βοηθήσουν πολύ στην αντιμετώπιση προβλημάτων σε πολύπλοκες εφαρμογές φακών και να αυξήσει τα ποσοστά επιτυχίας. Οι συσκευές χαρτογράφησης του κερατοειδούς και τα προγράμματα που βοηθούν στην εφαρμογή φακών επαφής θα συνεχίσουν να εξελίσσονται και να διευρύνουν τις δυνατότητές τους στο μέλλον. Πράγματι, σήμερα αποτελούν αναμφίβολα ένα από τα κύρια εργαλεία στην οφθαλμολογία. (Ασημέλλης, 2008)



Εικόνα 56: Σύγχρονος τοπογραφικός χάρτης.
(Ασημέλλης, 2008)

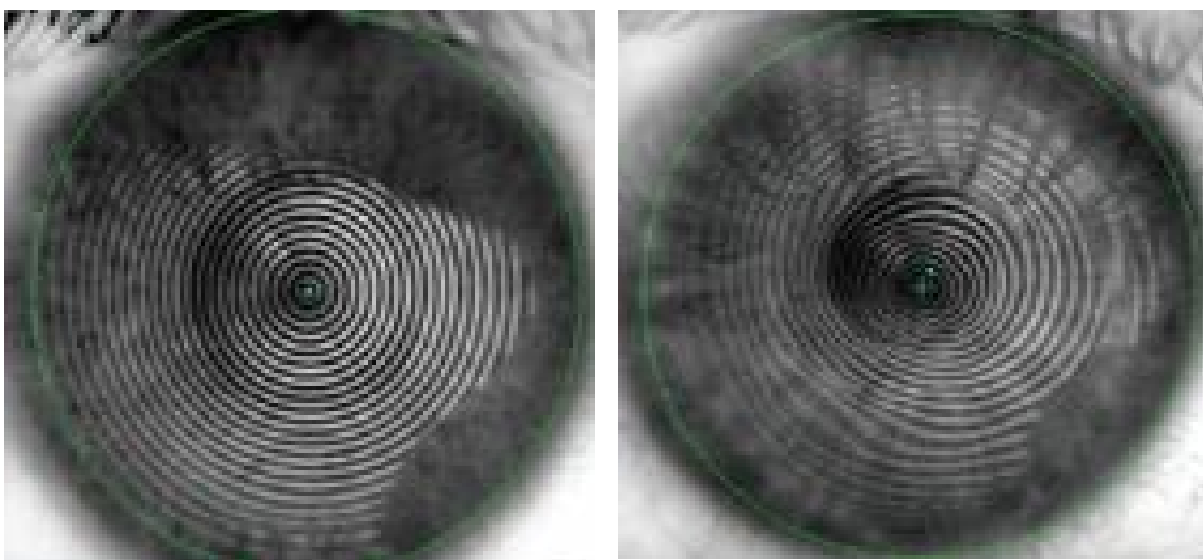
3.7.1.2 Μειονεκτήματα Τοπογραφίας Placido disk

Η Placido disk τοπογραφία αποτελεί ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία στην αναγνώριση του κερατόκωνου. Παρόλα αυτά εμφανίζει κάποια μειονεκτήματα. Το πρώτο βασικό μειονέκτημα είναι ότι το λογισμικό της συσκευής υποθέτει ότι τα είδωλα των ανακλάσεων του Placido disk βρίσκονται όλα σε ένα επίπεδο, αυτό του αισθητήρα της συσκευής. Από τη στιγμή όμως που ο κερατοειδής δεν είναι επίπεδος αλλά έχει καμπυλότητες, οι διάφορες περιοχές που δημιουργούν τα είδωλα αντιστοιχούν σε διάφορες αξονικές θέσεις και έτσι τα αντίστοιχα είδωλα σχηματίζονται σε διαφορετικές αποστάσεις και δεν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Έτσι, κάποια από τα είδωλα των ανακλάσεων σχηματίζονται στον αισθητήρα του τοπογράφου ελαφρώς αφεστιασμένα και το λογισμικό δεν μπορεί να τα συλλάβει με ακρίβεια για να τα επεξεργαστεί.

Το λογισμικό κάνει και μια άλλη υπόθεση κατά τον ανασχεδιασμό της κερατοειδικής επιφάνειας: το γεγονός ότι η κορυφή του κερατοειδή (corneal apex) και το μετωπικό σημείο του (corneal vertex) ταυτίζονται με τον οπτικό άξονα του οργάνου (που ευθυγραμμίζεται με τον άξονα προσήλωσης). Αυτή η υπόθεση είναι σωστή μό-

νο στους φυσιολογικούς κερατοειδείς. Σε κερατοειδείς με ιδιαίτερα ασύμμετρο σχήμα, όπως αυτούς με κερατόκωνο, παύει να ισχύει.

Επίσης, γνωρίζουμε πλέον ότι η πρώτη διαθλαστική επιφάνεια είναι στην πραγματικότητα αυτή μεταξύ αέρα - δακρυϊκής στοιβάδας, και αυτήν ακριβώς μετρά ο τοπογράφος. Στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων, το σχήμα της στοιβάδας δακρύων είναι πανομοιότυπο με αυτό του υποκείμενου κερατοειδή. Σε ορισμένες όμως, συνήθως παθολογικές περιπτώσεις, ο κερατοειδής δεν επικαλύπτεται γρήγορα από τα δάκρυα ή τα τελευταία εξατμίζονται πιο σύντομα από το κανονικό. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η τοπογραφία θα καταλήξει σε μετρήσεις που δεν απεικονίζουν με ακρίβεια το σχήμα της στοιβάδας δακρύων, και συνεπώς του κερατοειδή, και έτσι τα αποτελέσματα δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική γεωμετρία του κερατοειδή. Έτσι, τα αποτελέσματα επηρεάζονται από την ποσότητα και την ποιότητα των δακρύων, γιατί ουσιαστικά παίρνουμε την εικόνα της αντανάκλασης της δακρυϊκής στοιβάδας. (Ασημέλλης, 2008)



Εικόνα 57: Κακή απεικόνιση Placido disk.

(<http://www.indiamart.com/my-healthskape/wevelight.html>)

3.7.2 Τομογραφία Pentacam (Oculyzer)

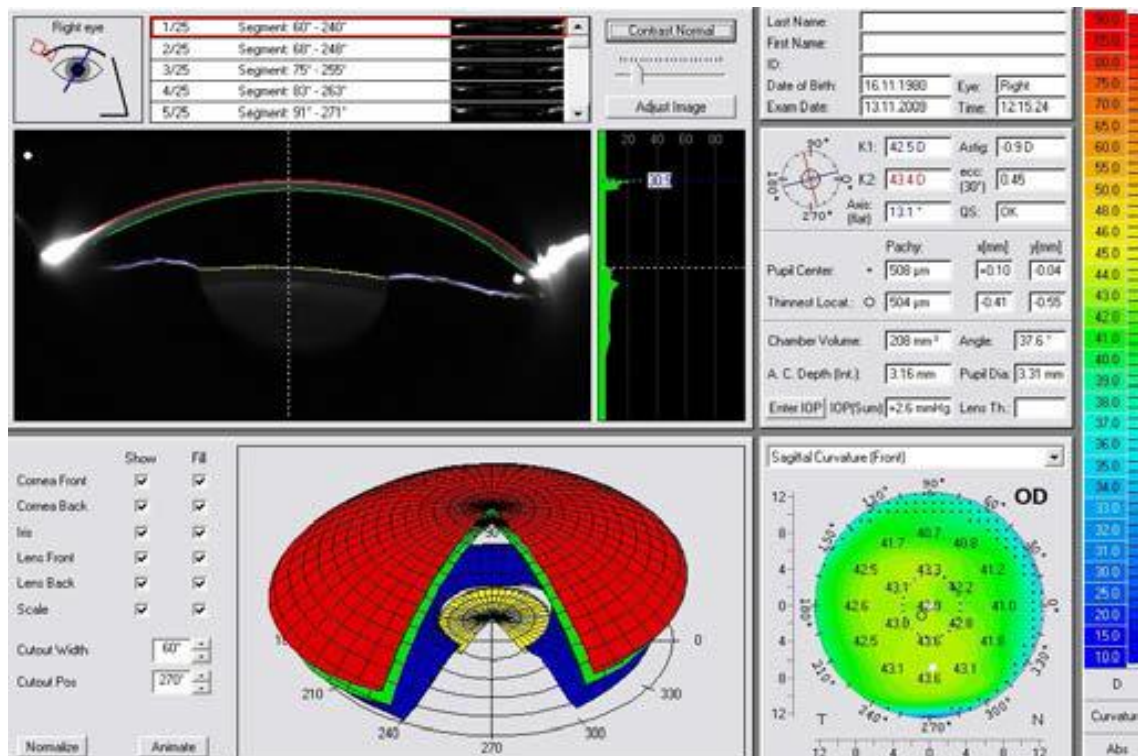
Η τοπογραφία/τομογραφία Pentacam Oculyzer είναι μηχανήμα απεικόνισης υψηλής ανάλυσης, για μετρήσεις του κερατοειδή και του πρόσθιου θαλάμου του ματιού πριν από επεμβάσεις λέιζερ και καταρράκτη και για διάγνωση ή/και παρακολούθηση προβλημάτων του κερατοειδή. Η Pentacam Oculyzer προσφέρει λεπτομερή και ακριβή απεικόνιση της πρόσθιας αλλά και της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς χιτώνα καθώς και παχυμετρικούς χάρτες μεγάλης ανάλυσης. Μέσα σε ελάχιστα δευτερόλεπτα, προσφέρει υψηλής αξιοπιστίας πληροφορίες που αποτελούν για το οφθαλμίατρο χειρουργό, όχι μόνο μοναδικό εργαλείο προεγχειρητικού σχεδιασμού της αντίστοιχης θεραπείας, αλλά και μετεγχειρητικής παρακολούθησης. (laservision, 2014)



Εικόνα 58: Τοπογράφος Pentacam.

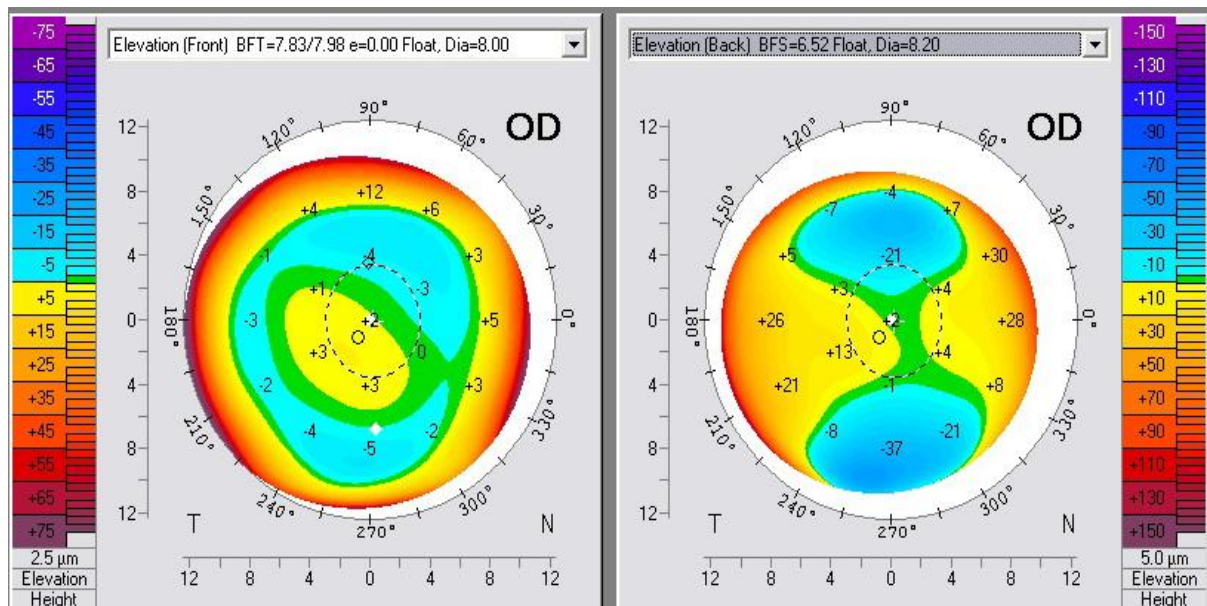
(<http://aktis.com.cy/technology-equipment/pentacam-oculyzer-topographer/>)

Η τεχνική βασίζεται στη λήψη 25 ή και 50 φωτογραφιών σε περίπου ένα δευτερόλεπτο από μια ταχύτατα περιστρεφόμενη σχισμοειδή κάμερα που διορθώνει το είδωλο για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης, με βάση μια αρχή αεροφωτογραφίας, γνωστή ως Scheimpflug imaging. Ένας υπερασύγχρονος υπολογιστής συγκεντρώνει πληροφορίες από όλα τα είδωλα και παράγει μια πλειάδα πληροφοριών. Έτσι ο ιατρός μπορεί να επισκοπήσει την κερατοειδική επιφάνεια και να εξετάσει σε ποια σημεία υπάρχει κερατεκτασία, όχι μόνο στην πρόσθια, αλλά κυρίως στην οπίσθια κερατοειδική επιφάνεια, να έχει στη διάθεσή του τρισδιάστατους χάρτες του πάχους του κερατοειδή σε όλη του την έκταση, καθώς και της δομής του πρόσθιου θαλάμου. (aktis.com.cy, 2014)



Εικόνα 59: Χάρτης κερατοειδούς με τοπογράφο Pentacam.
<http://www.laservision.gr/wp-content/uploads/KCN-broc-GA-26JUL12.pdf>

Μελετώντας, για παράδειγμα, χάρτες ανύψωσης της πρόσθιας, όσο και της οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας, ο ιατρός μπορεί να έχει μια πολύ καλή εκτίμηση για ενδείξεις υποκλινικού κερατόκωνου. Ειδικά για αυτήν την τεχνική, υπάρχουν πολύ συγκεκριμένοι αλγόριθμοι, που κατατάσσουν έναν οφθαλμό σε διάφορα στάδια εξέλιξης της νόσου.



Εικόνα 60: Απεικόνιση πρόσθιας και οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας.
<http://www.ophtalmologyweb.com/6006-Corneal-Topographer/3260747-Cassini-Corneal-Shape-Analyzer-with-Multicolor-LED-Imaging-Technology/>

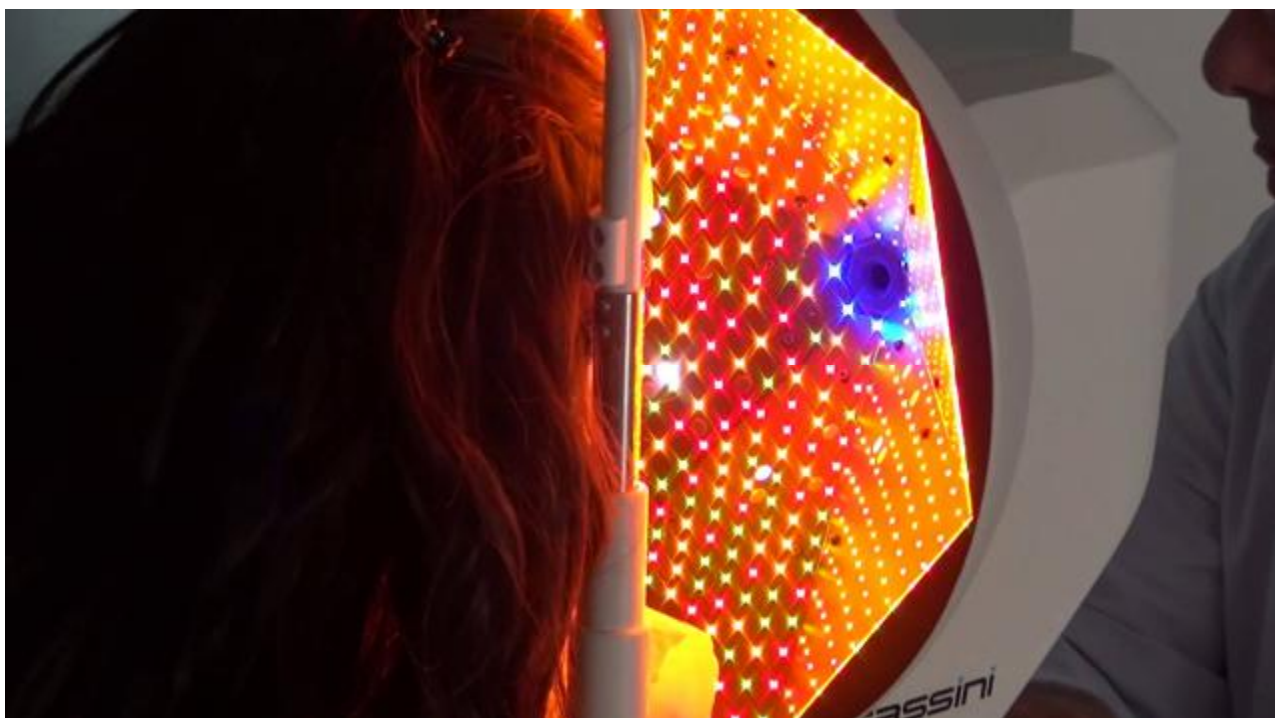
3.7.3 LED Cassini (Τοπογραφία κερατοειδούς)

Η τοπογραφία κερατοειδούς είναι έτοιμη να εισέλθει σε μια νέα εποχή με την εμφάνιση του Cassini. Παρέχει αξεπέραστη ακρίβεια και τη δυνατότητα να χαρτογραφήσει και να μετρήσει όλους τους οφθαλμούς, είτε αυτοί έχουν ανώμαλη επιφάνεια κερατοειδούς, είτε αδιαφάνειες ή ουλές, είτε έχουν κακή ποσότητα και ποιότητα δακρύων. Το Cassini υπερτερεί της κλασικής τοπογραφίας τύπου Placido disk και μπορεί πολύ εύκολα να την αντικαταστήσει σε λίγα χρόνια τελείως. Μπορεί να διαγνώσει τις ανομοιομορφίες στην επιφάνεια του κερατοειδή με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από τους κλασικούς τοπογράφους. Επίσης, προσφέρει εξαιρετικές ενδείξεις για πρόωρη διάγνωση και έλεγχο της εξέλιξης των κερατοειδικών παθολογιών, όπως ο κερατόκωνος. (i-optics.com, 2012)



Εικόνα 61: LED Cassini.

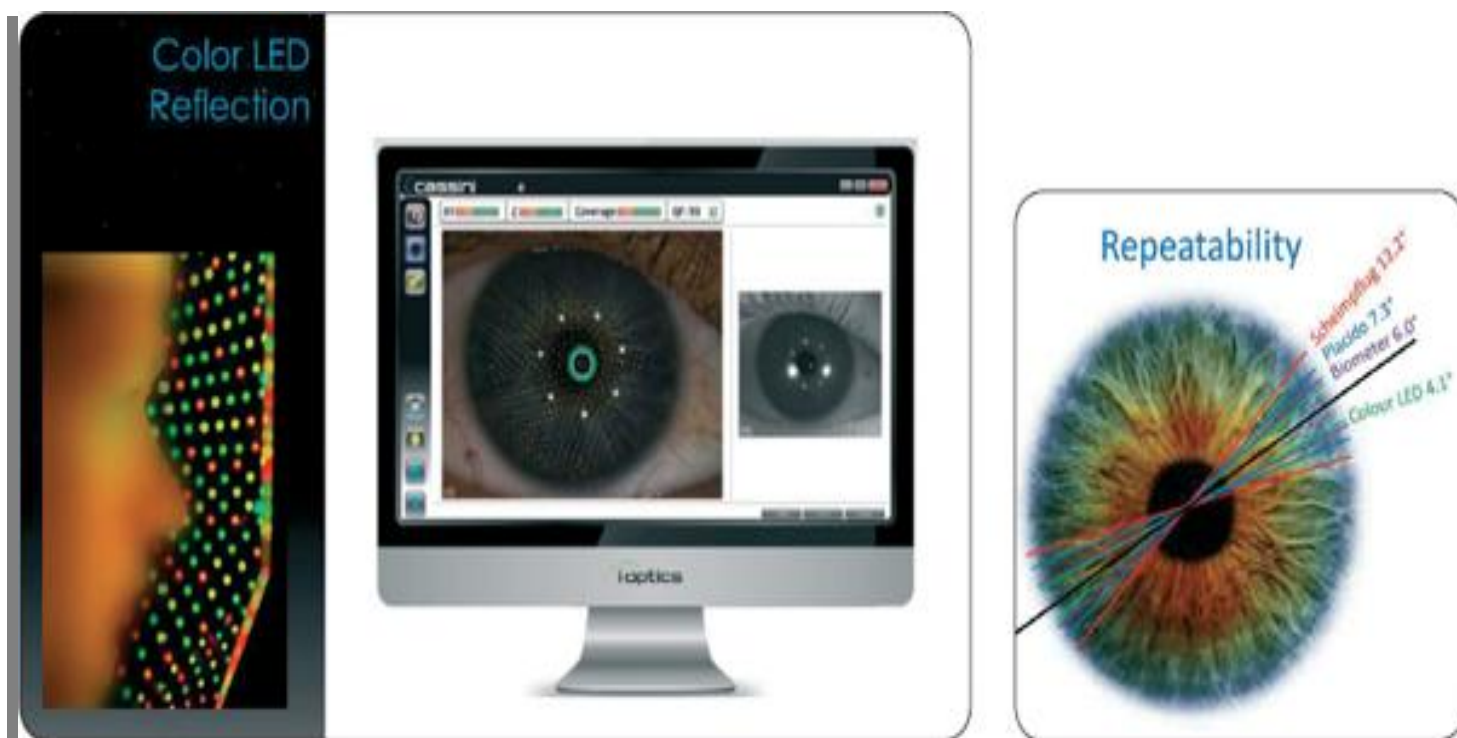
(<http://www.opticalprism.ca/wp-content/uploads/2012/09/Cassini.png>)



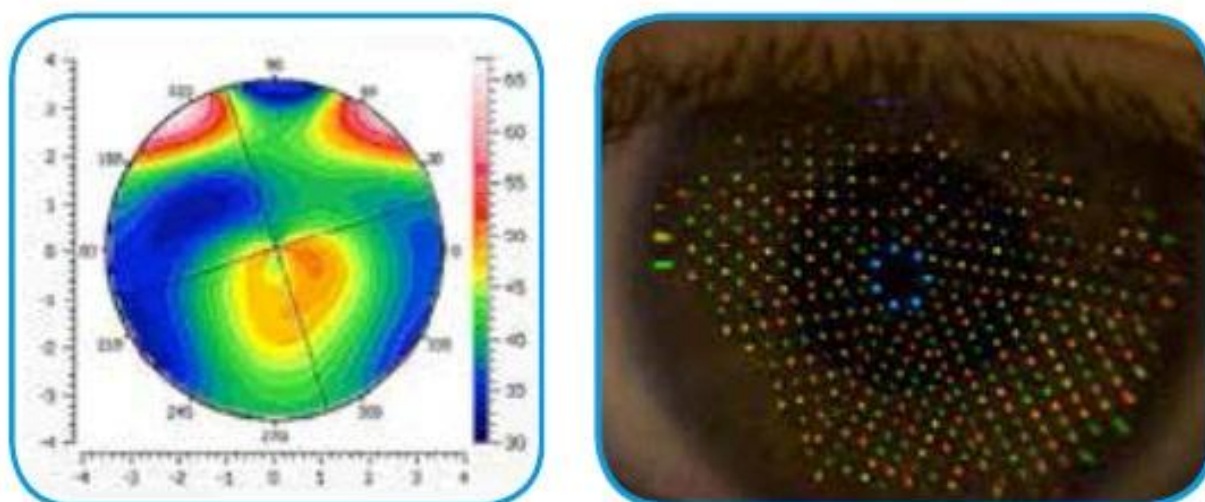
Εικόνα 62: Τοποθέτηση εξεταζόμενου.
(<http://i1.ytimg.com/vi/gusj44QDme8/maxresdefault.jpg>)

Για χρόνια, οι κλινικοί επιστήμονες χρησιμοποιούσαν την τοπογραφία κερατοειδούς τύπου Placido disk, η οποία αξιοποιούσε τις μεθόδους στιγμιαίας λήψης όπου μείωνε τις παραμορφώσεις λόγω της κίνησης του οφθαλμού κατά την διάρκεια της λήψης των εικόνων. Όλες οι τοπογραφικές συσκευές έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν πληροφορίες για την καμπυλότητα της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδή και σε πολλές περιπτώσεις δεδομένα ακόμα και για τον πρόσθιο θάλαμο, την ίριδα και τον φακό. Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένες συσκευές απαιτούν για την σωστή λήψη των εικόνων, καθαρό μέσον. Έτσι, έχουν εμφανιστεί εναλλακτικές λύσεις που αφορούν την τοπογραφία κερατοειδούς με την χρήση της αντανάκλασης, στις οποίες χρησιμοποιούνται πολύχρωμες ακτίνες για την ενίσχυση των μετρήσεων.

Ο τοπογράφος κερατοειδούς Cassini color LED βασίζεται σε αυτές τις αρχές χρησιμοποιώντας ένα ασύμμετρα πολύχρωμο πλέγμα το οποίο εμπεριέχει περισσότερα από 700 κόκκινα, κίτρινα και πράσινα σημεία. Η ασύμμετρη δομή και η πολυχρωμία του πλέγματος επιτρέπουν στον λογισμικό αλγόριθμο να υπολογίσει τα αποτελέσματα θολών σημείων τα οποία είναι πιο δύσκολο να ερευνηθούν σε ένα μονόχρωμο πλέγμα. Ουσιαστικά, η κατασκευή αυτή δημιουργεί ένα μοναδικό αλγόριθμο για κάθε έγχρωμο σημείο σχετικό με γειτονικά σημεία διαφορετικού χρώματος, σε σχέση με μια συσκευή η οποία χρησιμοποιεί λευκό φως. (Κανελλόπουλος, et al, 2014)



Εικόνα 63: Αντανάκλαση Color LED
<http://www.eurotimes.org/node/1244>



Εικόνα 64: Χάρτης απεικόνισης κερατοκωνικού οφθαλμού.
<http://i-optics.com/downloads/color-led-topography-clt-towards-more-accurate-corneal-surface-measurements/>

Το Cassini LED είναι ο μόνος τοπογράφος ο οποίος βασίζεται στην τεχνολογία Color LED topography. Το μυστικό είναι η χρήση εκατοντάδων έγχρωμων LED σε ένα μοτίβο. Χάρη στο σύστημα μέτρησης, το Cassini επιτυγχάνει λεπτομερή ακρίβεια και μπορεί να μετρήσει την περιφέρεια του κερατοειδή καλύτερα από οποιοδήποτε άλλο σύστημα. Το Cassini θα βοηθήσει στις μετρήσεις των ασθενών με φακούς επαφής ή με

κερατοειδικές ανωμαλίες όπως κερατόκωνος και ξηροφθαλμία. Η έγκαιρη εντόπιση του κερατόκωνου είναι ζωτικής σημασίας τόσο στην παροχή της σωστής φαρμακευτικής αγωγής και αντιμετώπισης, όσο και στην αποτροπή των πιθανών επιβλαβών αποτελεσμάτων από χρήση λανθασμένων τεχνικών διόρθωσης της όρασης. Το Placido, λόγω των ομόκεντρων κύκλων έχει μια ομοιομορφία και δεν μπορεί να πάρει μετρήσεις για τις ασυμμετρίες της περιφέρειας. Αντίθετα στο Cassini, η μέτρηση που παίρνει είναι σημεία και έτσι μπορεί να πάρει μετρήσεις για όλους τους τομείς. Χάρη στο Cassini και τη λεπτομερή ακρίβεια μέτρησης των κερατοειδικών αποτελεσμάτων, η εντόπιση και η παρακολούθηση του κερατόκωνου γίνεται γρήγορη και εύκολη. Επίσης, η τεχνολογία color LED ωφελεί τους ασθενείς που υποφέρουν από ξηροφθαλμία και αυτούς με ανώμαλες κερατοειδικές μετρήσεις λόγω επέμβασης στον κερατοειδή. Τα σύνηθη προβλήματα από οφθαλμούς με ξηροφθαλμία, είναι ότι δημιουργείται θολό μοτίβο στον τοπογράφο. Αυτό καθιστά αδύνατη την επεξεργασία των αντανάκλασεων του δακτυλίου και τη λήψη σωστής μέτρησης του σχήματος του κερατοειδούς γιατί το Placido disk παίρνει ουσιαστικά την εικόνα της αντανάκλασης της δακρυϊκής στοιβάδας. (laservision.gr, 2014)

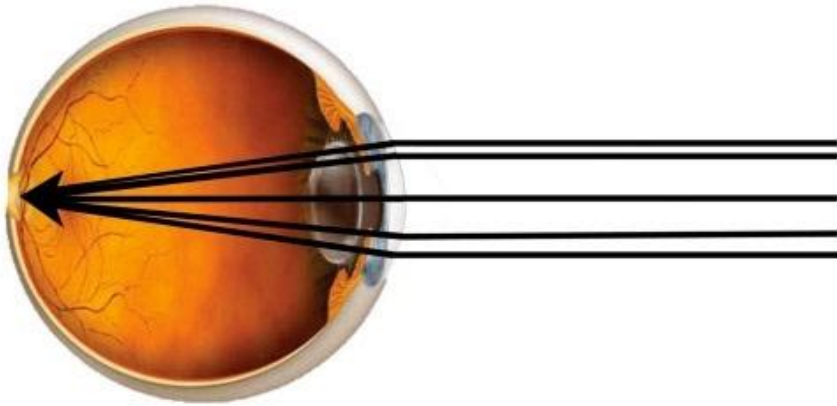
4. Θεραπεία και Αντιμετώπιση του κερατόκωνου

Η διόρθωση του κερατόκωνου εξαρτάται από το στάδιο που βρίσκεται το σχήμα του κώνου. Στο πρώτο στάδιο, όταν δηλαδή συνυπάρχει μυωπία και αστιγματισμός στον οφθαλμό, μπορεί να γίνει με διορθωτικά γυαλιά, στην περίπτωση που επιτυγχάνεται ικανοποιητική οπτική οξύτητα. Στο δεύτερο στάδιο, όταν υπάρχει ανώμαλος αστιγματισμός, πραγματοποιείται με φακούς επαφής γιατί τα γυαλιά δεν επαρκούν για τη δημιουργία ευκρινούς όρασης. Η διαθεσιμότητα των τύπων των φακών επαφής είναι οι μαλακοί, σκληροί αεροδιαπερατοί ή ημίσκληροι, συνδυασμός μαλακών και σκληρών δηλαδή οι υβριδικοί και οι μεγάλης διαμέτρου σκληρικοί φακοί επαφής. Επίσης, υπάρχει η εφαρμογή Piggyback, δηλαδή η τοποθέτηση ενός σκληρού αεροδιαπερατού φακού πάνω σε έναν μαλακό φακό. Στα τελευταία στάδια, όταν ο κερατοκωνικός κερατοειδής είναι πολύ λεπτός ή πολύ κυρτός ή έχουν δημιουργηθεί στρωματικές θολερότητες, απαιτείται κάποιο είδος χειρουργικής θεραπείας για να επιτευχθεί βελτίωση της όρασης. (ενδοστρωματικοί δακτύλιοι, μεταμόσχευση κερατοειδούς ή κερατοπλαστική και οι αστιγματικοί ενδοφακοί). (Χρονόπουλος-eye clinic, 2014)

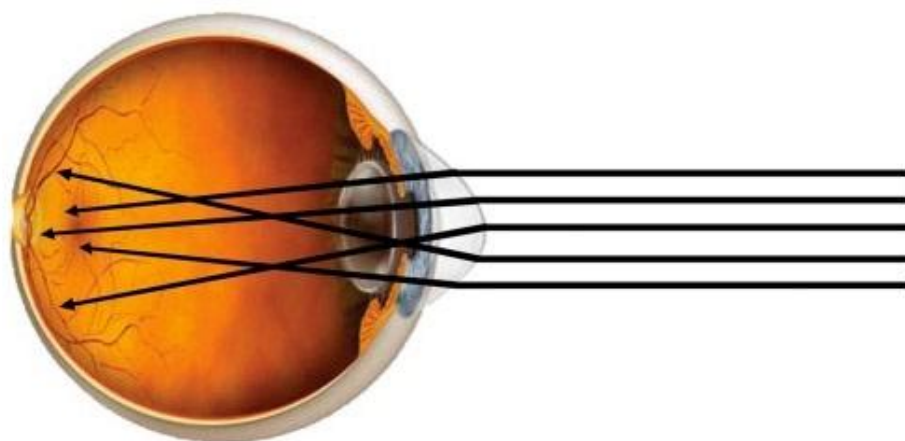
4.1 Γυαλιά οράσεως

Τα γυαλιά οράσεως μπορεί να «ξεκουράζουν» τον οφθαλμό από την συνεχόμενη χρήση φακών επαφής, όμως λειτουργούν μόνο σε ήπιες μορφές κερατόκωνου. Σε περιπτώσεις πιο προχωρημένου κερατόκωνου, για να βελτιωθεί η όραση συνταγογραφούνται γυαλιά με υψηλές κυλινδρικές δυνάμεις (>5.00 D). Τις περισσότερες φορές όμως τα γυαλιά δεν βοηθούν και τόσο στην επίλυση του προβλήματος και στη διόρθωση της όρασης. Ο λόγος προκύπτει από τον τρόπο που οι ακτίνες εστιάζουν μέσω του κερατοειδή στον αμφιβληστροειδή. Σε ένα φυσιολογικό κερατοειδή ο οποίος έχει επιφάνεια φυσιολογικά κυρτή και λεία, οι ακτίνες περνούν από αυτόν χωρίς να υποστούν κάποια παραμόρφωση και στη συνέχεια προσπίπτουν πάνω στο φακό ο οποίος τις εστιάζει πάνω στον αμφιβληστροειδή δίνοντας ένα καθαρό είδωλο. Στα προχωρημένα κερατοκωνικά περιστατικά όμως, εξαιτίας του ανώμαλου σχήματος της επιφάνειας του κερατοειδούς, οι ακτίνες διαθλώνται και παραμορφώνονται με αποτέλεσμα ο φακός να μην μπορεί να τις εστιάσει σωστά πάνω στον αμφιβληστροειδή. Σαν αποτέλεσμα, προκύπτουν πολλά διαφορετικά θολά είδωλα του αντικειμένου προσήλωσης. Για τη διόρθωση των πτυχών της επιφάνειας του κερατοειδή με γυαλιά, θα χρειαζόνταν να τοποθετηθούν πολλοί φακοί ακριβώς μπροστά από τις ανώμαλες πτυχές, κάτι το οποίο είναι πρακτικά αδύνατο. Όμως, ακόμα και αν μπορούσε να πραγματοποιηθεί κάτι τέτο-

ιο κάθε φορά που το άτομο θα άλλαζε την κατεύθυνση του βλέμματός του, οι φακοί θα έπρεπε να επανατοποθετηθούν σωστά. Επομένως, επειδή τα γυαλιά δεν μπορούν να προσαρμοστούν ακριβώς στον κερατοειδή ώστε να μπορέσουν να διορθώσουν την παραμόρφωσή του σε κάθε σημείο, η καλύτερη λύση είναι οι φακοί επαφής οι οποίοι εφαρμόζουν ακριβώς στον οφθαλμό επιτελώντας ο καθένας την ειδική λειτουργία του. (Ralph Goldsmith, 2012)



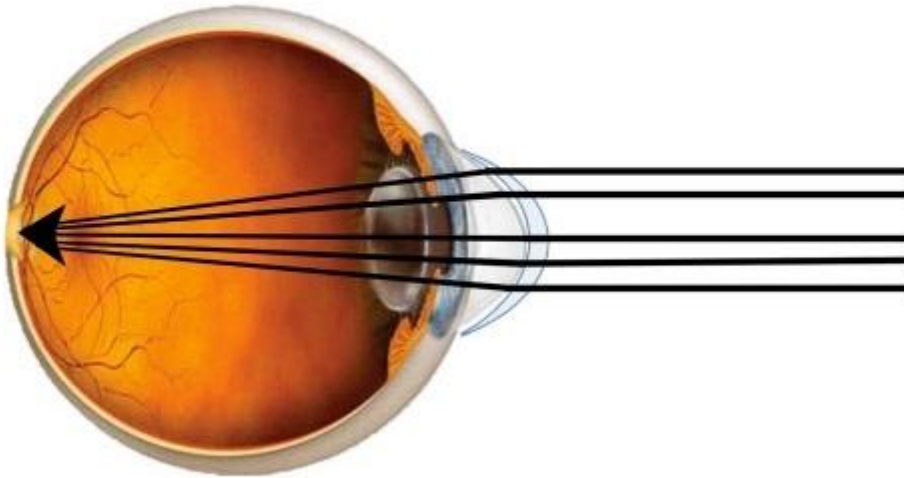
Εικόνα 65: Δημιουργία ευκρινούς ειδώλου σε φυσιολογικό οφθαλμό.
(<http://www.nkcf.org/contact-lenses-for-kc/>)



Εικόνα 66: Δημιουργία χαστικού ειδώλου σε κερατοκωνικό οφθαλμό.
(<http://www.nkcf.org/contact-lenses-for-kc/>)

4.2 Φακοί επαφής

Το αμέσως επόμενο στάδιο από τα γυαλιά για την αντιμετώπιση του κερατόκωνου είναι η χρήση φακών επαφής. Ο χρήστης σίγουρα θα δει μεγάλη μείωση του εύρους των οπτικών ανωμαλιών που προκαλούνται από την ύπαρξη κερατόκωνου. Υπάρχουν διάφορα είδη φακών επαφής με διαφορές στο υλικό κατασκευής και στο σχεδιασμό τους. Η επιλογή τους εξαρτάται από τον τύπο και το στάδιο της πάθησης καθώς επίσης και από τις προσωπικές ανάγκες του κάθε χρήστη. Δεν υπάρχει ένα είδος φακού που απαραίτητα να ταιριάζει σε ένα συγκεκριμένο στάδιο της πάθησης. Η επιτυχία της εφαρμογής ενός φακού επαφής εξαρτάται με το αν επιτυγχάνεται ικανοποιητική οπτική οξύτητα, δηλαδή αν διορθώνει σωστά την όραση, άνεση στη χρήση, σωστή οξυγόνωση του κερατοειδούς και οφθαλμική υγεία. Τα δύο κυριότερα θετικά τους έναντι των γυαλιών είναι ότι προσφέρουν μεγαλύτερο εύρος οπτικού πεδίου επειδή εφάπτονται με τον οφθαλμό και ότι αντιμετωπίζουν περιπτώσεις ανισοεικονίας (προκαλείται όταν οι βαθμοί του ενός ματιού είναι πολύ μεγαλύτεροι από του άλλου) άρα πολλές κρίνονται περισσότερο κατάλληλοι στη χρήση τους. Οι κερατοκωνικοί φακοί επαφής τοποθετούνται ουσιαστικά για να πιέζουν-επιπεδώνουν τον κερατοειδή στο σημείο όπου έχει δημιουργηθεί η παραμόρφωση λόγω του κερατόκωνου. Τέλος, μειώνουν το μεγαλύτερο τμήμα των εκτροπών υψηλής τάξης προσφέροντας καλύτερη ποιότητα όρασης και άνεση κατά τη χρήση τους.

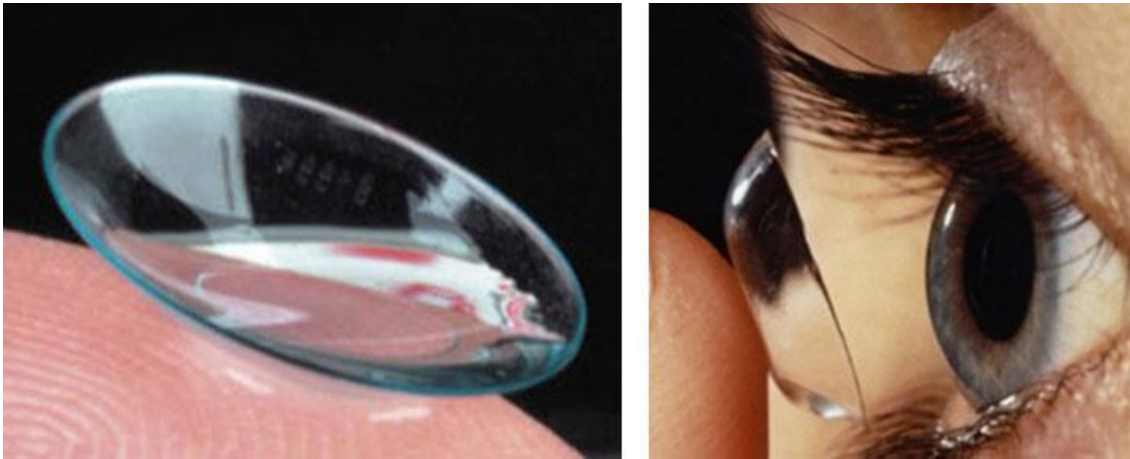


Εικόνα 67: Δημιουργία ειδώλου σε κερατοκωνικό οφθαλμό μετά από διόρθωση με RGP φακών επαφής.
(<http://www.nkcf.org/contact-lenses-for-kc/>)

4.2.1 Μαλακοί φακοί επαφής

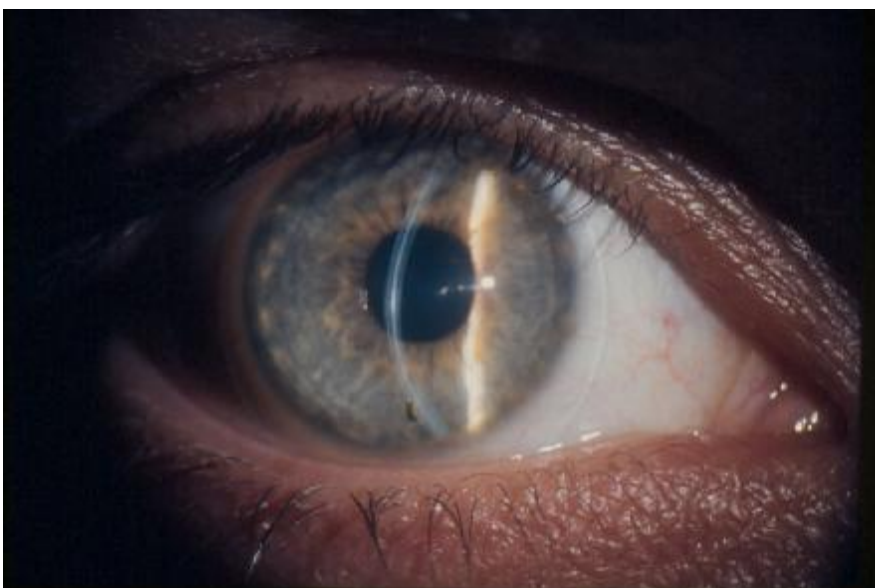
Γενικά

Οι μαλακοί φακοί επαφής είναι οι πιο ευρέως διαδεδομένοι και οι πιο συχνοί στη χρήση τους. Κατασκευάζονται από πολυμερές, υδρόφιλο υλικό (HEMA, Filcon). Έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό 38- 80% από τα υπόλοιπα είδη φακών επαφής και επιτρέπουν την διέλευση του οξυγόνου στον κερατοειδή επιτυγχάνοντας την θρέψη του. Είναι εύκολοι στην εφαρμογή, τόσο από τον εφαρμοστή όσο και από τον χρήστη, και διορθώνουν άριστα το διαθλαστικό σφάλμα. Προσφέρουν μεγάλη άνεση στο χρήστη, αυξημένο χρόνο χρήσης και έλλειψη δυσανεξίας. Είναι ευπροσάρμοστοι και οι περισσότεροι χρήστες τους συνηθίζουν αμέσως χωρίς να χρειάζονται περίοδο προσαρμογής. Επίσης, χρειάζονται καθαρισμό και απολύμανση κάθε φορά που αφαιρούνται. Μπορεί είτε να υιοθετηθούν για μόνιμη χρήση είτε για περιστασιακή όταν το άτομο φορά σκληρούς φακούς επαφής και δεν μπορεί να τους αντέξει για μεγάλο χρονικό διάστημα. (Κατσούλος et al., 2010)



Εικόνα 68: Μαλακός φακός επαφής.

(http://www.teiath.gr/userfiles/pdrak/images/ergastiria/ergast_2_pic_1.jpg)



Εικόνα 69: Εφαρμογή μαλακού φακού επαφής στον οφθαλμό.

(<http://www.ofthalmologiko-iatrio.gr/images/products/1229438755-scan0031.jpg>)

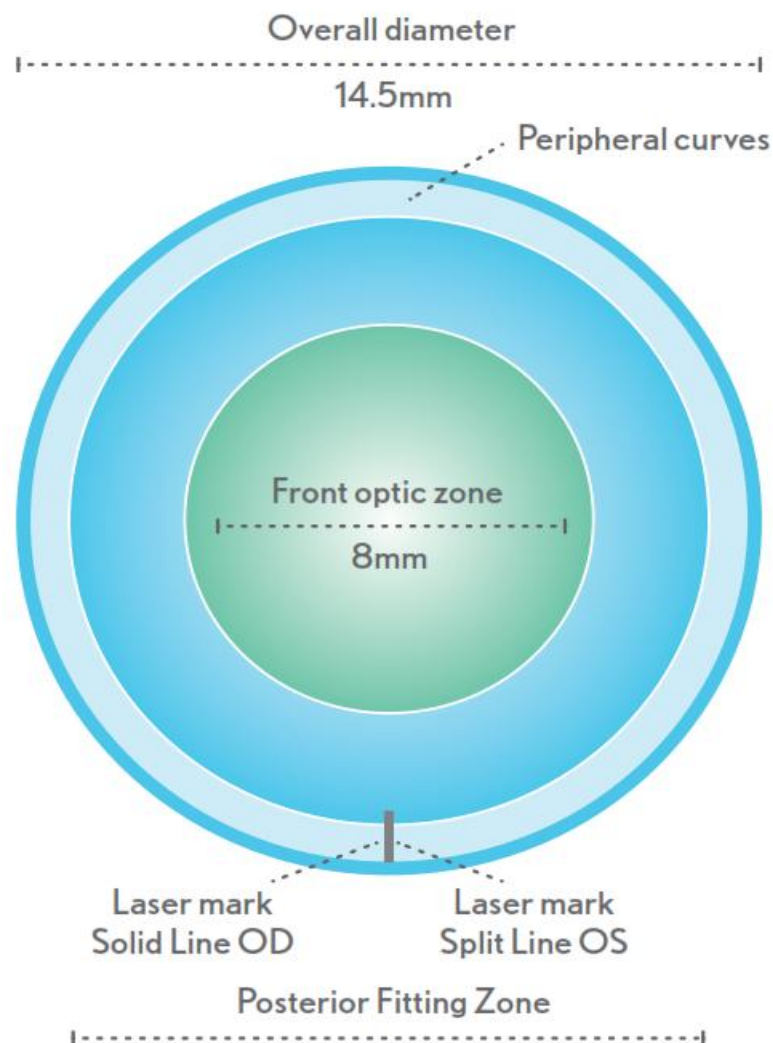
Κερατοκωνικοί

Οι κερατοκωνικοί μαλακοί φακοί επαφής έχουν μεγαλύτερο πάχος από τους μαλακούς ευρείας κατανάλωσης, σχεδόν 3 φορές μεγαλύτερο. Το πάχος τους συντελεί στην κάλυψη των πτυχών και των ασυμμετριών της επιφάνειας του κερατοειδή και στη μείωση τόσο του αστιγματισμού όσο και των εκτροπών υψηλής τάξης, όπως η κόμη. Οι μαλακοί φακοί επαφής υδρογέλης είτε σιλικόνης υδρογέλης, λειτουργούν μόνο σε συγκεκριμένες μορφές κερατόκωνου διορθώνοντας συνήθως τον αστιγματισμό που προκαλείται από αυτόν. Πολλές φορές όμως κρίνονται ακατάλληλοι καθώς δεν μεταβάλλουν δραματικά την καμπυλότητα του κερατοειδούς. Επομένως, εφαρμόζονται σε αρχικά και ενδιάμεσα στάδια κερατόκωνου. Ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να είναι είτε απλοί σφαιρικοί, είτε τορικοί (αστιγματικοί), είτε να είναι ειδικά σχεδιασμένοι για τον κερατόκωνο με αυξημένο κεντρικό πάχος και σχεδιασμό εξάλειψης των εκτροπών και λεπτοί στην περιφέρειά τους δίνοντας την αίσθηση ενός λεπτού συμβατικού φακού επαφής. Όσον αφορά την κατασκευή τους, έχουν συνήθως μεγαλύτερη διάμετρο από τους συνηθισμένους μαλακούς φακούς για να προσφέρουν καλύτερη σταθεροποίηση στον κερατοκωνικό οφθαλμό. Καλύπτουν ολόκληρο τον κερατοειδή και το σκληροκερατοειδές όριο (ΣΚΟ) και τα όριά τους είναι ευδιάκριτα γύρω από το ΣΚΟ. Ταυτόχρονα, κρίνεται απαραίτητο να σχεδιαστούν με αρκετά μικρή ακτίνα καμπυλότητας. Για τους παραπάνω λόγους, οι μαλακοί φακοί επαφής μαζικής παραγωγής δεν λειτουργούν και θα πρέπει να καταφεύγουμε σε εξατομικευμένους ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά του οφθαλμού του ασθενή που συλλέγονται από τον εξεταστή. Οι μαλακοί φακοί συνήθως δεν παρέχουν την ποιότητα της όρασης που δίνουν οι ημίσκληροι όμως έχουν καλύτερη σταθερότητα στον οφθαλμό και δεν προκαλούν πτώση του άνω βλεφάρου έπειτα από μακροχρόνια χρήση όπως έχει αναφερθεί σε ένα ποσοστό με τους ημίσκληρους. Η λανθασμένη χρήση τους και η αμέλεια υγιεινής φροντίδας από τον χρήστη μπορεί εύκολα να προκαλέσουν οφθαλμικές λοιμώξεις. Τέλος, μπορεί το πάχος τους να συμβάλλει στην επίτευξη καλύτερης οπτικής οξύτητας όμως υπάρχει περίπτωση να προκαλέσει υποξία έπειτα από συνεχόμενη χρήση. Αυτό το πρόβλημα διορθώνουν σε μεγάλο βαθμό οι φακοί από σιλικόνη-υδρογέλη όμως και πάλι ο φακός δεν είναι και τόσο άνετος στη χρήση. (Κατσούλος et al., 2010)

Διαθεσιμότητα μαλακών κερατοκωνικών φακών επαφής

- Οι **Kerasoft 2,3** και **IC** της **Igel/ Ultravision**.

Οι συγκεκριμένοι κατασκευάζονται σε τόρνο. Οι Kerasoft 2 έχουν μεγάλη διάρκεια μέχρι 12 μήνες (ετήσιας αντικατάστασης), κατασκευάζονται με διάμετρο 14.00 mm, 14.50 mm, 15.00 mm και με ακτίνα καμπυλότητας 8.00, 8.20, 8.40. Έχουν διαθεσιμότητα σφαιρώματος από -30.00 D έως +30.00 D, κυλίνδρου από -0.50 D έως -11.00 (ανά 0.25 D) και μοιρών από 0° έως 180° (ανά 1°). Κατασκευάζονται και πολυεστιακοί με addition έως 3.50 (ανά 0.25 D). Οι συγκεκριμένοι κατασκευάζονται από μη ιονικό υλικό, έχουν φίλτρο UV και 49% περιεκτικότητα σε νερό. Οι Kerasoft 3 είναι τρίμηνης αντικατάστασης και κατασκευάζονται με διάμετρο 14.00 mm, 14.50 mm, 15.00 mm και με ακτίνα καμπυλότητας 8.00, 8.20, 8.40, 8.30. Έχουν διαθεσιμότητα σφαιρώματος από -30.00 D έως +30.00 D, κυλίνδρου από -0.50 D έως -11.00 (ανά 0.25 D) και μοιρών από 0° έως 180° (ανά 1°). Κατασκευάζονται και πολυεστιακοί με addition έως 3.50 (ανά 0.25 D). Οι Kerasoft 3 είναι φακοί σιλικόνης υδρογέλης και έχουν 74% περιεκτικότητα σε νερό. (Ultravision, 2014)



Εικόνα 70: Κατασκευή των Kerasoft 2,3 και IC της Igel/ Ultravision. (http://www.ultravision.co.uk/files/6213/6697/0577/KIC_Diag_1.png)

- Οι **Acuity Soft K της Acuity** προσφέρουν οπτική οξύτητα όπως ένας RGP φακός. Κατασκευάζονται από μη ιονικό και με σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό. Διατίθενται με ακτίνα καμπυλότητας από 5.40 mm έως 7.60 mm (ανά 0.20 mm), με διάμετρο 14.50 mm (κατασκευάζονται και με διαφορετική διάμετρο με ειδικές παραγγελίες) και σφαιρώμα από +20.00 έως - 40.00 D. (Acuity, 2014)
- Οι **Flexlens Tri-curve Keratoconus** οι οποίοι είναι τρικαμπυλωτοί με αυξημένο κεντρικό πάχος από 0.40mm έως 0.65 mm, το πάχος αυτό είναι μεγαλύτερο από το πάχος του κερατοειδή και προσφέρει καλύτερη όραση. Κατασκευάζονται με διάμετρο από 8.00 mm έως 16.00 mm (ανά 0.1 mm), ακτίνα καμπυλότητας από 5.00 mm έως 11.00 mm και με σφαιρώμα από +50.00 D έως -50.00 D (ανά 0.25 D). Επίσης, έχουν σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό και διατίθενται σε 3 υλικά περιεκτικότητας 45% , 49 % και 55% αντίστοιχα. (xcelcontacts, 2013)
- Οι **Delta και Delta 6 Conus της Eyeart** κατασκευάζονται σε τόρνο με ακτίνες καμπυλότητας 7.80 mm έως 9.60 mm (ανά 0.10mm) και διάμετρο 14.00 mm έως 15.00 mm. Διατίθενται με σφαιρώμα από +25.00D έως -30.00D (ανά 0.25D) και κύλινδρο από -0.25D έως -12.00D (ανά 0.25D) και έχουν κεντρικό πάχος από 0.30mm έως 0.45mm. Τέλος, είναι είτε σιλικόνης-υδρογέλης με 74% περιεκτικότητα σε νερό είτε υδ-

ρογέλης με 67% περιεκτικότητα σε νερό και έχουν διάρκεια από 3 έως 6 μήνες. (eyeart, 2014)

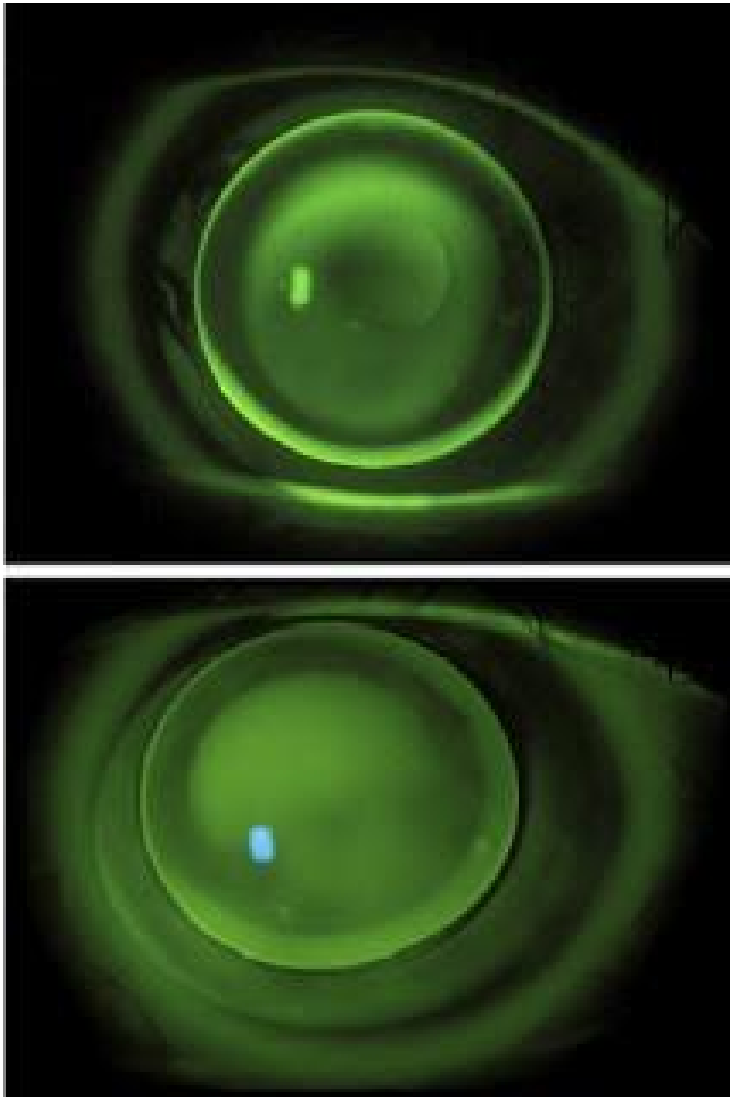
4.2.2 Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής RGP (ή ημίσκληροι)

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής είναι το επόμενο βήμα στην αντιμετώπιση του κερατόκωνου και χαρακτηρίζεται ως και το πιο αποτελεσματικό από πλευρά οπτικής απόδοσης διότι συμπιέζοντας τον κερατοειδή προσφέρει καλύτερη οπτική οξύτητα επομένως ικανοποιητικότερη ποιότητα όρασης. Στην ουσία με τους ημίσκληρους φακούς επαφής αλλάζει το επιθήλιο του κερατοειδούς δηλαδή δεν επιπεδώνουν μόνιμα, απλά πιέζουν τον κώνο. Οι ασθενείς με κερατόκωνο που δεν θέλουν να προχωρήσουν σε κάποια επεμβατική διαδικασία είναι υποχρεωμένοι να φορούν φακούς επαφής συνέχεια για το υπόλοιπο της ζωής τους. Επομένως, ψάχνουν φακούς οι οποίοι να μην τους δημιουργούν προβλήματα λοιμώξεων και να έχουν μεγάλη αντοχή. Οι ημίσκληροι φακοί επαφής είναι η πλέον κατάλληλη λύση για αυτούς. Η ονομασία των σκληρών αεροδιαπερατών προκύπτει από τα υλικά κατασκευής τους, τα οποία είναι άκαμπτα πολυμερή (σκληρά, πχ PMMA, CAB) και ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του οξυγόνου στον κερατοειδή (αεροδιαπερατά). Οι συγκεκριμένοι φακοί είναι ελαφρώς εύκαμπτοι και μοιάζουν με τον παλαιότερο τύπο σκληρικών φακών όμως είναι πολύ πιο ασφαλείς διότι διαθέτουν μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο. Οξυγονώνουν περισσότερο από τους μαλακούς φακούς τον κερατοειδή και για αυτό προτείνονται σε περιπτώσεις υποξίας (=μειωμένη οξυγόνωση του κερατοειδούς λόγω χρήση φακών επαφής). Τέλος, λόγω του υλικού τους είναι υδρόφοβοι, δηλαδή δεν έχουν απορροφητικότητα στο νερό, περιορίζουν την πιθανότητα μόλυνσης και ελαχιστοποιεί ως ένα βαθμό τις εναποθέσεις που δημιουργούνται στο φακό επαφής από τα λιπίδια και τις πρωτεΐνες των δακρύων. Ο συγκεκριμένος τύπος φακού έχει το μειονέκτημα της περιόδου προσαρμογής. Ο χρήστης χρειάζεται κάποιο χρονικό διάστημα (1-3 εβδομάδες) για να τους συνηθίσει επειδή λόγω του υλικού τους δίνουν την αίσθηση ξένου σώματος στον οφθαλμό και συχνά γίνονται ενοχλητικοί στη χρήση τους, προκαλώντας δάκρυα, ερεθισμό και μεταβαλλόμενη όραση. Οι χρήστες όταν θα αφαιρέσουν τους φακούς τους είναι πολύ πιθανό να έχουν κνησμό (φαγούρα) στους οφθαλμούς τους και πρέπει να τους προειδοποιούμε για αυτό. Επομένως, κρίνεται απαραίτητο ο εφαρμοστής να δώσει τις προαπαιτούμενες συμβουλές στον ασθενή πριν ξεκινήσει την χρήση τους. Ταυτόχρονα, επειδή αυτός ο τύπος φακών διατηρείται για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, πρέπει να δίνονται και οι απαραίτητες οδηγίες για την σωστή φροντίδα και απολύμανσή τους. Ωστόσο ακριβώς επειδή διατηρούνται ακόμα και για ολόκληρα έτη θα πρέπει να ελέγχεται η κατάστασή τους από τον εφαρμοστή μέσα στο χρονικό διάστημα που ο ίδιος ορίζει. Γενικά έχουν πιο εύκολη συντήρηση από τους μαλακούς αλλά χρειάζονται και αυτοί καθαρισμό και απολύμανση έπειτα από κάθε φορά που αφαιρούνται. Ένα άλλο μειονέκτημά τους είναι ότι υπάρχει περίπτωση αποκολληθούν από τον αμφιβληστροειδή και να πέσουν από τον οφθαλμό ευκολότερα από ότι οι μαλακοί φακοί επαφής. Επίσης, δεν είναι ευρείας κατανάλωσης, με την έννοια ότι κατασκευάζονται κατόπιν παραγγελίας σύμφωνα με τις συγκεκριμένες μετρήσεις για τον κάθε οφθαλμό και μπορούν να κατασκευαστούν σε οποιαδήποτε παράμετρο. (Κατσούλος et al.,2010)

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής χρησιμοποιούνται κυρίως για την διόρθωση υψηλών και ανώμαλων αστιγματισμών καθώς επίσης και σε παθολογικές καταστάσεις του κερατοειδούς όπως αποτελεί ο κερατόκωνος. Όταν εφαρμοστεί ένας ημίσκληρος φακός επαφής στον κερατοειδή τότε το σκληρό υλικό κατασκευής του συμπιέζει την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, στις περιοχές που υπάρχει ο κώνος, και με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η ανομοιομορφία του. Στις πιο ήπιες μορφές του κερατόκωνου συνήθως ένας δικάμπυλωτός φακός επαφής αρκεί, ενώ στους πιο έντο-

νους κώνους προτιμώνται οι τρικαμπυλωτοί και πολυκαμπυλωτοί φακοί επαφής. Οι μονοκαμπυλωτοί δεν χρησιμοποιούνται πλέον στην εφαρμογή των σκληρών αεροδιαπερατών διότι η μόνο μία καμπύλη που διαθέτουν δεν μπορεί να ταιριάζει ακριβώς με τον κερατοκωνικό κερατοειδή. Οι δικαμπυλωτοί διαθέτουν μία κεντρική οπτική ζώνη και μία περιφερειακή οπτική ζώνη που εφάπτεται με τον περιφερειακό κερατοειδή. Οι τρικαμπυλωτοί και οι πολυκαμπυλωτοί φακοί επαφής αντίστοιχα διαθέτουν και άλλες ενδιάμεσες ζώνες έτσι ώστε να εφάπτονται καλύτερα με τις ασυμμετρίες του κερατοκωνικού κερατοειδή. Στον κερατόκωνο επειδή υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην ακτίνα καμπυλότητας μεταξύ της κορυφής του κώνου και της περιφέρειας του κερατοειδή, η χρήση φακών που έχουν πολλαπλές ζώνες είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη σωστή εφαρμογή του φακού και ιδιαίτερα στις περιοχές μετάβασης από τον κώνο στην περιφέρεια. Ταυτόχρονα είναι σημαντικό να επιτυγχάνεται εξομάλυνση όλων αυτών των ασυμμετριών του κερατοειδή από τους φακούς. Οι ημίσκληροι φακοί έχουν μικρότερη διάμετρο από τους μαλακούς (9-11 mm) και δεν καλύπτουν ολόκληρη την ίριδα. Οι συγκεκριμένοι φακοί δεν αποτελούν θεραπεία για τον κερατόκωνο. Δεν έχουν την ικανότητα να διορθώσουν μόνιμα τον κώνο, η λειτουργία τους επιτυγχάνεται μόνο όσο χρονικό διάστημα γίνεται και η χρήση τους. Εάν αφαιρεθούν για 1-2 μήνες ο κερατοειδής αποκτά το σχήμα που είχε πριν την χρήση τους. Όμως, μπορεί να μην θεραπεύουν αλλά προσφέρουν εξαιρετική ποιότητα όρασης συγκριτικά με τους μαλακούς φακούς επαφής. Οι απόψεις δίστανται, για το εάν επιτυγχάνεται μείωση του ρυθμού εξέλιξης της πάθησης. Στα αρχικά στάδια του κερατόκωνου χρησιμοποιούνται ημίσκληροι φακοί επαφής απλού σχεδιασμού ελλειπτικοί ή τρικαμπυλωτοί και στη συνέχεια όταν αυτοί δεν προσφέρουν ικανοποιητική ποιότητα όρασης λόγω οξύ κώνου, εφαρμόζονται ειδικοί ημίσκληροι για τον κερατόκωνο με ακόμα μικρότερη διάμετρο (7-5 mm) με διαφοροποιήσεις στην καμπυλότητα της κεντρικής οπτικής ζώνης και της περιφέρειας. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται καλύτερη στήριξη του φακού στον κώνο καθώς και στην περιφέρεια του κερατοειδούς. Η ιδανική εφαρμογή που ο εφαρμοστής θέλει να πετύχει είναι εκείνη που δεν ασκεί πίεση ούτε στην κορυφή του κώνου ούτε στην περιφέρεια και ταυτόχρονα δεν επιτρέπει στον φακό να παρεκτοπίζεται εύκολα. (Κατσούλος et al.,2010)

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί με αντίστροφη γεωμετρία χρησιμοποιούνται σε είτε σε περιπτώσεις μικρού κώνου σε μια μικρή περιοχή του κερατοειδή είτε σε περιστατικά μεγάλου κώνου που καλύπτει μεγάλη έκταση του κερατοειδή. Αυτοί οι φακοί έχουν εφαρμογή σε πιο δύσκολα κερατοκωνικά περιστατικά. Η δεύτερη καμπυλότητα που διαθέτουν είναι μικρότερη άρα και πιο σφιχτή από την κεντρική καμπυλότητα και η περιφέρεια του φακού αποπλατύνεται. Στην περίπτωση του μικρού κώνου, ένας συνηθισμένος τρικαμπυλωτός φακός επαφής δεν στηρίζεται καλά στον κερατοειδή λόγω της μικρής επιφάνειας του κώνου που εφάπτεται με τον φακό. Αντίθετα, στην περίπτωση του μεγάλου κώνου οι τρικαμπυλωτοί φακοί ίσως παρουσιάσουν ανύψωση των άκρων του φακού και δημιουργείται ενόχληση στα βλέφαρα από την τριβή τους με τον φακό και τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους φακούς με αντίστοιχη γεωμετρία εάν δεν παρατηρείται βελτίωση με κάποια άλλη τεχνική. (Κατσούλος et al.,2010)



Εικόνα 71: Έλεγχος εφαρμογής ημισκληρων φακών επαφής στη σχισμοειδή λυχνία με χρώση φλουροσκεΐνης.

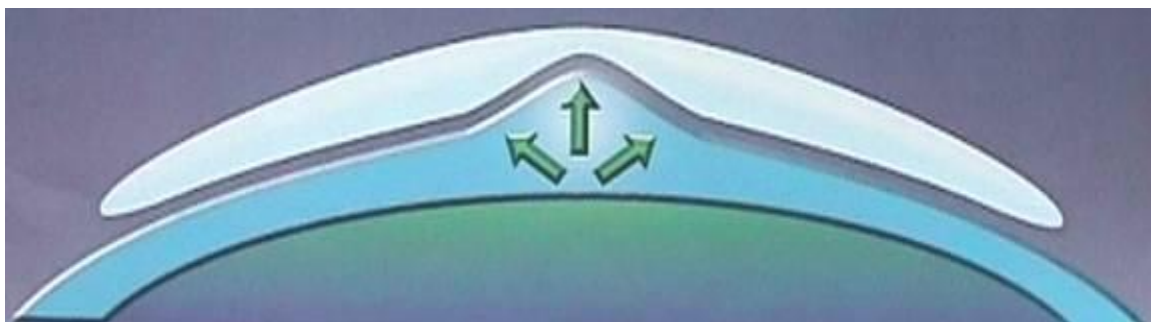
(<http://www.opticalhouse.gr/blog/wp-content/uploads/2012/03/keratoconus.jpg>)

Φακός δακρύων

Ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των σκληρών αεροδιαπερατών για τα κερατοκωνικά περιστατικά, είναι ο λεγόμενος φακός δακρύων που δημιουργούν. Πρόκειται για ένα στρώμα που δημιουργείται από τη δακρυϊκή στιβάδα μεταξύ της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς και της οπίσθιας επιφάνειας του φακού επαφής. Αυτό το στρώμα δημιουργείται ουσιαστικά από την αλλαγή της ακτίνας καμπυλότητας μεταξύ της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας και της οπίσθιας επιφάνειας του φακού επαφής. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει οπτική αλλαγή στην ισχύ του φακού δακρύων. Με άλλα λόγια ο φακός δακρύων διορθώνει οπτικά κάθε πτυχή και ασυμμετρία του κερατοειδούς που έχει προκύψει από τον κερατόκωνο έτσι ο ασθενής έχει καλύτερη ποιότητα όρασης. Ταυτόχρονα, μειώνονται οι εκτροπές υψηλής τάξης και το άτομο αποκτά καλύτερη ευαισθησία αντίθεσης. (Σημειώσεις Κλινικής Οπτομετρίας)

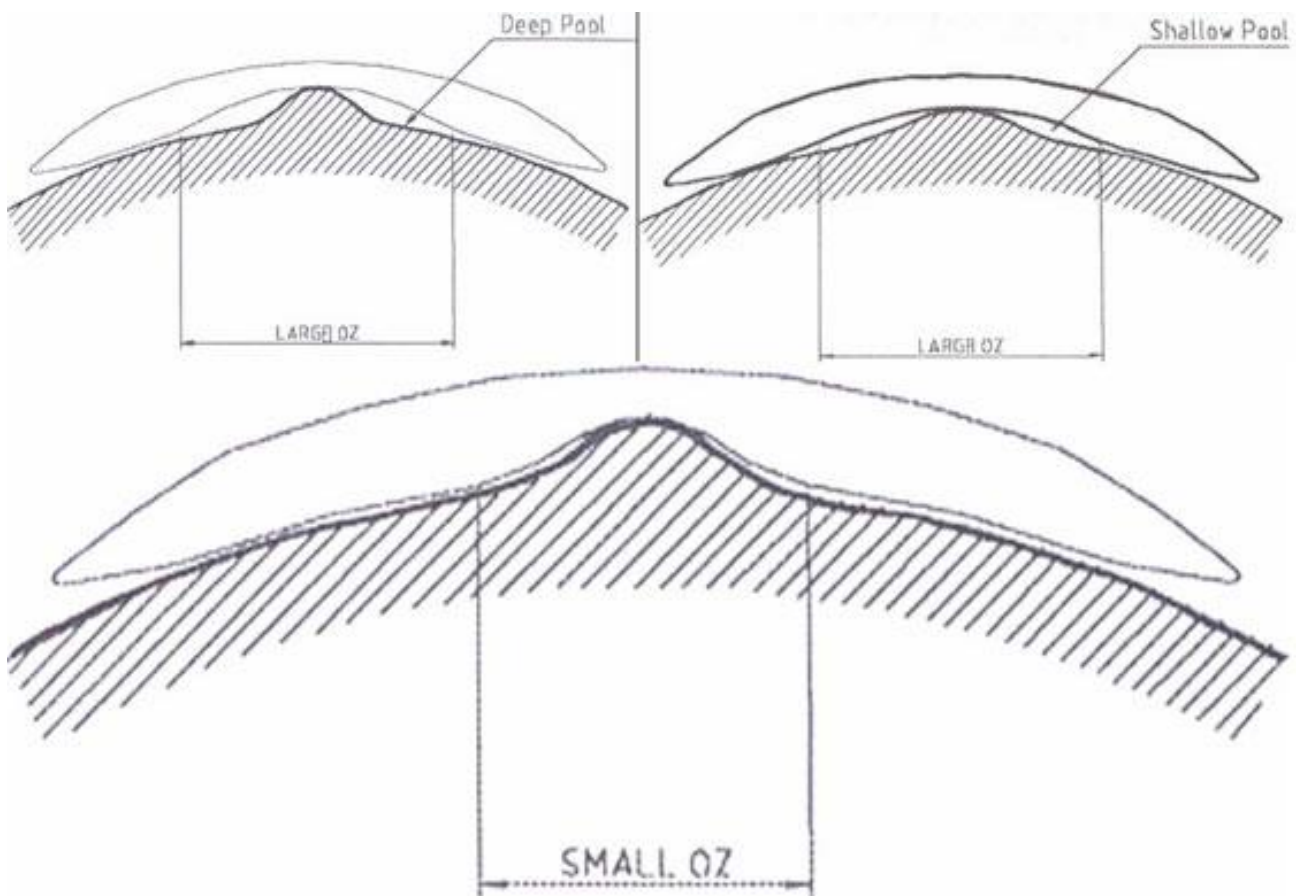
Διαθεσιμότητα σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής

· Η σειρά των **Rose K2** φακών επαφής είναι δημιουργία του οπτομέτρη Paul Rose και είναι οι πιο διαδεδομένη στη χρήση για κερατόκωνο ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια καθώς είναι και εύκολοι στην εφαρμογή τους. Η διαδικασία της κατασκευής τους ξεκίνησε το 1989 και το 1995 εγκρίθηκαν από το FDA της Αμερικής. Έπειτα από τις συνεχείς προσπάθειες για τη βελτίωση του σχεδιασμού και των χαρακτηριστικών τους, ο Paul Rose κατέληξε σε 26 φακούς οι οποίοι καλύπτουν σχεδόν όλα τα περιστατικά του κερατόκωνου. Οι εξελίξεις των φακών Rose K οδήγησαν στη δημιουργία διαφόρων σειρών όπως: ο Rose K2 (περιορισμός οπτικών εκτροπών) , ο Rose K2 IC (για ανώμαλους κερατοειδείς), ο Rose K2 PG (για χρήση έπειτα από μεταμόσχευση του κερατοειδή), και ο Rose K2 NC (για κερατόκωνο τύπου θηλής). Η τελευταία εξέλιξη των Rose K2 είναι ο μικρός φακός Rose K2 XL ο οποίος κυκλοφόρησε τον Ιανουάριο του 2013. Η συγκεκριμένη οικογένεια φακών επαφής είναι τετρακαμπυλωτοί και στην εφαρμογή τους πρέπει η κεντρική και η περιφερειακή περιοχή του φακού να εφαρμόζουν ελάχιστα με τον κώνο. Για να επιτευχθεί σωστά το παραπάνω, ο εφαρμοστής μπορεί να παραγγείλει πιο χαλαρούς ή πιο σφιχτούς φακούς ανάλογα με την περίπτωση (υπάρχει διαθεσιμότητα ανά 0.50mm) όμοια, η παραγγελία μπορεί να αλλάξει και με το αν δημιουργείται περιφερειακή ανύψωση του φακού. Αυτή η ομάδα φακών συνδυάζουν υψηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο και μικρή διάμετρο (8.70 mm) γεγονός που τους καθιστά ιδιαίτερα άνετους στη χρήση, ακόμα και από ασθενείς με προχωρημένο στάδιο κερατόκωνου. Το κυριότερο στοιχείο που τους χαρακτηρίζει είναι η προσαρμογή της οπτικής ζώνης ανάλογα με τον κερατόκωνο η οποία προφυλάσσει την κορυφή του κώνου. Οι συγκεκριμένοι φακοί επαφής προσαρμόζουν το εύρος της οπτικής ζώνης σύμφωνα με τη βαρύτητα του κερατόκωνου έτσι ώστε να ακουμπά ελάχιστα το σημείο που βρίσκεται ο κώνος με την επιφάνεια του φακού επαφής. Στους φακούς με μεγάλη διάμετρο οπτικής ζώνης άσχετα με το θα επιτευχθεί σωστή ή απλώς ικανοποιητική εφαρμογή, η κεντρική περιοχή του κώνου έρχεται πάντα στη λιγότερο δυνατή επαφή με το φακό και ταυτόχρονα δεν δημιουργείται λίμναση δακρύων σε αυτή την περιοχή όπως θα δημιουργούνταν με άλλο τύπο φακών. Η λίμναση των δακρύων αποτελεί τον κύριο παράγοντα για την εμφάνιση δυσανεξίας. Η δυσανεξία είναι ο κύριος λόγος που οι χρήστες συμβατικών φακών επαφής καταφεύγουν σε χειρουργικές λύσεις, αυτό το σύμπτωμα έρχονται να καταρρίψουν οι φακοί Rose K. Παράλληλα, είναι κατασκευασμένοι από σκληρό υλικό και έτσι εξασφαλίζεται το σταθερό σχήμα του φακού. Στους δοκιμαστικούς φακούς που υπάρχουν όσο μειώνεται η ακτίνα καμπυλότητας μειώνεται και το εύρος της οπτικής ζώνης. Αυτό είναι και το μειονέκτημά τους, δηλαδή ότι στις πολύ μικρές ακτίνες καμπυλότητας έχουν και πολύ μικρές οπτικές ζώνες (έως και 4mm) με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται ιδιαίτερα τα συγκεκριμένα άτομα κατά τη νυχτερινή τους όραση λόγω της διαστολής της κόρης. Ταυτόχρονα, η μικρή διάμετρος της οπτικής ζώνης δημιουργεί λανθασμένη επικέντρωση του φακού. (Μπουφίδης, 2005)



Εικόνα 72: Εφαρμογή σκληρών φακών επαφής.

(<http://www.myopialaser.gr/images/Fig3.jpg>)



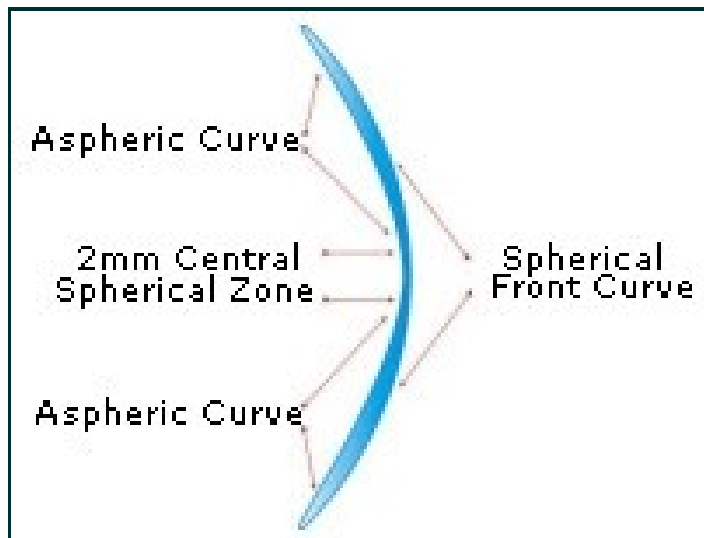
Εικόνα 73: Εφαρμογή φακών Rose K.

(Μπουφίδης, 2005)

· Οι **Soper K** είναι δικάμπυλωτοί και το σετ των δοκιμαστικών φακών περιλαμβάνει 10 φακούς αριθμημένους σε αλφαβητική σειρά από το A έως το J. Για τα αρχικά στάδια του κερατόκωνου χρησιμοποιούνται οι φακοί από το A έως το D οι οποίοι έχουν διάμετρο 7.50 mm, για τα μεσαία στάδια από το E έως το G με διάμετρο 8.50 και για τα προχωρημένα από το H έως το J με διάμετρο 9.50 mm. Σε αυτούς όσο πιο μεγάλη είναι η ακτίνα καμπυλότητας τόσο μεγαλύτερη γίνεται και η διάμετρος της οπτικής ζώνης. Οι φακοί αυτοί έχουν μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας και σε αυτό υπερτερούν από τους Rose K2. Με τη χρήση αυτών των φακών ο εφαρμοστής στοχεύει όχι τόσο στο να εφαρμόσει ακριβώς τον φακό στην επιφάνεια του κερατοειδή αλλά να μπορέσει να καλύψει την κάθε πτυχή που έχει δημιουργήσει σε αυτόν ο κερατόκωνος με τον φακό δακρύων που θα δημιουργηθεί ανάμεσα στην οπίσθια επιφάνεια του φακού και στην πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδή. (Κατσούλος, 2010)

· Οι **ComfortKone του Metro Optics** είναι τρικάμπυλωτοί φακοί επαφής οι οποίοι έχουν μία σφαιρική κεντρική οπτική ζώνη με ακτίνα καμπυλότητας 4.00 mm, μία ενδιάμεση ασφαιρική ζώνη ακτίνας καμπυλότητας από 4.00 mm έως 8.00 mm και μια

ασφαιρική περιφερειακή ζώνη η οποία διαβαθμίζεται από A3 έως A25 ανάλογα με τον κώνο. Αυτοί οι φακοί έχουν διάμετρο από 7.5 mm έως 9.5 mm (ανά 0.1 mm). Διατίθενται με οποιοδήποτε σφαιρώμα ανάλογα με την παραγγελία. Ο συγκεκριμένος φακός επιπλατύνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια προκειμένου να καλύψει τον έντονο κώνο που δημιουργείται στον κερατόκωνο. Αυτός ο σχεδιασμός φακών επαφής προορίζεται για περιστατικά ήπιας και μέτριας μορφής κερατόκωνου και στοχεύει στο να δημιουργήσει ένα είδος θόλου πάνω από την γωνία του κώνου. Στην περιφέρεια γίνεται πιο επίπεδος ακολουθώντας το σχήμα του περιφερειακού φυσιολογικού κερατοειδούς. Στα περιστατικά του κερατόκωνου που συνοδεύονται από πρεσβυωπία οι φακοί αυτοί βρίσκουν συχνότερη αποδοχή όταν γίνεται η σωστή εφαρμογή και επικέντρωση από τον ειδικό. (metro-optics,2014)



Εικόνα 74: Κατασκευή των φακών ComfortKone.

- Οι τρικαμπυλωτοί φακοί επαφής **Dualascon της Eyeart** μοιάζουν πολύ με τους Rose K2 αλλά διαθέτουν μεγαλύτερες οπτικές ζώνες και δεν έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας πρόσθιας αστιγματικής οπτικής ζώνης. Η οπτική τους ζώνη λόγω του μεγέθους τους καλύπτει εντελώς το κορικό πεδίο ακόμα και όταν υπάρχει αυξημένη κινητικότητα στην εφαρμογή. Οι ακτίνες καμπυλότητας είναι από 5.10 mm έως 8.60 mm και μεταβάλλονται ανά 0.10 mm ανάλογα με το στάδιο και την περίπτωση του κερατόκωνου και για αυτό υπάρχει η δυνατότητα να διορθωθεί σε πολύ καλό βαθμό ο αστιγματισμός. Διατίθενται από +40.00 mm έως -35.00 mm (ανά 0.25 mm) και με διάμετρο 9.50 mm. Για την καλύτερη σταθεροποίηση του φακού επαφής στον κερατοειδή είναι δυνατόν να κατασκευαστούν και με αντίστροφη γεωμετρία. Τέλος, οι φακοί αυτοί έχουν ασφαιρική σχεδίαση και υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής τους με υβριδικό σχεδιασμό. (Κατσούλος,2010)

- Οι **Quad-sym της Lens Dynamics** είναι μια καινοτομία στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς επαφής καθώς χωρίζονται σε 4 τεταρτημόρια (άνω, κάτω, ρινικό και κροταφικό) και υπάρχει η δυνατότητα παραγγελίας διαφορετικής καμπυλότητας για το κάθε τεταρτημόριο. Τα τεταρτημόρια χωρίζονται στις ώρες του φακού ως εξής: 1^ο τεταρτημόριο = 4:30 έως 1:30, 2^ο τεταρτημόριο = 1:30 έως 10:30, 3^ο τεταρτημόριο = 10:30 έως 7:30 και 4^ο τεταρτημόριο = 7:30 έως 4:30. Με αυτή τη σχεδίαση επιτυγχάνεται

σωστή εφαρμογή σε όλη την περιφέρεια του φακού. Οι φακοί αυτοί είναι πολύ χρήσιμοι σε περιστατικά όπου με άλλους φακούς παρατηρούνταν ανύψωση των άκρων του φακού επαφής. (lens dynamics, 2014)

4.2.3 Υβριδικοί φακοί επαφής

Οι υβριδικοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής αποτελούν ένα νέο τεχνολογικό επίτευγμα στο χώρο των φακών επαφής που σχεδιάστηκαν για τη διόρθωση του κερατόκωνου. Καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα διαθλαστικών και παθολογικών ανωμαλιών του οφθαλμού όπως υψηλό αστιγματισμό, πρεσβυωπία, κερατόκωνο, και μετεγχειρητικές διαθλαστικές ανωμαλίες. Ο επαναστατικός σχεδιασμός τους επιτυγχάνει το συνδυασμό ενός σκληρού αεροδιαπερατού φακού στο κέντρο και ενός πιο μαλακού από υδρόφιλο υλικό στην περιφέρεια. Ο συγκεκριμένος φακός επαφής εφάπτεται με τον κερατοειδή με μαλακό του μέρος και αποτελεί τον συνδυασμό όλων των ωφέλιμων χαρακτηριστικών και των δύο ειδών φακών επαφής. Ειδικότερα, προσφέρει στον χρήστη την καθημερινή άνεση και ευκολία χρήσης ενός μαλακού φακού επαφής, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει και τα οπτικά χαρακτηριστικά πιο ευκρινούς όρασης και το υψηλό επίπεδο οξυγόνωσης ενός σκληρού αεροδιαπερατού σκληρού(RGP) φακού επαφής. Η καλύτερη ποιότητα όρασης και η διόρθωση του αστιγματισμού επιτυγχάνεται επειδή το μαλακό μέρος του κεντράρει καλύτερα το φακό πιο κοντά στον άξονα της όρασης, άσχετα με το υπάρχον κερατοειδικό σφάλμα. Επιπροσθέτως, ο υβριδικός σχεδιασμός εμποδίζει τη σκόνη να εισχωρήσει κάτω από το φακό και τον κρατά περισσότερο σταθερό προστατεύοντάς τον να μην πέσει από τον οφθαλμό. Τόσο ο καθαρισμός όσο και η συντήρησή τους είναι ίδια με των μαλακών φακών. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος σε συνδυασμό με της ανάγκη του για συχνή αντικατάσταση και η αντοχή τους επειδή είναι εύκολο να διαχωριστεί ο φακός στο σημείο ένωσης του ημίσκληρου και του μαλακού φακού. Για αυτό τον λόγο η χρήση τους έχει μειωθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια. Οι υβριδικοί φακοί επαφής χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες της μεγάλης και της μικρής διαμέτρου. Οι μικρής διαμέτρου χρησιμοποιούνται κυρίως όταν ο χρήστης έχει πρόβλημα δυσανεξίας στη χρήση σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής από την τριβή των φακών με το άνω βλέφαρο. Οι μικρής διαμέτρου χρησιμοποιούνται όταν δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική όραση με τους μαλακούς φακούς επαφής και δημιουργείται και δυσανεξία με τους ημίσκληρους. (alcmason, 2014) (Κατσούλος,2010)

Διαθεσιμότητα υβριδικών φακών επαφής

· Ο **Softperm της Ciba Vision** είναι δикаμπυλωτός με ακτίνες καμπυλότητας 6.50mm, 6.70mm, 6.90mm και από 7.10mm έως 8.10mm ανά 0.10 mm. Κατασκευάζεται με διάμετρο 14.30 mm και διαθεσιμότητα σφαιρώματος από +6.00D έως -16.00 D. Ο συγκεκριμένος φακός δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα καθώς τα μειονεκτήματά του είναι περισσότερα από τα θετικά που προσφέρει. Προσφέρει άνεση και σωστή επικέντρωση καθώς επίσης και διόρθωση του αστιγματισμού όμως, έχει πολύ χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο (14 Dk στην άκαμπτη ζώνη στο κέντρο και 5.5 Dk στην μαλακή περιφέρεια). Επειδή σε αυτούς τους φακούς ο εφαρμοστής μπορεί να επιλέξει μόνο την καμπυλότητα της κεντρικής ζώνης, δεν επιτυγχάνεται σωστή εφαρμογή. Εξαιτίας της εφαρμογής έχουν παρατηρηθεί περιστατικά οιδήματος και νεοαγγείωσης λόγω υποξίας. Για τους παραπάνω λόγους η χρήση τους συνίσταται για συγκεκριμένες περιπτώσεις και για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα (λίγες ώρες). (Bennett, 2005)

- Οι υβριδικοί φακοί της εταιρείας **Synergeyes** διατίθενται με διάμετρο 14.50 mm, ακτίνα καμπυλότητας από 5.50 έως 7.70 (ανά 0.20 mm) και έχουν κεντρική οπτική ζώνη 9.00 mm . Η ιδιαιτερότητά τους είναι ότι μπορούν να παραγγελθούν με 3 διαφορετικές καμπυλότητες στη μαλακή τους περιφέρεια ανάλογα με την περίπτωση (flat, medium και steep).

- Οι Scleraflex κατασκευάζονται από το Harmony και έχουν δείκτη διαπερατότητας σε οξυγόνο 50 Dk. Έχουν καμπυλότητα από 5.80 mm έως 8.00 mm και είναι τρικαμπυλωτής σχεδίασης. Η ιδιαιτερότητά τους είναι ότι η μεσαία και η περιφερειακή τους ζώνη είναι δυνατόν να παραγγελθούν ανάλογα με την περίπτωση τόσο σε εύρος όσο και σε ακτίνα καμπυλότητας. Τέλος, μπορούν να κατασκευαστούν με αντίστροφη γεωμετρία και με πολυεστιακή ισχύ για περίπτωση συνύπαρξης πρεσβυωπίας. (Κατσούλος,2010)

- Ο **Dualascon Flex** είναι φακός ασφαιρικός τρικαμπυλωτός μεγάλης διαμέτρου με άκαμπτο κέντρο και μαλακή περιφέρεια. Οι συγκεκριμένοι φακοί είναι πολύ άνετοι και παρέχουν άριστη όραση στους ασθενείς που έχουν κερατόκωνο. Αποτελούνται από δύο κεντρικές ασφαιρικές ζώνες με διάφορες εκκεντρότητες προκειμένου να μπορούν να ταιριάζουν με τους περισσότερους κερατοκωνικούς κερατοειδείς. Η περιφερειακή ζώνη είναι σφαιρική και παρέχει καλή διαβροχή των δακρύων. Εξαιτίας του σχεδιασμού του ακουμπά ελάχιστα το κεντρικό κομμάτι του κερατοειδούς. Η κεντρική ζώνη έχει καμπυλότητα 8.00 mm ενώ η περιφερειακή από 8.00 mm έως 9.50 mm. Κατασκευάζονται με ακτίνα καμπυλότητας από 5.10 mm έως 8.60 mm (ανά 0.10 mm), διάμετρο 9.50 mm και με σφαιρώματα από +20.00 D έως -25.00 D (ανά 0.25 D). (tradeim,2007)



Εικόνα 75: Εφαρμογή Υβριδικών φακών επαφής στον οφθαλμό.

(<http://www.ofthalmologiko-iatrio.gr/images/products/1229437453-scan0036.jpg>)



Εικόνα 76: Υβριδικοί φακοί επαφής.

(<http://www.alcmaeon.com.gr/%CF%83%CF%85%CF%87%CE%BD%CE%AD%CF%82-%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/>)

4.2.4 Εφαρμογή Piggyback

Λόγω του αυξημένου κόστους και των προβλημάτων στη αντοχή των υβριδικών φακών επαφής, οι εφαρμοστές χρησιμοποιούν το σύστημα Piggyback. Πρόκειται για τη χρήση δύο φακών επαφής στον ίδιο οφθαλμό, ενός μαλακού από κάτω και ενός σκληρού αεροδιαπερατού από πάνω. Ο μαλακός είναι εκείνος που λειτουργεί σαν υπόστρωμα και ακουμπά επάνω στον κερατοειδή και ο ημίσκληρος αναλαμβάνει την οπτική διόρθωση. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται από το 1970 και ξεκίνησε να εφαρμόζεται σε άτομα τα οποία είχαν δυσανεξία στη χρήση των RGP φακών επαφής χωρίς να χάνουν

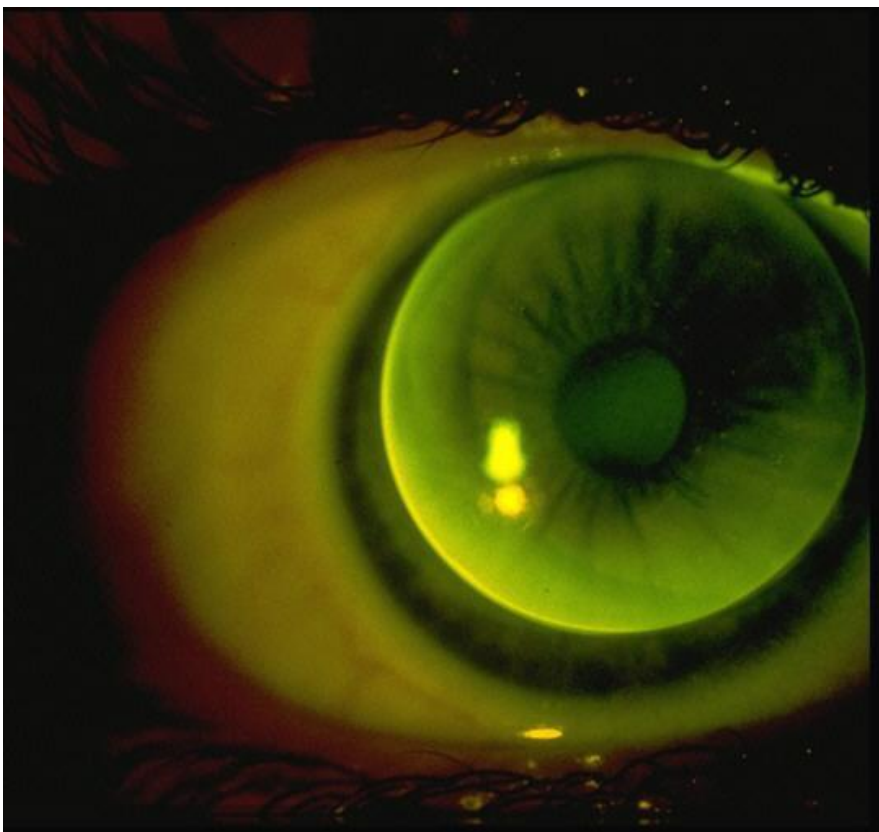
σε οπτική απόδοση και σε άτομα όπου ο κερατοειδής τους έχει γίνει πολύ λεπτός με σκοπό την αποφυγή της μηχανικής τριβής από τον ημίσκληρο φακό. Με αυτή την τεχνική επιτυγχάνεται ταυτόχρονα και η καλύτερη δυνατή οπτική αποκατάσταση και μεγαλύτερη άνεση στη χρήση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στην αρχή οι εφαρμοστές συνδύαζαν μαλακούς φακούς υδρογέλης και σκληρούς αεροδιαπερατούς με χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο και για αυτό το λόγο προκλήθηκαν κερατοειδικά οιδήματα και νεοαγγειώσεις λόγω υποξίας και διακόπηκε η χρήση τους. Στη συνέχεια, χάρη στους φακούς σιλικόνης-υδρογέλης και στον επαναστατικό σχεδιασμό τους καθώς επίσης και των ημίσκληρων με υψηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο, η χρήση της εφαρμογής Piggyback συνεχίστηκε για δύσκολες κερατοκωνικές περιπτώσεις. Συνήθως χρησιμοποιούνται είτε φακοί σιλικόνης-υδρογέλης, οι οποίοι έχουν υψηλή μεταβιβαστικότητα σε οξυγόνο και λειτουργούν σαν ασπίδα προστασίας για τον κερατοειδή, είτε οι φακοί ημερήσιας αντικατάστασης επειδή δεν απαιτούν κάποια ιδιαίτερη φροντίδα και καθαρισμό. Επιπροσθέτως, είναι σαφές ότι για την επίτευξη του σωστού αποτελέσματος απαιτείται η επιλογή της σωστής καμπυλότητας, διαμέτρου και υλικού του φακού για την κάθε ξεχωριστή περίπτωση ασθενούς. Η διαθεσιμότητα των φακών για την εφαρμογή Piggyback είναι μεγάλη. Κάποιοι από αυτούς είναι οι Oasys, Acuvue 2 και Advance (J&J), οι Purevision (bausch & lomb), οι Acuvue 1 Day Moist και True Eye (J&J), οι Softlens daily disposable (bausch & lomb), κ.α. Η εφαρμογή του μαλακού φακού επαφής είναι φυσικό να αλλάζει την καμπυλότητα του κερατοειδή που πάνω σε αυτή θα «κουμπώσει» ο σκληρός αεροδιαπερατός. Ένας θετικός μαλακός φακός μετατρέπει πιο κυρτή την καμπυλότητα του κερατοειδούς ενώ ένας αρνητικός θα επιπεδώσει την καμπυλότητα του συστήματος που θα δημιουργηθεί. (Πουρελέ, 2013)

Υπάρχουν δύο τακτικές για την σωστή δημιουργία συστήματος Piggyback. Στις περιπτώσεις παράκεντρου κερατόκωνου μπορεί να γίνει η τοποθέτηση ενός θετικού σφαιρικού μαλακού φακού μέτριας ισχύος (έως +6.00 D) για να μεταφερθεί η κορυφή του συστήματος πιο κεντρικά. Αντίθετα σε περιστατικά που ο κώνος είναι κεντρικός συνιστάται η χρήση ενός αρνητικού σφαιρικού φακού για να μειωθεί η διαφορά στις διοπτρίες μεταξύ κορυφής και κέντρου. Αντίστοιχα, εάν ο εφαρμοστή προτιμά να επιλέξει τον ημίσκληρο χωρίς να επηρεάζεται από τον μαλακό, μπορεί να τοποθετήσει ένα μαλακό φακό αρνητικό ή θετικό με χαμηλή ισχύ (1.00 D) γιατί σε αυτή την περίπτωση δεν θα επιφέρει κάποιου είδους αλλαγή στην καμπυλότητα του κερατοειδούς. Σύμφωνα με τη δεύτερη δυνατή τακτική, επιλέγεται ένας μαλακός φακός με μέτρια ή υψηλή δύναμη και ο ημίσκληρος που τοποθετείται από πάνω είναι μικρότερης διοπτρικής δύναμης. Με αυτόν τον τρόπο ο φακός είναι πιο λεπτός στα άκρα και μειώνεται σε ένα σημαντικό βαθμό η μηχανική επίδραση του φακού στα βλέφαρα. Όσον αφορά την σωστή επιλογή σκληρού αεροδιαπερατού φακού επαφής, ενδείκνυται φακός με υψηλό δείκτη διαπερατότητας σε οξυγόνο και ταυτόχρονα να χαρακτηρίζεται από καλή ιδιότητα διαβροχής και ακαμψίας. (Κατσούλος, 2010)



Εικόνα 77: Εφαρμογή Piggyback.

(http://openi.nlm.nih.gov/imgs/512/332/3065576/3065576_opth-5-331f1.png)



Εικόνα 78: Φακοί επαφής με σύστημα Piggyback κατά τη χρώση με φλουροσκεΐνη στη σχισμοειδή λυχνία.

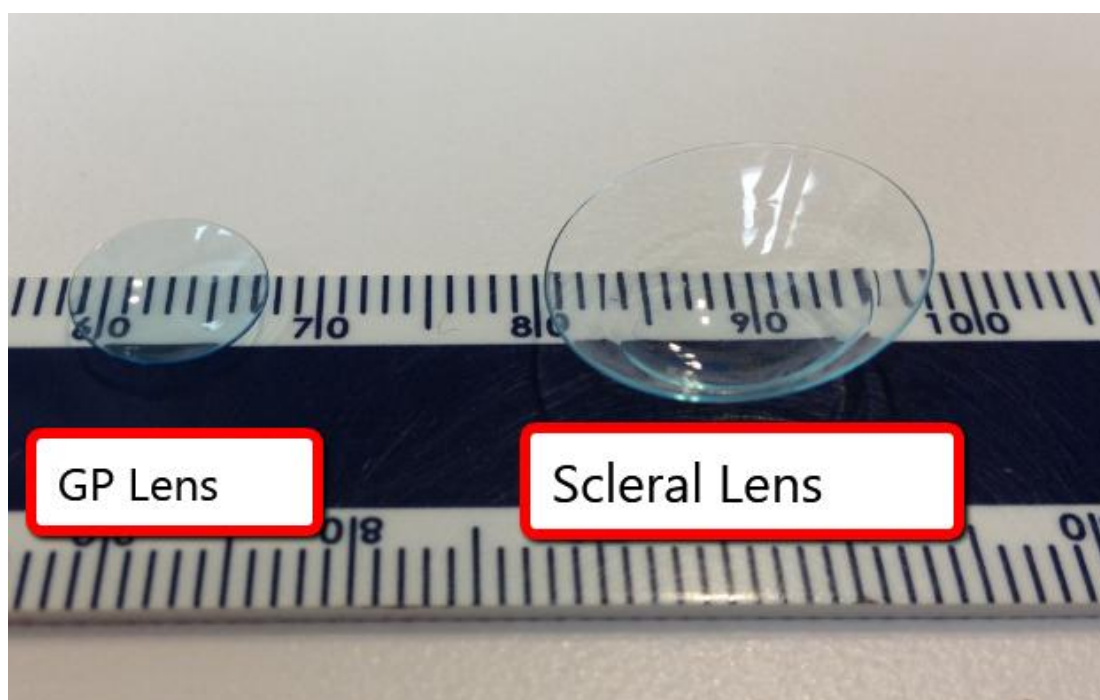
(<http://www.bausch.gr/ecp/-/m/BL/Greece/Images/ECP/For%20Your%20Practice/Clinical%20Photos/Soft%20Contact%20Lenses/Soft-lens-under-rigid-lens-piggy-back-fluorescein.jpg>)

4.2.5 Απτικοί Σκληρικοί Φακοί Επαφής

Οι απτικοί σκληρικοί φακοί χρησιμοποιούνται όταν ο χρήστης έχει δοκιμάσει τους υπόλοιπους φακού και δεν είναι ικανοποιημένος, δεν επιτυγχάνει δηλαδή καλή ποιότητα όρασης και σταθερότητα στην εφαρμογή. Κατασκευάζονται με μεγαλύτερη διάμετρο από τους υπόλοιπους, έως 23mm, και καλύπτουν τον κερατοειδή, την ίριδα, το σκληροκερατοειδές όριο και ένα μέρος του σκληρού χιτώνα. Είναι ο πρώτος τύπος φακών που δημιουργήθηκε και κατασκευάζονται από υδρόφοβο πλαστικό υλικό που λόγω αυτού το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι ότι δεν επιτρέπουν στο οξυγόνο να εισέλθει στον κερατοειδή. Οι σκληρικοί φακοί επαφής χρησιμοποιούνταν και στο παρελθόν όμως τον 21ο αιώνα επανεμφανίστηκαν με μεγάλη βελτίωση στα υλικά κατασκευής τους και στην εφαρμογή που κάνουν στον οφθαλμό. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα στην εφαρμογή του είναι ότι στηρίζονται μόνο στον σκληρό χιτώνα του οφθαλμού χωρίς να επηρεάζουν τον κερατοκωνικό (παθολογικό) κερατοειδή. Αυτός ο τύπος φακών αποτελεί εναλλακτική επιλογή σε δύσκολα περιστατικά για να μην καταφύγουν σε χειρουργική λύση. (Athens Vision, 2014)



Εικόνα 79: Εφαρμογή σκληρών φακών επαφής.
(<http://www.allaboutvision.com/contacts/scleral-lenses.htm>)



Εικόνα 80: Μέγεθος ημίσκληρων και σκληρών φακών επαφής.
(<http://www.greatvisioncare.com/specialty-contact-lenses/>)

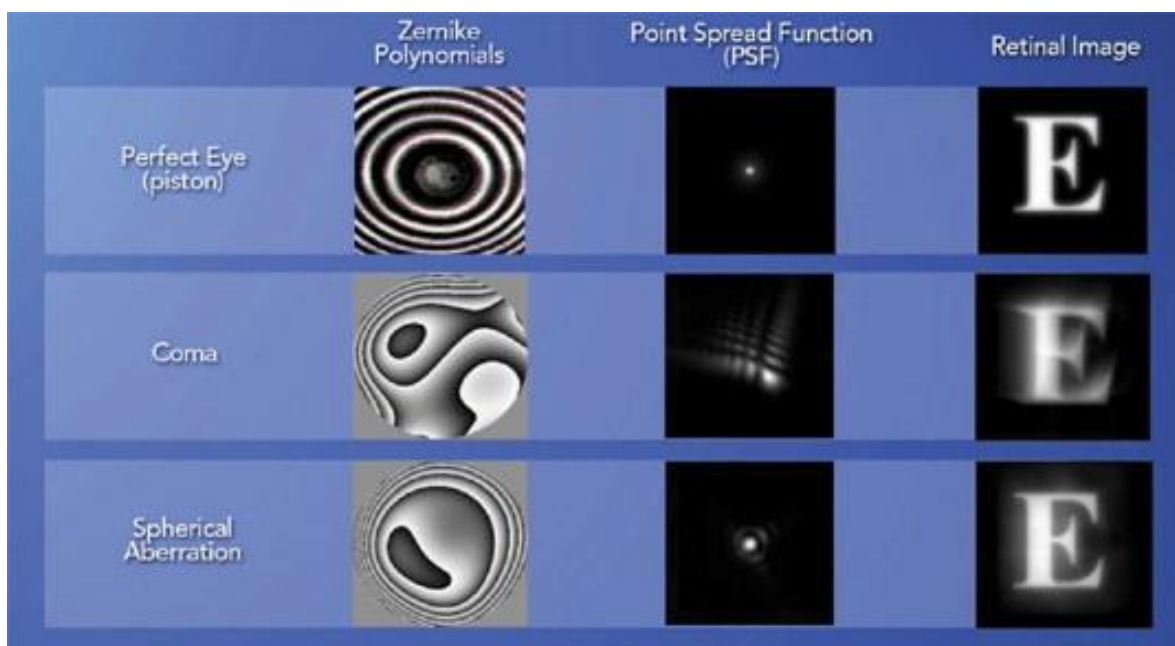
4.2.6 Μαλακοί φακοί επαφής τεχνολογίας Wavefront

Όλοι οι οφθαλμοί, ακόμα και οι φυσιολογικοί, έχουν κάποιου βαθμού και υψηλής και χαμηλής τάξης εκτροπές στην κερατοειδική τους επιφάνεια. Ανάλογα με την εξέλιξη της πάθησης, οι κερατοκωνικοί οφθαλμοί συνοδεύονται με αυξημένες εκτροπές τόσο χαμηλής όσο και υψηλής τάξης. Οι εκτροπές υψηλής τάξης έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην όραση του ασθενούς και ένας απλός φακός επαφής δεν συντελεί και τόσο στη μείωση τους. Ένας φακός με τεχνολογία Wavefront είναι ένας υδρόφιλος μαλακός φακός, ο οποίος έχει τα χαρακτηριστικά ενός συμβατικού μαλακού φακού επαφής, που εκτός από τη διαθλαστική διόρθωση που προσφέρει (την μείωση εκτροπών χαμηλής τάξης) διορθώνει και τις εκτροπές υψηλής τάξης. Οι συγκεκριμένοι φακοί μπορούν να επιτύχουν ίση ή ακόμα και καλύτερη οπτική οξύτητα και ευαισθησία αντίθεσης από τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς επαφής. Αυτό συμβαίνει διότι οι σκληροί αεροδιαπερατοί εξουδετερώνουν μόνο τις εκτροπές από την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς ενώ οι wavefront φακοί είναι σχεδιασμένοι για να διορθώνουν όλες τις εκτροπές του οφθαλμού. Με τους ημίσκληρους ή τους υβριδικούς φακούς επαφής διορθώνεται η αρνητική κατακόρυφη κόμη (εκτροπή υψηλής τάξης) της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, όμως όταν η εκτασία του είναι προχωρημένη και στην οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, τότε θα εμφανιστεί και θετική κόμη. Οι συγκεκριμένοι φακοί επαφής έχουν τη και διόρθωση για τις εκτροπές υψηλής τάξης είτε στην πρόσθια είτε στην οπίσθια επιφάνειά τους. Όταν την έχουν στην οπίσθια επιφάνειά τους, ουσιαστικά κατασκευάζονται σαν ένα πλήρες αντίγραφο της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδή του κερατοκωνικού οφθαλμού άρα έχουν και τέλεια εφαρμογή και σταθερότητα. Ταυτόχρονα από πλευρά σχεδιασμού είναι και πιο λεπτοί φακοί από τους κοινούς κερατοκωνικούς διότι ενσωματώνουν και την ασύμμετρη διόρθωση. Επομένως δεν στηρίζονται στο πάχος τους για τη διόρθωση των εκτροπών. (Κατσούλος, 2010) (Sabesan, 2007)

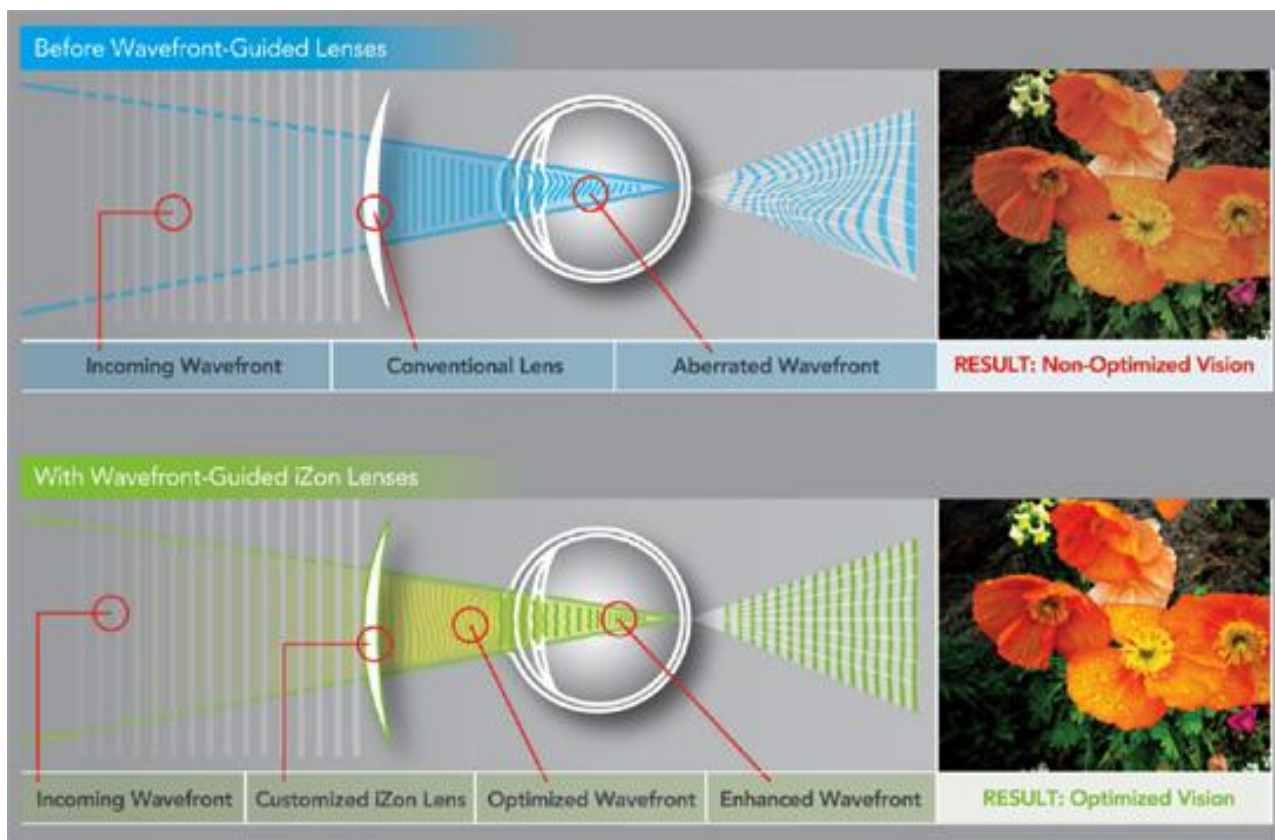
Διαθεσιμότητα μαλακών φακών επαφής τεχνολογίας Wavefront

· Οι **Unique KC της Eyeart**. Ο σχεδιασμός τους βασίζεται στον εξατομικευμένο ασύμμετρο οπτικό σχεδιασμό μετώπου κύματος που μπορεί να διορθώσει τις εκτροπές που μειώνουν την ποιότητα της όρασης στους κερατοκωνικούς οφθαλμούς όπως η κόμη και η σφαιρική εκτροπή. Ο συγκεκριμένος φακός είναι υδρόφιλος και προσφέρει η άνεση ενός μαλακού φακού επαφής σε συνδυασμό με την οπτική οξύτητα που επιτυγχάνει ένας σκληρός και μπορεί να σχεδιαστεί για πρεσβυωπικά περιστατικά. Κατασκευάζονται ενσωματώνοντας την κάθετη κόμη στην πρόσθια επιφάνεια τους και δυνητικά διορθώνουν την κάθετη κόμη από όλον τον κερατοειδή. Επίσης, λειτουργούν με πρισμοδυναμική σταθεροποίηση. Διατίθενται με ακτίνες καμπυλότητας 7.80 mm έως 9.40 mm (ανά 0.10 mm) , σφαιρώματα από +25.00 D έως -30.00 D (ανά 0.25 D), κυλίνδρους -0.25D έως -12.00 D (ανά 0.25 D), εύρος διαμέτρων από 14.50 mm έως 15.00 mm και κόμη έως 2.00 μm . Είναι φακοί σιλικόνης-υδρογέλης με δείκτη διαπερατότητας σε οξυγόνο 60 Dk και 42 % νερό. Τέλος, οι συγκεκριμένοι φακοί είναι 3 φορές πιο λεπτοί από τους συμβατικούς μαλακούς φακούς επαφής που κυκλοφορούν. (Κατσούλος, 2010)

· Οι Wave της Wave Contact Lens System. Μπορούν να κατασκευαστούν και από υδρόφιλα και από σκληρά αεροδιαπερατά υλικά και δυνητικά διορθώνουν όλες τις αμετρωπίες και ταιριάζουν σε όλους τους κερατοειδείς. Για το σχεδιασμό τους είναι απαραίτητο ο εφαρμοστής να διαθέτει τοπογράφο της Ορτίκον 2000 και ενός ειδικού λογισμικού. (Κατσούλος, 2010)



Εικόνα 81: Είδωλα αντικειμένων σε οφθαλμό χωρίς εκτροπές, κόμη και σφαιρική εκτροπή. (<http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=100600>)



Εικόνα 82: Όραση χωρίς και με φακών επαφής τεχνολογίας Wavefront.
<http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=100600>

4.3 Collagen Cross-Linking

Πρόκειται για μια σύγχρονη μέθοδο διασύνδεσης του κολλαγόνου του κερατοειδούς με την οποία επιτυγχάνεται ένα πολύ καλό θεραπευτικό αποτέλεσμα για τον κερατόκωνο. Αυτό που ουσιαστικά επιτυγχάνει η συγκεκριμένη διαδικασία είναι να «παγώσει» την εξέλιξη του κώνου σχεδόν στο 100% των περιστατικών. Ταυτόχρονα, σε αρκετά μεγάλο ποσοστό ασθενών έχει παρατηρηθεί, στην επισκόπηση στον τοπογράφο, επιπέδωση- σμίλευση του κώνου (η οποία κρατά για μήνες έπειτα από την επέμβαση) και βελτίωση της όρασης του ασθενούς. Τα τελευταία χρόνια, η συγκεκριμένη τεχνική ενδυνάμωσης του ιστού του κερατοειδούς είναι πλέον πιστοποιημένη από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα (CE mark) για χρήση στην Ευρώπη, την Αμερική και την Αυστραλία. Είναι μια μέθοδος που αρχικά αναπτύχθηκε στην Γερμανία το 1998 από την ερευνητική ομάδα του καθηγητή Theo Seiler στο Πανεπιστήμιο της Δρέσδης και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν κλινικές μελέτες στην Ιταλία από το 2005, και στην Αμερική από το 2008. Έως τώρα δεν έχουν παρατηρηθεί μετεγχειρητικές επιπλοκές και για αυτόν το λόγο αυτή η διαδικασία έχει χαρακτηριστεί ως μία ασφαλής και αποτελεσματική μέθοδος σταθεροποίησης αλλά όχι εξάλειψης του κερατοκώνου και των άλλων εκτασιών του κερατοειδή. (eyedayclinic, 2013)

Το στρώμα του κερατοειδή αποτελείται από ίνες κολλαγόνου στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους όπου στην περίπτωση του κερατοκωνικού κερατοειδή η σύνδεση χαλαρώνει και ο κερατοειδής είναι πιο ελαστικός και πιο μαλακός. Με την πρωτοποριακή μέθοδο του cross-linking επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση των ινών του κολλαγόνου

και ο κερατοειδής σκληραίνει ώστε να μην αλλοιωθεί η μορφή της δομής του κατά την εξέλιξη της πάθησης. Με τη μέθοδο αυτή, δίνεται η δυνατότητα στον ασθενή, ανάλογα πάντα με το στάδιο που βρίσκεται, να αποφύγει την εξέλιξη των παθολογικών καταστάσεων που ενδέχεται με τον χρόνο να οδηγήσουν στη λύση της μεταμόσχευσης του κερατοειδή. Το cross-linking είναι η μόνη μη-επεμβατική μέθοδος για την θεραπεία του κερατόκωνου. Πριν την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται ο απαραίτητος προεγχειρητικός έλεγχος ο οποίος περιλαμβάνει μια σειρά εξετάσεων : μέτρηση της όρασης, τοπογραφία κερατοειδούς, επισκόπηση στη σχισμοειδή λυχνία, κερατομετρία, μέτρηση την ενδοφθάλμιας πίεσης (τονομέτρηση), μέτρηση της πυκνότητας του ενδοθηλίου, μέτρηση του πάχους του κεντρικού κερατοειδή και βυθοσκόπηση. Αφού μετρηθεί το πάχος του κερατοειδή και ξεπερνά τα 375 μm, η διαδικασία ξεκινά με την τοπική ενστάλαξη αναισθητικών σταγόνων και στη συνέχεια αφαιρείται το επιθήλιο (η επιπολής στιβάδα) του κερατοειδούς και ενσταλάζεται ένα διάλυμα ριβοφλαβίνης (βιταμίνη B2) για 10 λεπτά. Η ριβοφλαβίνη έχει διπλή δράση: συντελεί στην απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας ενώ ταυτόχρονα προστατεύει το εσωτερικό του ματιού από αυτήν. Έπειτα, ελέγχεται από τον χειρουργό εάν η ριβοφλαβίνη έχει εμποτίσει τις βαθύτερες στιβάδες του κερατοειδή και ξεκινά η διαδικασία κατά την οποία μέσω μια πηγής υπεριώδους ακτινοβολίας εφαρμόζεται στον κερατοειδή ακτινοβολία (UV-A) κατάλληλου μήκους κύματος για το κάθε περιστατικό (για να μην επηρεαστούν οι ελαστικές ιδιότητες του κερατοειδή) για 30' περίπου. Ταυτόχρονα, σε όλη τη διάρκεια της ακτινοβολίας ο κερατοειδής ενυδατώνεται με σταγόνες ριβοφλαβίνης και φυσιολογικό ορό όποτε χρειάζεται (συνήθως ανά 3 λεπτά). Με την εφαρμογή της υπεριώδους ακτινοβολίας, τα μόρια της ριβοφλαβίνης αποσταθεροποιούνται και σχηματίζουν καινούριους χημικούς δεσμούς με τα ινίδια του κολλαγόνου που βρίσκονται στον κερατοειδή. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται από τη μια σταθεροποίηση της δομής του κολλαγόνου του κερατοειδούς και από την άλλη σταματά η βλάβη που προκαλεί ο κερατόκωνος στον κερατοειδή εμποδίζοντας την αλλοίωση της μορφής του. Επομένως μέσω της σταθεροποίησης της κερατοειδικής καμπυλότητας, επιτυγχάνεται και καλύτερη οπτική οξύτητα στον ασθενή. Η εφαρμογή της θεραπείας ολοκληρώνεται σε 30 λεπτά και στη συνέχεια τοποθετείται θεραπευτικός φακός επαφής για 2-3 μέρες μέχρι το επιθήλιο να ξαναδημιουργηθεί και να επουλωθεί. Μια βδομάδα μετά την θεραπεία ελέγχονται οι κερατοειδικές μεταβολές και η όραση με τη διόρθωση και στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος για ένα εξάμηνο μια φορά το μήνα. Στο cross-linking πραγματοποιείται απόξεση του κεντρικού επιθηλίου του κερατοειδή με τρεις κάθετες και μία οριζόντια τομή για να μπορέσει η ριβοφλαβίνη να εμποτίσει γρηγορότερα τις βαθύτερες στιβάδες του κερατοειδή και να εισχωρήσει στον πρόσθιο θάλαμο. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες προκειμένου να μην αφαιρείται το στρώμα, όμως σε αυτή την περίπτωση κρίνεται απαραίτητο η ριβοφλαβίνη να παραμείνει για περισσότερο χρόνο κάτω από την υπέρυθρη ακτινοβολία. (Αναστασιλάκης, 2000-2014)

Παράλληλα υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις για να προχωρήσει κάποιος ασθενής στην παραπάνω διαδικασία του cross-linking. Αυτή η μη επεμβατική επέμβαση απευθύνεται σε κερατοκωνικούς ασθενείς 14-40 ετών, σε ασθενείς με κάποια άλλη εκτασία του κερατοειδή και σε ασθενείς με μολυσματική κερατίτιδα που δεν υποχωρεί με κάποια φαρμακευτική αγωγή (η ακτινοβολία UVA σκοτώνει τους ανθεκτικούς μικροοργανισμούς). Γενικά, όλοι οι ασθενείς που επιθυμούν να προχωρήσουν σε αυτή τη μέθοδο, θα πρέπει το πιο λεπτό σημείο του κερατοειδή τους να είναι μεγαλύτερο από 375 μm ώστε να προστατεύεται το ενδοθήλιο του κερατοειδούς από την ακτινοβολία. Σε ασθενείς με ικανοποιητική οπτική οξύτητα πριν την θεραπεία, οι οφθαλμοί τους ενδυναμώνονται τόσο ώστε ελαττώνεται ο κίνδυνος για την εξέλιξη της νόσου. Σε ασθενείς με μέτριο κώνο παρατηρείται σημαντική μείωση της μυωπίας και του αστιγματισμού περίπου δύο διοπτριών κατά μέσο όρο. Τέλος, η παραπάνω διαδικασία αντενδείκνυται σε ασθενείς με πολύ προχωρημένο κερατόκωνο διότι από μόνη της δεν μπορεί συνήθως να βελτιώσει ικανοποιητικά την όραση του ασθενούς. Για αυτούς η καταλληλότερη θεραπεία είναι η μεταμόσχευση του κερατοειδή. (Μάλλιας, 2006)

Επιπρόσθετα, η διαδικασία του Cross-Linking μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις μετεγχειρητικής εκτασίας, όταν δηλαδή έχει υπάρξει η εμφάνιση κάποιου κώνου μετά από επέμβαση laser. Ο κώνος δημιουργείται μόνο όταν ο χειρουργός οφθαλμίατρος από λάθος χειρισμό του εφάρμοσε το laser σε σημείο που δεν έπρεπε.

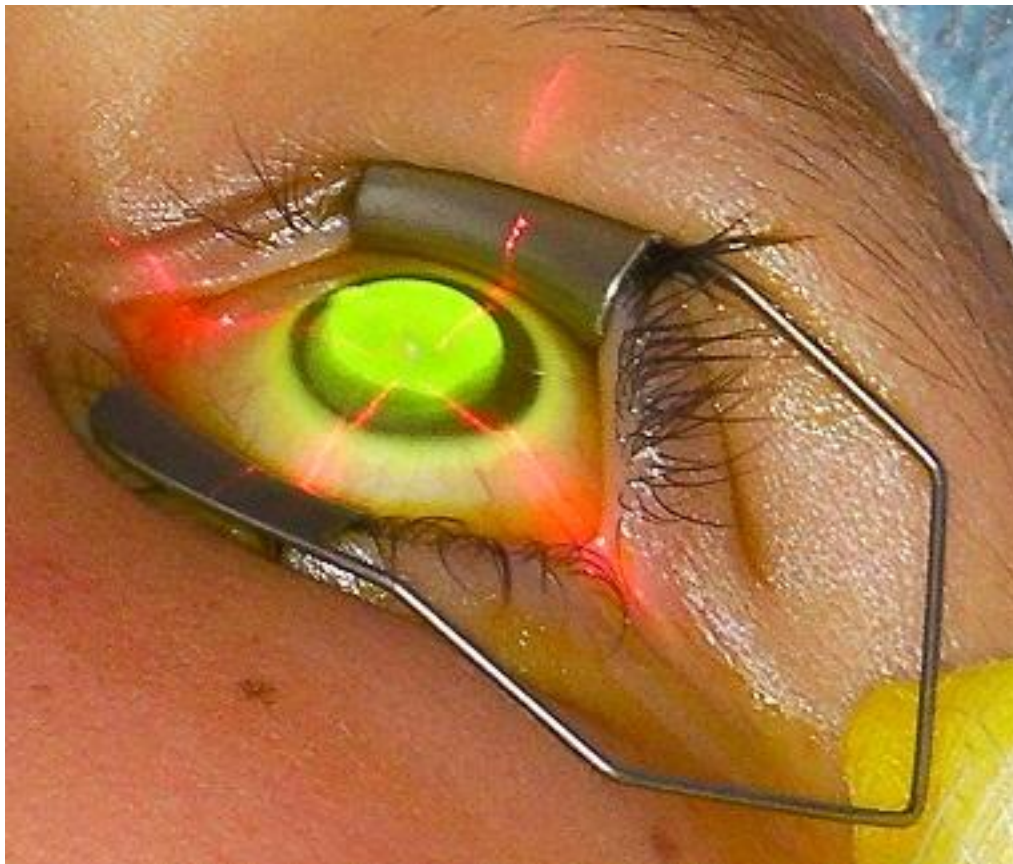
Αξίζει να αναφερθεί ότι από πέρυσι το καλοκαίρι υπάρχει ένα καινούριο μηχάνημα όπου προσφέρει τη δυνατότητα διασύνδεσης κολλαγόνου σε ορισμένα σημεία του κερατοειδή περισσότερο από κάποια άλλα.



Εικόνα 83: Ενστάλαξη διαλύματος ριβοφλαβίνης.
(http://www.kweyemd.com/corneal_crosslinking.htm)



Εικόνα 84: Τοποθέτηση ασθενούς στο μηχάνημα.
(<http://newswise.com/articles/mom-always-said-dont-rub-your-eyes-good-advice-for-eye-conditions-especially-keratoconus>)

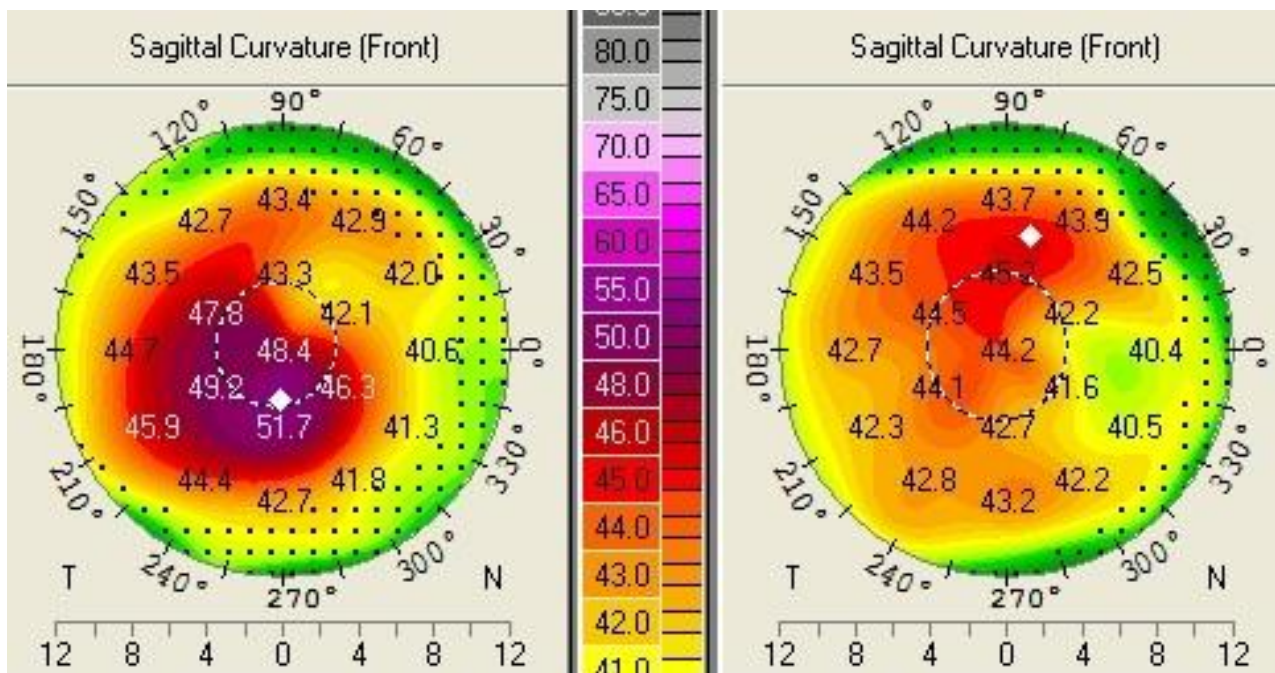


Εικόνα 85: Έκθεση σε UVA ακτινοβολία.
(<http://www.boyceoptometry.com/keratoconus.html>)

4.3.1 Το «Πρωτόκολλο της Αθήνας»

Η εξέλιξη της μεθόδου Collagen Cross – Linking πραγματοποιήθηκε από Έλληνες επιστήμονες είναι και είναι γνωστή με την ονομασία «Πρωτόκολλο της Αθήνας». Πιο συγκεκριμένα αυτή η εξέλιξη πραγματοποιήθηκε από τον Χειρουργό – Οφθαλμίατρο, καθηγητή του πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης, Δρ. Αναστάσιο Ι. Κανελλόπουλο. Ο συγκεκριμένος ειδικεύεται στις μεταμοσχεύσεις του κερατοειδή και έχει εκπαιδευτεί στα Πανεπιστήμια Cornell και Harvard. Αυτός και η ομάδα του είναι δεύτερη ευρωπαϊκή ομάδα και η τρίτη παγκοσμίως, που ασχολήθηκε με το Cross-Linking από το 2002. Η μέθοδος που προτείνει από το 2005 είναι ουσιαστικά ένας συνδυασμός δύο τεχνικών για την εξομάλυνση κάθε ανωμαλίας του κερατοειδούς και τη διασύνδεση του κολλαγόνου, με υψηλότερης ισχύος υπεριώδους ακτινοβολίας για τη σταθεροποίηση του σχήματος του κερατοειδή. Η πρώτη τεχνική είναι η συνηθισμένη θεραπεία διασύνδεσης κολλαγόνου με υπεριώδη ακτινοβολία και χρήση ριβοφλαβίνης (Cross-Linking) κατά την οποία προτείνει την ενστάλαξη σταγόνες ριβοφλαβίνης και έκθεση του κερατοειδή σε υπεριώδη ακτινοβολία (10mW/cm²) για 10 λεπτά. Και η δεύτερη είναι μια τοπογραφικά κατευθυνόμενη μερική φωτοδιαθλαστική, επιφανειακή σμίλευση του κερατοειδούς με το PRK laser που χρησιμοποιείται για τις επεμβάσεις μυωπίας, υπερμετρωπίας και αστιγματισμού αλλά με ειδικά τροποποιημένο τρόπο για να ομαλοποιηθεί η επιφάνεια του κερατοειδή που περιέχει τις ανώμαλες πτυχές που έχουν δημιουργηθεί από τον κερατόκωνο. Σαν αποτέλεσμα επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη ενδυνάμωση του κερατοειδούς και η ομαλοποίησή του που συντελεί σε μεγάλο βαθμό στην οπτική τους βελτίωση. Αυτή η θεραπεία του κερατόκωνου με πολυμερισμό του κολλαγόνου βοηθά τον κερατοκωνικό ασθενή να αποφύγει τη μεταμόσχευση του κερατοειδή. Αποτελεί μια εύκολη διαδικασία για τον ασθενή καθώς διαρκεί μόνο 15 λεπτά για τον κάθε οφθαλμό και είναι ανώδυνη. Μπορεί να έχει μία σχετικά μεγάλη περίοδο ανάρρωσης (2-3 μήνες) όμως ασθενείς που λόγω του κώνου δεν μπορούσαν να φορέσουν σκληρούς διαπερατούς φακούς επαφής, μετά την επέμβαση θα έχουν τη δυνατότητα να έχουν ικανοποιητική όραση η οποία θα πραγματοποιηθεί με γυαλιά ή φακούς επαφής ή ιδανικά χωρίς καμία διόρθωση. Η μοναδική περίπτωση για να δημιουργηθούν επιπλοκές προέρχεται από βλάβη του ενδοθηλίου στην περίπτωση που η έκθεση στην ακτινοβολία πραγματοποιηθεί σε κερατοειδή με πάχος μικρότερο από 375 μm και δεν έχει χρησιμοποιηθεί η τεχνητή εξοίδηση του στρώματος και αύξηση του πάχους του κερατοειδή. Το Cross-Linking αποτελεί μία παρέμβαση ομαλοποίησης του κερατοειδούς καθώς αν πχ. ένας ασθενής έβλεπε 4/10 πριν την επέμβαση, μετά η οπτική του οξύτητα φτάνει τα 7/10. (Laser vision, 2014)

Τέλος, αρκετοί πραγματοποιούν ταυτόχρονη θεραπεία Cross-Linking και στους δύο οφθαλμούς την ίδια μέρα και άλλοι προτείνουν την θεραπεία πρώτα του οφθαλμού με την χαμηλότερη όραση και έπειτα από λίγες βδομάδες πραγματοποιείται και στον άλλο. Η συγκεκριμένη επέμβαση προκαλεί κάποια μυωπία διότι ο κώνος στην ουσία μεταφέρεται από κάτω-κροταφικά προς το κέντρο, όμως υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν οι αντίστοιχοι βαθμοί για να διορθωθεί. Αντίθετα αν επιθυμούμε να μην πειράξουμε τους βαθμούς, το laser χρησιμοποιείται με μία ειδική ρύθμιση ώστε να μην υπάρξει και αλλαγή στη διάθλαση. Το πιο σύγχρονο μηχάνημα που χρησιμοποιείται είναι το KXL της AVEDRO, το οποίο σε λίγα μόλις λεπτά επιτυγχάνει την ταυτόχρονη αύξηση της UVA ακτινοβολίας και τη μείωση του χρόνου έκθεσης του ατόμου σε αυτή, ενώ διατηρεί το συνολικό ποσό ενέργειας που απαιτείται για την επέμβαση. (laser vision, 2014)



Εικόνα 86: Τοπογραφία κερατοειδούς πριν και μετά το Πρωτόκολλο της Αθήνας.
<http://www.laservision.gr/wp-content/uploads/2012/02/Ath-PROT2.jpg>



Εικόνα 87: Μηχάνημα για την επέμβαση.
<http://www.ilmo.it/wp-content/uploads/2011/10/Avedro-equipment.jpg>

4.4 Ενδοστρωματικοί Δακτύλιοι (INTACS)

Τα προηγούμενα χρόνια η μόνη χειρουργική θεραπεία για τα προχωρημένα στάδια ενός κερατοκωνικού ασθενή ήταν η μεταμόσχευση του κερατοειδή. Στις μέρες μας έχει εξελιχτεί μια καινούρια εναλλακτική θεραπευτική μέθοδος που περιλαμβάνει την τοποθέτηση ειδικών ενδοστρωματικών δακτυλίων. Ειδικότερα, αυτοί οι ενδοστρωματικοί δακτύλιοι είναι πλαστικά ενθέματα τα οποία τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια του κερατοειδή στην περιφέρειά του και η λειτουργία τους είναι να αλλάζουν το σχήμα του. Υποστρέφοντας την εκκασία του κερατοειδή βελτιώνουν αισθητά την όραση. Οι ενδοστρωματικοί δακτύλιοι είναι σταθεροί και παραμένουν μόνιμα στον κερατοειδή και εάν χρειαστεί αφαιρούνται. Όπως σε περίπτωση που κάποιος πρέπει να υποβληθεί στην επέμβαση μεταμόσχευσης του κερατοειδή, μπορεί να δοκιμάσει τη λύση των ενδοστρωματικών δακτυλίων και εάν για κάποιο λόγο δεν του προσφέρουν ικανοποιητικό αποτέλεσμα μπορούν να αφαιρεθούν και να προχωρήσει σε μεταμόσχευση. Έπειτα από την αφαίρεσή τους χρειάζεται το χρονικό διάστημα ενός μήνα για να επανέλθει ο κερατοειδής στην κατάσταση που ήταν πριν την εισαγωγή των δακτυλίων. Η συγκεκριμένη επέμβαση είναι εξαιρετικά επιτυχής, ασφαλής και δοκιμασμένη. Πραγματοποιείται στην Ελλάδα εδώ και 10 χρόνια περίπου. Ιδανικά προορίζεται για ασθενείς οι οποίοι έχουν προχωρημένο κερατόκωνο και δεν μπορούν να είναι χρήστες ούτε γυαλιών ούτε φακών επαφής και δεν έχουν αξιοσημείωτη κεντρική ουλή, όπως συμβαίνει τις περισσότερες φορές στον κερατόκωνο. (Κοκκινάκης, 2012)

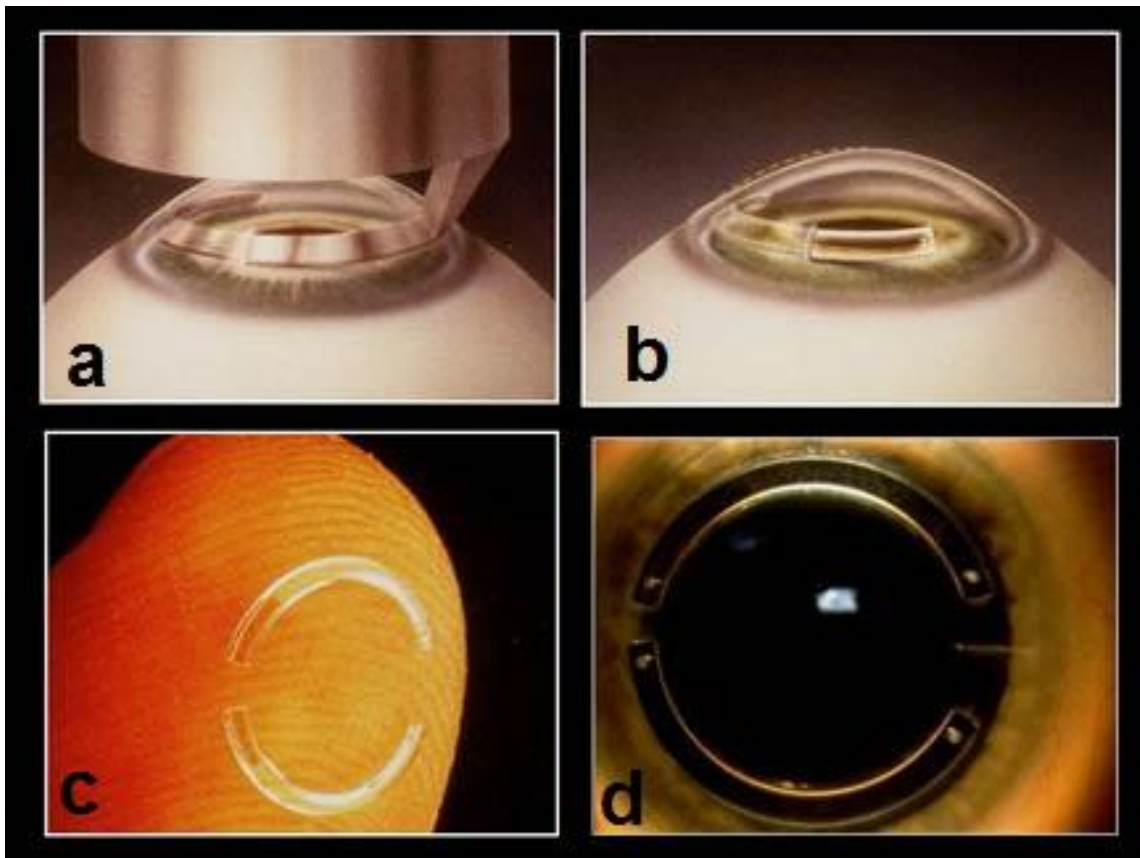


Εικόνα 88: Ενδοστρωματικοί δακτύλιοι Intacs.

(<http://optometrist.com.au/wp-content/uploads/2012/12/Intacs-and-Kera-Rings-300x196.jpg>)

Η διαδικασία της επέμβασης ξεκινά με την τοποθέτηση ενός βλεφαροδιαστολέα που συγκρατεί σταθερά ανοιχτά τα βλέφαρα για να αποφεύγονται οι βλεφαρισμοί κατά τη διαδικασία της επέμβασης. Έπειτα, ενσταλάζεται η τοπική αναισθησία με τη μορφή οφθαλμικών σταγόνων για 15 λεπτά περίπου και στη συνέχεια γίνεται μία μικροσκοπική τομή στην επιφάνεια του κερατοειδή με ένα ειδικό εργαλείο το οποίο δημιουργεί ένα είδος «τούνελ» στον κερατοειδή. Η συγκεκριμένη τομή μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα

είτε με laser για μεγαλύτερη ευκολία ανάλογα με τη μέθοδο που θα επιλέξει ο χειρουργός στο κάθε περιστατικό. Ένα άλλο ειδικό μηχάνημα θα τοποθετηθεί στη συνέχεια για λίγα λεπτά για να σταθεροποιηθεί ο οφθαλμός και ελεγχθεί η σωστή επικέντρωση πριν εισέλθει ο δακτύλιος σε αυτόν. Στη συνέχεια, διαχωρίζονται οι στιβάδες του κερατοειδούς εκεί όπου είχε γίνει η τομή για να μπορέσουν να τοποθετηθούν οι δακτύλιοι. Οι δακτύλιοι μπορούν να τοποθετηθούν και ανάλογα με το πόσο προχωρημένος είναι ο κερατόκωνος και ανάλογα με την κατάσταση του κερατοειδή ίσως χρειαστούν παραπάνω από ένα ενθέματα. Τοποθετούνται στην περιφέρεια του κερατοειδή και εκτός της κεντρικής οπτικής ζώνης του. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται βελτίωση της όρασης επειδή ο κερατοειδής εξομαλύνεται και οι ακτίνες μπορούν να εισέλθουν στον οφθαλμό κανονικά από το κεντρικό πεδίο του κερατοειδή. Στο τελευταίο στάδιο της διαδικασίας πραγματοποιούνται ράμματα στο σημείο του κερατοειδή που είχε γίνει η τομή. Μετά την επέμβαση επιβάλλεται η χρήση ενός διάφανου πλαστικού καλύμματος για προστασία και κάποια μορφή οφθαλμικού κολλυρίου για να αποφευχθεί η μόλυνση και η φλεγμονή. Η επέμβαση διαρκεί συνολικά περίπου μισή ώρα και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επέμβαση γίνονται εμφανή σε λιγότερο από μία μέρα. Επιτυγχάνεται αξιοσημείωτη βελτίωση της όρασης και σταθεροποίηση του κώνου όμως κάποιες φορές ο ασθενής συνεχίζει να χρειάζεται τη χρήση των γυαλιών του. (Κοκκινάκης, 2012)

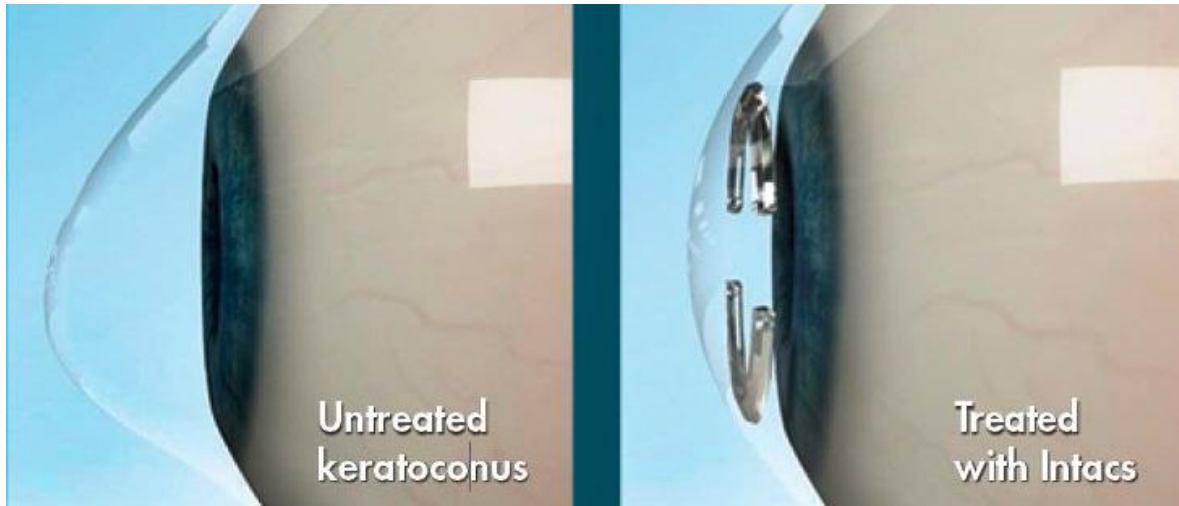


Εικόνα 89: a) δημιουργία χώρου για τον δακτύλιο b) τοποθέτηση δακτυλίων
c) δακτύλιοι d) ολοκλήρωση επέμβασης.
(<http://www.eastoneye.com/intacs.aspx>)



Εικόνα 90: Ράμματα στην τομή.
(<http://www.willseye.org/video/intacs-insertion-for-keratoconus>)

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι πρόκειται για μια ανώδυνη επέμβαση και ολοκληρώνεται σχετικά γρήγορα δίνοντας ταυτόχρονα άμεσα αποτελέσματα μετά το πέρας της. Εάν χρειαστεί οι δακτύλιοι μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα ή να αντικατασταθούν με άλλους δακτυλίους, μεγαλύτερου ή μικρότερου πάχους. Επίσης, μπορούν να συνδυαστούν με άλλες τεχνικές θεραπείας του κερατόκωνου (πχ UVA Cross-linking-Excimer laser, κερατοσμίλευση) και να δώσουν καλύτερα κλινικά αποτελέσματα. Σε ασθενείς με σταθερή κατάσταση του κερατόκωνου έχουν μακροχρόνια δράση. Αντίθετα, τα μειονεκτήματα της επέμβασης είναι ότι οι δακτύλιοι δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε όλους τους κερατοκωνικούς ασθενείς καθώς πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Με την επέμβαση σαφώς βελτιώνεται η όραση όμως είναι χειρότερη από αυτή που θα είχαν αν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ημίσκληρους φακούς επαφής. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις όπου η εξέλιξη του κερατόκωνου δεν έχει σταθεροποιηθεί αποτελεί απλά μία προσωρινή λύση και το αποτέλεσμα δεν είναι μόνιμο. (Athens vision, 2014)

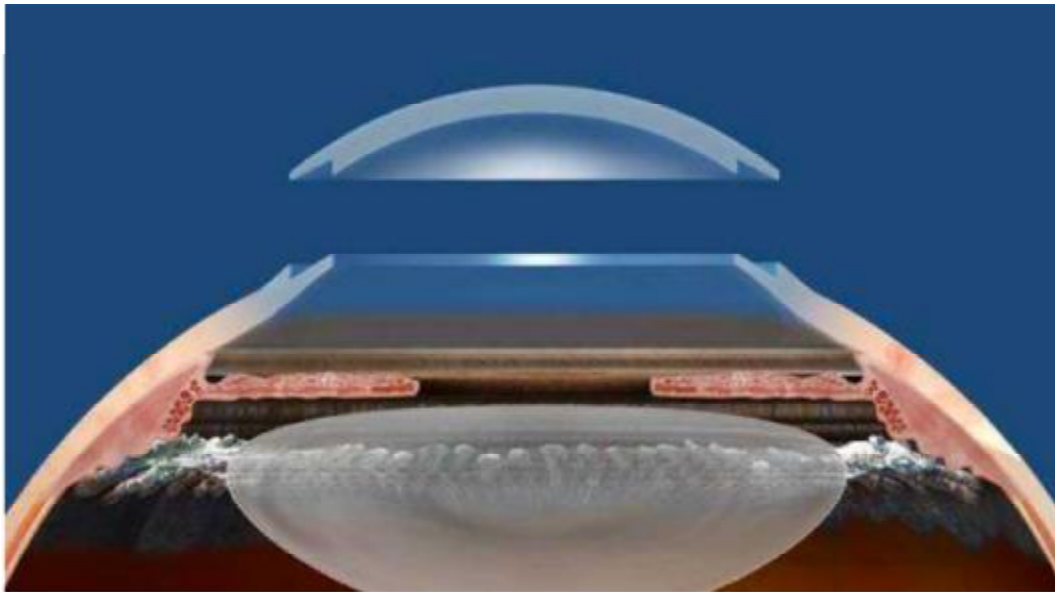


Εικόνα 91: Κερατοειδής πριν και μετά την επέμβαση.

(http://www.medicalsea.org/wp-content/uploads/2014/01/intacs.before_and_after-817111393281.jpg)

4.5 Κερατοπλαστική για τον κερατόκωνο

Ως κερατοπλαστική ή μεταμόσχευση κερατοειδούς ορίζουμε την αφαίρεση του κεντρικού παθολογικού τμήματος του κερατοειδούς και την αντικατάστασή του από ένα νέο μόσχευμα το οποίο προέρχεται από υγιή δότη. Ο κερατοειδής είναι ένα από τα πρώτα μέρη του ανθρώπινου σώματος που μεταμοσχεύτηκαν. Σε ένα κερατοκωνικό περιστατικό η κερατοπλαστική αποτελεί την τελευταία του λύση όταν δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική όραση με τις υπόλοιπες μεθόδους ή όταν η κατάσταση του κερατοειδή δεν είναι καλή, δηλαδή είτε είναι πολύ λεπτός είτε έχει κάποιες θολερότητες που εμποδίζουν την όραση. Η συγκεκριμένη εγχείρηση γίνεται αρκετά χρόνια σε ιδιωτικές κλινικές και δημόσια νοσοκομεία ανά όλο τον κόσμο και έχει μεγάλα ποσοστά επιτυχίας. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με την ηλικία του ασθενή έχει ποσοστό επιτυχίας 92-95%. Τα προηγούμενα χρόνια η επέμβαση αυτή γινόταν σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό και αποτελούσε την μοναδική επέμβαση για την θεραπεία του κερατόκωνου, όμως τα τελευταία χρόνια η προτίμησή της έχει μειωθεί αισθητά καθώς έχουν αναπτυχθεί και άλλες πρωτοποριακές μέθοδοι θεραπείας. Ανάλογα με το αν κατά την επέμβαση αντικαθίσταται ολόκληρο το κεντρικό τμήμα ή μόνο το στρώμα του κερατοειδή, η επέμβαση διακρίνεται σε διαμπερή ή μερικού πάχους κερατοπλαστική. (ygeia360, 2012)



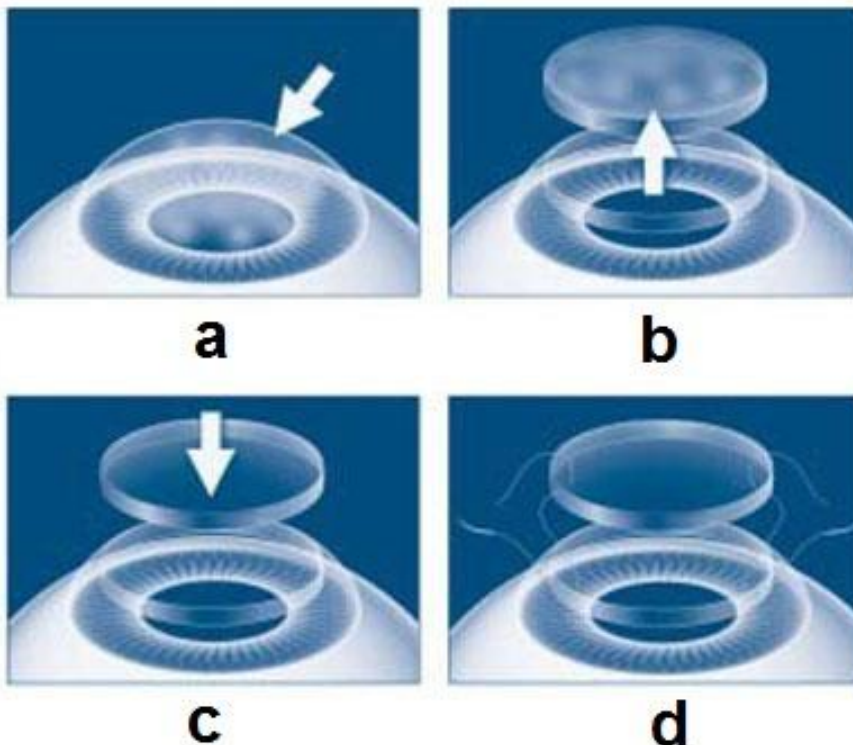
Εικόνα 92: Αφαίρεση του κερατοειδούς κατά την κερατοπλαστική.
(<http://www.lasersight.gr/node/49>)

4.5.1 Είδη κερατοπλαστικής

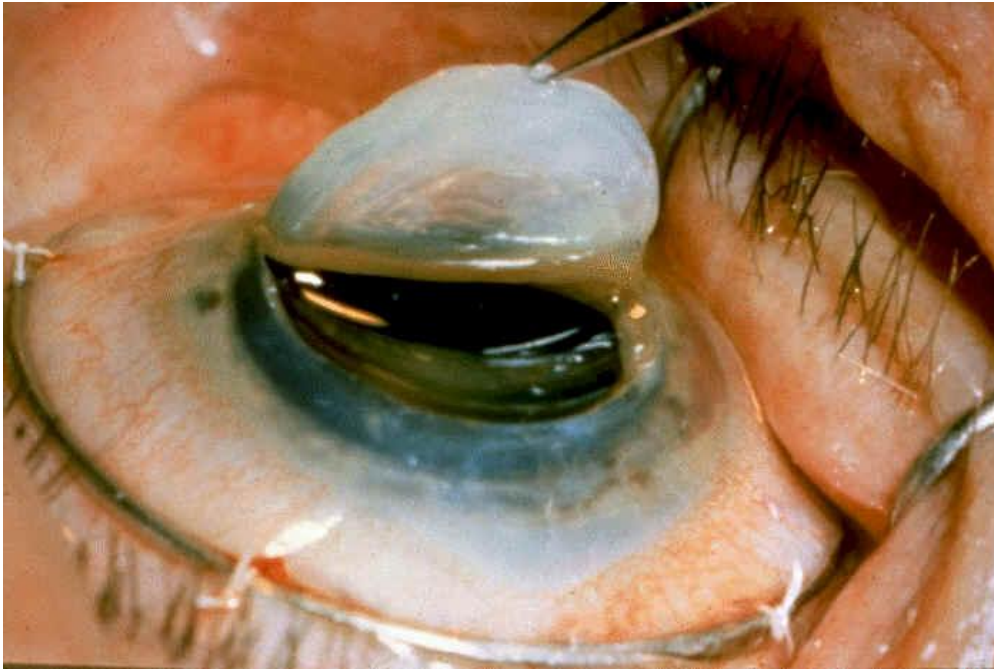
Η μεταμόσχευση **ολικού πάχους (ή διαμπερής κερατοπλαστική)** – (PKP) είναι η πιο συχνή λύση για τη θεραπεία ενός προχωρημένου κερατοκωνικού κερατοειδή. Η επέμβαση διαρκεί από μισή μέχρι μιάμιση ώρα ανάλογα με το περιστατικό και γίνεται με τη χρήση τοπικής ή γενικής αναισθησίας. Αφαιρείται όλο το κεντρικό τμήμα του κερατοειδή και στην θέση του τοποθετείται το μόσχευμα του υγιή δότη. Στη συνέχεια ο νέος κερατοειδής θα πρέπει να συρραφεί για να κρατηθεί στη θέση του. Για αυτόν τον λόγο πραγματοποιείται μία λεπτή τεχνική κατά την οποία ο χειρουργός χρησιμοποιεί με τη βοήθεια ενός μικροσκοπίου, 16 ράμματα λεπτότερα σε πάχος από μια ανθρώπινη τρίχα για να ενώσει τον κεντρικό κερατοειδή με το υπόλοιπο περιφερειακό μέρος. Στο τέλος, ο οφθαλμός πρέπει να παραμείνει κλειστός με έναν επίδεσμο για ένα 24ωρο και θα αφαιρεθεί στην πρώτη μετεγχειρητική επίσκεψη από τον χειρουργό οφθαλμίατρο. Ο ασθενής μπορεί αμέσως μετά το τέλος της επέμβασης να επιστρέψει σπίτι του. Το αποτέλεσμα της βελτίωσης της όρασης δεν είναι άμεσο όπως συμβαίνει με τα υπόλοιπα χειρουργεία του οφθαλμού (π.χ. μυωπίας, καταρράκτη) αλλά απαιτείται ένα χρονικό διάστημα κάποιων μηνών για να γίνει εμφανές το τελικό αποτέλεσμα. (Αναστασιλάκης,2000-2014)

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της επέμβασης της διαμπερούς κερατοπλαστικής πρέπει να επισημανθούν κάποιες ενδείξεις που αποτελούν τους κανόνες που έχουν οριστεί για αυτή. Οι ενδείξεις αυτές κατηγοριοποιούνται σε ανατομικές, λειτουργικές και κλινικές. Οι ανατομικές ενδείξεις διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες: Οι οπτικές ενδείξεις που κύριο στόχο έχουν τη βελτίωση της όρασης του ασθενούς. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ο μεγάλος ομαλός ή ανώμαλος (στην περίπτωση του κερατόκωνου) αστιγματισμός, η κάποιας μορφής παραμόρφωση του κερατοειδή από τραύμα, τα κερατοκωνικά περιστατικά όπου η βελτίωση της όρασης δεν επιτυγχάνεται πλέον με γυαλιά ή φακούς επαφής και ανώμαλοι ή ασταθείς κερατοειδείς έπειτα από διαθλαστική χειρουργική. Οι δομικές ενδείξεις όπου περιλαμβάνουν τις περιπτώσεις που απαιτείται αποκατάσταση της δομής του κερατοειδή επειδή τίθεται κίνδυνος για την ακεραιότητα του οφθαλμού σε περιπτώσεις τήξης ή διάτρησης του κερατοειδούς(π.χ. σε έλκος ή τραύμα). Οι θεραπευτικές ενδείξεις που είναι και οι συχνότερες και σε αυτές εντάσσονται η παρουσία οιδήματος, ουλής, δυστροφίας, εκφύλισης, έλκους που δεν μπορο-

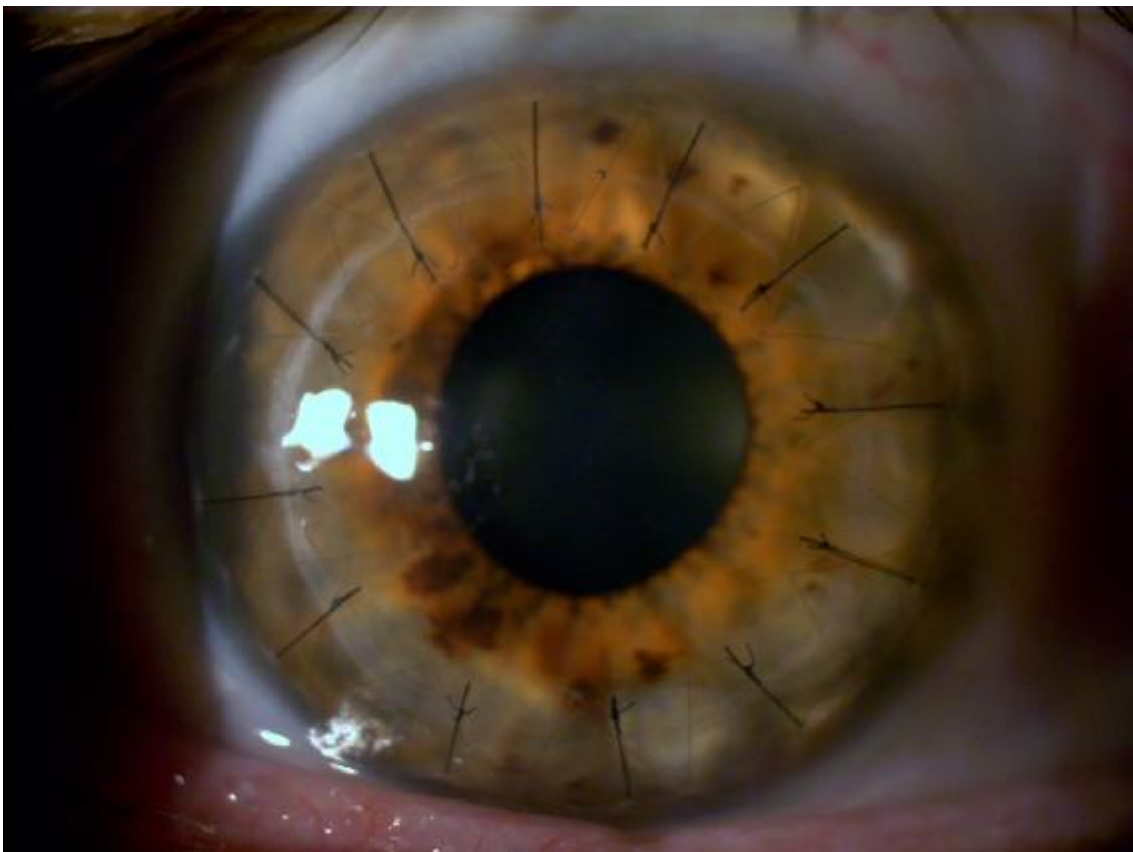
ύν να διορθωθούν με φαρμακευτική αγωγή (συνηθέστερα από μύκητες ή ακανθαμοιβάδα) και οι εναποθέσεις του κερατοειδή. Αξίζει να σημειωθεί ότι το οίδημα που προκαλείται έπειτα από χειρουργείο είναι η συχνότερη ένδειξη για κερατοπλαστική, η οποία λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά στη μείωση ή εξάλειψη του πόνου που συνοδεύει τη φυσαλλιδώδη κερατοπάθεια. Και τέλος οι κοσμητικές ενδείξεις όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις που έχουν δημιουργηθεί ουλές στον κερατοειδή ή εναποθέσεις στον κερατοειδή. Βέβαια οι ουλές όταν δεν συνοδεύονται από κάτι άλλο δεν αποτελούν καθαρά ένδειξη για μεταμόσχευση του κερατοειδή, καθώς μπορούν να διορθωθούν και με τη χρήση κοσμητικού φακού επαφής. Οι λειτουργικές ενδείξεις είναι ο πιο σημαντικός λόγος που θα οδηγήσει κάποιον να κάνει την επέμβαση της διαμπερούς κερατοπλαστικής. Σε αυτή την κατηγορία ενσωματώνονται όλες οι ανάγκες του ασθενή, τόσο οι τωρινές όσο και οι μελλοντικές και κατά πόσο ο ασθενής είναι διατεθειμένος να προβεί σε μία αλλαγή. Οι συχνότερες αιτίες που περιλαμβάνονται στις λειτουργικές ενδείξεις είναι κατά κύριο λόγο οι ακόλουθες: Η κυριότερη είναι η κακή ποιότητα όρασης, όπως π.χ. σε περιπτώσεις κερατόκωνου όπου μπορεί ο κερατοειδής να μην έχει χάσει τη διαύγεια του αλλά η οπτική του οξύτητα να μην γίνεται ικανοποιητική με φακούς επαφής. Δευτερεύουσα αιτία είναι ο έλεγχος του πόνου και η βελτίωση της όρασης σε φυσαλλιδώδη κερατοπάθεια και ακόμη πιο σπάνια η αποκατάσταση της διόφθαλμης όρασης, η ελάττωση του glare και η βελτίωση του contrast sensitivity. Και οι κλινικές ενδείξεις που σε αυτές οι κυριότερες σύμφωνα με το Eye Bank Association of America για το χρονικό διάστημα από το 1993 έως το 2001 ήταν η ψευδοφακική φυσαλλιδώδη κερατοπάθεια με ποσοστό 20.9%, οι εκτασίες (όπως ο κερατόκωνος) με ποσοστό 13.5%, οι πρωτοπαθείς ενδοθληιοπάθειες με ποσοστό 13.2% και η επανάληψη της μεταμόσχευσης λόγω απόρριψης του μοσχεύματος με ποσοστό 4.1% και για άλλους λόγους 6.6% .(Γούλα, 2007)



Εικόνα 93: a) κερατοειδής με θολερότητα b) αφαίρεσή του c) τοποθέτηση νέου d) πραγματοποίηση ραμμάτων.
(<http://laser4myopia.gr/vision/wp-content/uploads/2012/11/cconus33.jpg>)



Εικόνα 94: Αφαίρεση ολικού τμήματος κερατοειδή.
(http://3.bp.blogspot.com/-aOKT04ZJiN0/T7ql_JCkHol/AAAAAAAAAZc/JCc0rOS75Is/s1600/keratoplasty.jpg)



Εικόνα 95: Ράμματα στην επιφάνειά του κερατοειδή.
(<http://www.kcnz.co.nz/surgical-options.html>)

Στη **μερικού πάχους κερατοπλαστική** η διαδικασία της επέμβασης είναι η ίδια με της διαμπερούς με τη διαφορά ότι προτιμάται η μεταμόσχευση ενός τμήματος του κερατοειδή χιτώνα είτε οι πρόσθιες είτε οι οπίσθιες στοιβάδες. Η μερικού πάχους κερατοπλαστική ονομάζεται πρόσθια τμηματική (DALK,ALTK) εφόσον αφαιρεθούν μόνο οι πρόσθιες στοιβάδες και οπίσθια τμηματική (DSEK ,DSAFK) εφόσον αφαιρεθούν μόνο οι οπίσθιες στοιβάδες. Όπου είναι δυνατό προτιμούμε την τμηματική επιλεκτική αντικατάσταση του κερατοειδούς χιτώνα. Μπορούμε να αντικαταστήσουμε το πρόσθιο κερατοειδικό στρώμα, σχεδόν όλο το στρώμα ή μόνο το ενδοθηλίου. Αρχικά, ο χειρουργός διαχωρίζει τον κερατοειδή χρησιμοποιώντας κάποια ειδικά εργαλεία μικροχειρουργικής, ειδικών αυτοματοποιημένων μικροκερατόμων ή ειδικών Laser. Στη συνέχεια, το μόσχευμα που θα τοποθετηθεί προέρχεται σαφώς από υγιή δότη και έχει αφαιρεθεί από αυτό το ενδοθήλιο και το οπίσθιο τμήμα του κερατοειδή. Τέλος, σε αυτήν την τεχνική δεν πραγματοποιούνται στηρικτικά ράμματα, ο οφθαλμός καλύπτεται για προστασία και ο ασθενής είναι έτοιμος να επιστρέψει στο σπίτι του. Έπειτα από το χειρουργείο συνταγογραφούνται κολλύρια που θα πρέπει να εναλλάσσονται στον οφθαλμό ανά λίγες ώρες τις πρώτες μέρες και η χρήση τους σταματά μετά από 3-4 μήνες. Αυτό ισχύει για όλους τους ασθενείς και σε ελάχιστες περιπτώσεις απαιτείται ειδική προεγχειρητικής ή μετεγχειρητικής αγωγή. (Τραγάκης, 2014)

Η πρόσθια τμηματική κερατοπλαστική (DALK, ALTK)

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο πραγματοποιείται επιλεκτική αντικατάσταση μόνο του πρόσθιου τμήματος του κερατοειδούς. Το μόσχευμα μοιάζει με ένα φακό επαφής που τοποθετείται από τον χειρουργό οφθαλμίατρο πάνω και όχι μέσα στην οφθαλμική κοιλότητα. Η συγκεκριμένη τεχνική είναι η πλέον κατάλληλη για τη χειρουργική αντιμετώπιση σχετικά προχωρημένου κερατόκωνου που συνήθως αφορά ασθενείς νεαρής ηλικίας που πιθανόν να τραυματιστούν στο μέλλον. (ygeia360, 2012)

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι συνοπτικά: η αποφυγή ενδοφθάλμιων χειρισμών, η αδυναμία ενδοθηλιακής απόρριψης, συντομότερη κατά πολλούς μήνες παραμονή των ραμμάτων, μη ανάγκη χρήσης φαρμακευτικής άνοσοκαταστολής, η γρηγορότερη αποκατάσταση της χειρουργικής τομής και η πολύ μεγαλύτερη αντοχή του κερατοειδούς σε περίπτωση μελλοντικού τραυματισμού-μειωμένος κίνδυνος ρήξης βολβού. Ταυτόχρονα δεν υπάρχει συνεχιζόμενη απώλεια ενδοθηλιακών κυττάρων και μειώνονται οι ανάγκες για την ύπαρξη αυξημένων ενδοθηλιακών κυττάρων του δότη (όπως συμβαίνει στην διαμπερή κερατοπλαστική που η πυκνότητα των ενδοθηλιακών κυττάρων του δότη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 2,000 κύτταρα/mm²). Επιπρόσθετα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξατομικευμένη φωτοκερατεκτομή με Excimer Laser πάνω στο μόσχευμα για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. (Κεχαγιά, 2008)

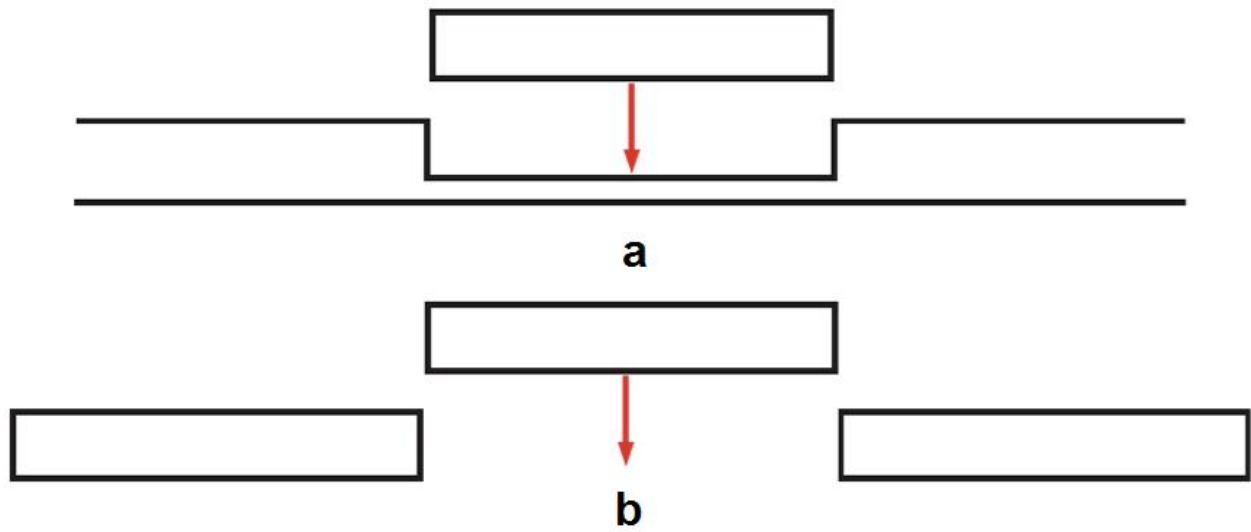
Τα μειονεκτήματα που έχει αυτή η τεχνική είναι ότι πρόκειται για μία τεχνικά δυσκολότερη και χρονοβόρα διαδικασία, δεν συνίσταται σε πολύ προχωρημένους κώνους (δηλαδή σε πολύ λεπτούς ή πολύ κυρτούς κερατοειδείς) και μπορεί να δημιουργηθούν ουλές στη δεσκαμέτριο μεμβράνη. (Κεχαγιά, 2008)

Η οπίσθια τμηματική κερατοπλαστική (DSEK, DMEK, DSAEK)

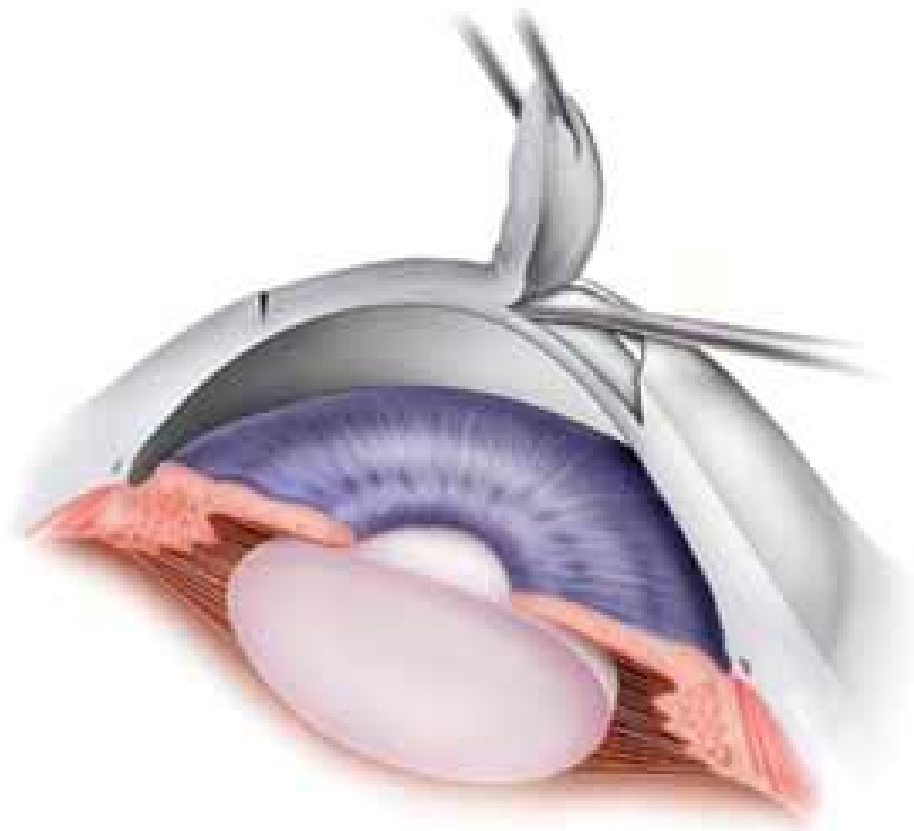
Στην τεχνική αυτή, αντικαθίσταται μόνο το παθολογικό ενδοθήλιο ενώ διατηρείται ανέπαφη η πρόσθια δομή του κερατοειδή. Σε αυτή τη μέθοδο η κερατοειδική επιφάνεια μένει ανέπαφη, χωρίς τομές και ράμματα ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιείται ο αστιγματισμός. Στην περίπτωση της αντικατάστασης της ενδοθηλιακής στοιβάδας η επέμβαση διαρκεί μόλις 20, δεν υπάρχει η ανάγκη τοποθέτησης ραμμάτων, ο μετεγχειρητικός αστιγματισμός είναι αμελητέος και η βελτίωση της όρασης είναι πολύ πιο γρήγορη από την κλασική μεταμόσχευση. Ταυτόχρονα, επειδή δεν χρησιμοποιούνται ράμματα, δεν υπάρχουν και επιθηλιακά ελλείμματα και επιπλοκές. (medexperts, 2011)

Στην επέμβαση DSEK ο χειρουργός οφθαλμίατρος ή η τράπεζα μοσχευμάτων (DSAEK) θα διαχωρίζουν τον κερατοειδή σε δύο τμήματα με μικροχειρουργικά εργαλεία ή ειδικό Laser . Το «μερικού πάχους» μόσχευμα θα τοποθετηθεί μέσα στον πρόσθιο θάλαμο πίσω από τον κερατοειδή αφού πρώτα ο χειρουργός αφαιρέσει το πάσχωμα του κερατοειδούς (δεσκεμέτιο και ενδοθήλιο) . Στηρικτικά ράμματα για το μόσχευμα δεν τοποθετούνται, το οποίο μένει στην θέση του με μια φυσαλίδα αέρα. Στα μειονεκτήματα της τεχνικής είναι η διεγχειρητική απώλεια των ενδοθηλιακών κυττάρων και ότι τις πρώτες μέρες μετά την επέμβαση μπορεί να μετακινηθεί το μόσχευμα από την θέση του. Σε περίπτωση αποτυχίας είναι βέβαια δυνατή η διενέργεια νέας μερικής ή συχνότερα ολικής κερατοπλαστικής. Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής είναι η ταχύτερη αποκατάσταση της όρασης (1-2 μήνες έναντι με την ολική που χρειάζονται 1-2 χρόνια), η αποφυγή επιπλοκών από τα ράμματα (πχ. μολύνσεις, νεοαγγείωση), διατηρείται η διαθλαστική δύναμη του οφθαλμού και μετά τη μεταμόσχευση ο οφθαλμός είναι δομικά σταθερός.(medexperts, 2011)

Η μερικού πάχους κερατοπλαστική υπερτερεί στο ότι το εσωτερικό του οφθαλμού δεν επηρεάζεται σε όλη τη διάρκεια της επέμβασης. Για αυτόν τον λόγο δεν τίθεται περίπτωση ενδοθηλιακής απόρριψης και πιθανότητα ενδοφθαλμίτιδας. Επίσης, τα ράμματα παραμένουν για μικρότερο χρονικό διάστημα στον οφθαλμό (λιγότερους μήνες) επομένως η περίπτωση ερεθισμού και μόλυνσης ελαχιστοποιείται. Στη περίπτωση που συμβεί ένα από τα παραπάνω συνταγογραφείται κολλύριο κορτιζόνης (ανοσοκαταστολή) για να μην αναπτυχθεί κορτιζονικός καταρράκτης, αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και να μειωθεί ακόμα περισσότερο η πιθανότητα περεταίρω μολύνσεων . Ταυτόχρονα, η πρόσθια μερική κερατοπλαστική υπερτερεί σε αντοχή. Επειδή υπάρχει ο φυσιολογικός κερατοειδής, σε περίπτωση που συμβεί στο μέλλον κάποιος τραυματισμός του οφθαλμός θα έχει και περισσότερη αντοχή. Επιπλέον, σε αυτή την τεχνική υπάρχει η δυνατότητα χρήσης μοσχευμάτων και από μεγαλύτερης ηλικίας δότες άσχετα με την κατάσταση του ενδοθηλίου του δότη, ακριβώς γιατί το ενδοθήλιο του δότη δεν μεταβιβάζεται στον ασθενή. Στα κερατοκωνικά περιστατικά η επιλογή ενήλικα δότη είναι πολύ σημαντική καθώς το στρώμα του συγκεκριμένου κερατοειδή έχει πιο συμπαγείς και πολυμερισμένες ίνες κολλαγόνου άρα προσφέρει και καλύτερα αποτελέσματα. Γενικά στις μεταμοσχεύσεις κερατοειδούς για τον κερατόκωνο προτιμώνται μοσχεύματα που βρίσκονταν στην 3-4 δεκαετία της ζωής. Από την άλλη, τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι σε ένα ποσοστό 5-10% εάν υπάρξει ρήξη της δεσκεμέτιου μεμβράνης η εγχείρηση πρέπει να διακοπεί και να πραγματοποιηθεί η διαδικασία μεταμόσχευσης ολικού πάχους. (Αναστασιλάκης, 2000-2014)



Εικόνα 96: Αφαίρεση τμήματος κερατοειδή κατά τη a) μερικού πάχους κερατοπλαστική
b) Ολικού πάχους κερατοπλαστική.
(<http://www.lasersight.gr/node/50>)



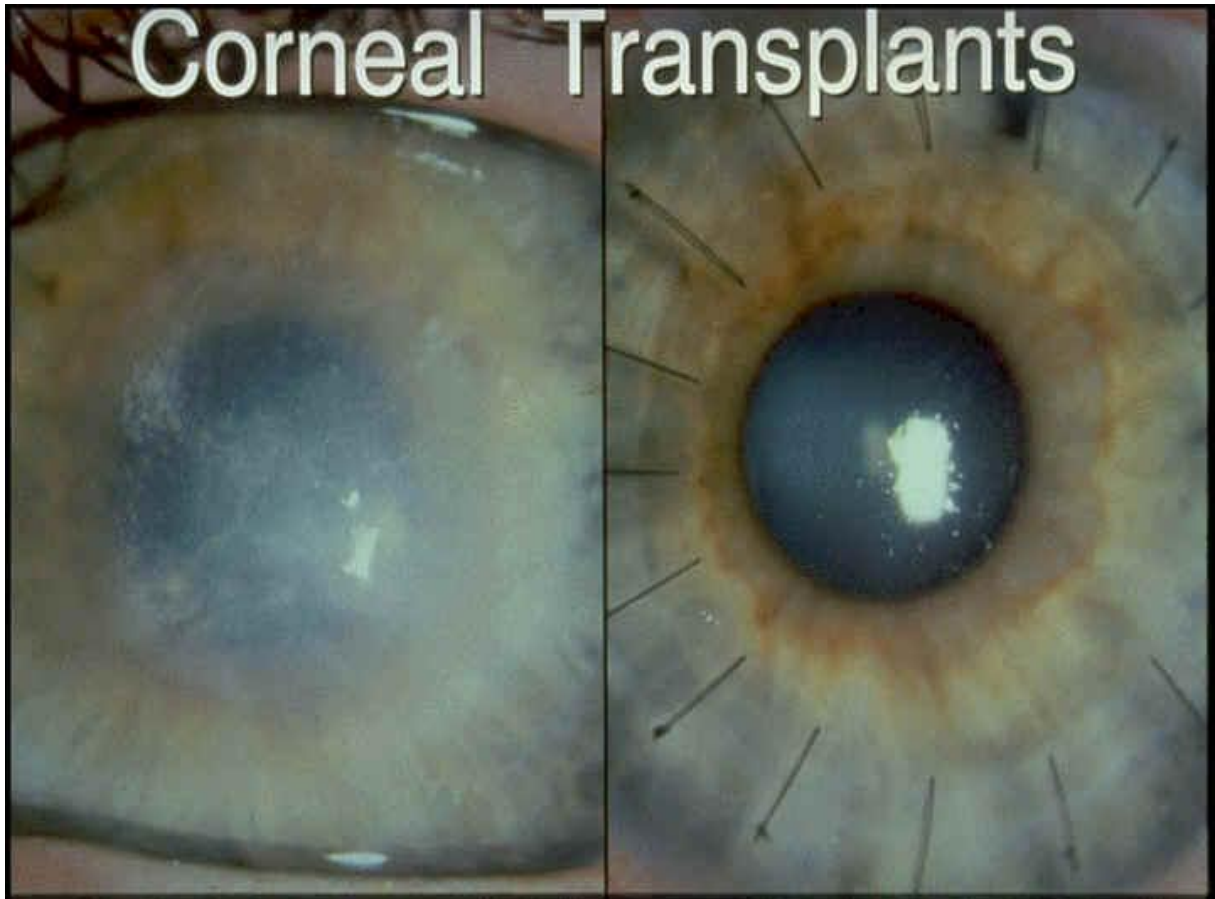
Εικόνα 97: Μερικού πάχους κερατοπλαστική.

Γενικότερα οι κερατοπλαστικές που πραγματοποιούνται για τον κερατόκωνο έχουν ποσοστό επιτυχίας 92-95% όταν ο ασθενής είναι ηλικίας 20-35 ετών. Όταν πραγματοποιούνται σε ασθενείς άνω των 65 ετών τότε έχουν ακόμα χαμηλότερα ποσοστά αποτυχίας (λιγότερο από 5%). Για αυτόν τον λόγο η συγκεκριμένη επέμβαση χαρακτηρίζεται επιτυχής, ασφαλής και με ανάρρωση χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Ο κίνδυνος για την απόρριψη του μοσχεύματος είναι εξαιρετικά μικρός διότι τα συγκεκριμένα μοσχεύματα είναι ανάγεια και ράβονται σε ιστό που δεν έχει αγγεία στον ασθενή επομένως δεν τίθεται και θέμα ελέγχου ιστοσυμβατότητας και εάν ταιριάζει ο δότης με τον λήπτη. Ταυτόχρονα όμως σε όλη τη διαδικασία της επέμβασης καταβάλλεται προσπάθεια για την σωστή τοποθέτηση του μοσχεύματος και για την επίτευξη της σωστής λειτουργίας του σαν διαθλαστικό μέσο. Τις περισσότερες φορές έπειτα από την επέμβαση μεταμόσχευσης για κερατόκωνο, εμφανίζεται μετεγχειρητικός αστιγματισμός (κατά μέσο όρο 4-5 D), επειδή είναι πολύ δύσκολο ο κερατοειδής να αποκτήσει ένα τέλειο σχήμα. Επομένως, τις περισσότερες φορές απαιτείται οπτική διόρθωση με γυαλιά ή φακούς επαφής μετά την επέμβαση. Όσο έμπειρος και αν είναι ο χειρουργός, όσο προσεκτικές και να είναι οι προεγχειρητικές μετρήσεις, άσχετα με την ηλικία του ασθενούς το μέγεθος του μοσχεύματος και τα μηχανήματα κοπής η εμφάνιση αστιγματισμού δεν μπορεί να αποφευχθεί. Τέλος, ένα μόσχευμα κερατοειδούς δεν διαρκεί για όλη τη ζωή του ασθενή αλλά περίπου 10 έως 15 έτη μετά ίσως θα πρέπει να υποβληθεί ξανά στην επέμβαση. Η επέμβαση μεταμόσχευσης του κερατοειδή είναι μια μεταμόσχευση ιστού όχι οργάνου και ειδικότερα ο ευρωπαϊκός οργανισμός μεταμοσχεύσεων την χαρακτηρίζει ως μια επέμβαση που στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ασθενή (βελτίωση ικανότητας όρασης) και όχι ως μια επέμβαση που η ζωή του ασθενή εξαρτάται από αυτή. Αυτός ο χαρακτηρισμός αφορά τη διαδικασία της επέμβασης όπου είτε διαμπερή είτε μερική, αντικαθίσταται ένα μέρος του κερατοειδή. Αυτό λειτουργεί θετικά σε περίπτωση είτε που η επέμβαση αποτύχει είτε που το μόσχευμα δεν λειτουργήσει όπως ήταν αναμενόμενο. Στην πρώτη περίπτωση απλά μπορεί η επέμβαση να πραγματοποιηθεί ξανά και στη δεύτερη δεν υπάρχει κίνδυνος βλάβης του οφθαλμού. Πρακτικά όταν πρόκειται για μερική μεταμόσχευση κερατοειδούς, το μόσχευμα δεν απορρίπτεται. Εκτός από την απόρριψη του μοσχεύματος, οι υπόλοιπες επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν από την επέμβαση είναι οι ίδιες που θα προέκυπταν από κάθε άλλη οφθαλμική εγχείρηση. Δεν αφορούν βέβαια την μερική κερατοπλαστική καθώς σε αυτή δεν επηρεάζεται το εσωτερικό του οφθαλμού. Αυτές είναι η μόλυνση και η φλεγμονή του κερατοειδή, η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, η αιμορραγία του οφθαλμού, άλλες επιπλοκές από το οπίσθιο ημιμόριο όπως η εξωθητική αιμορραγία και η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς. Βέβαια όλες οι παραπάνω είναι πολύ σπάνιες να συμβούν σε αυτή την επέμβαση αλλά ακόμα και εάν συμβούν τις περισσότερες φορές μπορούν να αντιμετωπιστούν. (www.eoty.gr)

Η επέμβαση της μεταμόσχευσης του κερατοειδή είναι η πιο πετυχημένη μεταμόσχευση ανθρώπινου ιστού. Τα τελευταία χρόνια οι βελτιωμένες χειρουργικές τεχνικές, η προσεκτική επιλογή μοσχευμάτων, η σωστή κλινική εκτίμηση και η φαρμακευτική αντιμετώπιση συμβάλλουν στην αύξηση του ποσοστού επιβίωσης των μοσχευμάτων έως 95% . Ένας παράγοντας αύξησης της απόρριψης του μοσχεύματος είναι η ηλικία του ασθενούς. Έρευνες έχουν δείξει ότι άτομα κάτω των 40 ετών έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες απόρριψης. Ταυτόχρονα και η αγγείωση του κερατοειδή τόσο προεγχειρητικά όσο και μετεγχειρητικά συμβάλλουν στις πιθανότητες απόρριψης. Στις μέρες μας είναι ευρέως αποδεκτό ότι κάθε ασθενής με στρωματική αγγείωση που αφορά 2 ή και περισσότερα τεταρτοκύκλια κερατοειδούς, θεωρείται ασθενής υψηλού κινδύνου. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα μεγάλης διαμέτρου κερατοειδικά μοσχεύματα που βρίσκονταν πολύ κοντά στα αγγεία του σκληροκερατοειδικού ορίου αυξάνουν τον κίνδυνο απόρριψης. Ένας άλλος παράγοντας απόρριψης είναι τα χαλαρά ράμματα είτε επειδή

αναπτύσσονται αγγεία στην περιοχή είτε επειδή προκαλείται τοπική φλεγμονή. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι το ποσοστό απόρριψης από 8% όταν δεν είχε προηγηθεί αποτυχημένη μεταμόσχευση, εκτοξευόταν στο 40% εάν είχαν προηγηθεί μία ή περισσότερες αποτυχημένες μεταμοσχεύσεις. Ο τελευταίος πιθανός παράγοντας είναι όταν η επέμβαση της κερατοπλαστικής πραγματοποιείται όταν ήδη υπάρχει κάποια φλεγμονή. Για το αυτό κρίνεται απαραίτητο να προηγηθεί έλεγχος της φλεγμονής με κορτικοστεροειδή και κατάλληλη αντιμικροβιακή αγωγή. (Γεωργίου, 2012)

Η μετεγχειρητική παρακολούθηση του ασθενή διακρίνεται σε πέντε χρονικά διαστήματα. Στο πρώτο στάδιο, που είναι οι πρώτες 24 ώρες, υπάγεται η άμεση μετεγχειρητική φροντίδα που περιλαμβάνει την διατήρηση του σωστού οφθαλμικού τόνου και την παρακολούθηση για τυχόν μόλυνση. Για τους παραπάνω λόγους χορηγούνται φάρμακα ανάλογα πάντα με την επέμβαση. Για λόγους πρόληψης συνταγογραφούνται και αντιβιοτικά φάρμακα, πριν και μετά την εγχείρηση, και συστηματικά και τοπικά κορτικοστεροειδή, τοπικά αντιγλαυκωματικά και παυσίπονα. Το δεύτερο χρονικό διάστημα είναι η πρώτη εβδομάδα έπειτα από την επέμβαση όπου η προσοχή στρέφεται στην επανεπιθηλιοποίηση του μοσχεύματος και στην αποφυγή φλεγμονής και μόλυνσης. Η εξέταση πρέπει να πραγματοποιείται στις πρώτες 36 ώρες και περιλαμβάνει τον έλεγχο της οπτικής οξύτητας, εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία με τη χρήση φλουροσκεΐνης για τη διαπίστωση τυχόν οιδήματος του κερατοειδούς, αντίδρασης στον πρόσθιο θάλαμο και έλεγχο της κατάστασης του επιθηλίου. Στη συνέχεια ο επόμενος έλεγχος πραγματοποιείται στο χρονικό διάστημα 1-12 εβδομάδων μετά την επέμβαση. Σε αυτό το διάστημα πραγματοποιούνται οι πιο πολλές αλλαγές και ο έλεγχος είναι απαραίτητος για την τυχόν απόρριψη του μοσχεύματος. Ακριβώς για αυτόν τον λόγο κρίνεται απαραίτητο να αντιμετωπίζεται η κάποια εμφάνιση λοίμωξης, προς την αποφυγή κυστωειδούς οιδήματος της ωχράς και ταυτόχρονα γίνεται και μία πρώτη διόρθωση του αστιγματισμού. Η χορήγηση των τοπικών αντιβιοτικών σταματά όταν το επιθήλιο είναι πλέον ακέραιο ενώ τα τοπικά στεροειδή συνεχίζονται να χορηγούνται για την αντιμετώπιση των φλεγμονών. Η αντιμετώπιση του αστιγματισμού ακολουθεί όταν σταθεροποιηθεί το μόσχευμα έπειτα από την αφαίρεση κάποιων ραμμάτων. Ο σωστός χρόνος για την αφαίρεση των ραμμάτων κρίνεται ανάλογα με την ηλικία του ασθενή, τον τύπο της επέμβασης, και τον τρόπο συρραφής. Γενικότερα, πρέπει να παραμένουν τόσα ράμματα όσα χρειάζονται για την σταθερότητα του μοσχεύματος και για να γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες για τη διόρθωση του αστιγματισμού. Ο τελευταίος έλεγχος πραγματοποιείται μετά τους 3 μήνες και περιλαμβάνει την αντιμετώπιση τυχόν όψιμων επιπλοκών, την διαθλαστική εξέταση του ασθενή και την αποφυγή πιθανών ιατρογενών λαθών. (Τσικριπής, 2007)



Εικόνα 98: Κερατοειδής πριν και μετά την κερατοπλαστική.
(<http://174.120.222.66/~avclinic/wp-content/uploads/2014/06/corneal-transplant.jpg>)

Στην κερατοπλαστική είτε αυτή είναι ολικού πάχους είτε είναι μερική, το υγιές μόσχευμα που θα τοποθετηθεί προέρχεται από οφθαλμούς πρόσφατα αποθανόντων ατόμων. Τόσο η ευρωπαϊκή ένωση όσο και οι ΗΠΑ έχουν ορίσει συγκεκριμένους κανόνες για τη διαδικασία που θα επιλεγεί, θα ελεγχθεί και θα μεταφερθεί το μόσχευμα. Επίσης, υπάρχουν κάποια μη κερδοσκοπικά θεσμικά όργανα οι «τράπεζες οφθαλμού-eye banks» ο ρόλος των οποίων είναι να ελέγχουν το αποτέλεσμα των επεμβάσεων στη διάρκεια του χρόνου και είναι υπεύθυνες για τον πλήρη έλεγχο των ιστών των μοσχευμάτων. (ygeia360, 2012)

4.6 Κερατοπρόσθεση (τεχνητός κερατοειδής)

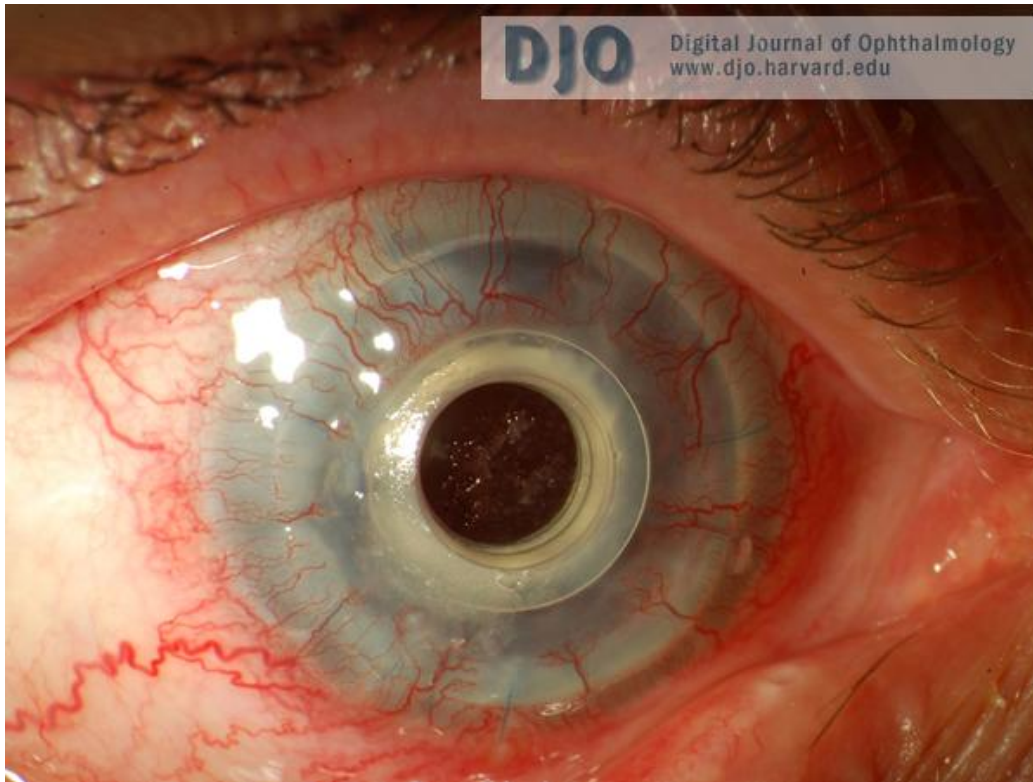
Ο τεχνητός κερατοειδής είναι ένας πλαστικός φακός υψηλής διοπτρικής ισχύος που κατασκευάζεται σε εργαστήριο με στόχο να αντικαταστήσει το προβληματικό κεντρικό τμήμα του κερατοειδούς χιτώνα και να επιτευχθεί αποκατάσταση της όρασης. Το πλαστικό αυτό «μόσχευμα» τοποθετείται στον οφθαλμό του ασθενή με μικροχειρουργική που μοιάζει αρκετά με κλασική επέμβαση μεταμόσχευσης κερατοειδούς. Έως τώρα υπάρχει μια εμφανής προτίμηση στη χρήση άκαμπτων υλικών λόγω της υπεροχής τους τόσο στην κλινική πράξη όσο και στα καλύτερα κλινικά αποτελέσματα που προσφέρουν σε σχέση με τα μαλακά υλικά. (ygeia360, 2012)

Τις περισσότερες φορές η επέμβαση ένθεσης κερατοπρόσθεσης αφορά μόνο ασθενείς με σοβαρό πρόβλημα σχεδόν καθολικής κερατοειδικής τύφλωσης. Γενικότερα η συγκεκριμένη ένθεση κερατοπρόσθεσης αφορά τις παρακάτω περιπτώσεις:

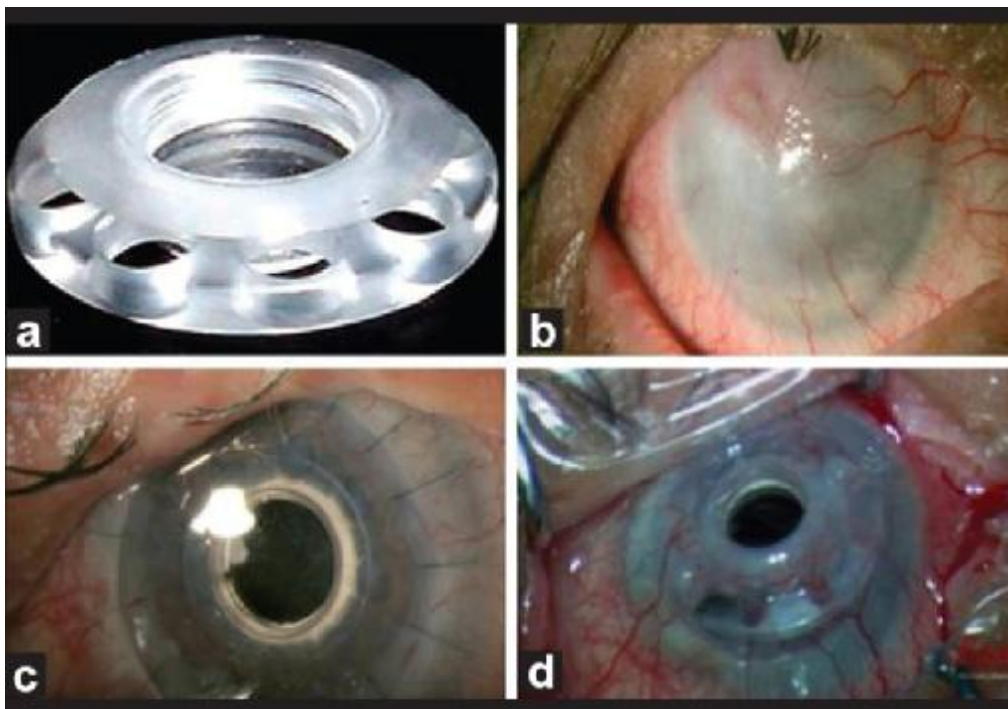
- Αμφοτερόπλευρη απώλεια όρασης λόγω κερατοπάθειας και σε περιπτώσεις που η επαναμεταμόσχευση με κλασικό μόσχευμα έχει αποτύχει τουλάχιστον μια ή περισσότερες φορές.
- Σε περιπτώσεις αντένδειξης, αποτυχίας ή όταν δεν είναι μπορεί να πραγματοποιηθεί η ταυτόχρονη ή ετερόχρονη διενέργεια διαμπερούς κερατοπλαστικής και μεταμόσχευσης στελεχιαίων κυττάρων σκληροκερατοειδικού ορίου. (ygeia360,2012)

Τα πλεονεκτήματα της κερατοπρόσθεσης είναι αρχικά ότι βελτιώνεται πιο γρήγορα η οπτική οξύτητα από ότι στην κλασική μεταμόσχευση και οι ασθενείς είναι ενθουσιασμένοι από την όραση τους σε σύγκριση με την "κλασική" ταλαιπωρία της ολικής μεταμόσχευσης. Αδυναμία πραγματικής απόρριψης του μοσχεύματος, τουλάχιστον της κλασικής απόρριψης του μοσχεύματος που στις περισσότερες περιπτώσεις έχει ταλαιπωρήσει πολύ στο παρελθόν τους ασθενείς αυτούς. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα επαναμεταμόσχευσης με καινούργια κερατοπρόσθεση ή και κλασικό μόσχευμα στο μέλλον εάν χρειαστεί. Τέλος, σύμφωνα με τελευταίες πολυκεντρικές μελέτες, στους σωστά επιλεγμένους ασθενείς η χρήση κερατοπρόσθεσης έχει αποδεδειγμένα καλύτερα αποτελέσματα όρασης και επιβίωσης του μοσχεύματος και λιγότερες επιπλοκές στην πενταετία από ότι η χρήση βιολογικών μοσχευμάτων. (ygeia360, 2012)

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι πολύ σοβαρός κίνδυνος για μακροχρόνια μόλυνση και ενδοφθαλμίτιδα απ' ότι στην κλασική μεταμόσχευση και υπάρχει μία σχετική αντένδειξη χρήσης σε νεαρούς ασθενείς. Ταυτόχρονα, σε σχέση με το κλασικό μόσχευμα ο ασθενής θα έχει μικρότερο οπτικό πεδίο. Επιπλέον, μετά από την κερατοπλαστική η ενδοφθάλμια πίεση του ασθενούς δεν θα μπορεί να μετρηθεί με τα κλασικά τονόμετρα. (ygeia360, 2012)



Εικόνα 99: Κερατοπρόσθεση.
<http://www.djo.harvard.edu/site.php?url=/physicians/cr/1519>



Εικόνα 100: α) πλαστικός φακός β) κατεστραμμένος κερατοειδής γ) ράμματα στην επιφάνειά του δ) οφθαλμός αμέσως μετά την επέμβαση.
http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSLGTPkXD1khe1jEf1e42YU4TNUQQLVENMqV4tk7g_VQpWPLZSGpQ

Βιβλιογραφία

- Ασημέλης, Γ. (2008) *Οπτική και Υπερόραση*. Εκδόσεις Σύγχρονη γνώση.
- Κατσούλος, Κ. et al. (2010) *Φακοί Επαφής Α' Επιστήμη και Βασικές Αρχές*. Τόμος Α. Εκδόσεις Σύγχρονη Γνώση.
- Κατσούλος, Κ. et al. (2010) *Φακοί Επαφής Β' Κλινική Πρακτική & Εφαρμογές*. Τόμος Β. Εκδόσεις Σύγχρονη Γνώση.
- Snell, R.S, Lemp, M.A. (2006) *Κλινική Ανατομία του Οφθαλμού*. Τόμος Β. Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
- Αναστασιλάκης,Κ.Δ.(2000-2014) UVA- collagen crosslinking - Διασύνδεση Κολλαγόνου Κερατοειδούς.
- Αναστασιλάκης,Κ.Δ.(2000-2014) Μεταμόσχευση κερατοειδούς.
- Ασλανίδης, Ι.Μ. (2009) Κερατόκωνος: Επιτυχής μη επεμβατική θεραπεία. *health in.gr*.
- Κανελλόπουλος, Α. (2014) Τέλος στη μεταμόσχευση κερατοειδούς για την αντιμετώπιση του κερατόκωνου. *Ο Φιλελεύθερος*.
- Κανελλόπουλος, Γ.Α. et al (2014) The Clinical Impact of Color LED Topographic Variability Analysis. *Cataract and refractive surgery today*.
- Καραμπάτσας, Κ. (2014) Εκτασίες κερατοειδούς- Διασύνδεση κολλαγόνου. <http://www.laservision.gr/wp-content/uploads/2014/05/Εκτασίες-κερατοειδούς-Καραμπάτσας.pdf>
- Κεχαγιά, Ε. (2008) Συντήρηση Μοσχευμάτων Κερατοειδούς και Κερατοπλαστική. <http://invenio.lib.auth.gr/record/113216/files/kexagia.pdf>
- Κοκκινάκης, Δ (2012) Treating Keratoconus- The INTACS Alternative. *Optometrist*.
- Μιλτσακάκης Δ, Κουρής Τ. (2007). Μεταμόσχευση κερατοειδούς. 40^ο Πανελλήνιο Οφθαλμολογικό Συνέδριο. 27σελ.Retrieved on 26 January 2013, from <http://www.eyenet.gr/pdf/40/Miltzakakis.pdf>
- Μπουφίδης, Θ. (2005) Κερατόκωνος μια ακραία μορφή αστιγματισμού και όχι μόνο. *Η ιατρική σήμερα*. Τεύχος 34. Σελ. 30-34.
- Μπουφίδης, Θ. (2005) Κερατόκωνος : Κερατοπλαστική, Ενδοκερατικοί Δακτύλιοι ή Αεροδιαπερατοί Κερατοκωνικοί Φακοί Επαφής RoseK; *.Οφθαλμοχειρουργικές Σημειώσεις*. Τεύχος 8-9 .
- Πουλερέ, Ε, Πλαϊνης, Σ. (2013) Μαλακοί Φακοί Επαφής σε συστήματα riggy-back. *Optical House*.
- Τραγάκης,Μ. (2014) Κερατοειδής-Μεταμοσχεύσεις. *Ophthalmologiko-iatreio*.
- Bennett, E.S, Weissman, B.A. (2005) *Clinical Contact Lens Practise*. Εκδόσεις Lippincott Williams & Wilkins.
- Eiden, B.S , DeNaeyer, G.W (2012) Keratoconus Fitting With Specialty Soft Lenses. *Contact Lens Spectrum*. 27. σελ. 34 – 37.
- Kirkpatrick,C. (2013) Vogt's striae in keratoconus. *EyeRounds Online Atlas of Ophthalmology*. <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/vogts-striae.htm>
- Sabesan, R. et al. (2007) Vision improvement by correcting higher-order aberrations with customized soft contact lenses in keratoconic eyes. *Optics Letters* 32 (8). σελ. 1000-1002.

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

1. <http://www.eyepathology.gr> retrieved 20/06/2014
2. <http://www.ivo.gr> retrieved 20/06/2014
3. <http://www.youtube.com/watch?v=yjpLbXz0als> retrieved 20/06/2014
4. <http://panacea.med.uoa.gr> retrieved 21/06/2014
5. <http://www.iatronet.gr> retrieved 21/06/2014
6. <http://www.athenseyehospital.gr> retrieved 22/06/2014
7. <http://www.eyepathology.gr> retrieved 22/06/2014
8. <http://www.eyeclinic.com.gr> retrieved 03/07/2014
9. <http://www.athensvision.eu> retrieved 03/07/2014
10. <http://www.opticalhouse.gr> retrieved 05/07/2014
11. <http://peoo.gr> retrieved 07/07/2014
12. <http://elkethop.alex.duth.gr/lenses> retrieved 07/07/2014
13. <http://www.healthyliving.gr> retrieved 07/07/2014
14. http://www.karageorgiadis.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=150 retrieved 08/07/2014
15. <http://www.ultravision.co.uk> retrieved 09/07/2014
16. <http://www.acuity-lenses.co.uk> retrieved 09/07/2014
17. <http://xcelcontacts.com> retrieved 09/07/2014
18. <http://www.eyearart.org> retrieved 09/07/2014
19. <http://www.tradeim.com> retrieved 09/07/2014
20. <http://www.contact-lenses.gr> retrieved 10/07/2014
21. <http://www.metro-optics.com> retrieved 10/07/2014
22. <http://www.keratoconustreatmentcenters.com> retrieved 10/07/2014
23. <http://www.lensdynamics.com> retrieved 11/07/2014
24. <http://www.alcmaeon.com.gr/> retrieved 13/07/2014
25. <http://www.ofthalmologiko-iatrio.gr/> retrieved 13/07/2014
26. <http://www.excellens.gr> retrieved 13/07/2014
27. <http://www.ofthalmiastrosthes.gr> retrieved 14/07/2014
28. <http://www.eyedayclinic.gr> retrieved 15/07/2014
29. <http://laser4myopia.gr> retrieved 15/07/2014
30. <http://avedro.com> retrieved 15/07/2014
31. <http://www.laservision.gr/> retrieved 15/07/2014
32. http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page retrieved 18/07/2014
33. <http://www.eyedayclinic.gr/> retrieved 18/07/2014
34. <http://www.eyenet.gr/> retrieved 18/07/2014
35. <http://www.ygeia360.gr> retrieved 18/07/2014
36. <http://www.medexperts.gr> retrieved 19/07/2014
37. <http://www.eoty.gr> retrieved 19/07/2014
38. <http://i-optics.com/> retrieved 20/07/2014
39. <http://aktis.com.cy/> retrieved 20/07/2014
40. <http://www.ophtalmica.gr/el/diagnostics-examinations/corneal-topography.html> retrieved 20/07/2014
41. http://eyewiki.aao.org/Corneal_topography retrieved 21/07/2014
42. <http://aktis.com.cy/technology-equipment/pentacam-oculyzer-topographer/> retrieved 22/07/2014