

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΣ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ**

**ΚΥΠΡΑΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ-ΜΑΡΙΑ**

**ΚΕΝΤΣΑ ΓΕΩΡΓΙΑ**

**Επόπτρια καθηγήτρια: Δρ ΜΑΚΡΥΝΙΩΤΗ ΔΗΜΗΤΡΑ**

**Αίγιο, Ιούνιος 2014**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ- ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή πραγματοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, στο τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας που βρίσκεται στο Αίγιο. Στόχος της εργασίας αυτής, είναι η μελέτη της πάθησης του κερατόκωνου και η αντιμετώπισή της με τη χρήση των φακών επαφής.

Πιο συγκεκριμένα, έγινε ανάλυση του ανθρώπινου οφθαλμού με επίκεντρο τον κερατοειδή, στον οποίο και εξελίσσεται ο κερατόκωνος.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε η πάθηση του κερατόκωνου εξετάζοντας τα αίτια, τη συμπτωματολογία και τα κλινικά χαρακτηριστικά του.

Ακολούθησε εκτενής περιγραφή των φακών επαφής σχετικά με τη δημιουργία, τα είδη και τη χρήση τους σε γενικό επίπεδο.

Τέλος, μελετήθηκε η εφαρμογή των φακών επαφής σε κερατοκωνικούς ασθενείς και με ποιες μεθόδους αυτή επιτυγχάνεται.

Η εκπόνηση της εργασίας αυτής, αποτέλεσε για εμάς μια διαφορετική εμπειρία. Μέσα από αυτήν μπορέσαμε να έρθουμε πιο κοντά στο αντικείμενο της μελέτης μας και να μάθουμε περισσότερα τόσο από την αναζήτηση βιβλιογραφικού υλικού, όσο και από την επαφή μας με άτομα που ειδικεύονταν στον τομέα αυτό.

Σεβασμό και ιδιαίτερες ευχαριστίες στην επόπτρια καθηγήτρια Δρ Μακρυνιώτη Δήμητρα, για την ομαλή διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας. Επίσης θερμές ευχαριστίες οφείλονται να δοθούν στις οικογένειές μας, για την ηθική τους συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να αναλύσει μια από τις πιο συχνές παθήσεις του κερατοειδή που ονομάζεται κερατόκωνος, καθώς και την αντιμετώπισή του σε προχωρημένα στάδια κυρίως με φακούς επαφής. Τα μέσα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση του θέματος είναι πληροφορίες τόσο από παλαιότερες όσο και από σύγχρονες βιβλιογραφίες (ελληνικές ή διεθνείς).

Αρχικά γίνεται αναφορά στο οπτικό σύστημα του οφθαλμού όπως για παράδειγμα τα ανατομικά μέρη του οφθαλμού γενικά, η διαθλαστική επιφάνεια, η σύσταση, οι χιτώνες και κατόπιν να γίνει ανάλυση του κερατοειδούς όσο αναφορά την ιστολογική δομή του, τη φυσιολογία του αλλά και ως οπτικό στοιχείο.

Έπειτα, εκτίθενται πληροφορίες για τις κερατεκτασίες με επίκεντρο τον κερατόκωνο, μια προοδευτικά εκφυλιστική κατάσταση. Πιο συγκεκριμένα θα δοθεί ο ορισμός του κερατόκωνου, οι ενδείξεις που θεωρούνται ως αίτια εμφάνισής του και η συμπτωματολογία του. Επίσης, θα γίνει αναφορά στη διάγνωση και τις εξεταστικές μεθόδους, στις επιπτώσεις που προκαλούνται από προχωρημένο κερατόκωνο και στους τρόπους αντιμετώπισής του.

Στη συνέχεια, θα παρουσιασθεί το θέμα των φακών επαφής, δηλαδή τι ακριβώς είναι, ποιους σκοπούς εξυπηρετούν, ποιοι είναι οι τύποι φακών που χρησιμοποιούνται και ποιες είναι οι ενδείξεις και αντενδείξεις ως προς τη χρήση τους.

Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο στο οποίο θα γίνει εκτενής ανάλυση της εφαρμογής των φακών επαφής σε ασθενείς με κερατόκωνο, πώς θα γίνει η επιλογή του κατάλληλου φακού επαφής και με ποιες προϋποθέσεις θα επιτευχθεί αυτό. Θα αναλυθούν περαιτέρω τα χαρακτηριστικά και οι τύποι των κερατοκωνικών φακών επαφής, όπως είναι οι μαλακοί σφαιρικοί και τορικοί, οι σκληροί αεροδιαπερατοί, οι υβριδικοί μικρής και μεγάλης διαμέτρου, οι σκληρικοί και οι απτικοί, η συνδυασμένη εφαρμογή riggyback και τα αποτελέσματα αυτής της εφαρμογής και ο συνδυασμός τεχνολογίας wavefront με μαλακούς φακούς επαφής.

Τέλος, προσεγγίζεται η πολύ ευαίσθητη ομάδα των κερατοκωνικών ασθενών. Αναφέρεται ο προτεινόμενος χειρισμός των ασθενών αυτών, μία πολύ απαραίτητη παράμετρος όταν κάποιος εργάζεται με κερατοκωνικούς ασθενείς. Ο χειρισμός περιλαμβάνει τρόπους, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν την πάθηση κατά την εμφάνιση, την διάρκεια και την καταστολή της και τη σωστή χρήση των φακών επαφής σε ασθενείς μετά από χειρουργείο κερατόκωνου.

## SUMMARY

The graduation thesis/dissertation aims to analyze one of the most common diseases of the cornea called keratoconus as well as to deal with it in advanced stages mainly with contact lenses. The instruments that/means which will be used for the analysis of the matter is information from both older and of modern literature (Greek or International).

Originally reference is made to the optical system of the eye such as for instance the anatomical parts of the eye generally, the refractive surface, the composition, the tunics and then carries out the analysis of the cornea regarding the histological structure, his physiology but also as an optical element.

Onwards information set out about the keratectasies centered on keratoconus, a progressive degenerative condition. More specifically will be given the definition of keratoconus, the indications which are considered as causes of his appearance and his symptomatology . Also, reference will be made in the diagnosis and testing methods, the effects caused by advanced keratoconus and ways of dealing with it.

And then it will be presented the theme of contact lenses, namely what exactly it is, what purposes serve, what are the types of lenses that are used and what are the indications and contraindications to their use.

Follows the fourth chapter in which will become extensive analysis of the application of contact lenses in patients with keratoconus, how will be the choice of the appropriate contact lens and under what conditions to achieve this. We will further analyze the characteristics and types of keratoconus contact lenses, such as soft spherical and toric, hard gas permeable, hybrid small and large diameter, the scleral and haptic, the combined application piggyback and the results of this application and the combination of wave front technology with soft contact lenses.

Finally, is approached the very sensitive group of keratoconus patients. Referred the suggested treatment of these patients, a very essential parameter when one works with keratoconus patients. The manipulation includes ways, so they can deal with the disease at the onset, the duration and it's suppression and the proper use of contact lenses in patients after surgery keratoconus.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## **Κεφάλαιο 1: Ο ανθρώπινος οφθαλμός**

1.1 Ανατομία του οφθαλμού.....	2
1.2 Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού.....	6
1.3 Γενικά στοιχεία του κερατοειδή.....	7
1.3.1 Ανατομία κερατοειδή.....	7
1.3.2 Ιστολογία του κερατοειδή.....	9
1.3.3 Η φυσιολογία του κερατοειδή.....	11
1.3.4 Ο κερατοειδής ως οπτικό στοιχείο.....	13

## **Κεφάλαιο 2: Κερατόκωνος**

2.1 Τι είναι ο κερατόκωνος.....	14
2.2 Αίτια εμφάνισης.....	15
2.3 Συμπτωματολογία.....	18
2.4 Κλινικά χαρακτηριστικά και εξεταστικές μέθοδοι.....	19
2.4.1 Βιομικροσκόπηση.....	21
2.4.2 Σκιασκοπία.....	23
2.4.3 Κερατομετρία.....	24
2.4.4 Ο δίσκος του Placido.....	26
2.4.5 Ηλεκτρονική κερατοπογραφία.....	27
2.4.6 Τοπογραφία Orbscan.....	28
2.4.7 Τοπογραφία Pentacam.....	29
2.5 Τρόποι αντιμετώπισης του κερατόκωνου.....	30
2.5.1 Τα γυαλιά οράσεως.....	31
2.5.2 Αστιγματικοί ενδοφακοί.....	31
2.5.3 Φακοί επαφής.....	32
2.5.4 Ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι.....	32
2.5.5 Η κερατεκτομή.....	33

2.5.6 Η κερατοπλαστική.....	34
2.5.7 Διαμπερής κερατοπλαστική.....	35
2.5.8 Μερικού πάχους κερατοπλαστική.....	35
2.5.9 Επικερατοπλαστική.....	35
2.5.10 Διασύνδεση κολλαγόνου με τη χρήση ριβοφλαβίνης και υπεριώδη ακτινοβολία UVA	35
2.5.11 Το Πρωτόκολλο της Αθήνας.....	39
2.6 Κερατόκωνος και άλλες παθήσεις.....	40

### **Κεφάλαιο 3: Φακοί επαφής**

3.1 Τι είναι οι φακοί επαφής και πώς προήλθαν.....	41
3.2 Υλικά και είδη φακών επαφής.....	42
3.2.1 Μαλακοί φακοί επαφής.....	43
3.2.2 Σκληροί φακοί επαφής.....	45
3.3 Ειδικές κατασκευές φακών επαφής.....	48
3.3.1 Απλοί σφαιρικοί.....	48
3.3.2 Ασφαιρικοί φακοί.....	48
3.3.3 Τορικοί φακοί.....	48
3.3.4 Πρεσβυωπικοί.....	48
3.3.5 Φακοί επαφής για παιδιατρικές εφαρμογές.....	49
3.3.6 Φακοί επαφής μετά από μεταμόσχευση κερατοειδούς.....	49
3.3.7 Φακοί επαφής μετά από οφθαλμικό τραύμα.....	50
3.3.8 Κοσμητικοί και προσθετικοί φακοί επαφής.....	50
3.3.9 Θεραπευτικοί φακοί επαφής.....	51
3.3.10 Ασπίδες κολλαγόνου.....	52
3.3.11 Φακοί επαφής συχνής αντικατάστασης και συνεχούς χρήσης.....	53
3.3.12 Ορθοκερατολογικοί φακοί επαφής.....	53
3.4 Ενδείξεις για τη χρήση φακών επαφής.....	54
3.5 Αντενδείξεις.....	57

## **Κεφάλαιο 4: Εφαρμογή των φακών επαφής στον κερατόκωνο**

4.1 Επιλογή του κατάλληλου φακού επαφής.....	60
4.2 Εφαρμογή φακών επαφής σε κερατόκωνο.....	60
4.3 Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής (RGP).....	62
4.3.1 Τύποι εφαρμογής σκληρών φακών επαφής.....	63
4.3.2 Μέθοδοι εφαρμογής σκληρών φακών επαφής.....	64
4.3.3 Επιλογές σκληρών κερατοκωνικών φακών που χρησιμοποιούνται στο κερατοειδή.....	66
4.3.4 Φακοί μεγάλης διαμέτρου.....	66
4.4 Μαλακοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής.....	67
4.5 Μαλακοί φακοί επαφής βασιζόμενοι στη μέθοδο ανάλυσης μετώπου κύματος (Wavefront).....	69
4.6 Υβριδικοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής.....	69
4.6.1 Υβριδικοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής (μικρής-μεγάλης διαμέτρου).....	70
4.7 Ο συνδυασμός Piggyback.....	71
4.7.1 Τοποθέτηση συνδυασμού Piggyback.....	72
4.8 Φακοί επαφής μετά από κερατοπλαστική.....	74
4.8.1 Μαλακοί τορικοί φακοί.....	75
4.8.2 Μαλακοί φακοί αντίστροφης γεωμετρίας.....	75
4.8.3 Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής.....	76
4.8.4 Σκληρικοί-Απτικοί ή Υβριδικοί.....	76
4.9 Χειρισμός ενός κερατοκωνικού ασθενή.....	77
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>78</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λειτουργία της όρασης επιτυγχάνεται μέσα από τα αισθητήρια όργανα των οφθαλμών. Πολλές φορές και για διάφορους λόγους οι οφθαλμοί μπορούν να προσβληθούν από παθήσεις. Μια από τις πιο συχνές είναι και ο κερατόκωνος, ο οποίος αποτελεί και το θέμα που φέρεται στην συγκεκριμένη εργασία.

Πρόκειται για μια ασθένεια, η οποία σε προχωρημένες περιπτώσεις, χαρακτηρίζεται από κερατοειδική λέπτυνση και ουλοποίηση, γεγονός που διαταράσσει τον κερατοειδή χιτώνα. Καθώς αναπτύσσεται, παίρνει μια μορφή κώνου, (ο λόγος που του προσδίδει και την ονομασία του), παραμορφώνοντας το είδωλο που σχηματίζεται στο βυθό του ματιού.

Δεν είναι ακόμα γνωστές στον επιστημονικό κόσμο οι αιτίες εμφάνισης του, εκείνο που είναι γνωστό είναι ότι μπορεί να προσβάλλει τόσο άνδρες, όσο και γυναίκες, μπορεί να εμφανιστεί κοντά στο τέλος της εφηβείας και σε προχωρημένο στάδιο δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί με γυαλιά οράσεως.

Τις περισσότερες φορές ο κερατόκωνος είναι ασυμπτωματικός, παρόλα αυτά τα πρώτα σημάδια εμφάνισής του είναι η συνεχώς αυξανόμενη μυωπία και ο αστιγματισμός, η θολή όραση, η παραμόρφωση ειδώλων και η σύγχυση της εικόνας.

Για να διαγνωσθεί η πάθηση αυτή στα αρχικά της στάδια, παρόλο που οι ασθενείς παραπονιούνται για την θολή όραση και την μειωμένη οπτική οξύτητά τους, είναι δύσκολο να ανιχνευθεί με μία απλή κερατομετρική εξέταση. Σε αντίθεση η σχισμοειδή λυχνία και η τοπογραφία του κερατοειδούς δίνουν σαφή εικόνα ακόμα και σε υποκλινικές μορφές κερατόκωνου.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να σταματήσουν την εξέλιξη του κερατόκωνου ή ακόμα και να την επιβραδύνουν, με στόχο να αναβληθεί ή και να αποφευχθεί μία μεταμόσχευση του κερατοειδούς. Ένας από αυτούς είναι η εφαρμογή των φακών επαφής, οι οποίοι μέσω των διάφορων ειδών και υλικών τους, χρησιμοποιούνται πέρα από τη διόρθωση διαθλαστικών ανωμαλιών και για θεραπευτικούς λόγους.

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει μέσα από ευρύ βιβλιογραφικό υλικό και με διεξοδικό τρόπο την πάθηση του κερατοκώνου, καθώς και το πώς μπορούν οι φακοί επαφής να αποτελέσουν μέθοδο αντιμετώπισης.

Τέλος, ο λόγος που επιλέχτηκε το συγκεκριμένο θέμα είναι το γεγονός πως ο κερατόκωνος, σαν διαταραχή, αποτελεί ένα ενδιαφέρον ζήτημα προς μελέτη και προκάλεσε την ανάγκη για αναζήτηση ποικίλων πηγών και την ένωση όλων αυτών μέσα σε μια ολοκληρωμένη εργασία.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ**

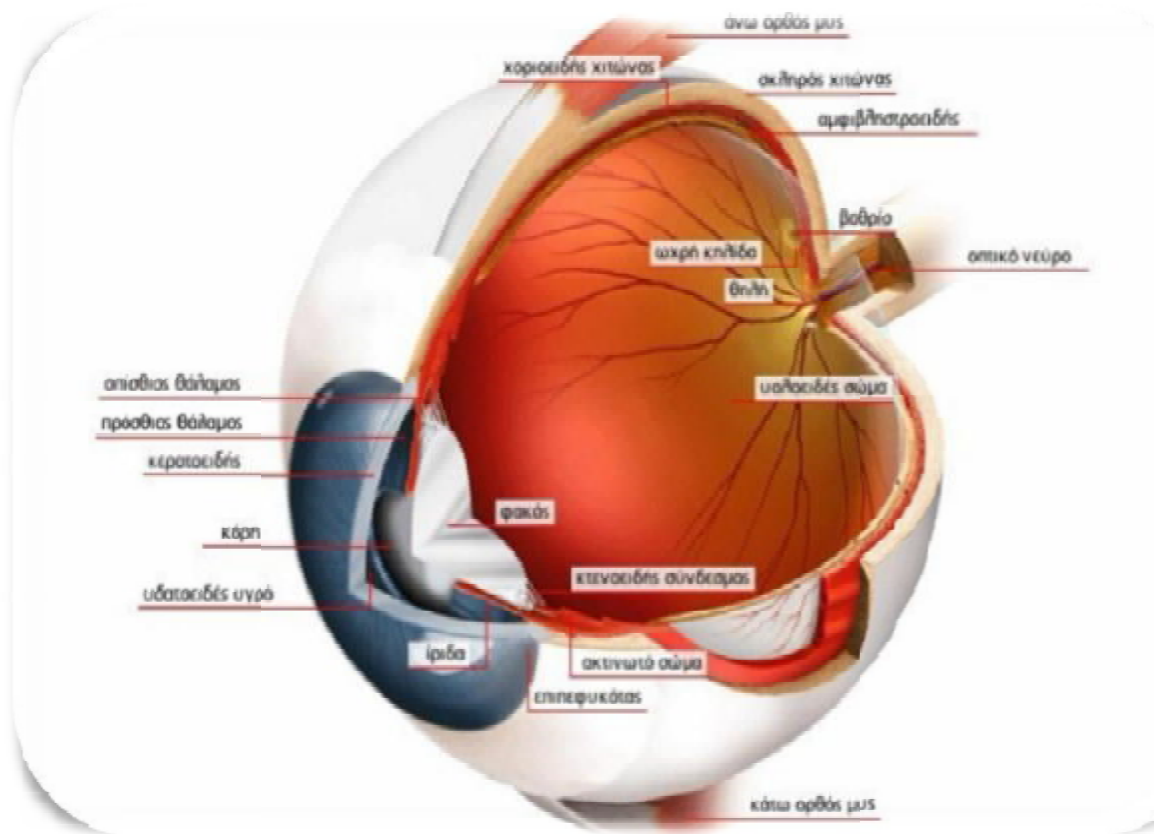
## **1.1 Ανατομία του οφθαλμού**

Το αισθητήριο όργανο της όρασης είναι ο οφθαλμός. Οι οφθαλμοί βρίσκονται μέσα στους οφθαλμικούς κόγχους του κρανίου, μια θέση «επιτελική», αφού το κρανίο βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του σώματος, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη εποπτεία του χώρου.

Ο οφθαλμός αποτελείται από τον βολβό και το οπτικό νεύρο. **Ο οφθαλμικός βολβός**, σφαιρικού σχήματος βρίσκεται εντός της κογχικής κοιλότητας, ο οποίος καταλαμβάνει τα 2/5 αυτής. Η θέση αυτή προσφέρει προστασία για την έκφυση των έξι (6) οφθαλμοκινητικών μυών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τις κινήσεις του οφθαλμού.

Σε κάθε οφθαλμικό βολβό διακρίνονται δύο σφαιρικά τμήματα διαφορετικού μεγέθους τοποθετημένα το ένα μπροστά από το άλλο. Ο πρόσθιος πόλος που είναι μικρότερος σε μέγεθος και διαφανής αποτελεί περίπου το 1/6 του βολβού και έχει ακτίνα καμπυλότητας περίπου στα 8mm. Ο οπίσθιος πόλος μεγαλύτερου μεγέθους και που είναι αδιαφανής αποτελεί τα 5/6 του βολβού και έχει ακτίνα καμπυλότητας περίπου στα 12mm. Ο πρόσθιος πόλος του οφθαλμού αντιστοιχεί στο κέντρο του κερατοειδούς και ο οπίσθιος πόλος, στην διαμετρικά αντίθετη θέση. Η γραμμή που ενώνει τους δύο πόλους αποτελεί τον οπτικό άξονα του οφθαλμικού βολβού.

Οι διαστάσεις του οφθαλμικού βολβού είναι 24mm για την προσθιοπίσθια και εγκάρσια διάμετρο και 23mm για την κάθετη διάμετρο. Ο βολβός είναι κοίλος και εμφανίζει τοίχωμα και περιεχόμενο. Το τοίχωμά του αποτελείται από τρεις χιτώνες, οι οποίοι από έξω προς τα μέσα είναι: ο ινώδης χιτώνας, ο αγγειώδης χιτώνας και ο αμφιβληστροειδής χιτώνας. Το περιεχόμενο του αποτελείται από τον κρυσταλλοειδή φακό, το υδατοειδές υγρό και το υαλοειδές σώμα. Στον σκληρό χιτώνα προσφύονται οι μυς που κινούν τον οφθαλμό, ενώ λόγω της σκληρότητάς του στηρίζει και προστατεύει τους υπόλοιπους χιτώνες.



*Εικόνα 1.1: Ανατομία του οφθαλμού. Πηγή: <http://vision-optometry.blogspot.gr/2012/04/blog-post.html> (Επίσκεψη στην 10/1/14)*

**Ο κερατοειδής**, ο οποίος αποτελεί το 1/6 του οφθαλμικού βολβού είναι διαφανής, άχρωμος και διαυγής. Παρατηρούμενος από μπροστά φαίνεται ελαφρά ελλειπτικός, με οριζόντια διάμετρο 12mm και κάθετη διάμετρο 11mm. Παρατηρούμενος ωστόσο από πίσω είναι κυκλικός και η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι ο σκληρός χιτώνας επικαλύπτει την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς προς τα πάνω και προς τα κάτω, λίγο περισσότερο από ότι προς τα έξω και προς τα έσω. Σημαντικό χαρακτηριστικό του κερατοειδή είναι ότι δεν έχει αγγεία, ενώ αντίθετα από την αιμάτωση έχει πλούσια νεύρωση.

Πίσω από τον κερατοειδή και μπροστά από το έγχρωμο τμήμα του ματιού (ίριδα) υπάρχει ο πρόσθιος θάλαμος. Το άνοιγμα που παρουσιάζει η ίριδα είναι η κόρη. Επομένως, πίσω από την ίριδα και μπροστά από τον φακό βρίσκεται ο οπίσθιος θάλαμος. Ο πρόσθιος και ο οπίσθιος θάλαμος επικοινωνούν μέσω του ανοίγματος της κόρης και περιέχουν το υδατοειδές υγρό. Παράγεται από τις ακτινωδείς προβολές του ακτινωτού σώματος που ρέει στον πρόσθιο θάλαμο μέσω της κόρης και απορροφάται στον φλεβώδη κόλπο του σκληρού.

Η ισορροπία μεταξύ της παραγωγής και της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού έχει σαν αποτέλεσμα την διατήρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε φυσιολογικά επίπεδα. Η κύρια λειτουργία του υδατοειδούς υγρού είναι να διατρέφει τον φακό, ο οποίος στερείται την ύπαρξη αγγείων, στηρίζει τα τοιχώματα του βολβού ενώ παράλληλα συμμετέχει στην απομάκρυνση άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού.

Το τοίχωμα του βολβού το αποτελούν τρεις χιτώνες:

### 1. Ο έξω – ινώδης (κερατοειδής, σκληρός)

Ο σκληρός χιτώνας αποτελεί το υπόλοιπο τμήμα του ινώδους χιτώνα. Είναι φυσιολογικά λευκός, ενώ γίνεται κίτρινος στον ίκτερο και εμφανίζει ιώδες χρώμα στην περίπτωση νόσων του κολλαγόνου από ίνες του οποίου και αποτελείται. Σε ηλικιωμένα άτομα μπορεί επίσης να λάβει κιτρινωπή απόχρωση λόγω συγκέντρωσης και εναπόθεσης λίπους.

Βασική λειτουργία του σκληρού είναι να προστατεύει τα ενδοφθάλμια μέρη από τυχόν τραυματισμό ή μηχανική εκτόπιση. Σε συνδυασμό με την ενδοφθάλμια πίεση συντηρεί το σχήμα του βολβού και διατηρεί τη σωστή και ακριβή θέση των τμημάτων του. Αποτελεί ακόμη το χώρο κατάφυσης των οφθαλμικών κινητικών μυών. Στο πρόσθιο τμήμα του ο σκληρός σχηματίζει το «λευκό του ματιού και επικαλύπτεται από το βολβικό επιπεφυκότα. Στο οπίσθιο τμήμα του βρίσκεται το σκληραίο τρήμα, όπου περνάνε το οπτικό νεύρο, η κεντρική φλέβα και η κεντρική αρτηρία του αμφιβληστροειδή.

### 2. Ο μέσος – αγγειώδης (ή ραγοειδής)

Ο αγγειώδης χιτώνας διακρίνεται σε τρία μέρη από πίσω προς τα εμπρός:

2α) **Το χοριοειδή:** «ο χοριοειδής είναι ο τροφικός υμένας. Το χρώμα του είναι μαύρο επειδή περιέχει αρκετή χρωστική, όπως και πολλά αγγεία». (Κολλιοπούλου, 1995). Τα αγγεία αυτά είναι υπεύθυνα για την θρέψη της έξω κυρίως μοίρας του αμφιβληστροειδούς.

2β) **Το ακτινωτό σώμα:** είναι μία αγγειομυϊκή μεμβράνη, η οποία διαθέτει αγγεία και ορισμένους ιδιόμορφους αγγειακούς σχηματισμούς που ονομάζονται ακτινοειδείς προβολές. Παράλληλα, είναι υπεύθυνο για την παραγωγή του υδατοειδούς υγρού και βοηθάει στη λειτουργία της προσαρμογής. Εκτός από τα αγγεία σε αυτό το σημείο υπάρχουν οι ίνες ( της Ζίννειας ή Ακτινωτής ζώνης) οι οποίες συγκρατούν τον φακό. Οι μυϊκές ίνες δηλαδή, ο ακτινωτός μυς, σε συνδυασμό με τις ίνες της Ζίννειας ζώνης είναι ικανές να δράσουν μαζί για να προκαλέσουν μεγαλύτερη ή μικρότερη κύρτωση στο φακό.

2γ) **Η ίριδα:** «...είναι σαν το διάφραγμα μιας φωτογραφικής μηχανής». (Κολλιοπούλου, 1995). Στο κέντρο της, έχει μία οπή, την κόρη, όπου περνάνε οι ακτίνες του φωτός. Αν το φως είναι έντονο τότε προκαλείται στην κόρη (μύση) δηλαδή μικραίνει, αν όμως είναι λιγιστό το φως τότε προκαλείται (μυδρίαση) δηλαδή μεγαλώνει. Το μέγεθος της κόρης ρυθμίζεται αντανακλαστικά από τους μυς που διαθέτει η ίριδα. Τέλος, είναι και αυτή που δίνει το χρώμα των ματιών.

### 3. Ο έσω – νεύρινος (αμφιβληστροειδής)

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι το μέρος του οφθαλμού που μετατρέπει το φωτεινό ερέθισμα σε νευρική ώση, με αποτέλεσμα, μετά από επεξεργασία στον εγκέφαλο να παρέχει στον άνθρωπο την αίσθηση της όρασης. Μπορεί λοιπόν να θεωρηθεί ότι όλα τα υπόλοιπα μέρη του οφθαλμού εξυπηρετούν τον σκοπό της υποβοήθησης του αμφιβληστροειδούς για την πραγματοποίηση της πολύ εξειδικευμένης λειτουργίας του. Καλύπτει όλη την έσω επιφάνεια του χοριοειδούς, ενώ στο οπίσθιο μέρος της εσωτερικής επιφάνειας, την οπτική μοίρα, φέρει τα οπτικά κύτταρα, τα οποία είναι ιδιόμορφα νευρικά κύτταρα και ονομάζονται φωτοϋποδοχείς.

Εκτός από τα αγγεία διακρίνονται δύο κύριες περιοχές η **οπτική θηλή** και η **ωχρά κηλίδα**, οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικό χρώμα από τον υπόλοιπο αμφιβληστροειδή.

Στη υφή του οπτικού αμφιβληστροειδούς συμμετέχουν οι νευρώνες, τα νευρογλοιακά κύτταρα και τα αιμοφόρα αγγεία. Στους νευρώνες περιλαμβάνονται οι φωτουπόδοχείς (ραβδία και κωνία), οι συνδετικοί νευρώνες και τα τελικά διαβιβαστικά κύτταρα, τα γαγγλιακά, όπου βρίσκονται κοντά στην έσω επιφάνεια του οπτικού αμφιβληστροειδούς ενώ οι νευροάξονές τους αποτελούν το οπτικό νεύρο.

Στη περίπτωση αυτή μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η στιβάδα που περιέχει τα οπτικά κύτταρα. Τα κύτταρα αυτά ονομάζονται κωνία και ραβδία. **Τα ραβδία** που είναι περισσότερα, θεωρείται πως είναι ευαίσθητα στο αμυδρό φως και φέρουν μία φωτοευαίσθητη ουσία, την ροδοψίνη, η οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στο ιώδες. Έτσι λοιπόν διασπάται και ένα ηλεκτρικό δυναμικό ξεκινάει που εξελίσσεται σε νευρική ώση. **Τα κωνία** που είναι πιο ευμεγέθη από τα ραβδία και περιέχουν και αυτά φωτοχρωστική ουσία, την ιωδοψίνη, βρίσκονται συγκεντρωμένα στη περιοχή της ωχράς, όπου παρέχουν μεγαλύτερη οπτική οξύτητα και αντίληψης των χρωμάτων. Υπάρχουν τρία είδη οψίνης, καθένα ευαίσθητο σε διαφορετικό χρώμα: πράσινο, ερυθρό και κυανό. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση τα ερεθίσματα των ραβδίων και των κωνίων, μεταδίδονται σε άλλα νευρικά κύτταρα, μέσω των συνάψεων. Οι ίνες των κυττάρων αυτών σχηματίζουν το οπτικό νεύρο, το οποίο εμφύεται από την οπίσθια επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς και του οφθαλμού.

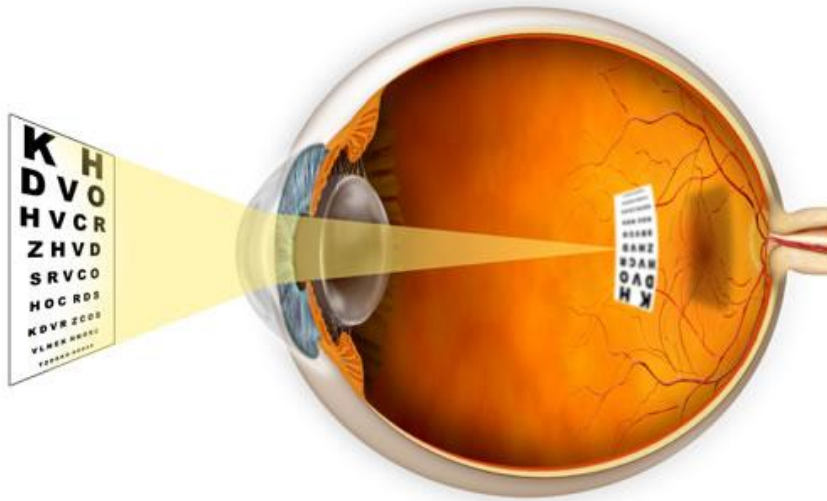
Όπως προαναφέρθηκε, το περιεχόμενο του οφθαλμικού βολβού αποτελείται, από το υδατοειδές υγρό, το οποίο κυκλοφορεί στον πρόσθιο και στον οπίσθιο θάλαμο, τον κρυσταλλοειδή φακό και το υαλοειδές σώμα.

Πίσω από την ίριδα και μπροστά από το υαλοειδές σώμα βρίσκεται ο **κρυσταλλοειδής φακός** που στηρίζεται στην περιφέρειά του από τις ίνες της ακτινωτής ζώνης του Zinn. Είναι ένα αμφίκυρτο διαφανές σώμα που περιβάλλεται από μια διαφανή κάψα, το περιφάκιο. Κύριο χαρακτηριστικό του φακού είναι ότι το σχήμα του αλλάζει κατά την προσαρμογή. Είναι δηλαδή ελαστικός και η σύστασή του ακτινωτού μυός επιτρέπει εντός ορίων την αυξομείωση της κυρτότητάς του, ώστε να προσαρμόζεται σε μακρινή και κοντινή όραση. Με το πέρασμα των χρόνων ή μετά από κάποιο τραυματισμό ή από άλλα αίτια, συνήθως χάνει τη διαφάνειά του, θολώνει και γίνεται κίτρινος ή άσπρος. Σε αυτή τη περίπτωση η θολερότητα αυτή ονομάζεται καταρράκτης.

Το **υαλοειδές σώμα**, είναι μία διαυγής και άχρωμη ουσία που αποτελείται από 99% νερό και 1% κολλαγόνο το οποίο μοιάζει σαν (gel), και γεμίζει τον χώρο μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας του φακού και του αμφιβληστροειδούς. Εκτός από την δίοδο του φωτός, θρέφει τον φακό ενώ παράλληλα τον στηρίζει από πίσω και διατηρεί τους υπόλοιπους χιτώνες στην θέση τους, γεμίζοντας όλη την κοιλότητα του βολβού.

## 1.2 Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού

Το σύστημα του οφθαλμικού φακού είναι σχεδιασμένο, ώστε να εστιάζει μία αντεστραμμένη εικόνα του αντικειμένου στον αμφιβληστροειδή. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η αισθητηριακή λειτουργία του οφθαλμού, δηλαδή, η όραση.



*Εικόνα 1.2: Ο οφθαλμός ως μία φωτογραφική μηχανή.*

Πηγή:<http://www.karageorgopoulos.gr> (Επίσκεψη στην 12/1/14)

Ο οφθαλμός σαν οπτικό σύστημα λειτουργεί όπως μία φωτογραφική μηχανή. Οι φωτεινές ακτίνες όταν προσπίπτουν στο μάτι, διαπερνούν όλα τα διαφανή στοιχεία. Το πρώτο διαθλαστικό μέσο που συναντούν είναι ο κερατοειδής, ύστερα το υδατοειδές υγρό, ο φακός και το υαλοειδές σώμα, όπου και τελικά συγκεντρώνονται στον αμφιβληστροειδή. Με λίγα λόγια ο αμφιβληστροειδής δρα ως το «φίλμ» της φωτογραφικής μηχανής.

Ο κερατοειδής αποτελεί το ισχυρότερο διαθλαστικό μέσο. Η επιφάνειά του παρουσιάζει μια κυρτότητα ακτίνας 8mm, στην οποία οφείλεται η μεγάλη διαθλαστική δύναμή του φωτός που προσπίπτει πάνω στο φακό, ο οποίος με τη σειρά του στρέφει το φως πάνω στον αμφιβληστροειδή. Το πάχος του κερατοειδή είναι 550μm, ο δείκτης διάθλασης του είναι  $n=1.3771$ , ενώ η συνολική διαθλαστική δύναμή του ματιού, (κερατοειδή- φακού) είναι περίπου +60,0 D.

Πίσω από τον κερατοειδή χιτώνα είναι ο πρόσθιος θάλαμος, ο οποίος περιέχει το υδατοειδές υγρό με δείκτη διάθλασης  $n=1.336$ , το οποίο χρησιμεύει στην θρέψη του κερατοειδούς χιτώνα αλλά και του φακού. Ακολουθεί η ίριδα, η οποία στο κέντρο της εμφανίζει μία οπή την κόρη, η οποία ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός αυξομειώνοντας το μέγεθός της, αποτελώντας έτσι το διάφραγμα του οπτικού συστήματος.

Πίσω από την ίριδα υπάρχει ο κρυσταλλοειδής φακός, ο οποίος είναι διαφανής και ελαστικός και έχει τη δυνατότητα να αλλάζει το σχήμα του και συνεπώς την εστιακή απόσταση του συστήματος που είναι απαραίτητη για τη μετάβαση από τη κοντινή στη μακρινή παρατήρηση. Ο δ.δ. ( $n = 1.41$ ) και το σχήμα του φακού είναι τέτοια, ώστε να αντισταθμίζεται σε κάποιο βαθμό η σφαιρική εκτροπή που εισάγεται από την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδή.

Αφού οι ακτίνες συγκεντρωθούν πίσω από το φακό, περνούν στο υαλώδες σώμα, το οποίο καλύπτει περίπου τα  $2/3$  του όγκου του οφθαλμού διατηρώντας την πορεία τους, αφού το υαλώδες σώμα έχει περίπου τον ίδιο δ.δ. ( $n = 1.337$ ) με το φακό.

Όταν τελικά οι ακτίνες φθάσουν στον αμφιβληστροειδή, έχοντας ερεθίσει τους φωτοϋποδοχείς, δημιουργούνται νευρικά ερεθίσματα που μεταφέρονται από το οπτικό νεύρο μέσω της οπτικής οδού στον εγκέφαλο. Στο οπίσθιο τμήμα του εγκεφάλου, στον ινιακό λοβό τα σήματα αυτά «αποκωδικοποιούνται» και έτσι ολοκληρώνεται η όλη λειτουργία της όρασης. Τέλος, το σχήμα του είναι περίπου σφαιρικό και έχει ακτίνα καμπυλότητας 12mm.

## **1.3 Γενικά στοιχεία του κερατοειδή.**

### **1.3.1 Ανατομία κερατοειδή**

Ο κερατοειδής χιτώνας καταλαμβάνει το πρόσθιο και διαφανές τμήμα που ανήκει στον ινώδη χιτώνα του οφθαλμικού βολβού. Ουσιαστικά είναι η προέκταση του σκληροειδή χιτώνα στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού αποτελώντας το  $1/6$  του ινώδη χιτώνα.

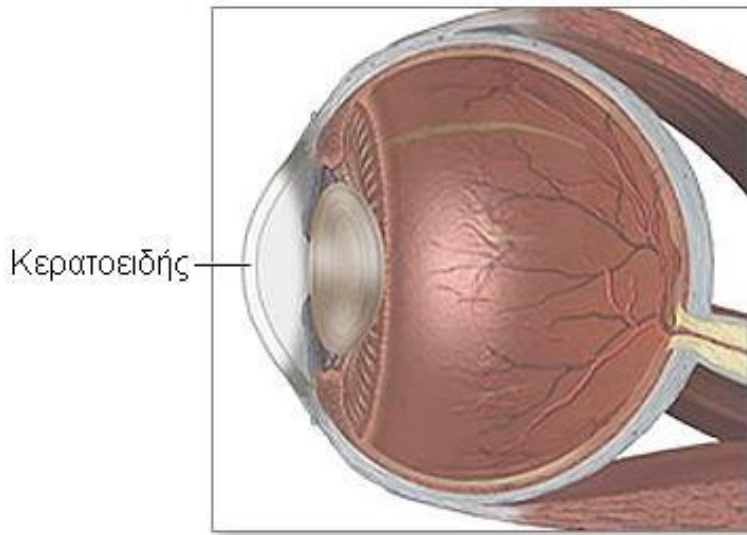
Κατά μέσο όρο έχει διάμετρο 11mm, όπου διαθέτει μεγαλύτερη οριζόντια παρά κάθετη διάμετρο. Οι διαστάσεις του κερατοειδή βρίσκονται περίπου στις ίδιες τιμές με αυτές ενός ενήλικα από τον 6<sup>ο</sup> μήνα, όπου και τελικά ολοκληρώνεται η εξέλιξή τους κατά το 6<sup>ο</sup> έτος της ζωής.

Σε αντίθεση με το σκληροειδή που είναι μαργαρώδης, ο κερατοειδής είναι διάφανος. Η διαφάνειά του αυτή οφείλεται στην απουσία των αιμοφόρων αγγείων στη περιοχή, γεγονός που επιτρέπει την ελεύθερη διάδοση του φωτός στο εσωτερικό του οφθαλμού. Το σημείο μετάβασης από τον αδιαφανή σκληρό στο διάφανο κερατοειδή ονομάζεται σκληροκερατοειδές όριο.

Εμφανίζει κυρίως δύο επιφάνειες, την πρόσθια κυρτή επιφάνεια και την οπίσθια κοίλη δημιουργώντας ένα φακό με συνολική οπτική ισχύ 42-45 διοπτρίες, παίζοντας καθοριστικό ρόλο στο διαθλαστικό σύστημα του οφθαλμού. Το πάχος του κερατοειδή δεν είναι το ίδιο σε όλη του την έκταση. Είναι πιο λεπτός στο κέντρο περίπου 550μm, ενώ προς την περιφέρεια αυξάνεται στα 700μm περίπου, καθιστώντας τον ιδιαίτερο διαθλαστικό.

Ο κερατοειδής είναι εξαιρετικά ευαίσθητος και υπάρχουν περισσότερες νευρικές απολήξεις σε αυτόν από οπουδήποτε αλλού στο σώμα. Το τρίδυμο νεύρο (ν εγκεφαλική συζυγία) νευρώνει τον κερατοειδή μέσω των μακρών ακτινωτών νεύρων και τον καθιστά το νευροβριθέστερο ιστό του οφθαλμού.

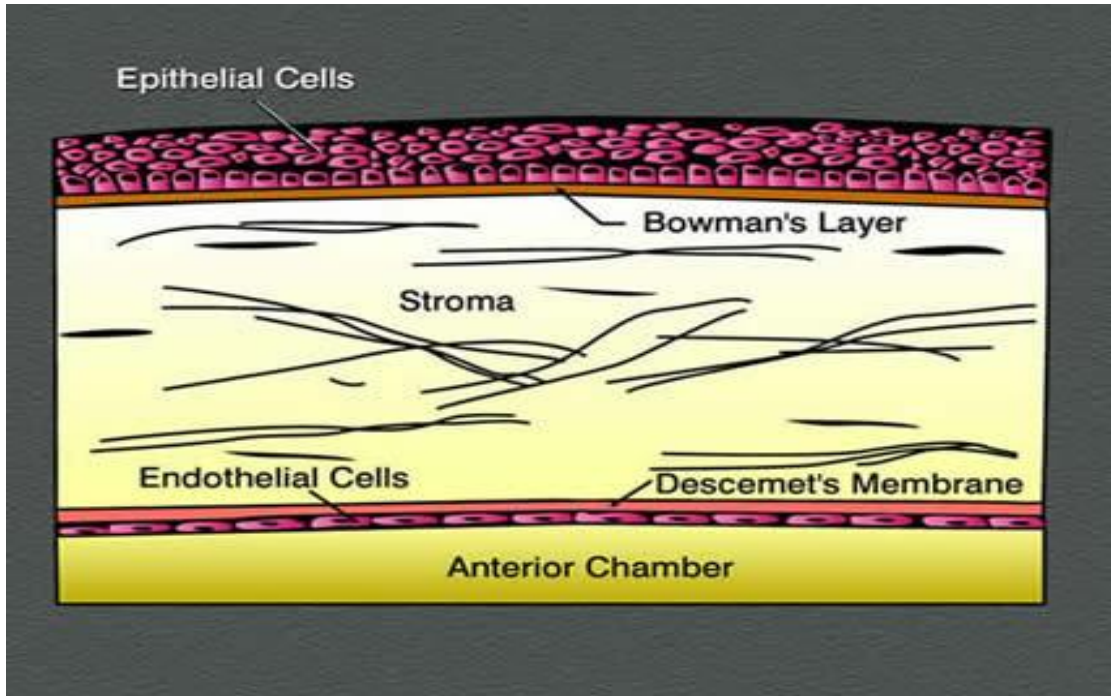
Στο σύνολο του, αποτελείται κυρίως από νερό και από ίνες κολλαγόνου. «Το νερό αποτελεί το 78%, ενώ οι ίνες κολλαγόνου το 15%. Το υπόλοιπο 7% αποτελείται από πρωτεΐνες, γλυκο-αμινογλυκάνες, άλατα και άλλα». (Κατσούλος, Μακρυνιώτη, 2010)



*Εικόνα 1.3.1: Ο κερατοειδής χιτώνας Πηγή: <http://www.ivo.gr/patient/cornea-diseases/cornea-diseases.html> (Επίσκεψη στην 19/1/14)*

### 1.3.2 Ιστολογία του κερατοειδή

Ο κερατοειδής είναι μία οργανωμένη ομάδα κυττάρων και πρωτεΐνης, η οποία διακρίνεται σε πέντε επιμέρους τμήματα από έξω προς τα μέσα: στο επιθήλιο, στη μεμβράνη του Bowman, στο στρώμα, στη μεμβράνη του Descemet και στο ενδοθήλιο.



Εικόνα 1.3.2: Η δομή του κερατοειδή Πηγή: <http://epiplotkes-lasik.blogspot.gr/2010/11/prk-lasik.html> ( Επίσκεψη στην 19/1/14)

Το **επιθήλιο** βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά του κερατοειδή, το οποίο αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία βρίσκεται η δακρυϊκή στοιβάδα. Η δακρυϊκή στοιβάδα αποτελεί την εξώτατη διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού, η οποία μέσω της επιφανειακής τάσης αποκτά λείο σχήμα που είναι απαραίτητο για τη διάθλαση του φωτός χωρίς σημαντική σκέδαση.

Το επιθήλιο διαθέτει στο κέντρο από 5 – 7 στρώσεις επιθηλιακών κυττάρων, ενώ στη περιφέρεια φθάνει στις 10 στιβάδες αντίστοιχα προς το σκληροκερατοειδές όριο, όπου μεταπίπτει στο επιθήλιο του επιπεφυκότα. Αποτελεί το 10% του συνολικού πάχους του κερατοειδή, έχοντας 50μm πάχος και 80μm στη περιφέρεια.

Πλαισιώνεται 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 δεσμούς και με τη πάροδο του χρόνου αποπίπτουν στη προκεράτια δακρυϊκή στιβάδα. Τα πτερυγοειδή πολυγωνικά αποτελούν τη μέση στιβάδα του επιθηλίου.



Η βασική στιβάδα είναι η παραγωγική στοιβάδα, από την οποία προέρχονται τα νέα επιθηλιακά κύτταρα. Στα βασικά κύτταρα, τα οποία είναι τα μόνα επιθηλιακά κύτταρα προκαλείται μίτωση. Μετά από κάθε κυτταρική διαίρεση, το ένα από τα δύο θυγατρικά κύτταρα παραμένει στη βασική στοιβάδα για να χρησιμεύσει σαν παραγωγικό κύτταρο για την επόμενη κυτταρική διαίρεση, ενώ το άλλο μεταναστεύει προς τα πάνω, το οποίο διαφοροποιείται σταδιακά. Επομένως, σκοπός τους είναι η γρήγορη αναπαραγωγή τους, σε περίπτωση τραυματισμού του κερατοειδούς. Τα επιθηλιακά κύτταρα αναγεννώνται κάθε 7 περίπου ημέρες και ο πολλαπλασιασμός τους πραγματοποιείται στο σκληροκερατοειδές όριο.

Η πορεία των επιθηλιακών κυττάρων από την μίτωση έως την απόπτωση συνοδεύεται από μετακίνηση από την περιφέρεια προς το κέντρο και από την βάση του επιθηλίου προς την επιφάνεια. Επιπλέον, εμποδίζει τη μετάβαση κάποιου ξένου υλικού στο μάτι και στα άλλα στρώματα του κερατοειδή παρέχει μια ομαλή επιφάνεια που απορροφά το οξυγόνο και άλλες αναγκαίες θρεπτικές ουσίες των κυττάρων.

Τέλος, ανάμεσα της βασική στιβάδας των επιθηλιακών κυττάρων και της μεμβράνης του Bowman, βρίσκεται η βασική μεμβράνη, η οποία πρόκειται για μία ξεχωριστή δομή του κερατοειδούς. Παράγεται από ειδικά κύτταρα της βασικής στιβάδας, η υφή της είναι αδιευκρίνιστη και έχει τη δυνατότητα να σχηματίζει φραγμό, ώστε να απομονώνει τις επιπολής διαταραχές του κερατοειδούς από το υποκείμενο στρώμα.

**Η μεμβράνη του Bowman** είναι μία πολύ σκληρή στοιβάδα και βρίσκεται κάτω από το επιθήλιο, ενώ μεταξύ τους υπάρχει η βασική μεμβράνη. Η πρόσθια επιφάνεια της μεμβράνης του Bowman είναι λεία και ομαλή, σε αντίθεση με την οπίσθια, η οποία είναι ασαφής και συγγέεται με το δίκτυο των κολλαγόνων ινιδίων του πρόσθιου στρώματος. Χαρακτηρίζεται ως ένα ομοιόμορφο παχύ πέταλο 10-16μm, αποτελούμενο από κολλαγόνο και θεμέλια ουσία. Θεωρείται ότι προσδίδει μηχανική σταθερότητα στον κερατοειδή. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της είναι ότι αν τραυματιστεί δεν μπορεί να αναγεννηθεί και συνήθως είναι σχετικά ανθεκτική στη παραμόρφωση.

**Το στρώμα** του κερατοειδούς αποτελεί το 90% του συνολικού πάχους αυτού και βρίσκεται ακριβώς κάτω από την μεμβράνη Bowman. Σχηματίζεται από ίνες κολλαγόνου, κύτταρα και θεμέλιο ουσία. Τα ελάσματα από κολλαγόνο, που είναι περίπου 200-250 συνολικά στον αριθμό, επικάθονται το ένα επί του άλλου και διατάσσονται παράλληλα τόσο μεταξύ τους όσο και προς την επιφάνεια του κερατοειδή. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μηχανική ισοτροπία στις κάθετες στον οπτικό άξονα κατευθύνσεις, καθώς επίσης 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 κύρια αιτία της διαφάνειας του κερατοειδούς οφείλεται στα κολλαγόνα ινίδια που περιβάλλονται από θεμέλια ουσία, τα οποία είναι παράλληλα μεταξύ τους και αρμονικά διατεταγμένα. Τα κύτταρα του στρώματος διακρίνονται σε μόνιμα (κερατοκύτταρα) και μεταναστευτικά (λεμφοκύτταρα, πολυμορφοπύρηνα, λευκοκύτταρα και μακροφάγα).

Η εξωκυττάρια ουσία που περιβάλλει τα κολλαγόνα ινίδια αποτελείται από πρωτεογλυκάνες και γλυκοζαμινογλυκάνες, στις οποίες δεσμεύεται νερό μέσω δεσμών υδρογόνου, καθώς επίσης και διάσπαρτα κερατοκύτταρα των οποίων ο ρόλος είναι η επουλωτική δραστηριότητα σε περίπτωση τραυματισμού του κερατοειδή.

**Η μεμβράνη του Descemet**, η οποία είναι η βασική μεμβράνη του ενδοθηλίου βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά του κερατοειδή και έχει πάχος 6-10μm. Είναι ομοιογενής μεμβράνη, η οποία εύκολα μπορεί να αποχωριστεί από το στρώμα και το ενδοθήλιο. Αποτελείται από λεπτά ινίδια κολλαγόνου με ομοιόμορφη κατανομή, διαφορετικά όμως από αυτά του στρώματος.

**Το ενδοθήλιο**, αποτελείται από μία μονοκυτταρική στρώση εξαγωνικών κυττάρων, ο συνολικός αριθμός των οποίων κυμαίνεται γύρω στις 400.000. Με βάση την ιστολογία του είναι ένα πλακώδες επιθήλιο. Είναι πλούσιο σε μιτοχόνδρια, τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στην μεταφορά ρευστού από τον κερατοειδή προς τον πρόσθιο θάλαμο και στην διατήρηση του κερατοειδή, ελαφρώς αφυδατωμένο, γεγονός που απαιτείται για την οπτική διαύγεια.

Ο ρόλος του ενδοθηλίου στο μεταβολισμό του κερατοειδούς, καθώς και για την διαφάνειά του, είναι εξαιρετικά σπουδαίος εξαιτίας της άμεσης σχέσης του με το υδατοειδές υγρό και της ύπαρξης στα κύτταρα των οργανιδίων που συμμετέχουν για τη μεταφορά των ουσιών και της πρωτεϊνικής σύνθεσης.

Με την λειτουργία αυτή εξασφαλίζεται έτσι η πυκνή διάταξη των ινών κολλαγόνου του στρώματος. Τα ενδοθηλιακά κύτταρα στους ενήλικες είναι επίπεδα και ο αριθμός τους φθάνει περίπου τα 3.000-4.000/mm<sup>2</sup>, όπου και τελικά μειώνονται με την πάροδο της ηλικίας, σε συνδυασμό και με την έλλειψη μιτωτικής δραστηριότητας στο ενδοθήλιο. Σε αντίθεση με τους ενήλικες, στη παιδική ηλικία τα κύτταρα είναι υψηλά και κυβοειδή. Έτσι, τα ενδοθηλιακά κύτταρα που απομένουν, αποπλατύνονται και εξαπλώνονται, ώστε να καλύψουν τυχόν γειτονικά κενά, μια διαδικασία που απαιτεί μεγάλο διάστημα.

Το πάχος των ενδοθηλιακών κυττάρων κυμαίνεται από 4-6μm και συνδέονται και αυτά (όπως και το επιθήλιο) με δεσμοσώματα και στενές συνδέσεις, έχοντας στην επιφάνειά τους μικρολάχνες. Ωστόσο, παρόλο την ύπαρξη των συνδέσεων, μεσολαβεί διάστημα μεταξύ των κυττάρων με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ικανοποιητικός φραγμός και να είναι εύκολη η διόδος μικρών μορίων από τον πρόσθιο θάλαμο προς το στρώμα.

Τα ενδοθηλιακά κύτταρα, παίζουν διπλό ρόλο, καθώς από τη μία μεριά ενυδατώνουν και τρέφουν τον κερατοειδή και από την άλλη, αποτελούν φραγμό εμποδίζοντας την υπερβολική είσοδο του υδατοειδούς υγρού στο στρώμα, αλλά και σαν αντλία ύδατος με τη βοήθεια ενεργού μηχανισμού για τη μεταφορά ιόντων.

### **1.3.3 Η φυσιολογία του κερατοειδή**

«Ο κερατοειδής παρά το γεγονός ότι δεν έχει αγγεία, η διατροφή του εξασφαλίζεται σταθερά από τα αγγεία του σκληροκερατοειδούς ορίου στην περιφέρεια, από το υδατοειδές υγρό του πρόσθιου θαλάμου και από τα δάκρυα που διαβρέχουν την πρόσθια επιφάνειά του». (Θεοδοσιάδης, 1984)

Φυσιολογικά ένας κερατοειδής πρέπει να είναι διαφανής και ενυδατωμένος περίπου στο 65%. Υπάρχει όμως περίπτωση λόγω αύξησης της ποσότητας του νερού, να δημιουργηθεί οίδημα στο στρώμα με αποτέλεσμα να χάσει τη διαφάνειά του.

Η διαφάνεια του κερατοειδή στηρίζεται σε ανατομικούς παράγοντες, δηλαδή στην ύπαρξη κολλαγόνων ινιδίων που τον αποτελούν, (των οποίων βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η ομοιόμορφη διάμετρος τους και η συνοχή τους εξαιτίας των διαμοριακών δεσμών), και στο συνδυασμό ενός μικρού αριθμού κυττάρων που βρίσκονται στο στρώμα.

Η μεγάλη περιεκτικότητα του νερού στον κερατοειδή επηρεάζει την ομοιόμορφη δομή των ινών κολλαγόνου και ως επακόλουθο και τη διαφάνεια του. Το ενδοθήλιο, που βρίσκεται ανάμεσα στο στρώμα και στο υδατοειδές υγρό, διαδραματίζει ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε αυτήν την λειτουργία. Η κύρια λειτουργία του ενδοθηλίου είναι να αντλεί νερό από το στρώμα του κερατοειδή προς τον πρόσθιο θάλαμο, διατηρώντας έτσι σταθερή μέσω του μηχανισμού ρύθμισης, την κατάσταση ενυδάτωσής του. Άρα, σημαντική είναι και η παρουσία συνδέσμων μεταξύ των επιθηλιακών κυττάρων του κερατοειδούς, που θα αποτελούν φραγμό κατά τη διέλευση υγρού από τη πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, αλλά και στην ακεραιότητα του ενδοθηλίου.

Έτσι τα ενδοθηλιακά κύτταρα είναι αυτά που εξασφαλίζουν τη διαφάνεια του κερατοειδούς μέσω της λειτουργίας τους, η οποία είναι να διατηρούν μία συνεχή αφυδάτωση του στρώματος. Από τον πρόσθιο θάλαμο μεταφέρεται υγρό στο στρώμα μέσω του ατελούς φράγματος που διαθέτει το ενδοθήλιο. Για να μετακινηθεί το υγρό αυτό, ασκείται μία δύναμη γνωστή ως δύναμη διαπότισης και προκύπτει από την ενδοφθάλμια και την ωσμωτική πίεση του στρώματος. Η ωσμωτική πίεση, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υψηλή περιεκτικότητα σε γλοκοζαμινογλυκάνες, η οποία και προκαλεί τη μετακίνηση του υγρού μέσω του προσθίου θαλάμου στο στρώμα.

Η αφυδάτωση του κερατοειδούς επιτυγχάνεται με τη μετακίνηση του υγρού από το στρώμα προς τον πρόσθιο θάλαμο μέσω της αντλίας του ενδοθηλίου. Για να λειτουργήσει η αντλία, απαιτείται ενέργεια, η οποία παρέχεται με τη μορφή ATP από τα μιτοχόνδρια των ενδοθηλιακών κυττάρων. Υπάρχουν καταστάσεις, που μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο φραγμό που διαδραματίζει το ενδοθήλιο, όπως μηχανικές ή χημικές κακώσεις του ενδοθηλίου, νόσοι του κερατοειδούς, που θα έχουν σαν συνέπεια να δημιουργείται οίδημα στο κερατοειδή ή ακόμα και να ενυδατώνεται υπέρ του δέοντος.

Ο μεταβολισμός του κερατοειδούς ως επί το πλείστον «επιτυγχάνεται τόσο από το επιθήλιο, το οποίο προσλαμβάνει οξυγόνο από τα δάκρυα, όσο και από το ενδοθήλιο που εμπλουτίζεται με γλυκόζη και άλλες ουσίες». (Θεοδοσιάδης, 1984)

Ο κερατοειδής για να διατηρήσει τη σχετική αφυδάτωσή του απαιτείται ενέργεια, η οποία παρέχεται με τη μορφή ATP από το μεταβολισμό της γλυκόζης μέσω της αερόβιας και της αναερόβιας γλυκόλυσης. Η κύρια πηγή λοιπόν από την οποία θρέφεται ο κερατοειδής, είναι το υδατοειδές υγρό. Ο ατελής φραγμός του ενδοθηλίου, σε συνδυασμό με την πίεση διαπότισης του στρώματος, έχει σαν συνέπεια το υδατοειδές υγρό να εισέρχεται στο στρώμα μεταφέροντας τα αναγκαία θρεπτικά συστατικά, για να επιστρέψει στη συνέχεια στον πρόσθιο θάλαμο με τη λειτουργία της αντλίας του ενδοθηλίου.

Πέρα όμως από αυτό, ο κερατοειδής πρέπει να οξυγονώνεται το οποίο παρέχεται από το διαλυμένο οξυγόνο εντός της δακρυϊκής στιβάδας. Η περιφέρεια του κερατοειδούς τρέφεται με συστατικά και οξυγόνο από το τριχοειδικό αγγειακό δίκτυο. Επιπλέον για την καλύτερη θρέψη του κερατοειδή, σημαντικό ρόλο παίζει η καλή λειτουργία των νευριδίων από τον 1<sup>ο</sup> κλάδο του τριδύμου, τα οποία διαχέονται μέσα στο στρώμα, όπου και τελικά καταλήγουν μεταξύ των επιθηλιακών κυττάρων.

Σημαντικοί αμυντικοί φραγμοί αποτελούν ο κερατοειδής, ο οποίος εμποδίζει την είσοδο μικροβίων στον οφθαλμό, το πολύστιβο επιθήλιο, αποτελεί φραγμό για τους λοιμογόνους παράγοντες και η βασική μεμβράνη που εμποδίζει την επέκταση λοιμώξεων προς το στρώμα. Επιπλέον άμυνα του οργανισμού αποτελούν τα δάκρυα τα οποία περιέχουν αντιβακτηριδιακούς παράγοντες, όπως τη λυσοζύμη, τη β-λυσίνη και τη λακτοφερίνη όπου λόγω της συνεχούς ροής και των βλεφαρισμών απομακρύνουν τους μικροοργανισμούς.

#### **1.3.4 Ο κερατοειδής ως οπτικό στοιχείο**

Ο κερατοειδής χιτώνας λόγω της καμπυλότητάς του και της θέσης του στον οφθαλμικό βολβό, έχει τη μεγαλύτερη διαθλαστική δύναμη, αφού αποτελεί την πρώτη διαθλαστική επιφάνεια την οποία συναντούν οι εισερχόμενες ακτίνες κατά την είσοδό τους. Η ίριδα αποτελεί το διάφραγμα του οπτικού συστήματος του οφθαλμού, το οποίο ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που φτάνει στον αμφιβληστροειδή, ενώ ο κρυσταλλοειδής φακός λειτουργεί ως μέσο ρύθμισης της συνολικής διοπτρικής ισχύος του οφθαλμού, προκειμένου να καθίσταται δυνατή η ευκρινής απεικόνιση των μακρινών και κοντινών αντικειμένων.

Η διαθλαστική ισχύς του κερατοειδή εξαρτάται από τον δείκτη διάθλασης ( $n=1.376$ ) και την κυρτότητα αυτού, και ανέρχεται περίπου σε 45 διοπτρίες ( $D = 1/F(m)$ ). Παρουσιάζει δύο επιφάνειες, όπου η ακτίνα καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας είναι κατά μέσο όρο 7,8mm ενώ της οπίσθιας επιφάνειας του είναι 6,5mm. Η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς είναι ένα από τα κύρια διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού όπου αντιστοιχεί στα 2/3 της διοπτρικής του ισχύος και αποτελεί την διεπιφάνεια με τη μέγιστη διαφορά δεικτών διάθλασης εκατέρωθεν της.

Για τον λόγο αυτό η συμμετρία και η ομοιομορφία της επιφάνειας του κερατοειδή, καθώς και η διαφάνειά του είναι καθοριστικής σημασίας για την ποιότητα του ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού και γενικότερα της όρασης. Η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή παρουσιάζει μεγαλύτερη καμπυλότητα, ενώ το κεντρικό 1/3 του κερατοειδούς είναι σχεδόν σφαιρικό και έχει διάμετρο 4mm στον φυσιολογικό οφθαλμό. Ο κερατοειδής λειτουργεί ως ένα κυρτό κάτοπτρο.

Ο φυσιολογικός κερατοειδής είναι πιο κρημνώδης στο κέντρο, ενώ επιπεδώνεται προχωρώντας στην περιφέρεια, εξασφαλίζοντας ελαχιστοποίηση των σφαιρικών εκτροπών. Οι διάφορες ανωμαλίες στην επιφάνεια του κερατοειδή μπορούν να εισάγουν εκτροπές στο οπτικό σύστημα του οφθαλμού με αποτέλεσμα να επηρεάσουν την λειτουργία της όρασης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΣ**

### **2.1. Τι είναι ο κερατόκωνος**

«Ο κερατόκωνος ταξινομείται είτε με βάση τις κερατομετρικές ενδείξεις (κ), είτε με βάση τη μορφή του (σφαιρικός, ωσειδής)» (Κολλιόπουλος, 1997). Ο κερατοειδής μπορεί να εμφανίσει δυστροφικό σχήμα, είτε συγγενώς, είτε επικτητώς. Οι συνηθέστερες κερατοειδικές ανωμαλίες είναι ο κερατόκωνος, η κερατόσφαιρα, η κερατεκτασία, ο επίπεδος κερατοειδής και η εκφύλιση του κερατοειδικού χείλους. Ο κερατόκωνος χαρακτηρίζεται από μία τραυματική λέπτυνση του κεντρικού κερατοειδούς και κατατάσσεται στις μη φλεγμονώδεις αξονικές εκτασίες με προοδευτική εκφύλιση του.

Είναι μια επίκτητη κατάσταση, με βαθμιαία προβολή τις κερατοειδικής επιφάνειας, η οποία υφίσταται κύρτωση σε κωνοειδές σχήμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αμφοτερόπλευρη αξονική εκτασία, αρχίζει να αναπτύσσεται κατά την εφηβεία (έχει βέβαια σημειωθεί και σε παιδιά ηλικίας κάτω των 10 ετών) όπου εξελίσσεται σχετικά γρήγορα και στη συνέχεια επιβραδύνεται ο ρυθμός εξέλιξης και σταματά περίπου στα 35 χρόνια ζωής. Συνήθως η παραμόρφωση αυτή, εντοπίζεται στο κάτω μισό του κερατοειδή, αλλά όχι απαραίτητα με την ίδια συμμετρία.

Χαρακτηριστικά, εμφανίζεται αρχικά στον έναν οφθαλμό (85% των περιπτώσεων προσβάλλονται και οι δύο οφθαλμοί) και μετά από πολλά έτη εμφανίζεται και στον άλλο οφθαλμό. Καθώς περνάει ο καιρός, ο κερατοειδής παίρνει σταδιακά μία «κωνική» μορφή παραμορφώνοντας το είδωλο που σχηματίζεται στο βυθό του ματιού. Ταυτόχρονα παρατηρείται προοδευτική λέπτυνση, ουλοποίηση και τελικά θολερότητα στην περιοχή που υπάρχει ο κώνος.

Μολονότι η πάθηση είναι αμφοτερόπλευρη, ωστόσο δεν εξελίσσεται με τον ίδιο ρυθμό και στους δύο οφθαλμούς. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί πως ο δεύτερος οφθαλμός σπάνια παρουσιάζει ελάττωση της όρασης μικρότερη του 1/10 με διόρθωση.

Η πορεία της νόσου ποικίλει και είναι διαφορετική σε κάθε ασθενή. Μπορεί δηλαδή σε κάποιον να παρατηρηθεί μια αργώς μεταβαλλόμενη κλινική πορεία, ενώ σε κάποιον άλλο η μορφή της εξέλιξης να είναι ραγδαία με προοδευτική θόλωση του κερατοειδούς.

Το σημαντικότερο στον κερατόκωνο είναι ότι εκδηλώνεται με προοδευτική, ολική ή μερική, πτώση της όρασης, η οποία δεν βελτιώνεται με γυαλιά και μπορεί να φθάσει μέχρι και την τύφλωση. Ακόμα μπορεί να εμφανίσει αστιγματισμό που μεταβάλλεται σε βαθμό και άξονα, όπου και τελικά καταλήγει σε ανώμαλο αστιγματισμό. Η συχνότητα του κερατόκωνου στο γενικό πληθυσμό είναι χαμηλή και διαφοροποιείται ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή. Συγκεκριμένα η ετήσια επίπτωση της νόσου στην Ελλάδα είναι 1/2000 κατοίκους. Η διαφορά που παρατηρείται στον επιπολασμό του κερατόκωνου μεταξύ των διάφορων γεωγραφικών περιοχών, πιθανολογείται πως ευθύνεται τόσο σε γενετικούς όσο και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.



*Εικόνα 2.1: Κερατόκωνος Πηγή: <http://www.ivo.gr/patient/keratoconus/keratoconus.html>  
(Επίσκεψη στην 17/5/14)*

## 2.2. Αίτια εμφάνισης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο κερατόκωνος είναι μια δυστροφία με εκφυλιστική κατάληξη. Η διαφορά της δυστροφίας με την εκφύλιση, είναι ότι η δυστροφία είναι κληρονομική, συγγενής και αμφοτερόπλευρη, χωρίς να υπάρχει σε αυτό το σημείο κάποια φλεγμονή ή άλλη συστηματική πάθηση, ενώ στην εκφύλιση φέρονται τα παραπάνω χαρακτηριστικά χωρίς απαραίτητα να είναι αμφοτερόπλευρη όπως στη δυστροφία. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες για τα αίτια εμφάνισης του κερατόκωνου.

**Γενετικά αίτια:** θεωρείται πως η προσβολή του οργανισμού κατά την περίοδο της εγκυμοσύνης από διάφορα λοιμώδη νοσήματα, πιθανόν να δημιουργούν προϋποθέσεις για την εμφάνιση της νόσου. Παρόλα αυτά «γενετική προέλευση δεν σημαίνει, φυσικά, ότι η εκτασία υπάρχει κατά τη γέννηση, αλλά αναφέρεται στο ότι οι κληρονομικοί λόγοι υπάρχουν, και μετά τη γέννηση αρχίζουν σταδιακά να εμφανίζονται, γεγονός που μετά από ορισμένα χρόνια οδηγεί στην κλινική εικόνα του κερατόκωνου». (Κατσούλος, Μακρυνιώτη, 2010). Πιστεύεται, λοιπόν, ότι η προδιάθεση για την ανάπτυξη του κερατοκώνου κληρονομείται, ενώ για την κλινική εμφάνιση της νόσου είναι απαραίτητη η συνύπαρξη των περιβαλλοντικών παραγόντων.

**Ενδοκρινικά ή ορμονικά αίτια:** Δεν έχει διευκρινιστεί ακόμα αν η εμφάνιση της νόσου συσχετίζεται με το φύλο. Σύμφωνα με μία μελέτη που διεξήχθη, ανακάλυψαν πως οι γυναίκες εμφανίζουν υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης κερατόκωνου και πιο έντονη συμπτωματολογία όπως για παράδειγμα ξηροφθαλμία, έναντι των ανδρών [13]. Όσο αναφορά στις γυναίκες, μπορεί να δοθεί μία εξήγηση της εμφάνισης της νόσου, η οποία σχετίζεται με τις ορμονικές αλλαγές που υφίστανται συνεχώς.

Η θεωρία αυτή είναι βάσιμη μέχρι τώρα, επειδή στηρίζεται στο γεγονός ότι ο κερατόκωνος εμφανίζεται στα χρόνια της εφηβείας, όπου οι ορμονικές μεταβολές επηρεάζουν την ανατομία και τις μηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς και πιθανότατα εμπλέκονται στην εκδήλωση του κερατοκώνου.

Ως βάση, λοιπόν, τις ορμονικές αλλαγές, θεωρείται ότι τα τελευταία χρόνια, πως ένα μειωμένο επίπεδο των οιστρογόνων στις γυναίκες μπορεί να προκαλέσει αύξηση της κλίσης της οριζόντιας καμπυλότητας του κερατοειδή. Αυτές οι αλλαγές στην καμπυλότητα του κερατοειδή, το πάχος και η ευαισθησία κατά τη διάρκεια του εμμηνορροϊκού κύκλου της γυναίκας, έχουν εντοπισθεί και αποδίδονται σε ενδοκρινικές αιτίες. Οι ορμόνες λαμβάνουν μέρος στην ομοίωση και τη λειτουργία του κερατοειδή, για αυτό και μπορούν να επηρεάσουν τον οφθαλμικό ιστό.

Τα επίπεδα των οιστρογόνων στο πλάσμα αυξάνονται δύο φορές περισσότερο κατά τη διάρκεια του εμμηνορροϊκού κύκλου, ενώ κατά την έναρξή του, διαπιστώνονται αλλαγές στην καμπυλότητα του κερατοειδούς. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αύξηση της κλίσης σε αμφότερους τους οριζόντιους και κάθετους άξονες του κερατοειδή, ενώ παράλληλα εμφανίζεται μία επιπέδωση μετά την ωορρηξία. Η ίδια συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων των οιστρογόνων και της οριζόντιας καμπυλότητας του κερατοειδή πραγματοποιήθηκε και σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

**Μηχανικά αίτια:** η πιθανή κακή και παρατεταμένη χρήση των ημισκληρών φακών επαφής, το χρόνιο τρίψιμο και ερέθισμα των ματιών, οι τραυματισμοί ή οι βλάβες στον κερατοειδή χιτώνα, πιθανόν επιτείνουν τη νόσο.

**Μεταβολικά αίτια:** τα μεταβολικά αίτια θεωρούνται τα πιο πιθανά ως προς τον αιτιολογικό παράγοντα. Επιστήμονες έδωσαν διαφορετικές εκδοχές, ορισμένες από τις οποίες είναι:

- ✓ βιοχημικές ανωμαλίες του μεταβολισμού του κερατοειδούς, με αποτέλεσμα την παραγωγή παθολογικού κολλαγόνου
- ✓ κατεστραμμένα κύτταρα της βασικής στοιβάδας του επιθηλίου, όπου απελευθερώνουν ένζυμα, τα οποία προκαλούν καταστρεπτικές μεταβολές
- ✓ ανεπάρκεια του ενζύμου γλυκοζο-6-φωσφορική-αφυδρογονάση στο επιθήλιο του κερατοειδούς ασθενών, οι οποίοι πάσχουν από κερατόκωνο και αυτό έχει σαν συνέπεια να βλάπτεται η σύνθεση των κολλαγόνων ινών του στρώματος του κερατοειδούς.

**Συστηματικά νοσήματα:** Άλλα αίτια εμφάνισης που σχετίζονται με την παρουσία του κερατόκωνου μπορεί να είναι τα συστηματικά νοσήματα. Αυτά μπορεί να είναι το σύνδρομο Down, η ατοπία ή το σύνδρομο άπνοιας στον ύπνο. Το σύνδρομο άπνοιας προκαλεί υποξία, η οποία σε συνδυασμό με άλλους μηχανικούς παράγοντες, όπως ο ύπνος σε πρηνή θέση εμπλέκονται στη παθογένεια του κερατόκωνου. Επίσης, έχει διαπιστωθεί πως η εξέλιξη του κερατόκωνου παρουσιάζει 300 φορές μεγαλύτερη συχνότητα σε άτομα με σύνδρομο Down, σε σχέση με τον υπόλοιπο πληθυσμό. Η σύνδεση αυτή διατυπώθηκε με τη πιθανή ίσως συμμετοχή του χρωμοσώματος 21 στην επίδραση της νόσου [13].

**Νοσήματα του συνδετικού ιστού:** Μπορεί να συσχετίζεται με νοσήματα του συνδετικού ιστού όπως το σύνδρομο Marfans, η πρόπτωση της μιτροειδούς βαλβίδας, η ατελής οστεογένεση, το σύνδρομο Ehlers-Danlos.

Επιπλέον σχετίζεται με οφθαλμικές νόσους όπως η δυστροφία της ωχράς, η συγγενής αμαύρωση του Leber και οι κερατοειδικές δυστροφίες, οι οποίες χωρίζονται σε ενδοθηλιακή, οπίσθια πολύμορφη και κοκκώδης [32]. Μελέτες έδειξαν ότι σε ασθενείς με τάση προς κερατόκωνο, κάποιες ουσίες, οι οποίες συγκεντρώνονται στο κέντρο του κερατοειδή, κάνουν τα δάκρυα περισσότερο αλκαλικά, και λόγω έλλειψης κάποιων ιόντων, καταλύεται η διασύνδεση κολλαγόνου, με συνέπεια την ανάπτυξη του κερατόκωνου. Αυτό σημαίνει ότι η οξύτητα των δακρύων είναι άλλο ένα αίτιο, το οποίο μπορεί να μη συμβάλλει άμεσα στην εμφάνισή του, συμβάλλει όμως στην εξέλιξή του.

Το κάπνισμα και ο διαβήτης θεωρείται πώς αναστέλλουν ή ακόμα και επιβραδύνουν την εξέλιξη της νόσου και αυτό γιατί, η ανώμαλη γλυκοζυλίωση που συμβαίνει στα ινίδια του κολλαγόνου του κερατοειδικού στρώματος και η έκθεση που υφίσταται ο κερατοειδής στα προϊόντα του καπνού, προκαλεί διασύνδεση των ινιδίων του κολλαγόνου του στρώματος [37].

Παρά το γεγονός ότι έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες για να γίνει αντιληπτή η ανάπτυξη της νόσου, δεν έχει ακόμα αποσαφηνιστεί ο παθοφυσιολογικός μηχανισμός της. Η αυξημένη υδροστατική και ενδοφθάλμια πίεση, η ανώμαλη λειτουργία των κερατοκυττάρων, η μειωμένη αντοχή του κερατοειδούς, η ανώμαλη ενζυματική λειτουργία, διάφορες αιτίες φλεγμονής, η απουσία κολλαγόνου και η διαφοροποίηση της παραγωγής κολλαγόνου και πρωτεογλυκανών, φαίνεται να είναι οι κύριοι λόγοι για την παθογένεια της νόσου.

Έχει αποδειχτεί πως το τρίψιμο των ματιών είναι μια από τις αιτίες που σχετίζεται η εμφάνιση του κερατόκωνου. Είναι μία καθημερινή ακίνδυνη κίνηση που επιτελείται από όλους τους ανθρώπους και μπορεί να εμφανισθεί σαν αίσθημα είτε κατά τη διάρκεια του περπατήματος, σε περίπτωση κούρασης, πριν τον ύπνο ή σε οφθαλμικό ερεθισμό. Η κίνηση αυτή όμως μπορεί να μετατραπεί σε παθολογική όταν γίνεται με περισσότερη δύναμη, πιο πολλές φορές ή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Σε έναν ασθενή με κερατόκωνο είναι συγκεκριμένος ο τρόπος τριψίματος των οφθαλμών του με τις χαρακτηριστικές κυκλικές κινήσεις των καρπών του με έντονη πίεση και δύναμη. Το ποσοστό του παθολογικού τριψίματος σε κερατοκωνικούς ασθενείς είναι 80%, έναντι των μη κερατοκωνικών που ανέρχεται σε ποσοστό 58%.

Διάφοροι παράγοντες μπορεί να οφείλονται για την αιτία τριψίματος των ματιών. Για παράδειγμα τα άτομα με σύνδρομο Down, από τη στιγμή που δεν έχει βρεθεί κάποια σχέση του χρωμοσώματος 21 με τα γονίδια του κερατόκωνου, θεωρείται πως το τρίψιμο προκαλείται από την βλεφαρίτιδα την οποία εμφανίζουν οι ασθενείς αυτοί. Άλλος παράγοντας είναι η συγγενής αμαύρωση του Leber, οι οποίοι τρίβουν τα μάτια τους, ώστε να διεγείρουν τον αμφιβληστροειδή τους.

Η αλλεργία και η ατοπία δεν θα μπορούσαν να μην συμπεριλαμβάνονται στους αιτιολογικούς παράγοντες. Η παρουσία ηωσινοφίλων χαρακτηριστικά κύτταρα της αλλεργίας προκαλούν τοπικό ερεθισμό, ενώ η ατοπία που δημιουργεί το αίσθημα κνησμού, παρατείνουν το έντονο τρίψιμο των οφθαλμών [33].

Από την έντονη αυτή τριβή, μπορεί να προκληθεί τραυματισμός στο κερατοειδή, καθιστώντας τον ευάλωτο στην παραμόρφωσή του από τον κώνο, ως αποτέλεσμα της μειωμένης αντοχής του στρώματος. Το επιθηλιακό τραύμα που δημιουργείται από το τρίψιμο, δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας φλεγμονής, αλλά και απελευθέρωσης προσταγλανδινών και ισταμίνης, οδηγώντας έτσι ένα τρίγωνο κνησμού- τριψίματος-επιδείνωσης της φλεγμονής.



Υστερα από μελέτες έχει αποδειχθεί πως το έντονο τρίψιμο των οφθαλμών είναι ικανό να επηρεάσει τον κερατοειδή στη δομή αλλά και στη μορφολογία του. Αυτό αποδεικνύεται ύστερα από μελέτες που διεξήχθησαν σε άτομα με κερατόκωνο και σε υγιή άτομα. Σε κερατοκωνικούς ασθενείς βρέθηκε πως το επιθήλιο του κερατοειδή είχε μειωθεί σε πάχος κεντρικά αλλά και περιφερειακά, ύστερα από ένα συγκεκριμένο χρόνο τριβής. Η επαναφορά του κερατοειδή στις φυσιολογικές τιμές του, διήρκεσε περίπου 30 λεπτά για το κέντρο και 45 λεπτά για την περιφέρεια.

Ωστόσο, δοκιμάστηκαν και υγιή άτομα μη χρήστες φακών επαφής με σκοπό να τρίβουν τα μάτια τους για 30 λεπτά. Σκοπός ήταν να διαπιστώσουν αν επηρεάζεται ο κερατοειδής και σε αυτά τα άτομα από ένα συνεχές τρίψιμο. Το αποτέλεσμα ήταν να βρεθεί στα δάκρυά τους υψηλή συγκέντρωση μεσολαβητών της φλεγμονής και ελάττωση του πάχους του κερατοειδή [42].

Τέλος, ένας σημαντικός παράγοντας στη παθογένεια του κερατόκωνου είναι και η αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση, η οποία προκαλείται από την έντονη και παρατεταμένη τριβή του οφθαλμού, όταν παράλληλα είναι κλειστός. Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η υδροστατική πίεση του κερατοειδή, να επιβαρύνονται οι λεπτότερες περιοχές του και έτσι να τραυματίζονται και τα κερατοκύτταρα.

## 2.3 Συμπτωματολογία

Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις, κάποια συμπτώματα τα οποία μπορούν να υποψιάσουν έναν ασθενή ότι πιθανόν να πάσχει από κερατόκωνο και έτσι να λάβει εγκαίρως τα απαραίτητα μέτρα. Η διαπίστωση αυτή γίνεται κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο της διαθλαστικής χειρουργικής.

Η έγκαιρη διάγνωση είναι πολύ σημαντική για τον ασθενή, καθ' ότι θα μπορεί να προσφέρει στον εαυτό του βελτίωση της ποιότητας της όρασης του, σε κάθε στάδιο του κερατόκωνου.

Αρχικά ο ασθενής θα παρατηρήσει ότι δεν έχει ευκρινές είδωλο στη μακρινή του όραση (μυωπία) και αυτό συνδυαστικά με το ότι δεν μπορεί να σχηματιστεί ακριβές σημειακό είδωλο (αστιγματισμός) με την κατάσταση αυτή να επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου. Συχνή είναι η ανάγκη για αλλαγή στη συνταγή των γυαλιών ή η θολή όραση, η οποία δεν μπορεί να διορθωθεί με γυαλιά. Είναι πιθανό ακόμα και τα οπτικά βοηθήματα να μην μπορούν να προσφέρουν ικανοποιητική όραση στον ασθενή. Παράλληλα με τα παραπάνω συμπτώματα μπορεί να συνυπάρχουν οφθαλμικός ερεθισμός, διάφορα οπτικά φαινόμενα, τα οποία προκαλούνται από την αλλαγή σχήματος του κερατοειδή, φωτοφοβία και αντανάκλασεις προερχόμενες από φωτεινές πηγές. Γενικά, ο κερατόκωνος μπορεί να σταθεροποιηθεί τελικά κατά την 4<sup>η</sup> δεκαετία της ζωής ενός ασθενή.

Άλλα συμπτώματα του κερατόκωνου είναι:

- Ø Μείωση της οπτικής οξύτητας.
- Ø Αυξημένη ευαισθησία στο φως.
- Ø Δυσκολία οδήγησης κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Ø Ανώμαλος αστιγματισμός, ο οποίος δεν διορθώνεται με γυαλιά.
- Ø Παραθλάσεις φωτός, μονόφθαλμη διπλωπία ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Ø Δυσανεξία μαλακών φακών επαφής.
- Ø Απότομη μείωση όρασης λόγω ύδρωπα.

- Ø Κεφαλαλγία και γενικά οφθαλμικό άλγος.
- Ø Ερεθισμός των ματιών και απότομο τρίψιμο.
- Ø Διπλή όραση με το ένα μάτι κλειστό.

Συνήθως εμφανίζεται σαν μυωπία που αλλάζει συνεχώς με αυξανόμενο αστιγματισμό. Αυτή η αρχική αλλαγή, ευαισθητοποιεί τον οφθαλμίατρο για τη διάγνωση. Αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι κάθε περίπτωση υψηλού αστιγματισμού συνδέεται και με την ύπαρξη κερατόκωνου.



*Εικόνα 2.3: Τα διάφορα στάδια όρασης ενός κερατοκωνικού ασθενή. Πηγή: <http://corneanews.com/2011/02/23/examples-of-keratoconic-vision-simulations> (Επίσκεψη στην 17/5/14)*

## 2.4 Κλινικά χαρακτηριστικά και εξεταστικές μέθοδοι

Σε αρχικό στάδιο ο κερατόκωνος θεωρείται υποκλινικός και δύσκολα μπορεί να διαγνωσθεί, αφού ο ασθενής δεν παρουσιάζει συμπτώματα. Μπορεί ωστόσο να ανακαλυφθεί τυχαία μέσω μιας εξέτασης με τοπογραφία του κερατοειδούς. Οι εκτασίες του κερατοειδή παρουσιάζουν μια ποικιλόμορφη τοπογραφική εικόνα. Τα κλινικά χαρακτηριστικά της κερατεκτασίας είναι η προς τα έξω προεξοχή του κερατοειδή και καθώς εξελίσσεται η νόσος, προκαλείται πτώση της οπτικής οξύτητας και επιδείνωση της ποιότητας της όρασης.

*Ανάλογα με το σχήμα του*, μπορεί να διαχωριστεί σε τύπου κώνου (όπου έχει μεγαλύτερες διαστάσεις), σε τύπου θηλής (παρομοιάζεται σαν μικροί κώνοι), και σε τύπου οβάλ (όπου είναι πιο εκτεταμένοι κώνοι).

*Ανάλογα με τη διοπτρική ισχύ*, διαχωρίζονται σε ήπιους, μεσαίους και προχωρημένους. Όταν είναι ήπια η εκτασία, υπάρχει πιθανότητα να μην ανακαλυφθεί εγκαίρως και να περάσει απαρατήρητη. Σε αυτή τη περίπτωση θα χρειαστεί τοπογραφία για μία ολοκληρωμένη διάγνωση. Σε ένα περιστατικό, όμως, όπου η εκτασία είναι ήδη σε μεσαία –προχωρημένη κατάσταση, γίνεται ορατή με το μικροσκόπιο σε πλάγια θέση, δηλαδή σε γωνία 90° μοιρών με τον οπτικό άξονα του εξεταζόμενου. Επιπλέον σε αυτό το στάδιο, η λέπτυνση του κερατοειδή μπορεί να ανιχνευθεί με τη λεπτή δέσμη της λυχνίας. Εάν όμως το περιστατικό είναι υποκλινικό για να διαγνωσθεί χρειάζεται Scheimpflug imaging.

*Ανάλογα με τη θέση του*, «ο κώνος μπορεί να βρίσκεται στο κάτω ημιμόριο (με μεγάλη διαφορά, η πιο συχνή μορφή), οι οποίοι συνήθως είναι παράκεντροι (ρινικά ή κροταφικά), άλλοι οι οποίοι μπορεί και να βρίσκονται περίπου στον άξονα των 270°, κεντρικοί (περίπου πάνω στο γεωμετρικό κέντρο του κερατοειδή- πιο σπάνια περίπτωση), και κερατόκωνος στο άνω ημιμόριο (πολύ πιο σπάνια)». (Κατσούλος, Ασημέλλης, 2008)

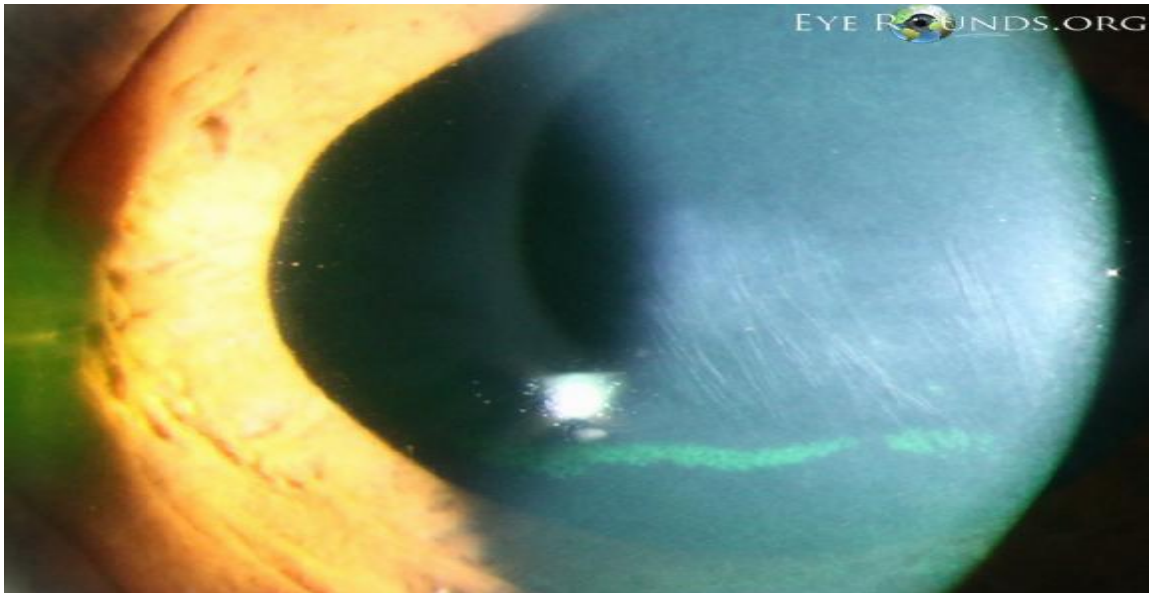
Στη περίπτωση που υπάρξει υπογία κερατόκωνου, θα πρέπει ο ασθενής να υποβληθεί σε μία σειρά διαγνωστικών εξετάσεων. Η έγκαιρη διάγνωση μπορεί να αποτρέψει μια περαιτέρω ζημιά, όπως πιθανώς απώλεια της όρασης.

Η ανάλυση της κερατοειδικής εκτασίας γίνεται κυρίως με τη τοπογραφία του κερατοειδή ή με τη Scheimpflug imaging, μπορούν όμως να βοηθήσουν πολύ εκτός από την τοπογραφία που παρέχει μετρήσεις για τη γεωμετρία της εμπρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδή, η τομογραφία για τη μέτρηση της γεωμετρίας των δομών του προσθίου τμήματος του οφθαλμού και η αμπερομετρία για την αξιολόγηση των οπτικών εκτροπών σε ολόκληρο το μάτι. Εξεταστικές μέθοδοι όπως η λυχνία, η χρήση δίσκων Placido, η σκιασκοπία και το (Javal- κερατόμετρο), παρέχουν μόνο ενδείξεις.

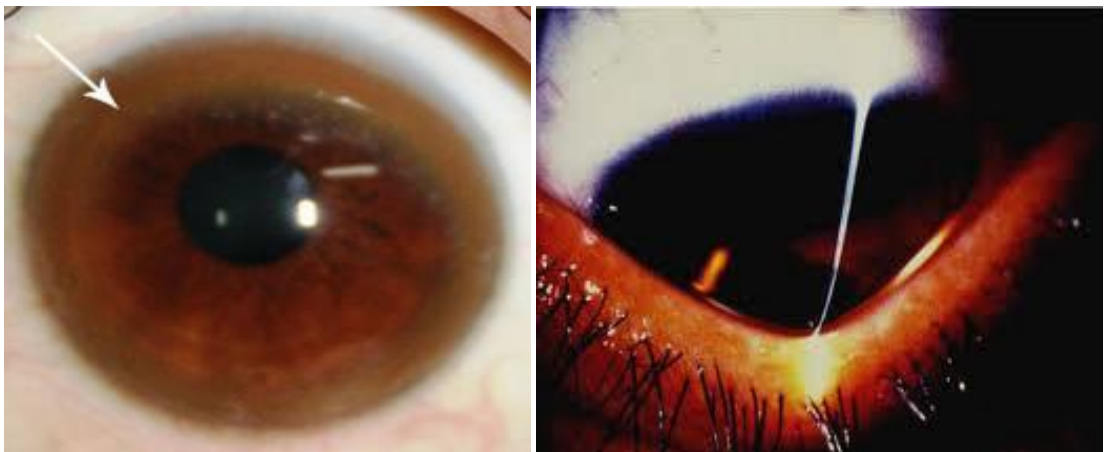
Με την επισκόπηση και την εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία, αποκαλύπτονται ορισμένα κλινικά χαρακτηριστικά του κερατόκωνου, τα οποία και προκαλούνται από την παραμόρφωση και την ουλοποίηση του κερατοειδή, καθώς η νόσος εξελίσσεται. Ένα από τα σημαντικότερα κλινικά σημεία του κερατόκωνου που εμφανίζεται κατά την εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία, είναι η παρακεντρική λέπτυνση του κερατοειδούς και εντοπίζεται συνήθως κεντρικά ή παράκεντρα στις κατώτερες ώρες και εκτός του οπτικού άξονα.

Με την ίδια μέθοδο ανακαλύπτονται και οι γραμμές του Vogt (Vogt's striae) οι οποίες είναι λεπτές, κατακόρυφες στρωματικές γραμμές, συνήθως εντοπίζονται στο μεσημβρινό με τη μεγαλύτερη καμπυλότητα και προέρχονται από τη συμπίεση της δεσκεμετείου. Αν η ενδοφθάλμια πίεση αυξηθεί εξαιτίας της άσκησης πίεσης στον οφθαλμό ή λόγω χρήσης ενός ημίσκληρου φακού επαφής, οι γραμμές αυτές εξαφανίζονται. Ακόμη και τα κερατοειδικά νεύρα, λόγω της λέπτυνσης του κερατοειδούς, είναι περισσότερο ορατά από το φυσιολογικό και μπορεί να σχηματίζουν ένα συνονθύλευμα γκρι γραμμών με λεπτές λευκές τελείες.

Τέλος, με την επισκόπηση παρατηρείται το σημείο του Munson και το σημείο του Rizzuti. Το σημείο του Munson είναι η πρόπτωση του κάτω βλεφάρου, που γίνεται αισθητό, όταν ο ασθενής κοιτάζει προς τα κάτω και οφείλεται στο κωνικό σχήμα του κερατοειδούς. Το σημείο του Rizzuti είναι η φωτεινή αντανάκλαση της ρινικής πλευράς του σκληροκερατοειδικού ορίου, όταν το φως κατευθύνεται στην κροταφική πλευρά και εντοπίζεται σε προχωρημένο κερατόκωνο.



*Εικόνα 2.4: Γραμμές του Vogt's στον κερατόκωνο. Πηγή:  
<http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/vogts-striae.htm> (Επίσκεψη στην  
25/5/14)*



*Εικόνα 2.4: α) αριστερά: Σημείο Rizzuti, β) δεξιά: Σημείο Munson. Πηγή:  
<http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=108430> (Επίσκεψη στην 2/3/14)*

#### 2.4.1 Η βιομικροσκόπηση

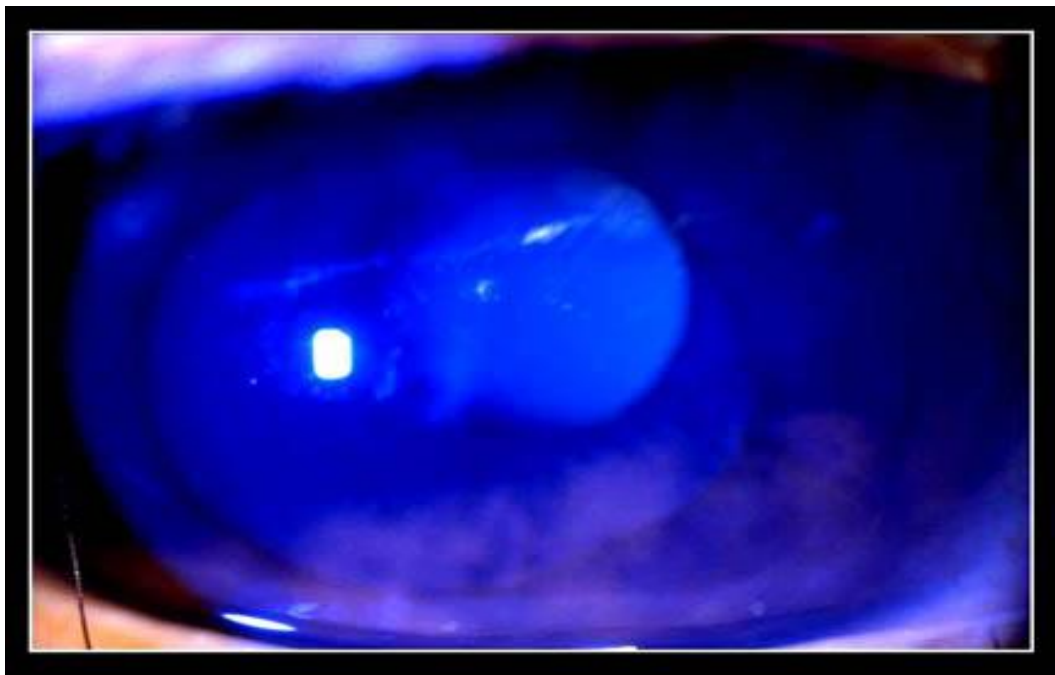
Ο έλεγχος του πρόσθιου και του οπίσθιου ημιμορίου των οφθαλμών, πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας σχισμοειδούς λυχνίας. Ουσιαστικά η σχισμοειδή λυχνία είναι ένα μικροσκόπιο που διαθέτει μια φωτεινή δέσμη, η οποία προσαρμόζεται έτσι ώστε να μεταβάλλεται η έντασή και το εύρος της.

Χρησιμοποιείται κυρίως για τα πρόσθια τμήματα του ματιού, όπως είναι ο κερατοειδής, η ίριδα και ο φακός. Με ειδικούς φακούς μπορεί να εξετασθεί και το οπίσθιο μέρος του οφθαλμού, όπως είναι ο αμφιβληστροειδής.

Σε μέτριο ή προχωρημένο κερατόκωνο, ένα σύνηθες εύρημα μέσω της βιομικροσκοπησης είναι ένας επιθηλιακός δακτύλιος αιμοσιδηρίνης, γνωστός ως δακτύλιος του Kayser-Fleischer. Πρόκειται για εναποθέσεις χαλκού στη δεσκεμέτιο μεμβράνη του κερατοειδή πράσινου, γκρι, χρυσού ή καφέ χρώματος, αρχικά στον άνω και στη συνέχεια στο κάτω πόλο και περιφερικά.

Ο δακτύλιος του Fleischer είναι καλύτερα ορατός με μπλε φωτισμό, βαθιά στο επιθήλιο και σχηματίζεται από εναποθέσεις σιδήρου από τη δακρυϊκή στιβάδα στην επιφάνεια του κερατοειδούς ως αποτέλεσμα των αλλαγών της καμπυλότητας του κερατοειδή. Πολλές φορές τείνει να γίνεται πιο στενός και πιο ευδιάκριτος όσο η εκτασία προχωρά.

Σε πιο προχωρημένες περιπτώσεις κερατόκωνου, αναπτύσσεται μια επιθηλιακή ουλή στην πλειοψηφία των χρηστών φακών επαφής, σαν αποτέλεσμα κερατοειδικού ύδρωπα. Ο ύδρωπας είναι μια κατάσταση, που εμφανίζεται ξαφνικά και οφείλεται σε ρήξεις της δεσκεμετίου μεμβράνης, οι οποίες επιτρέπουν την εισροή υδατοειδούς υγρού στον κερατοειδή με αποτέλεσμα οξύ οίδημα. Ο ύδρωπας, συνήθως παρουσιάζει έντονο πόνο και απώλεια της οπτικής οξύτητας. Μια συνηθισμένη ρήξη της δεσκεμέτιου μεμβράνης επουλώνεται μέσα σε 6-10 εβδομάδες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ουλοποίηση μπορεί να προκαλέσει επιπέδωση του κερατοειδούς και κατά συνέπεια βελτίωση της αδιόρθωτης οπτικής οξύτητας του ασθενούς.



*Εικόνα 2.4.1: Δακτύλιος Fleischer, διαφαίνεται μέσα από το μπλε του κοβαλτίου. Πηγή: <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=108430> (Επίσκεψη στην 2/3/14)*

## 2.4.2 Σκιασκοπία

Το σκιασκόπιο κατέχει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στη διαθλαστική εξέταση. Είναι εύκολο στη χρήση και τη μεταφορά του και είναι ιδιαίτερα εξυπηρετικό σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ο εξεταστής δυσκολεύεται να διεκπεραιώσει μια διαθλαστική εξέταση με άλλη μέθοδο, είτε λόγω ηλικίας του εξεταζόμενου, είτε λόγω διανοητικών προβλημάτων, είτε λόγω ανεκπαίδευτου ασθενή και γενικά σε καταστάσεις κατά τις οποίες η εξέταση δυσχεραίνεται.

Τα σύγχρονα σκιασκόπια είναι πρακτικά και το σύστημά τους περιλαμβάνει δυνατότητα επιλογής σχήματος δέσμης (κυκλική-spot, ταινιοειδής- streak). Οι κινήσεις της φωτεινής δέσμης παρατηρούνται και αξιολογούνται κατάλληλα από τον εξεταστή. Οι πληροφορίες που παίρνονται από τη φωτεινή δέσμη, είναι στην ουσία η αντανάκλαση της δέσμης από τον αμφιβληστροειδή του ασθενούς.



*Εικόνα 2.4.2: Το σκιασκόπιο. Πηγή: <http://www.neitz.co.jp> (Επίσκεψη στην 5/3/14)*

Η αξιολόγηση της δέσμης γίνεται σαρώνοντας κάθε άξονα. Μερικές φορές η αντανάκλαση είναι έντονα παραμορφωμένη. Μέσα στο κορικό πεδίο συνήθως συνυπάρχουν περισσότερες αντανάκλασεις, οι οποίες κινούνται προς διάφορες κατευθύνσεις, ενώ ταυτόχρονα σε κάποια σημεία του κορικού πεδίου μπορεί να παρατηρείται ομόρροπη και σε άλλα αντίρροπη κίνηση.

Τα φαινόμενα αυτά κατά κανόνα οφείλονται σε ανώμαλο αστιγματισμό και κάνουν τη διεξαγωγή της σκιασκοπίας δύσκολη ή και αδύνατη. Σε τέτοιες περιπτώσεις η διαθλαστική εξέταση στηρίζεται κυρίως σε υποκειμενικές δοκιμασίες. Ένα φαινόμενο, όχι πολύ σπάνιο, που παρατηρείται συχνότερα στον κάθετο μεσημβρινό κοντά στο ουδέτερο σημείο, είναι η ψαλιδοειδής αντανάκλαση.

Όταν συμβαίνει κάτι τέτοιο, στο κορικό πεδίο εμφανίζονται δύο ταινιοειδείς αντανάκλασεις που πλησιάζουν ή απομακρύνονται η μία από την άλλη σαν τα σκέλη του ψαλιδιού. Η εκτίμηση του ουδέτερου σημείου είναι δύσκολη όταν υπάρχει ψαλιδοειδής αντανάκλαση, μπορεί όμως να εκτιμηθεί αδρά με την αναζήτηση του φακού που κάνει τις δύο αντανάκλασεις να συναντώνται στο κέντρο του κορικού πεδίου. Ακόμα, συνιστάται η αποφυγή μεγάλης μυδρίασης και η συγκέντρωση της προσοχής στο κέντρο του κορικού πεδίου.

Η ψαλιδοειδής αντανάκλαση μπορεί να παρατηρείται σε φαινομενικά φυσιολογικούς κερατοειδείς, είναι όμως συχνότατο φαινόμενο όταν υπάρχει ουλοποίηση του κερατοειδούς. Στην περίπτωση αυτή τα δύο σκέλη της ψαλίδας εκπορεύονται από την περιοχή της ουλής.

Στον αρχόμενο κερατόκωνο η αντανάκλαση μπορεί να παρουσιάζει διάφορες περίεργες παραμορφώσεις, όπως και σε κάθε περίπτωση ανώμαλου αστιγματισμού.

Σε πιο προχωρημένα στάδια κερατόκωνου, η αντανάκλαση συχνά παίρνει τριγωνική μορφή και η κίνηση της δέσμης του σκιασκοπίου φαίνεται να στροβιλίζεται γύρω από την κορυφή του κώνου. Με την άμεση οφθαλμοσκόπηση σε διεσταλμένη κόρη είναι εμφανής η αντανάκλαση «σταγόνας λαδιού», γνωστή ως σημείο Charleux.

Υπάρχει περίπτωση να εμφανίζονται κάποια συμπτώματα παρόμοια με αυτά του κερατόκωνου, αλλά τελικά δεν προέρχονται από αυτόν. Έτσι στη διαφορική διάγνωση συμπεριλαμβάνονται η κερατόσφαιρα, ένας υποκλινικός κερατόκωνος και η διαφανής εκφύλιση του κερατοειδούς ορίου.

Ο υποκλινικός κερατόκωνος κατατάσσεται στην ήπια μορφή κερατοκώνου και διαπιστώνεται η διακοπή της εξέλιξής του, ύστερα από πολλούς τοπογραφικούς ελέγχους και με σταθερότητα στα διάθλαση μετά από πολλά χρόνια. Η διάγνωσή της γίνεται με τη βοήθεια της τοπογραφίας και με αυτό τον τρόπο αποκλίνεται η περίπτωση της διαθλαστικής χειρουργικής. Στη περίπτωση της κερατόσφαιρας αυτή εμφανίζεται εκ γενετής, όπου και δημιουργεί λέπτυνση στη περιφέρεια του κερατοειδή με ιδιαίτερη προεξοχή. Τέλος, η διαφανής εκφύλιση του κερατοειδικού ορίου εμφανίζεται με αμφοτερόπλευρη λέπτυνση του κερατοειδούς και με ανώμαλο αστιγματισμό στην ηλικία των 20 έως 40 ετών.

### **2.4.3 Κερατομετρία**

Η κερατομετρία (keratometry) είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς (corneal curvature). Το πιο συνηθισμένο όργανο για αυτή την εξέταση είναι το κερατόμετρο και το οφθαλμόμετρο Javal

Ένας από τους βασικούς λόγους για την εκτέλεση της εξέτασης της κερατομετρίας είναι ο έλεγχος του κερατοειδικού αστιγματισμού (μια διαθλαστική ανωμαλία που προκαλείται από ανωμαλίες στο σχήμα και την καμπυλότητα του κερατοειδούς). Επίσης πολύ χρήσιμα συμπεράσματα προκύπτουν από το βαθμό του αστιγματισμού για τα κερατοκωνικά περιστατικά, αλλά και για όλους τους διαθλαστικούς ασθενείς.

Πιστεύεται πως η εφαρμογή της, για τον προσδιορισμό του αστιγματισμού είναι ανακριβής και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την εφαρμογή των φακών επαφής. Το συμπέρασμα αυτό εξάγεται διότι το κερατόμετρο μετράει τη διαθλαστική δύναμη της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδή και όχι τη καμπυλότητα, δεν μπορεί να συνυπολογίσει τον φακικό αστιγματισμό, αγνοεί τη διαθλαστική δύναμη της οπίσθιας επιφάνειας ακόμα και αν αυτή έχει δύναμη μέχρι και 0,50 διοπτρίες, όπως επίσης «παραβλέπει» την απόσταση vertex και σε περίπτωση υψηλής μυωπίας, ο κύλινδρος να φαίνεται μεγαλύτερος στο κερατόμετρο από τον προαπαιτούμενο και αντίστοιχα στην υψηλή υπερμετροπία μικρότερος.

Παρόλα αυτά το διαμετρικό εύρος που εξετάζεται το κέντρο της επιφάνειας του κερατοειδούς είναι 4 χιλιοστά, καθώς οι μετρήσεις της ακτίνας καμπυλότητας περιορίζονται από 5.5 ως 11 χιλιοστά. Αυτό μεταφράζεται σε 30-60 διοπτρίες.

Το όργανο αυτό διαθέτει έναν προσοφθάλμιο, το οποίο εστιάζει σε αμετάβλητη από τον οφθαλμό απόσταση. Ο εξεταστής μέσα από αυτόν τον προσοφθάλμιο παρατηρεί δυο είδωλα, τα οποία προέρχονται από την κερατοειδική αντανάκλαση και τα αξιολογεί ανάλογα με το μέγεθος τους, αφού πρώτα τα τοποθετήσει με τέτοιο τρόπο, ώστε το ένα είδωλο να εφάπτεται, αλλά να μην επικαλύπτει το άλλο.

Αφού εντοπιστεί (αν υπάρχει) ο αστιγματικός άξονας, στη συνέχεια εξετάζεται ο κατά 90° αντίστοιχος άξονας, με μια απλή περιστροφή της κεφαλής. Ο εξεταστής καταγράφει τις πληροφορίες που έχει λάβει για κάθε άξονα. Η κερατομετρία αρχικά δείχνει ανώμαλο αστιγματισμό, όπου οι δύο κύριοι μεσημβρινοί δεν είναι διαχωρισμένοι κατά 90° και οι εικόνες του κερατοσκοπίου δεν μπορούν να τεθούν η μία πάνω στην άλλη. Σε σοβαρές περιπτώσεις, η κερατομετρία μπορεί να μην είναι αρκετή για να κάνει μια σωστή διάγνωση.





*Εικόνα 2.4.3: Κερατόμετρο Javal. Πηγή: <http://www.kanabus-optics.com/AKT/Keratometers>  
(Επίσκεψη στην 5/3/14)*

#### **2.4.4 Ο δίσκος του Placido**

Για να εξεταστεί η ομαλότητα της επιφάνειας του κερατοειδή, χρησιμοποιείται ο δίσκος του Placido. Είναι μια επιφάνεια στην οποία βρίσκονται αποτυπωμένοι ομόκεντροι άσπροι και μαύροι κύκλοι, με το κέντρο να συμπεριλαμβάνει ένα διάφραγμα στο οποίο έχει τοποθετηθεί ένας αμφίκυρτος φακός. Ο δίσκος αυτός έχει διάμετρο 23 εκατοστά.

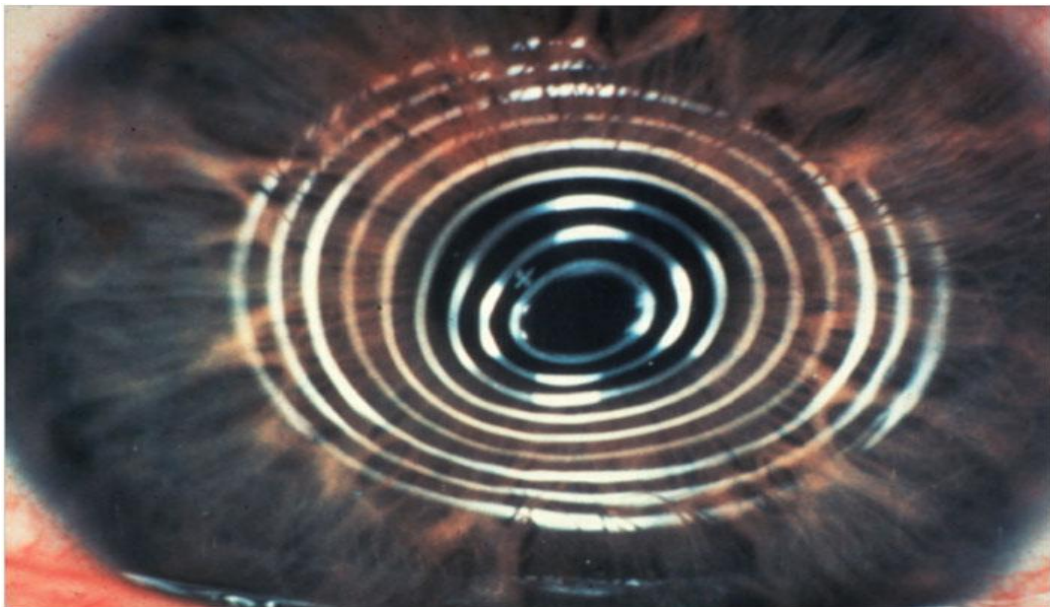
Όταν ζητηθεί από τον ασθενή να παρατηρήσει αυτόν το δίσκο, δημιουργείται ένα είδωλο στην επιφάνεια του κερατοειδή του από τις αντανακλάσεις των ομόκεντρων κύκλων. Το είδωλο αυτό παρατηρεί ο εξεταστής πίσω από το διάφραγμα. Αναλόγως με το αν οι κύκλοι διατηρούν ή χάνουν το σχήμα τους στην αντανάκλαση, βγαίνει και το ανάλογο πόρισμα. Ο δίσκος Placido σε συνδυασμό με τη χρήση κάμερας, αποτέλεσε τον πρόδρομο της τοπογραφίας κερατοειδούς.

## 2.4.5 Ηλεκτρονική κερατοτοπογραφία

Η τοπογραφία είναι μια λεπτομερής απεικόνιση της επιφάνειας του κερατοειδούς με τη μορφή ενός πολύχρωμου χάρτη. Δίπλα από κάθε τοπογραφία υπάρχει μια χρωματική κλίμακα που αντιστοιχίζει κάθε χρώμα σε διοπτρίες αν κοιτάμε τη διαθλαστική δύναμη του κερατοειδούς ή με πάχος αν ελέγχουμε την παχυμετρία του.

Συνήθως οι αποχρώσεις του μπλε χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν τα πιο επίπεδα (flat) σημεία της επιφάνειας του κερατοειδούς, ενώ οι αποχρώσεις το κόκκινου τα πιο κυρτά (steep) σημεία. Η τοπογραφία του κερατοειδούς είναι η εξέταση εκλογής για τη διάγνωση και την παρακολούθηση της εξέλιξης του κερατόκωνου.

Η τοπογραφία κερατοειδούς είναι μια μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε έχοντας σαν βάση τους δίσκους Placido, στους οποίους προστίθεντο σταδιακά επιπλέον εφαρμογές, μέχρι να εξελιχθεί στο σημερινό εξελιγμένο κερατοτοπογραφικό όργανο, το οποίο με τη βοήθεια ηλεκτρονικού συστήματος και βιντεοκάμερας μας δίνει πληροφορίες για την επιφάνεια του κερατοειδούς.



*Εικόνα 2.4.1: Ηλεκτρονική τοπογραφία κερατοειδούς. Πηγή:*

<http://apps.ketchum.edu/ceonline/courseview.asp?selclassid=14&selID=126&selOrderID=6>

( Επίσκεψη στην 17/5/14)

Ουσιαστικά βασίζονται στην ίδια οπτική αρχή με αυτή του κερατόμετρου, δηλαδή είναι δυνατόν να υπολογισθεί η καμπυλότητα του κερατοειδή με βάση τη μεγένθυση της κερατοειδικής αντανάκλασης, με τη διαφορά όμως ότι η τοπογραφία μπορεί να καλύψει μεγαλύτερη έκταση.

Οι συσκευές Placido disc χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

- ▼ Οι συσκευές μεγάλου κώνου όπου διαθέτουν περισσότερους δακτυλίους και η μέτρηση του κερατοειδή γίνεται σε περισσότερα σημεία και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

- ✓ Αντίθετα, τα συστήματα μικρού κώνου παίρνουν τη μέτρηση πολύ κοντά στον κερατοειδή, με λιγότερους δακτυλίους και τα «νεκρά σημεία» να είναι λιγότερα.

Τα δεδομένα που εξάγονται είναι κατά κύριο λόγο μια ψηφιακή καταγραφή των ανακλάσεων- ειδώλων των ομόκεντρων δακτυλίων Placido. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για να υπολογισθεί η κατανομή της τιμής της ακτίνας καμπυλότητας της κερατοειδικής επιφάνειας.

### **Μειονεκτήματα Placido disc**

1) Το λογισμικό της συσκευής υποθέτει ότι τα είδωλα των ανακλάσεων του Placido βρίσκονται όλα σε ένα επίπεδο. 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.

2) Ο τοπογράφος δεν μπορεί να υπολογίσει άμεσα το σχήμα του κερατοειδή, αλλά υπολογίζει μόνο τις καμπυλότητες του, βασιζόμενος στο σχήμα των ανακλώμενων δακτυλίων. Η μέθοδος αυτή σε ασύμμετρους κερατοειδείς παρουσιάζει κενά και αυτό γιατί δεν μπορεί να διαχωρίσει αν ένα για παράδειγμα ένα σημείο με ιδιαίτερες καμπυλότητες στον κερατοειδή είναι ανύψωση ή εμβάθυνση.

3) Για να μετρήσει την καμπυλότητα του κερατοειδή, βασίζεται στην ανάκλαση ομόκεντρων δακτυλίων. Η μέτρηση του κέντρου του όμως, δεν είναι πραγματική αλλά υπολογισμένη από τα υπόλοιπα δεδομένα. Αυτό γίνεται γιατί οι μετρήσεις πραγματοποιούνται στα όρια των δακτυλίων και στο γεωμετρικό κέντρο του κερατοειδή που δεν υπάρχει δακτύλιος, δεν υπάρχει και μέτρηση.

Υπάρχουν πολλά τοπογραφικά συστήματα διαθέσιμα στην αγορά, τα πιο γνωστά από τα οποία είναι το Orbscan II της Bausch and Lomb, το Pentacam της Oculus και το Galilei της Ziemer. Και τα τρία χρησιμοποιούν σύστημα δίσκων του Placido για την απεικόνιση της μορφολογίας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς.

Επιπλέον το Orbscan II διαθέτει ενσωματωμένη μια σχισμοειδή συσκευή σάρωσης του κερατοειδούς, παρέχοντας έτσι πληροφορίες τόσο για την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς όσο και για το πάχος του. Τα δύο άλλα συστήματα, το Pentacam της Oculus και το Galilei της Ziemer λειτουργούν με βάση την αρχή του Scheimpflug.

### **2.4.6 Τοπογραφία Orbscan**

Με τη πάροδο του χρόνου και ανάλογα με τις ανάγκες που παρουσιάζονταν ήρθε στην επιφάνεια μία νέα τοπογραφία, η Orbscan της Bausch and Lomb, η οποία σε συνδυασμό με το Placido disc και την τεχνολογία Scanning, έχει τη δυνατότητα να σαρώνει τον κερατοειδή μέσω μιας δέσμης φωτός από τη μία άκρη στην άλλη μιμούμενη την εξέταση της σχισμοειδής λυχνίας. Η δέσμη εστιάζεται στην κερατοειδική επιφάνεια την ίδια στιγμή που εστιάζονται από το Placido disc.

Η Orbscan βοήθησε στην εντόπιση του υποκλινικού κερατόκωνου, μέσω του καμπυλοτικού και υψομετρικού χάρτη. Ένας υποκλινικός κερατόκωνος δεν παρουσιάζει ανύψωση στην πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια, γιατί το επιθήλιο έχει τη δυνατότητα να ομαλοποιεί τους καμπυλομετρικούς και υψομετρικούς χάρτες καθιστώντας τον κερατόκωνο λιγότερο εμφανή.

Σε αντίθεση με το ενδοθήλιο όμως, που βρίσκεται στην οπίσθια μεριά, δεν ομαλοποιεί τον κερατόκωνο και η εκτασία γίνεται εμφανής από την Orbscan. Η παχυμετρία σε αυτή την περίπτωση είναι πολύ σημαντική, διότι από αυτήν εξαρτάται και το όριο που μπορεί να σμιλευτεί από το Laser.

Πιο συγκεκριμένα με την τεχνολογία zywave ή wavefront analysis δίνεται το πλεονέκτημα να μελετηθεί ο οφθαλμός σαν ένα συνολικό οπτικό σύστημα και να μετρηθεί με ακρίβεια η συνολική διαθλαστική του δύναμη ακόμα και οι εκτροπές. Η ανάλυση wavefront δίνει τη δυνατότητα τα στοιχεία αυτά να εισάγονται στον υπολογιστή του Laser και εκείνο να σμιλεύει εξατομικευμένα τον κερατοειδή.

#### **2.4.7 Τοπογραφία Pentacam**

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία συσκευή που στηρίζεται στην τεχνολογία Scheimpflug imaging ( όπως και η Galilei της Ziemer), η οποία μπορεί να πραγματοποιεί απευθείας μετρήσεις των υψομετρικών δεδομένων και είναι απαλλαγμένη από σφάλματα. Η νεότερη τοπογραφία Pentacam μέσω της Oculus αποδίδει με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι της Orbscan, καμπυλοτικούς και υψομετρικούς χάρτες της πρόσθιας και της οπίσθιας επιφάνειας.

Η συσκευή Pentacam εκτός από τους καμπυλοτικούς και υψομετρικούς χάρτες, παράγει και παχυμετρικούς χάρτες για την πρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή αναλύοντας με μεγαλύτερη ακρίβεια περισσότερα σημεία πάνω σε αυτόν. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τη χωρητικότητα του προσθίου θαλάμου, να αποδώσει δισδιάστατες και τρισδιάστατες εικόνες και τομές του κερατοειδή.

Τέλος, η Pentacam χρησιμοποιείται για τη διόρθωση σε υψηλούς ανώμαλους αστιγματισμούς, σμιλεύοντας τον κερατοειδή με βάση την πληροφορία που παράγεται από την τοπογραφία (topo- guided).



*Εικόνα 2.4.7: Τοπογραφία Pentacam Oculyzer. Πηγή:  
<http://www.graftonoptical.com/products/895-cso-modi-02-corneal-topographer.html>  
(Επίσκεψη στην 8/3/14)*

## **2.5 Τρόποι αντιμετώπισης του κερατόκωνου**

Ανάλογα με το στάδιο στο οποίο έχει εντοπισθεί ή εξελιχθεί ο κερατόκωνος, επιδέχεται και ανάλογη θεραπεία. Παρόλα αυτά η αντιμετώπισή του δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση. Οι διαθέσιμες τεχνικές έχουν ως στόχο είτε τη σταθεροποίηση του, δηλαδή την ανασχεση της προοδευτικής εξέλιξής του, είτε τη μερική αποκατάσταση της όρασης του ασθενή. Αναλόγως την ηλικία, το βαθμό σοβαρότητας, την εξέλιξη της ασθένειας, την κατάσταση της υγείας και τις ανάγκες του ασθενή, ο ιατρός ή ο εφαρμοστής θα προτείνει και ορισμένες επιλογές αντιμετώπισής του.

Στα πρώτα στάδια όπου ο αστιγματισμός είναι ήπιος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν γυαλιά οράσεως. Όταν όμως ο αστιγματισμός αυξάνεται και τα γυαλιά δεν μπορούν να τον αντιμετωπίσουν, τη θέση τους παίρνουν οι φακοί επαφής με τη χρήση σκληρών και ημίσκληρων φακών, οι οποίοι μεταβάλλουν την ανώμαλη κωνική καμπυλότητά του. Οι μαλακοί φακοί επαφής χρησιμοποιούνται λιγότερο, εφόσον δεν αλλάζουν δραματικά την καμπυλότητα του κερατοειδούς. Στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αστιγματικοί ενδοφακοί, οι ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι, η κερατεκτομή, η κερατοπλαστική μερικού πάχους ή η διαμπερής, η επικερατοπλαστική και η διασύνδεση κολλαγόνου με τη χρήση Riboflavin και υπεριώδους ακτινοβολίας.

Σε συνδυασμό με τη παραπάνω τεχνική (διασύνδεση κολλαγόνου), μπορεί να επιτευχθεί μερική αποκατάσταση της όρασης με ειδικά σχεδιασμένη επέμβαση εξομάλυνσης του κερατοειδή γνωστή και ως ‘Πρωτόκολλο της Αθηνάς’.

### 2.5.1 Τα γυαλιά οράσεως

Σε αρχικό στάδιο, ο κερατόκωνος φέρει τα χαρακτηριστικά του μυωπικού αστιγματισμού, αυτό σημαίνει ότι σε αυτό το σημείο αντιμετωπίζεται σαν ένας κοινός αστιγματισμός, δηλαδή με οφθαλμικούς φακούς. Στα γυαλιά οράσεως χρησιμοποιούνται αστιγματικοί-κυλινδρικοί φακοί.

Το χαρακτηριστικό των φακών αυτών, (καθ' ότι στην ουσία είναι ένας κύλινδρος κομμένος) είναι ότι διαθλούν το φως μόνο στον ένα μεσημβρινό σε αντίθεση με τους σφαιρικούς που δρουν σε όλους τους μεσημβρινούς. Οι κυλινδρικοί φακοί μπορούν να είναι είτε συγκλίνουσας (θετικοί) μορφής, είτε αποκλίνουσας (αρνητικοί) μορφής. Έτσι λοιπόν, αφού ο κερατόκωνος δημιουργεί μυωπικό αστιγματισμό, θα χρησιμοποιηθούν αρνητικοί, αποκλίνοντες, κυλινδρικοί φακοί.



*Εικόνα 2.5.1: Αρνητικοί κυλινδρικοί φακοί*

Πηγή: <http://www.e-optics.com/index.php/products/spectacles> (Επίσκεψη στην 8/3/14)

### 2.5.2 Αστιγματικοί ενδοφακοί

Η χρήση τους είναι ενδεδειγμένη σε περιπτώσεις κερατόκωνου, όπου δεν εξελίσσεται και η όραση με πολύ υψηλούς βαθμούς μυωπίας / αστιγματισμού είναι ικανοποιητική. Οι φακοί αυτοί τοποθετούνται συνήθως στο προθάλαμο του οφθαλμού μέσω μίας μικρής τομής με μικροχειρουργική επέμβαση και το οπτικό αποτέλεσμα είναι άμεσο, όταν ο ασθενής έχει επιλεγθεί σωστά. Επίσης, η χρήση τέτοιων φακών σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές, έχει βοηθήσει ασθενείς να έχουν πάρα πολύ καλά αποτελέσματα χωρίς μεταμόσχευση σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα.

### 2.5.3 Φακοί επαφής

Μετά τα αρχικά στάδια, η όραση με γυαλιά ή συμβατικούς φακούς επαφής δεν είναι ικανοποιητική και ο καλύτερος τρόπος για τη βελτίωση της όρασης στους κερατοκωνικούς ασθενείς, αποτελούν εξειδικευμένα είδη φακών επαφής.

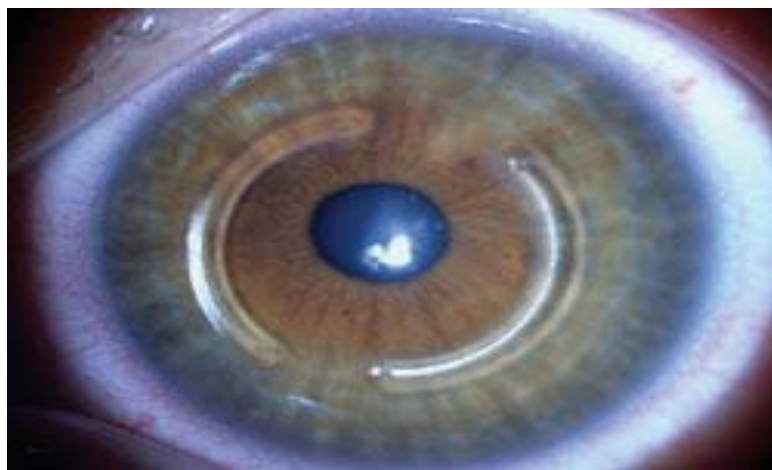
Ο λόγος της μειωμένης όρασης στην συγκεκριμένη πάθηση, είναι η ανώμαλη πρόσθια επιφάνεια, όπου ακόμα και με τη χρήση γυαλιών οράσεως αποτυγχάνει να εστιάζει την εικόνα στην φωτοευαίσθητη επιφάνεια του ματιού, τον αμφιβληστροειδή.

Αυτό που επιτυγχάνεται στην ουσία με τη χρήση των φακών επαφής, είναι η δημιουργία ενός νέου οπτικού συστήματος, καλύπτοντας την ανώμαλη πρόσθια επιφάνεια που δημιουργείται από το κώνο και με τα δάκρυα να γεμίζουν τα κενά μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας του φακού και της πρόσθιας επιφάνειας του κώνου. Παρόλα αυτά ενώ οι φακοί επαφής βελτιώνουν την όραση, δεν θεραπεύουν το κερατόκωνο.

Ωστόσο, αν ο φακός δεν έχει καλή εφαρμογή και δημιουργεί ενόχληση και ερυθρότητα όπως και κάθε άλλος μηχανικός τραυματισμός, πιθανολογείται ως προδιαθετικός παράγοντας επιδείνωσης του κερατόκωνου.

### 2.5.4 Ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι

Με σκοπό να βελτιωθεί η οπτική οξύτητα στους κερατοκωνικούς ασθενείς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενθέματα ενδοστρωματικών κερατοειδικών δακτυλίων αποτελούμενα από βιοσυμβατό υλικό PMMA. Κατάλληλος υποψήφιος είναι ο κερατοκωνικός ασθενής, ο οποίος δεν μπορεί να ανεχτεί τους φακούς επαφής, δεν αποκτά καλύτερη οπτική οξύτητα με τα γυαλιά, ο κερατοειδής του, παραμένει διαφανής, η οπτική ζώνη δεν έχει υποστεί ουλοποίηση και η παχυμετρία στη περιοχή ένθεσης των δακτυλίων είναι  $>450\mu\text{m}$ .



*Εικόνα 2.5.4: Ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι. Πηγή: <http://www.alvaro-sa.com/2008/12/aneis-intracorneanos.html> (Επίσκεψη στην 12/3/14)*

Ουσιαστικά είναι μία εναλλακτική μέθοδος για την εξομάλυνση της πρόσθιας επιφάνειας του ματιού, μη επεμβατική, που κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος και γίνεται αποδεκτή, καθώς έχει τη δυνατότητα να σταθεροποιεί τη δομή του κερατοειδούς και να ανασχηματίζει τη καμπυλότητα του κερατοειδικού στρώματος.

Οι δακτύλιοι έχουν στην επιφάνειά τους ενυδατικούς παράγοντες και αυτό τους κάνει πιο λείους. Σε περιπτώσεις στις οποίες ασθενείς δεν θέλουν να γίνει προσθήκη ενυδατικών ουσιών, τότε οι δακτύλιοι απλώς λιπαίνονται κατά την εισαγωγή τους με συμβατό υαλουρονικό οξύ, πολυσακχαρίτες ή κάποιο άλλο ειδικό λιπαντικό.

**Πλεονεκτήματα:** Είναι μία σχετικά γρήγορη και ανώδυνη διαδικασία που έχει άμεσα αποτελέσματα. Γίνεται με τοπική αναισθησία χρησιμοποιώντας σταγόνες μόνο, με μία διάρκεια 10-15 λεπτών. Τυχόν αντικατάσταση με άλλους δακτυλίους μεγαλύτερου ή μικρότερου πάχους είναι εύκολη. Συνεπώς είναι μία διαδικασία αναστρέψιμη. Ο συνδυασμός διαφόρων τεχνικών όπως, η UVA Crosslinking- Excimer laser κερατοσμίλευση, μαζί με τους δακτυλίους μπορεί να δώσει καλά και σχετικά γρήγορα κλινικά χαρακτηριστικά.

**Μειονεκτήματα:** Η χρήση των δακτυλίων για να έχει θετικά αποτελέσματα, πρέπει να γίνει σε ασθενείς με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Σε καμία περίπτωση δεν είναι όλοι οι κερατοκωνικοί ασθενείς κατάλληλοι υποψήφιοι για ένθεση δακτυλίου/ων. Ακόμα και στους κατάλληλους, παρά την βελτίωση της όρασης, ο ασθενής χρειάζεται συχνά να συνεχίσει να κάνει χρήση των γυαλιών οράσεως και αυτό γιατί η όραση είναι συνήθως χειρότερη από αυτή που θα μπορούσε να έχει ο ασθενής με ημίσκληρους φακούς επαφής.

Γενικά οι ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι και τα οπτικά βοηθήματα, μπορούν να βελτιώσουν την οπτική οξύτητα του ασθενούς σε κερατόκωνο που εξελίσσεται, δεν εγγυάται όμως η μονιμότητα του αποτελέσματος και στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να θεωρηθεί ως μία προσωρινή λύση. Αντίθετα, σε ασθενείς με σταθερό κερατόκωνο φαίνεται ότι έχουν μακροχρόνια σταθερή ευεργετική δράση.

Πρόκειται για μία σημαντική εναλλακτική, αν αναρωτηθεί κανείς ότι μέχρι τώρα η μόνη θεραπευτική επιλογή, όταν παρουσιαζόταν αυξημένη ουλοποίηση και μειωμένη οπτική οξύτητα με τα γυαλιά, ήταν η μεταμόσχευση κερατοειδούς.

Τέλος, οι πιο διαδεδομένοι τύποι δακτυλίων είναι οι: οι Ferrara Rings (Ferrara Ophthalmics), οι Kerarings (Mediphacos) και οι Intacs (Addition Technology Inc.)

### 2.5.5 Η κερατεκτομή

Η κερατεκτομή μπορεί να είναι φωτοδιαθλαστική ή φωτοθεραπευτική. Η διαφορά τους είναι ότι η φωτοδιαθλαστική γίνεται για τη διόρθωση ανωμαλιών, ενώ η φωτοθεραπευτική για τη διόρθωση προβλημάτων, τα οποία αφορούν είτε στη θόλωση του κερατοειδή, είτε στο βαθμό ομαλότητάς του. Η αντιμετώπιση δηλαδή επιτυγχάνεται σε (εκφυλίσεις, δυστροφίες, ουλές, νεοπλασίες, αποπτώσεις επιθηλίου, φλεγμονές κ.λπ.)

Κατά τη διάρκεια της επέμβασης χρησιμοποιείται laser 193 νανομέτρων, με υπεριώδη ακτινοβολία, ή αλλιώς ArF Excimer Laser. Το laser αυτό έχει την ιδιότητα να αφαιρεί ένα μέρος του κεντρικού ιστού μέσω διάσπασης των πρωτεϊνών του κερατοειδή.



Αυτό εξυπηρετεί στη διόρθωση της μυωπίας καθώς γίνεται επιπέδωση της πρόσθιας επιφάνειας, ενώ αφαιρώντας ιστό περιφερειακά, γίνεται καμπύλωση και έτσι διορθώνεται η υπερμετροπία.

Στην περίπτωση του αστιγματισμού και κατ' επέκτασιν και του κερατόκωνου, αφαιρείται ιστός από την ανάλογη προβληματική κερατοειδική ζώνη. Η κερατεκτομή γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και διαθέτουν πλέον αντί για δέσμη μια μικροσκοπική τελεία (flying spot), η οποία είναι ικανή να μετακινηθεί με πολύ μεγάλη ταχύτητα, αφαιρώντας παράλληλα τμήματα ιστού. Ωστόσο, η φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή παρά τις προσπάθειες τελειοποίησης της δεν είναι 100% ασφαλής και προβλέψιμη.

### 2.5.6 Κερατοπλαστική

Η αντικατάσταση του κεντρικού τμήματος του κερατοειδούς από μόσχευμα υγιούς δότη, ονομάζεται κερατοπλαστική ή μεταμόσχευση κερατοειδούς. Ανάλογα με το αν μεταμοσχεύεται όλο το κεντρικό τμήμα ή μόνο το στρώμα του κερατοειδούς που νοσεί, η επέμβαση λέγεται διαμπερής ή μερικού πάχους κερατοπλαστική.



*Εικόνα 2.5.6: Συμμετρικά ράμματα σε μόσχευμα κερατοειδή. Πηγή: <http://www.laservision.gr> (Επίσκεψη στην 12/3/14)*

### **2.5.7 Διαμπερής κερατοπλαστική**

Είναι η πιο συνηθισμένη για τον προχωρημένο κερατόκωνο. Κατά τη διάρκεια της επέμβασης αυτής γίνεται μεταμόσχευση ολόκληρου του κεντρικού τμήματος του κερατοειδή που πάσχει, με μόσχευμα από υγιή δότη. Η επέμβαση γίνεται συνήθως με χρήση τοπικής αναισθησίας και έχει διάρκεια από 30-90 λεπτά ανάλογα με τη περίπτωση.

Ο νέος κερατοειδής θα συρραφεί στον υπόλοιπο περιφερικό κερατοειδή του ασθενούς, που θα διατηρηθεί κάτω από το χειρουργικό μικροσκόπιο με ράμματα λεπτότερα από μία ανθρώπινη τρίχα. Το μάτι θα παραμείνει κλειστό και ο επίδεσμος θα απομακρυνθεί την επόμενη μέρα. Η βελτίωση της όρασης δεν είναι άμεση όπως μετά από μία διόρθωση της μυωπίας με laser ή εγχείρησης με καταρράκτη. Είναι σταδιακή και χρειάζονται αρκετοί μήνες για το τελικό αποτέλεσμα.

### **2.5.8 Μερικού πάχους κερατοπλαστική**

Στη περίπτωση του κερατόκωνου, γίνεται αφαίρεση του πρόσθιου τμήματος του στρώματος, ενώ το οπίσθιο τμήμα του στρώματος και το ενδοθήλιο του κερατοειδούς του ασθενούς παραμένει ανέπαφο. Αφού διαχωριστεί ο κερατοειδής σε βάθος 75-95% με την βοήθεια ειδικών εργαλείων μικροχειρουργικής ή ειδικών laser, θα αφαιρεθεί το πρόσθιο πέταλο του κερατοειδούς που νοσεί και θα αντικατασταθεί με κερατοειδή από δότη στον οποίο έχει αφαιρεθεί το ενδοθήλιο ή και το οπίσθιο τμήμα του κερατοειδή.

Ο βιολογικός αυτός φακός ή αλλιώς μερικού πάχους μόσχευμα, θα ραφτεί στη θέση του με την βοήθεια ραμμάτων, πάχους μικρότερου από μίας τρίχας. Η επέμβαση γίνεται όπως και η διαμπερής ή η κλασσική κερατοπλαστική, με χρήση τοπικής αναισθησίας και με συνθήκες τέτοιες, ώστε ο ασθενής να επιστρέψει στο σπίτι του την ίδια μέρα.

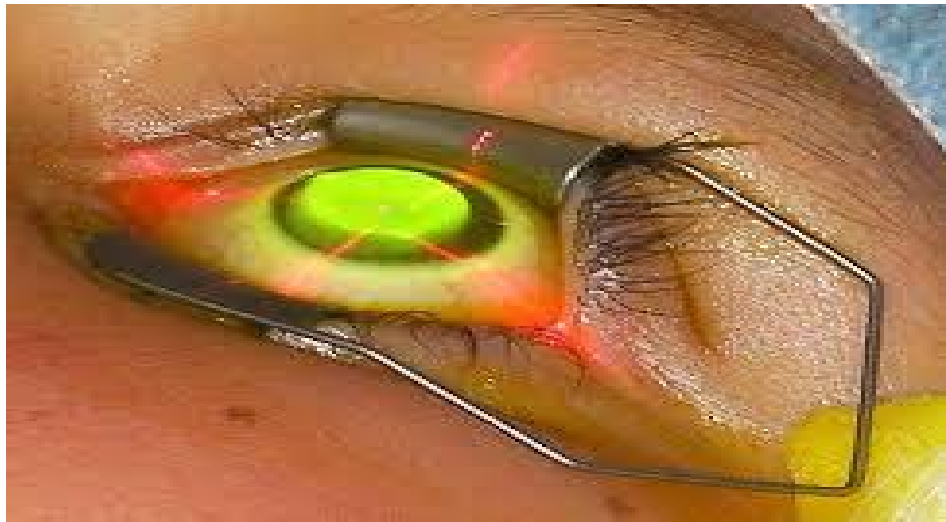
### **2.5.9 Επικερατοπλαστική**

Η επικερατοπλαστική είναι μια μέθοδος, η οποία έχει πάψει πλέον να χρησιμοποιείται. Πρόκειται για μια επέμβαση κατά την οποία αφαιρείται το κερατοειδικό επιθήλιο και προστίθεται ένα ανθρώπινο μόσχευμα, τμήμα κερατοειδούς, το οποίο έχει επεξεργαστεί κατάλληλα, ώστε να έχει την επιθυμητή διαθλαστική δύναμη.

### **2.5.10 Διασύνδεση κολλαγόνου με τη χρήση ριβοφλαβίνης και υπεριώδη ακτινοβολία UVA**

Η επέμβαση διασύνδεσης κερατοειδικού κολλαγόνου με ριβοφλαβίνη και Uva ακτινοβολία, είναι μία τεχνική που ξεκίνησε στη Γερμανία και χρησιμοποιείται από το 1998 μέχρι και σήμερα για την αντιμετώπιση κερατοειδικών εκτασιών. Σκοπός της είναι η σταθεροποίηση του κερατοειδή και η αναστολή εξέλιξης του κερατόκωνου. Για τους λόγους αυτούς, συνίσταται η επέμβαση να γίνεται στα αρχικά στάδια της πάθησης, ώστε να αναβάλλεται ή ακόμα και να αποφεύγεται η μεταμόσχευση του κερατοειδούς.

Ο όρος Cross-Linking, χρησιμοποιήθηκε ως επί το πλείστον για να περιγράψει χημικούς δεσμούς που δημιουργήθηκαν μέσω αντιδράσεων μεταξύ πρωτεϊνών ή άλλων μορίων. Όταν ο ανθρώπινος οργανισμός γερνάει, το Cross-Linking μπορεί να επιτευχθεί με τη συμμετοχή ή μη των ενζύμων σε διάφορα μέρη του σώματος όπως στο δέρμα και τις αρτηρίες. Η ιδέα για την χρήση του, προήλθε κυρίως από το γεγονός πως οι διαβητικοί κερατοκωνικοί ασθενείς δεν παρουσίαζαν βελτίωση μέσω του Cross-Linking, κάτι που φυσιολογικά συμβαίνει.



*Εικόνα 2.5.10: Cross-linking με UVA ακτινοβολία. Πηγή: <http://www.abbondanza.org> (Επίσκεψη στην 13/3/14)*

Η μέθοδος αυτή δεν έχει ακόμα εκτελεστεί σε ηλικίες κάτω των 18 ετών, γι' αυτό χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ηλικία του ασθενούς. Το ιδανικότερο είναι να μην είναι κάτω των 18 και να μην υπερβαίνει τα 30. Υπάρχουν επίσης κατηγορίες ασθενών, όπως οι οφθαλμικές παθήσεις, η κυοφορία, το παθολογικό κολλαγόνο, τα αυτοάνοσα νοσήματα κ.α. στις οποίες είναι μεν η επέμβαση επιτρεπτή αλλά με κάποιες επιφυλάξεις.

Με τη χρήση της βιταμίνης B12 (ριβοφλαβίνης), στην επιφάνεια του κερατοειδούς και με ταυτόχρονη επίδραση φωτός συγκεκριμένου μήκους και ενέργειας, είναι δυνατή η βελτίωση των βιολογικών μηχανικών ιδιοτήτων του κερατοειδή. Είναι εύκολη στη χρήση, υδατοδιαλυτή, δεν προκαλεί θόλωση ή ουλοποίηση του κερατοειδούς διεισδύοντας σε βάθος στο κερατοειδικό στρώμα.

Συγκεκριμένα, ο κερατόκωνος στον κερατοειδή είναι ιδιαίτερα χαλαρός και ελαστικός, όπου με τη βοήθεια θεραπευτικής παρέμβασης σκληραίνει και διατηρεί την καμπυλότητά του στο χρόνο. Τα αποτελέσματα πολλές φορές είναι ενθαρρυντικά σχετικά με τη σταθεροποίηση του κερατόκωνου. Ωστόσο, παρατηρείται μία σημαντική μείωση της καμπυλότητας που συχνά μεταφράζεται σε βελτίωση της όρασης.

Η τεχνική της διασύνδεσης κολλαγόνου είναι μία απλή επέμβαση και η διάρκειά της φθάνει περίπου τη μία ώρα. Αρχικά γίνεται ενστάλαξη αναισθητικού κολλυρίου όπου και αφαιρούνται 8-9 χιλιοστά του κεντρικού επιθηλίου του κερατοειδούς, με σκοπό να διεισδύσει επαρκώς η ριβοφλαβίνη στο στρώμα, για αποτελεσματικότερη θεραπεία.

Η διασύνδεση κολλαγόνου με Uva – Riboflavin, είναι ο μόνος παραχειρουργικός τρόπος που δίνει σήμερα τη δυνατότητα ενδυνάμωσης του κερατοειδούς του ασθενούς, χωρίς προσθήκη μοσχεύματος ( είτε από δότη, όπως μερική ή διαμπερή κερατοπλαστική, είτε από συνθετικά υλικά π.χ. κερατοειδικοί δακτύλιοι.

#### ***Πλεονεκτήματα:***

- Δεν έχουν παρατηρηθεί επιπλοκές στον οφθαλμό ή στον ασθενή από τη χρήση της συγκεκριμένης ακτινοβολίας.
- Η διαδικασία της θεραπείας πραγματοποιείται υπό στείρες συνθήκες και ολοκληρώνεται σε μία μόνο συνεδρία διάρκειας 30 λεπτών.
- Χρησιμοποιούνται μόνο σταγόνες που ενσταλάζονται πάνω στο μάτι, αφού πρώτα αφαιρεθεί τμήμα επιθηλίου του κερατοειδούς.

#### ***Μειονεκτήματα:***

- Υπάρχουν περιπτώσεις ασθενών, οι οποίοι βρίσκονται σε πολύ προχωρημένο κερατόκωνο, όταν αποφασίζουν να κάνουν cross-linking. Η τεχνική αυτή από μόνη της δεν είναι ικανή να βελτιώσει την οπτική οξύτητα.
- Η σταθεροποίηση ενός μέτριου κερατόκωνου με cross-linking, έχει παρατηρηθεί ότι αλλάζει σε κάποιες περιπτώσεις τη συμπεριφορά εφαρμογής του κερατοκωνικού φακού επαφής.

### **Χειρουργική τεχνική**

#### ***✓ Διασύνδεση κολλαγόνου με την αφαίρεση επιθηλίου:***

Στην εξειδικευμένη αυτή τεχνική, η απομάκρυνση του επιθηλίου απαιτείται, ώστε το υποκείμενο στρώμα να εκτεθεί σε μία πλήρη απορρόφηση της ριβοφλαβίνης. Η βιταμίνη θα πρέπει να διεισδύσει πλήρως στο στρώμα και να φανεί στον πρόσθιο θάλαμο, χρωματίζοντας τον κίτρινο.

Απόξεση του κερατοειδικού επιθηλίου έως 7mm εκτελείται υπό τοπική αναισθησία. Επιπλέον, πριν από τη θεραπεία αυτή πρέπει να πραγματοποιούνται υπέρηχοι παχυμετρίας στο λεπτότερο σημείο του κερατοειδή, ο οποίος θα πρέπει να είναι περισσότερο από 400μ, ώστε να προστατεύεται το ενδοθήλιο από την φωτεινή ενέργεια.

Η διαδικασία αυτή δεν πονά καθόλου και η αναισθησία που χρησιμοποιείται είναι μόνο με σταγόνες. Τμήμα της επιθηλιακής στοιβάδας του κερατοειδή, ανασηκώνεται για να γίνει πιο δυνατός ο εμποτισμός της ριβοφλαβίνης στα μεσαία και κατώτερα στρώματα του.

Η ενστάλαξη της ριβοφλαβίνης στον κερατοειδή, εφαρμόζεται κάθε 3 λεπτά για μισή ώρα, με μία προβλεπόμενη ακτινοβολία της τάσεως 3m/v. Στη συνέχεια ενσταλάζονται σταγόνες της βιταμίνης B12 στο μάτι κάθε 10 λεπτά με μία τάση 10m/v. Από τη στιγμή που θα ελεγχθεί το πάχος του κερατοειδή και η επάρκεια του διαλύματος B12, ο οφθαλμός θα παραμείνει εκτεθειμένος στην υπεριώδη ακτινοβολία για 30 λεπτά.

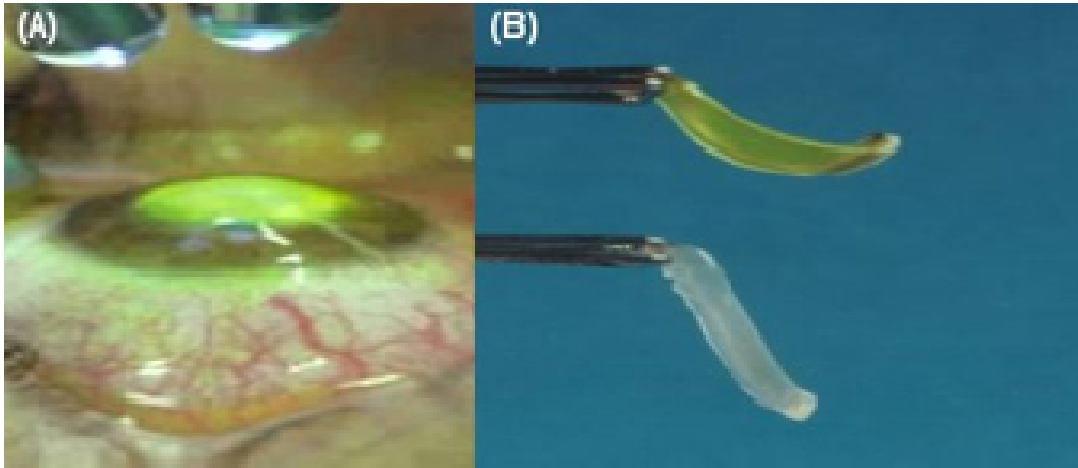
Καθ' όλη τη διάρκεια της ακτινοβολίας, ο κερατοειδής ενυδατώνεται με σταγόνες ριβοφλαβίνης και φυσιολογικό ορό. Μετά το πέρας της θεραπείας, τοποθετείται προστατευτικός φακός στον οφθαλμό.

Τέλος, μία ακόμη εφαρμογή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι ο ταυτόχρονος συνδυασμός cross-linking με PRK-Toroguided έως 50μ. Σκοπός αυτού του συνδυασμού είναι, να σμιλεύσει τον κερατοειδή στο σημείο όπου εμφανίζεται η προεξοχή και να την επιπεδώσει.



*Εικόνα 2.5.10: Ενστάλαξη ριβοφλαβίνης.*

Πηγή: <http://elkethop.alex.duth.gr/keratoconus/> (Επίσκεψη στην 14/4/14)



*Εικόνα 2.5.10: α) Επιβεβαίωση της διείσδυσης της βιταμίνης στον πρόσθιο θάλαμο και β) Κερατοειδικός ιστός πριν (πάνω) και μετά (κάτω) το cross-linking. Είναι εμφανής η ευκαμψία του ιστού πριν και η ακαμψία μετά τη διαδικασία.*

Πηγή: <http://lasereyeconsultant.co.uk/collagen-cross-linking> (Επίσκεψη στην 4/6/14)

#### **✓ Διασύνδεση κολλαγόνου χωρίς την αφαίρεση επιθηλίου.**

Η διασύνδεση κολλαγόνου χωρίς την αφαίρεση του επιθηλίου, είναι ίσως λιγότερο επώδυνη από την αντίστοιχη τεχνική, της αφαίρεσης του. Έτσι, χρησιμοποιούνται ουσίες που χαλαρώνουν τα επιθηλιακά στρώματα, ώστε να αυξηθεί η διείσδυση της ριβοφλαβίνης. Οι ουσίες αυτές αλλάζουν την τιμή της επιφανειακής τάσης και ως εκ τούτου διευκολύνουν την εισαγωγή τους, μέσω του επιθηλίου. Η πρώτη τεχνική, δηλαδή, η αφαίρεση του επιθηλίου θεωρείται καλύτερη με βάση την αποτελεσματικότητά της.

#### **2.5.11 Το Πρωτόκολλο της Αθήνας**

Μία πρωτοπόρα τεχνική, η οποία στοχεύει στην αντιμετώπιση του κερατόκωνου με διασύνδεση του κολλαγόνου και με ταυτόχρονη μερική επιφανειακή κερατοσμίλευση με laser. Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της διασύνδεσης ('πάγωμα' της εξέλιξης του κερατόκωνου) με παράλληλη δραστική μείωση της μυωπίας και του αστιγματισμού, δηλαδή τη σημαντική βελτίωση της όρασης.

Έτσι τα άτομα που πάσχουν από κερατόκωνο μπορεί να έχουν πιο εύκολη οπτική αποκατάσταση με γυαλιά, φακούς επαφής ή ακόμα και να μη χρειάζονται καν οπτική διόρθωση. Η θεραπεία είναι αρκετά απλή και ανώδυνη. Πρόκειται για μία διεθνώς αναγνωρισμένη τεχνική για τη σταθεροποίηση του κερατόκωνου και την αποκατάσταση της όρασης.

Γίνεται με τοπική αναισθησία χωρίς να χρειαστεί νοσηλεία. Αρχικά το laser αποδομεί το επιθήλιο (το επιφανειακό κυτταρικό στρώμα του κερατοειδή) σε περίπου μισό λεπτό και στη συνέχεια εφαρμόζει μια εξατομικευμένη, επιλεκτική φωτοαποδομή του στρώματος, τοπογραφικά καθοδηγούμενη (δηλαδή με βάση τις μετρήσεις τοπογραφίας και τοπομετρίας

Oculyzer) με σκοπό την ομαλοποίηση της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας. Ακολουθεί μια δράση συγκεκριμένων ουσιών για τη διατήρηση της διαύγειας του κερατοειδή και κατόπιν μια τροποποιημένη διασύνδεση κολλαγόνου που διαρκεί περίπου δέκα λεπτά.

Μετά την επέμβαση ο ασθενής είναι ελεύθερος να κινηθεί, έχοντας μόνο ένα μαλακό φακό επαφής που έχει απλώς το ρόλο του επιδέσμου, και συνεχίζει τις δραστηριότητές του με το μάτι ανοιχτό. Υπάρχει κάποια μικρή ευαισθησία και πιθανός πόνος για τις πρώτες μία-δύο ημέρες μετά τη διαδικασία αυτή. Την τρίτη ημέρα αφαιρείται ο προστατευτικός φακός επαφής και ο ασθενής μπορεί να επανέλθει φυσιολογικά, μετά από μία εβδομάδα, σε όλες του τις δραστηριότητες.

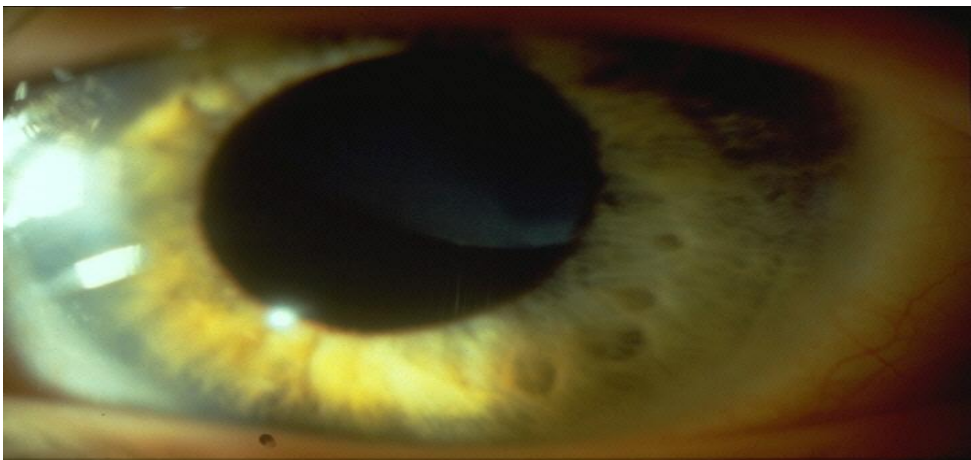
Η θεραπεία δεν έχει ανησυχητικές επιπλοκές, ενώ δεν είναι τοξική για το ενδοθήλιο του κερατοειδή. Με την επέμβαση αυτή έχει μειωθεί το ποσοστό ανάγκης για μεταμόσχευση για κερατόκωνο κατά 90%, κάτι που το καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό.

## 2.6 Κερατόκωνος και άλλες παθήσεις

Ο κερατόκωνος μπορεί να παρουσιασθεί και να εξελιχθεί ακόμα περισσότερο στις εξής περιπτώσεις:

**Συστηματικές διαταραχές:** «σε αυτές συμπεριλαμβάνονται το σύνδρομο Down, το σύνδρομο Ehlers-Danlos, το σύνδρομο Apert, το σύνδρομο Turner, η ατελής οστεογένεση, η πρόπτωση μητροειδούς βαλβίδας και το σύνδρομο Marfan».

**Οι οφθαλμικές παθήσεις:** «Περιλαμβάνουν την εαρινή επιπεφυκίτιδα, τη συγγενή αμαύρωση του Leber, τη μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια, τους κυανούς σκληρούς, την ανιριδία, την εκτόπιση του φακού, τη νεογνική ταπητιοαμφιβληστροειδική εκφύλιση και την ατοπική κερατοεπιπεφυκίτιδα. Επιπλέον τη δερματίτιδα, τα προέχοντα κερατοειδικά νεύρα, τη μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια». (Γρατζωνίδης, Δημητρακούλιας, Μαλούτας, 2003).



*Εικόνα 2.6: Σύνδρομο Marfans.*

Πηγή: <http://www.bausch.gr> (Επίσκεψη στην 17/5/14)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ**

### **3.1 Τι είναι οι φακοί επαφής και πώς προήλθαν**

Οι φακοί επαφής για πολλά χρόνια αποτελούν ένα μέσο για τη διόρθωση διαθλαστικών ανωμαλιών. Εμπνευστές της ιδέας για την εφαρμογή των φακών επαφής θεωρούνται οι Leonardo Da Vinci (1508), ο R. Descartes (1632), ο Philip De La Hire (1640-1718) και ο Tomas Young (1773-1829). Αρχικά, ο αστρονόμος Frederick William Herschel αναπτύσσει σε δημοσίευσή του την ιδέα εφαρμογής φακού με προστατευτικό στρώμα από ζωική γέλη στον

Από τους πρώτους φακούς επαφής που φτιάχτηκαν κοντά στα 1888 από τον Γάλλο γιατρό Adolph E. Fick, τον Γάλλο οπτικό Eugene Kalt και τον Γερμανό γιατρό August Muller, έως και τους φακούς σιλικόνης υδρογέλης, που πρωτοεφαρμόστηκαν το 1998, πραγματοποιήθηκαν εκατοντάδες έρευνες για τη βελτίωση και εφαρμογή των φακών επαφής στον ανθρώπινο οφθαλμό.

Οι πρώτοι φακοί επαφής ήταν σκληροί και το υλικό τους αποτελείτο από γυαλί. Ο οπτομέτρης William Feinbloom στα τέλη της δεκαετίας του 1930 κατασκευάζει τον πρώτο σκληρό φακό με γυαλί κατάλληλο για οπτικές εφαρμογές. Το 1945 η Αμερικάνικη Εταιρεία Οπτομετρίας, καθιερώνει την εφαρμογή φακών επαφής, ως αναπόσπαστο τμήμα του επαγγέλματος της Οπτομετρίας.

Με τη πάροδο του χρόνου έγιναν πολλές δοκιμές και επαναλαμβανόμενες κατασκευές, όπου και άρχισε η δημιουργία των συνθετικών πολυμερών και γενικότερα των πλαστικών υλών γνωστό ως PMMA. «Με βάση τις ιδιότητές του, το PMMA ήταν ένας πολύ καλός αντικαταστάτης του γυαλιού στους φακούς επαφής, ώστε να γίνουν ελαφρότεροι και πιο βολικοί». (Κατσούλος, 2010)

Σύμφωνα με το υλικό αυτό κατασκευάστηκαν το 1947 οι πρώτοι εφαρμόσιμοι σκληρικοί φακοί επαφής από τον Kevin Tuohy. Στην δεκαετία του 1950, ο Dr George Butterfield κατασκευάζει τον πρώτο φακό επαφής, ο οποίος ακολουθεί το σχήμα του κερατοειδή, χωρίς να στέκεται επίπεδος. Λόγω των προβλημάτων όμως που παρουσίαζαν, όπως, η εμφάνιση υποξίας, καθώς δεν επέτρεπαν τη διάδοση οξυγόνου στους οφθαλμούς και η δυσκολία στην ανοχή τους, μπορούσαν να φορεθούν μόνο λίγες ώρες τη φορά. Έτσι, ακολούθησαν βελτιώσεις ως προς τη καμπυλότητα, το πάχος και τη διάμετρο.

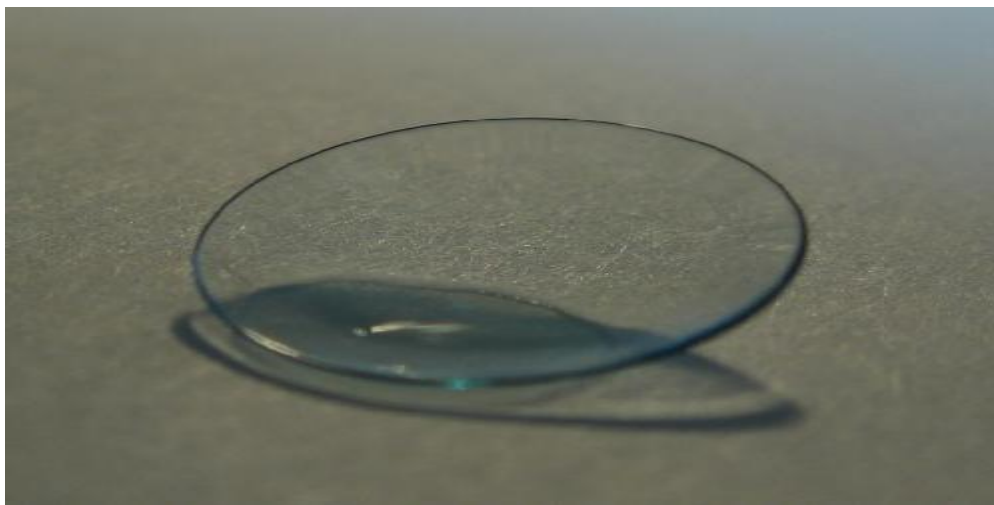
Οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στους σκληρούς φακούς επαφής από PMMA, ήταν για την δημιουργία σκληρών αεροδιαπερατών φ.ε ή αλλιώς ημίσκληρων, για ακόμη μεγαλύτερη διέλευση του οξυγόνου στον κερατοειδή.

Στον αντίποδα βρίσκονται οι φακοί επαφής από υδρόφιλη ουσία HEMA, οι οποίοι εφευρέθηκαν από τους Otto Wichterle και τον Drahoslav Lim το (1960). Στην δεκαετία του 1970 διανέμεται ο πρώτος μαλακός φακός επαφής υψηλής υδροφιλίας, με την διανομή από την Bausch & Lomb. Οι φ.ε αυτοί διαθέτουν μεγαλύτερη ελαστικότητα, παρέχουν άνεση και είναι από διάφανο υλικό. Με βάση το υλικό HEMA κατασκευάστηκαν μαλακοί φ.ε συνεχούς χρήσης με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό. Για πρώτη φορά διατίθεντο στην αγορά φακοί επαφής ημερήσιας χρήσης (1990) και οι πρώτοι φακοί σιλικόνης υδρογέλης (1998).



Η σιλικόνη είναι ένα υλικό που γίνεται ιδιαίτερα ανεκτό από το μάτι, καθώς είναι μαλακό, εύκαμπτο και ανθεκτικό με μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο, αλλά και υδρόφοβο. « Υπήρχαν, ωστόσο, προβλήματα με την απολύμανση των μαλακών φ.ε. Οι αυξημένες εναποθέσεις ιδιαίτερα σε σύγκριση με τους φακούς από PMMA ήταν ένα από αυτά». (Κατσούλος, 2010). Ως αντιμετώπιση, συνέστησαν την άμεση αντικατάστασή τους και έτσι δημιουργήθηκαν οι πρώτοι φ.ε συχνής αντικατάστασης.

Οι φακοί επαφής αποτέλεσαν σημαντικό αρωγό στην βελτίωση της όρασης με αισθητά κλινικά αποτελέσματα τις τελευταίες δεκαετίες. Αποτελεί το πιο διαδεδομένο και άμεσα προσβάσιμο μέσο διανομής στο τομέα παροχής υπηρεσιών στο χώρο της όρασης. Εκτιμάται ότι οι χρήστες παγκοσμίως είναι 125 εκατομμύρια, ενώ πριν μια δεκαετία περίπου ήταν 40 εκατομμύρια. Εκτιμάται ότι οι χρήστες παγκοσμίως είναι 125 εκατομμύρια, ένα ποσοστό που τείνει να αυξάνεται με τη πάροδο του χρόνου συνέχεια.



*Εικόνα 3.1: Ένας ημίσκληρος φακός επαφής. Πηγή: <http://el.wikipedia.org> (Επίσκεψη στην 20/5/14)*

### **3.2 Υλικά και είδη φακών επαφής.**

**Ø** Οι φακοί επαφής μπορούν χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Υδρόφιλοι ή μαλακοί
2. Αεροδιαπερατοί ή ημίσκληροι.

Οι μαλακοί φακοί επαφής αποτελούν την πρώτη επιλογή για την πλειοψηφία των ανθρώπων που φοράνε φακούς επαφής, διότι διαθέτουν το πλεονέκτημα της άνεσης έναντι των ημίσκληρων, αλλά δεν προσφέρουν την ίδια ποιότητα όρασης και δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής.

Οι αεροδιαπερατοί αποτελούν την βέλτιστη οπτική λύση, καθώς μπορούν να διορθώσουν με μεγάλη επιτυχία καταστάσεις όπου οι άλλες λύσεις (γυαλιά όρασης, διαθλαστική χειρουργική) δεν αποδίδουν ή δεν έχουν εφαρμογή. Συνήθως τους μαλακούς φακούς επαφής τους συναντάμε με μια ονομασία που καταλήγει σε -filcon, ενώ τα ονόματα των σκληρών φακών επαφής σε -folcon.

### 3.2.1 Μαλακοί φακοί επαφής

- Οι μαλακοί φακοί επαφής διακρίνονται σε:

α) Λεπτούς υδρόφιλους: Αυτοί οι φακοί επαφής, λόγω το ότι επιτρέπουν στα δάκρυα να κινούνται ελεύθερα, ονομάζονται υδρόφιλοι. Η άνεση αυτή εξασφαλίζεται εφαρμόζοντας ακτίνα καμπυλότητας μεγαλύτερη από αυτή του κερατοειδούς. Γενικά, αποτελούνται από ένα υλικό που ονομάζεται HEMA, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό περίπου 38-43%, με ένα κεντρικό πάχος σχετικά μικρό. Η χρήση τους ενδείκνυται για καθημερινή χρήση.

β) Φακοί μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό: Είναι κατασκευασμένοι από ενώσεις του HEMA και με άλλες ουσίες, έχουν μια περιεκτικότητα σε νερό που αγγίζει το 70-85%, με ένα σχετικά μεγάλο κεντρικό πάχος. Η χρήση τους είναι κυρίως συνεχής. Στόχος αυτών των φακών είναι η μεγαλύτερη οξυγόνωση του κερατοειδή που μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη μείωση του πάχους. Ωστόσο, αυτό έχει σαν συνέπεια να γίνονται αρκετά πιο εύθραστοι.

γ) Λεπτοί φακοί μέσης περιεκτικότητας σε νερό: Το υλικό τους είναι από HEMA και άλλες πολυμερείς ουσίες, έχουν περιεκτικότητα σε νερό που αγγίζει το 55-58% και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καθημερινή ή παρατεταμένη χρήση. Αυτοί οι φακοί είναι λιγότερο εύθραστοι.

Τέλος, και στα τρία είδη μαλακών φακών επαφής η διάμετρός τους κυμαίνεται μεταξύ 12.5-14.5 mm και 8.1-8.9 mm η ακτίνα καμπυλότητας τους.

1. *Τα υλικά των μαλακών φακών επαφής διακρίνονται σε:*

#### **1α) Φακοί επαφής από σιλικόνη.**

Οι μαλακοί φακοί επαφής, αποτελούνται από εύκαμπτο και ανθεκτικό υλικό και έχουν μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο. Παράλληλα έχουν το μειονέκτημα ότι αποτελείται από υδρόφοβο υλικό. Ωστόσο, στους φακούς σιλικόνης παρατηρούνται εναποθέσεις πρωτεϊνών σε αυξημένο βαθμό. Για την εξουδετέρωση της υδροφοβίας της σιλικόνης οι φακοί καλύπτονται εξωτερικά με την υδρόφιλη πολυμερή ένωση PVP (poly vinyl pyrrolidone).

## **1β) Φακοί υδρογέλης.**

Οι φακοί υδρογέλης αποτελούνται από υδρόφιλες πολυμερείς χημικές ενώσεις, οι οποίες με την προσρόφηση ύδατος, σχηματίζουν μαλακές και ελαστικές ουσίες. Παρασκευάζονται με πολυμερισμό διαφορών μονομερών ουσιών.

Οι μονομερείς ουσίες διακρίνονται σε:

- Παράγωγα πολυμερισμού του HEMA
- Παράγωγα πολυμερισμού του HEMA με άλλες ενώσεις
- Παράγωγα πολυμερισμού μονομερών ενώσεων διαφόρων του HEMA.

## **1γ) Φακοί σιλικόνης- υδρογέλης.**

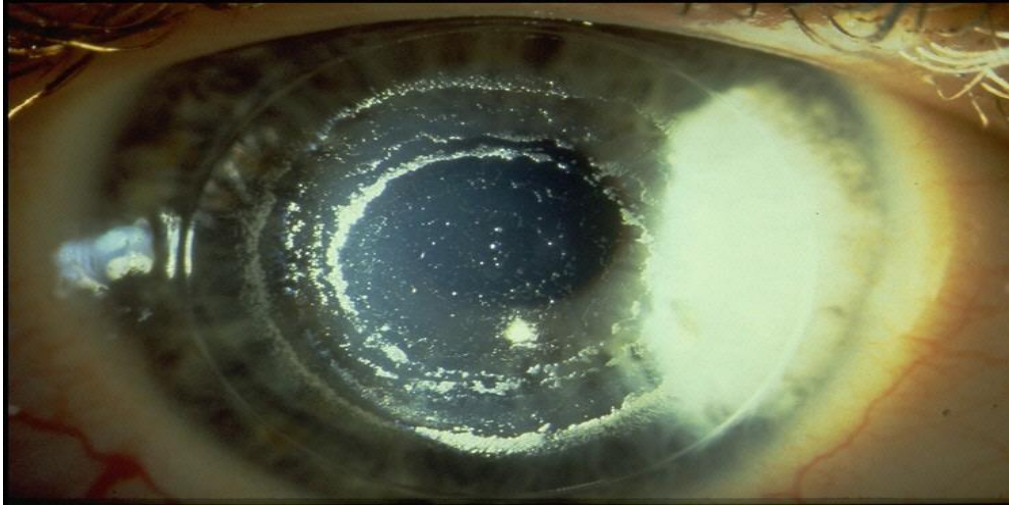
Οι φακοί σιλικόνης- υδρογέλης είναι η επόμενη κατηγορία φακών επαφής, από αυτών των σιλικόνης. Πιο συγκεκριμένα, συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα ενός μαλακού φακού με την εξαιρετική διαλυτότητα του οξυγόνου στη σιλικόνη. Το κύριο υλικό της υδρογέλης είναι το HEMA και άλλα μονομερή που προστίθενται για να αλλάξουν την ιοντικότητα και την περιεκτικότητα σε νερό, προκειμένου ο φακός επαφής να έχει την κατάλληλη διαβροχή. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η κατάλληλη ελαστικότητα και η διαπερατότητα σε οξυγόνο.

Σχεδόν σε όλα τα υλικά σιλικόνης υδρογέλης, παρατηρείται μία αύξηση της περιεκτικότητας του νερού, καθώς το Dk μειώνεται.

Οι επιφάνειες των υδρόφοβων φακών προκαλούν δυσανεξία, αστάθεια του δακρυϊκού φιλμ και συσσωρεύουν εναποθέσεις. Για το λόγο αυτό οι φακοί σιλικόνης-υδρογέλης πρέπει να τροποποιούνται καταλλήλως, ώστε να είναι συμβατοί με την οφθαλμική επιφάνεια.

Παρακάτω αναφέρονται οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης, με σειρά κατά υψηλότερη διαπερατότητα οξυγόνου στη χαμηλότερη.

1. Οι Air Optix Aqua Night & Day από CIBA/Alcon με 174 Dk/t που είχε εγκριθεί μέχρι και για 30 ημέρες συνεχούς χρήσης.
2. Ο Biofinity από την COOPERVISION με 160 Dk/t.
3. Οι Acuvue Oasys από J&J με 147 Dk/t. Είχε εγκριθεί για 2 εβδομάδες καθημερινής χρήσης ή 6 διανυκτερεύσεις εκτεταμένης εφαρμογής και είχε σχεδιαστεί για να είναι πιο υγρός από άλλους.
4. Οι Acuvue Advance από J&J με 147 Dk/t. Είχε εγκριθεί για 2 εβδομάδες καθημερινής χρήσης.
5. Οι Air Optix Aqua από CIBA/Alcon με 138 Dk/t. Είχε εγκριθεί για 2 εβδομάδες καθημερινής χρήσης ή μέχρι 6 νύχτες εκτεταμένης εφαρμογής.
6. Οι Purevision 2 από Bausch + Lomb με 130 Dk/t. Είχε εγκριθεί για έως και 30 ημέρες συνεχούς χρήσης.



*Εικόνα 3.2.1: Εναποθέσεις σε έναν μαλακό φακό επαφής. Πηγή: <http://www.bausch.gr>  
(Επίσκεψη στην 18/5/14)*

### **3.2.2 Σκληροί φακοί επαφής**

#### Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής:

Σήμερα είναι γνωστοί ως ημίσκληροι στην Ελλάδα, αλλά μπορεί να αναφέρονται και ως RGP. Οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στους σκληρούς φακούς επαφής από PMMA, ήταν για ακόμη μεγαλύτερη διέλευση του οξυγόνου στο κερατοειδή.

Έτσι, είναι κατασκευασμένοι από πολυμερή υλικά, που παρέχουν μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο και η ακτίνα καμπυλότητας τους κυμαίνεται μεταξύ 8.5-9.5 mm. Ωστόσο, εμφανίζουν ορισμένα προβλήματα: είναι σχετικά άκαμπτοι, έχουν ελλiptή διαβροχή, μειωμένη άνεση καθώς τα βλέφαρα ακουμπούν σε ένα συμπαγές υλικό, έχουν αυξημένες εναποθέσεις, μειωμένη αντοχή, αντικοινομικοί και προσφέρουν ελάχιστη διόρθωση του ast.

2. Τα υλικά των σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

#### **2α) Φακοί επαφής από C.A.B (Cellulose Acetate Butyrate)**

Το υλικό αυτό χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά για τη κατασκευή των σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής. Το πλεονέκτημά τους σε σχέση με το υλικό PMMA, είναι ότι έχουν μεγάλη διαπερατότητα στο οξυγόνο, κάτι που τους καθιστά ικανούς για συνεχόμενη χρήση και επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία πιο σφιχτή εφαρμογή.

Από την άλλη μεριά τα μειονεκτήματά τους είναι περισσότερα και αυτό γιατί το υλικό τους είναι λιγότερο σταθερό και ανθεκτικό στον οφθαλμό, παρουσιάζουν μία μεταβολή στη καμπυλότητά τους (κυρίως μία επιπέδωση των φακών), εμφανίζουν ευαισθησία στις γραμμώσεις, προσελκύουν διάφορες ουσίες και ενίοτε προκαλούν αντίδραση στους επιπεφυκώτες.

## **2β) Φακοί επαφής από σιλοξάνες.**

Η κατηγορία αυτού του υλικού προσφέρει ακαμψία στο φακό και σε συνδυασμό με τη σιλικόνη προσφέρει υψηλή διαπερατότητα στο οξυγόνο.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του φ.ε είναι:

1. Μεγάλη ποικιλία που υπάρχει διαθέσιμη
2. Σταθερότητα του υλικού του
3. Υψηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο

Βέλτιστη οπτική απόδοση και αντοχή στις χαραγές και στις γραμμές.

Τα μειονεκτήματά του είναι:

1. Η εμφάνιση στίξης ή χρώσης στην 3<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> ώρα (συνήθως εμφανίζεται στους φακούς C.A.B)
2. Η πρόσληψη πρωτεϊνών και βλέννας από τα δάκρυα μπορούν να οδηγήσουν στην εμφάνιση επιπεφυκιδίων
3. Έχουν σχετικά μεγάλη ευθραυστότητα.

## **2γ) Φακοί επαφής από πολυμερή βασιζόμενα στο φθόριο.**

Η κατηγορία αυτή του υλικού έχει ως βάση το φθόριο, το οποίο έχει τη δυνατότητα να απομακρύνει τις εναποθέσεις στις επιφάνειες των φακών, ενώ παράλληλα να αυξάνει τη διαπερατότητα του, στο οξυγόνο.

Τα πλεονεκτήματα αυτών των φ.ε είναι:

1. Εμφανίζουν καλή διαβροχή
2. Έχουν υψηλό Dk
3. Δυνατότητα παρατεταμένης συνεχής χρήσης
4. Παρουσιάζουν λίγες εναποθέσεις
5. Περιορίζουν την εκδήλωση επιπεφυκιδίων
6. Ευχέρεια στην τροποποίησή διαφόρων παραμέτρων.

Τα μειονεκτήματα αυτών είναι:

1. Μπορεί να υπάρξει αρκετή αστάθεια αυτών, λόγω του υλικού
2. Έχουν σχετικά υψηλό κόστος
3. Ενίοτε προσκολλούνται στον κερατοειδή
4. Με τη πάροδο του χρόνου μπορεί να γίνουν πιο σφιχτοί.

#### **2δ) Φακοί από σιλικόνη.**

Το υλικό τους είναι μαλακό, εύκαμπτο, υδρόφοβο, ανθεκτικό- συμβατό με τους ανθρώπινους ιστούς. Έχουν μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο και ενδείκνυται για συνεχόμενη χρήση.

Τα πλεονεκτήματα της σιλικόνης έναντι του υλικού HEMA είναι:

Εμφανίζουν μεγαλύτερη διαπερατότητα σε οξυγόνο και μπορούν να διατηρούν το σχήμα τους χωρίς να ενυδατώνονται. Το υλικό τους παρουσιάζει βέλτιστη αντοχή, χωρίς να αναπτύσσονται κάθε είδους μικρόβια. Επίσης έχουν μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης έναντι των HEMA, με καλύτερη ποιότητα όρασης και δυνατότητα να χρησιμοποιούνται σε στεγνά μάτια.

Τα μειονεκτήματά της είναι:

Το υλικό της είναι ιδιαίτερα λιπόφιλο και κατά συνέπεια αρκετά υδρόφοβο με αποτέλεσμα να υπάρχει προσρόφηση λιποδιαλυτών και τοξικών ουσιών. Τέλος, η εξωτερική επιφάνεια των φακών καταστρέφεται σχετικά γρήγορα, ώστε να προκαλείται ερεθισμός των ματιών, με κίνδυνο δημιουργίας έλκους του κερατοειδούς.

#### **2ε) Φακοί από σιλικόνη και φλοουοροπολυμερή.**

«Αυτοί οι φακοί είναι «υβρίδιο» των δύο πολύ διαπερατών από το οξυγόνο υλικών (δηλ. με πολύ υψηλό Dk και Dk/L). Φυσικά τα υλικά αυτά είναι υδρόφοβα». (Κολλιοπούλου, 1997)

### **3.3 Ειδικές κατασκευές φακών επαφής**

#### **3.3.1 Απλοί Σφαιρικοί**

Οι απλοί σφαιρικοί φακοί επαφής λειτουργούν με την ίδια λογική όπως και οι σφαιρικοί οφθαλμικοί φακοί. Οι φωτεινές ακτίνες που διαπερνούν το φακό δρουν σε κάθε μεσημβρινό. Υπάρχει ένα σημείο στο κέντρο του φακού μέσα από το οποίο οι ακτίνες περνούν αδιάθλαστες. Εφαρμόζονται προκειμένου να διορθώσουν αμετρωπίες όπως η μυωπία και η υπερμετρωπία καθ' ότι οι φακοί μπορεί να είναι είτε θετικοί συγκλίνοντες, είτε αρνητικοί αποκλίνοντες.

#### **3.3.2 Ασφαιρικοί Φακοί**

Είναι φακοί που η οπίσθια επιφάνεια τους είναι ελλειπτική αντί σφαιρική. Υπάρχουν μαλακοί (HEMA), αεροδιαπερατοί (C.A.B), σκληροί (PMMA). Στην αγορά διατίθενται επίσης και ασφαιρικοί φακοί επαφής με πρόσθια ασφαιρική επιφάνεια, με τρόπο τέτοιο ώστε να μειωθεί η σφαιρική εκτροπή του συστήματος οφθαλμός-φακός. Οι ασφαιρικοί φακοί επαφής έχουν το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης δακρυϊκής στιβάδας, δεν πιέζουν το κερατοειδή από την περιφέρεια του φακού και δεν προκαλούν νεοαγγείωση.

#### **3.3.3 Τορικοί Φακοί**

Οι τορικοί φακοί χρησιμοποιούνται για την διόρθωση του αστιγματισμού, του κερατόκωνου, της αφακίας και λειτουργούν όπως ένας αστιγματικός οφθαλμικός φακός. Στην αγορά διατίθενται οι υδρόφιλοι που είναι πιο εύκολοι στην εφαρμογή, ωστόσο διατίθενται και ημίσκληροι τορικοί, αλλά η εφαρμογή απαιτεί εμπειρία στον τρόπο χρήσης και εφαρμογής φακών επαφής.

Διακρίνονται σε:

- Τορικής πρόσθιας επιφάνειας
- Τορικής οπίσθιας επιφάνειας
- Αμφιτορικούς.

Οι τορικοί χρησιμοποιούνται για την περίπτωση του υπολειπόμενου αστιγματισμού, αλλά έχουν περιορισμένο ρόλο σε κλινικό επίπεδο. Οι αμφιτορικοί είναι εξαιρετικά αποτελεσματικοί στις περιπτώσεις του ομαλού ή του ανώμαλου κερατοειδικού αστιγματισμού.

#### **3.3.4 Πρεσβυωπικοί**

Οι πρεσβυωπικοί φακοί επαφής, εξυπηρετούν τις ανάγκες των ατόμων άνω των τριάντα πέντε ετών, εφόσον τότε ξεκινά να παρουσιάζεται η πρεσβυωπία. Μπορεί να είναι είτε απλοί σφαιρικοί, είτε αστιγματικοί, είτε διπλής εστίας, είτε πολυεστιακοί. Η χρήση τους μπορεί να γίνει είτε εφαρμόζοντας ίδιου τύπου φακό επαφής, είτε συνδυαστικά με τη μέθοδο της μονοόρασης.

Κατά τη μονοόραση εφαρμόζεται ένας φακός επαφής, ο οποίος διορθώνει τη μακρινή όραση, συνήθως στο ισχυρό μάτι και στο υπολειπόμενο την κοντινή. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με σφαιρικούς φακούς επαφής, είτε με διάφορους συνδυασμούς, αναλόγως με το τι ικανοποιεί τον ασθενή. Το μειονέκτημα εδώ όμως είναι ότι ο ασθενής παύει πλέον να διαθέτει τρισδιάστατη όραση.

Οι φακοί διπλής εστίας διαθέτουν στο κατώτερο τμήμα τους ένα διαθλαστικό «παραθυράκι» το οποίο κατά τη στροφή του οφθαλμού προς την κάτω βλεμματική θέση, ο φακός επαφής κινείται προς τα επάνω, με αποτέλεσμα ο ασθενής να παρατηρεί μέσα από το «παραθυράκι». Ενώ σηκώνοντας το βλέμμα προς τα πάνω παρατηρεί μέσα από την υπόλοιπη επιφάνεια του φακού, η οποία μπορεί να είναι διαθλαστική αν χρειάζεται.

Άλλος τύπος διπλής εστίας είναι η διπλή ζώνη. Αποτελείται από δυο ομόκεντρες διαθλαστικές ζώνες, με διαφορετική διαθλαστική διόρθωση για την κάθε μια. Οι πολυεστιακοί φακοί επαφής λειτουργούν με τις ίδιες αρχές όπως και ένας οφθαλμικός πολυεστιακός φακός. Ένα προοδευτικά διαθλαστικό κανάλι διαπερνά καθέτως τον φακό μέσα από το οποίο παρατηρεί ο ασθενής. Αναλόγως με την απόσταση την οποία θέλει να κοιτάξει ο χρήστης, παρατηρεί μέσα από την ανάλογη ζώνη του καναλιού. Έτσι, όταν λοιπόν επιθυμεί να κοιτάξει με τη μακρινή όραση ο ασθενής, θα παρατηρήσει δια μέσου του ανώτερου τμήματος του φακού και προοδευτικά προς το κατώτερο, όσο η απόσταση μειώνεται.

### **3.3.5 Φακοί επαφής για παιδιατρικές εφαρμογές**

Οι φακοί αυτοί χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στα παιδιά για την αποφυγή της αμβλυωπίας. Ακόμη, δρουν θετικά στην μείωση του φωτός, που εισέρχεται στον αμφιβληστροειδή, στα παιδιά που πάσχουν από φωτοφοβία ή στην μείωση του νυσταγμού, καθώς και για αισθητικούς λόγους. Διατίθενται σε μαλακούς και ημίσκληρους, συνήθως όμως προτιμώνται οι μαλακοί.

### **3.3.6 Φακοί επαφής μετά από μεταμόσχευση κερατοειδούς**

Οι κυριότερες ενδείξεις εφαρμογής φακών επαφής μετά από μεταμόσχευση κερατοειδούς είναι οι ακόλουθες:

- Υψηλός ομαλός ή ανώμαλος αστιγματισμός
- Ανισομετροπία
- Χαμηλή όραση με γυαλιά
- Μη ικανοποιητική αποκατάσταση της κερατοειδικής επιφάνειας, οπότε χρησιμοποιείται θεραπευτικός φακός επαφής.
- Υπολειπόμενο διαθλαστικό σφάλμα.



Στην περίπτωση αυτή ενδείκνυται όλοι οι τύποι φακών επαφής. Για παράδειγμα αν η κερατοειδική επιφάνεια μετεγχειρητικά είναι ομαλή, θα χρησιμοποιηθούν υδρόφιλοι φακοί επαφής, εφ' όσον δεν είναι δυνατή η εφαρμογή ημίσκληρων. Γενικότερα, οι ημίσκληροι προτιμώνται, καθώς οι υδρόφιλοι προκαλούν κερατοειδικό οίδημα ή νεοαγγείωση.

### 3.3.7 Φακοί επαφής μετά από οφθαλμικό τραύμα

Φακοί επαφής εφαρμόζονται στις ακόλουθες περιπτώσεις μετά από οφθαλμικό τραύμα:

- Ø Αφακία
- Ø Ανισομετροπία
- Ø Ανώμαλη διάμετρο κόρης
- Ø Ιριδοδιάλυση
- Ø Ανεισοεικονία
- Ø Ανάγκη κερατοειδικής επιδιόρθωσης
- Ø Ομαλός ή ανώμαλος κερατοειδικός αστιγματισμός
- Ø Αδυναμία χρησιμοποίησης γυαλιών, λόγω κρανιοεγκεφαλικών ανωμαλιών ή τραυμάτων
- Ø Λεπτές αδιαφάνειες εντοπισμένες στον επιφανειακό κερατοειδή, περιορισμένες στο υποεπιθηλιακό στρώμα ή στο εσώτερο στρώμα.

### 3.3.8 Κοσμητικοί και προσθετικοί φακοί επαφής

Ο κοσμητικός φακός επαφής, είναι στην ουσία ένας φακός που περιέχει μία απόχρωση, ο οποίος χρησιμοποιείται για την ενίσχυση ή την αλλαγή της εμφάνισης ενός φυσιολογικού οφθαλμού.

Προσθετικός φακός επαφής καλείται ο φακός επαφής με απόχρωση ή αλλιώς έγχρωμος και χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της όρασης ενός οφθαλμού, που δεν λειτουργεί φυσιολογικά ή για να ενισχύσει την εικόνα ενός παραμορφωμένου ματιού.

Οι κοσμητικοί-έγχρωμοι φακοί επαφής εξυπηρετούν αφενός στην αισθητική ικανοποίηση του χρήστη και αφετέρου στη διόρθωση αισθητικών προβλημάτων των οφθαλμών όπως:

- Ø Τραυματικοί ή παραμορφωμένοι κερατοειδείς
- Ø Κάλυψη της κόρης λόγω φωτοφοβίας
- Ø Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι διαφορετικό το χρώμα της ίριδας σε κάθε οφθαλμό
- Ø Σε περιπτώσεις αλμπινισμού
- Ø Σε δραστηριότητες του χρήστη, όπως θαλάσσια σπορ ή σπορ τα οποία απαιτούν γενικότερα τροποποίηση της αντίθεσης
- Ø Σε διαθλαστικές ανωμαλίες, στις οποίες επιθυμείται παράλληλα και αισθητικό αποτέλεσμα.

Στην ουσία είναι ένας διαθλαστικός φακός επαφής και ένας κοσμητικός σε έναν, καθώς οι φακοί αυτοί μπορούν να συνδυαστούν και με διαθλαστική διόρθωση. Οι κοσμητικοί-έγχρωμοι φακοί μπορούν να κατασκευαστούν με τη κόρη κλειστή (αυτό επιτυγχάνεται με τον φακό επαφής να διαθέτει ένα μαύρο στίγμα στο κεντρικό του σημείο), με όλον τον κερατοειδή έγχρωμο, με τον κερατοειδή έγχρωμο και την κόρη ελεύθερη, είτε συνδυαστικά, δηλαδή έγχρωμο κερατοειδή και κόρη κλειστή.

Τέλος, το χρώμα του κοσμητικού-έγχρωμου φακού επαφής, δύναται να επιλεγθεί μέσα από μια γκάμα διάφορων χρωμάτων και αποχρώσεων, όπως επίσης και η επιλογή της περιεκτικότητας του φακού σε νερό.

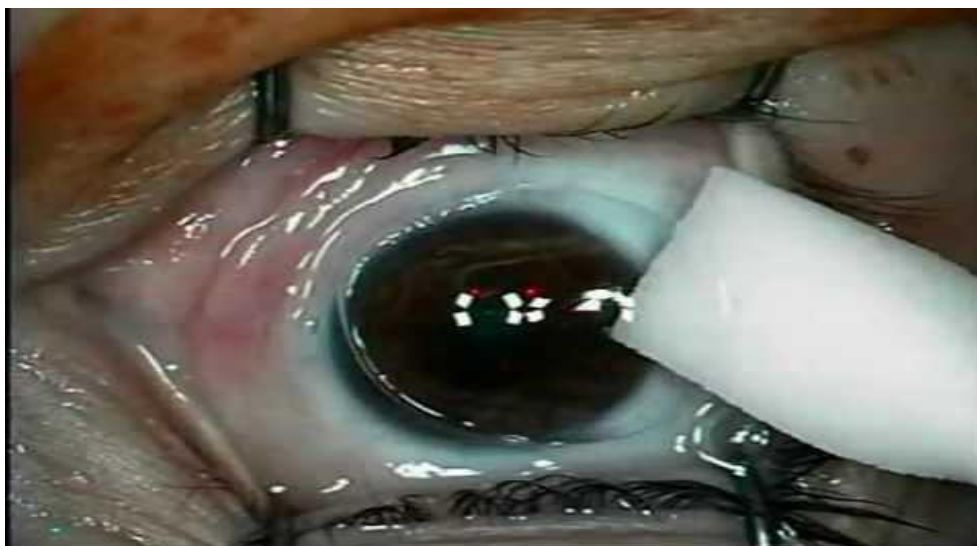
Οι κοσμητικοί φακοί επαφής είναι σχεδόν πάντα μαλακοί φακοί επαφής, καθώς οι αεροδιαπερατοί φακοί είναι αρκετά μικροί για να καλύψουν την ίριδα. Εμφανίζουν ημιδιαφανή και αδιαφανή απόχρωση. Αντίθετα, οι προσθετικοί φακοί επαφής μπορούν να είναι σκληροί, αεροδιαπερατοί, σκληρικοί και μαλακοί φακοί επαφής.

### 3.3.9 Θεραπευτικοί φακοί επαφής

Οι θεραπευτικοί φακοί επαφής χρησιμοποιούνται προκειμένου να επουλώσουν έναν κερατοειδή, μετά από ένα χειρουργείο επικερατοπλαστικής ή μετά από έναν τραυματισμό. Εφαρμόζονται έτσι ώστε, να καλύπτεται ο κερατοειδής και να μην εισέρχονται σωματίδια στον εγχειρισμένο ή τραυματισμένο κερατοειδή, αλλά παράλληλα να παρέχουν και τη δυνατότητα οξυγόνωσής του. Η οξυγόνωση αυτή επιτυγχάνεται είτε με την εφαρμογή ενός ιδιαίτερα λεπτού φακού επαφής, είτε με φακό επαφής αποτελούμενο από υλικό υψηλής υδροφιλίας. Οι θεραπευτικοί αυτοί φακοί δε διαθέτουν κάποια διαθλαστική ισχύ και το υλικό τους συνήθως είναι το HEMA.

Οι θεραπευτικοί φακοί επαφής επίσης ενδείκνυνται για:

- Ø Μείωση του πόνου από ελαττώματα ή βλάβες του κερατοειδικού επιθήλιου.
- Ø Γρηγορότερη αποκατάσταση και διατήρηση του συνόλου του κερατοειδικού επιθηλίου.
- Ø Προστασία του κερατοειδή σε περιπτώσεις ξηρότητας του κερατοειδούς, πρωτίστως, ή μηχανικών βλαβών, δευτερεύοντος, σε περιπτώσεις εντροπίου ή τριχίασης.
- Ø Αποκατάσταση του οπίσθιου θαλάμου μετά από μικρές επιθηλιακές διατρήσεις.
- Ø Για φαρμακευτική παροχή στην οφθαλμική επιφάνεια.
- Ø Νηματοειδής, νευροπαραλυτική, νευροτροφική, σύνθετη ερπητική κερατίτιδα.
- Ø Σύνδρομο ξηροφθαλμίας.
- Ø Εκτατικές και κερατοειδικές δυστροφίες.
- Ø Κερατοειδικές αμυχές με μικρές διατρήσεις.
- Ø Μετά από ραφή του κερατοειδούς ή χειρουργική διόρθωση βλεφαρικών βλαβών.
- Ø Μετεγχειρητικής δυσφορίας.
- Ø Κερατοειδικές αμυχές, διαβρώσεις και έλκη.



*Εικόνα 3.3.9: Εισαγωγή φακού επαφής για θεραπευτική χρήση.*

Πηγή: <http://www.youtube.com/watch?v=IbNCpPsa10Q> (Επίσκεψη στην 18/4/14)

Η επιλογή του θεραπευτικού φακού επαφής είναι υποκειμενική. Συνήθως η περιεκτικότητα σε νερό, το πάχος, η διαπερατότητα σε οξυγόνο, η διάμετρος, η καμπυλότητα και η διαθλαστική δύναμη πρέπει να είναι συμβατά ανάλογα με την περίπτωση της πάθησης που πρέπει να θεραπευθεί. Φακοί επαφής κολλαγόνου μπορούν να εφαρμοσθούν σε περίπτωση που ο φακός πρέπει να εμποτισθεί σε φαρμακευτικό διάλυμα προτού εφαρμοσθεί.

Εάν ο φακός πρόκειται να εφαρμοσθεί για παρατεταμένη χρονική περίοδο, οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης αποτελούν την καλύτερη επιλογή. Γενικότερα, οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης, αποτελούν πολύ καλή επιλογή συνεχόμενης χρήσης τους για πληθώρα περιπτώσεων, όπως έλκη, αμυχές διατρήσεις, χημικά εγκαύματα κ.ά. Επίσης, προτιμώνται και οι φακοί ημερήσιας αντικατατάστασης.

### **3.3.10 Ασπίδες κολλαγόνου**

Οι ασπίδες κολλαγόνου είναι φακοί επαφής οι οποίοι αποτελούνται από κολλαγόνο χοίρου ή ανθρώπου. Είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να διαθέτουν την ιδιότητα να διαλύονται από τα δάκρυα του οφθαλμού του ασθενούς μέσα σε μια εβδομάδα το μέγιστο. Γι' αυτό το λόγο χωρίζονται σε φακούς των δώδεκα, των εικοσιτεσσάρων και των εβδομηνταοκτώ ωρών. Οι φακοί αυτοί στην ουσία αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία θεραπευτικών φακών, καθώς η δράση τους είναι θεραπευτική σε περιπτώσεις τραυματικές, ή αποπτωσιακές για τον κερατοειδή. Πριν τη χρήση τους οι φακοί αυτοί βρίσκονται αφυδατωμένοι στη συσκευασία τους και ενυδατώνονται με φυσιολογικό ορό και ένα ειδικό κολλύριο. Δεν πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ερπητική κερατίτιδα.

### 3.3.11 Φακοί επαφής συχνής αντικατάστασης και συνεχούς χρήσης

Φακοί επαφής συνεχούς χρήσης καλούνται οι φακοί επαφής που αποτελούνται από υλικά υδρογέλης (μαλακοί φακοί επαφής, οι οποίοι μπορούν να αντικατασταθούν μετά από 1 μέρα, 1 εβδομάδα ή 2 εβδομάδες ή φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης για εκτεταμένη χρήση που αντικαθίστανται μηνιαία.

Ενώ οι φακοί συνήθως οι υδρογέλης, που αντικαθίστανται σε διαστήματα κάθε 3 ή 6 μηνών, καλούνται φακοί προγραμματισμένης ή συχνής αντικατάστασης. Όλοι οι φακοί επαφής είναι συχνής αντικατάστασης. Ο όρος συνεχής χρήση (continuous wear), χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει παρατεταμένες περιόδους χρήσης φακών επαφής, περιλαμβάνοντας και την εφαρμογή τους στον ύπνο για πάνω από 30 ημέρες, κατά προτίμηση χωρίς την αφαίρεσή τους.

### 3.3.12 Ορθοκερατολογικοί φακοί επαφής

Ορθοκερατολογικοί καλούνται οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής, που έχουν τη δυνατότητα να διορθώνουν την αμετροπία, με το να φοριούνται μόνο τη νύχτα και να αλλάζουν το σχήμα του κερατοειδή πιέζοντάς τον.

Η τεχνική αυτή προήλθε, όταν εφαρμοστές διαπίστωσαν σε χρήστες σκληρών αεροδιαπερατών φακών, ότι μετά από διάστημα μερικών εβδομάδων υπήρχε αισθητή μείωση της μυωπίας τους και επιπέδωση του κερατοειδή. Αυτό το διάστημα κατόρθωσαν να το ελαττώσουν σε χρόνο 2-3 ημερών, με μία τεχνική καλούμενη ως επιταχυνόμενη ορθοκερατολογία. Σύμφωνα με αυτήν μπορούσαν να επισπεύσουν τη μείωση της μυωπίας σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα και σε μεγαλύτερο βαθμό από άλλες παρόμοιες σχεδιάσεις μέσω τρικαμπυλωτών φακών αντίστροφης γεωμετρίας.

Λόγω της συνεχούς χρήσης και της μειωμένης άνεσης που παρουσίαζαν, έγινε πρόταση να φοριούνται μόνο κατά τη διάρκεια της νύκτας, επειδή το υλικό των φακών αυτών επέτρεπε τη διαπερατότητα του οξυγόνου στο κερατοειδή. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται νυκτερινή ορθοκερατολογία και λόγω της επιτυχίας που παρουσίασαν χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα.

Ουσιαστικά η ορθοκερατολογία δεν διορθώνει μόνο τη μυωπία, αλλά και τον αστιγματισμό. Η δυνατότητα διόρθωσης ξεκινάει από +2,00dpt υπερμετροπία και φθάνει μέχρι -7,00dpt μυωπία και (όχι παραπάνω από -1,50dpt αστιγματισμό, σύμφωνα με τον κανόνα).

Με τη διακοπή της καθημερινής εφαρμογής των φακών επαφής, ο κερατοειδής επανέρχεται σταδιακά στην αρχική του κατάσταση μετά από 90 ημέρες. Για αυτό, όταν φθάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα η μείωση της αμετροπίας, για την συντήρηση του αποτελέσματος, προτείνεται ένας φακός συντήρησης που ο χρήστης πρέπει να φοράει κατά τη διάρκεια της ζωής του κάθε 2 ή 3 βράδια στον ύπνο του. Οι φακοί επαφής που διατίθενται είναι ημίσκληροι με υψηλό δείκτη διαπερατότητας σε οξυγόνο.

### 3.4 Ενδείξεις για τη χρήση φακών επαφής

Πολλοί είναι οι λόγοι που μπορούν να θεωρηθούν ως ενδείξεις για τη χρήση των φακών επαφής. Πριν όμως από κάθε συνταγογράφηση, ο εφαρμοστής είναι υποχρεωμένος να εκτιμήσει τη καταλληλότητα του ενδιαφερόμενου ως υποψήφιο χρήστη.

Μία σειρά από διαγνωστικές εξετάσεις και απαραίτητες μετρήσεις, είναι αυτές που θα καθορίσουν το τελικό αποτέλεσμα. Στόχος ενός εφαρμοστή είναι να καταλάβει τις ανάγκες του ασθενή του, ώστε να πετύχει μια βέλτιστη εφαρμογή και να μπορέσει να του μεταδώσει την ευθύνη για σωστή χρήση και συνέπεια που απαιτείται.

Προκειμένου να εφαρμοστούν φακοί επαφής σε έναν ασθενή, πρέπει ο ασθενής αυτός να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις, ώστε να μην υπάρξουν μελλοντικές επιπλοκές. Τα οφθαλμικά προβλήματα αποτελούν σημαντική ένδειξη για την έναρξη χρήσης φακών επαφής, όμως πέρα από αυτά ο εφαρμοστής μπορεί να διαπιστώσει και μία σειρά άλλων ενδείξεων που θα τον πείσουν να προχωρήσει σε μία εφαρμογή.

Για παράδειγμα ένας που δείχνει μεγάλη προθυμία να ξεκινήσει μία τέτοια διαδικασία, σημαίνει πως έχει και τον απαιτούμενο χρόνο να ασχοληθεί με την επιμέλειά τους, έχει την ωριμότητα και την ικανότητα να αναλάβει μία τέτοια ευθύνη αλλά και το οικονομικό κόστος που συνεπάγεται.

Οι φακοί επαφής ενδείκνυνται απόλυτα σε περιπτώσεις στις οποίες ο ασθενής υποφέρει από κερατόκωνο ή σε περιπτώσεις στις οποίες η ανισομετροπία του ασθενούς είναι τόσο μεγάλη, ώστε η διόρθωση δεν μπορεί πλέον να επιτευχθεί με απλούς οφθαλμικούς φακούς. Εν συνεχεία υπάρχουν και κάποιες δευτερεύουσες ενδείξεις όπως πολύ υψηλές σφαιρικές αμετροπίες.

Στην εφαρμογή των φακών επαφής, δεν μπορεί να μη ληφθεί υπόψη η ηλικία του χρήστη, καθ' ότι ένας ενήλικας φαίνεται να δείχνει περισσότερη ανοχή στους φακούς, όπως επίσης και ο λόγος που απαιτείται για τη χρήση των φακών επαφής.

Η τελική εκτίμηση της καταλληλότητας του εξεταζομένου περιλαμβάνει ένα πλήρες οφθαλμολογικό ιστορικό, δηλαδή τυχόν επεμβάσεις, θεραπείες, προηγούμενη χρήση φακών επαφής, προβλήματα στη δίοφθαλμη όραση ή τραυματισμοί των οφθαλμών. Εκτός από το οφθαλμικό ιστορικό παίζει ρόλο και το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς.

- Ø Οπτικές ενδείξεις: Η μεγαλύτερη πλειοψηφία ανθρώπων που κάνει χρήση φακών επαφής, είναι αυτοί που πλήττονται κατά κύριο λόγο από μυωπία με ή χωρίς αστιγματισμό.
- Ø Ιατρικές ενδείξεις: Στη περίπτωση του κερατόκωνου, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μία προοδευτική λέπτυνση του κερατοειδή, επιλέγεται και ο κατάλληλος φακός επαφής ανάλογα πάντα με τη κερατοειδική εκτασία. Οι φακοί επαφής δεν αναστέλλουν την εξέλιξη της νόσου, ωστόσο χρησιμοποιούνται μόνο όταν τα γυαλιά δεν βελτιώνουν την οπτική οξύτητα.
- Ø Ανισομετροπία
- Ø Μονομερή αφακία
- Ø Νυσταγμό
- Ø Στραβισμό

- Ø Μετά από διαθλαστική χειρουργική
- Ø Μετά από κερατοπλαστική
- Ø Κοσμητικοί- προσθετικοί φακοί επαφής
- Ø Θεραπευτικοί

### ***Εξέταση ρουτίνας πριν τη χρήση φακών επαφής.***

Έχοντας λοιπόν όλες τις παραπάνω ενδείξεις ως βάση για τη χρήση φακών επαφής, ο νεοφώτιστος χρήστης πρέπει να περάσει από μία ρουτίνα εξετάσεων, τα αποτελέσματα των οποίων θα κρίνουν αν είναι σε θέση ή όχι να κάνει εφαρμογή φακών επαφής.

### **Η εξέταση ρουτίνας έχει ως εξής:**

Το πρώτο που επιβάλλεται να γίνει, είναι ένας πλήρης οφθαλμολογικός έλεγχος. Ο εφαρμοστής είναι εκείνος που θα εκτιμήσει την κατάσταση και θα προτείνει αν χρειαστεί την παραπομπή του ασθενούς στον οφθαλμίατρο για να του δοθεί κατάλληλη θεραπεία, για την αντιμετώπιση παθολογικών καταστάσεων, η οποία πρέπει να προηγηθεί και της εφαρμογής των φακών.

Μία άλλη σημαντική παράμετρος που επιβάλλεται να εκτιμηθεί από τον εφαρμοστή είναι η καλή εφαρμογή των φακών, αλλά και η επαφή τους με τον κερατοειδή. Ο μόνος τρόπος να οξυγονωθεί ο κερατοειδής είναι από την άμεση έκθεση στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Όταν τοποθετηθεί ο φακός επαφής στον κερατοειδή, η οξυγόνωση θα πραγματοποιηθεί, είτε μέσω των δακρύων που υεισέρχονται, είτε διαμέσου του φακού. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει πριν την εφαρμογή να ελεγχθεί αν η ποιότητα των δακρύων είναι ικανοποιητική, αφού η ανανέωση των δακρύων κάτω από το φακό γίνεται στο 20% σε κάθε βλεφαρισμό και αν ο φακός έχει αρκετή διαπερατότητα σε οξυγόνο όταν είναι ημίσκληρος, ή αν έχει αρκετά καλή υδροφιλία όταν είναι μαλακός. Ο φακός πρέπει να έχει τη σωστή κινητικότητα, να μην είναι ούτε σφικτός ούτε χαλαρός.

Αρχικά λοιπόν, εξετάζεται στη σχισμοειδή λυχνία, για να διαπιστωθεί πως τα διάφορα τμήματα του οφθαλμού του (βλέφαρα, επιπεφυκότας, δάκρυα, κερατοειδής, ΣΚΟ) δεν θα επηρεαστούν από τη χρήση των φακών επαφής.

Ο εξεταστής αρχικά χρειάζεται μία πρώτη γενική άποψη, για αυτό και ξεκινάει από έξω προς τα μέσα. Συγκεκριμένα εξετάζει τα βλέφαρα- βλεφαρίδες για τυχόν βλεφαρίτιδες, στη συνέχεια περνάει στην οπίσθια πλευρά των βλεφάρων, μέσω αναστροφής αυτού, όπου εκεί βρίσκονται οι μείβομιανοί/ δακρυϊκοί αδένες που ενοχοποιούνται συνήθως για γαλακτόγχομες εκκρίσεις, τη δακρυϊκή στιβάδα για τυχόν ξηροφθαλμία, μία πάθηση αρκετά σοβαρή η οποία πρέπει να αντιμετωπισθεί για να μπορέσει να γίνει η εφαρμογή και η χρήση των φακών. Εξετάζεται ο κερατοειδής/ΣΚΟ για αδιαφάνειες του κερατοειδή, νεοαγγείωση, μικροκύστες, οίδημα, το δακρυϊκό φιλμ, το ενδοθήλιο και η πρόσθια και η οπίσθια επιφάνεια του φακού.

Πέρα από αυτά όμως σημαντικό ρόλο παίζουν και τα ανατομικά δεδομένα που θα που θα παραχθούν από τις μετρήσεις των οφθαλμών και των άλλων επικουρικών οργάνων. Για να επιλεγεί ο κατάλληλος φακός, ώστε να επιτευχθεί μία σωστή εφαρμογή, είναι απαραίτητο να μετρηθεί η διάμετρος της ίριδας και της κόρης.

Η διάμετρος της ίριδας είναι αυτή που δίνει και τη διάμετρο του κερατοειδή και κατά συνέπεια τη τελική διάμετρο του φακού που θα εφαρμοσθεί. Γενικά η διάμετρος του φακού, πρέπει να είναι πιο μεγάλη από την οριζόντια διάμετρο της ίριδας. Αντίστοιχα η διάμετρος της κόρης, είναι αυτή που θα βοηθήσει στην επιλογή της οπτικής ζώνης του φακού. Η τιμή της διαφέρει ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού, για αυτό μετριέται και σε σκοτοπικές και σε φωτοπικές καταστάσεις.

Στη συνέχεια επιβλέπεται η τάση των βλεφάρων δηλαδή πόσο σφιχτά ή χαλαρά μπορεί να είναι. Αυτό επιτυγχάνεται με την αναστροφή του βλεφάρου. Ωστόσο, ένα σφιχτό βλέφαρο είναι ικανό να σπρώχνει τον φακό προς τα κάτω ή να τον πιέζει, αντίθετα ένα χαλαρό μπορεί να τον τραβούν προς τα πάνω. Επίσης αξιολογείται η θέση των βλεφάρων, η συχνότητα των βλεφαρισμών), ο ρυθμός (10-15/sec) και αν κλείνουν και ανοίγουν επαρκώς.

Ωστόσο, αν κριθεί κατάλληλος για τη χρήση φακών επαφής, ο εφαρμοστής οφείλει να ενημερώσει και να μάθει το νέο χρήστη τους τρόπους χρήσης και την φροντίδα υγιεινής τους:

1. Να γίνεται σχολαστικός με τη καθαριότητα των χεριών του πριν χρησιμοποιήσει τους φακούς επαφής.
2. Τα χέρια να είναι πολύ καλά στεγνωμένα πριν την εφαρμογή με χαρτί και όχι πετσέτα που αφήνει χνούδια
3. Ο καθαρισμός τους, να γίνεται αποκλειστικά και μόνο με τα υγρά καθαρισμού που του συστήνει ο εφαρμοστής του.
4. Το νερό δεν ενδείκνυται σε καμία περίπτωση για τον καθαρισμό και την αποθήκευσή τους μέσα σε αυτό.
5. Προηγείται η εφαρμογή των φακών και μετά η χρήση make up και αντίστροφα.
6. Ποτέ να μην κοιμάται με αυτούς, αλλά να τους αφαιρεί όσο πιο σύντομα, ώστε να ξεκουράζονται τα μάτια του και να οξυγονώνονται.
7. Ιδιαίτερη προσοχή, όταν τα μάτια είναι στεγνά να μην γίνεται αφαίρεση αυτών, διότι υπάρχει κίνδυνος αποκόλλησης.
8. Χρήση γυαλιών ηλίου, όταν φοράει τους φακούς. Μειώνεται σημαντικά ο κίνδυνος μολύνσεων όπως η επιπεφυκίτιδα.
9. Να αλλάζει το υγρό στη θήκη στο τέλος της ημέρας ή ανά δεύτερη μέρα αν δεν τους χρησιμοποιεί.
10. Οι φακοί και η θήκη να μην δανείζονται ποτέ σε άλλους.

#### Όσο αναφορά το καθαρισμό και την απολύμανσή τους:

Οι φακοί επαφής όχι μόνο πρέπει να καθαρίζονται αλλά και να αποστειρώνονται. Η διαδικασία του καθαρισμού του φακού γίνεται με δύο βήματα:

Αρχικά ο φακός αφαιρείται από τον οφθαλμό και τοποθετείται στην παλάμη του χρήστη, στην οποία εγχέεται καθαριστικό διάλυμα. Στη συνέχεια ο χρήστης τρίβει το φακό με τα δάχτυλά του πάνω στην παλάμη, ώστε να καθαριστεί με το υγρό. Το υγρό αυτό διαθέτει ουσίες, οι οποίες δρουν καθαριστικά, απολυμαντικά και απομακρύνουν τη βλέννα και το ασβέστιο.

Το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτησή του στη θήκη, μέσα στην οποία τοποθετείται φυσιολογικός ορός με ταυτόχρονη τοποθέτηση ενός ειδικού δισκίου, που ονομάζεται Parain. Το δισκίο αυτό έχει την ιδιότητα να αφαιρεί τα ένζυμα από την επιφάνεια του φακού. Ο φακός παραμένει με το δισκίο και τον ορό για δύο έως δώδεκα ώρες. Το διάστημα που θα παραμείνει εξαρτάται από το πόσο παλιός ή λερωμένος είναι. Από τη στιγμή που θα περάσει αυτό το διάστημα, ο φακός ξεπλένεται με φυσιολογικό ορό. Σε περίπτωση που δεν καθαρίσει, υπάρχουν διαλύματα ισχυρότερα, τα οποία όμως μειώνουν τη διάρκεια ζωής του φακού.

Μετά τον καθαρισμό ακολουθεί η αποστείρωση. Η αποστείρωση μπορεί να γίνει είτε με αποστειρωτικά διαλύματα, είτε με υπεροξείδια, είτε με βρασμό. Αν ο φακός είναι υδρόφιλος και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, η αποστείρωση με διάλυμα δεν ενδείκνυται, διότι δεσμεύεται από το φακό μια τοξική ουσία, η οποία όταν ο φακός τοποθετηθεί στον οφθαλμό, απελευθερώνεται και μπορεί να προκαλέσει βλάβες.

Η αποστείρωση των φακών με αποστειρωτικά διαλύματα, γίνεται με μια απλή εμβάθυνση του φακού μέσα στο διάλυμα. Η αποστείρωση με υπεροξείδιο γίνεται βυθίζοντας το φακό σε διοξείδιο του υδρογόνου για τρία λεπτά και κατόπιν για ένα-δύο λεπτά με εμβύθιση σε διττανθρακικό νάτριο. Τέλος ξέπλυμα με φυσιολογικό ορό.

Ο τρίτος και τελευταίος τρόπος αποστείρωσης είναι η μέθοδος του βρασμού. Στη μέθοδο αυτή, αφού ο φακός καθαριστεί με διαλύματα, τοποθετείται στη θήκη του, αφού πρώτα εγχυθεί φυσιολογικός ορός. Στη συνέχεια κλείνεται η θήκη και βυθίζεται σε βραστό νερό, το οποίο είναι τοποθετημένο σε ένα θερμό. Ο θερμός δεν πρέπει να σφραγιστεί τελείως και η θήκη μένει σε αυτή τη θέση για όλο το βράδυ ή για τέσσερις ώρες το λιγότερο.

### 3.5 Αντενδείξεις

Υπάρχουν περιπτώσεις ασθενών, οι οποίοι μετά από μία πλήρη οφθαλμολογική εξέταση και λήψη ιατρικού ιστορικού, δεν στάθηκαν ικανοί, ώστε να γίνουν χρήστες φακών για διάφορους αιτιολογικούς παράγοντες.

Τα διάφορα συμπτώματα όπως η ξηρότητα των οφθαλμών, η δακρύρροια, το αίσθημα καύσου, η έντονη φαγούρα, οι αλλεργίες, ο σακχαρώδης διαβήτης, οι βλεννώδεις εκκρίσεις κ.α., είναι καταστάσεις που δεν επιτρέπουν μία τέτοια εφαρμογή και ο χρήστης αποτρέπεται.

Πέρα όμως από αυτά τα συμπτώματα, ένας χρήστης μπορεί να πάσχει από χρόνιες παθήσεις, οι οποίες μεταξύ άλλων επηρεάζουν και τον οφθαλμό όπως για παράδειγμα:

- Παράλυση του Bell (προσωποπληγία). Οι επιπτώσεις της παράλυσης του Bell, εκδηλώνονται συνήθως υπό μορφή ξηροφθαλμίας, παρατεταμένη έκκριση δακρύων και αδυναμία στο να κλείσουν τα μάτια.
- Νόσος του Graves. Η οφθαλμοπάθεια του Graves, οφείλεται στην υπερλειτουργία του θυρεοειδούς αδένου που προσβάλλει την περιοχή γύρω από τα μάτια και προκαλεί μεταξύ άλλων, φλεγμονή, ερυθρότητα, πόνο, εξόφθαλμο και μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα ξηρότητας και δακρυϊκής στιβάδας.



- Διαβήτης. Αυτοί που πάσχουν από διαβήτη τύπου 1 ή 2 αντιμετωπίζουν κίνδυνο να εμφανίσουν οφθαλμικές παθήσεις όπως είναι ο καταρράκτης, το γλαύκωμα, και η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια που μπορεί να οδηγήσει σε αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς. Μπορεί επίσης να προκαλέσει κακή επούλωση του επιθηλίου του κερατοειδούς, αφού ο διαβητικός ασθενής είναι πιο εύκολο να μολυνθεί και να αργήσει να το καταλάβει.
- Σύνδρομο του Sjogren. Το σύνδρομο του Sjogren προσβάλλει τους δακρυϊκούς αδένες και οι πάσχοντες υποφέρουν από σοβαρή ξηροφθαλμία.
- Ρευματοειδής αρθρίτιδα. Η ρευματοειδής αρθρίτιδα εκτός από τις αρθρώσεις του σώματος, προσβάλλει και τα μάτια με αποτέλεσμα να προκαλείται ραγοειδίτιδα, ξηροφθαλμία και φλεγμονή του σκληρού χιτώνα.

#### **Περισσότερες γενικές αντενδείξεις:**

- Ø Οποιαδήποτε οξεία ή υποξεία φλεγμονή του πρόσθιου τμήματος του ματιού.
- Ø Οξείες και χρόνιες οφθαλμικές λοιμώξεις.
- Ø Κερατοειδική υπεραισθησία.
- Ø Ανεξέλεγκτο γλαύκωμα.
- Ø Αφακία.
- Ø Ψυχολογική δυσανεξία στη τοποθέτηση ενός ξένου σώματος στο μάτι.
- Ø Οποιαδήποτε παθολογική κατάσταση των οφθαλμών όπως αλλεργικές επιπεφυκίτιδες, βλεφαρίτιδες, κερατίτιδα, θυλακιάδης επιπεφυκίτιδα, έντονη ξηροφθαλμία, πτερύγιο.
- Ø Αδυναμία τήρησης των κανόνων υγιεινής για διάφορους λόγους.
- Ø Ρυπαρό περιβάλλον στο χώρο της εργασίας.

Επιπλέον, ένας σημαντικός τομέας που αφορά κυρίως τις γυναίκες είναι η εγκυμοσύνη. Στη διάρκεια της κύησης προκύπτουν πολλές και σημαντικές αλλαγές στο σώμα και στον οργανισμό και κατ' επέκταση και στα μάτια. Οι μεταβολές που προκαλούνται στο κερατοειδή και στη δακρυϊκή στιβάδα λόγω των ακανόνιστων ορμονών, έχουν ως συνέπεια ο κερατοειδής να γίνεται πιο κυρτός, να αυξάνεται η αμετροπία και η εφαρμογή των φακών επαφής να γίνεται δύσκολη και επικίνδυνη και αυτό γιατί ένας μικροτραυματισμός ή μία μόλυνση (κερατίτιδα) να μην γίνουν εύκολα αντιληπτές.

Επίσης σημαντικό που δε θα πρέπει να περάσει απαρατήρητο είναι οι αλλεργίες που παρουσιάζονται αλλά και η επαφή των φακών με τα φάρμακα που μπορεί να χρησιμοποιούνται.

Αλλεργίες όπως, η εαρινή επιπεφυκίτιδα, αλλεργία σε κάποιο υλικό φακών επαφής ή καθαριστικό, ή σε διάφορα χημικά συστατικά, μπορούν να δημιουργήσουν μεγαλύτερη ευαισθησία και κατά συνέπεια να υπάρξει διακοπή χρήσης ή μη έναρξης εφαρμογής των φακών επαφής. Σε κάθε περίπτωση οποιαδήποτε αλλεργία πρέπει να υποχωρήσει με κατάλληλο καθαρισμό των φακών, εισαγωγή κολλυρίων και αλλαγή των μέχρι τότε προϊόντων απολύμανσης και αποστείρωσης.

Δεν είναι ωστόσο λίγες οι φορές που οι φακοί επαφής (σκληρός φακός επαφής) δεν επιτρέπουν σε κάποια φάρμακα όπως τα κολλύρια να περάσουν στον κερατοειδή, ή κρατάνε το φάρμακο «εγκλωβισμένο» για περισσότερο διάστημα από το επιτρεπτό στον οφθαλμό (φακοί υδρογέλης). Γενικότερα ένας ενδιαφερόμενος υποψήφιος χρήστης, είναι υποχρεωμένος να ενημερώσει τον εκάστοτε εφαρμοστή για τη λήψη φαρμάκων που κάνει είτε αυτά είναι αντισυλληπτικά, αντικαταθλιπτικά, αγχολυτικά είτε αντιϊσταμινικά. Αυτά τα φάρμακα μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στη δακρυϊκή στιβάδα και ξηρότητα στον οφθαλμό.

Τέλος, άλλη μια αντένδειξη, η οποία δεν έχει να κάνει με την φυσιολογία του οφθαλμού είναι η ψυχολογική κατάσταση του ασθενή. Ασθενείς οι οποίοι δεν μπορούν να συμμορφωθούν στη χρήση και τη διαχείριση ενός φακού επαφής, ή που δεν επιθυμούν σοβαρά να κάνουν χρήση φακού, προφανώς δεν είναι υποψήφιοι χρήστες. Σε αυτό επίσης παίζει ρόλο και η ηλικία. Όσο πιο μικρή είναι η ηλικία, τόσο πιο δύσκολη είναι η σωστή προσέγγιση του ασθενή με το φακό.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΣΤΟ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟ**

### **4.1 Επιλογή του κατάλληλου φακού επαφής**

Οι φακοί επαφής που εφαρμόζονται στο κερατόκωνο είναι πολλών κατηγοριών. Η επιλογή τους είναι αποτέλεσμα ειδικής μελέτης και δοκιμής. Η δυνατότητα για οπτική βελτίωση, οι ανάγκες του κερατοειδή σε οξυγόνωση, η τοπογραφία και η καμπυλότητα του κερατοειδή, οι βαθμοί μυωπίας και αστιγματισμού που πρέπει να διορθωθούν, αλλά και η δυσανεξία (το πόσο δηλαδή ενοχλείται ο χρήστης από τους φακούς) είναι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Δυστυχώς, αν και στη χώρα μας υπάρχει μεγάλη εμπειρία και τεχνογνωσία σε τέτοιους φακούς, λίγοι κερατοκωνικοί ασθενείς καταφέρνουν να τους ανεχθούν λειτουργικά, πιθανώς λόγω κλίματος, αλλεργιών ή και γενετικής προδιάθεσης.

Οι επιλογές ποικίλουν, από ειδικά σχεδιασμένους μαλακούς (υδρόφιλους) κερατοκωνικούς φακούς, σε σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς (γνωστοί και ως ημίσκληροι), σε υβριδικούς φακούς (με σκληρό αεροδιαπερατό κέντρο και μαλακή περιφέρεια) και φτάνουν ακόμα και στους σύγχρονους σκληρικούς φακούς.

Οι φακοί επαφής όμως, δεν παρέχουν θεραπεία για τον κερατόκωνο, παρά μόνο οπτική αποκατάσταση. Επικρατεί η εσφαλμένη αντίληψη, ότι η χρήση των ημίσκληρων φακών «επιπεδώνουν» ή και διορθώνουν το κώνο. Εάν διακοπεί η χρήση των φακών για 1-2 μήνες, ο κερατοειδής αποκτά το σχήμα και την ισχύ που θα είχε, ακόμα και αν οι φακοί δεν είχαν χρησιμοποιηθεί και ενδεχομένως να είχε προκληθεί βλάβη στο κερατοειδή από την επαφή του φακού με το κώνο.

Τέλος, υπάρχουν περιπτώσεις που οι ανάγκες των ασθενών, όπως η απαιτούμενη οπτική οξύτητα, να μην μπορούν να επιτευχθούν με φακούς επαφής, λόγω δυσανεξίας ή αν η τοπογραφία του κώνου δεν επιτρέπει σωστή εφαρμογή του φακού. Τότε συνίσταται χειρουργική θεραπεία

### **4.2 Εφαρμογή φακών επαφής σε κερατόκωνο**

Καθώς ο κερατόκωνος εξελίσσεται σε ολοένα και πιο ακανόνιστο σχήμα, προκαλεί ανεπιθύμητες ανωμαλίες, γνωστές και ως «εκτροπές υψηλής τάξης». Οι ανωμαλίες αυτές είναι υπεύθυνες για τη μείωση της οπτικής λειτουργίας του κερατοειδή.

Μεταμόσχευση κερατοειδή έχει παραδοσιακά χρησιμοποιηθεί ως επιλογή ιατρικής θεραπείας για τη παραμόρφωση του κερατοειδή. Ωστόσο, η ανακατασκευασμένη διεπαφή του ιστού, δεν «ανοίγει» τον κερατοειδή στο κανονικό σφαιρικό του σχήμα, κάτι που σημαίνει πως οι φακοί επαφής εξακολουθούν να χρειάζονται για τη θεραπεία του κερατόκωνου.

Με τις πρόσφατες εξελίξεις στη τεχνολογία των φακών επαφής, μη χειρουργικές μέθοδοι διαχείρισης έχουν αναγνωριστεί ως η κορυφαία επιλογή θεραπείας στην οπτική αποκατάσταση για ασθενείς με κερατόκωνο.

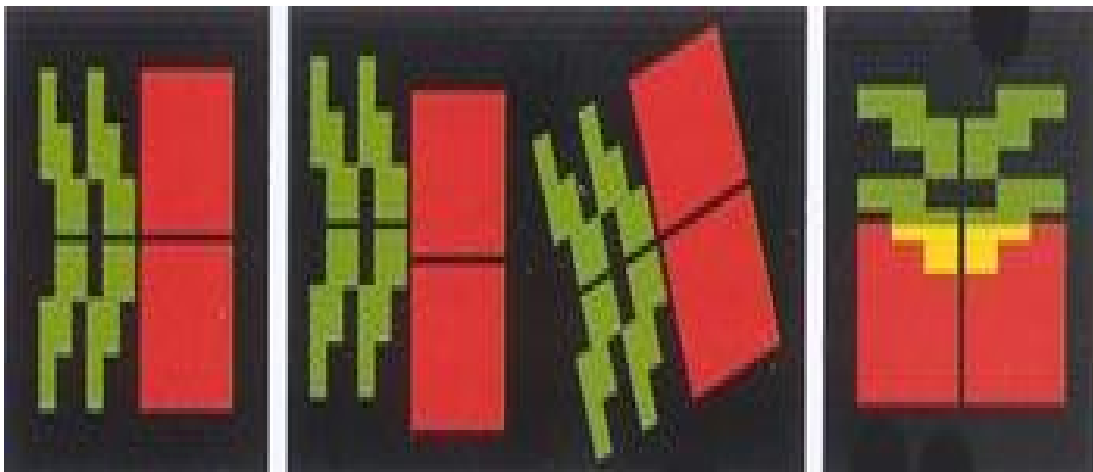
Οι περισσότεροι είναι νέοι και πρόθυμοι να ανεχτούν τους φακούς, πρωτίστως για να αποκτήσουν καλύτερη όραση και ύστερα για αισθητικούς λόγους. Τα προβλήματα ευαισθησίας είναι συνήθη σε αυτή την περίπτωση και πολλές φορές ο εφαρμοστής αντιμετωπίζει ασθενείς που ανέχονται περιέργες εφαρμογές και φορούν φακούς που δεν τους προσφέρουν καλή οπτική απόδοση.

Σε νεοφώτιστους χρήστες χρησιμοποιούνται στην αρχή σκληροί κερατικοί φακοί, καθώς είναι η καλύτερη λύση και προσφέρουν μεγαλύτερη οπτική απόδοση. Στη περίπτωση που δε γίνονται ανεκτοί από τους οφθαλμούς, τότε σαν εναλλακτική εφαρμόζονται οι σφαιρικοί μαλακοί φακοί. Αν όλα τα άλλα είδη φακών επαφής που διατίθενται για το κερατόκωνο αποτύχουν, τότε τοποθετούνται σκληρικοί φακοί, με το μειονέκτημα του περιορισμένου χρόνου που μπορούν να φορεθούν και με τις δοκιμές να είναι χρονοβόρες.

Η δυσανεξία στους φακούς επαφής και η χαμηλή διορθωμένη όραση, αποτελούν ενδείξεις για κερατοπλαστική. Πριν από κάθε εφαρμογή ο γιατρός-εφαρμοστής μπορεί μέσω διάφορων εξετάσεων να παρατηρήσει τον κερατοειδή υπό γωνία και να εκτιμήσει το μέγεθος του κώνου.

Συγκεκριμένα:

- Ανώμαλος αστιγματισμός: Στο κερατόμετρο οι στόχοι δεν είναι ευθυγραμμισμένοι και διαφέρουν σε μέγεθος.
- Σφιχτές κερατομετρικές ενδείξεις της πρόσθιας επιφάνειας: Η θέση της κορυφής, κεντρική ή παρακεντρική, βρίσκεται από τη λέπτυνση του κερατοειδούς. Όλα αυτά όμως δε συγχέονται σε καμία περίπτωση με το κώνο της οπίσθιας επιφάνειας.



*Εικόνα 3.2: Στον ανώμαλο αστιγματισμό οι στόχοι του κερατόμετρου δεν ευθυγραμμίζονται*  
Πηγή: <http://www.ciom.it/english/oftalmometro.asp> (Επίσκεψη στην 18/14)

- Φωτοκερατοδιαγράμματα: Στη περίπτωση που χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή, είναι πιθανό να μη δώσουν καθαρή εικόνα.
- Δακτύλιος Fleischer: Μπορεί να χρησιμεύσει σαν οδηγός για την οριοθέτηση της βάσης του κώνου, αν και δεν είναι υπαρκτός σε όλες τις περιπτώσεις.

Τέλος, υπάρχουν πολλά σχέδια φακού για κερατόκωνο και είναι δύσκολο να προβλεφθεί ποιο από αυτά θα είναι το κατάλληλο για τον εκάστοτε ασθενή.

Η εφαρμογή λοιπόν των κερατοκωνικών φακών είναι μία χρονοβόρα διαδικασία, η οποία πολλές φορές αναγκάζει τον εφαρμοστή από την μεριά του, να πραγματοποιήσει αρκετές δοκιμές, ανεξαρτήτως της εμπειρίας που διαθέτει.

Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται είναι η εξής:

1. Η λήψη τοπογραφίας. Σε αρχικά στάδια η κερατομέτρηση μπορεί να βοηθήσει ικανοποιητικά, όμως η τοπογραφία είναι αυτή που θα χρειαστεί για να εφαρμοστεί ο πρώτος δοκιμαστικός φακός, ώστε να επιλεγθεί με βάση την πιο επίπεδη καμπυλότητα, σε μία ελάχιστη ζώνη 2,5mm γύρω από το γεωμετρικό κέντρο του κερατοειδή.
2. Αν η εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> δοκιμαστικού φακού είναι καλή και πετύχει, αφήνεται για 30' στον οφθαλμό και ύστερα γίνεται υπερδιάθλαση.
3. Ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από το 1<sup>ο</sup> δοκιμαστικό φακό, παραγγέλλεται ο 2<sup>ος</sup> με τις απαραίτητες αλλαγές που έχουν προκύψει. Μπορεί ακόμα να γίνει η παραγγελία με το τελικό υλικό αν θεωρηθεί από τον εφαρμοστή εφικτό. Αν όχι, η διαδικασία ακολουθείται με τα προκαθορισμένα βήματα, δηλαδή παραγγέλλει το 2<sup>ο</sup> φακό στο υλικό των δοκιμαστικών.
4. Έτσι, όταν καταφθάσει ο νέος φακός, γίνεται εκ νέου εφαρμογή και εξετάζεται και η όραση φυσικά με υπερδιάθλαση. Και σε αυτή τη περίπτωση γίνονται αλλαγές στο φακό αν χρειασθεί.

Το υλικό των δοκιμαστικών κερατοκωνικών φακών, αποτελείται συνήθως από PMMA ή από αεροδιαπερατό υλικό με χαμηλό Dk. Γενικά οι φακοί από PMMA είναι πιο σκληροί και σταθεροί σε αντίθεση με τους αεροδιαπερατούς. Τα πλεονεκτήματά τους όμως, μπορούν να δράσουν και μειονεκτικά καθώς η όραση μπορεί να μην είναι ίδια σε όλα τα επίπεδα, ενώ ο τελικός φακός που αποτελείται από RGB κάμπτεται στο κερατοειδή προκαλώντας πιθανόν αλλαγές στην εφαρμογή.

### **4.3 Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής (RGP)**

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί είναι φακοί πρώτης επιλογής για τη διόρθωση του ανώμαλου αστιγματισμού, ο οποίος τείνει να αλλάξει το σχήμα του κερατοειδή. Ο στόχος είναι να παρέχουν τη καλύτερη δυνατή όραση με τη μέγιστη άνεση, ώστε οι φακοί επαφής να μπορούν να φορεθούν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

Οι κερατοκωνικοί ασθενείς λόγω της συνεχούς χρήσης φακών επαφής, τείνουν να γίνονται μακροχρόνιοι χρήστες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να καταστεί αναγκαίο από τον εφαρμοστή να προσπαθήσει να εφαρμόσει αρκετά διαφορετικά υλικά σε έναν ασθενή.

Η σταθερή δομή ενός φακού RGB, επιτρέπει σε ένα στρώμα δακρύων να σχηματίζεται κάτω από το φακό. Το στρώμα δακρύων γεμίζει τις ανωμαλίες μεταξύ κερατοειδούς - φακού και ο συνδυασμός της λείας εξωτερικής επιφάνειας του φακού και του στρώματος δακρύων, εξουδετερώνει τις οπτικές στρεβλώσεις. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα του οπτικού αποτελέσματος και η ευκολία χειρισμού του φακού, μπορεί να μην αντισταθμίζουν πάντα τη ποσότητα του χρόνου που χρειάζονται για να προσαρμοστούν στους φακούς RGB, λόγω της δυσφορίας που συνήθως παρουσιάζουν ή τη πιθανότητα να «πεταχτούν» από το μάτι.

Η πρόσφατη βελτιωμένη διαπερατότητα οξυγόνου στα υλικά των RGB φακών, οδήγησε στη κλινική αναβίωση του σκληρού χιτώνα φακού. Οι φακοί αυτοί περιλαμβάνουν τη μεγαλύτερη διάμετρο φακού εντός της οικογένειας των μη χειρουργικών θεραπευτικών επιλογών. Μία σχεδίαση φακού βασισμένη στο σκληρό χιτώνα, μπορεί συχνά να είναι πιο άνετη από τους RGB, λόγω κατασκευής του φακού που επιτρέπει στο χείλος του φακού να στηρίζεται στο σκληρό χιτώνα του οφθαλμού, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιεί τον ερεθισμό, αφού δεν ακουμπά τον κερατοειδή. Οι φακοί αυτοί φέρουν ποσοστό επιτυχίας που ανέρχεται στο 93%.

#### **4.3.1 Τύποι εφαρμογής σκληρών φακών επαφής**

- Φακός ο οποίος στηρίζεται πάνω στο κώνο, χωρίς να συγκρατείται από το επάνω βλέφαρο.
- Όταν η εφαρμογή του φακού γίνεται παρά-κωνική και η συγκράτηση του φακού γίνεται από το επάνω βλέφαρο.
- Εφαρμογή με επαφή στο κώνο και σφιχτή ενδιάμεση ζώνη.
- Εφαρμογή παράλληλη προς το κώνο.

Σε αυτούς τους τύπους εφαρμογής συμπεριλαμβάνονται και οι αεροδιαπερατοί.

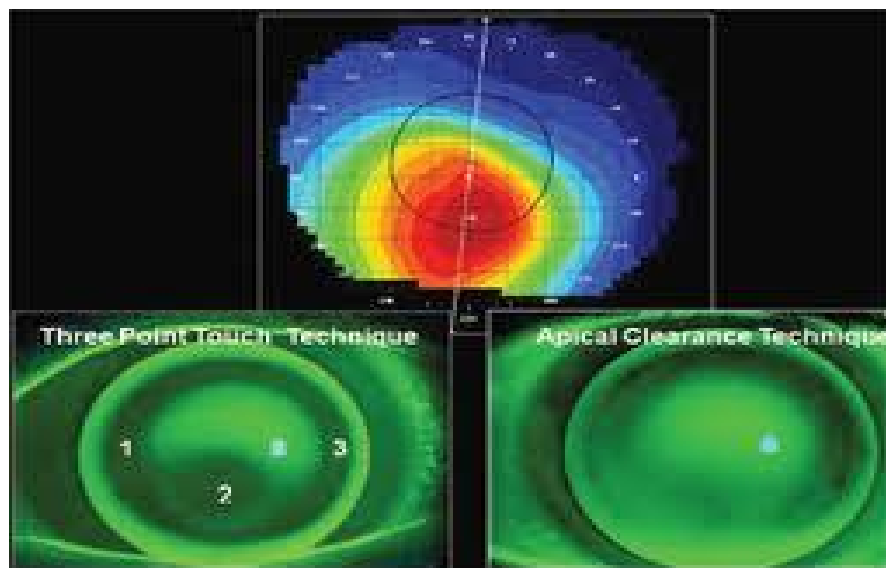
Η γεωμετρία που θα επιλεγεί στο σκληρό αεροδιαπερατό φακό επαφής, εξαρτάται σε ποιο στάδιο βρίσκεται η εκτασία. Σε ένα αρχόμενο κερατόκωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας δικαμπυλωτός φακός μικρής διαμέτρου (8.00-9.00mm) με ικανοποιητική εφαρμογή. Σε πιο προχωρημένο όμως στάδιο, χρησιμοποιούνται φακοί με περισσότερες καμπυλότητες και με μεγάλη διάμετρο (9.00mm-σκληρικοί). Για να τοποθετηθούν αυτές οι καμπυλότητες και να επιλεγθούν περισσότερες ζώνες, είναι αναγκαίος ένας μεγάλος φακός, ώστε να υπάρξει διαθέσιμη διάμετρος για να είναι ομαλή η μετάβαση ανάμεσα στις ζώνες.

Γενικά υπάρχουν διαφορετικές φιλοσοφίες ως προς την εφαρμογή των φακών επαφής και αυτή που θα επιλεγεί τελικά έγκειται στην εμπειρία του εφαρμοστή και στο σωστό αποτέλεσμα.

### 4.3.2 Μέθοδοι εφαρμογής σκληρών φακών επαφής

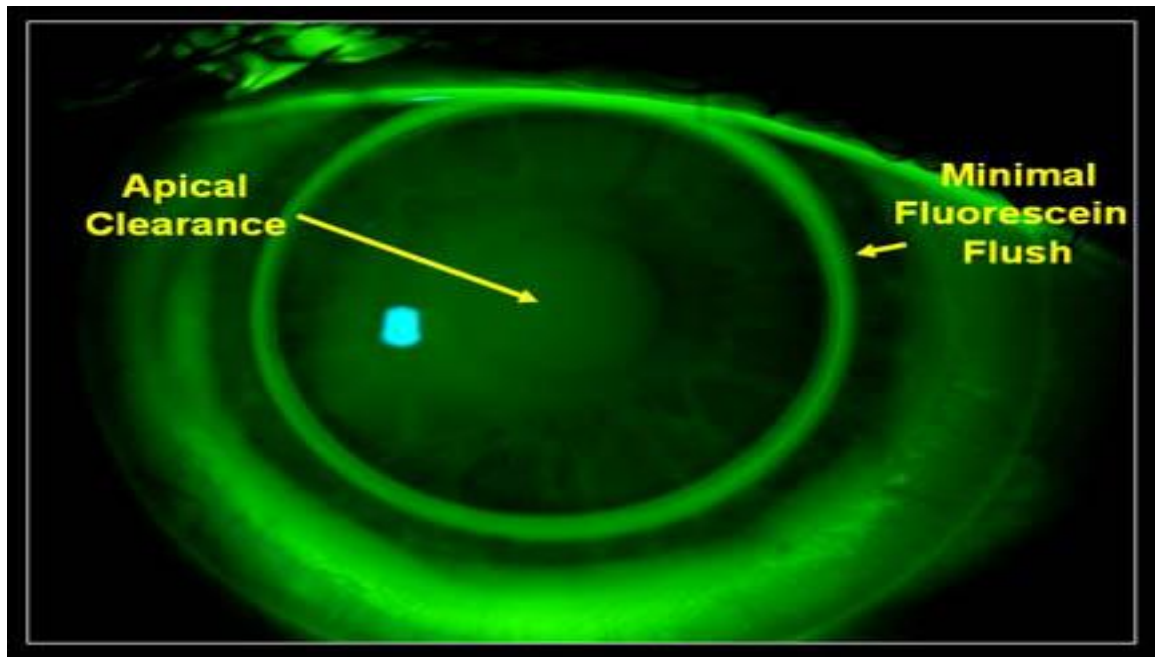
Εφαρμογή τριών σημείων (Application of three-point): Είναι η πιο δημοφιλής και η πιο ευρέως τοποθέτηση για ασθενείς με κερατόκωνο. Στόχος είναι να διανεμηθεί το «βάρος» του φακού επαφής κατά το δυνατόν πιο ομοιόμορφα μεταξύ του κώνου και της περιφέρειας του κερατοειδή, δηλαδή να μην είναι πολύ χαλαρός και ακουμπά έντονα στο κώνο, κάτι που μπορεί να προκαλέσει ενόχληση και να οδηγήσει σε έλκη.

Η ιδανική εφαρμογή θα πρέπει να δείχνει μία ακραία επιφάνεια επαφής 2-3mm με μεσοπεριφερειακό δακτύλιο επαφής. Η περιοχή και το σχήμα των ζωνών επαφής μπορεί να είναι πιο μεταβλητή, ως αποτέλεσμα της ασυμμετρίας του κώνου. Επίσης ένα σχήμα ημισέληνου μέσα στη περιφέρεια είναι αρκετά αποδεκτό.



*Εικόνα 4.3.2: Στην εικόνα διαφαίνεται η επαφή τριών σημείων του φακού με τη χρήση της φλοουροσκεϊνης Πηγή: <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=105584> (Επίσκεψη στην 1/5/14)*

Μέθοδος διάκενου κορυφής (Apical clearance method): Αυτή η μέθοδος υποστηρίζεται πως καταλήγει σε φακό πολύ σφιχτό, παρακεντρικά του κερατοειδή, εμφανίζοντας σημαντικά μειονεκτήματα όπως οίδημα του κερατοειδή, μειωμένη ανταλλαγή δακρύων και φυσαλίδες στη κεντρική οπτική ζώνη. Φακοί μικρής διαμέτρου συνήθως απαιτούνται για αποδεκτά αποτελέσματα, αλλά αυτό περιορίζει την οπίσθια οπτική ζώνη με συχνά έντονη έξαρση και προβλήματα στο έντονο φως. Έτσι, προτιμάται μία πιο χαλαρή οπτική ζώνη.



*Εικόνα 4.3.2: Μέθοδος διάκενου κορυφής Πηγή:*  
<http://www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/15167/etiologypg4.cfm> (Επίσκεψη στην 1/5/14)

Επίπεδη τοποθέτηση (flat fitting): Σχεδόν όλο το βάρος του φακού μεταφέρεται στο κώνο με ένα ευρύ άκρο που αντιστέκεται. Η διάκενη επαφή δίνει καλύτερη οπτική οξύτητα και η όραση μπορεί να βελτιωθεί άμεσα μετά την απομάκρυνση του φακού, λόγω της «χύτευσης» του κερατοειδή που γίνεται από τον φακό επαφής. Η επίπεδη τοποθέτηση του φακού είναι συνήθως η αιτία που συνδέεται με την ανάπτυξη ή την επιτάχυνση των ουλών στη κορυφή. Παρά το γεγονός ότι η ευθυγράμμιση μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε αρχόμενο κερατόκωνο, η μέθοδος αυτή είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις εκτοπισμένων κερατοειδικών κορυφών, παρά τα μειονεκτήματά τους.

Ωστόσο, σχετική έρευνα απέδειξε ότι καμία μέθοδος δεν είναι ασφαλής για την αποφυγή σχηματισμού έλκους. Έχει παρατηρηθεί ότι τα άκρα ενός φακού μπορεί να ανασηκώνονται και να διατηρούν μία απόσταση από το κερατοειδή σε ένα σημείο, ενώ σε κάποιο άλλο να πατούν και να ασκούν πίεση στο κερατοειδή. Σε τέτοιες περιπτώσεις ενδείκνυνται σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής με τορική περιφέρεια ή άκρα. Ανάλογα την εικόνα που παρουσιάζει από κάτω ο φακός σε συνδυασμό με τη φλουροσκεΐνη, μπορεί να διαπιστωθεί σε ποια σημεία ο φακός πιέζει ή σε ποια ανασηκώνεται και ανάλογα θα χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος σχεδιασμός φακού, εισάγοντας περισσότερη τορικότητα στη μεσοπεριφέρεια ή και στα άκρα του φακού, ώστε η ανύψωση να είναι όμοια σε όλη την έντασή του.



### 4.3.3 Επιλογές σκληρών κερατοκωνικών φακών που χρησιμοποιούνται στο κερατοειδή.

Πρότυπα σχέδια για εκτασίες κατασκευάζονται από εταιρείες όπως η Multicurve. Μπορεί να αρκεί στις αρχές του κερατόκωνου, όμως υπάρχουν πιο εξειδικευμένα σχέδια για προχωρημένους κερατόκωνους, όπως ο Woodward σχεδιασμός.

**Ασφαιρικοί φακοί:** Οι ασφαιρικοί φακοί ισοπεδώνουν τη καμπυλότητα από το κέντρο προς την περιφέρεια. Η εκκεντρικότητα είναι ανεξάρτητη από τη καμπύλη βάσεως και καθορίζει το ρυθμό ισοπέδωσης. Έχουν κατασκευαστεί για αρχόμενους κερατόκωνους τύπου οβάλ. Διαθέσιμα σχέδια τέτοιων φακών είναι: το ελλειπτικό Persecon K (Ciba vision) ή το Quasar K.

**Σφαιρικοί φακοί:** Αυτοί οι φακοί βασίζονται στο ότι η περιφέρεια του κερατοειδούς παραμένει σχετικά αμετάβλητη, όσο η νόσος βρίσκεται στα αρχικά στάδια. Έχουν φυσιολογική περιφερειακή καμπυλότητα, και η ακτίνα του κώνου, επιλέγεται από τη κεντρική Ks, όπου εκεί είναι μία σειρά από διαφορετικές περιφέρειες για κάθε ακτίνα του κώνου για να επιλεγθεί.

**Rose K2:** Παράγονται στη Βοστώνη και είναι ευρέως διαδεδομένοι με μεγάλη γκάμα παραμέτρων και σχετικά απλή εφαρμογή. Η καμπυλότητα της οπτικής ζώνης μπορεί να αλλάξει της απώτερης περιφέρειας και αυτό μπορεί να επιτευχθεί και από το εκάστοτε εργαστήριο, ύστερα από παραγγελία. Είναι τετρακαμπυλωτοί και η κεντρική και η περιφερειακή εφαρμογή τους, πρέπει να προσδίδουν στο φακό ελάχιστη επαφή με το κώνο.

Ωστόσο, αν υπάρξει πρόβλημα στη περιφέρεια ή διαφορά στην ανύψωση, ο εφαρμοστής έχει τη δυνατότητα να παραγγείλει φακούς πιο σφιχτούς ή πιο χαλαρούς περιφερειακά, όπως και να επιλέξει τορική μεσοπεριφέρεια ή τορική εμπρόσθια και οπίσθια οπτική ζώνη, όταν παρουσιάζεται διαφορά ανύψωσης στους δύο κύριους μεσημβρινούς.

Μειονεκτήματα των Rose K2 είναι ότι διαθέτουν μικρές οπτικές ζώνες σε προχωρημένα στάδια κερατόκωνου, κυρίως στις μικρές ακτίνες καμπυλότητας. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα τους είναι ότι άτομα που έχουν πολύ μεγάλες κόρες, αντιμετωπίζουν ιδιαίτερο πρόβλημα το βράδυ, όταν η διάμετρος της οπτικής ζώνης φτάνει τα 4mm. Αυτό θα έχει ως αντίκτυπο την κακή επικέντρωση του φακού πάνω στο κερατόκωνο.

### 4.3.4 Φακοί μεγάλης διαμέτρου

Τα ακόλουθα σχέδια φακών φτάνουν μέχρι τα 14,5mm και είναι: οι **Soper K**, που είναι δικαμπυλωτοί και η καμπυλότητα των ζωνών χαρακτηρίζεται σε διοπτρίες. «Το διαγνωστικό σετ αποτελείται από δέκα φακούς σε αγγλική αλφαβητική σειρά από το A ως το J. Οι φακοί από το A ως το D προορίζονται για αρχικό στάδιο κερατόκωνου, οι E ως το G για μεσαίο και οι H ως το J για προχωρημένο» (Κατσούλος,2011).

Όσο προχωράνε τα στάδια του κερατόκωνου αλλάζει σταδιακά και η διάμετρος. Στο αρχικό στάδιο έχει τη μικρότερη διάμετρο (7,5mm), στο μεσαίο (8,5mm) και στο τελικό (9,5mm).

Ωστόσο, οι Soper K θεωρούνται μακράν καλύτεροι από τους Rose K και αυτό γιατί όσο πιο μεγάλη είναι η καμπυλότητα του φακού, τόσο πιο μεγάλη είναι η διάμετρος της οπτικής ζώνης. Η ιδιότητά τους αυτή χρησιμεύει κυρίως για να «καλύψει» τον κερατοειδή και όχι να εφαρμοσθεί απόλυτα επάνω του.

**Mc Guire:** Αυτό το σύστημα φακού είναι μία τροποποίηση του σχεδιασμού Soper K. Διαθέτει τέσσερις περιφερειακές καμπύλες, οι οποίες ενώνονται για να δώσουν ένα ασφαιρικό αποτέλεσμα. Η φιλοσοφία στοχεύει στην επίτευξη τριών σημείων αφής, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος της οπτικής ζώνης σε σχέση με το μέγεθος του κώνου.

Ακολουθούν: οι **Dyna Intra Limbal**, οι φακοί **S- Lim**, οι **Kerasoft ultravision**, οι **Pualascon** της Eyeart Laboratories, οι **Conforma K**, οι **LGI Keratoconus** της Procornea. Όλοι οι παραπάνω φακοί επαφής έχουν τρεις ή τέσσερις καμπυλότητες μεγάλου εύρους διαμέτρου, υλικών και οπτικών ζωνών. Ωστόσο, αν ο εφαρμοστής θέλει να εισάγει τορική μεσοπεριφέρεια, αντίστροφη γεωμετρία ή πάχος στο φακό, θα απευθυνθεί στο κατασκευαστή.

#### 4.4 Μαλακοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής

Οι κλασικοί λεπτοί μυωπικοί φακοί επαφής, είναι γνωστοί για την υψηλή μεταβιβατικότητα σε οξυγόνο, αλλά και για την άνεση που προσφέρουν στο χρήστη, όμως δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τη διόρθωση ενός μέτριου έως προχωρημένου κερατόκωνου. Υπάρχουν βέβαια εξαιρέσεις, όταν ο κώνος είναι κεντρικός, η χρήση γυαλιών για τη διόρθωση ενός υπολειπόμενου αστιγματισμού, μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά την όραση.

Παρόλα αυτά μία έγκαιρη διάγνωση των χαρακτηριστικών που εμφανίζει μία κερατεκτασία θα βοηθούσε, ώστε να αντιμετωπισθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια. Για παράδειγμα, μία υψηλή μυωπία μπορεί να αποτελεί προμήνυμα ενός κερατόκωνου και αυτό διαφαίνεται κυρίως, όταν υπάρχει μεγάλη καμπυλότητα στη κορυφή της εκτασίας, ενώ η εμφάνιση ασύμμετρου αστιγματισμού, οδηγεί σε μεγάλη κόμη και άρα σε κερατοειδική ασυμμετρία.

Μία κατακόρυφη κόμη «εμφανίζει» αρνητικό πρόσημο, όταν ο κώνος βρίσκεται στο κάτω μέρος του κερατοειδή και αντίστοιχα θετικό πρόσημο, όταν βρίσκεται στο πάνω μέρος του κερατοειδή. Το ίδιο ισχύει αν ο κώνος βρίσκεται κροταφικά ή ρινικά, τότε θα συνυπάρχει και οριζόντια κόμη. Μία λύση σε αυτή τη κατάσταση παρέχεται από τους μαλακούς φακούς επαφής, οι οποίοι προσφέρουν άνεση, αλλά όχι τον ίδιο βαθμό σε οπτική απόδοση.

Επειδή, όμως δεν αρκεί η άνεση σε έναν χρήστη, αλλά η οπτική απόδοση, εφαρμόζονται οι σκληροί αεροδιαπερατοί με πλεονέκτημα σε αυτό το χαρακτηριστικό και με μειονέκτημα τη μειωμένη άνεση. Όταν και αυτοί οι φακοί επαφής δεν μπορούν να ανεχθούν από έναν χρήστη, τότε χρησιμοποιούνται οι υβριδικοί και οι σκληρικοί, αλλά πάντα ως μία έσχατη εναλλακτική.

Σπάνια διατίθενται μαλακοί φακοί επαφής με πολύ κυρτή ακτίνα καμπυλότητας. Συνήθως, κατασκευάζονται μαλακοί φακοί με μεγάλο κεντρικό πάχος για τη διόρθωση του ασθενούς και έτσι η εφαρμογή να είναι επιτυχής. Όταν αυτό δεν συμβαίνει τότε χρησιμοποιούνται τορικοί μαλακοί φακοί με σταθεροποιητικό πρίσμα, οι οποίοι έχουν κεντρικό πάχος, ώστε να διορθώνουν την όραση.

Το πάχος τους είναι τρεις φορές μεγαλύτερο σε σχέση με τους κλασσικούς των ίδιων βαθμών και είναι αυτό που ουσιαστικά βοηθάει για να καλυφθεί η κερατοειδική ασυμμετρία, η κόμη, αλλά και ένας ασύμμετρος αστιγματισμός.

Το αυξημένο αυτό πάχος, μπορεί ωστόσο να βελτιώνει σημαντικά την οπτική οξύτητα, όμως δεν είναι η καλύτερη λύση, όταν η χρήση τους γίνεται παρατεταμένη. Αυτή η συχνότητα, μπορεί να οδηγήσει σε υποξία, η οποία όμως λόγω των καινούργιων υλικών που διαθέτουν οι μαλακοί φακοί επαφής (σιλικόνη-υδρογέλη) να ελαττώνουν αυτό το φαινόμενο, αλλά παρόλα αυτά να εξακολουθεί να συνυπάρχει η μειωμένη άνεση.

Ένας μαλακός φακός επαφής, όταν εφαρμοσθεί σε έναν ήπιο παράκεντρο κώνο, μπορεί να επιτύχει τελική οπτική οξύτητα 10/10, όταν όμως τοποθετηθεί σε προχωρημένο παράκεντρο κώνο, τότε η οπτική οξύτητα παίρνει φθίνουσα πορεία και επιδεινώνεται όσο πιο προχωρημένο γίνεται το στάδιο.

Έτσι, οι μαλακοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής, μπορούν να ελαττώσουν σε σημαντικό βαθμό τη κατακόρυφη κόμη και τις υπόλοιπες υψηλές εκτροπές, όχι όμως και να διορθωθούν πλήρως. Με λίγα λόγια ένας κερατοκωνικός ασθενής μπορεί να φθάσει τα 10/10 όραση, όμως θα συνεχίσει να έχει την αίσθηση των σκιών και των ειδώλων, τα οποία προκαλούνται από τις υψηλές εκτροπές.

Οι πιο συνηθισμένοι διαθέσιμοι μαλακοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής είναι:

- Ø Οι Acuity Soft και οι Flexlens Tricurve Keratoconus. Διαθέτουν 3 καμπυλότητες και τρία διαφορετικά υλικά.
- Ø Οι Alpha conus με ακτίνα καμπυλότητας που ξεκινάει από 7,80-9,00mm. Το υλικό τους αποτελείται από σιλικόνη-υδρογέλη με περιεκτικότητα σε νερό 74% και η διάρκεια χρήσης τους ενδείκνυται για 3μηνη εφαρμογή.
- Ø Οι Delta conus με ακτίνα καμπυλότητας που αρχίζει από 8,00-9,00mm. Έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τους Alpha conus και παρέχουν τη δυνατότητα μιας επιτυχούς εφαρμογής, ενώ αν ο χρήστης έχει μεγάλη κορική διάμετρο, η διάμετρος της οπτικής ζώνης μπορεί να παραμετροποιηθεί.
- Ø Οι Kerasoft IC, διατίθενται σε σιλικόνη-υδρογέλη με περιεκτικότητα σε νερό 74%, αλλά και σε απλό υδρόφιλο υλικό με περιεκτικότητα σε νερό 72%.
- Ø Οι Kerasoft 2&3 της Ultravision. Οι Kerasoft 2 είναι παρατεταμένης διάρκειας με 49% περιεκτικότητα σε νερό και κατασκευάζονται από μη ιοντικό υλικό. Οι Kerasoft 3 είναι από σιλικόνη-υδρογέλη με περιεκτικότητα σε νερό 74% και με διάρκεια αντικατάστασής, τους 3 μήνες.

## **4.5 Μαλακοί φακοί επαφής βασιζόμενοι στη μέθοδο ανάλυσης μετώπου κύματος (Wavefront)**

Μία νέα τεχνολογία που βρήκε πρόσφορο έδαφος στο χώρο της οπτικής, είναι η μέθοδος ανάλυσης του μετώπου κύματος ή αλλιώς (Wavefront). Εδώ και κάποια χρόνια οι αστροναύτες χρησιμοποιούν αυτή τη τεχνική για να διορθώσουν ατμοσφαιρικές εκτροπές, βελτιώνοντας σημαντικά την ποιότητα της εικόνας που λαμβάνεται από τα τηλεσκόπια. Με αυτή τη λογική εφαρμόστηκε και στην οπτική και άλλαξε τον τρόπο εξέτασης, επέμβασης και θεραπείας.

Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού δεν είναι τέλειο, αλλά πάσχει από οπτικές εκτροπές, μεταξύ αυτών και ο κερατόκωνος, οι οποίες πολλές φορές μπορούν να επηρεάσουν τη ποιότητα της όρασης. Η χαρτογράφηση της οπτικής κυματομορφής, δίνει σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα της όρασης του ατόμου και αποτυπώνει τις επιμέρους εκτροπές και ανωμαλίες.

Η τεχνολογία λοιπόν Wavefront, χρησιμοποιήθηκε και σε φακούς επαφής για τη διόρθωση χαμηλής και υψηλής τάξης σφάλματα. Σε περιπτώσεις κερατόκωνου (υψηλής τάξης σφάλμα), ένας υδρόφιλος φακός Wavefront προσφέρει μεγαλύτερη κάλυψη των εκτροπών, σε σχέση με τους κλασσικούς κερατοκωνικούς φακούς επαφής και αυτό οφείλεται στο ότι έχει εισαχθεί στον οπτικό του σχεδιασμό η ασύμμετρη διόρθωση.

Σκοπός σε έναν κερατοκωνικό ασθενή, είναι να επιτευχθεί ικανοποιητική όραση, δηλαδή καλή οπτική οξύτητα, αλλά και να διορθωθούν όλες οι οπτικές εκτροπές του οφθαλμού. Η πιο συνηθισμένη εκτροπή υψηλής τάξης στο κερατόκωνο, είναι η αρνητική κατακόρυφη κόμη στη πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδή, η οποία μπορεί να εξουδετερωθεί με ένα σκληρό αεροδιαπερατό ή υβριδικό φακό. Στη περίπτωση όμως που η εκτασία είναι μεγάλη και στην οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή, τότε θα εμφανίσει και θετική κόμη. Ουσιαστικά οι μόνοι φακοί που εξουδετερώνουν όλες τις εκτροπές του οφθαλμού είναι οι Wavefront.

Οι πιο διαδεδομένοι φακοί Wavefront για κερατόκωνο που κυκλοφορούν στην Ελλάδα, είναι οι υδρόφιλοι φακοί Unique KC της Eyeart και οι Wave contact lens system. Οι πρώτοι φακοί έχουν δύο οπτικές ζώνες με διάμετρο 6,00 και 7,50mm και έχουν την ιδιότητα να διαθέτουν στην οπτική τους ζώνη θετική κατακόρυφη κόμη.

## **4.6 Υβριδικοί κερατοκωνικοί φακοί επαφής**

Οι υβριδικοί φακοί (hybrid), αποτελούνται από σκληρό αεροδιαπερατό υλικό στο κέντρο και από υδρόφιλο μαλακό υλικό στη περιφέρεια. Το πρώτο τμήμα παρέχει καλή όραση, ενώ το δεύτερο σταθερότητα και άνεση στον οφθαλμό. Η διάμετρος του άκαμπτου κεντρικού τμήματος είναι 8,4mm και η συνολική διάμετρος του φακού 14,5mm. Η καμπυλότητα του οπίσθιου τμήματος του RGP περιγράφεται συνήθως ως «επίμηκες ελλειψοειδές». Ο φακός τείνει να παραμένει σταθερός κατά την οριζόντια ή την κάθετη κίνηση του οφθαλμού και αυτό επιτυγχάνεται με το κεντράρισμα και τη σταθερότητα που του προσδίδει το μαλακό υλικό.

Γενικά, οι φακοί αυτοί λόγω της μαλακής περιφέρειας τους, απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στη συντήρηση και στο καθαρισμό, η οποία γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στους μαλακούς φακούς επαφής. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό τους είναι τα κοινά υγρά πολλαπλής χρήσης, τα σαπούνια, τα υπεροξειδία ή οι ταμπλέτες πρωτεϊνικού καθαρισμού.

Όσο αναφορά την εφαρμογή των υβριδικών φακών, αυτή εξαρτάται σημαντικά από τη διάμετρο του φακού που θα χρειαστεί να εφαρμοσθεί. Συγκεκριμένα, ιδιαίτερο πρόβλημα εμφανίζεται στους φακούς μικρής διαμέτρου, όπου τα άκρα ανυψώνονται και πιθανόν να δώσουν λανθασμένη εκτίμηση στον εφαρμοστή, όπως μία χαλαρή εφαρμογή.

Κατά τον έλεγχο της εφαρμογής, πρέπει να δοθεί βαρύτητα στην επιλογή της φλουροσκεϊνης που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς η μικρομοριακή φλουροσκεϊνη εμποτίζει το άκρο ενός μαλακού φακού και είναι ίσως η αιτία του λανθασμένου αποτελέσματος.

Τέλος, στον αντίποδα βρίσκονται οι φακοί μεγάλης διαμέτρου, όπου τα άκρα δεν ανυψώνονται, αλλά στηρίζονται πάνω στον επιπεφυκότα, όπως οι μαλακοί φακοί επαφής.

#### 4.6.1 Υβριδικοί κερατοκωνικοί φακοί (μικρής-μεγάλης διαμέτρου)

Οι υβριδικοί κερατοκωνικοί φακοί αποτελούν την καλύτερη λύση εφαρμογής ανάμεσα στους μαλακούς και στους σκληρούς αεροδιαπερατούς. Οι πρώτοι γιατί δεν παρείχαν ή δεν ήταν εφικτή η επίτευξη καλής όρασης και οι δεύτεροι γιατί προκαλούσαν δυσανεξία από το φακό που ακουμπούσε στο επάνω βλέφαρο ή από το βάρος του φακού.

Σε αυτή την περίπτωση οι υβριδικοί φακοί δίνουν το βέλτιστο αποτέλεσμα, καθώς δεν φέρουν τέτοιου είδους ενοχλήσεις. Αν όμως μετά την εφαρμογή παρατηρηθεί ενόχληση στο επάνω βλέφαρο, τότε μπορεί να παραγγελθεί ο ίδιος φακός με μαλακό άκρο στη περιφέρεια και σκληρό αεροδιαπερατό κέντρο μέχρι τα 8mm. Έτσι ο φακός δεν θα πιέζει τον κερατοειδή και θα είναι δυνατή η διέλευση των δακρύων κάτω από το φακό. Ένας τέτοιος φακός είναι το **Harmony** της vista optics.

Όλα τα παραπάνω έχουν να κάνουν με φακούς **μικρής διαμέτρου**. Η εφαρμογή δεν επηρεάζεται καθόλου, αντίθετα η περιφέρεια του φακού είναι πιο χαλαρή, τα βλέφαρα ενοχλούνται λιγότερο πλέον λόγω της υδροφιλίας του υλικού, όπως επίσης και η κινητικότητα και η ευστάθεια του φακού.

Με την προϋπόθεση πως οι σκληροί αεροδιαπερατοί προκαλούν δυσανεξία, τότε ο εφαρμοστής καταφεύγει στη λύση των υβριδικών μεγάλης διαμέτρου φακών ή ακόμα και στους σκληρικούς. Ένας φακός με αυτές τις ιδιότητες ήταν ο **Softperm** της ciba vision με ακτίνες καμπυλότητας που ξεκίναγαν από 7,10mm έως 6,60mm και διάμετρο 14,30mm.

Η χρήση τους ενδεικνυόταν μόνο για λίγες ώρες τη φορά και αυτό γιατί σαν κατασκευή δεν μπορούσαν να ελεγχθούν όλοι οι παράμετροι ταυτόχρονα. Για παράδειγμα η καμπυλότητα της κεντρικής ζώνης μπορούσε να επιλεγθεί από τον εφαρμοστή, η περιφερειακή όμως που καθοριζόταν από τη κεντρική, είχε ως συνέπεια τη μη δυνατότητα ελέγχου. Γι αυτό σύντομα παρήλθαν λόγω της έντονης δυσανεξίας που παρουσίαζαν, τη χαμηλή διαπερατότητα (Dk) και το αυξημένο πάχος τους.

Τη θέση των Softperm ήρθαν να πάρουν οι **KC** της **Synergeyes** και οι **Scleraflex** της **Eyeart**. Οι φακοί αυτοί λειτουργούν στην εφαρμογή όπως οι σκληροί αεροδιαπερατοί και οι μαλακοί. Ουσιαστικά, συνδυάζουν την κινητικότητα και τη σταθερότητα ενός μαλακού φακού, ενώ κάτω από το σκληρό κέντρο, η «ένδειξη» της φλουροσκεΐνης είναι αντίστοιχη όπως σε ένα σκληρό φακό.

Τα χαρακτηριστικά των KC της Synergeyes είναι η μεγάλη διάμετρος τους 14,50mm και οι ακτίνες καμπυλότητας του που ξεκινάνε από 5,50mm και φτάνουν στα 7,70mm ανά 0,20mm. Είναι κατάλληλοι για κερατεκτασίες και δίνουν τη δυνατότητα αλλαγής στην καμπυλότητα της μαλακής περιφέρειας, ως steep, medium, flat. Εμφανίζουν υψηλό Dk και ικανοποιητική οπτική ζώνη.

Στους Scleraflex η διάμετρος κυμαίνεται από 12,00mm έως 17,00mm, με ακτίνες καμπυλότητας που ξεκινάνε από 5,80mm μέχρι 8,00mm. Το εύρος και η καμπυλότητα τους μπορεί να ανακατασκευασθεί στη μεσαία και στη περιφερειακή ζώνη.

## 4.7 Ο συνδυασμός Piggyback

Μία εφαρμογή Piggyback (PBCL) περιλαμβάνει δύο φακούς σε έναν. Δηλαδή, έναν μαλακό που ακουμπά πάνω στον κερατοειδή και έναν σκληρό αεροδιαπερατό πάνω από το μαλακό φακό επαφής. Χρησιμοποιείται μία τέτοια εφαρμογή, όταν δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ενός σκληρού αεροδιαπερατού φακού. Έτσι, σαν «βάση» μπαίνει ένας μαλακός φακός επαφής, για να έρθει και να ακουμπήσει ο RGB.

Ο συνδυασμός Piggyback ήταν μία επιλογή αρκετών χρόνων, όταν οι σκληροί αεροδιαπερατοί δεν παρείχαν ικανοποιητική εφαρμογή. Σύντομα όμως ο εφαρμοστής, είχε τη δυνατότητα της παραμετροποίησης στους σκληρούς αεροδιαπερατούς, στους υβριδικούς και στους σκληρικούς φακούς, οπότε και ο συνδυασμός αυτός χρησιμοποιείτο και σε ειδικές περιπτώσεις.

Γενικά, υπάρχουν 3 είδη συνδυασμών, όπως περιγράφονται:

- Ø Σκληρός αεροδιαπερατός φακός διαμέτρου 10mm, ο οποίος τοποθετείται επάνω σε μαλακό θεραπευτικό φακό διαμέτρου 15mm.
- Ø Μικρός σκληρός φακός, ο οποίος έχει τοποθετηθεί μέσα σε μαλακό φακό.
- Ø Σκληρό υλικό, το οποίο έχει συγχωνευθεί με μαλακό.

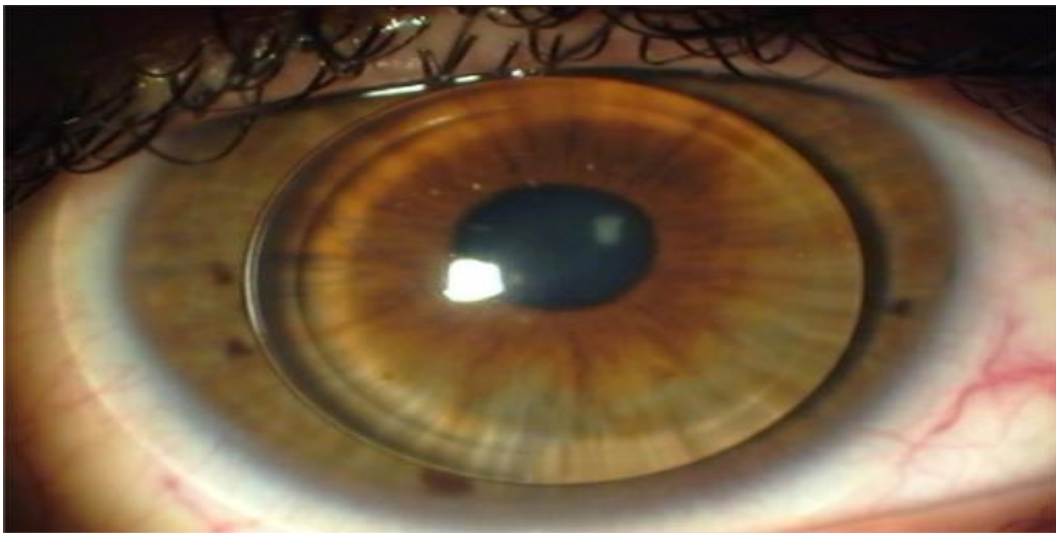
Υπάρχουν προβλήματα εφαρμογής και χρήσης, αλλά η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει καλά αποτελέσματα. Κάθε εφαρμογή παρουσιάζει αρνητικά και θετικά χαρακτηριστικά. Η συγκεκριμένη τεχνική εμφανίζει μειωμένη μεταβιβαστικότητα σε οξυγόνο, λόγω του συνδυασμού δύο φακών (μαλακού- σκληρού αεροδιαπερατού), επομένως απαιτούν δύο μεθόδους καθαρισμού, συχνή αντικατάσταση και συντήρηση αυτών, άρα και υψηλό κόστος.

Ο συνδυασμός αυτός είναι αρεστός σε μέτριους ή προχωρημένους κερατόκωνους, επειδή προσφέρουν μεγαλύτερη άνεση σε έναν κερατοκωνικό ασθενή. Ωστόσο, υπάρχει σημαντική μείωση των ερεθισμών που μπορεί να προκληθούν στο κερατοειδή, εξαιτίας της επαφής-τριβής του σκληρού φακού με τον κώνο. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εισαγωγής ξένων σωματιδίων που εισχωρούν κάτω από το σκληρό αεροδιαπερατό φακό επαφής ή μπορεί να παρουσιασθεί στη 3<sup>η</sup> και στην 9<sup>η</sup> ώρα μείωση της στίξης, κάτι που δεν είχε επιτευχθεί ως ώρας στους με τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς επαφής.

Γενικά, η χρήση τους ενδείκνυται σε άτομα που έχουν ελάχιστη ή μηδενική ανοχή στη χρήση των σκληρών αεροδιαπερατών, ακόμα και όταν το υλικό του φακού έχει υποστεί αλλαγές. Επίσης, όταν συνυπάρχει ευαίσθητος κερατοειδής, δηλαδή είναι πολύ λεπτός και εύθραυστος, είτε εμφανίζει επιθηλιακές αποπτώσεις και περιστατικά οξύ υδρωπα.

Όσο αναφορά τη συντήρηση και την απολύμανσή τους, θεωρείται περίπλοκη διεργασία, καθώς απαιτεί καθαρισμό δύο διαφορετικών φακών επαφής, αλλά και υλικών από τα οποία αποτελούνται. Συνήθως, τα συστήματα υπεροξειδίου του υδρογόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τους δύο τύπους φακών επαφής, όμως στο σκληρό φακό, επιβάλλεται να καθαρίζεται με επιφανειοδραστικό καθαριστικό.

Το γεγονός, ότι εφαρμόζονται στον οφθαλμό δύο φακοί επαφής διαφορετικού υλικού, μπορεί να δώσει γενικότερα την εντύπωση, ότι παραμονεύουν κίνδυνοι, όπως οίδημα του κερατοειδή και άλλων περιστατικών. Δεν πρέπει να υπάρχει αυτή η εσφαλμένη αντίληψη, καθώς με τη πάροδο του χρόνου τα υλικά και η τεχνολογία των φακών εξελίσσονται.



*Εικόνα 4.7: Συνδυασμός Piggyback Πηγή:*

[http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3065576\\_ooph-5-331f1&req=4](http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3065576_ooph-5-331f1&req=4) (Επίσκεψη στην 5/5/14)

#### **4.7.1 Τοποθέτηση συνδυασμού Piggyback**

Για μία σωστή τοποθέτηση του συνδυασμού Piggyback, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διάφοροι παράμετροι, αλλά και η σωστή επιλογή των δύο φακών. Επειδή ο κερατόκωνος σε αυτή τη περίπτωση είναι ιδιαίτερα κυρτός, ο μαλακός φακός που θα επιλεγθεί, θα πρέπει να είναι κατάλληλος, ώστε να καλύπτει όλο τον κερατοειδή, χωρίς να τον σφίγγει και χωρίς τα άκρα του να ανασηκώνονται στη περιφέρεια του επιπεφυκότα. Επομένως, ο μαλακός φακός πρέπει να είναι εύκαμπτος, (καθώς ο φακός θα αλλάζει σχήμα λόγω του κώνου), να έχει μικρή ακτίνα καμπυλότητας <math><8,40\text{mm}</math> και τέλος το υλικό να εμφανίζει χαμηλό συντελεστή τριβής.

Συνήθως το υλικό των μαλακών φακών που προτιμάται είναι σιλικόνης υδρογέλης, λόγω της υψηλής μεταβιβαστικότητας που παρουσιάζουν, κάτι που τους καθιστά ιδιαίτερα αποδεχτούς για την αποφυγή οιδημάτων στον κερατοειδή. Όσο αφορά τη διάρκεια χρήσης τους, οι ημερήσιοι είναι η βέλτιστη επιλογή, καθώς δεν απαιτούν απολύμανση-συντήρηση και μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης μολύνσεων.

Όταν λοιπόν λαμβάνεται η καλύτερη προσαρμογή με το μαλακό φακό επαφής, είτε η κερατομετρία, είτε η τοπογραφία, πρέπει να γίνεται πάνω από την επιφάνεια του φακού, για να επιλεγεί η καμπύλη βάσεως του RGB. Η καμπύλη βάσεως του σκληρού αεροδιαπερατού δια λέγεται σε μία επίπεδη τιμή K με διάμετρο κυμαινόμενη από 9-9,5mm. Εκτίμηση της δυναμικής και στατικής προσαρμογής πρέπει να εκτελούνται για τους RGB.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ισχύ του μαλακού φακού επαφής, αλλάζει την καμπυλότητα της επιφάνειας μετά την τοποθέτηση του στον κερατοειδή και επομένως υπάρχει δυσκολία στη τοποθέτηση του σκληρού αεροδιαπερατού. Επομένως, μπορεί κανείς να τροποποιήσει τη τελική προσαρμογή του RGB φακού, τροποποιώντας και την ισχύ του μαλακού φακού επαφής. Έτσι επιλέγοντας ένα θετικό φακό, μπορεί να διατηρηθεί η κυρτότητα του κερατοειδή και του μαλακού φακού, ενώ με έναν αρνητικό να επιτευχθούν πιο επίπεδες καμπυλότητες.

Ένας θετικός μαλακός φακός επαφής μέχρι +6,00dpt, χρησιμοποιείται σε παράκεντρους κερατόκωνους, όταν η κορυφή του συστήματος είναι μετατοπισμένη, ενώ λόγω της θετικής ισχύος αντενδείκνυνται σε κεντρικούς κώνους. Αν υπάρχει κεντρικός κώνος, τότε μόνο ένας αρνητικός φακός ισχύος 6,00dpt χρησιμοποιείται για να μειώσει τη διαφορά κορυφής-κέντρου.

Ωστόσο, υπάρχει και η επιλογή μιας χαμηλής ισχύος θετικού ή αρνητικού μαλακού φακού, που δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σκληρός αεροδιαπερατός ανεξάρτητα από το μαλακό, καθώς υπάρχει μικρή αλλαγή στη καμπυλότητα του κερατοειδή.

Αυτή η λύση ενδείκνυται, όταν ο χρήστης εμφανίζει δυσανεξία στους RGB, τότε μπορεί να εφαρμόζεται ο συνδυασμός Piggyback χωρίς καμία αλλαγή στην οπτική απόδοση.

Αντίστροφα υπάρχει και η επιλογή ενός μαλακού φακού επαφής με υψηλή ισχύ, όπου σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να ενσωματωθεί ένας σκληρός αεροδιαπερατός φακός μικρότερης ισχύος και κατά συνέπεια πιο λεπτός στα άκρα, κάτι που προσφέρει μεγαλύτερη άνεση, αύξηση της διαπερατότητας του οξυγόνου και λιγότερες ενοχλήσεις στα βλέφαρα.

Για την τελική επιλογή πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες του χρήστη, δηλαδή η οπτική απόδοση που χρειάζεται σε συνδυασμό με την άνεση που έχει ανάγκη. Έτσι, όλα αυτά «εξετάζονται» στη λυχνία κάτω από τη χρήση της φλουροσκεϊνης και με τον εφαρμοστή να διαθέτει όλα τα απαραίτητα μέσα (δοκιμαστικά σετ σκληρών αεροδιαπερατών σε διάφορες γεωμετρίες) για τη διεξαγωγή του καλύτερου αποτελέσματος.

Συνήθως ο 1<sup>ος</sup> φακός που επιλέγεται είναι ένας σκληρός φακός. Στη περίπτωση όμως που 1<sup>ος</sup> επιλεγεί ένας μαλακός φακός, πρέπει να είναι χαμηλής ισχύς, ώστε κατά την εφαρμογή να μη επηρεάζει τη καμπυλότητα. Αν πάλι 1<sup>ος</sup> χρησιμοποιηθεί ένας μαλακός φακός με θετική ή αρνητική ισχύ, επειδή ο κώνος αλλάζει το σχήμα του μαλακού φακού, είναι αναγκαίο να μετρηθεί από την αρχή η καινούργια καμπυλότητα στο κερατόμετρο και σύμφωνα με τη καμπυλότητα που προκύπτει να καθοριστεί και η τελική καμπυλότητα του RGB φακού.



Τέλος, οι πιο διαδεδομένοι φακοί για μια Piggyback εφαρμογή είναι οι Acuvue 2, οι Advance, οι Purevision, οι Acuvue 1 days Moist and True Eye και τέλος οι Soflens daily disposable. Οι ακτίνες καμπυλότητας όλων των παραπάνω κυμαίνονται από 8,30-8,60 mm. Ωστόσο, ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δοθεί στην ακτίνα καμπυλότητας, στη διάμετρο και στην επιλογή του υλικού του φακού. Ως προς το υλικό, τα πιο ευρέως και ενεργά μέχρι σήμερα είναι τα Boston ES & XO, Paragon 100 HDS, Fluoroperm 30 & 60. Ως προς την επιλογή του φακού, καλό θα ήταν το υλικό του σκληρού αεροδιαπερατού να εμφανίζει υψηλή διαπερατότητα (Dk), καλή διαβροχή και ακαμψία.

#### **4.8 Φακοί επαφής μετά από κερατοπλαστική**

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις, όπου μετά από μία κερατοπλαστική είναι απαραίτητος ένας φακός επαφής. Ένας τέτοιος φακός μπορεί να είναι είτε θεραπευτικός παρατεταμένης χρήσης είτε επιδεσμικός φακός κολλαγόνου, ο οποίος κατόπιν αποσυντίθεται.

Μία εφαρμογή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το διάστημα που απαιτείται η παραμονή του φακού επαφής στον οφθαλμό. Η πρώτη κατηγορία αφορά ένα διάστημα εφαρμογής 3-6 μηνών μετά από μία κερατοπλαστική, ενώ η δεύτερη 12-24 μήνες μετά την μεταμόσχευση.

Η περίοδος εφαρμογής εξαρτάται κυρίως από τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται ο ασθενής και το μόσχευμα. Έτσι, μία εφαρμογή στους πρώτους μήνες προτείνεται όταν η όραση του άλλου οφθαλμού είναι πολύ χαμηλή ή ο ασθενής είναι μονόφθαλμος ή όταν οι συνθήκες εργασίας του δεν επιτρέπουν σωστή υγιεινή των φακών του. Επίσης σημαντικό είναι η κατάσταση στην οποία βρίσκεται μετεγχειρητικά ο οφθαλμός, αλλά και οι ανάγκες του ασθενή. Αντίθετα μία εφαρμογή μετά από 12-24 μήνες είναι η πιο συνηθισμένη επιλογή, όταν ο κερατοειδής είναι πια σταθερός και όλα τα ράμματα έχουν αφαιρεθεί.

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην επιλογή του φακού επαφής που θα επιλεγεί, όπως το υλικό και η γεωμετρία του, ώστε να μην επηρεαστεί το μόσχευμα. Οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες φακών επαφής που χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μετά από μεταμόσχευση είναι:

- Μαλακοί τορικοί φακοί
- Μαλακοί φακοί αντίστροφης γεωμετρίας
- Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής
- Σκληροί-Απτικοί ή Υβριδικοί

Η επιλογή ανάμεσα σε αυτές τις κατηγορίες είναι σημαντική, καθώς θα χρειαστεί αρκετές φορές να αλλαχθεί μία εφαρμογή λόγω ανεπιθύμητων παρενεργειών ή ακόμα και για να καλυφθεί πλήρως ο κερατοειδής μιας και το σχήμα του μεταμοσχευμένου κερατοειδή είναι εντελώς ακανόνιστο. Επίσης το υλικό του φακού πρέπει να έχει μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο, αφού ο μεταμοσχευμένος κερατοειδής έχει περισσότερη ανάγκη σε οξυγόνο από έναν φυσιολογικό κερατοειδή.

#### **4.8.1 Μαλακοί τορικοί φακοί**

Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται ευρέως μετά από μία μεταμόσχευση καθώς υπάρχει δυνατότητα επιλογής, ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενή. Για παράδειγμα αν τους φοράει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα προτείνονται φακοί μεσαίας περιεκτικότητας σε νερό 45-55%, ενώ αν τους φοράει παρατεταμένα, μία καλή επιλογή θα ήταν οι σιλικόνης-υδρογέλης με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό 70-78%.

Ωστόσο, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή πριν από μία εφαρμογή μαλακών φακών κυρίως στη ποσότητα και την ποιότητα των δακρύων, αλλά και στην καθοδήγηση από τη μεριά του εφαρμοστή, ώστε ο χρήστης να είναι συνεπής και προσεκτικός με τον καθαρισμό τους.

Υπάρχουν δύο είδη τορικών φακών και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την κατάσταση του αστιγματισμού σε συμμετρικούς και ασύμμετρους. Για να γίνει μια τέτοια επιλογή σημαντική βοήθεια παρέχουν η τοπογραφία, η εκτοπομετρία ή ο στενοπικός δίσκος.

Αν γίνει τοποθέτηση του φακού επαφής και δεν υπάρξει σημαντική βελτίωση στην όραση, σημαίνει πως ο αστιγματισμός είναι συμμετρικός, ο φακός επαφής είναι ικανοποιητικός και δεν δέχεται άλλη διόρθωση. Στην περίπτωση όμως που παρουσιάζει ανάκαμψη, τότε ίσως να μην έχει γίνει σωστή υπερδιάθλαση ή λόγω του ασύμμετρου αστιγματισμού, η όραση να είναι στο στάδιο της τελικής βελτίωσής της.

Όταν υπάρχει ασύμμετρος αστιγματισμός, το πάχος του φακού πρέπει να είναι αυξημένο στην οπτική ζώνη, γιατί μόνο έτσι θα μπορέσει να εξομαλύνει την ασυμμετρία του κερατοειδή. Τέτοιοι φακοί είναι οι τορικοί κερατοκωνικοί Delta conus της Eyeart, οι Kerasoft 3 και οι IC. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,27 έως 0,60mm. Στην περίπτωση όμως ενός μεταμοσχευμένου κερατοειδή, το πάχος δεν μπορεί να είναι το ίδιο, γιατί θα πιέζει τον κερατοειδή.

Στόχος είναι να μειωθεί το περιφερειακό πάχος, αλλά παράλληλα να συνυπάρχει η αυξημένη άνεση κατά τον βλεφαρισμό και η οξυγόνωσή του. Παρόλα αυτά ένας μαλακός τορικός κερατοκωνικός φακός με αυξημένο πάχος, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές ώρες μέσα στην ημέρα και εξαιτίας του ακανόνιστου σχήματος του δεν επιτυγχάνεται και ικανοποιητική όραση.

#### **4.8.2 Μαλακοί φακοί αντίστροφης γεωμετρίας**

Ένας μαλακός φακός ενδείκνυται για εφαρμογή σε ένα μεταμοσχευμένο κερατοειδή, λόγω της αντίστροφης γεωμετρίας (πιο σφιχτή περιφέρεια από το κέντρο) και τη δυνατότητα της παραμετροποίησης του. Ένας κερατοειδής με υψηλό αστιγματισμό και ιδιαίτερη ανύψωση μπορεί να διορθωθεί κυρίως με έναν σφαιρικό ή ασφαιρικό αντίστροφης γεωμετρίας.

Τους καθιστά καλύτερους, γιατί μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη επαφή του φακού με την αντίστοιχη γεωμετρία του κερατοειδή και σταθεροποιούνται πιο εύκολα, όταν παρουσιάζεται αλλαγή στην ανύψωση, σε αντίθεση με τους τορικούς μαλακούς που δεν μπορούν να βελτιώσουν τις ανάγκες του ασθενή.

Σε έναν μεταμοσχευμένο κερατοειδή, το πάχος του φακού στην οπτική ζώνη πρέπει να είναι αυξημένο, ειδικά στην περίπτωση ενός ασύμμετρου αστιγματισμού για να μπορεί να τον καλύπτει. Συνήθως εφαρμόζονται ο Delta conus ή ο Lamda της Eyeart από υλικό Hema με 42% διαπερατότητα σε οξυγόνο ή GM Advance με 49% διαπερατότητα σε οξυγόνο. Πρόκειται για συμβατική αντικατάσταση και η επιλογή τους εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση.

#### **4.8.3 Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής**

Μετά από μία μεταμόσχευση χρησιμοποιούνται συχνά λόγω της μεγάλης διαμέτρου τους που κυμαίνεται από 9,20mm μέχρι 10,50mm και για την οπτική ζώνη, η οποία καλύπτει πλήρως το κορικό πεδίο, ακόμη και όταν μία εφαρμογή παρουσιάζει αυξημένη κινητικότητα. Θεωρείται πως η οπτική ζώνη πρέπει να είναι τουλάχιστον λίγο μεγαλύτερη από τη διάμετρο του μοσχεύματος που είναι συνήθως 7,50-8,50mm.

Φακοί που προσφέρουν επικέντρωση πάνω στον κερατοειδή, μειωμένη κινητικότητα του φακού και αποδεκτή εικόνα της φλουροσκεϊνης κατά την εφαρμογή είναι οι Optimum Extreme Dk 125, οι Optimum Extra Dk 100, οι Boston XO Dk 100, οι Fluoropolymers Dk 20, Dk 50. Οι ακτίνες καμπυλότητας ποικίλουν λόγω της ασύμμετρης κερατοειδικής επιφάνειας και μπορεί να χρησιμοποιηθούν φακοί επαφής με μεγάλο εύρος καμπυλότητας. Συνήθως ξεκινάνε από 5,10mm έως 8,60mm ανά 0,10mm και με σφαιρική σχεδίαση.

Παρόλα αυτά μια μεγάλη διάμετρος μπορεί να εμφανίσει και ορισμένα προβλήματα, όπως έντονη δυσανεξία, όταν οι φακοί προσκολλούνται επάνω στα βλέφαρα ή πιέζουν περισσότερο από όσο πρέπει μια εκτεταμένη περιοχή του μοσχεύματος.

Σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζονται φακοί μικρής διαμέτρου που κυμαίνεται από 8,00-9,20mm και δεν πιέζουν το ίδιο σημείο στην περιφέρεια του κερατοειδή, όπως οι προηγούμενοι.

#### **4.8.4 Σκληρικοί- Απτικοί ή Υβριδικοί**

Και οι δύο αυτοί τύποι φακών αποτελούν μία εναλλακτική λύση, όταν οι σκληροί αεροδιαπερατοί παρουσιάζουν προβλήματα σταθεροποίησης. Σχεδιάζονται εξατομικευμένα σε κάθε περιστατικό με βάση πάντα την τοπογραφία του κερατοειδή. Προσφέρουν σημαντικά αποτελέσματα σε ασύμμετρους και ανώμαλους κερατοειδής, με επιθυμητή εφαρμογή και με τη σωστή θέση και τάση των βλεφάρων, ενώ παράλληλα προσφέρουν σταθερά οπτικά αποτελέσματα.

Οι πιο συνηθισμένοι σκληρικοί φακοί που χρησιμοποιούνται είναι οι Boston XO Dk 100 με πεντακαμπυλωτή ασφαιρική γεωμετρία και με ακτίνα καμπυλότητας που ξεκινάει από 6,20 έως 8,60mm και οι υβριδικοί αντίστροφης γεωμετρίας που είναι οι Synergeyes PS και οι Scleraflex της Eyeart με δυνατότητα παραμετροποίησης τους.

## 4.9 Χειρισμός ενός κερατοκωνικού ασθενή

Ο κερατόκωνος είναι μία δύσκολη και σύνθετη πάθηση και οι παράγοντες που την προκαλούν είναι πολλοί και αβέβαιοι. Οι ασθενείς που έχουν κερατόκωνο χρήζουν από ιδιαίτεροι προσοχή και πολλές φορές απαιτείται ειδική αντιμετώπιση.

Είναι μία διαδικασία που χρειάζεται υπομονή και αρκετή εμπιστοσύνη από τον ασθενή, ώστε να ακολουθήσει τις οδηγίες και τις συμβουλές που θα του παρέχει ο εφαρμοστής του για μία ομαλή συνεργασία και ένα βέλτιστο αποτέλεσμα, απαραίτητο για τις καθημερινές του ανάγκες.

Πρώτα από όλα ο εφαρμοστής είναι υποχρεωμένος να ενημερώσει τον ασθενή για το τι ακριβώς πρόκειται και για το πώς θα γίνει η τοποθέτηση των φακών, καθώς μπορεί να μην είναι σωστά ενημερωμένος ή να έχει απορίες σχετικά με τον κερατόκωνο. Οι πιο συνηθισμένες απορίες τους έχουν να κάνουν με το φόβο της μετάδοσης στην οικογένειά τους ή αν πρόκειται να κληρονομηθεί από τα παιδιά τους.

Ουσιαστικά η πάθηση αυτή εξαρτάται από πάρα πολλούς παράγοντες που κανείς δεν μπορεί να μιλήσει με βεβαιότητα για την πηγή προέλευσής τους. Ωστόσο, είναι αναγκαία η καθυσύχαση του ασθενούς και η εξασφάλιση ότι δεν αποτελεί κίνδυνο για κανέναν, καθώς δεν είναι μεταδοτικό όπως και η κληρονομική συσχέτιση που ακόμα δεν έχει αποδειχθεί.

Υπάρχει περίπτωση πολλές φορές, να θεωρήσουν υπαίτιους τους εαυτούς τους, για την εμφάνιση αυτής της πάθησης. Στους παράγοντες που ενοχοποιούνται για την προέλευση της πέρα από την κληρονομική και όλων των άλλων, είναι και τα μηχανικά τραύματα του κερατοειδή που μπορεί να έχουν προκληθεί είτε από μία σφιχτή εφαρμογή φακών επαφής, είτε από παρατεταμένο τρίψιμο των ματιών. Παρόλα αυτά ούτε και αυτό μπορεί να θεωρηθεί αίτιο, καθώς δεν υπάρχει βάσιμο στοιχείο.

Έτσι, περνάει στο επόμενο στάδιο βελτίωσης του κερατόκωνου όπου μετά τα γυαλιά, είναι οι φακοί επαφής. Πρέπει να αντιληφθούν ότι οι φακοί επαφής τους παρέχουν μόνο οπτική βελτίωση και όχι θεραπεία. Για την επιλογή του φακού που τελικά θα χρησιμοποιήσει και θα του προσφέρει και οπτική απόδοση και ικανοποιητική άνεση, θα γίνει μετά από αρκετές δοκιμές και σε συνεργασία με τον εφαρμοστή.

Είναι μία διαδικασία χρονοβόρα, με μεγάλο κόστος των φακών, οι λύσεις είναι όμως περιορισμένες και ο κερατόκωνος δεν εξαλείφεται παρά μόνο σταματά η εξέλιξή του. Το Cross-linking αποτελεί μία μέθοδο διακοπής εξέλιξής του, όταν δεν επιδέχονται φακοί επαφής ή ο κερατόκωνος βρίσκεται σε τελικό στάδιο.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής δεν προκαλούν κερατόκωνο. Η εσφαλμένη αυτή αντίληψη καθιερώθηκε, όταν τα υλικά των φακών επαφής δεν παρείχαν μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο, προκαλούσαν οίδημα και σε συνδυασμό με της παλιάς τεχνολογίας μηχανήματα, οι εφαρμοστές απέδιδαν μία πάχυνση του κερατοειδή (οίδημα) σε λέπτυνση του κερατοειδή (κερατόκωνο).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΒΙΒΛΙΑ

1. Γαρταγάνης, Σ. Π. (2010) *Οφθαλμολογία Έγχρωμο Εικονογραφημένο Εγχειρίδιο*. Τρίτη έκδοση. Αττική: επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου Α. Ε.
2. Γρατσωνίδης, Α., Δημητρακούλιας, Ν., Μαλούτας, Σ. (2003) *Κερατόκωνος*. Οφθαλμολογία. 15 (1), 82-86.
3. Δαμανάκης, Α. (1999) *Διάθλαση- Βασικές αρχές και τεχνική*. 2<sup>η</sup> έκδοση. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας
4. Θεοδοσιάδης, Γ. (1986) *Επίτομη Οφθαλμολογία*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.
5. Κατσούλος, Κ., Ασημέλλης, Γ. (2008) *Η σύγχρονη διαθλαστική εξέταση*. Αθήνα: Εκδόσεις σύγχρονη γνώση
6. Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη, Δ. (2010) *Φακοί επαφής*. 1<sup>η</sup> έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις σύγχρονη γνώση
7. Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη, Δ. (2010) *Φακοί επαφής*. 2<sup>η</sup> έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις σύγχρονη γνώση
8. Κολλιοπούλου, Ι. (1995) *Οφθαλμολογία*. Αθήνα: Επιστημονικές εκδόσεις " ΓΡ. ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΣ "
9. Παπαδημητράκη, Σ. (2009) *Μελέτη της εγκυρότητας αυτόματου διαθλασίμετρου πριν και μετά τη χρήση κυκλοπληγικού φαρμάκου*. Πανεπιστήμιο Κρήτης διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών οπτική και όραση.
10. Στράγκος, Ν. (2002) *Κλινική Οφθαλμολογία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press
11. Χαραλάμπου, Ε., Μαγουλά, Μ. (2001) *Εγχειρίδιο PRK & Lasik*. Αθήνα: Έκδοση του Αθηναϊκού Διαθλαστικού Κέντρου
12. Ψύλλας, Κ. (2005) *Εισαγωγή στην οφθαλμολογία και στη νευροοφθαλμολογία*. Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS
13. Adel, B. (2012) *Textbook on keratoconus*. New Insights, Jaypee Highlights, Medical Publishers Inc.
14. Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2004) *ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ*. 4<sup>η</sup> έκδοση. Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε.
15. Kanski, J. J. Nisdual, K. (1999) *Οφθαλμολογία Κλινικά Σημεία και Διαφορική Διάγνωση*. Αθήνα: «Γρ. Παρισιάνος» Μαρία Γρ. Παρισιάνου

16. Montague, R. (1989) *Έγχρωμος Άτλαντας Φακών Επαφής και Προσθετικής*. 2<sup>η</sup> έκδοση. Ολλανδία: Wolf Medical Publications Ltd
17. Snell, R., & Lemp, M. (2006) *Κλινική ανατομία του οφθαλμού*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης

## **ΑΡΘΡΑ**

18. Alio, J et al (2014) Intrastromal corneal ring segments: How successful is the surgical treatment of keratoconus?. *Middle East African Journal of Ophthalmology*. 21 (1), 3-9.
19. Anatomy Cornea. (2012) *Cataract & Laser Institute*.
20. Anshel, S. (2011) Smart medicine for your Eyes. *Eye health web*. 215-252.
21. Avetisov, M et al (2011) The role of tear acidity and cucofactor of lysyl oxidase activity in the pathogenesis of keratoconus. *Us National Library of Medicine National Institutes of Health*. 127 (2), 3-8.
22. Agrawal, VB. (2009) Corneal collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet a light for keratoconus results in Indian eyes. *Indian J Ophthalmol*. 57(2), 111-114.
23. Barr, J. (1998) The 1997 report on contact lenses. *Contact lens spectrum*. 23-33.
24. Bruse, J., Evans, W. (2007) Ophthalmic and Physiological Optics. *The Journal of the College of Optometrists*. 27 (5), 417-439.
25. Burdon, KP., Vincent, A. (2013) Insights into keratoconus from a genetic perspective. *Clinical and Experimental Optometry*. 96 (2), 146-154.
26. Cassidy, D., Beltz, J. (2013) Recent advances in corneal transplantation for keratoconus. (96), 165-172.
27. Chang, C., Faao, M. (2014) Keratoconus causes and treatment options. *Ultrahealth by Synergeyes*.
28. Corbet, C., Rosen, E., David, P. (1999) Corneal topography, Principles and Applications. *British Journal of Ophthalmology*. 83 (12).
29. Davidson, A., Hayes, S., Hardcastle, J. (2014) The pathogenesis of keratoconus. *Cambridge ophthalmological Symposium*.
30. Delmonte, D., Kim, T. (2011) Anatomy and Physiology of the cornea. *National Library of Medicine National Institutes of Health*. 37 (3), 588-598.
31. Douthwaite, W., Evaradson, T. (2000) Corneal topography by keratometry. *British Journal of Ophthalmology*. 84 (8), 842-847.

32. Dubow, O. (2011) Q and A on keratoconus. *All about vision*.
33. Elder, M. (1994) Leber congenital amaurosis and its association with keratoconus and Keratoglobus. *J Pediatr Ophthalmol*. 31, 38-40.
34. Galin, M. (1958) Atopy and keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 45 (6), 904-906.
35. Goebels, S., Eppiq, T., Seitz, B., Lanqenbucher, A. (2013) Defection of early forms of keratoconus- current Screening methods. *Us National Library of Medicine National Institutes of Health*. 230 (10), 998-1004.
36. GP Contact lenses. (2013) *Keratoconus*.
37. Gkika, M., Lampiris, G., Kozobolis, V. (2011) Corneal Collagen Croos-linking using riboflavin and ultraviolet- A irradiation: a review of clinical and experimental studies. *International Ophthalmology*. 31 (4), 309-319.
38. Hafezi, F. (2009) Smoking and corneal biomechanics. *Ophthalmology*. 116, 2259.
39. Holladay, T., Guyton, D., Koester, C., Meltzer, D., Rayner, J., Stein, H. (1988-1989) Optics, Refraction, and Contact Lenses. Section 2. *American academy of ophthalmology*.
40. Holden, B., Sweenway, DF., Swarbrick, H., Vannas. A., Nilson, K., Efron, N. (1986) The vascular response to long-term extended contact lens wear. *Clinical Experimental Optometry*. 69, 112-119.
41. Jankov MR. (2010) Corneal collagen cross-linking. *Middle east African Journal Ophthalmology*. 17 (1), 21-27.
42. John, A., Vukich. (2006) The orbscan topographer offers practitioners a complete assessment of patient's corneal surface. *Cover Story*. 81-84.
43. Kallinikos et al, Assessment of stromal keratocytes and tear film inflammatory mediators during extended wear of contact lenses.
44. Kerasoft IC. (2012) *Bausch and Lomb Boston GP and custom soft lens group*. 1-2.
45. Kuo, IC et al, (2006) Is there an association between diabetes and keratoconus. *Ophthalmology*. 113, 184-190 .
46. Lofti, C., Grandin, J. (2010) Intracorneal ring segments implanted with femtosecond laser can treat keratoconus. *Healio Ophthalmology*.
47. Lima, C., Newton, K., Jason, J. (2004) Indications Contraindications, and Selection of Contact Lenses. *Contact lenses in ophthalmic practice*.
48. Michael, W., Missry, S. (1999) Technologies for topography. *Refractive surgery*. 67-74.

49. Michael, W., Belin. (2006) Point/ counterpoint: The pentacam versus the orbiscan. *Cataract and refractive surgery*. 80.
50. Monnies, W. (2009) Mechanisms of rubbing-related corneal trauma in keratoconus. *Cornea*. 28 (6), 607-615.
51. Narendra, K. (2011) Contact lens options for keratoconus. *Academy for eyecare excellence*. 45-49.
52. Contact lenses for KC. (1998-2013) *National keratoconus Foundation*.
53. O' Brart, D., Petrarca, R. (2006) Keratoconus. *Optician*. 6075 (232), 26-28.
54. Pye, D., Willox, M. (2013) Effects of eye rubbing on the levels of protease, protease activity and cytokines in tears: relevance in keratoconus. *Clinical and Experimental Optometry*. 96 (2), 214-218.
55. Romero, M., Wolffsohn, J. (2010) Keratoconus: A review contact lens & Anterior Eye. 157-166.
56. Spoerl, E., Zubaty, B., Wolf, F., Pillurat, L. (2007) Oestrogen- induced changes in biomechanics in the cornea as a possible reason for keratectasia. *British Journal of Ophthalmology*. 91 (11), 1547-1550.
57. Steele, C. (2005) Contact lens fitting today-Fitting for the irregular. *Education and Training*. 3 (4), 32-38.
58. Schlotthauer, O. (2012) An Interesting use of Bausch and Lomb's keraSoft IC lens. *Mishigan College of optometry-cornea and contact lens resident*. 1-5.
59. Vardhaman, K., Kymionis, G., Kontadakis, G., Yoo, S. (2012) Update on Simultaneous Topo-guided Photorefractive Keratectomy Immediately Followed by Corneal Collagen Cross-linking for Treatment of Progressive Keratoconus. *International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*. 1 (3), 185-189.
60. Varsha, R., Preeji, M., Srikanth, D., (2013) Contact lens in keratoconus. *Indian Journal of Ophthalmology*. 61 (8), 410-415.
61. Waheeda, I. (2006) Keratoconus: Diagnosis, contact lens fitting and management. *Continuing Education and Training*. 27-34.
62. Wollensak. (2003) Rivoflavin /ultraviolet a-induced collagen cross-linking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 135 (5), 620-627.
63. Zhou, H., Kimura, K., Orita, T., Nishida, T., Souoda, K. (2011) Inhibition by female sex hormones of collagen degradation by corneal fibroblasts. *Molecular vision*. (17), 3415-3422.
64. Zieve, D. (2014) Keratoconus. *Medlineplus Trusted Health Information for You*.



## ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

65. Bausch & Lomb (2014) Χρόνιες παθήσεις.
66. Ανατομία κερατοειδούς. (2010) *Institute of vision and optics*.
67. Γουλιέλμος, Β. (2013) Εξατομικευμένοι φακοί επαφής από την «eyeshot» χωρίς όρια παραμέτρων για οποιαδήποτε συνταγή. *Οπτικά Νέα*. (2), 1.
68. Γουλιέλμος, Β. (2013) Κοσμητικοί-προσθετικοί φακοί επαφής από την eyeshot. Ξαναδίνουν την αυτοπεποίθηση στους πελάτες σας να αντικρίσουν τον κόσμο. *Οπτικά Νέα*. (2), 1.
69. Γούλα, Ν., Τσικριπής, Π., Γεωργίου, Ι., Μαγκλάρας, Κ. Μεταμόσχευση κερατοειδούς. *Μεταμοσχευτική μονάδα κερατοειδούς-κρατική οφθαλμολογική κλινική*
70. Κερατοπλαστική για κερατόκωνο. (2014) *Laser vision our mission*.
71. Μάνθος, Α. (2001) Η βραχείας εφαρμογής και υψηλού Dk μαλακοί φακοί επαφής δεν αλλοιώνουν το μέγεθος των επιθηλιακών κυττάρων ή τη ζωτικότητα τους. *Οφθαλμολογία*. 13 (3), 1.
72. Μάτι του ανθρώπου. (1993) *Πάπυρος Larousse Britannica*. 41 (26).
73. Μπουφίδης, Θ. (2000) Κερατόκωνος- Μία ακραία μορφή αστιγματισμού και όχι μόνο. *Η ιατρική σήμερα*. (34), 30-33.
74. Μπουφίδης, Θ., Δημητρακούλιας, Ν., Γεωργιάδης, Ε., Μάμτζιου, Γ., Σαλγκάμης, Γ. (2000) Αποτελέσματα από την εφαρμογή του νέου τύπου κερατοκωνικού φακού επαφής «Rose k». *Ανακοίνωση στο 33<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Οφθαλμολογικό Συνέδριο Θεσσαλονίκης*.
75. Μπουφίδης, Θ., Δημητρακούλιας, Ν., Γεωργιάδης, Ε. (1998) Κλινικά προβλήματα στην εφαρμογή αεροδιαπερατών σκληρών φακών επαφής. *Επίκαιρα θέματα- Πανελλήνια Οφθαλμολογική Εταιρεία*.
76. Μπομπορίδης, Κ., Μικρόπουλος, Δ., Ζιάκας, Ν., Γεωργιάδης, Ν. (2009) Εκτασία του κερατοειδή και κερατοπλαστική. *42<sup>ο</sup> Πανελλήνιο οφθαλμολογικό συνέδριο*. 38-39.
77. Επιστημονικά νέα-Κερατόκωνος- Οπτικοί και χειρουργικοί τρόποι αντιμετώπισης. (2013) *Πανελλήνια Ένωση Οπτικών και Οπτομετρών*.
78. Φωτεινάκης, Β. (2013) Οφθαλμικές επιπλοκές από φακούς επαφής. *Οπτικά Νέα*. (2), 9.

## ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. Εικόνα 1.1: Ανατομία του οφθαλμού. Πηγή: <http://vision-optometry.blogspot.gr/2012/04/blog-post.html> (Επίσκεψη στην 10/1/14)
2. Εικόνα 4.2: Ο οφθαλμός ως μία φωτογραφική μηχανή.  
Πηγή: <http://www.karageorgopoulos.gr> (Επίσκεψη στην 12/1/14)
3. Εικόνα 1.3.1: Ο κερατοειδής χιτώνας Πηγή: <http://www.ivo.gr/patient/cornea-diseases/cornea-diseases.html> (Επίσκεψη στην 19/1/14)
4. Εικόνα 1.3.2: Η δομή του κερατοειδή Πηγή: <http://epiplotkes-lasik.blogspot.gr/2010/11/prk-lasik.html> (Επίσκεψη στην 19/1/14)
5. Εικόνα 5.1: Κερατόκωνος Πηγή: <http://www.ivo.gr/patient/keratoconus/keratoconus.html> (Επίσκεψη στην 17/5/14)
6. Εικόνα 2.3: Τα διάφορα στάδια όρασης ενός κερατοκωνικού ασθενή. Πηγή: <http://corneanews.com/2011/02/23/examples-of-keratoconic-vision-simulations> (Επίσκεψη στην 17/5/14)
7. Εικόνα 2.4: α) αριστερά: Σημείο Rizzuti, β) δεξιά: Σημείο Munson. Πηγή: <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=108430> (Επίσκεψη στην 2/3/14)
8. Γραμμές του Vogt's στον κερατόκωνο. Πηγή: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/vogts-striae.htm> (Επίσκεψη στην 25/5/14)
9. Εικόνα 2.4.1: Δακτύλιος Fleischer, διαφαίνεται μέσα από το μπλε του κοβαλτίου. Πηγή: <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=108430> (Επίσκεψη στην 2/3/14)
10. Εικόνα 2.4.2: Το σκιασκόπιο. Πηγή: <http://www.neitz.co.jp> (Επίσκεψη στην 5/3/14)
11. Εικόνα 2.4.3: Κερατόμετρο Javal. Πηγή: <http://www.kanabus-optics.com/AKT/Keratometers> (Επίσκεψη στην 5/3/14)
12. Εικόνα 2.4.2: Ηλεκτρονική τοπογραφία κερατοειδούς. Πηγή: <http://apps.ketchum.edu/ceonline/courseview.asp?selclassid=14&selID=126&selOrderID=6> (Επίσκεψη στην 17/5/14)
13. Εικόνα 2.4.7: Τοπογραφία Pentacam Oculyzer. Πηγή: <http://www.graftonoptical.com/products/895-cso-modi-02-corneal-topographer.html> (Επίσκεψη στην 8/3/14)
14. Εικόνα 2.5.1: Αρνητικοί κυλινδρικοί φακοί Πηγή: <http://www.e-optics.com/index.php/products/spectacles> (Επίσκεψη στην 8/3/14)
15. Εικόνα 2.5.4: Ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι. Πηγή: <http://www.alvarosa.com/2008/12/aneis-intracorneanos.html> (Επίσκεψη στην 12/3/14)

16. Εικόνα 2.5.6: Συμμετρικά ράμματα σε μόσχευμα κερατοειδή. Πηγή: <http://www.laservision.gr> (Επίσκεψη στην 12/3/14)
17. Εικόνα 2.5.10: Cross-linking με UVA ακτινοβολία. Πηγή: <http://www.abbondanza.org> (Επίσκεψη στην 13/3/14)
18. Εικόνα 2.5.10: Ενστάλαξη ριβοφλαβίνης. Πηγή: <http://elkethop.alex.duth.gr/keratoconus/> (Επίσκεψη στην 14/4/14)
19. Εικόνα 2.6: Σύνδρομο Marfans. Πηγή: <http://www.bausch.gr> (Επίσκεψη στην 17/5/14)
20. Εικόνα 6.1: Ένας ημίσκληρος φακός επαφής. Πηγή: <http://el.wikipedia.org> (Επίσκεψη στην 20/5/14)
21. Εικόνα 3.2.1: Εναποθέσεις σε έναν μαλακό φακό επαφής. Πηγή: <http://www.bausch.gr> (Επίσκεψη στην 18/5/14)
22. Εικόνα 3.3.9: Εισαγωγή φακού επαφής για θεραπευτική χρήση. Πηγή: <http://www.youtube.com/watch?v=IbNCpPsa1OQ> (Επίσκεψη στην 18/4/14)
23. Εικόνα 7.2: Στον ανώμαλο αστιγματισμό οι στόχοι του κερατόμετρου δεν ευθυγραμμίζονται Πηγή: <http://www.ciom.it/english/oftalmometro.asp> (Επίσκεψη στην 18/14)
24. Εικόνα 4.3.2: Στην εικόνα διαφαίνεται η επαφή τριών σημείων του φακού με τη χρήση της φλουροσκεϊνης Πηγή: <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=105584> (Επίσκεψη στην 1/5/14)
25. Εικόνα 4.3.2: Μέθοδος διάκενου κορυφής Πηγή: <http://www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/15167/etiologypg4.cfm> (Επίσκεψη στην 1/5/14)
26. Εικόνα 4.7: Συνδυασμός Piggyback Πηγή: [http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3065576\\_o-ph-5-331f1&req=4](http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3065576_o-ph-5-331f1&req=4) (Επίσκεψη στην 5/5/14)
27. Εικόνα 2.5.10: α) Επιβεβαίωση της διείσδυσης της βιταμίνης στον πρόσθιο θάλαμο και β) Κερατοειδικός ιστός πριν (πάνω) και μετά (κάτω) το cross-linking. Είναι εμφανής η ευκαμψία του ιστού πριν και η ακαμψία μετά τη διαδικασία. Πηγή: <http://lasereyeconsultant.co.uk/collagen-cross-linking> (Επίσκεψη στην 4/6/14)