



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΟΡΘΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥΣ.

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστών

ΝΟΒΑ ΕΛΙΣΑΒΕΤ

ΣΤΑΜΑΤΗ ΜΥΡΤΩ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

κ. ΤΟΓΙΑ ΜΑΡΙΑ, Οπτικός - Οπτομέτρης

Αίγιο-2015

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε για το Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πατρών (παράρτημα Αιγίου), στο τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας στο Αίγιο Αχαΐας. Στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των φακών επαφής, την εφαρμογή τους καθώς και τον ορθό τρόπο υγιεινής και συντήρησής τους.

Το πρώτο μέρος της εργασίας μας ξεκινάει με μια ιστορική αναδρομή για τους φακούς επαφής, από την αρχική ιδέα, στα πρώτα βήματα, καταλήγοντας στο σήμερα. Αναλύουμε τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένοι οι φακοί, τις κύριες κατηγορίες τους όπως και τις βασικές ιδιότητές τους.

Το δεύτερο μέρος επικεντρώνεται στον απαραίτητο εξοπλισμό για μια ολοκληρωμένη και σωστή εφαρμογή των φακών. Στην συνέχεια αναφέρουμε την καταγραφή ιστορικού καθώς και μια σειρά από απαραίτητες εξετάσεις ώστε να εκτιμήσουμε την καταλληλότητα ενός υποψηφίου για χρήση φακών επαφής.

Το τρίτο και τελευταίο μέρος εμπεριέχει πληροφορίες για την φροντίδα των φακών, με την βοήθεια υγρών, καθαριστικών και συστημάτων απολύμανσης, για την αποφυγή δυσάρεστων επιπλοκών, αποτέλεσμα λανθασμένης χρήσης.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα καθηγήτρια μας κυρία Τόγια Μαρία, η οποία με τις πολύτιμες συμβουλές της και την διακριτική επιτήρησή της μας βοήθησε πολύ ώστε να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Ακόμη θα θέλαμε να πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας για την στήριξη και συμπαράσταση τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία βασίζεται στους φακούς επαφής, οι οποίοι αποτελούν ένα μεγάλο σε έκταση τομέα της οπτομετρίας. Από το παρελθόν μέχρι σήμερα η εξέλιξη τους είναι ραγδαία. Μεταξύ των φακών επαφής και των γυαλιών οράσεως έχοντας και οι δυο ως κοινό στόχο την διαθλαστική διόρθωση, οι φακοί υπερτερούν σε αρκετά σημεία. Με βάση το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στους σκληρούς και στους μαλακούς φακούς επαφής. Η κάθε μια κατηγορία έχει τις δικές της ιδιότητες από τις οποίες ο κάθε υποψήφιος χρήστης μπορεί να καλυφθεί σύμφωνα με τις ανάγκες του. Μέσα από μια λεπτομερή καταγραφή ιστορικού της οφθαλμικής κατάστασης του εξεταζόμενου αλλά και με την βοήθεια κατάλληλων μηχανημάτων ολοκληρώνεται μια πλήρης οφθαλμολογική εξέταση. Μέσα από αυτή την διαδικασία εκτιμάται η καταλληλότητα ή όχι του υποψηφίου. Επιπλέον, οι βασικοί κανόνες υγιεινής και συντήρησης των φακών αποτελούν σημαντικό παράγοντα για μια επιτυχημένη και ομαλή εφαρμογή. Αδιαμφισβήτητα οι φακοί επαφής θεωρούνται ένα πολύτιμο εργαλείο για έναν οπτικό-οπτομέτρη, δίνοντας του πολλές και διαφορετικές δυνατότητες.

## **ABSTRACT**

This dissertation refers to the contact lenses which cover a large extent in the field of optometry. From the past to nowadays their development is rapid. Comparing the contact lenses with the eyeglasses, we come to support that both have a common goal, the refractive correction. The contact lenses are superior in several respects, though. Considering the material they are made from, we divide the contact lenses into two basic categories: the hard and the soft ones. Each one of these categories has its own qualities which can satisfy the needs of every prospective user. A complete and detailed eye examination is achieved through a detailed case – history of the eye condition of the examinee and the suitable machines. In this way, we can estimate whether the examinee is suitable or not. Furthermore, both the basic hygiene and the maintenance of the contact lenses are considered to be an important factor for a successful and even application. Beyond all doubt, the contact lenses are a valuable tool for an optician – optometrist that provides him with many different potentials.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	i
Ευχαριστίες.....	i
Περίληψη.....	ii
Εισαγωγή.....	1
<b>Κεφάλαιο 1: Ιστορική αναδρομή</b>	
1.1 Μια ιδέα γεννιέται.....	2
1.2 Τα πρώτα γυάλινα βήματα.....	2
1.3 Ένα νέο υλικό.....	3
1.4 Τα υδρόφιλα υλικά και οι μαλακοί φακοί επαφής.....	5
1.5 Οι φακοί επαφής σήμερα.....	6
1.6 Οι φακοί επαφής αύριο.....	6
<b>Κεφάλαιο 2: Η οπτική των φακών επαφής</b>	
2.1 Οπτική διόρθωση.....	9
2.1.1 Ισχύς και απόσταση κορυφής.....	10
2.2 Οπτικές επιφάνειες φακών επαφής.....	10
2.2.1 Βασικά χαρακτηριστικά.....	10
2.2.2 Οπτική ισχύς φακού επαφής.....	10
2.2.3 Οπτική ισχύς φακού δακρύων.....	11
2.2.4 Φακοί επαφής και οπτική διόρθωση.....	12
<b>Κεφάλαιο 3: Ιδιότητες και κατηγορίες φακών επαφής</b>	
3.1 Υλικά φακών επαφής.....	13
3.1.1 Υλικά σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής.....	14
3.1.2 Υλικά μαλακών φακών επαφής.....	14
3.1.2.1 Συμβατικά υδρόφιλα υλικά.....	15
3.1.2.2 Γόμα σιλικόνης.....	15
3.1.2.3 Υλικά σιλικόνης – υδρογέλης.....	15
3.1.3 Οι σκληροί αεροδιαπερατοί και οι μαλακοί φακοί επαφής σήμερα.....	16
3.1.3.1 Πλεονεκτήματα μαλακών φακών επαφής.....	16
3.1.3.2 Μειονεκτήματα μαλακών φακών επαφής.....	16
3.1.3.3 Πλεονεκτήματα σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής.....	17
3.1.3.4 Μειονεκτήματα σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής.....	17
3.1.4 Κατασκευή φακών επαφής.....	18
3.1.4.1 Κατασκευή με τόρνο.....	18
3.1.4.2 Κατασκευή με τη μέθοδο της περιστροφής.....	19
3.1.4.3 Κατασκευή με τη μέθοδο εκμαγείου.....	19
3.2 Ιδιότητες των υλικών φακών επαφής.....	19
3.2.1 Διαφάνεια και δείκτης διάθλασης.....	20

3.2.2 Σκληρότητα και ακαμψία.....	20
3.2.3 Συντελεστής ελαστικότητας.....	21
3.2.4 Συντελεστής τριβής.....	21
3.2.5 Ικανότητα διαβροχής-περιεκτικότητα νερού.....	22
3.2.6 Ιονικό φορτίο.....	24
3.2.7 Διαπερατότητα και μεταβιβαστικότητα οξυγόνου.....	25
3.3 Κατηγορίες και ονοματολογία υλικών.....	26
3.3.1 Συχνή αντικατάσταση και συμβατική χρήση.....	26
3.4 Καμπυλότητα φακού.....	27

#### **Κεφάλαιο 4: Απαραίτητος εξοπλισμός για την εφαρμογή φακών επαφής**

4.1 Η σχισμοειδής λυχνία.....	28
4.1.1 Τεχνικές εξέτασης στη σχισμοειδή λυχνία.....	30
4.1.2 Προαιρετικές προσθήκες στη σχισμοειδή λυχνία.....	35
4.2 Λάμπα Burton.....	35
4.3 Η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή.....	36
4.4 Κερατόμετρο.....	36
4.5 Ο τοπογράφος κερατοειδή.....	38
4.6 Το δακρυοσκόπιο.....	39
4.7 Μέτρηση υπερδιάθλασης.....	40
4.8 Μέτρηση δυνητικής οξύτητας.....	41

#### **Κεφάλαιο 5: Εκτίμηση καταλληλότητας υποψήφιου για φακούς επαφής**

5.1 Ιστορικό.....	44
5.1.1 Αίτια για τη χρήση φακών επαφής.....	44
5.1.2 Οφθαλμολογικό ιστορικό.....	45
5.1.3 Ιατρικό ιστορικό.....	45
5.1.3.1 Συστημικές και χρόνιες παθήσεις.....	45
5.1.3.2 Εγκυμοσύνη.....	46
5.1.3.3 Συστημικές φαρμακευτικές αγωγές.....	46
5.1.3.4 Αλλεργίες.....	46
5.1.4 Ιστορικό χρήσης φακών επαφής.....	47
5.2 Ανατομικές μετρήσεις.....	49
5.2.1 Οριζόντια ορατή διάμετρος ίριδας.....	49
5.2.2 Διάμετρος κόρης.....	49
5.2.3 Ύψος βλεφαρικής σχισμής/θέση βλεφάρων.....	49
5.2.4 Τάση βλεφάρων.....	50
5.2.5 Ρυθμός βλεφαρισμών.....	50
5.3 Διάθλαση-κερατομετρία.....	50
5.4 Κατάσταση διόφθαλμης όρασης.....	51
5.4.1 Προσαρμογή και σύγκλιση.....	51
5.4.2 Πρισματική διόρθωση.....	51
5.4.3 Στραβισμοί.....	51
5.5 Εκτίμηση με σχισμοειδή λυχνία.....	51
5.5.1 Εξωτερική παρατήρηση.....	51
5.5.1.1 Βλεφαρίτιδα.....	52
5.5.1.2 Εντρόπιο, τριχίαση και δυστυχίαση.....	52
5.5.2 Επιπεφυκότας.....	53

5.5.2.1 Βολβικός επιπεφυκότας.....	53
5.5.2.2 Ταρσικός επιπεφυκότας.....	53
5.5.3 Κερατοειδής.....	53
5.5.3.1 Νεοαγγείωση.....	53
5.5.3.2 Στίξη επιθηλίου.....	56
5.5.3.3 Οίδημα.....	57
5.6 Εκτίμηση δακρυικής στιβάδας.....	58
5.6.1 Μικρομοριακή και μεγαλομοριακή φλουορεσκείνη.....	59
5.6.2 Εξέταση της ρήξης της στιβάδας δακρύων.....	60
5.6.2.1 Τοτέστ του Schirmer.....	62
5.6.2.2 Τοτέστ του νήματος.....	63
5.6.3 Εξέταση πτυχώσεων του επιπεφυκότα.....	63
5.6.4 Εξέταση του δακρυικού μηνίσκου.....	63

## **Κεφάλαιο 6: Εφαρμογή φακών επαφής στους μαλακούς-σκληρούς**

6.1 Εφαρμογή στους σκληρούς αεροδιαπερατούς.....	65
6.1.1 Στατική και δυναμική εφαρμογή με φλουορεσκείνη.....	65
6.1.2 Οδηγίες εφαρμογής.....	66
6.2 Εφαρμογή μαλακών φακών επαφής.....	67
6.2.1 Επιλογή χαρακτηριστικών.....	67
6.2.2 Η αξιολόγηση μιας εφαρμογής.....	67
6.3 Εφαρμογή απτικών και σκληρικών φακών επαφής.....	68

## **Κεφάλαιο 7: Ορθή χρήση και συντήρηση φακών επαφής**

7.1 Υγρά μαλακών φακών επαφής.....	70
7.1.1 Καθαριστικά ρύπων, λειτουργία, δράση και διαδικασία.....	70
7.1.2 Έκπλυση και τύποι διαλυμάτων φακών επαφής.....	71
7.1.3 Απολύμανση φακών επαφής.....	71
7.1.3.1 Κατηγορίες συστημάτων απολύμανσης.....	72
7.1.3.2 Απολυμαντικές ουσίες πρώτης γενιάς.....	73
7.1.3.3 Απολυμαντικές ουσίες δεύτερης γενιάς.....	73
7.1.3.4 Απολύμανση βασισμένη στο υπεροξειδίο του υδρογόνου.....	74
7.1.4 Επιπρόσθετα καθαριστικά υδρόφιλων φακών.....	75
7.2 Υγρά σκληρών αεροδιαπερατών φακών.....	76
7.3 Μηχανικός καθαρισμός και καθαρισμός με υπερήχους.....	76
7.4 Υγιεινή της θήκης των φακών επαφής.....	77
7.5 Γενικές πληροφορίες που σχετίζονται με τους φακούς επαφής.....	77

<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>79</b>
--------------------------	-----------

<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>80</b>
--------------------------	-----------



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία στηρίζεται στους φακούς επαφής, την εφαρμογή τους και τον ορθό τρόπο υγιεινής και συντήρησης τους. Οι φακοί επαφής καλύπτουν έναν ολόκληρο πεδίο, με πολύ μεγάλο ενδιαφέρον, συνδυάζοντας την επιστήμη της οπτικής, της οφθαλμολογίας αλλά και της έρευνας και της εξέλιξης στον τομέα της οπτομετρίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο μέσα από μια ιστορική αναδρομή φτάνουμε στο σήμερα διαπιστώνοντας μια τεράστια άνθιση πάνω στους φακούς επαφής με πολλές βλέψεις για το μέλλον. Ανάλογα από το υλικό το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι φακοί κατηγοριοποιούνται σε σκληρούς και μαλακούς. Ο κάθε φακός έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και τις δικές του ιδιότητες. Στην κάθε κατηγορία ξεχωριστά οι φακοί επαφής σε κάποια σημεία υπερτερούν ενώ σε κάποια άλλα υστερούν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται μια οφθαλμολογική εξέταση. Χρησιμοποιώντας τον απαραίτητο εξοπλισμό διαπιστώνουμε αν ένας υποψήφιος είναι κατάλληλος για χρήση φακών επαφής. Στη συνέχεια περιγράφεται η εφαρμογή των σκληρών και των μαλακών φακών με την χρήση φλουορεσκείνης, παρατηρώντας με αυτόν τον τρόπο αν η εφαρμογή είναι «σφιχτή», «χαλαρή» ή «κανονική».

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται όλοι οι κανόνες φροντίδας και περιποίησης των φακών επαφής, οι οποίοι έχουν καθοριστικό ρόλο σε μια σωστή εφαρμογή.

Στον τομέα της Οπτικής και της Οπτομετρίας, η συγκεκριμένη εργασία αποσκοπεί στο να αναδείξει τις βασικές κατηγορίες και τα ειδικά χαρακτηριστικά των φακών, να κατανοήσουμε μια ορθή εφαρμογή και πως αυτή επιτυγχάνεται μέσα από τους ορθούς τρόπους υγιεινής και συντήρησης. Δεν επεκτείνεται σε περαιτέρω ειδικές εφαρμογές ούτε στις πιθανότερες επιπλοκές όταν ο χρήστης δεν συμμορφώνεται με τους κανόνες σωστής χρήσης.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

### 1.1 ΜΙΑ ΙΔΕΑ ΓΕΝΝΙΕΤΑΙ

Η λειτουργία ενός φακού επαφής στηρίζεται στην ιδέα ότι η κερατοειδική οπτική ισχύς, μπορεί να τροποποιηθεί αν η επιφάνεια του κερατοειδή σταματήσει να βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα. Αυτή η αρχική ιδέα ανήκει στον Leonardo da Vinci. Ο ίδιος, στο βιβλίο του, Codex 1508, εγχειρίδιο D, ανέλυσε μια μέθοδο για άμεση διαμόρφωση της κερατοειδικής οπτικής ισχύος με βύθιση του ματιού σε νερό.

Η ιδέα αυτή, δεν περιγράφεται από τον Leonardo da Vinci για την διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών του οφθαλμού, όσο για το ενδιαφέρον του να κατανοήσει τους μηχανισμούς της προσαρμογής του ματιού. Το 1508, προτείνει την αρχή λειτουργίας των φακών επαφής, χωρίς να δημιουργήσει κάτι που θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ως ένα φακό επαφής.

Έπειτα από σχεδόν έναν αιώνα (1636), ο Rene Descartes, χρησιμοποιώντας ένα γυάλινο σωλήνα υγρού που έφερε σε άμεση επαφή με τον κερατοειδή, παρουσιάζει μια άλλη διαδικασία για την τροποποίηση της κερατοειδικής ισχύος. Η συγκεκριμένη εφαρμογή όμως, ήταν πρακτικά αδύνατη, εφόσον δεν πραγματοποιούνταν σωστά η λειτουργία του βλεφαρισμού.

Ο Thomas Young, το 1801, εφαρμόζει την ιδέα του Descartes. Κατά την διάρκεια πειραμάτων σχετικά με τους μηχανισμούς της προσαρμογής, ο Young κατασκεύασε ένα «καπέλο ματιού» γεμάτο με υγρό που θα μπορούσε να αποτελεί έναν μετέπειτα φακό επαφής. Στην βάση του καπέλου, τοποθετεί ένα προσοφθάλμιο από ένα μικροσκόπιο. Ωστόσο, και η συσκευή αυτή δεν προβλεπόταν για την διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών του οφθαλμού.

Η εκτέλεση αυτής της νέας «ιδέας» (για την διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών) αρχίζει με τον Άγγλο αστρονόμο Sir John Herschel. Το 1827 περιγράφει δύο μεθόδους για την οπτική διόρθωση: η πρώτη ήταν «μια σφαιρική κάψουλα γυαλιού γεμάτη με ζωικά ζελέ» και «έναν τύπο (καλούπι) του κερατοειδή» που θα μπορούσε να αναπαραχθεί με «κάποιου είδους διαφανές μέσο». (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

### 1.2 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΓΥΑΛΙΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Σήμερα αυτό που εμείς ονομάζουμε φακό επαφής ήταν, αρχικά, ένα γυάλινο κέλυφος για την προστασία του ματιού. Το 1887, ο Friedrich Anton Muller κατασκευάζει τα πρώτα καλύμματα ματιού από γυαλί. Το κέλυφος αυτό από καφέ γυαλί, είχε ένα «διάφανο» κεντρικό τμήμα για τον κερατοειδή και ένα πιο αδιαφανές για την κάλυψη του σκληρού χιτώνα. Επιπλέον, το ίδιο έτος, ο Louis J. Girard ανακαλύπτει μια παρόμοια φόρμα σκληρικών φακών επαφής.

Η δημιουργία μιας κατάταξης που μπορεί να ονομαστεί «φακός επαφής» πιστώνεται στον Ελβετό Adolf Fick (1888), ο οποίος εφαρμόζει τους πρώτους φακούς επαφής για διόρθωση αμετροπικών. Οι «φακοί» του, από βαρύ γυαλί, είχαν διάμετρο 18 - 21 mm, εφάπτονταν στο σκληρό χιτώνα, και γι' αυτό ονομάστηκαν και σκληρικοί ή απτικοί φακοί επαφής. Η εφαρμογή στην αρχή πραγματοποιήθηκε σε κουνέλια, στην συνέχεια στον εαυτό του, και τέλος σε μια ομάδα από εθελοντές.

Ο August Muller, το 1888, διορθώνει την δική του σοβαρή μυωπία με ένα σκληρικό φακό επαφής δικής του παραγωγής. Επιπρόσθετα, τον ίδιο χρόνο, σχεδιάζονται γυάλινοι σκληρικοί φακοί επαφής από τον Moritz Von Rohr, με τα εξής τυπικά χαρακτηριστικά: διάμετρος 20 mm, κεντρικό πάχος 0.86 mm, βάρος 0.75 gr. Η εταιρεία Carl Zeiss συστηματοποιεί την παραγωγή σκληρικών φακών επαφής (1912), υιοθέτησε το όνομα Auflageglas και αργότερα το Haftglaser (1920).

Ο Adolf Wilhelm Muller-Welt, το 1927, κατασκευάζει τους πρώτους φακούς επαφής από εκμαγείο με γυαλί Schott. Εξασφάλισε, μάλιστα, την τεχνική του το 1928. Ενώ έπειτα από ένα χρόνο, το 1929 ο Joseph Dallos τελειοποίησε μια μέθοδο για την κατασκευή πρότυπων εκμαγείων από ανθρώπινους οφθαλμούς.

Οκτώ χρόνια μετά, 1937, και ο Leopold Heine εφαρμόζει φακούς επαφής με δική τους διαθλαστική ισχύ, περιγράφοντας την χρήση φακών επαφής Zeiss από περίπου 1200 χρήστες. Τα πλεονεκτήματα που ανέφερε ήταν τα ακόλουθα: καλύτερη προοπτική, σύνθεση και εύρος όρασης, καθόλου «θάμπωμα» λόγω υγρασίας, και την ιδανικότητα για μια σειρά από δραστηριότητες όπως κολύμπι, άσκηση ιατρικής, σκι, κυνήγι, οδήγηση, γυμναστική, και πολλές άλλες. Ένας από τους ασθενείς του, ο Heinrich Wohlk, λίγα χρόνια αργότερα θα γίνει ένας από τους πρωτοπόρους των πλαστικών φακών επαφής.

Την ίδια περίπου εποχή στην Αγγλία, οι Kenneth Osmond Dunscombe, Charles Keeler και Clement Clarke διαδίδουν τους φακούς επαφής. Αντίστοιχα στην Ν. Υόρκη, οι Richard Danz και Arnold Kohler κατασκευάζουν σκληρικούς φακούς επαφής.

Οι πρώτοι αυτοί «γυάλινοι» φακοί, λόγω μεγέθους, ήταν δύσχρηστοι, με μεγάλο βάρος και μπορούσαν να φορεθούν μόνο για λίγες ώρες τη φορά. Επιπλέον, το γυαλί, δεν επιτρέπει τη διάδοση οξυγόνου, με αποτέλεσμα, την εμφάνιση υποξίας. Ο Dallos ήταν εκείνος που ερεύνησε συστηματικά αυτά τα φαινόμενα υποξίας, που αρχικά θεωρήθηκαν ως κερατοειδική θόλωση, με το όνομα «Sattler's Veil», από τον C.H. Sattler. Μια «μέθοδος» αποφυγής του μειονεκτήματος αυτού ήταν η διατήρηση μικρών οπών στο πλάι του φακού, τόσο για τη ροή δακρύων όσο και για την είσοδο οξυγόνου στην οφθαλμική επιφάνεια. (Κατσούλος-Μακρυγιώτη, 2010)

### **1.3 ΕΝΑ ΝΕΟ ΥΛΙΚΟ**

Το μοναδικό υλικό κατασκευής των φακών επαφής, ήταν το γυαλί, μέχρι την δεκαετία του 1930, όταν αναπτύχθηκε ένα συνθετικό πολυμερές, το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο (PolyMethyl MethAcrylate PMMA). Το γνωστό Perspex ή Plexiglas, το οποίο συνδυάστηκε με την τυχαία διαπίστωση του Nicholas Harold-Lloyd-Ridley, ότι είναι συμβατό με τον ανθρώπινο ιστό, όπου και οφείλουμε την χρήση του PMMA τόσο στους ενδοφακούς, που είναι το βασικό τους υλικό μέχρι και σήμερα, αλλά και στους φακούς επαφής.

Ο Αμερικανός οπτομέτρης William Feinbloom, το 1936, πραγματοποίησε κάτι τέτοιο. Οι φακοί του ήταν κατασκευασμένοι από γυαλί στο κέντρο και από πλαστικό στη σκληρική περιοχή. Επιπρόσθετα, και άλλοι οπτομέτρες και οφθαλμίατροι, μεταξύ των οποίων οι Theodore Obbrig (ο οπτομέτρης που πρώτος χρησιμοποίησε την φλουορεσκείνη ως βοήθημα στην εφαρμογή φακών επαφής), Philip Salvatori, Ernest Mullen, Itsvan Gyorffy, Solon Braff, και Edward Goodlaw, δοκίμασαν αρκετούς συνδυασμούς σκληρικών φακών επαφής αποκλειστικά με PMMA.

Σύμφωνα με τις ιδιότητες του, το PMMA, αντικατέστησε πολύ καλά τους γυάλινους φακούς επαφής, οι οποίοι έγιναν ελαφρότεροι και πιο βολικοί. Οι οπτικές του ιδιότητες είναι παρόμοιες με αυτές του γυαλιού. Είναι διαφανές στο ορατό, με δείκτη διάθλασης 1.489, που επιτρέπει ανάκλαση από μια απλή επιφάνεια της τάξης του 4%, και (για πάχος 3 mm) επιτρέπει διάδοση στο 9% του ορατού. Φιλτράρει ικανοποιητικά το υπεριώδες (UV), ιδιαίτερα σε μήκη κύματος μικρότερα των 0.3 μm και επιτρέπει διάδοση του υπέρυθρου (IR), μέχρι και 2.8 μm.

Μετά από εννέα χρόνια, η American Optometric Association (AOA), το 1945, αναγνωρίζει και επίσημα τη σημασία των φακών επαφής και θεσπίζει την εφαρμογή τους ως οργανικό τμήμα της Οπτομετρικής.

Από τους πρώτους, με μεγάλη επιτυχία, κατασκευαστές φακών επαφής από PMMA, μπορεί να θεωρηθεί ο George Nissel, με βάση την κοπή σε τόρνο. Η εταιρεία του, G. Nissel & Co, από το 1946 ήταν από τις πιο γνωστές κατασκευάστριες φακών επαφής στην Αγγλία.

Οι ιδιότητες του PMMA είναι οι ακόλουθες: ελαφρύ, με πυκνότητα 1.15 - 1.19 g/cm<sup>3</sup>, δηλαδή κάτι λιγότερο από το μισό του γυαλιού, και παρόμοια με αυτή άλλων πλαστικών. Διαθέτει πολύ καλή μηχανική αντοχή, μαλακό και ελαστικό, εύκολο στην επεξεργασία, και ταυτόχρονα με άριστη περιβαλλοντική σταθερότητα. Επιπλέον, απορροφά και διαλύει εύκολα υγρά διαλύματα. Αυτό έχει ως μειονέκτημα την «προσβασιμότητα» του αλλά ως πλεονέκτημα τη δυνατότητα διαπότισης του με νερό. Είναι, όμως, πρακτικά μη διαπερατό από το οξυγόνο.

Ο Heinrich Wohlk, το 1947, σχεδιάζει και εφαρμόζει ένα κερατοειδικό φακό με ελαφρά πιο επίπεδη καμπυλότητα. Δυο χρόνια μετά, το 1949, με αποτέλεσμα ένα «ατύχημα», διαδόθηκαν οι πρώτοι κερατοειδικοί φακοί επαφής. Ο Kevin M. Tuohy, εργαζόταν με τον Solon Braff, για την κατασκευή ενός σκληρικού φακού επαφής από PMMA, όπου κατά λάθος το «σκληρικό» μέρος του φακού έσπασε. Αποφάσισε, λοιπόν, να λειάνει τα άκρα ενός «μικρότερου» τμήματος, διαμέτρου 10 mm, διαπιστώνοντας πως αυτός ο «ελαττωματικός» φακός λειτουργούσε καλύτερα.

Οι κερατοειδικοί φακοί έχουν σαφώς μικρότερο μέγεθος και είναι πιο ελαφρότεροι από τους σκληρικούς, μιας και είναι σε διάμετρο λίγο μικρότεροι από τη διάμετρο του κερατοειδή, και δεν καλύπτουν πλέον όλη την «ορατή» επιφάνεια του οφθαλμού, ενώ θα μπορούσαν να φορεθούν πάνω από δεκαέξι ώρες την ημέρα. Το βασικό πλεονέκτημα τους, σύμφωνα με τον Tuohy, ήταν η αυξημένη ροή δακρύων στην οπίσθια επιφάνεια του φακού.

Στον αντίποδα, ένα σημαντικό μειονέκτημα των φακών PMMA είναι ότι δεν επιτρέπουν τη μετάδοση του οξυγόνου προς τον επιπεφυκότα και τον κερατοειδή. Η μόνη εναλλακτική λύση ήταν το CAB, μέχρι την δεκαετία του 1970, το οποίο διέθετε μια μικρή μεταβιβασιμότητα σε οξυγόνο, αλλά δεν είχε τις καλύτερες δυνατές οπτικές και μηχανικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα να μην συναντήσει μεγάλη επιτυχία και να μην χρησιμοποιείται πια.

Μια ποικιλία πολυμερών υλικών διαπερατά από οξυγόνο αλλά ταυτόχρονα άκαμπτα, αυξήθηκε σταδιακά, για να λυθεί αυτό το πρόβλημα. Τα υλικά αυτά ονομάζονται άκαμπτα ή σκληρά αεροδιαπερατά (Rigid Gas Permeable – RGP). Η ανάπτυξη της διαπερατότητας σε οξυγόνο οφείλεται στην ανάμιξη του MMA με γόμα σιλικόνης. Τα υλικά αυτά είναι είτε σιλοξάνες, είτε φθοριο-σιλικονούχα ακρυλικά.

Όλοι οι τύποι φακών, σκληρικοί, PMMA, και RGP, θα μπορούσαν να ονομαστούν «σκληροί», ο όρος όμως αυτός αναφέρεται πλέον μόνο στην αρχική γκάμα φακών από PMMA που ακόμα περιστασιακά εφαρμόζονται, επειδή είναι άκαμπτοι, αν και είναι ένας όρος γενικός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλους τους τύπους φακών επαφής. Επομένως, οι σκληροί φακοί (PMMA), είναι ένα υποσύνολο των άκαμπτων φακών. Ο όρος που επικρατεί σήμερα για τους φακούς RGP είναι σκληρικοί αεροδιαπερατοί. (Ο όρος «ημίσκληροι» για κάποιο διάστημα χρησιμοποιήθηκε για τους φακούς από CAB. Σήμερα, «ανεπίσημα» χρησιμοποιείται για τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς επαφής).

Απλώς «αεροδιαπερατοί» αναφέρονται οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί RGP, αλλά είναι παραπλανητικό, αφού και οι μαλακοί φακοί είναι επίσης αεροδιαπερατοί, επιτρέποντας στο οξυγόνο να διαδοθεί μέσα από το φακό προς την οφθαλμική επιφάνεια. Οι μαλακοί φακοί, ωστόσο, ήρθαν πολύ αργότερα στο προσκήνιο, με αποτέλεσμα τον όρο «αεροδιαπερατοί» να τον κρατούν οι φακοί RGP.

Τόσο οι σκληροί, όσο και οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί, έχουν και ένα άλλο μειονέκτημα: τη μειωμένη άνεση του χρήστη καθώς τα βλέφαρα ακουμπούν κατά το βλεφαρισμό σε ένα συμπαγές υλικό. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

#### **1.4 ΤΑ ΥΔΡΟΦΙΛΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙ ΜΑΛΑΚΟΙ ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ**

Ο Wichterle δημιούργησε μια πρωτόγονη διάταξη περιστροφής ή φυγοκέντρωσης, σχεδιάζοντας μόνος του, και χρησιμοποιώντας «ανταλλακτικά» από ένα παιδικό ποδήλατο και ένα φωνογράφο, τους πρώτους μαλακούς φακούς επαφής.

Το 1961, θεωρείται η αρχή των σύγχρονων αυτών φακών επαφής. Οι οποίοι ήταν σαφώς πιο λεπτοί και πιο άνετοι από τους σκληρούς. Με βάση το ακρυλικό μονομερές HydroxyEthylMethAcrylate, HEMA (εμπορική ονομασία ROCRYL 400), δημιουργείται το πολυμερές PolyHydroxyEthylMethAcrylate (pHEMA) όπου με μια ή περισσότερες υδροξυλικές ομάδες το καθιστούν υδρόφιλο. Στην ξηρή του μορφή είναι «εύθραυστο», με αποτέλεσμα να το καθιστά εύκολο στο να πάρει το επιθυμητό σχήμα στον τόρνο. Όταν όμως το πολυμερές βυθιστεί σε υδάτινο διάλυμα, απορροφά, και ανάλογα με την σύσταση του, μπορεί να διατηρήσει από 10 ως και 600% νερό σε σύγκριση με το ξηρό του βάρος. Έτσι, γίνεται εύκαμπτο, διαυγές στο ορατό, με δείκτη διάθλασης 1.449, ειδικό βάρος 1.07, και ταυτόχρονα συμβατό με τον ανθρώπινο ιστό.

Οι υδρόφιλοι ή μαλακοί φακοί επαφής μπορεί να περιέχουν νερό σε ποσοστό επί του βάρους τους μέχρι 45% για τους φακούς χαμηλής περιεκτικότητας, περίπου 45-55% για μέσης, και πάνω από 55% για φακούς μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό.

Στη συνέχεια εμφανίστηκαν φακοί με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό, σε ποσοστό που άγγιζε το 60%, όπως ο Naturalens της Καναδικής Griffin Contact Lens Lab. Σημαντική, επιπλέον, παράμετρος θεωρείται η δυνατότητα οξυγόνωσης της οφθαλμικής επιφάνειας. Είτε με την διέλευση οξυγόνου μέσα από το υλικό του φακού, είτε με το βλεφαρισμό, η επαρκής οξυγόνωση του κερατοειδή είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αποφυγή επιπλοκών υποξίας. Ο πρώτος φακός που αναπτύχθηκε με έμφαση σ' αυτή την παράμετρο της διαπερατότητας του οξυγόνου, ήταν ο φακός Permalens της Global Contact lenses (1971), ο οποίος επέτρεπε μεγαλύτερες περιόδους συνεχούς χρήσης.

Οι μαλακοί φακοί επαφής, παρόλο που δεν διέθεταν στην αρχή τη διαπερατότητα σε οξυγόνο των σκληρών αεροδιαπερατών, γίνονται αποδεκτοί από ειδικούς και από το κοινό, κυρίως για την αυξημένη άνεση που διαθέτουν. Σταδιακά η αεροδιαπερατότητα βελτιώθηκε με την πρόοδο των πολυμερών. Στη δεκαετία του 1970, οι μαλακοί φακοί αποκτούν την έγκριση του Food and Drug Administration (FDA), το υλικό polyacon (Soflens). (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

### 1.5 ΟΙ ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ ΣΗΜΕΡΑ

Για περίπου 30 χρόνια, το υλικό που επιλεγόταν για τους φακούς επαφής ήταν η υδρογέλη. Η γόμα σιλικόνης θα μπορούσε να θεωρηθεί μια εναλλακτική λύση, διαθέτει όμως τα δυο ακόλουθα μειονεκτήματα: δεν είναι υδρόφιλη και είναι πολύ ελαστική για να «τριφτεί» στον τόρνο, αλλά και να προσφέρει άνεση στη χρήση.

Αυτό αλλάζει, το 1999, όταν έγινε εφικτή η χημική ένωση των παραγώγων HEMA με τη σιλικόνη, στη σιλικόνη-υδρογέλη. Οι φακοί σιλικόνης-υδρογέλης έχουν τα οφέλη τόσο της σιλικόνης, διαπερατότητα οξυγόνου, όσο και της υδρογέλης, δηλαδή την άνεση και τις κλινικές επιδόσεις. Αρχικά, ο στόχος των φακών αυτών ήταν κυρίως στην αγορά της παρατεταμένης χρήσης, αν και πιο πρόσφατα, έχουμε και τους ημερήσιας χρήσης φακούς σιλικόνης-υδρογέλης.

Μια επιπλέον εξέλιξη είναι το Menicon σε ένα ελαφρά τροποποιημένο μόριο, μια πολική ομάδα προστίθεται χωρίς αλλαγή της δομής της σιλικόνης-υδρογέλης. Το Menicon χρησιμοποιείται στους δεύτερης γενιάς φακούς υδρογέλης-σιλικόνης, όπως galyfilcon A (Acuvue Advance, Vistakon) και senofilcon A (Acuvue Oasys, Vistakon). Η τρίτη γενιά πολυμερών ξεκινάει με το Comfilcon A (Biofinity, CooperVision), ενώ ένα ακόμη υλικό της (τρίτης γενιάς) αποτελεί το Enfilcon A (Avaira, CooperVision), με 46% περιεκτικότητα σε νερό. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

1960: Οι Wichterle και Lim κατασκευάζουν τους πρώτους υδρόφιλους μαλακούς φακούς επαφής. 1971: Οι μαλακοί φακοί διατίθενται εμπορικά στην Αμερική. 1978: Οι πρώτοι τορικοί φακοί διατίθενται εμπορικά στην Αμερική. 1979: Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί (RGP) από PMMA και silicone. 1980: Εμφάνιση των χρωματισμένων φακών ημερήσιας χρήσης. 1981: Διάθεση φακών συνεχούς χρήσης. 1982: Διάθεση διπλεσσιακών φακών επαφής. 1987: Διάθεση ημερήσιων μαλακών φακών επαφής. 1978: Νέο σκληρό αεροδιαπερατό υλικό (fluorosilicone acrylate). 1998: Πρώτοι πολυεστιακοί φακοί επαφής συχνής αντικατάστασης. 1999: Νέα γενιά μαλακών φακών συνεχούς χρήσης με σιλικόνη.
---

«Η σύγχρονη εποχή στους φακούς επαφής»

### 1.6 ΟΙ ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ ΑΥΡΙΟ

Η έννοια «φακοί επαφής» καλύπτει ένα πεδίο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, ένας συνδυασμός τόσο από τη βασική επιστήμη της οπτικής, όσο και από την ιατρική επιστήμη της οφθαλμολογίας, αλλά και τη συνεχή έρευνα και εξέλιξη στο πεδίο της χημείας, της βιολογίας, και των υλικών. Αυτή η εξέλιξη, έχει την δυνατότητα να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο στο μέλλον.

Πολλές εφαρμογές φακών επαφής που μπορεί να θεωρούνται «εξωπραγματικές» ή «αδύνατες», βρίσκονται σήμερα στο στάδιο έρευνας, με σκοπό στο κοντινό μέλλον κάποιες από αυτές να καταφέρουν να πραγματοποιηθούν. Μερικές από αυτές είναι: το γεγονός ότι ο φακός έρχεται σε επαφή με τον οφθαλμό, ένα όργανο το οποίο διαθέτει ισχυρό μεταβολισμό, όπως είναι ο κερατοειδής, δίνει στους επιστήμονες την δυνατότητα να «δημιουργήσουν» νέες θεραπευτικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, ο τύπος φακού επαφής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαβητικούς ασθενείς για την αποφυγή των ενέσεων που είναι αναγκασμένοι να κάνουν καθημερινά για το γλυκαιμικό τους έλεγχο. Οι συγκεκριμένοι αυτοί φακοί αντιδρούν χημικά με τη γλυκόζη στα δάκρυα, και όταν εντοπίσουν κάποια αλλαγή, αλλάζουν χρώμα. Καθοριστικός παράγοντας σε αυτή την μέθοδο είναι ο χρόνος, εφόσον το σάκχαρο φτάνει στα δάκρυα 30 λεπτά νωρίτερα απ' ότι στο αίμα.

Επιπρόσθετα, οι φακοί αυτοί θα πραγματοποιούν αυτόματο τσεκάπ στους ασθενείς ελέγχοντας τους βιοδείκτες στο αίμα. Ταυτόχρονα, σε εξέλιξη βρίσκεται μια μέθοδος τσεκάπ με φακούς επαφής εξοπλισμένους με κύκλωμα μικρουπολογιστή. Μέσα στο κύκλωμα αυτό θα υπάρχει ένας ραδιοπομπός ο οποίος θα λαμβάνει πληροφορίες για την υγεία του ασθενή, αφού τα αιμοφόρα αγγεία του οφθαλμού διαθέτουν πολλούς «βιοδείκτες», για την αναιμία, το διαβήτη, τη χοληστερόλη και πολλές άλλες παθήσεις.

Σήμερα, επιπλέον ερευνάται η χρήση έγχρωμων φίλτρων σε φακούς επαφής, για την βοήθεια ανάγνωσης σε άτομα με δυσλεξία, ή σε άτομα που γενικά δυσκολεύονται στην ανάγνωση. Πιθανότατα η αλλαγή του χρώματος στο φόντο του κειμένου, από λευκό σε κάποιο άλλο χρώμα, να μπορέσει να βοηθήσει ώστε η ανάγνωση να είναι πιο εύκολη. Το λευκό φως, ίσως να δημιουργεί κάποιου είδους σύγχυση, όταν ο εγκέφαλος επεξεργαστεί την σχετική πληροφορία. Ενδεχομένως λοιπόν κάποιοι φακοί επαφής, με την τοποθέτηση ειδικών φίλτρων να μπορούν να περιορίσουν τις διερχόμενες συχνότητες του φωτός, και να απορροφήσουν, για παράδειγμα συγκεκριμένα μήκη κύματος, με αποτέλεσμα να ελαττωθεί έτσι ο όγκος της δεδομένης πληροφορίας που ο εγκέφαλος πρέπει να επεξεργαστεί για την ανάγνωση.

Άλλοι επιστήμονες, στο New South Wales University, για να θεραπεύσουν παθήσεις του κερατοειδή, χρησιμοποιούν ενήλικα βλαστικά κύτταρα επάνω στους φακούς επαφής. Πιο συγκεκριμένα, αφαίρεσαν βλαστοκύτταρα από τρεις ασθενείς και τα ακούμπησαν πάνω σε φακούς, που τους τοποθέτησαν μετέπειτα στα μάτια τους για τρεις εβδομάδες. Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα, τα βλαστοκύτταρα μετακινήθηκαν από το φακό και άρχισαν να θεραπεύουν τον κερατοειδή.

Άλλοι ερευνητές, στο University of Florida, αναπτύσσουν φακούς επαφής πάνω στους οποίους τοποθετούν κατάλληλα φάρμακα για κοινές οφθαλμικές παθήσεις, όπως είναι η ξηροφθαλμία και το γλαύκωμα. Ο φακός «κατανέμει» πιο σωστά το φάρμακο στον οφθαλμό απ' ότι ένα κολλύριο, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο περισσότερο στη θεραπεία.

Όπως είναι φυσιολογικό και επόμενο, πρόκειται να συμβούν αλλαγές σε όλους τους τομείς που συνδέονται με τους φακούς επαφής. Σημαντικό όμως ρόλο αποτελεί και η συντήρησή τους, καθώς φαίνεται επικρατεί η τάση στα οικολογικά προϊόντα, πολλές είναι οι εταιρείες κατασκευής συστημάτων φροντίδας που έχουν εστιάσει στην παραγωγή προϊόντων που έχουν ως βάση την φύση και τον ίδιο τον οφθαλμό. Εξέλιξη αναμένεται στο χώρο με την εμφάνιση προϊόντων τα οποία θα είναι

βιομιμητικά, θα διαθέτουν δηλαδή ως κύριο δραστικό παράγοντα ουσίες οι οποίες βρίσκονται μέσα στον οφθαλμό αλλά και σε ολόκληρο τον ανθρώπινο οργανισμό. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2. Η ΟΠΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

Οι φακοί επαφής, όπως και οι φακοί σε «σκελετό», παρεμβαίνουν στο οπτικό σύστημα του οφθαλμού με σκοπό τη διαθλαστική διόρθωση. Πρέπει να κατανοήσουμε τις βασικές διαφορές μεταξύ των φακών επαφής και των φακών σε «σκελετό» σε ό, τι αφορά στο φορέα-χρήστη, αλλά και την πλευρά της «καθαρής» οπτικής, σε ό, τι αφορά στη σωστή σχεδίαση και εφαρμογή των φακών επαφής.

Υπάρχουν ορισμένα «οφθαλμοφανή» πλεονεκτήματα της χρήσης φακών επαφής, με πρώτο τη μη χρήση σκελετού και γυαλιού. Τα μάτια φαίνονται στον εξωτερικό παρατηρητή στο πραγματικό τους μέγεθος, και όχι μεγεθυμένα (με τα υπερμετρωπικά) ή μικρότερα (με τα μυωπικά γυαλιά). Είναι επιπλέον παρελθόν οι έντονες ανακλάσεις και οι όποιες παραμορφώσεις με τα γυαλιά όρασης.

Ένα ακόμα όφελος είναι η σημαντική μείωση των σφαλμάτων. Στην καλύτερη περίπτωση, όπου το σφαιροκυλινδρικό σφάλμα έχει διορθωθεί πλήρως, μια σειρά από «δευτερεύοντα» οπτικά σφάλματα όπως κόμη, δευτερεύων αστιγματισμός, παραμόρφωση, καμπύλωση πεδίου, και χρωματικό σφάλμα, είναι αναπόφευκτα με τα γυαλιά όρασης, ιδιαίτερα στις μεγάλες διορθώσεις και σε μεγάλες αποστάσεις κορυφής. Με τους φακούς επαφής, τα σφάλματα αυτά είναι σημαντικά μειωμένα.

Ειδικά σε ό, τι αφορά στη διόρθωση του αστιγματισμού, η εφαρμογή φακών επαφής αποκτά ένα ακόμα πλεονέκτημα σε σύγκριση με τα γυαλιά όρασης, το ότι διορθώνει τον αστιγματισμό στη ρίζα του, που είναι, τις περισσότερες φορές, κερατοειδικός. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 2-1)

#### 2.1 ΟΠΤΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ

Ο βασικός ρόλος των φακών επαφής, όπου και αποδίδεται το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, είναι η διόρθωση των σφαιροκυλινδρικών αμετρωπιών, δηλαδή μυωπία, υπερμετρωπία, και αστιγματισμός. Τοποθετώντας ένα διορθωτικό φακό επαφής στοχεύουμε στο να καταστήσουμε ένα μυωπικό, υπερμετρωπικό ή αστιγματικό οφθαλμό, σε εμμετρωπικό.

Το σημείο που είναι συζυγές με τον αμφιβληστροειδή όταν η προσαρμογή είναι χαλαρή, ονομάζεται απώτερο σημείο (για ευκρινή μακρινή όραση). Σε ένα εμμετρωπικό οφθαλμό το απώτερο σημείο είναι στο οπτικό άπειρο, αντίθετα σε ένα μυωπικό βρίσκεται μπροστά από τον οφθαλμό, ενώ σε έναν υπερμετρωπικό είναι φανταστικό και βρίσκεται πίσω από τον αμφιβληστροειδή.

Για να πραγματοποιηθεί σωστά η οπτική διόρθωση πρέπει να μετατοπιστεί το απώτερο σημείο στο άπειρο, χρησιμοποιώντας ένα φακό με την κατάλληλη ισχύ στην κατάλληλη θέση. Για τη διόρθωση της μυωπίας, τοποθετείται σε κάποια απόσταση από το μάτι ένας φακός με αρνητική οπτική ισχύ, τέτοια ώστε η δευτερεύουσα εστία του φακού να συμπίπτει με το απώτερο σημείο του μυωπικού οφθαλμού. Αντίστοιχα, για τη διόρθωση της υπερμετρωπίας, η κύρια εστία του φακού με θετική οπτική ισχύ είναι το απώτερο σημείο του υπερμετρωπικού οφθαλμού.

Παράλληλα, για την κοντινή όραση έχουμε το εγγύτατο σημείο, το οποίο είναι συζυγές με τον αμφιβληστροειδή όταν η προσαρμογή έχει τη μέγιστη τιμή της. Το εγγύτατο σημείο βρίσκεται μπροστά από τον οφθαλμό στη μυωπία και την



εμμετρωπία, ενώ στην υπερμετρωπία, ανάλογα με το βαθμό της και το εύρος της προσαρμογής, μπορεί αν βρίσκεται πίσω από τον αμφιβληστροειδή ή μπροστά από τον οφθαλμό. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

### 2.1.1 Ισχύς και απόσταση κορυφής

Η ισχύς κορυφής ή μετωπιαία ισχύς (Vertex Power PV), που συνδέεται με την πραγματική ισχύ στον αέρα και την απόσταση κορυφής, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Ισχύς Κορυφής(dpt)} = \frac{\text{Πραγματική Οπτική Ισχύς(dpt)}}{1 - \text{Απόσταση Κορυφής(m)}} \times \text{Πραγματική Οπτική Ισχύς(dpt)}$$

Η απόσταση του φακού από τον κερατοειδή ονομάζεται απόσταση κορυφής (vertex distance) και τα σημεία που ο οπτικός άξονας τέμνει τις εξωτερικές επιφάνειες του φακού ονομάζονται σημεία κορυφής (vertex points). Τα σημεία αυτά έχουν εύκολη πρόσβαση και η απόσταση τους από τα εστιακά σημεία είναι εύκολα μετρήσιμη (με τη βοήθεια του φακόμετρου). (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

## 2.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΦΑΚΟΥ ΕΠΑΦΗΣ

Η δράση των διορθωτικών φακών επαφής εξουδετερώνει την κύρια αιτία των διαθλαστικών σφαλμάτων, που βρίσκεται στην οπτική ισχύ της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας. Ο φακός επαφής, δηλαδή «αντικαθιστά» το υφιστάμενο σχήμα της κερατοειδικής επιφάνειας με μια νέα διαθλαστική επιφάνεια.

### 2.2.1 Βασικά χαρακτηριστικά

Ο φακός επαφής διαθέτει τα χαρακτηριστικά ενός μηνίσκου (meniscus) φακού. Αποτελείται από δύο καμπύλες οπτικές επιφάνειες (δίοπτρα), οι οποίες μπορούν να μελετηθούν ξεχωριστά. Η πρώτη είναι η επιφάνεια που σχηματίζει ο αέρας με την εξωτερική καμπύλη του φακού, και η δεύτερη, η εσωτερική επιφάνεια του φακού με τη δακρυστική στιβάδα.

Στο φακό διακρίνουμε την ακτίνα καμπυλότητας (radius of curvature) για κάθε μια επιφάνεια, και την ακτίνα σφαίρας, τμήμα της οποίας θεωρούμε ότι είναι η επιφάνεια. Στην εξωτερική επιφάνεια έχουμε την πρόσθια-εξωτερική (Front Surface Radius FSR) και στην εσωτερική την πρόσθια-εσωτερική ακτίνα καμπυλότητας, που συχνά ονομάζεται βασική ακτίνα καμπυλότητας (base curve radius ή back optical zone radius BOZR), γιατί είναι η «βάση» της εφαρμογής, ή ακτίνα καμπυλότητας οπτικής ζώνης. Οι ακτίνες αυτές εκφράζονται σε mm και μετατρέπονται σε dpt με την κερατομετρική εξίσωση. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 2-8 - 2-9)

### 2.2.2 Οπτική ισχύς φακού επαφής

Για να υπολογίσουμε την οπτική ισχύ ενός φακού επαφής θα πρέπει να γνωρίζουμε τους δείκτες διάθλασης (refractive index) των μέσων και τις ακτίνες καμπυλότητας. Εξωτερικά βρίσκεται αέρας, με δείκτη διάθλασης  $n=1$ . Σε ένα σκληρό αεροδιαπερατό φακό επαφής ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω στον οφθαλμό, ο χώρος μεταξύ φακού και κερατοειδή γεμίζει με τη δακρυστική στιβάδα, που μπορούμε να αποκαλέσουμε φακό δακρύων με δείκτη διάθλασης πολύ κοντά σε αυτή του νερού,  $n=1.336 \pm 0.001$ .

Οι μεταβλητές είναι ο δείκτης διάθλασης του φακού  $n'$ , και οι ακτίνες καμπυλότητας των επιφανειών. Για να μετρήσουμε τη διαθλαστική ισχύ κάθε επιφάνειας, χρησιμοποιούμε τη σχέση ισχύος οπτικού διόπτρου:

$$\text{Οπτική Ισχύς } P(\text{dpt}) = \frac{\text{εσωτερικός} - \text{εξωτερικός δείκτης διάθλασης}}{\text{ακτίνα καμπυλότητας } (m)}$$

Για παράδειγμα: Για να βρούμε την οπτική ισχύ ενός φακού επαφής αρκεί να κάνουμε μια απλή πρόσθεση. Για δείκτη διάθλασης υλικού (PMMA,  $n=1.49$ ), και για ακτίνες καμπυλότητας  $FSR=7.00$  mm και  $BOZR=7.80$  mm, οι επιφάνειες θα έχουν οπτική ισχύ ίση με:

$$\text{Εξωτερική} = 1.49 - 1 / 0.0070 = + 70.00 \text{ (dpt)}$$

$$\text{Εσωτερική} = 1.336 - 1.49 / 0.0078 = -19.75 \text{ (dpt)}$$

Ο φακός αυτός, δηλαδή, σε επαφή με τον οφθαλμό, έχει οπτική ισχύ  $+50.25$  dpt.

Στον παραπάνω υπολογισμό αγνοήσαμε το πάχος του φακού. Για να είμαστε ακριβείς, οι φακοί επαφής δεν μπορούν να θεωρηθούν λεπτοί, επειδή έχουν μικρές ακτίνες καμπυλότητας. Αν ο φακός έχει πάχος  $0.4$  mm, τότε η διόρθωση είναι  $0.371$  dpt, και η ολική οπτική ισχύς του φακού γίνεται  $50.63$  dpt. Γνωρίζουμε ότι αυτές οι σχέσεις βασίζονται στην παραξονική προσέγγιση. Επιπλέον αγνοήσαμε και τα λεπτά στρώματα αέρα μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας του φακού και της δακρυϊκής στιβάδας, και μεταξύ της δακρυϊκής στιβάδας και κερατοειδή. Σε αυτή την περίπτωση δεν υφίσταται πραγματική απόκλιση, κυρίως γιατί οι «αέρινοι φακοί» αυτοί είναι πλάνο (afocal), ιδιαίτερα λεπτοί με παράλληλες τις επιφάνειες τους. Ας θεωρήσουμε ότι πράγματι υπάρχει αέρας ανάμεσα στο φακό και το φακό δακρύων.

Στην πορεία των ακτινών προς το οπτικό σύστημα του οφθαλμού συναντάμε τις ακόλουθες οπτικές επιφάνειες: δακρυϊκή στιβάδα-εξωτερική επιφάνεια κερατοειδή, εσωτερική κερατοειδική επιφάνεια-υδατοειδές υγρό, υδατοειδές υγρό-πρόσθια επιφάνεια κρυσταλλοειδή φακού, και οπίσθια επιφάνεια κρυσταλλοειδή φακού-υαλώδες σώμα. Αυτές θεωρούνται οι βασικές διαθλαστικές επιφάνειες του οπτικού συστήματος του οφθαλμού, με μια βασική διαφορά: η οπτική ισχύς του κερατοειδή είναι δραστικά αλλαγμένη, μιας και μπροστά από τον κερατοειδή δεν βρίσκεται ο αέρας, αλλά ο φακός δακρύων.

Με τον φακό επαφής, «εξουδετερώνεται» η πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια, στην ουσία δεν «λειτουργεί» πλέον και η οπτική λειτουργία του κερατοειδή πρακτικά ακυρώνεται. Αυτή ακριβώς είναι και η λειτουργία του φακού επαφής. Η κύρια διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού είναι πλέον η πρόσθια επιφάνεια του φακού επαφής. (Κατσούλος-Μακρυγιώτη, 2010)

### 2.2.3 Οπτική ισχύς φακού δακρύων

Ως φακό δακρύων, ορίζουμε τη δακρυϊκή στιβάδα (tear film) όταν υφίσταται διαφορά στην ακτίνα καμπυλότητας μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας του φακού επαφής και της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας. Προφανώς κάτι τέτοιο δεν ισχύει στους μαλακούς φακούς, που εφαρμόζουν στο σχήμα του κερατοειδή, αλλά είναι σημαντικός παράγοντας στους σκληρούς φακούς, και γενικά στους φακούς που διατηρούν το σχήμα τους μετά την εφαρμογή τους στο μάτι. Η οπτική ισχύς του φακού δακρύων υπολογίζεται από τη σχέση της οπτικής ισχύος:

Οπτική Ισχύς Φακού Δακρύων(dpt) Ρφακού δακρύων στον αέρα =

$$\frac{1.336 - 1}{\text{BOZR}} + \frac{1 - 1.336}{R_{\text{κερατοειδή}}} = K_{\text{BOZR}} - K_{\text{κερατοειδή}}$$

όπου θεωρούμε ότι 1.336 περίπου ίσο 1.3375 και έτσι η οπτική ισχύς του φακού δακρύων είναι η κερατομετρική ένδειξη K (K reading, σε dpt) της οπίσθιας επιφάνειας του φακού επαφής μείον αυτή του κερατοειδή (δείκτης διάθλασης κερατοειδή=1.3375).

Η πιο χρήσιμη σχέση για την οπτική ισχύ του φακού δακρύων είναι η κλίμακα του Heine (Heine's scale), που μας λέει ότι για κάθε 0.10 mm αλλαγή στη διαφορά στην ακτίνα καμπυλότητας μεταξύ της κερατοειδικής επιφάνειας ( $R_{\text{κερατοειδή}}$ ) και της οπίσθιας επιφάνειας του φακού (BOZR), προκύπτει αλλαγή στην οπτική ισχύ του φακού δακρύων κατά 0.50 dpt. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

## 2.2.4 Φακός επαφής και οπτική διόρθωση

Η οπτική διόρθωση του φακού επαφής, μετράται όταν ο φακός βρίσκεται στον αέρα συν, αν υφίσταται, η οπτική ισχύς P του φακού δακρύων στον αέρα:

$$\text{Οπτική διόρθωση } R_x = P_{\text{φακού επαφής στον αέρα}} + P_{\text{φακού δακρύων στον αέρα}}$$

Η οπτική διόρθωση  $R_x$  εκφράζεται από τη σχέση, γνωστή και ως εξίσωση του Sarver:

$$\text{Οπτική διόρθωση } R_x = P_{\text{φακού επαφής στον αέρα}} + K_{\text{BOZR}} - K_{\text{κερατοειδή}}$$

Όταν ο φακός εφαρμόζει ακριβώς (on K fit) σημαίνει ότι η οπίσθια επιφάνεια του είναι ακριβώς παράλληλη με τον πιο επίπεδο μεσημβρινό του κερατοειδή, και τότε  $K_{\text{BOZR}} = K_{\text{κερατοειδή}}$  (ο φακός δακρύων έχει μηδενική ισχύ, με την προϋπόθεση ότι οι κερατομετρικές ενδείξεις είναι παρόμοιες στους δύο μεσημβρινούς). Η οπτική διόρθωση είναι ίση με την οπτική ισχύ του φακού στον αέρα.

Όταν μετράμε τη διάθλαση πάνω από ένα δοκιμαστικό φακό επαφής με ισχύ, η υπερδιάθλαση ή επιδιάθλαση ( $P_{\text{υπερδιάθλαση}}$ ) είναι η οπτική ισχύς του φακού που πρέπει να προστεθεί αριθμητικά στην οπτική ισχύ του φακού για να διορθώσει την αμετρωπία: (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 2-13 – 2-14)

$$P_{\text{φακού επαφής στον αέρα}} = P_{\text{δοκιμαστικού φακού}} + P_{\text{υπερδιάθλασης}}$$

και έτσι, οπτική διόρθωση

$$R_x = P_{\text{δοκιμαστικού φακού}} + P_{\text{υπερδιάθλασης}} + K_{\text{BOZR}} - K_{\text{κερατοειδή}}$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### 3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

#### 3.1 ΥΛΙΚΑ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

Τα υλικά των φακών επαφής είναι συνήθως πολυμερή (polymers), ένα αποτέλεσμα διασταύρωσης απλών χημικών ενώσεων, γνωστά ως μονομερή. Όταν για τη δημιουργία του υλικού χρησιμοποιούνται περισσότερα μονομερή, τότε έχουμε ένα συμπολυμερές υλικό. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για το υλικό των φακών επαφής είναι οι επαναλαμβανόμενες μονάδες, που διασταυρώνονται μεταξύ τους δίνοντας στο τελικό υλικό τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του.

Ιστορικά, όλα τα υλικά των σημερινών φακών επαφής, υδρόφιλων και σκληρών αεροδιαπερατών, προέρχονται από:

- MMA, μεθυλ-μεθακρυλικό (Methyl-MethAcrylate), και
- γόμα σιλικόνης (silicon rubber ή silicon elastomer).

Από πολυμερισμό του MMA προήλθε το PMMA, το πρώτο «μη γυάλινο» υλικό φακών επαφής, που είναι θερμοπλαστικό, με καλή μηχανική αντοχή, καλή ικανότητα διαβροχής της επιφάνειάς του, εύκολο στην επεξεργασία και στην απολύμανση, αλλά και πρακτικά μη διαπερατό από το οξυγόνο. Η γόμα σιλικόνης είναι ελαστικό υλικό, ιδιαίτερα υδρόφοβο, και διαπερατό σε πολύ μεγάλο βαθμό από το οξυγόνο, σε μεγαλύτερο βαθμό από οποιοδήποτε άλλο υλικό φακών επαφής. Η εξέλιξη των υλικών των φακών επαφής ουσιαστικά ακολούθησε δύο δρόμους (και αργότερα τρεις), με βάση αυτά τα υλικά:

- συμπολυμερισμός του MMA με υδρόφιλα πολυμερή, που είναι και ικανά να απορροφούν και να κατακρατούν διάχυτο οξυγόνο. Ο δρόμος αυτός κατέληξε στη HEMA, το πρώτο υδρόφιλο υλικό και ακολούθησαν τα σύγχρονα υδρόφιλα υλικά, με αυξημένη υδροφιλία.
- την ανάμιξη του MMA με τη γόμα σιλικόνης, που οδήγησε στα σκληρά ή άκαμπτα αεροδιαπερατά υλικά (RGP). Τη δεκαετία του 1970 παρουσιάζονται τα πρώτα πολυμερή του MMA με σιλικόνη, που σταδιακά αυξάνονται σε ποικιλία και προσφέρουν καλύτερη διαπερατότητα οξυγόνου.
- όταν έγινε εφικτή και η χημική ένωση των οργανικών ενώσεων με τη σιλικόνη, είχαμε την εμφάνιση της οικογένειας της σιλικόνης-υδρογέλης. Η εξέλιξη αυτή έγινε εφικτή τη δεκαετία του 1990, καθώς η χημική ανάμιξη της σιλικόνης με τις οργανικές αλυσίδες, μπορεί να παρομοιαστεί με την ανάμιξη νερού με λάδι.

Με βάση το υλικό τους, οι φακοί επαφής κατηγοριοποιούνται σε σκληρούς και μαλακούς. Στους σκληρούς φακούς διακρίνουμε τους συμβατικούς σκληρούς (δηλαδή φακούς από PMMA), τους σκληρικούς, και τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς (δηλαδή φακούς από RGP υλικά). Στους μαλακούς διακρίνουμε τους φακούς υδρογέλης, τους φακούς σιλικόνης και τους φακούς σιλικόνης-υδρογέλης. Οι φακοί υδρογέλης και οι φακοί σιλικόνης-υδρογέλης είναι υδρόφιλοι. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-1 -5-2)

### 3.1.1 Υλικά σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής

Τα πρώτα σκληρά αεροδιαπερατά (rigid gas permeable) υλικά ήταν πολυμερή του MMA με αλυσίδες σιλικόνης. Διατηρώντας όλα τα πλεονεκτήματα του PMMA, η σιλικόνη αναίρεσε το σημαντικό μειονέκτημα του PMMA, δηλαδή τη μη διαπερατότητα οξυγόνου, καθώς τα άτομα στις αλυσίδες σιλικόνης είχαν αραιή διάταξη, επιτρέποντας τη διάχυση των μορίων οξυγόνου.

Τα πρώτα υλικά ονομάστηκαν σιλικο-ακρυλικά ή σιλοξάνες-μεθακρυλικά (silico-acrylates ή siloxane-methacrylates S/A). Εκτός από τις βασικές αλυσίδες άνθρακα και σιλικόνης, διέθεταν παράγοντες εφύγρανσης (wetting agents) και διασύνδεσης των αλυσίδων (cross-linking agents) όπως το Ethylene Glycol DiMethAcrylate (EGDMA). Οι δύο αυτοί παράγοντες συντελούν ιδιαίτερα στο να μειωθεί η υδροφοβία του σιλικονούχου μέρους, και να αυξηθεί η μηχανική του σταθερότητα, αντίστοιχα. Ειδικότερα, η υδροφοβία αυτών των υλικών εξαιτίας της σιλικόνης, συχνά οδηγεί σε αυξημένη εναπόθεση λιπιδίων στην επιφάνεια του φακού.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω, προστέθηκε και ένα τρίτο βασικό υλικό στη χημική σύσταση του υλικού, το φθόριο (fluorine), και τα νέα υλικά ονομάστηκαν φθοριο-σιλικονούχα ακρυλικά (fluoro-silicone acrylates F-S/A). Το φθοριούχο τμήμα του υλικού επιδρά με τη βλεννώδη στιβάδα των δακρύων, βοηθώντας στην ομοιόμορφη διασπορά των δακρύων πάνω στο φακό, συμβάλλοντας έτσι στην αντίσταση στις εναποθέσεις. Το φθοριούχο τμήμα αυξάνει επίσης τη διαπερατότητα σε οξυγόνο, καθώς τα μόρια του οξυγόνου δείχνουν μια προτίμηση στο να διαλύονται ανάμεσα στις αλυσίδες του φθοριούχου τμήματος (και όχι να διαχέονται, όπως στη σιλικόνη). Επιπρόσθετα, τα φθοριο-σιλικονούχα υλικά έχουν μεγαλύτερη διαστατική σταθερότητα (dimensional stability). Σήμερα τα φθοριο-σιλικονούχα αντιπροσωπεύουν τη μεγάλη πλειοψηφία των σκληρών αεροδιαπερατών υλικών, και κυκλοφορούν σε παραλλαγές με ποικίλη διαπερατότητα οξυγόνου. Παράλληλα, κυκλοφορούν και ορισμένα σιλικο-ακρυλικά υλικά. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-2 – 5-3)

### 3.1.2 Υλικά μαλακών φακών επαφής

Τα υλικά που χαρακτηρίζονται ως μαλακά, είναι η υδρογέλη, η σιλικόνη, και η σιλικόνη-υδρογέλη, αντίστοιχα. Η υδρογέλη είναι το συμβατικό υλικό, το πρώτο πραγματικά υδρόφιλο, όπου και κυριάρχησε για πολλά χρόνια στην κατασκευή φακών επαφής. Η σιλικόνη είναι ένα υλικό ιδιαίτερα ελαστικό, αλλά υδρόφοβο, και φακοί μόνο από σιλικόνη είναι περιορισμένοι. Ενώ, η σιλικόνη-υδρογέλη, συνδυάζει τα πλεονεκτήματα και των δύο.

Η υδρογέλη είναι το κύριο υδρόφιλο υλικό. Στην κατηγορία των υδρόφιλων υλικών κατατάσσεται και η σιλικόνη-υδρογέλη. Αν και η σιλικόνη από μόνη της δεν απορροφά νερό, το «νέο» υλικό που προκύπτει από την ένωση της σιλικόνης με τα μονομερή που συνιστούν την υδρογέλη, έχει υδροφιλία, που οφείλεται, βεβαίως, στην ύπαρξη μονομερών υδρογέλης στο υλικό.

Και οι τρεις αυτές κατηγορίες είναι μαλακοί (soft) φακοί, σε αντίθεση με τους σκληρούς, επειδή όταν τοποθετηθούν στο μάτι προσαρμόζονται στο σχήμα του κερατοειδή. Έχουν, ωστόσο «καλή μνήμη», γιατί όταν τυλιχθούν ή παραμορφωθούν

από μηχανικά αίτια, το σχήμα τους επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση όταν σταματά η επίδραση της ξένης δύναμης. (Κατσούλος – Μακρυγιώτη, 2010, 5-3)

### **3.1.2.1 Συμβατικά υδρόφιλα υλικά**

Το συμβατικό υδρόφιλο υλικό έχει το όνομα υδρογέλη (hydrogel), με πρώτο το πολυμερές του HydroxyEthylMethAcrylate (HEMA), το οποίο στην απλή του μορφή μπορεί να απορροφήσει νερό σε ποσοστό  $\approx 38\%$ . Αν συμπολυμεριστεί με άλλα υλικά, η περιεκτικότητα σε νερό μπορεί να φτάσει το 70%.

Γενικά, όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε νερό (τόσο μειώνεται η μηχανική αντοχή και η αντίσταση στις εναποθέσεις, και συνεπώς μειώνεται ο χρόνος ζωής. Η «απλή» υδρογέλη, κατά τη διαδικασία κατασκευής του φακού, δεν είναι ούτε υγρή, ούτε μαλακή. Είναι, αντίθετα, ξηρή, και η υφή της είναι, πράγματι, σκληρή. Τα χαρακτηριστικά ενός μαλακού, ενυδατωμένου φακού αποκτώνται στο τελευταίο στάδιο της κατασκευής, όπου έχουμε την ενυδάτωση (hydration), τη διαδικασία, δηλαδή, κατά την οποία ο φακός προσλαμβάνει νερό. (Κατσούλος-Μακρυγιώτη, 2010)

### **3.1.2.2 Γόμα σιλικόνης**

Από τους ελάχιστους φακούς καθαρής σιλικόνης που είναι σήμερα διαθέσιμοι είναι ο Silsoft της Bausch+Lomb, και προορίζεται κυρίως για παιδιατρική ή αφακική χρήση. Αν και η διαπερατότητα οξυγόνου ενός φακού από καθαρή σιλικόνη είναι πολύ μεγάλη, μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλο υλικό, οι φακοί αυτοί δεν έτυχαν ποτέ ευρείας εφαρμογής.

Οι λόγοι είναι όλα τα μειονεκτήματα της σιλικόνης, δηλαδή μεγάλη ακαμψία (μιλώντας για μαλακό φακό), έντονη τάση συγκέντρωσης εναποθέσεων, κακή διαβροχή από τα δάκρυα, και τάση του φακού να σφίγγει στον οφθαλμό μετά από μερικές ημέρες χρήσης. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα πλεονεκτήματά του, δηλαδή η μεγάλη διαπερατότητα σε οξυγόνο, και το γεγονός ότι δεν αφυδατώνεται (καθώς δεν περιέχει νερό), υπερτερούν των μειονεκτημάτων. (Κατσούλος-Μακρυγιώτη, 2010, 5-5)

### **3.1.2.3 Υλικά σιλικόνης-υδρογέλης**

Τη δεκαετία του '90 εμφανίστηκαν τα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης, υλικά δηλαδή στα οποία είχε γίνει εφικτή η χημική σύνδεση της σιλικόνης με τα οργανικά πολυμερή, όπως το MMA και το NVP. Ο πρώτος φακός ήταν ο Night & Day (τώρα Air Optix Night & Day) της Ciba Vision. Ακολούθησε ο Purevision της Bausch+Lomb, ο Advance της Johnson & Johnson, ο Air Optix Aqua της Ciba Vision, ο Biofinity της Cooper Vision και πολλοί άλλοι. Οι φακοί αυτοί θεωρήθηκαν επαναστατικοί, για δύο αλληλοεξαρτούμενους λόγους: σταμάτησαν την ανάγκη αύξησης της περιεκτικότητας σε νερό για καλή διαπερατότητα οξυγόνου, καθώς το οξυγόνο ουσιαστικά διαχέεται μέσα από τις αλυσίδες σιλικόνης, και παρείχαν έτσι πολύ μεγάλη μεταβιβαστικότητα οξυγόνου, πρωτόγνωρη για μαλακούς φακούς επαφής.

Ο πρώτος φακός (Night & Day) είχε μικρή περιεκτικότητα σε νερό (24%) και μεγάλη σε σιλικόνη, με αποτέλεσμα να αθρηθεί η διαπερατότητα οξυγόνου. Ήταν επίσης ο πρώτος από τους διαδεδομένους φακούς που πήρε από το FDA άδεια χρήσης για 30 συνεχόμενες μέρες (ακόμα και τη νύχτα, χωρίς να αφαιρείται), αλλά ήταν δύσκαμπτος, λόγω του μεγάλου ποσού σιλικόνης, και του μικρού ποσού νερού

στη σύστασή του. Οι δύο επόμενοι φακοί, ο Purevision και Advance, με λιγότερη σιλικόνη και περισσότερο νερό, ήταν πιο εύκαμπτοι, σε βάρος της διαπερατότητας σε οξυγόνο. Σταδιακά εμφανίστηκαν και άλλα υλικά που προσπαθούν να συνδυάσουν τη διαπερατότητα οξυγόνου της σιλικόνης, με την άνεση των κλασικών υδρόφιλων.

Η τελευταία προσθήκη στα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης είναι τα υλικά που μπορούν να δουλευτούν σε τόρνο (machinable materials), καθώς οι πρώτες γενιές κατασκευάζονταν σε τεχνολογίες καλουπιών. Με αυτή την εξέλιξη έγιναν εφικτές ειδικές σχεδιάσεις φακών επαφής από σιλικόνη-υδρογέλη, όπως κερατοκωνικοί φακοί. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-5 – 5-6)

### **3.1.3 Οι σκληροί αεροδιαπερατοί και οι μαλακοί φακοί επαφής σήμερα**

Όπως οι αεροδιαπερατοί φακοί επαφής έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, έτσι και οι μαλακοί φακοί επαφής έχουν σημεία στα οποία υπερτερούν και σημεία στα οποία υστερούν.

#### **3.1.3.1 Πλεονεκτήματα μαλακών φακών**

Το βασικότερο πλεονέκτημα των μαλακών φακών επαφής έναντι των αεροδιαπερατών είναι η αρχική άνεση κατά την εφαρμογή τους. Η άνεση αυτή οφείλεται στη μεγάλη διάμετρο, τα λεπτά άκρα, την περιορισμένη κινητικότητα και τη μειωμένη αντίσταση των βλεφάρων κατά το κλείσιμο τους. Περιστασιακοί χρήστες φακών επαφής είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούν μαλακούς φακούς παρά αεροδιαπερατούς, που απαιτούν μεγαλύτερη περίοδο προσαρμογής. Επιπλέον, ο εφαρμοστής απολαμβάνει το μειωμένο χρόνο παραμονής του πελάτη στο χώρο του, καθώς επίσης και την άνεση στη συνταγογράφηση νέων υλικών φακών επαφής, με ελαστικό πρόγραμμα χρήσης. Θεωρούνται, συνεπώς, ιδανικοί για περιστασιακή χρήση, καθώς και για άτομα που θέλουν να αλλάζουν το χρώμα των ματιών τους συχνά. Η μικρή κινητικότητά τους, σε αντίθεση με τους αεροδιαπερατούς φακούς, εκτός από την αρχική άνεση, προσφέρει σταθερότερη όραση καθώς και μηδενική αίσθηση ξένου σώματος. Η σπάνια πιθανότητα απώλειας τους ενώ είναι τοποθετημένοι στο μάτι αποτελεί σημαντικό λόγο για εφαρμογή σε αθλητές και, γενικότερα, σε άτομα που ασχολούνται με δυναμικά αθλήματα.

#### **3.1.3.2 Μειονεκτήματα μαλακών φακών**

Το κύριο μειονέκτημα των μαλακών φακών είναι οπτικό: δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που χρήστες παραπονούνται για κακή όραση, ως αποτέλεσμα της ελλειπούς διόρθωσης της κερατοειδικής ασυμμετρίας. Οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είναι, συνεπώς, η πρώτη επιλογή σε περιστασιακά κερατόκωνου, κερατοπλαστικής, αλλά και όπου η ασυμμετρία του κερατοειδή είναι έντονη, καθώς ο φακός δακρύων κάτω από το φακό επαφής εξουδετερώνει οπτικά την ασυμμετρία.

Η ύπαρξη του νερού στους υδρόφιλους φακούς, σε σχέση με την απουσία νερού στους αεροδιαπερατούς κάνει την επιφάνεια τους πιο υγρή. Αυτό, ενώ είναι ένα πλεονέκτημα της άνετης εφαρμογής, αυξάνει την πιθανότητα εναποθέσεων, όπως για παράδειγμα, από βακτήρια, λίπη και πρωτεΐνες προερχόμενες από τα δάκρυα, σκόνη και γενικότερα μικρές σωματιδιακές εναποθέσεις από την ατμόσφαιρα.

Επιπλέον οι φακοί υδρογέλης είναι σχετικά πιο εύθραυστοι, όπου και συνιστάται πιο συχνά η αντικατάστασή τους με διάρκεια δηλαδή μικρότερη από αυτή

των αεροδιαπερατών. Οι σκληροί αεροδιαπερατοί έχουν λοιπόν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μπορούν να διαρκέσουν μέχρι και δυο έτη, με σωστή και προσεκτική φροντίδα, με την προϋπόθεση αντικατάστασης τους κάθε έτος. Αντίθετα, ένας υδρόφιλος φακός διαρκείας δύσκολα αντέχει πάνω από ένα χρόνο, έστω κι αν έχουμε έναν οφθαλμό με ιδανική δακρυϊκή στιβάδα και με επιμελή καθαρισμό και φροντίδα.

Στην περίπτωση όπου ο χρήστης δεν συμμορφώνεται με τους κανόνες όπου πρέπει να ακολουθεί, οι επιπτώσεις που πιθανότατα θα έχει θα είναι πιο σημαντικές και επικίνδυνες στους φακούς υδρογέλης, έναντι των αεροδιαπερατών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι υδρόφιλοι φακοί όχι μόνο συλλέγουν περισσότερες εναποθέσεις αλλά και είναι και πιο επιρρεπείς στους μικροοργανισμούς, εξαιτίας της υδρόφιλης φύσης τους.

Ένα ακόμα μειονέκτημα των μαλακών φακών σε σχέση με τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς, είναι η συγκριτικά μικρότερη μεταβιβαστικότητα σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα τη μακροπρόθεσμη εμφάνιση φαινομένων υποξίας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια τα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης προσπάθησαν να δώσουν λύση σε αυτό το πρόβλημα, όμως και πάλι οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί υπερτερούν (με εξαίρεση τη γόμα σιλικόνης) σε ότι αφορά τη διέλευση του οξυγόνου. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-6 – 5-8)

### **3.1.3.3 Πλεονεκτήματα σκληρών αεροδιαπερατών φακών**

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα όσο αναφορά την ποιότητα της όρασης. Υπάρχουν καταστάσεις που μόνο ένας σκληρός αεροδιαπερατός φακός μπορεί να βελτιώσει την όραση, όπως για παράδειγμα στον κερατόκωνο ή στην κερατοπλαστική. Η όραση που παρέχουν οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είναι πολύ καλύτερη ποιοτικά, σε σχέση με τους υδρόφιλους φακούς. Οι λιγότερες εκτροπές υψηλής τάξης, όπως για παράδειγμα η σφαιρική εκτροπή, η κόμη και άλλα, λόγω του φακού δακρύων κάτω από το φακό, και η σταθερότητα της δομής του σκληρού αεροδιαπερατού υλικού, έχουν ως αποτέλεσμα την καλύτερη ευαισθησία αντίθεσης. Σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού η όραση είναι σαφέστατα βελτιωμένη, με τις σημειακές πηγές φωτισμού να φαίνονται περισσότερο ως σημεία και λιγότερο ως ακανόνιστες κηλίδες φωτός, ενώ και οι χρήστες με μεγάλη διάμετρο κόρης έχουν αισθητή διαφορά στην όραση, ειδικά το βράδυ, εξαιτίας των λιγότερων εκτροπών.

Επιπλέον οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είναι η καλύτερη επιλογή σε περιστατικά μεγάλου αστιγματισμού, αφού μπορούν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν σε οποιαδήποτε διάμετρο. Επιπλέον, ο υψηλός δείκτης διάθλασης των υλικών τους είναι ένα συν στη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Από την άλλη, τα υλικά με χαμηλό δείκτη διάθλασης είναι ιδανικά για την διόρθωση του μεγάλου αστιγματισμού, εφόσον δημιουργούν ελάχιστο προκαλούμενο αστιγματισμό. Αντίθετα στους υδρόφιλους φακούς οι κατασκευαστικές παράμετροι δεν είναι τόσες πολλές.

### **3.1.3.4 Μειονεκτήματα σκληρών αεροδιαπερατών φακών**

Τα μειονεκτήματα των σκληρών αεροδιαπερατών φακών έχουν να κάνουν κυρίως με την αρχική και τη μακροχρόνια άνεση του χρήστη. Ο χρήστης χρειάζεται περισσότερο χρονικό διάστημα για να συνηθίσει τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς, διάστημα μεταξύ μιας και τριών εβδομάδων.



Η αιτία όσο αναφορά αυτό το διάστημα προσαρμογής είναι η επαφή του άνω βλεφάρου με το άκρο του φακού, και όχι η επαφή του φακού με τον κερατοειδή. Η αίσθηση του φακού, και ο χρόνος προσαρμογής μπορεί να μειωθεί με μια καλή εφαρμογή, κυρίως στα άκρα, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης υβριδικών υλικών με μαλακή περιφέρεια.

Η τελική άνεση του χρήστη στο τέλος της ημέρας, δύσκολα βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου. Πιθανότατα να οφείλεται στο βάρος του φακού και η «κόπωση» που προκαλεί στους οφθαλμικούς ιστούς. Δεν είναι απίθανο κάποιος χρήστης να συνηθίσει πλήρως και να μην νιώθει το σκληρό αεροδιαπερατό φακό μετά από κάποιο διάστημα, ωστόσο ο εφαρμοστής θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει εξαιτίας κάποιας υποξίας που μείωσε την ευαισθησία του κερατοειδή. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-8 – 5-9)

### **3.1.4 Κατασκευή φακών επαφής**

#### **3.1.4.1 Κατασκευή με τόρνο**

Η κατασκευή με τόρνο κοπής (lathe cut) θεωρείται η πιο παλιά μέθοδος κατασκευής, αν εξαιρεθεί η μέθοδος του εκμαγείου. Οι πρώτοι πλαστικοί φακοί επαφής κατασκευάστηκαν σε τόρνο, καθώς ακόμη και τα καλούπια που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή φακών επαφής συχνής αντικατάστασης, έχουν κι αυτά κατασκευαστεί σε τόρνο. Η μηχανολογία έχει προχωρήσει σε επίπεδο, ώστε τα προϊόντα από τόρνους να έχουν κατασκευαστική ακρίβεια της τάξης του 0.1 μm (1 μm=1/10 εκατομμυριοστό του μέτρου). Με τους σύγχρονους τόρνους CNC (computerized numerical control lathe) και του συνοδού λογισμικού, οι κατασκευαστές φακών επαφής έχουν την δυνατότητα να σχεδιάσουν οποιαδήποτε γεωμετρία.

Ουσιαστικά, οι τόρνοι σχεδιάζουν και τους μαλακούς και τους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς. Η μόνη διαφορά είναι ότι οι μαλακοί φακοί κατασκευάζονται κι αυτοί ως σκληροί, και στη συνέχεια περνούν έναν κύκλο ενυδάτωσης. Κατά την ενυδάτωση οι φακοί απορροφούν νερό και αυξάνονται σε διαστάσεις, τόσο σε μήκος (axial expansion) όσο και σε καμπυλότητα (radial expansion), και η αύξηση αυτή είναι χαρακτηριστική του κάθε υδρόφιλου υλικού. Στους φακούς νέας γενιάς σιλικόνης-υδρογέλης αρκετοί κατασκευαστές ενσωματώνουν λιπαντικούς/ενυδατικούς παράγοντες (lubricating/wetting agents), οι οποίοι αποσκοπούν στη βελτίωση της αρχικής άνεσης και αίσθησης του φακού.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φακού που μπορεί να κατασκευάσει ένας τόρνος CNC εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- τη διάμετρο του ανεπεξέργαστου πρότυπου (lens blank), που καθορίζει τη μέγιστη διάμετρο του προς κατασκευή φακού επαφής
- τις μηχανολογικές δυνατότητες του τόρνου, και συγκεκριμένα τις δυνατότητες κίνησης και περιστροφής του σημείου στερέωσης του blank. Το εργαλείο του τόρνου CNC που «κόβει» το φακό και σχηματίζει τις επιφάνειες είναι κινητό ή ακίνητο, σε αντίθεση με τους τόρνους κοπής μετάλλων, στους οποίους η βάση συνήθως είναι ακίνητη και το εργαλείο κοπής κινούμενο. Οι παλαιοί χειροκίνητοι τόρνοι κοπής φακών, είχαν ακίνητη βάση και κινούμενο εργαλείο κοπής

- τις ακτίνες καμπυλότητας των βάσεων (chuck) στις οποίες στερεώνεται το blank, αφού σχηματιστεί η μπροστινή επιφάνεια και
- τις σχεδιαστικές δυνατότητες του λογισμικού.

Τα τρία τελευταία χαρακτηριστικά καθορίζουν τις δυνατές γεωμετρίες που μπορεί να κατασκευάσει ένα τόννος CNC.

Τα κατασκευαστικά όρια των τόννων φαίνονται καλύτερα σε μαλακούς φακούς μεγάλης διαμέτρου (>16.00 mm), που χρησιμοποιούνται ως θεραπευτικοί. Έτσι μπορεί ένας τόννος να μην είναι δυνατόν να «κόψει» έναν φακό, για παράδειγμα διαμέτρου 20.00 mm και ακτίνας καμπυλότητας 9.10 mm σε υλικά για παράδειγμα 50% ή 74% περιεκτικότητα νερού, αλλά να είναι δυνατό σε υλικό με 60% περιεκτικότητα σε νερό, απλώς και μόνο γιατί το blank αυτού του υλικού έχει μεγαλύτερη διάμετρο.

Η ακρίβεια κατασκευής του τόννου έχει μεγάλη σημασία στην κατασκευαστική δυνατότητα. Οι χειροκίνητοι τόννοι και οι παλαιάς τεχνολογίας τόννοι CNC παρήγαγαν φακούς με επιφάνειες που δεν είχαν ικανοποιητικές οπτικές ιδιότητες και η λείανση (polishing) του φακού ήταν απαραίτητη. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-9 – 5-11)

### **3.1.4.2 Κατασκευή με τη μέθοδο της περιστροφής**

Η μέθοδος περιστροφής ή φυγοκέντρωσης (spin casting) ήταν η μέθοδος με την οποία ο Otto Wichterle κατασκεύασε τους πρώτους μαλακούς φακούς. Στη σύγχρονη της εκδοχή, η μέθοδος συνιστάται στην εισαγωγή του πολυμερούς σε υγρή μορφή σε ένα κοίλο χυτό καλούπι, το οποίο στη συνέχεια περιστρέφεται. Η πρόσθια επιφάνεια του φακού εξαρτάται από τη γεωμετρία του καλουπιού, ενώ το πάχος και η καμπυλότητα της πίσω επιφάνειας (και τελικά η ισχύς του φακού) εξαρτώνται από την ταχύτητα περιστροφής και τη φύση του υλικού.

Η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να καθορίσει την ισχύ του φακού. Μεγάλη ταχύτητα περιστροφής θα καταλήξει σε πίσω επιφάνεια πιο επίπεδη από την πρόσθια, και άρα θετικότερο φακό, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει για αργή περιστροφή. Λόγω της περιστροφής, η πίσω επιφάνεια δεν είναι σφαιρική, αλλά «ασφαιρική». (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

### **3.1.4.3 Κατασκευή με τη μέθοδο εκμαγείου**

Η κατασκευή με τη μέθοδο εκμαγείου ή έγχυσης σε καλούπι (cast ή impression molding) είναι η πιο γνωστή σήμερα στην παραγωγή των υδρόφιλων φακών συχνής αντικατάστασης. Το υγρό πολυμερές εγχέεται στο κενό μεταξύ δύο καλουπιών, ένα κυρτό και ένα κοίλο και στερεοποιείται. Η απόσταση ανάμεσα στα καλούπια καθορίζει το πάχος του φακού, και σε συνδυασμό με το σχήμα των καλουπιών, την ισχύ του φακού. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-12)

## **3.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ**

Ένα μονομερές, καθώς και οποιαδήποτε ένωση που χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί ένα υλικό φακών επαφής πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: να είναι ασφαλές, ανθεκτικό, και εύκολο στην επεξεργασία και την παραγωγή. Επιπλέον, πρέπει να χαρακτηρίζεται από καλή διαβρεξιμότητα, αντίσταση στις

εναποθέσεις σε ικανοποιητικό βαθμό, και καλές οπτικές ιδιότητες, όπως και το να είναι και προσιτό στην τιμή.

Το υλικό των φακών επαφής αξιολογείται σύμφωνα με τη διαφάνεια και δείκτη διάθλασης, τη σκληρότητα και ακαμψία, το συντελεστή ελαστικότητας, το συντελεστή τριβής, την ικανότητα διαβροχής και περιεκτικότητας σε νερό, το ποσοστό ιονικού φορτίου του υλικού και τη διαπερατότητα οξυγόνου του υλικού. (Κατσούλος-Μακρυγιώτη, 2010, 5-13)

### 3.2.1 Διαφάνεια και δείκτης διάθλασης

Η διαφάνεια είναι η φυσική ιδιότητα ενός υλικού που επιτρέπει στο φως να το διαπερνά και εκφράζει το ποσοστό του φωτός, συγκεκριμένου μήκους κύματος, που περνά μέσα από το υλικό.

Η διαφάνεια δεν πρέπει να συγχέεται με τη διάχυτη διαφάνεια (translucency), που επιτρέπει μεν στο φως να διαπεράσει το υλικό, αλλά χωρίς να μπορούμε να διακρίνουμε την πορεία των ακτινών (και άρα και τα σχήματα) πίσω από αυτό, γιατί η πορεία του φωτός βασίζεται στη διάχυση.

Οι βασικές αλληλεπιδράσεις ύλης και φωτός εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος κύματος. Υπάρχουν υλικά που είναι διαφανή σε ορισμένα μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, και αδιαφανή σε άλλα. Ένα παράδειγμα είναι ο ανθρώπινος ιστός: είναι αδιαφανής στο ορατό, ενώ είναι σημαντικά διαφανές στις ακτίνες Χ (ακτινογραφίες).

Οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης είναι η σκέδαση (scattering) και η διάχυση (diffusion), η απορρόφηση (absorption), η ανάκλαση (reflection) και η διάθλαση (refraction). Αυτοί οι μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι για το ότι κανένα υλικό δεν είναι τέλεια διαφανές, εφόσον σε κάθε περίπτωση, έστω και μια μικρή και μια μικρή ποσότητα φωτός ανακλάται, απορροφάται ή σκεδάζεται.

Ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού επηρεάζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που θα ανακλαστεί από μια διαχωριστική επιφάνεια. Από μια επιφάνεια αέρα με γυαλί, με δείκτη διάθλασης 1.5 ανακλάται το 4% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Το πόσο θα απορροφηθεί, εξαρτάται από το συντελεστή απορρόφησης, εξαρτώμενο από το μήκος κύματος. Το πόσο μέρος του φωτός θα διαδοθεί εξαρτάται και από τους μηχανισμούς σκέδασης και διάχυσης.

Σε ότι αφορά τα υλικά, είναι πολύ σημαντική η τιμή του δείκτη διάθλασης. Ο δείκτης διάθλασης βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση με την περιεκτικότητα του υλικού σε νερό. Το PMMA έχει τιμή δείκτη διάθλασης 1.49, ενώ το νερό 1.33. Αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό μειώνει την τιμή του δείκτη διάθλασης του υλικού, και μειώνει την ανακλαστικότητα της επιφάνειας του φακού. Ταυτόχρονα η διαφάνεια του φακού βελτιώνεται, μιας και το νερό έχει εξαιρετικές ιδιότητες διαφάνειας στο ορατό φάσμα.

Όσο πιο μεγάλος είναι ο δείκτης διάθλασης τόσο πιο λεπτός θα είναι ο φακός για συγκεκριμένη οπτική ισχύ, και στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς τόσο πιο άνετος είναι ο φακός. (Κατσούλος-Μακρυγιώτη, 2010, 5-13 – 5-15)

### 3.2.2 Σκληρότητα και ακαμψία

Οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και τον ποιοτικό έλεγχο των υλικών φακών επαφής. Η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή δυνάμεων στο φακό, για παράδειγμα κατά την εφαρμογή ή απομάκρυνση του από το μάτι, μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμες παραμορφώσεις ή θραύσεις/σκισίματα στο φακό, με αποτέλεσμα την απώλεια οπτικής απόδοσης, δυσφορία στο χρήστη ή ακόμα και την πλήρη καταστροφή του φακού.

Όταν σε ένα μαλακό φακό επαφής ασκούμε δυνάμεις είναι πολύ πιθανό να διπλώσει. Το σημαντικό όμως είναι να επιστρέψει στο αρχικό του σχήμα όταν τον αφήσουμε και βέβαια να μην έχει υποστεί καμία ζημιά. Η αντοχή είναι λοιπόν μια σημαντική ιδιότητα των υλικών μαλακών φακών επαφής.

Στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς ένας σημαντικός παράγοντας κατά την εφαρμογή είναι η σκληρότητα ή ακαμψία (rigidity), ο βαθμός κάμψης του υλικού. Από την άλλη αν το υλικό έχει μικρή ακαμψία, το αποτέλεσμα είναι ο φακός να είναι υπερβολικά λεπτός, να κάμπτεται ελαφρά (RGP lens flexure) πάνω στον οφθαλμό. (περίληψη Κατσούλο-Μακρυνιώτη, 2010)

### 3.2.3 Συντελεστής ελαστικότητας

Ο συντελεστής ελαστικότητας (modulus of elasticity) αναφέρεται στην ικανότητα του υλικού να διατηρεί το σχήμα του όσο εφαρμόζεται δύναμη. Χαμηλός συντελεστής (low modulus) σημαίνει ότι το υλικό είναι λιγότερο ανθεκτικό στις δυνάμεις, ενώ αντίθετα, υλικά με υψηλό συντελεστή (high modulus) είναι ανθεκτικότερα (διατηρούν το σχήμα τους) και προσφέρουν καλύτερη οπτική οξύτητα.

Φακοί με υψηλό συντελεστή ελαστικότητας μπορούν να προσφέρουν καλύτερη οπτική οξύτητα και ευκολία εισαγωγής, αφαίρεσης και χειρισμού. Υλικά με υψηλό ή μεγάλο συντελεστή ελαστικότητας είναι λιγότερο εύκαμπτα, ενώ υλικά με χαμηλό ή μικρό συντελεστή ελαστικότητας είναι περισσότερο εύκαμπτα.

Τα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης λόγω της σιλικόνης έχουν πολύ μεγαλύτερο συντελεστή ελαστικότητας από τα «κοινά» υλικά υδρογέλης, και όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό σιλικόνης (και μικρότερο του νερού), τόσο πιο μεγάλος ο συντελεστής. Η αυξημένη ελαστικότητα μπορεί να έχει πλεονεκτήματα, αλλά οδήγησε σε παρενέργειες. Ο μεγάλος συντελεστής ελαστικότητας στους φακούς σιλικόνης-υδρογέλης επιτρέπει καλύτερη κάλυψη κερατοειδικής ασυμμετρίας (καθώς δεν παίρνουν το σχήμα του κερατοειδή όπως οι φακοί υδρογέλης), αλλά οδηγεί σε πιο έντονη αρχική αίσθηση του φακού από το χρήστη, ότι δηλαδή φορά ένα πιο παχύ φακό. Οι φακοί από σιλικόνη-υδρογέλη λόγω του μεγάλου συντελεστή ελαστικότητας, είναι συνήθως πιο σκληροί σε υφή ως αίσθηση, και στον οφθαλμό και στα δάχτυλα, ενώ είναι πιθανόν να απαιτούν περισσότερη δύναμη για να απομακρυνθούν από τον οφθαλμό, καθώς κάμπτονται λιγότερο. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

### 3.2.4 Συντελεστής τριβής

Ο συντελεστής τριβής (friction coefficient) είναι σχετικά ίδιος με το συντελεστή ελαστικότητας, σε ότι αφορά στα συμπτώματα στον οφθαλμό, και την άνεση στο χρήστη. Οι φακοί υδρογέλης έχουν γενικά χαμηλό συντελεστή τριβής, και στην περίπτωση που εφαρμόζονται, καθαρίζονται και συντηρούνται επαρκώς, προκαλούν ελάχιστα προβλήματα τριβής στο μάτι.

Αντίθετα, τα πρώτα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης είχαν μεγάλο συντελεστή τριβής, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν πιο συχνά παρενέργειες όπως επιθηλιακές αποπτώσεις και στίξη επιθηλίου. Επιπλέον, λόγω της μεγαλύτερης τριβής δεν ενδείκνυνται για οφθαλμούς οι οποίοι είναι ευαίσθητοι σε επιπεφυκίτιδα (ήπια ή χρόνια) ή σε βλεφαρίτιδα. Τα επόμενα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης, μειώνοντας το ποσοστό σιλικόνης και αυξάνοντας αυτό του νερού, μείωσαν αυτά τα φαινόμενα.

Για τη μεγιστοποίηση της διαπερατότητας οξυγόνου, τα πρώτα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης είχαν μικρό ποσοστό νερού και μεγάλο σιλικόνης. Έτσι, οι πρώτοι φακοί από σιλικόνη-υδρογέλη ήταν αρκετά πιο άβολοι σε σχέση με αυτούς από υδρογέλη, και παρά την καλύτερη οξυγόνωση παρείχαν μειωμένη άνεση λόγω της τριβής και της ακαμψίας.

Σταδιακά οι εταιρείες παρουσίασαν φακούς με μεγαλύτερο ποσοστό νερού και μικρότερο σιλικόνης. Οι νέοι φακοί ήταν σημαντικά πιο μαλακοί σε υφή. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

### 3.2.5 Ικανότητα διαβροχής-περιεκτικότητα νερού

Η ικανότητα διαβροχής (wettability) μιας επιφάνειας ενός υλικού φακών επαφής θεωρείται ως η ικανότητα του νερού να απλώνεται ομοιόμορφα πάνω στην επιφάνεια του. Μπορεί να μετρηθεί είτε με τη μέθοδο της σταγόνας νερού, είτε με τη μέθοδο της παγιδευμένης φυσαλίδας αέρα.

Με τη μέθοδο της σταγόνας (sessile drop), μετά την επαφή του υγρού με την επιφάνεια σχηματίζεται μια γωνία μεταξύ τους, η γωνία διαβροχής (wetting angle). Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα διαβροχής, τόσο αυξάνει η διασπορά του υγρού στην επιφάνεια του υλικού. Με τη μέθοδο αυτή, η ικανότητα διαβροχής και η γωνία διαβροχής είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα, δηλαδή:

- μικρή γωνία διαβροχής σημαίνει μεγάλη ικανότητα διαβροχής
- μεγάλη γωνία διαβροχής σημαίνει μικρή ικανότητα διαβροχής

Με τη μέθοδο της φυσαλίδας (captive bubble), το υλικό βυθίζεται οριζόντιο σε νερό, και μια φυσαλίδα αέρα αφήνεται να ακουμπήσει στην κάτω επιφάνεια του. Αν η φυσαλίδα παραμείνει σχετικά αναλλοίωτη, σημαίνει μεγάλη ικανότητα διαβροχής του υλικού. Αν αντίθετα η φυσαλίδα απλώνεται, σημαίνει μικρή ικανότητα διαβροχής. Με τη μέθοδο αυτή τα αποτελέσματα είναι αντίθετα από αυτά με τη μέθοδο της σταγόνας:

- μικρή γωνία σημαίνει μικρή ικανότητα διαβροχής
- μεγάλη γωνία σημαίνει μεγάλη ικανότητα διαβροχής

Η ικανότητα διαβροχής είναι εκείνη που καθορίζει το πόσο ομοιόμορφα απλώνονται τα δάκρυα στο φακό. Ένας χρήστης με φακό μικρής ικανότητας διαβροχής, στον οποίο τα δάκρυα δεν ενυδατώνουν ικανοποιητικά την πρόσθια επιφάνεια, είναι πιθανόν να υποστεί περιστασιακή μείωση της όραση, καθώς η οπτική ποιότητα της επιφάνειας του φακού υποβαθμίζεται. Επιπρόσθετα, η γρήγορη εξάτμιση της υδάτινης στιβάδας οδηγεί σε βλενοπρωτεϊνικές εναποθέσεις στην επιφάνεια του φακού. Αν ο φακός είναι υδρόφιλος, ίσως η μέτρια ενυδάτωση της επιφάνειας να προδιαθέτει για αφυδάτωση (dehydration) του φακού. Από την άλλη,

έναν φακό με καλή ικανότητα διαβροχής ίσως να βελτιώνει την όραση και την άνεση ενός χρήστη με μέτρια ξηροφθαλμία, και αντέχει περισσότερο στις εναποθέσεις.

Για να αποφευχθεί η γρήγορη φθορά ενός φακού υψηλής υδροφιλίας, απαιτείται προσεκτικός και επίμονος καθαρισμός των εναποθέσεων, αλλιώς οι φακοί με υψηλή υδροφιλία πρέπει να χορηγούνται με πιο συχνή αντικατάσταση, σε σχέση με τους αντίστοιχους χαμηλής υδροφιλίας.

Η ικανότητα διαβροχής δεν μας δίνει όλες τις πληροφορίες για τη συμπεριφορά ενός μαλακού υλικού στο μάτι. Κατά τη χρήση του φακού, τα υδρόφιλα τμήματα έρχονται στην επιφάνεια και προσανατολίζονται απέναντι στα δάκρυα, ενώ τα υδρόφοβα τμήματα εισέρχονται μέσα στο φακό. Κατά την εξάτμιση των δακρύων, λιπίδια επάνω στο φακό προκαλούν κάποια από τα υδρόφοβα τμήματα των οργανικών αλυσίδων να έρθουν στην επιφάνεια. Τα λιπίδια αυτά σταδιακά συσσωρεύονται, και συνεπώς η ικανότητα διαβροχής του μαλακού φακού μειώνεται σταδιακά με τη χρήση, καθώς η δέσμευση των συσσωρευμένων λιπιδίων με τα υδρόφοβα τμήματα γίνεται τόσο ισχυρή, που πλέον ο φακός δεν είναι δυνατόν να καθαριστεί επαρκώς.

Η υδροφιλία του υλικού σχετίζεται άμεσα με την ικανότητα διαβροχής της επιφάνειας του υλικού φακών επαφής. Όσο μικρότερη είναι η ικανότητα διαβροχής της επιφάνειας του, τόσο μικρότερη είναι και η υδροφιλία του υλικού, αλλά και τόσο λιγότερο χάνει το υλικό τις ιδιότητες του με την πάροδο του χρόνου και τη χρήση.

Η υδροφιλία του υλικού είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει το μέγιστο ποσοστό ή την περιεκτικότητα σε νερό (water content) που μπορεί να συγκρατήσει και να απορροφήσει ένας υδρόφιλος φακός επαφής. Το νερό σε ένα υδρόφιλο φακό είναι είτε χημικά συνδεδεμένο με το οργανικό πολυμερές, είτε διαχέεται και δεσμεύεται ανάμεσα στους πόρους του.

$$\text{περιεκτικότητα σε νερό(\%)} = \frac{\text{βάρος υγρού φακού} - \text{βάρος ξηρού φακού}}{\text{βάρος υγρού φακού}} \times 100$$

Η μέγιστη περιεκτικότητα σε νερό ενός φακού επαφής ή αλλιώς, περιεκτικότητα νερού σε ισορροπία (equilibrium water content), μετράται αφού σταθεροποιηθεί (η περιεκτικότητα σε νερό έχει τη μέγιστη, σταθερή τιμή της) όταν ο φακός αφεθεί ικανοποιητικό χρονικό διάστημα μέσα σε ένα ισότονο διάλυμα. Είναι σημαντικό να αναφέρεται η θερμοκρασία του διαλύματος, εφόσον η περιεκτικότητα εξαρτάται και από μια σειρά από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία. Συνήθως μειώνεται κατά περίπου 5 % για αύξηση θερμοκρασίας από τους 20 στους 35 βαθμούς Κελσίου. Αν και η περιεκτικότητα σε νερό είναι ιδιότητα φακού, πολλές φορές αναφέρεται και ως ιδιότητα υλικού, όπως για παράδειγμα η υδρογέλη με περιεκτικότητα νερού 38%, θεωρείται σχετικά χαμηλή, μιας και το όριο ανάμεσα στη χαμηλή και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό είναι το 50%.

Η πραγματική περιεκτικότητα σε νερό ενός φακού επαφής μεταβάλλεται με τη χρήση και το χρόνο. Όταν ο φακός βρεθεί έξω από το υγρό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα έξω από το υγρό συντήρησης και καθαρισμού), σταδιακά θα αφυδατωθεί, καθώς θα χάσει πρώτα το νερό που βρίσκεται παγιδευμένο μέσα στους πόρους, και μετά το χημικά συνδεδεμένο νερό.

Η αφυδάτωση είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση του φακού. Στον οφθαλμό η αφυδάτωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό,

καθώς τα δάκρυα ανανεώνουν το νερό μέσα στους πόρους του υλικού, ωστόσο ανάλογα με το υλικό, την ποσότητα και ποιότητα των δακρύων, κάποια στιγμή θα επέλθει αφυδάτωση, και ο χρήστης θα νιώθει τους φακούς του στεγνούς, ενώ και όταν τους αφαιρέσει, ο φακός θα είναι όντως πιο σκληρός σε υφή.

Για πολλά χρόνια οι εφαρμοστές συνιστούσαν υλικά με χαμηλό ποσοστό υδροφιλίας, πιστεύοντας ότι τα υλικά με μικρή περιεκτικότητα νερού (μέχρι 40%-50%) διαθέτουν περισσότερο νερό χημικά δεσμευμένο και αφυδατώνονται πιο δύσκολα. Αντίθετα, τα υλικά με μεγάλη περιεκτικότητα (άνω του 50%), θεωρείται ότι έχουν αρκετό ποσοστό παγιδευμένο ανάμεσα στους πόρους του υλικού, νερό το οποίο εξατμίζεται εύκολα.

Ωστόσο, αρκετές είναι οι φορές που ένα υλικό υψηλής υδροφιλίας αφυδατώνεται πιο δύσκολα από ένα χαμηλής, αλλά και η αφυδάτωση δεν συνδέεται με αντίστοιχη αλλαγή στις παραμέτρους του φακού. Μπορεί δηλαδή ένας φακός να αφυδατωθεί για παράδειγμα 10%, αλλά η αλλαγή στις παραμέτρους του να είναι μικρότερη από έναν άλλο φακό που αφυδατώθηκε μόνο κατά 5%. Συνεπώς σε περιστατικά ξηροφθαλμίας, ο εφαρμοστής δεν πρέπει να βασίζεται τόσο στην επιλογή του υλικού, αλλά κυρίως στις αιτίες της ξηροφθαλμίας και κατά πόσο μπορεί να επέμβει θεραπευτικά.

Μια χαρακτηριστική ιδιότητα των υδρόφιλων υλικών είναι η ικανότητα να επανέρχονται στην ενυδατωμένη τους μορφή ακόμα κι αν αφυδατωθούν. Αν ένας υδρόφιλος φακός αφεθεί έξω από το υγρό συντήρησης, σταδιακά θα στεγνώσει και θα πάρει τη σκληρή του μορφή όπως βγήκε από τον τόρνο (αν είναι κατασκευασμένος από τόρνο) ή ένα παραμορφωμένο ασύμμετρο σχήμα, αν είναι κατασκευασμένος από καλούπι ή με περιστροφή. Ωστόσο, αν δεν υπάρχει σπάσιμο, ρωγμή ή σχίσιμο, ο φακός δεν έχει καταστραφεί.

Αν ενυδατωθεί ξανά, θα ξαναπάρει το ενυδατωμένο του σχήμα σε κάθε λεπτομέρεια και χωρίς απώλεια των οπτικών ή μηχανικών του ιδιοτήτων. Αυτή η ιδιότητα των μαλακών φακών δεν είναι ιδιαίτερα γνωστή, ακόμα και στους επαγγελματίες, και ίσως εμπορικοί λόγοι σχετιζόμενοι με την αντικατάσταση των φακών, να εμποδίζουν την διάδοσή της. Οπότε ένας στεγνός υδρόφιλος φακός δεν χρειάζεται να καταλήξει στα σκουπίδια, αλλά να τοποθετηθεί απλά σε ένα δοχείο ενυδάτωσης, ώστε να ενυδατωθεί ξανά, κάτι που μπορεί να γίνει ακόμα και με το υγρό καθαρισμού. Σε κάθε περίπτωση ο εφαρμοστής πρέπει να αποφασίσει για την κατάσταση του φακού, γιατί μόνο αυτός μπορεί να δει το φακό υπό μεγέθυνση στη λυχνία. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-18 – 5-22)

### **3.2.6 Ιονικό φορτίο**

Τα υλικά των μαλακών φακών μπορεί να έχουν ηλεκτρική φόρτιση ή να είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική στους υδρόφιλους φακούς, καθώς επηρεάζουν τη συμβατότητα των υγρών καθαρισμού και το σχηματισμό εναποθέσεων. Τα υλικά με στοιχεία με ηλεκτρική φόρτιση λέγονται ιονικά (ionic), ενώ αυτά που έχουν ελάχιστα στοιχεία ηλεκτρικής φόρτισης μη ιονικά (non-ionic). Η φόρτιση είναι αποτέλεσμα των ηλεκτρικά φορτισμένων ομάδων στη χημική ένωση του υλικού (στις περισσότερες περιπτώσεις το φορτίο είναι αρνητικό).

Η παρουσία αρνητικής φόρτισης είναι το αίτιο που καθιστά το υλικό πιο δραστικό ιδιαίτερα κατά την επαφή του σε όξινα διαλύματα. Αυτό το γεγονός πολύ

συχνά δημιουργεί αλλαγές στις διαστάσεις του υλικού. Η ύπαρξη φορτίου στο υλικό του φακού επαφής ιδιαίτερα αρνητικού, τον καθιστά πιο δεκτικό σε σχηματισμούς πρωτεϊνικών εναποθέσεων. Πολλές εναποθέσεις που προέρχονται από τα δάκρυα είναι θετικά φορτισμένες, με αποτέλεσμα να προσελκύνονται από την αρνητική φόρτιση των ιονικών υλικών. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-22 – 5-23)

### 3.2.7 Διαπερατότητα και μεταβιβαστικότητα οξυγόνου

Η οξυγόνωση της οφθαλμικής επιφάνειας γίνεται είτε άμεσα από το υλικό του φακού, είτε μέσω του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στα δάκρυα κάτω από το φακό. Ο δεύτερος μηχανισμός έχει ελάχιστη σημασία στους υδροφίλους φακούς, αλλά μεγάλη στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς.

Η διαπερατότητα οξυγόνου (oxygen permeability) ενός υλικού, είναι η φυσική ιδιότητα του υλικού που περιγράφεται από τη σχέση  $P=Dk$ . Οι μονάδες της διαπερατότητας είναι το 1 Barrer. Όπου D είναι ο συντελεστής διάχυσης (diffusion coefficient), του πόσο γρήγορα κινούνται μέσα στο υλικό τα ελεύθερα μόρια του οξυγόνου, και το k αντιπροσωπεύει το συντελεστή διαλυτότητας (solubility coefficient) του αριθμού των διαλυμένων μορίων οξυγόνου στο υλικό. Η διαπερατότητα οξυγόνου ενός υλικού δεν εξαρτάται από το σχήμα του ή το πάχος του, ενώ είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία (όσο ψηλότερη η θερμοκρασία του, τόσο πιο υψηλό το Dk). Πιο συγκεκριμένα, η μέτρηση γίνεται στους 35 βαθμούς Κελσίου, κοντά, στη φυσιολογική θερμοκρασία του κερατοειδή.

$$Dk = \frac{\text{(όγκος οξυγόνου x πάχος φακού)}}{\text{(επιφάνεια x χρόνος x διαφορά πίεσης)}}$$

Η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου (oxygen transmissibility) ενός φακού συγκεκριμένου πάχους, εκφράζει την ικανότητα του να επιτρέπει τη μεταφορά οξυγόνου από την πρόσθια επιφάνεια στην οπίσθια επιφάνεια του, και υπολογίζεται ως  $Dk/t$ . Η τιμή t αφορά το πάχος του φακού και υπολογίζεται συνήθως με το μέσο όρο τιμών κεντρικού πάχους για φακούς -3.00 dpt.

Όσο πιο παχύς είναι ένας φακός, τόσο μικρότερη η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου, οπότε ένας παχύς φακός αφήνει λιγότερο οξυγόνο να φτάσει στον κερατοειδή από ένα λεπτότερο του ίδιου υλικού. Ένας εφαρμοστής μπορεί να πληροφορηθεί από την εταιρεία για την τιμή της διαπερατότητας και το πάχος του φακού, και με τα συγκεκριμένα δεδομένα να μπορέσει να υπολογίσει τη μεταβιβαστικότητα με σχετική ακρίβεια.

Η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου μετράται σε: Barrer/cm =  $10^{-9}$  (ml O<sub>2</sub>) / (cm<sup>3</sup> x sec x mmHg).



Κατά τη μετατροπή από Dk σε Dk/t, πρέπει να εκφράσουμε το πάχος t σε cm (που συνήθως δίνεται σε mm), να διαιρέσουμε το Dk με το πάχος σε cm, και μετά να διαιρέσουμε αριθμητικά με το 100, για να είμαστε συνεπείς με τους ορισμούς.

Για παράδειγμα: Ένας φακός από υλικό που έχει Dk 50 Barrer και κεντρικό πάχος 0.05 mm, έχει μεταβιβαστικότητα οξυγόνου  $(50 / 0.005) / 100 = 100$  Barrer/cm.

Στα κλασικά υλικά υδρογέλης, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε νερό, τόσο μεγαλύτερη η διαπερατότητα οξυγόνου. Η διαπερατότητα Dk με την περιεκτικότητα % σε νερό W (στους 35 βαθμούς Κελσίου) συνδέονται με τη σχέση Morgan-Efron:  $Dk = 1.67 \times 10^{-11} e^{0.0397W}$ .

Κάτι τέτοιο φαίνεται στους φακούς HEMA, όπου η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου συσχετίζεται με την περιεκτικότητα σε νερό, ανάλογα βέβαια με το υλικό. Αυτό έχει ως συνέπεια, η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου να μην είναι μια σταθερή ιδιότητα του φακού στο χρόνο, αλλά να συνδέεται με την πιθανή αφυδάτωση του φακού κατά τη χρήση.

Ακόμα και σε φακούς με μεγάλη περιεκτικότητα νερού (70%) οι φακοί από υδρογέλη σπάνια θα ξεπεράσουν τα 30 Barrer/cm, ενώ οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί μπορούν να φτάσουν και την τιμή 180 Barrer/cm. Πρώτη όσον αφορά αυτό το θέμα είναι η γόμα σιλικόνης με τιμή Dk 340 Barrer, ενώ η σιλικόνη-υδρογέλη έχει τιμές Dk από 60 έως 140 Barrer.

Στα υλικά σιλικόνης-υδρογέλης, σε αντίθεση με τα υλικά υδρογέλης, η διαπερατότητα οξυγόνου μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό, αυτό δικαιολογείται από το ότι αυξημένη περιεκτικότητα σε νερό επιτυγχάνεται με μείωση του ποσοστού σιλικόνης στο υλικό. Αυτό βέβαια μέχρι ένα ποσοστό της τάξης του 50%. Από εκεί και πάνω η αυξημένη περιεκτικότητα σε νερό οφείλεται στο αυξημένο ποσοστό υδρογέλης, που συνεπάγεται μια αντίστοιχη αύξηση στη διαπερατότητα οξυγόνου. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-23 – 5-27)

### 3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ

Η πιο διαδεδομένη κατηγοριοποίηση έχει γίνει από το Food and Drug Administration (FDA). Το FDA δίνει στα υλικά κατασκευής φακών επαφής ένα περιληπτικό όνομα. Γενικά, όλοι οι φακοί υδρογέλης έχουν την κατάληξη “filcon”, ενώ οι αεροδιαπερατοί και οι σκληροί την κατάληξη “foccon”, με την εξαίρεση της ονομασίας Polymacon, η ονομασία που έδωσε το FDA στο HEMA. Επιπλέον, το FDA κατατάσσει τα υδρόφιλα υλικά σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νερό και το αν έχουν ή όχι ιονικό φορτίο. Αν το ιονικό στο υλικό είναι λιγότερο του 0.2%, το υλικό χαρακτηρίζεται ως μη ιονικό. Οι ομάδες αυτές είναι (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-28 – 5-29):

- Ομάδα 1<sup>η</sup>: χαμηλή περιεκτικότητα νερού (<50%) και μη ιονικό υλικό (<0.2%)
- Ομάδα 2<sup>η</sup>: υψηλή περιεκτικότητα νερού (>50%) και μη ιονικό υλικό (<0.2%)
- Ομάδα 3<sup>η</sup>: χαμηλή περιεκτικότητα νερού (<50%) και ιονικό υλικό (>0.2%)
- Ομάδα 4<sup>η</sup>: υψηλή περιεκτικότητα νερού (>50%) και ιονικό υλικό (>0.2%)

#### 3.3.1 Συχνή αντικατάσταση και συμβατική χρήση

Τα πιο συνηθισμένα σχήματα αντικατάστασης στους σημερινούς υδρόφιλους φακούς επαφής είναι ημερήσια, εβδομαδιαία, δι-εβδομαδιαία, μηνιαία, διμηνιαία,

τριμηνιαία, εξαμηνιαία, εννέα μηνών, και ενός έτους (δωδεκάμηνη) και άνω. Η ενδεικνυόμενη συχνότητα αντικατάστασης ενός υδρόφιλου φακού καθορίζεται από τη μέθοδο κατασκευής του, το υλικό του και το πάχος του.

Ορισμένοι υποψήφιοι χρήστες έχουν τη λανθασμένη άποψη ότι μπορούν να φορέσουν τους φακούς επαφής ατελείωτες ώρες. Ο εφαρμοστής θα πρέπει να καταστήσει σαφές ότι κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, ακόμα και με τους νέους φακούς σιλικόνης-υδρογέλης, με κύριο σκοπό την διαφύλαξη της οφθαλμικής υγείας.

Η ώθηση προς την συχνή αντικατάσταση οφείλεται σε δύο λόγους: ο ένας είναι θέματα υγιεινής, και ο άλλος είναι ο τρόπος κατασκευής των φακών. Οι φακοί συχνής αντικατάστασης έχουν πολύ μικρό πάχος, και σε συνδυασμό με το υλικό και την κατασκευή, έχουν ως αποτέλεσμα ένα φακό που δύσκολα θα διαρκέσει πάνω από ένα μήνα.

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είναι όλοι διαρκείας, αν και τελευταία έχουν αρχίσει να εμφανίζονται σχήματα αντικατάστασης ενός έτους ή ακόμα και έξι μηνών.

Καθοριστικό ρόλο στον καθαρισμό της συχνότητας αντικατάστασης αναλαμβάνει ο εφαρμοστής. Εκείνος πρέπει να είναι σε θέση να κάνει μια εμπειριστατωμένη εξέταση του οφθαλμού (και ειδικά του κερατοειδή) και της δακρυϊκής στιβάδας, για να διαπιστώσει τυχόν προβλήματα που μπορεί να επιβαρύνουν τη χρήση των φακών. Ανάλογα, θα επιλέξει τον κατάλληλο τύπο φακού και τη συχνότητα αντικατάστασης, που ίσως να είναι μικρότερη από την προτεινόμενη από τον κατασκευαστή. Πιθανός λόγος μπορεί να είναι μια ξηροφθαλμία, βλενωδία ή λιπώδη δάκρυα ή πολλές εναποθέσεις στο φακό. Αντίθετα, ίσως προτείνει παρατεταμένη χρήση, ίσως και την νύχτα (κυρίως με φακούς σιλικόνης-υδρογέλης), αν κρίνει ότι δεν υπάρχουν παρενέργειες στον οφθαλμό. Τελικός υπεύθυνος λοιπόν για τον καθορισμό του προγράμματος αντικατάστασης είναι ο εφαρμοστής φακών επαφής, και όχι ο χρήστης ή η εταιρεία κατασκευής.

Πολλοί χρήστες κρατούν τους φακούς τους πέρα από το ενδεικνυόμενο χρονικό διάστημα καθώς δεν έχουν υποκειμενικά συμπτώματα, και αλλάζουν τους φακούς τους μόνο όταν αρχίσουν να εμφανίζονται ενοχλήσεις. Μερικοί χρήστες όντως έχουν καλή ποσότητα και ποιότητα δακρύων, και προσέχουν σχολαστικά τους φακούς τους, με αποτέλεσμα ο φακός να διαρκεί πιο πολύ από το αναμενόμενο, αλλά οι περισσότεροι είναι απλώς αμελείς. Ο εφαρμοστής πρέπει να εξηγήσει στο χρήστη, ότι το γεγονός ότι δεν αισθάνεται κάποια ενόχληση δεν σημαίνει ότι δεν υφίστανται και πρόβλημα στους οφθαλμούς. Η επιτυχία του προγράμματος αντικατάστασης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τήρηση των οδηγιών χρήσης και φροντίδας των φακών, τις οποίες καθορίζει και επεξηγεί ο εφαρμοστής και τηρεί ο υπεύθυνος χρήστης. (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010, 5-29 – 5-30)

### **3.4 ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑ ΦΑΚΟΥ**

Ανάλογα με το πόσες καμπυλότητες (ή ζώνες) διαθέτει ένας φακός, μπορούμε να τον διακρίνουμε σε μονοκαμπυλωτό, δικομπυλωτό και τρικαμπυλωτό ή πολυκαμπυλωτό φακό επαφής.

Οι μονοκαμπυλωτοί φακοί έχουν εδώ και πολλά χρόνια εγκαταλειφθεί, καθώς είναι αδύνατο μια μόνο σφαιρική καμπύλη να ταιριάζει γεωμετρικά με τον ασφαιρικό κερατοειδή. Οι δικάμπυλωτοί αποτελούνται από μια οπτική ζώνη, της οποίας η ακτίνα καμπυλότητας ονομάζεται «βασική ακτίνα καμπυλότητας (BOZR), και από μια περιφερειακή ζώνη με ακτίνα καμπυλότητας που ευθυγραμμίζεται με τον περιφερειακό κερατοειδή. Οι τρικάμπυλωτοί και οι πολυκαμπυλωτοί φακοί διαθέτουν εκτός από την οπτική και την περιφερειακή ζώνη, και ενδιάμεσες ζώνες, ώστε να διευκολύνεται η εφαρμογή σε «δύσκολους» κερατοειδείς.

Ένας φακός με μικρή καμπυλότητα (δηλαδή επίπεδος flat) έχει μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας (για παράδειγμα 8.90 mm), ενώ ένας φακός με μεγάλη καμπυλότητα (δηλαδή κυρτός steep) έχει μικρή ακτίνα καμπυλότητας (για παράδειγμα 8.30 mm). (Κατσούλος-Μακρυνιώτη, 2010)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### 4.ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

Η διαδικασία εφαρμογής φακών επαφής απαιτεί εξοπλισμό ο οποίος δεν είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένος, και βρίσκεται μέσα στις δυνατότητες αγοράς και χρήσης οποιοδήποτε οπτικού, οπτομέτρη ή οφθαλμιάτρου. Μέρος του εξοπλισμού είναι απαραίτητος (όπως για παράδειγμα, σχισμοειδής λυχνία, κερατόμετρο), ενώ άλλα μηχανήματα δεν είναι τόσο απαραίτητα, αλλά επιτρέπουν στον επιστήμονα της όρασης να επεκτείνει τις διαγνωστικές και εφαρμοστικές του δυνατότητες (όπως για παράδειγμα, τοπογράφος κερατοειδή).

Ο εξοπλισμός, απαραίτητος ή προαιρετικός, για την εφαρμογή φακών επαφής αποτελείται από:

- σχισμοειδή λυχνία, λάμπα Burton,
- ψηφιακή φωτογραφική μηχανή,
- κερατόμετρο,
- τοπογράφο κερατοειδή,
- δακρυοσκόπιο,
- κάποιο μέσο για υπερδιάθλαση πάνω από το φακό, όπως για παράδειγμα, φορόπτερο ή σετ δοκιμαστικών φακών με δοκιμαστικό σκελετό,
- κάποιο μέσο για τη μέτρηση της δυνητικής οξύτητας, όπως το PAM (potential acuity meter), ή το Visometer.

Τα αναλώσιμα που θα φανούν χρήσιμα στην επισκόπηση της δακρυϊκής στιβάδας, στον έλεγχο της κερατοειδικής επιφάνειας, και στην επιβεβαίωση της εφαρμογής είναι τα εξής:

- μικρομοριακή φλουορεσκεΐνη,
- μεγαλομοριακή φλουορεσκεΐνη
- μπατονέτες για αναστροφή βλεφάρου,
- νήματα για Schirmer test και τεστ νήματος
- τεχνητά δάκρυα, λεπτόρρευστα και πυκνόρρευστα, με ή χωρίς
- επιφανειοδραστικά συστατικά, και

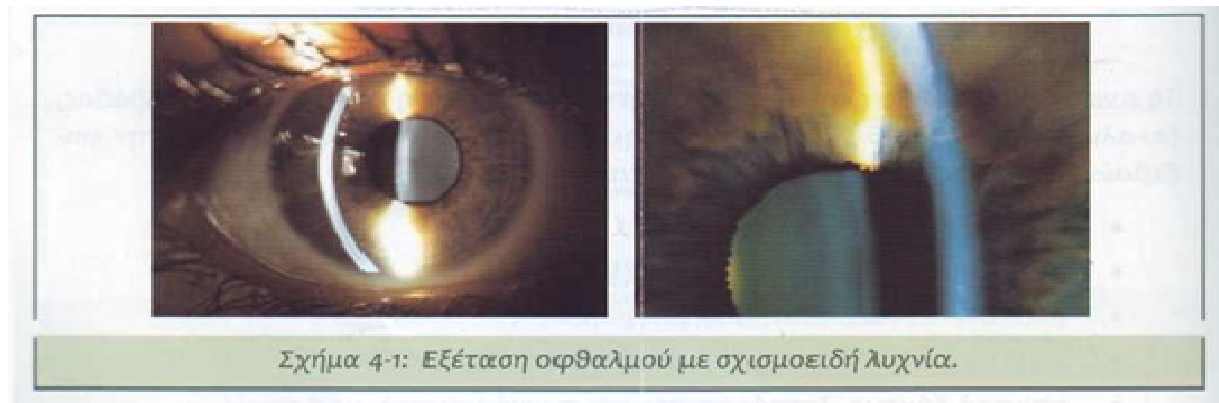
- ήπιο αναισθητικό, όπως αλκαϊνη ή προπακαΐνη.

#### 4.1 Η ΣΧΙΣΜΟΕΙΔΗΣ ΛΥΧΝΙΑ

Η **σχισμοειδής λυχνία** (slit lamp) είναι το πιο βασικό διαγνωστικό εργαλείο όχι μόνο ενός οφθαλμιάτρου -θεωρείται δεδομένο αυτό-, αλλά και ενός οπτικού -οπτομέτρη. Με τη λυχνία είναι δυνατές ανατομικές παρατηρήσεις στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού, δηλαδή τα βλέφαρα, το σκληρό και τον κερατοειδή χιτώνα, τον επιπεφυκότα, την ίριδα, τον κρυσταλλοειδή φακό και τη στιβάδα και το μηνίσκο δακρύων. Ο εφαρμοστής φακών επαφής, με τη βοήθεια της λυχνίας, μπορεί να:

- αποκαλύψει παθολογία στον πρόσθιο θάλαμο, τα βλέφαρα και τον κερατοειδή, η οποία ίσως να αποτελεί αντένδειξη για χρήση φακών επαφής,
- διαπιστώσει κάποια παρενέργεια των φακών επαφής, η οποία να απαιτεί προσωρινή ή ολική διακοπή της χρήσης τους, ή τροποποίηση της εφαρμογής και/ή του τρόπου καθαρισμού και συντήρησης,
- μετρήσει βασικά στοιχεία για την εφαρμογή των φακών επαφής, όπως τη διάμετρο του κερατοειδή,
- ελέγξει την εφαρμογή των μαλακών και των υβριδικών φακών επαφής, παρατηρώντας την κίνησή τους κάτω από την επίδραση των βλεφάρων,
- ελέγξει τη στατική εφαρμογή των σκληρών αεροδιαπερατών φακών με φλουορεσκεΐνη, και να ελέγξει τη δυναμική εφαρμογή των σκληρών αεροδιαπερατών φακών, παρατηρώντας την κίνησή τους.

Επιπλέον, η λυχνία βοηθά τον οπτικό - οπτομέτρη να διαπιστώσει γενικότερα κάποια παθολογία του προσθίου θαλάμου (ή ακόμα και του οπισθίου, με τη βυθοσκόπηση), ώστε να παραπέμψει άμεσα το περιστατικό στον οφθαλμίατρο.



Όλες οι λυχνίες αποτελούνται από δύο ευδιάκριτα συστήματα: ένα σύστημα φωτισμού (κοινώς «λάμπα») και ένα σύστημα μικροσκόπησης/παρατήρησης (κοινώς «μικροσκόπιο»). Τα δύο αυτά συστήματα είναι ενωμένα στη βάση τους και κινούνται ταυτόχρονα - εκεί που εστιάζει το σύστημα μικροσκόπησης εκεί εστιάζει και το σύστημα φωτισμού. Σε κάποιες τεχνικές εξέτασης όμως τα δύο αυτά συστήματα μπορούν και να αποδεσμευτούν, όπως θα δούμε παρακάτω.

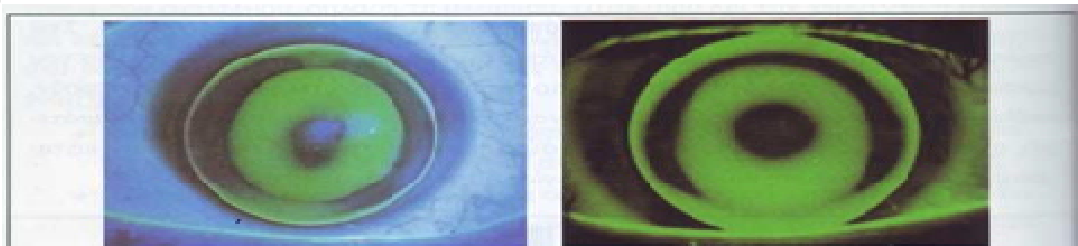
Οι λυχνίες είναι δύο τύπων, οι τύπου Haag - Streit και οι τύπου Zeiss. Στις πρώτες το σύστημα φωτισμού είναι εγκατεστημένο πιο ψηλά από το επίπεδο του μικροσκοπίου, ενώ στις δεύτερες είναι πιο χαμηλά. Οι πρώτες σαφώς υπερτερούν, καθώς διαθέτουν περισσότερες μεγεθύνσεις, και μπορούν να δεχτούν περισσότερες αναβαθμίσεις, όπως φωτογραφικό σύστημα ή σύστημα βίντεο για την καταγραφή και

αποθήκευση πιθανής παθολογίας ή της εφαρμογής του φακού.

Οι αναβαθμίσεις σε μια σχισμοειδή λυχνία (κυρίως Haag-Streit) είναι:

- δεύτερο ζευγάρι προσοφθάλμιων φακών (eyepiece) για αύξηση της παρατηρούμενης μεγέθυνσης,
- φωτογραφικό σύστημα ή και σύστημα βίντεο που προσαρμόζεται μέσω διαχωριστή δέσμης (beamsplitter), μόνο στις λυχνίες τύπου Haag - Streit,
- φωτογραφικό σύστημα που προσαρμόζεται με ειδικό προσαρμογέα στα προσοφθάλμια, και είναι συνήθως ανεξάρτητο του τύπου της λυχνίας,
- υποδοχή συμπαρατήρησης, μέσω διαχωριστή δέσμης,
- ειδικό προσοφθάλμιο με βαθμονομημένο σκόπευτρο, κυρίως για μέτρηση της διαμέτρου του κερατοειδή, και
- **μπλε φίλτρο κοβαλτίου** (cobalt blue) και **κίτρινο φίλτρο** (Kodak Wratten #12) για εφαρμογή φακών επαφής με φλουορεσκεΐνη.

Το φίλτρο κοβαλτίου επιτρέπει διέλευση στο μπλε τμήμα του οπτικού φάσματος (παράθυρο διαφάνειας  $40^\circ \text{nm}$ ), που είναι το «ιδανικό» για να απορροφηθεί από τη φλουορεσκεΐνη (μέγιστη απορρόφηση περίπου στα 494 nm), η οποία στη συνέχεια εκπέμπει πράσινο φως (μέγιστο περίπου στα 521 nm). Όταν ο εξεταστής παρατηρεί τον οφθαλμό υπάρχει μια μάλλον φτωχή αντίθεση μεταξύ του πράσινου φθορισμού και του ανοιχτού μπλε φόντου. Εδώ ακριβώς είναι ο ρόλος του κίτρινου φίλτρου, που απορροφά μήκη κύματος κάτω από τα 510 nm, αφαιρώντας έτσι σχεδόν όλο το μπλε φως. Το πράσινο της φλουορεσκεΐνης στη συνέχεια μπορεί να διακριθεί πολύ πιο εύκολα.



Σχήμα 4-3: Αριστερά, εικόνα εφαρμογής σκληρού αεροδιαπερατού φακού με φλουορεσκεΐνη και μπλε φίλτρο κοβαλτίου. Δεξιά, εφαρμογή με επιπρόσθετη χρήση κίτρινου φίλτρου και φλας.



Σχήμα 4-4: Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή προσαρτημένη στο σώμα σε σχισμοειδή λυχνία. Ιδανικά, στο σύστημα φωτισμού θα πρέπει να βρίσκεται εγκατεστημένο και σύστημα φλας.

Κάποια από τα ανώτερα μοντέλα λυχνιών έχουν ενσωματωμένο σύστημα φωτογράφησης, φλας εγκατεστημένο μέσα στο σύστημα φωτισμού. Αυτό παρέχει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης έντασης φωτός κατά τη φωτογράφιση με φλουορεσκεΐνη. Όντως, το μπλε φίλτρο της φλουορεσκεΐνης μειώνει κατά πολύ το φως που φτάνει στη φωτογραφική μηχανή της λυχνίας, κάτι που απαιτεί ταχύτητες ίσο ISO αν δεν χρησιμοποιηθεί φλας. Αν, επιπλέον με το μπλε φίλτρο της φλουορεσκεΐνης, χρησιμοποιηθεί και το κίτρινο, έτσι ώστε μόνο το φως που εκπέμπεται από τη φλουορεσκεΐνη να φτάσει στη μηχανή, τότε ούτε τα 1600 ISO είναι αρκετά, και το φλας είναι απαραίτητο.

#### 4.1.1 Τεχνικές εξέτασης στη σχισμοειδή λυχνία

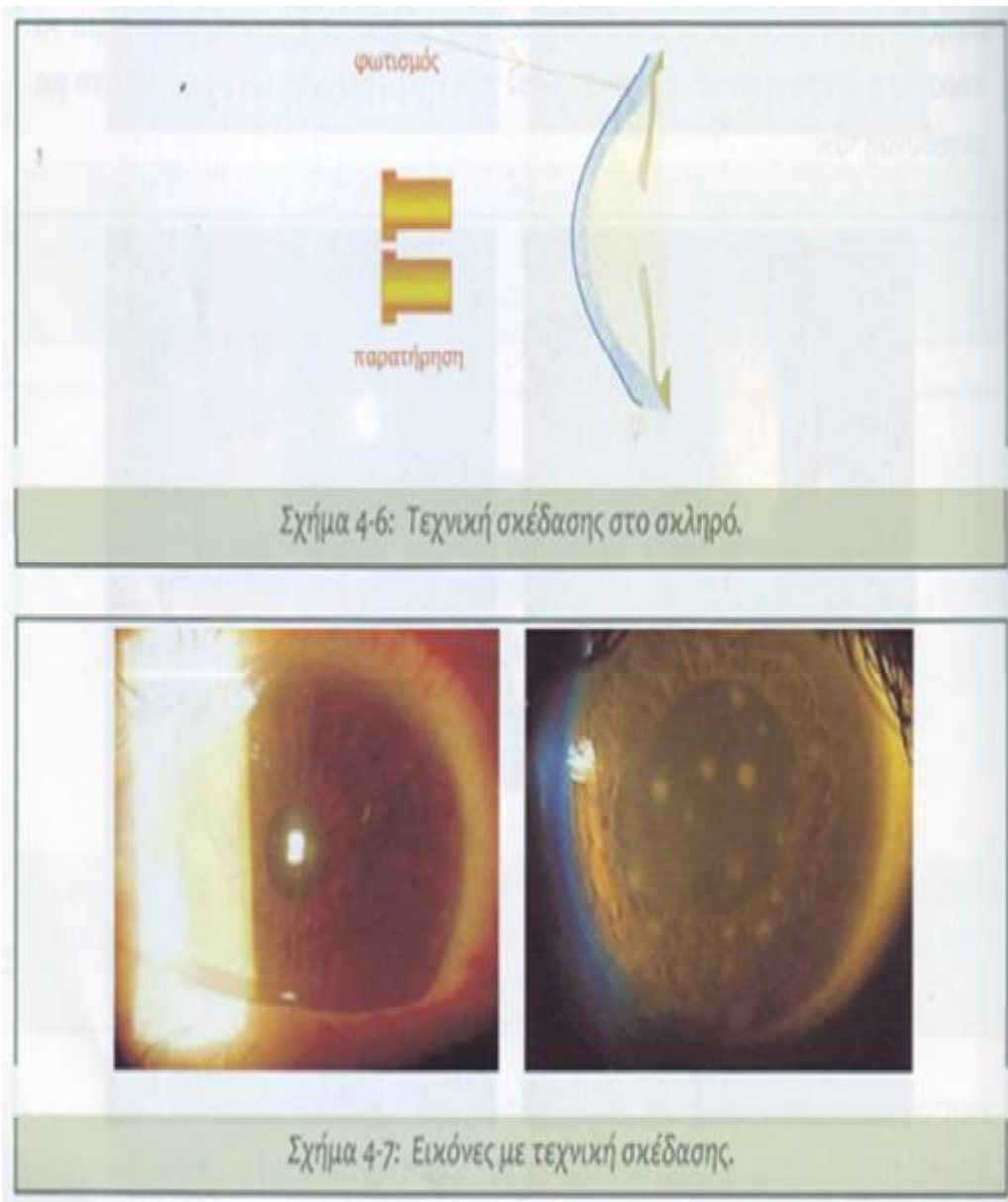
Η διόφθαλμη αρχιτεκτονική της λυχνίας επιτρέπει τη στερεοσκοπική προβολή των δομών του οφθαλμού με λεπτομέρεια που εξαρτάται από τη μεγέθυνση και το εύρος της δέσμης. Η μεγέθυνση (magnification) στη σχισμοειδή λυχνία εξαρτάται από τη σχέση προσοφθάλμιου και αντικειμενικού φακού και κυμαίνεται από μικρή (5x) έως μεγάλη (40x). Το εύρος της δέσμης (light spot diameter) κυμαίνεται από 9 mm (ευρεία) έως ακόμα και 0.2 mm (λεπτή). Το παρατηρούμενο πεδίο (field of view) είναι αντίστροφα ανάλογο της μεγέθυνσης, και έτσι για μεγέθυνση 5x το παρατηρούμενο πεδίο μπορεί να είναι 35 mm σε διάμετρο, και για 40x μικραίνει στα 5-5 mm. Όσο μεγαλώνει η μεγέθυνση, τόσο πιο μικρό είναι το εύρος της κορικής απόστασης (range of pupil distance) που πρέπει να έχει ο εξεταστής για να παρατηρεί στερεοσκοπικά, όπως για παράδειγμα από 55 – 82 mm για μεγέθυνση 10x σε 51 - 78 mm για μεγέθυνση 16x.



Σχήμα 4-5: Παρατήρηση στη λυχνία με λεπτή (αριστερά) και ευρεία δέσμη (δεξιά).

Η εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία ξεκινά με γενική επισκόπηση των οφθαλμών με ευρεία δέσμη, και με σχετικά μικρή μεγέθυνση (της τάξης του 5x ή 10x), για κάποια εμφανή ένδειξη πάθησης. Απαραίτητο είναι να εξεταστούν και τα βλέφαρα, ο βλεφαρικός επιπεφυκότας, και οι αδένες των βλεφάρων για κάποια ένδειξη φλεγμονής ή μόλυνσης. Στη συνέχεια ο εξεταστής διαμορφώνει μια λεπτή δέσμη φωτός, φέρνει το σύστημα φωτισμού σε γωνία 45° με το μικροσκόπιο, και 'σαρώνει' από άκρη σε άκρη τον κερατοειδή ώστε να ανακαλύψει ίχνη πάθησης που δεν διακρίνονται με κατευθείαν επισκόπηση (όπως για παράδειγμα, αδιαφάνειες, ουλές).

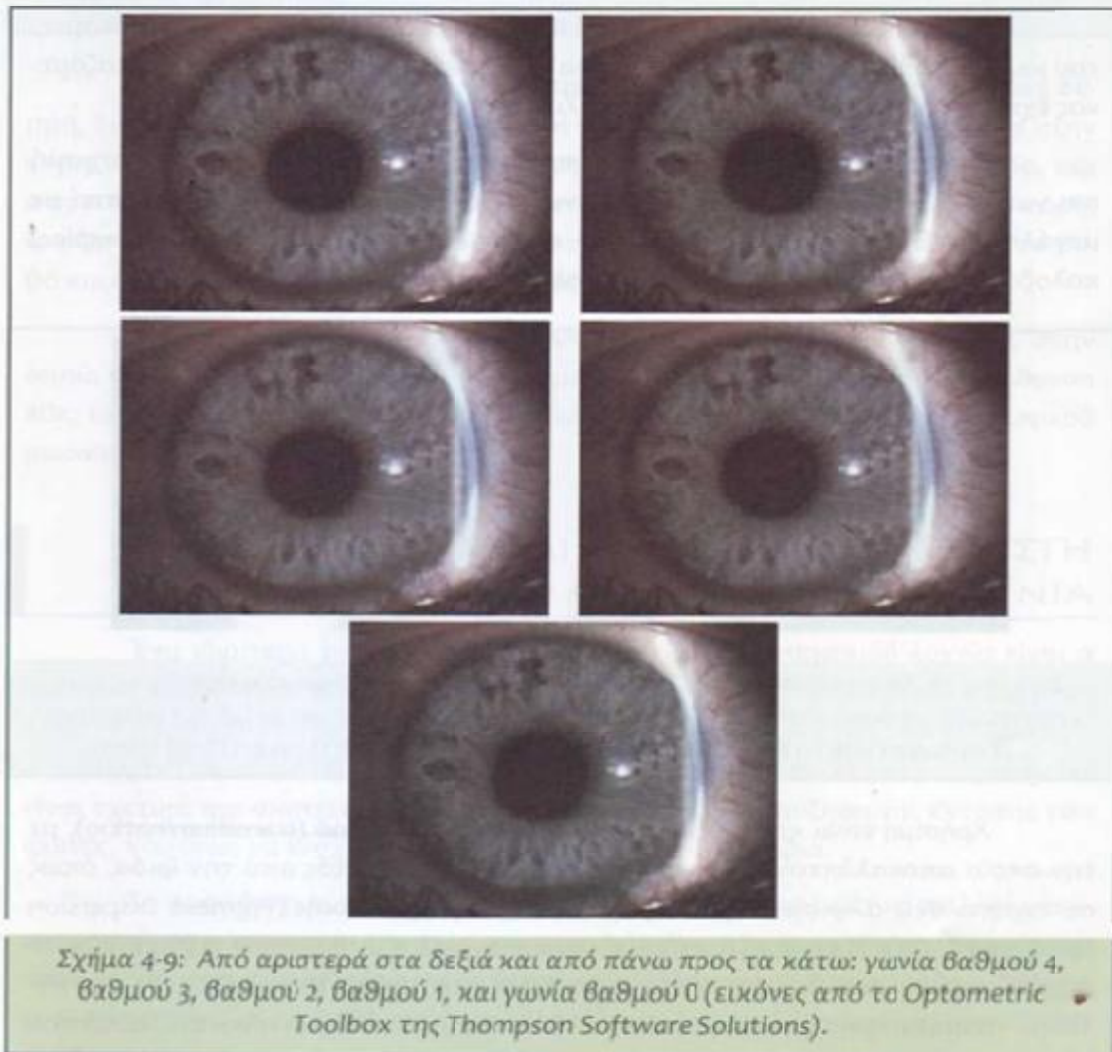
Αν χρειαστεί (και το επιτρέπουν οι προδιαγραφές της λυχνίας), ο εξεταστής μπορεί να αποσυνδέσει οπτικά το σύστημα φωτισμού από το μικροσκόπιο και να το στρέψει προς το σκληροκερατοειδικό όριο, ενώ το μικροσκόπιο εξακολουθεί να είναι στραμμένο προς το κέντρο του κερατοειδή. Με αυτή την τεχνική, που ονομάζεται **σκέδαση στο σκληρό** (sclerotic scatter), το φως διαδίδεται μέσα στον κερατοειδή με ολική εσωτερική ανάκλαση, όπως δηλαδή μέσα σε μια οπτική ίνα, και αν βρεθεί κάποια αδιαφάνεια, το φως σκεδάζεται και διαφεύγει, επιτρέποντας στον εξεταστή να ανακαλύψει την αδιαφάνεια.



Όταν υπάρχει υποψία γλαυκώματος κλειστής γωνίας, εφαρμόζεται η τεχνική Van Herrick. Ο εξεταστής φέρνει το σύστημα φωτισμού σε γωνία 60° και σκοπεύει ελάχιστα πιο μέσα από το σκληροκερατοειδικό όριο με μια λεπτή δέσμη, ώστε να σχηματίζεται μια λεπτή δέσμη φωτός στον κερατοειδή και στην ίριδα.



Σχήμα 4-8: Η τεχνική Van Herrick, και εκτίμηση της γωνίας Van Herrick.



Σχήμα 4-9: Από αριστερά στα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω: γωνία βαθμού 4, βαθμού 3, βαθμού 2, βαθμού 1, και γωνία βαθμού 0 (εικόνες από το Optometric Toolbox της Thompson Software Solutions).

Στη συνέχεια εκτιμά την απόσταση ανάμεσα στη λεπτή δέσμη στο σκληροκερατοειδικό και στη σκιά, για να διαπιστώσει αν η ίριδα έχει πλησιάσει τον κερατοειδή και κλείνει το πρόσθιο θάλαμο και τον ηθμό. Έτσι, αν η απόσταση είναι:

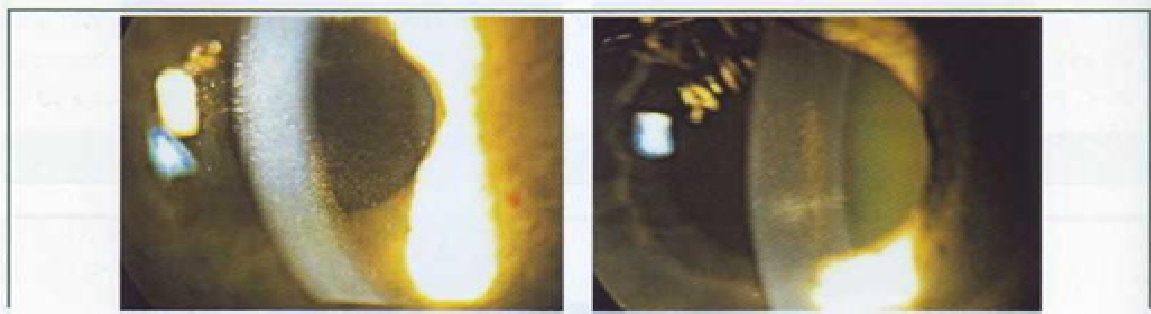
- ίση με το πάχος του κερατοειδή (ή και μεγαλύτερη), όπως φαίνεται στη φωτεινή σχισμή, τότε η γωνία είναι απόλυτα ανοιχτή (γωνία βαθμού 4)
- 50%-100% του πάχους του κερατοειδή, τότε η γωνία είναι ύποπτη και πρέπει ο εξεταζόμενος να παραπεμφθεί για γωνιοσκοπηση και τονομέτρηση (γωνία βαθμού 3),
- 25% με 50% του πάχους του κερατοειδή, τότε το περιστατικό είναι ακόμα πιο ύποπτο (γωνία βαθμού 2),



- μικρότερη από 25% του πάχους του κερατοειδή, τότε ο εξεταζόμενος πρέπει να παραπεμφθεί άμεσα για εξέταση (γωνία βαθμού 1).

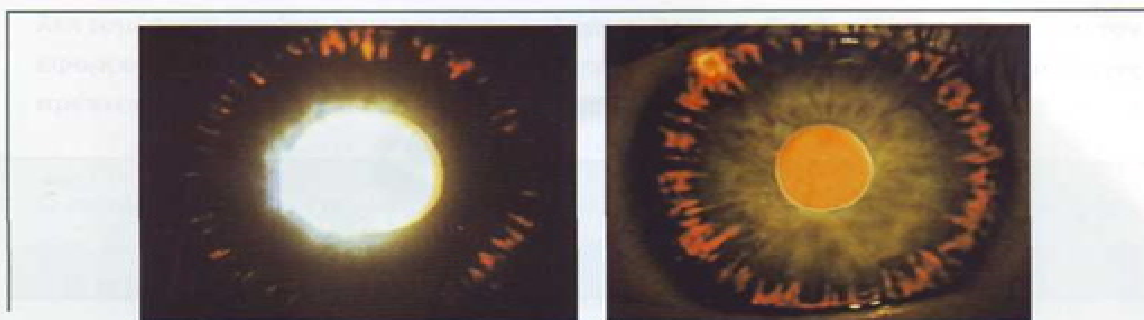
Αν η απόσταση αυτή δεν μπορεί να εκτιμηθεί, και οι δύο φωτεινές δέσμες, του κερατοειδή και της ίριδας, είναι σα να βρίσκονται σε επαφή, τότε ο εξεταζόμενος έχει επεισόδιο οξέος γλαυκώματος κλειστής γωνίας (γωνία βαθμού 0).

Εναποθέσεις στο ενδοθήλιο εντοπίζονται με τη λυχνία σε μεγάλη σχισμή και γωνία 45°; και μεγάλη μεγέθυνση, ενώ και η ίριδα θα πρέπει να εξεταστεί με μεγάλη μεγέθυνση για να εντοπιστούν φαινόμενα αποχρωματισμού, ατροφίας, κολοβώματα, νεοαγγειώσεις, ή εναποθέσεις στα όρια της κόρης.



Σχήμα 4-10: Περιστατικό εναπόθεσης χρωστικής από την ίριδα στο ενδοθήλιο του κερατοειδή, σε σύνδρομο PDS. Αριστερά διάχυτη εναπόθεση και δεξιά πιο γραμμική, που σχηματίζουν το επονομαζόμενο Krukenberg's spindle (University of Iowa).

Χρήσιμη είναι και η τεχνική του **διαμήκη φωτισμού** με την οποία αποκαλύπτονται φαινόμενα διάχυσης του φωτός από την ίριδα, όπως σε περιπτώσεις αλφισμού ή **συνδρόμου διάχυσης χρωστικής** (Pigment Dispersion Syndrome - PDS). Η τεχνική αυτή είναι υποκατηγορία των έμμεσων τεχνικών φωτισμού, όπου το φως δεν εστιάζεται απευθείας στο τμήμα του οφθαλμού που θέλουμε να παρατηρήσουμε (όπως για παράδειγμα, ίριδα), αλλά σε κάποιο στοιχείο πίσω από αυτό που θέλουμε να δούμε (όπως για παράδειγμα, στον κρυσταλλοειδή) και φωτίζει “εκ του όπισθεν” το τμήμα που εξετάζουμε.



Σχήμα 4-11: Διαμήκης φωτισμός της ίριδας σε περιστατικό PDS (University of Iowa).

Συγκεκριμένα, ο φωτισμός διαμορφώνεται σε μια πολύ λεπτή κυκλική δέσμη, διαμέτρου όχι μεγαλύτερη από αυτή της κόρης, και κατευθύνεται μέσα στην κόρη. Ο εξεταστής ρυθμίζει τη μεγέθυνση έτσι ώστε να βλέπει όλη την ίριδα, και στη συνέχεια ή αναβοσβήνει το φως, ή μετακινεί το φως μέσα - έξω από την κόρη, αναζητώντας σημεία όπου η ίριδα φωτίζεται, καθώς το φως ανακλάται από το βυθό και διαχέεται μέσα από τις παθολογικές αλλοιώσεις της ίριδας.

Μια ακόμα τεχνική είναι η **διάχυτη ανάκλαση** (specular reflection), στην οποία η γωνία μεταξύ μικροσκοπίου και μονάδας φωτισμού είναι 45°/ Π μεγέθυνση 40x, και

η οποία καθιστά δυνατή την απεικόνιση του ενδοθηλίου και του εξαγωνικού μωσαϊκού του.

#### 4.1.2 Προαιρετικές προσθήκες στη σχισμοειδή λυχνία

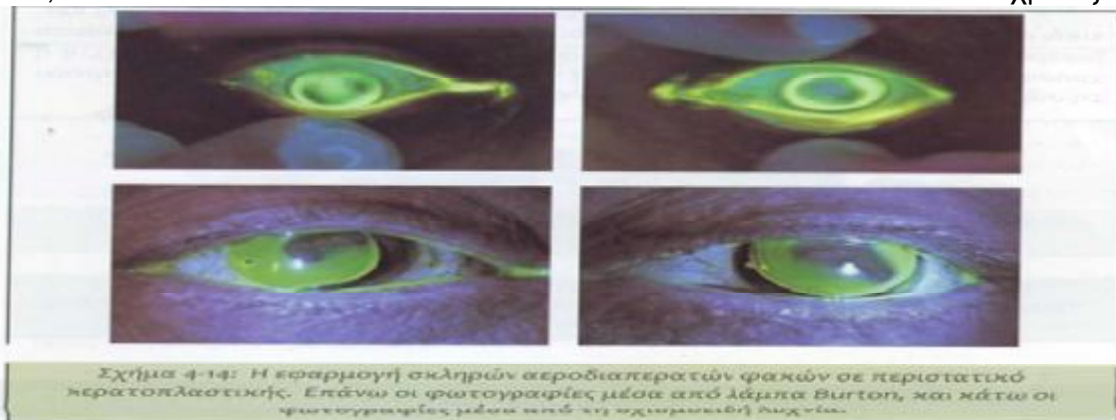
Ένα ιδιαίτερα χρήσιμο διδακτικό εργαλείο στη σχισμοειδή λυχνία είναι ο **σωλήνας παράλληλης παρατήρησης** (teaching tube), με τον οποίο δύο άτομα μπορούν να παρατηρούν ταυτόχρονα τον οφθαλμό του εξεταζόμενου. Με το διαχωριστή δέσμης, η εικόνα που θα λαμβάνουν και οι δύο παρατηρητές θα είναι σχετικά πιο σκοτεινή, με αποτέλεσμα να απαιτείται αύξηση της έντασης του φωτός, που ίσως να ενοχλήσει τον ασθενή αν έχει φωτοφοβία.

Το προσάρτημα video, το οποίο προσφέρουν ως προαιρετικό πολλοί κατασκευαστές στα κορυφαία μοντέλα σχισμοειδών λυχνιών τους, θα φανεί χρήσιμο στην περίπτωση που θέλουμε να καταγράψουμε την κίνηση του φακού και τη ροή (και όχι τη στατική εικόνα) της φλουορεσκεΐνης κάτω από ένα σκληρό αεροδιαπερατό φακό επαφής, και ακόμα μπορεί να μας βοηθήσει στη χρονομέτρηση, όπως στο BUT test. Επίσης ένας υπολογιστής είναι χρήσιμος στην αποθήκευση, επεξεργασία και αρχειοθέτηση των φωτογραφιών και των Video.

#### 4.2 Η ΛΑΜΠΑ BURTON

Η λάμπα Burton θεωρείται στη χώρα μας απαραίτητος εξοπλισμός για την αδειοδότηση τμήματος εφαρμογής φακών επαφής σε οπτικό κατάστημα. Διατυπώνουμε αντίθεση σε αυτή την τακτική, καθώς η λάμπα Burton υστερεί σημαντικά σε σχέση με τη σχισμοειδή λυχνία σε λεπτομέρεια και δυνατότητα παρατήρησης, και δεν διαθέτει τις διαγνωστικές δυνατότητες της τελευταίας.

Η λάμπα Burton, συνεπώς, έχει μόνο βοηθητικό και επικουρικό ρόλο σε σχέση με τη λυχνία, και σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να την υποκαταστήσει. Σε ορισμένες όμως εφαρμογές σκληρών αεροδιαπερατών φακών με φλουορεσκεΐνη, είναι δυνατό να βοηθήσει τον εφαρμοστή περισσότερο από ό,τι η λυχνία. Σε ιδιαίτερα ασύμμετρους κερατοειδείς, είναι πιθανό η ιδιαίτερα λεπτομερής εικόνα της λυχνίας να προκαλέσει σύγχυση. Σε μια τέτοια περίπτωση, η πιο γενική, λιγότερης λεπτομέρειας εικόνα που παρέχει η λάμπα Burton, θα βοηθήσει καλύτερα τον εφαρμοστή να αποφασίσει για την κατάσταση της εφαρμογής και τι αλλαγές πρέπει να κάνει στο φακό, αν χρειάζονται.



Ο εφαρμοστής που έχει λάμπα Burton, αλλά όχι σχισμοειδή λυχνία, θα αστοχήσει στη διάγνωση πολλών οφθαλμικών παθήσεων που απαιτούν παραπομπή σε οφθαλμίατρο, και θα αποτύχει να διαγνώσει παρενέργειες από φακούς επαφής

### 4.3 Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

Ιδανικά, η λυχνία πρέπει να διαθέτει υποδοχή για ψηφιακή φωτογραφική μηχανή. Η καταγραφή του οφθαλμού, του κερατοειδή και της εφαρμογής για το αρχείο του επαγγελματία εφαρμοστή επιβάλλεται, για τρεις λόγους:

- προσωπική χρήση του εφαρμοστή, ώστε να διαθέτει πλήρες αρχείο των παθολογιών που συναντά και των εφαρμογών που έχει κάνει. Οι φωτογραφίες αυτές είναι χρήσιμες σε παρουσιάσεις, σεμινάρια, ή ακόμα και ... στη συγγραφή βιβλίων.
- ενημέρωση του χρήστη, για επίδειξη κάποιας παθολογίας, προβλήματος που προκλήθηκε από τους φακούς, ή εξήγηση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε τύπου εφαρμογής.
- επικοινωνία με το θεράποντα ιατρό (αν υπάρχει), ώστε να ενημερωθεί για τις ενέργειες που έχουν γίνει, κάτι αυτονόητο, αν η εφαρμογή είναι θεραπευτική.

Ο συνδυασμός μιας λυχνίας με φωτογραφική μηχανή είναι, δυστυχώς, σχετικά ακριβός. Εναλλακτικές λύσεις είναι η χρήση ψηφιακής μηχανής με λάμπα Burton (με αυτό τον τρόπο λήφθηκαν οι φωτογραφίες του σχήματος 4-14), ή η χρήση προσαρμογέα που κουμπώνει στο προσοφθάλμιο της λυχνίας και επιτρέπει τη σύνδεση μηχανής «τσέπης», αλλά με μέτρια ποιότητα.



### 4.4 ΤΟ ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΟ

Το κερατόμετρο είναι το βασικό όργανο της μέτρησης της καμπυλότητας διαθλαστικής ισχύος του κερατοειδή, καθώς ο πρόσθιος κερατοειδής είναι η πιο ισχυρή διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού, η δυνατότητα να μετρήσουμε το σχήμα της και την ισχύ της μας δίνει βασικές πληροφορίες για την όραση του εξεταζόμενου.

Το κερατόμετρο μπορεί να μας δώσει τα εξής πολύ χρήσιμα δεδομένα:

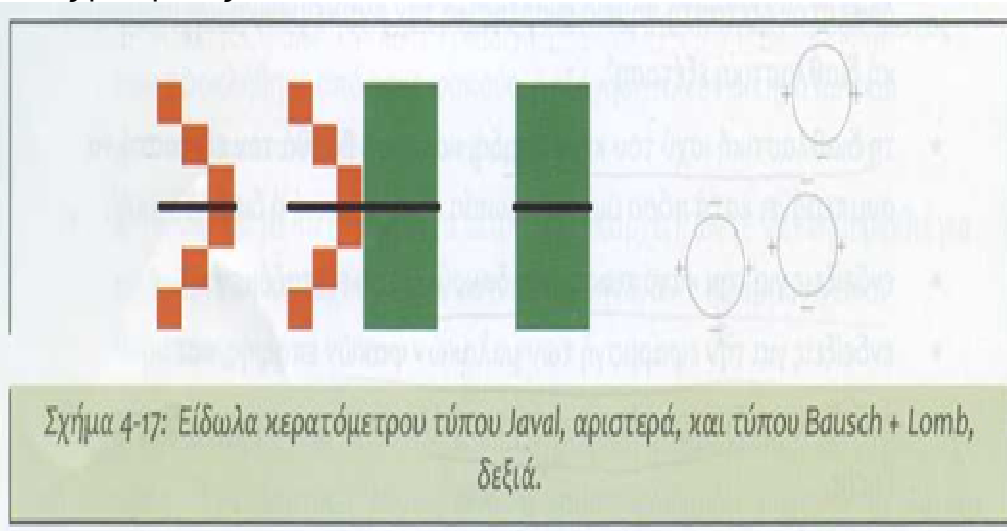
- καμπυλομετρικές ενδείξεις από τα κεντρικά 3 mm του κερατοειδή, ιδιαίτερα χρήσιμες για την αρχική επιλογή της καμπυλότητας του φακού,
- τορικότητα του κερατοειδή, και συγκεκριμένα αν ο κερατοειδής είναι σφαιρικός ή τορικός (και σε ποιους κύριους μεσημβρινούς), και συνεπώς δίνει στον εξεταστή σημείο έναρξης για την αντικειμενική και υποκειμενική διαθλαστική εξέταση.
- τη διαθλαστική ισχύ του κερατοειδή, κάτι που βοηθά τον εξεταστή να συμπεράνει κατά πόσο μια αμετρωπία είναι αξονική ή διαθλαστική,
- ενδείξεις για την κατάσταση των δακρύων του εξεταζόμενου,
- ενδείξεις για την εφαρμογή των μαλακών φακών επαφής, και

- ενδείξεις για δυστροφία του κερατοειδή, όπως για παράδειγμα εκτασία ή δυστροφία Fuchs.



Υπάρχουν δύο τύποι κερατομέτρου, Javal - Schiotz και του τύπου Bausch + Lomb. Το δεύτερο υπερτερεί, καθώς μπορεί να μετρήσει ταυτόχρονα και τους δύο κύριους μεσημβρινούς, αλλά το πρώτο είναι πιο διαδεδομένο. Η μέθοδος αυτή όμως έχει μειονεκτήματα διότι:

- μόνο μια μικρή περιοχή του κερατοειδή μπορεί να εκτιμηθεί (περίπου 3 mm), που αντιστοιχεί στο 8% της συνολικής επιφάνειας του κερατοειδή,
- η κορυφή του κερατοειδή δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα,
- η μικρή περιοχή του κερατοειδή που μετράμε θεωρείται σφαιρική, γεγονός αναληθές διότι ο κερατοειδής είναι ασφαιρικός και μάλιστα η ασφαιρικότητά του επηρεάζει το μέγεθος της διαθλαστικής ανωμαλίας,
- το λάθος του εξεταστή είναι πολύ πιθανό, και
- οι κερατομετρικές αλλαγές δεν είναι απαραίτητο να οφείλονται σε διαθλαστικές μεταβολές.



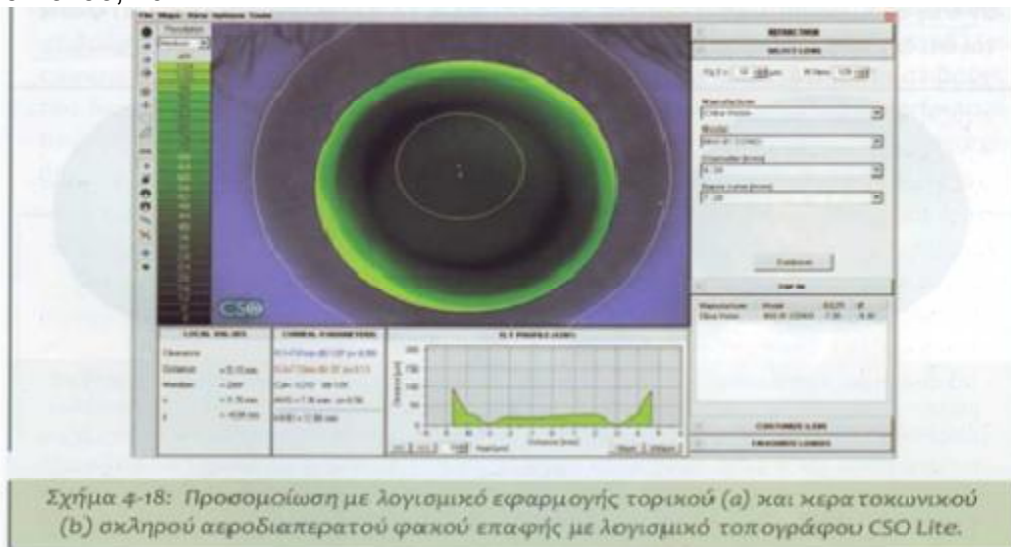
Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του κερατόμετρου Javal είναι η άμεση αναγνώριση των εκφυλίσεων του κερατοειδή από την εικόνα των ειδώλων, κάτι που μόνο η χρήση τοπογράφου θα μας έδινε.

## 4.5 Ο ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΗ

Ο **τοπογράφος κερατοειδή** (corneal topographer) είναι στην ουσία ένα... κατά πολύ βελτιστοποιημένο κερατόμετρο. Το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι λαμβάνει μετρήσεις από μια κατά πολύ μεγαλύτερη κερατοειδική επιφάνεια, σε σχέση με το κερατόμετρο, αυτόματα, μέσω υπολογιστή. Έτσι έχουμε έναν τοπο- γραφικό χάρτη του κερατοειδή, με κατά πολύ πιο πλήρεις και ακριβείς πληροφορίες. Σε παθήσεις όπως στον κερατόκωνο, είναι ο μόνος τρόπος να λάβουμε ενδείξεις καμπυλότητας του κερατοειδή, ώστε να ξέρουμε με ποιο φακό θα ξεκινήσουμε την εφαρμογή. Επιπρόσθετα, στην εφαρμογή των σκληρών αεροδιαπερατών φακών, ο τοπογράφος μας δίνει κρίσιμες πληροφορίες για την καμπυλότητα της κερατοειδικής περιφέρειας, και, συνεπώς, μας διευκολύνει αφάνταστα στο σχεδιάσμά της περιφέρειας του φακού.

Συγκεκριμένα, ένας τοπογράφος μπορεί να μας δώσει τις εξής πληροφορίες:

- Κερατοειδικό αστιγματισμό σε διάφορες ζώνες του κερατοειδή (όπως για παράδειγμα, 3, 5 και 7 mm διάμετρο),
- Ασφαιρικότητα ή εκκεντρότητα στις παραπάνω ζώνες,
- Χάρτη ανύψωσης (elevation map), δηλαδή του πόσο απέχει η υπολογισμένη κερατοειδική επιφάνεια από μια ιδανικά σφαιρική (ή και ασφαιρική),
- Κερατοειδικό μέτωπο κύματος (wavefront), όπως και των εκτροπών χαμηλής και υψηλής τάξης, σε διαφορετικές διαμέτρους κόρης, και προσομοίωση της όρασης. Οι υπολογισμοί αυτοί γίνονται την τεχνική της ιχνηλάτησης ακτίνων σε ένα πρότυπο οφθαλμού, στο οποίο έχει εφαρμοστεί η τοπογραφία στην πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια του μοντέλου, και

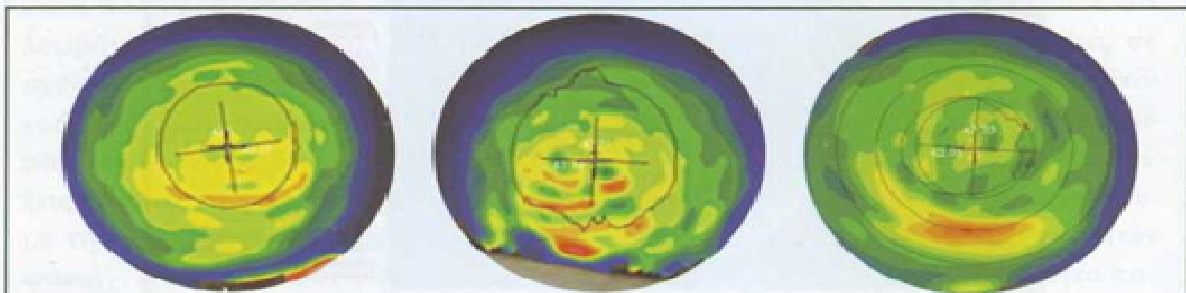


Σχήμα 4-18: Προσομοίωση με λογισμικό εφαρμογής τορικού (α) και κερατοκωνικού (β) σκληρού αεροδιαπερατού φακού επαφής με λογισμικό τοπογράφου CSO Lite.

- Προσομοίωση με λογισμικό εφαρμογής σκληρών αεροδιαπερατών φακών. Αφού «εφαρμοστεί» ο φακός, το λογισμικό «γεμίζει» το χώρο ανάμεσα στην πίσω επιφάνεια του φακού και την κερατοειδική με φλουορεσκεΐνη. Το λογισμικό αυτό μπορεί να είναι ενσωματωμένο στο βασικό, ή να προστεθεί ως αναβάθμιση. Η βάση δεδομένων φακών είναι συνήθως αρκετά πλήρης, με μεγάλη γκάμα από αρκετές εταιρείες, ενώ μπορούμε να προσθέσουμε φακούς αν γνωρίζουμε τη σχεδιάσή τους. Μπορούμε να μεταβάλλουμε παραμέτρους (καμπυλότητα, διάμετρο, ασφαιρικότητα), μέχρι να επιτύχουμε τη σωστή προσομοιωμένη εφαρμογή. Η επιβεβαίωση σε πραγματικές συνθήκες στη σχισμοειδή λυχνία με φλουορεσκεΐνη είναι

πάντα απαραίτητη, καθώς το λογισμικό δεν μπορεί να υπολογίσει παράγοντες όπως το βάρος του φακού, και την αλληλεπίδραση με τα βλέφαρα και τα δάκρυα.

Η πλέον βασική χρησιμότητα του τοπογράφου κερατοειδή είναι το ότι αποτελεί διαγνωστικό εργαλείο. Στην περίπτωση του κερατόκωνου και άλλων εκτασιών είναι το μόνο όργανο που θα δώσει σίγουρη διάγνωση. Επίσης είναι το μόνο όργανο που μπορεί να διαγνώσει καταστάσεις, όπως μικροοιδήματα από τη χρήση φακών επαφής, που αναδεικνύουν σφάλματα στην εφαρμογή ή τη χρήση των φακών. Αν, συνεπώς, εντοπίσουμε τέτοια φαινόμενα με τον τοπογράφο, πρέπει ή να ρωτήσουμε το χρήστη για τις συνήθειες που έχει με τους φακούς του (κυρίως πόσες ώρες τους φοράει), ή να αλλάξουμε την εφαρμογή, ακόμα και αν στη σχισμοειδή λυχνία και στο τεστ της προς τα πάνω ώθησης φαίνεται ότι δεν υπάρχει πρόβλημα.



Σχήμα 4-19: Τοπογραφίες σε περιστατικά μικροοιδημάτων κερατοειδή από χρήση μαλακών φακών επαφής. Το οίδημα ξεχωρίζει σε μια μικρή διάχυτη ζώνη, συνήθως μακρόστενη, πιο θερμών χρωμάτων. Στο μεσαίο περιστατικό, οι έντονες καμπυλότητες στο κάτω τμήμα του οφθαλμού σφειλονται στη συσσώρευση δακρύων, καθώς το κάτω βλέφαρο είναι ανυψωμένο, και ο εξεταστής θα μπορέσει να δει στη λήψη του τοπογράφου με τους δακτυλίους ανάκλασης στη λίμνη δακρύων. Πιο κεντρικά υπάρχει οίδημα.

Τόσο το κερατόμετρο, όσο και ο τοπογράφος κερατοειδή, υπολογίζουν με γεωμετρικές σχέσεις την ακτίνα καμπυλότητας  $R$  της -εξωτερικής- κερατοειδικής επιφάνειας. Από εκεί υπολογίζεται η οπτική ισχύς  $P$  του «διόπτρου» της εξωτερικής επιφάνειας του κερατοειδή με τον αέρα -στην πραγματικότητα, της δακρυϊκής στιβάδας- με την **κερατομετρική εξίσωση** που συνδέει την οπτική ισχύ του κερατοειδή  $P$ , σε διοπτρίες με την ακτίνα καμπυλότητας της εξωτερικής του επιφάνειας, αν διαιρέσουμε τον αριθμό 337.5 με την ακτίνα καμπυλότητας  $R$ , σε mm:

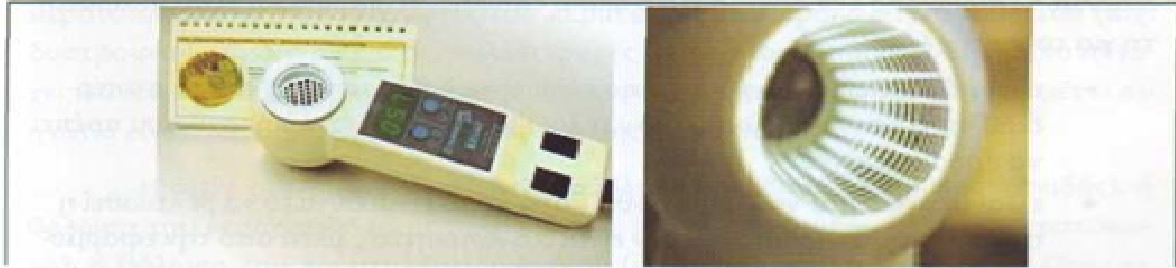
$$\text{οπτική ισχύς κερατοειδή } K(\text{dpt}) = \frac{337.5}{\text{ακτίνα καμπυλότητας (mm)}}$$

Οι κερατομετρικές ενδείξεις μπορεί να είναι είτε σε ακτίνες καμπυλότητας (εκφρασμένες σε mm), είτε σε οπτική ισχύ ( $K$ , εκφρασμένη σε διοπτρίες), και η σχέση τους είναι η κερατομετρική εξίσωση.

#### 4.6 ΤΟ ΔΑΚΡΥΟΣΚΟΠΙΟ

Το **δακρυοσκόπιο** είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εξάρτημα, που μας **δίνει ζωτικές πληροφορίες για την ποσότητα και την ποιότητα της δακρυϊκής στιβάδας**. Αποτελείται από μια πηγή φωτισμού και ένα δακτύλιο, που προβάλλει ομοιογενή κατοπτρικό φωτισμό (specular reflection), με αποτέλεσμα οι στιβάδες του δακρυϊκού φιλμ να γίνονται ορατές λόγω φαινομένων συμβολής (interference fringes). Μπορεί να

χρησιμοποιηθεί είτε στο χέρι, είτε να προσαρτηθεί στη σχισμοειδή λυχνία, όπου προστίθεται το πλεονέκτημα των επιπλέον μεγεθύνσεων.



Σχήμα 4-20: Αριστερά, το δακρυοσκόπιο, και δεξιά το δακρυοσκόπιο από την πλευρά του εξεταζόμενου.

Στο δακρυοσκόπιο προβάλλεται διάχυτο φωτισμό στον κερατοειδή με την κατάλληλη γωνία, έτσι ώστε να υφίσταται το φως κατοπτρική ανάκλαση (σχήμα 4-2θ), και η τελική εικόνα του δακρυϊκού φιλμ που βλέπει ο εξεταστής μέσα από το όργανο, μοιάζει πολύ με κροσσούς συμβολής, το σχήμα και το χρώμα των οποίων εξαρτάται από τη σύνθεση και σύσταση των δακρύων. Το δακρυοσκόπιο κυκλοφορούσε στην αγορά από την Keeler, αλλά δυστυχώς δεν διατίθεται πλέον.



Σχήμα 4-21: Αριστερά, φυσιολογική στιβάδα δακρύων, στη μέση έντονα λιπώδης στιβάδα, και δεξιά εμπότιση του δακρυϊκού φιλμ από κρέμα προσώπου.

Το δακρυοσκόπιο έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι είναι μια μη επεμβατική μέθοδος εξέτασης των δακρύων, σε αντίθεση με την εξέταση με φλουορεσκεΐνη, ή το Schirmer και το τεστ του νήματος, που είναι επεμβατικά και πιθανώς επηρεάζουν το αποτέλεσμα.

#### 4.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΠΕΡΔΙΑΘΛΑΣΗΣ

Ως **υπερδιάθλαση** ή **επιδιάθλαση** αναφέρεται η διαδικασία διάθλασης πάνω από ένα δοκιμαστικό φακό επαφής. Η διαδικασία είναι απαραίτητη για τους εξής λόγους:

- ο φακός επαφής που χρησιμοποιείται είναι δοκιμαστικός, οπότε η υπερδιάθλαση μας προσδιορίζει τον τελικό φακό με την τελική ισχύ που πρέπει να προσδιοριστεί,
- είναι απαραίτητο να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι δυνατό να βελτιωθεί η οξύτητα του χρήστη, όταν δεν είναι ικανοποιητική, μετά από την εφαρμογή, ή
- γίνεται εφαρμογή πολυεστιακών φακών, οπότε δοκιμάζονται συνδυασμοί ισχύος για να βρεθεί ο φακός που δίνει τον καλύτερο συνδυασμό μακρινής και κοντινής όρασης.

Η υπερδιάθλαση πραγματοποιείται όπως και η απλή διάθλαση, αλλά τα αποτελέσματά της πρέπει να συνυπολογιστούν με τα δεδομένα του δοκιμαστικού

φακού επαφής που έχουμε τοποθετημένο. Μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με φορόπτερο είτε με δοκιμαστικό σκελετό και σετ φακών.



Στην εφαρμογή πολυεστιακών φακών συνιστάται η χρήση δοκιμαστικού σκελετού, καθώς επηρεάζει το οπτικό πεδίο και το μέγεθος της κόρης λιγότερο από το φορόπτερο. Σε νεαρά άτομα ενδεχομένως να συνιστάται η χρήση δοκιμαστικού σκελετού, για την αποφυγή της ασυναίσθητης ενεργοποίησης της άμεσης προσαρμογής (proximal accommodation), αν και με το φορόπτερο υπάρχουν τεχνικές για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο.

#### 4.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ

Το PAM (Potential Acuity Meter) και το Visometer είναι πολύ χρήσιμα εργαλεία που βοηθούν τον εξεταστή να ανακαλύψει τη **μεγίστη δυνατή ή δυνητική οξύτητα** που μπορεί να φτάσει ο εξεταζόμενος. Τις περισσότερες φορές, η εύρεση της μέγιστης οξύτητας είναι εύκολη υπόθεση, σε περιστατικά κερατόκωνου όμως ή κερατοπλαστικής, ή δυστροφίας του κερατοειδή που προκαλεί θόλωση του (όπως για παράδειγμα, δυστροφία Fuchs), ή ανιριδίας, πολλές φορές ο εφαρμοστής δυσκολεύεται να πετύχει ικανοποιητική οπτική οξύτητα με τους φακούς επαφής, οπότε αναρωτιέται αν η αιτία είναι η εφαρμογή και ο φακός επαφής, ή κάποια άλλη.

Η αιτία αυτή μπορεί να είναι πρόβλημα στο βυθό (αμφιβληστροειδής), ή θόλωση του κερατοειδή (δυστροφία Fuchs, περιστατικό ύδρωπα στον κερατόκωνο), ή θόλωση του κρυσταλλοειδή φακού (καταρράκτης), ή αμβλυωπία λόγω εκ γενετής αιτίας κακής όρασης, ή ανώμαλο σχήμα της κόρης του οφθαλμού με αποτέλεσμα κακή ποιότητα ειδώλου στον αμφιβληστροειδή (κολόβωμα ή τραυματική παραμόρφωση ίριδας).

Το PAM μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε λυχνία, ενώ το Visometer σε λυχνία Haag-Streit. Και τα δύο όργανα λειτουργούν με την ίδια αρχή, και συγκεκριμένα προβάλλουν ένα μικροσκοπικό διαβαθμισμένο στόχο οπτικής οξύτητας μέσα στον οφθαλμό. Αν το πρόβλημα είναι κάποια αδιαφάνεια του κερατοειδή ή του κρυσταλλοειδή φακού, ο εξεταστής πρέπει να ψάξει να βρει ένα σχετικά πιο διάφανο σημείο και μέσα από αυτό να προβάλλει το στόχο, αναζητώντας τη μέγιστη δυνατή οξύτητα. Αν ο εξεταζόμενος δει το στόχο και μπορεί να διαβάσει ακόμα και τα γράμματα οξύτητας 10/10 ή έστω και λίγο μικρότερα, ενώ με το φακό επαφής η οπτική οξύτητα ήταν σημαντικά μειωμένη, προφανώς η αδιαφάνεια είναι αυτή που θέτει το άνω όριο στην όραση.





Σχήμα 4-23: Αριστερά, το PAM, και δεξιά, το Lothmar Visometer της Haag-Streit.

Αν ο εξεταζόμενος δεν έχει αδιαφάνεια, αλλά η όρασή του είναι καλύτερη με το στόχο του PAM ή του Visometer, από ό,τι με το φακό επαφής, προφανώς η εφαρμογή χρήζει βελτιώσεων. Αν ο εξεταζόμενος δεν έχει αδιαφάνεια στα διαθλαστικά του μέσα, και η όραση δεν βελτιώνεται με το στόχο του PAM σε σχέση με το φακό επαφής, προφανώς υπάρχει πάθηση στον αμφιβληστροειδή ή στην οπτική οδό.

Αν, από την άλλη μεριά, έχουμε περιστατικό ανιριδίας ή κολοβώματος και η όραση δεν βελτιώνεται με το PAM ή βελτιώνεται ελάχιστα, προφανώς υπάρχει αμβλυωπία που προκλήθηκε από την κακής ποιότητας όραση εξαιτίας της ανιριδίας, ενώ αν βελτιώνεται, μπορούμε, σχεδιάζοντας καλύτερα έναν κοσμητικό φακό επαφής με τεχνητή ίριδα και κόρη και με προσεκτική υπερδιάθλαση, να βελτιώσουμε την όραση με το φακό. Σε περίπτωση κολοβώματος, η πολύ μικρή δέσμη φωτός μέσα από την οποία προβάλλεται ο μικροσκοπικός στόχος του PAM ή του Visometer, έχει ως αποτέλεσμα το είδωλο του αμφιβληστροειδή να μην επηρεάζεται από το ανώμαλο σχήμα της κόρης, και να βρίσκεται σχεδόν φυσιολογική οξύτητα. Αν δεν βρεθεί, και δεν υπάρχει αδιαφάνεια, προφανώς υπάρχει και πρόβλημα στον αμφιβληστροειδή. (Κατσουλος- Μακρυνιωτη, 2010 4-4.20)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### 5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥ ΓΙΑ ΦΑΚΟΥΣ ΕΠΑΦΗΣ

Οι φακοί επαφής δεν είναι προϊόν που πωλείται χωρίς εξέταση. Η αντίληψη αυτή, που ορισμένες φορές συναντάται τόσο σε χρήστες, όσο και σε κάποιους επαγγελματίες του χώρου, έρχεται σε αντίθεση με βασικές αρχές δεοντολογίας, ιατρικής και επιστημονικής. Ένα ελάχιστο μετρήσεων και εξετάσεων από τον εφαρμοστή -που θεωρούμε δεδομένο ότι πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένος ειδικός επιστήμονας- είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη συνταγογράφηση, χορήγηση και εφαρμογή των φακών επαφής. Σε πολλές χώρες, η πώληση φακών επαφής απαγορεύεται αν δεν υπάρχει πρόσφατη εξέταση από ειδικό, ενώ τιμωρείται και η αμέλεια του εφαρμοστή να ενημερώσει σωστά το χρήστη.

Πριν καν από τη συνταγογράφηση, το βασικότερο μέλημα του επαγγελματία εφαρμοστή είναι η εκτίμηση της καταλληλότητας του υποψήφιου χρήστη. Είναι ευθύνη, δηλαδή, του εφαρμοστή πρώτα να εκτιμήσει την καταλληλότητα του υποψήφιου για χρήση φακών επαφής, δεύτερον, να προχωρήσει σε μια σειρά από απαραίτητες μετρήσεις για να καθορίσει τα βέλτιστα χαρακτηριστικά των φακών που ανταποκρίνονται στις προσδοκίες και τις πραγματικές ανάγκες του υποψήφιου χρήστη, τρίτον να εφαρμόσει τους φακούς δίνοντάς του τη μέγιστη δυνατή διορθωμένη οπτική οξύτητα και διατηρώντας την ακεραιότητα της οφθαλμικής του υγείας, και τέταρτον να καθορίσει το πρόγραμμα αντικατάστασης των φακών σε συνδυασμό με την κατάλληλη φροντίδα, επεξηγώντας τη σημασία του βήματος αυτού στο χρήστη.

Βέβαια, είναι μεγάλο θέμα η συμμόρφωση με τους κανόνες που θα επιδείξει τελικά ο χρήστης, γιατί, όσο και αν είναι επιμελής, μάλλον δεν θα ακολουθήσει 'κατά γράμμα' τις συμβουλές του εφαρμοστή. Ο ρόλος του εφαρμοστή έγκειται στο να του επιστήσει την προσοχή στα σημεία που θεωρεί άκρως σημαντικά.

Η ενδεχόμενη «ακαταλληλότητα» ενός ατόμου που επιθυμεί να φορέσει φακούς επαφής μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας σειράς από παράγοντες, όπως, για παράδειγμα, ότι ο υποψήφιος χρήστης ...είναι ή ήταν ήδη χρήστης φακών επαφής, η χρήση των οποίων προκάλεσε επιπλοκές -οι οποίες αναπτύσσονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο-, ή επιδείνωσε ορισμένες προϋπάρχουσες καταστάσεις που συνιστούν αντένδειξη του υποψηφίου ως χρήστη φακών επαφής.

Το πρώτο βήμα για την εκτίμηση της καταλληλότητας ενός ατόμου για χρήση φακών επαφής είναι μια τυπική οπτομετρική εξέταση, που περιλαμβάνει:

- λεπτομερές ιστορικό της οφθαλμικής υγείας του εξεταζομένου,
- πλήρη, σχολαστική εξέταση της κατάστασης του οφθαλμού, και τελικά
- εκτίμησή του ως υποψήφιου για τη χρήση φακών επαφής.

Η τεράστια ποικιλία υλικών, σχεδιασμού και τύπων φακών επιτρέπει σχεδόν ο καθένας να μπορεί να χρησιμοποιεί φακούς επαφής χωρίς προβλήματα και με ασφάλεια, με ελάχιστες εξαιρέσεις.

Η τελική εκτίμηση της καταλληλότητας του εξεταζόμενου περιλαμβάνει την αποφυγή ενδεχομένως προβληματικών περιπτώσεων, είτε διότι η κατάσταση της υγείας του είναι τέτοια που θα δημιουργεί προβλήματα δυσανεξίας και πιθανή επιδείνωση κάποιων οφθαλμικών συμπτωμάτων, όπως ξηρότητα, ερεθισμός, οίδημα και άλλα, είτε γιατί οι προσδοκίες και οι επιθυμίες του υποψηφίου δεν ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές και δυνατότητες των διαθέσιμων επιλογών.

Πέρα από τους καθαρά «οφθαλμικούς» λόγους, υπάρχουν επιπλέον ενδείξεις που πρέπει να εκτιμήσει ο εφαρμοστής, όπως η προθυμία του χρήστη, η ωριμότητα, και η ικανότητά του να αναλάβει τις υποχρεώσεις που απαιτεί η ορθολογική και ασφαλής χρήση και φροντίδα των φακών του, δηλαδή να αφιερώσει τον απαιτούμενο χρόνο και την αντίστοιχη επιμέλεια, καθώς και την όποια οικονομική δέσμευση αυτό συνεπάγεται.

Μια σημαντική αντένδειξη καταλληλότητας χρήστη είναι η έλλειψη παρακίνησης και επιθυμίας, καθώς και η παραπληροφόρηση για τους φακούς επαφής. Αυτές είναι καταστάσεις που μπορεί κανείς να τις εκμαιεύσει και να τις ανατρέψει κατά τη συνεδρία για τη λήψη του ιστορικού. Με τη βοήθεια ανοικτών ερωτήσεων παίρνουμε χρήσιμες πληροφορίες από τον υποψήφιο χρήστη για το τι προσδοκά από τη χρήση των φακών επαφής. Μετά την πλήρη καταγραφή και κατανόηση των επιθυμιών και των αναγκών του εξεταζόμενου, μπορούμε να επιλέξουμε και να προτείνουμε τον κατάλληλο φακό για τη διόρθωση της όρασης του υποψηφίου.

Η καθημερινότητα και οι εργασιακές συνθήκες του υποψηφίου παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο. Άτομα που εργάζονται σε περιβάλλον με σκόνη, και γενικότερα επιβαρυσμένο περιβάλλον με αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα - που επικάθονται στην επιφάνεια των φακών-, δεν είναι πιθανόν κατάλληλοι χρήστες, ιδιαίτερα στο εργασιακό τους περιβάλλον. Άτομα που εργάζονται σε περιβάλλον με δυναμικά επιβλαβείς αναθυμιάσεις, όπως σε εργαστήριο ή κομμωτήριο, είναι μάλλον οριακά υποψήφιοι χρήστες και αυτό λόγω αυξημένου κίνδυνου χημικής κερατίτιδας και αποδόμησης του υλικού του φακού. Εργαζόμενοι σε περιβάλλον με ξηρή ατμόσφαιρα όπως πιλότοι, και άτομα με ατελείς βλεφαρισμούς καλό είναι να αντιμετωπίζονται ως ασυμπτωματικά ξηρόφθαλμοι ασθενείς.

Κατά τη διάρκεια της λήψης του ιστορικού με τον υποψήφιο χρήστη, είναι χρήσιμο να εστιάσουμε την προσοχή μας σε κομβικές ερωτήσεις - κλειδιά. Η λήψη του ιστορικού θα περιλαμβάνει τους λόγους για τους οποίους ο πελάτης επιθυμεί τη χρήση φακών επαφής, οφθαλμικό και ιατρικό ιστορικό, και προηγούμενη εμπειρία χρήσης φακών επαφής.

## **5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ**

### **5.1.1 Αίτια για τη χρήση φακών επαφής**

Οι λόγοι που οδηγούν στη χρήση φακών επαφής είναι ουσιαστικοί και αντικειμενικοί. Οι σημαντικότεροι και πιο συνηθισμένοι από αυτούς είναι:

- Η αισθητική. Πολλοί διοπτροφόροι δεν αισθάνονται άνετα φορώντας γυαλιά όρασης, και επιθυμούν να απαλλαγούν από αυτά.
- Δυσανεξία στα γυαλιά όρασης. Οι χρήστες τα θεωρούν άβολα, βαριά, παραμορφώνονται ή σπάνε, και χρειάζονται συχνό καθάρισμα.
- Οπτικοί λόγοι. Οι φακοί επαφής έδειξαν ότι βελτιώνουν την οπτική

οξύτητα σε άτομα με υψηλή μυωπία, υψηλό αστιγματισμό, κερατόκωνο και εκτασίες του κερατοειδή, τραύματα του κερατοειδή, και ελλιπή αποτελέσματα διαθλαστικής χειρουργικής.

- Αθλητικές δραστηριότητες και ψυχαγωγία. Οι αθλητές, τόσο οι επαγγελματίες όσο και οι ερασιτέχνες, ωφελούνται συνήθως από το εύρος πεδίου που προσφέρει η όραση με τους φακούς επαφής.

- Επαγγελματικοί λόγοι. Παράλληλα με τα πλεονεκτήματα που προαναφέραμε ότι προσφέρει η όραση με φακούς επαφής στους αθλητές, αρκετοί επαγγελματίες που ασχολούνται με τα θεάματα, όπως ηθοποιοί, διασημότητες, δημόσια πρόσωπα κλπ, προτιμούν τους φακούς επαφής.

- Ιατρικοί λόγοι. Άτομα με δερματικά προβλήματα στην περιοχή του προσώπου πιθανότατα θα ωφεληθούν από τη χρήση φακών επαφής, καθώς δεν πατούν στο δέρμα για να το ερεθίσουν. Σε άτομα που έχουν χάσει το ένα ή και τα δύο έξω αυτιά, οι φακοί επαφής είναι ίσως η μόνη λύση.

### **5.1.2 Οφθαλμολογικό ιστορικό**

\_\_\_\_\_ Είναι πολύ σημαντική η πλήρης καταγραφή του οφθαλμολογικού ιστορικού του υποψηφίου. Σε αυτό περιλαμβάνονται πρότερη διόρθωση με γυαλιά ή με φακούς επαφής και όποιες θεραπείες ή επεμβάσεις. Επίσης διερευνώνται και καταγράφονται όλα τα πρότερα προβλήματα στραβισμού, αμβλυωπίας, απότομης μεταβολής όρασης, διπλωπίας, συμπτώματα και προβλήματα διόφθαλμης όρασης, τραυματισμών των οφθαλμών.

-Ερώτηση κλειδί: Έχετε ποτέ χρησιμοποιήσει φακούς επαφής;

Με αυτή την ερώτηση μας παρέχονται πληροφορίες για παλαιότερες εμπειρίες του πελάτη ευχάριστες ή μη, καθώς επίσης και εάν ο υποψήφιος είναι ήδη χρήστης φακών επαφής.

### **5.1.3 Ιατρικό ιστορικό**

Κατά τη λήψη του ιατρικού ιστορικού κάθε πληροφορία είναι χρήσιμη και πρέπει να σημειώνεται στην καρτέλα του εξεταζομένου, ώστε να βοηθήσει στην τελική εκτίμηση του υποψηφίου χρήστη ή του ήδη χρήστη.

Συμπτώματα και καταστάσεις που περιορίζουν ή και ίσως αντενδεικνύουν τη χρήση φακών επαφής είναι ο κνησμός, το αίσθημα καύσου και η δακρύρροια, οι εποχιακές και μόνιμες αλλεργίες, η υποτροπιάζουσα οφθαλμική λοίμωξη ή η φλεγμονή, η ιγμορίτιδα, η ξηρότητα της στοματικής κοιλότητας και των οφθαλμών, οι βλεννώδεις εκκρίσεις, τα επιληπτικά ή λιποθυμικά επεισόδια, οι σπασμοί, ο σακχαρώδης διαβήτης, και άλλα.

#### **5.1.3.1 Συστημικές και χρόνιες παθήσεις**

Παθήσεις όπως ο διαβήτης (τύπου 1 και 2), οι οποίες πρέπει να διερευνώνται κατά τη λήψη του ιστορικού, είναι πολύ πιθανό να προκαλούν ποικίλου βαθμού αναισθησία του κερατοειδή και κακή επούλωση του κερατοειδικού επιθηλίου. Ο διαβητικός ασθενής είναι πιθανό να μολυνθεί πιο εύκολα, και να το καταλάβει αργότερα, σε σχέση με το μέσο άνθρωπο. Συνεπακόλουθα, ο διαβητικός χρήστης φακών επαφής χρειάζεται πιο συχνή και πιο στενή παρακολούθηση από το συνήθη χρήστη. Άρα ο διαβήτης δεν είναι απόλυτη, αλλά σχετική αντένδειξη για φακούς

επαφής και κάθε περίπτωση θα πρέπει να αξιολογείται ξεχωριστά.

Ο υπερθυρεοειδισμός αποτελεί άλλη μία σχετική αντένδειξη για χρήση φακών, καθώς ο εξόφθαλμος που δημιουργείται συντελεί στους ελλειπείς βλεφαρισμούς, που ίσως οδηγήσουν σε προβλήματα δακρυστικής στιβάδας και ξηροφθαλμία.

Χρήσιμες είναι και οι πληροφορίες για διαταραχές του αγγειακού κολλαγόνου. Άτομα με ρευματοειδή αρθρίτιδα και άλλες σχετιζόμενες νόσους του κολλαγόνου εμφανίζουν πιθανά σύνδρομο Sjogren με κερατοεπιπεφυκίτιδα, και διαταραχές της δακρυστικής στιβάδας. Συχνά παρουσιάζεται και το πρόβλημα της κακής διαχείρισης των φακών επαφής, συνέπεια των κινητικών δυσκολιών.

### **5.1.3.2 Εγκυμοσύνη**

Κατά την εγκυμοσύνη, και ιδιαίτερα το τρίτο τρίμηνο της κύησης, οι ορμονικές αλλαγές στο σώμα της εγκύου προκαλούν μεταβολές στη δακρυστική στιβάδα και την κυρτότητα του κερατοειδή, προκαλώντας αλλαγή και της αμετροπίας και της εφαρμογής του φακού επαφής. Οι αλλαγές αυτές είναι αναστρέψιμες μετά τη γέννηση του παιδιού και την ορμονική σταθεροποίηση. Είναι σκόπιμο λοιπόν σε αυτές της περιπτώσεις να συμβουλευόμαστε τον περιορισμό ή και τη διακοπή της χρήσης των φακών επαφής. Δεν πρέπει να ξεχνάμε, ότι ένα μικρό ποσοστό εγκύων εμφανίζει διαβήτη της κύησης, ο οποίος άλλοτε υποχωρεί, αλλά αρκετές φορές παραμένει και μετά την κύηση.

### **5.1.3.3 Συστηματικές φαρμακευτικές αγωγές**

Ασθενείς που ακολουθούν τοπική οφθαλμική αγωγή με κολλύρια, καλό είναι να περιορίζουν τη χρήση των φακών επαφής διότι οι φακοί υδρογέλης απορροφούν το φάρμακο, με αποτέλεσμα να μεταβάλλουν το ρυθμό μετάβασης του φάρμακου στον κερατοειδή, ενώ οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είτε εμποδίζουν τη μετάβαση του φαρμάκου στον κερατοειδή λόγω επαφής, είτε αυξάνουν το χρόνο επαφής του φάρμακου με τον κερατοειδή, συνέπεια του εγκλωβισμού του φάρμακου από το φακό. Γενικά, η χορήγηση τοπικής φαρμακευτικής αγωγής πρέπει να γίνεται 15 έως 20 λεπτά πριν ή μετά την εφαρμογή ή την αφαίρεση<sup>1</sup> των φακών, εκτός αν χρησιμοποιείται φακός ειδικά για να αυξήσει τη διάρκεια χορήγησης του φάρμακου στον οφθαλμό, όπως ορισμένοι θεραπευτικοί φακοί επαφής.

Ορισμένες φαρμακευτικές αγωγές επηρεάζουν τη χρήση των φακών ελατώνοντας την παραγωγή της στιβάδας των δακρύων. Οι ανεπιθύμητες ενέργειες συστηματικών φαρμακευτικών αγωγών όπως με αντιισταμινικά, αντιχολινεργικούς παράγοντες, μερικούς β-αναστολείς, αγχολυτικά, αντικαταθλιπτικά και πόσιμα αντισυλληπτικά, εκδηλώνονται κυρίως με τη μορφή ξηροφθαλμίας.

Καλό είναι σε κάθε φάρμακο να ελέγχουμε από το φυλλάδιο οδηγιών τη λίστα των παρενεργειών: πολλά σκευάσματα δεν αναφέρουν την ξηροφθαλμία ως παρενέργεια, αλλά αν προκαλούν ξηρότητα του στόματος, είναι εξίσου πιθανό να προκαλούν και ξηροφθαλμία. Ασθενείς που ακολουθούν τέτοιες φαρμακευτικές αγωγές, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν φακούς επαφής, καλό είναι κατά περίπτωση να συμβουλευόμαστε ώστε να μεταβάλλουν το πρόγραμμά τους, είτε με διακοπή χρήσης των φακών επαφής, είτε με μείωση του χρόνου χρήσης.

### **5.1.3.4 Αλλεργίες**

Αλλεργίες των οφθαλμών και του δέρματος μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τη

χρήση φακών επαφής. Κάποια άτομα είναι ευαίσθητα σε κάποιο υλικό, ωστόσο πολύ πιο συχνή είναι η υπερευαίσθησία στα ενεργά συστατικά ή στα συντηρητικά των υγρών καθαρισμού, και στις εναποθέσεις των φακών. Η πλέον συνήθης λύση είναι ο πιο εντατικός καθαρισμός των φακών με κάποιο υπεροξειδίο με δισκίο πλατίνας, το οποίο περιέχει ελάχιστα επιπλέον χημικά, ή κάποιο υγρό χωρίς συντηρητικά. Καλό είναι επίσης να μην προστεθούν επιπλέον χημικά στη διαδικασία καθαρισμού, όπως για παράδειγμα, με τη μορφή ενός υγρού σαπουνιού, αλλά να γίνεται όσο καλύτερος καθαρισμός είναι εφικτό με τα λιγότερα δυνατό χημικά.

Οι συσκευές μηχανικού ή περιστροφικού καθαρισμού είναι ιδιαίτερα πολύτιμες σε τέτοιες περιπτώσεις. Σε έσχατη ανάγκη, η πλύση του φακού με φυσιολογικό ορό πριν τη χρήση θα βοηθήσει στο να απομακρυνθούν οι εναποθέσεις και το προηγούμενο υγρό καθαρισμού και συντήρησης. Γενικά, οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είναι πιο κατάλληλοι για αλλεργικούς χρήστες, καθώς περιέχουν λιγότερα χημικά συστατικά, και οι εναποθέσεις στην επιφάνειά τους είναι σημαντικά λιγότερες σε σχέση με τους μαλακούς φακούς επαφής.

#### **5.1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΧΡΗΣΗΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ**

Είναι πολύ χρήσιμο επίσης να γνωρίζουμε εάν ο υποψήφιος χρησιμοποιούσε ή χρησιμοποιεί ακόμα φακούς επαφής, καθώς επίσης και να διαπιστώσουμε εάν φορά ή φορούσε φακούς κατά την επίσκεψή του στο χώρο μας. Πρέπει λοιπόν να διευκρινίσουμε το λόγο που επιθυμεί να φορά φακούς επαφής, ή να γίνει επανεφαρμογή των φακών του, γιατί μπορεί να έχει λανθασμένες απόψεις ή υπερβολικές εκτιμήσεις. Εάν είναι ένας δυσάρεστη μένος χρήστης, είναι απαραίτητο να διαπιστώσουμε τι είδος φακών επαφής έχει χρησιμοποιήσει μέχρι τώρα, τόσο από υλικά, όσο και από σχεδίασμά. Με ανοικτές ερωτήσεις πρέπει να εκμαιεύσουμε:

- τον τύπο των φακών επαφής που ο ασθενής φορούσε, εάν ήταν ευχαριστημένος ή δυσαρεστημένος, και τι συμπτωματολογία υπήρχε κατά τη χρήση των φακών επαφής.
- αν είχε διακοπεί η χρήση των φακών επαφής, το λόγο για τον οποίο είχε διακοπεί και την επιθυμητή του αλλαγή και γιατί.
- τι χρησιμοποιεί την τελευταία χρονική περίοδο, καθώς επίσης και τη συχνότητα αντικατάστασης,
- το σύστημα φροντίδας και καθαρισμού των φακών που χρησιμοποιεί και αν είναι ευχαριστημένος ή δυσαρεστημένος από αυτό,
- αν είχε ιστορικό επιπλοκών οφειλόμενο στη χρήση των φακών κατά το παρελθόν, και
- αν έχει συχνό ιστορικό αλλαγής υλικών φακών επαφής.

Από τις ερωτήσεις-κλειδιά λαμβάνουμε χρήσιμες πληροφορίες για προηγούμενες εμπειρίες, πιθανές επιθυμίες και πιθανές καταστάσεις υγείας του ασθενή. Κάποιες από αυτές είναι οι εξής:

- Τι τύπο ή μάρκα φακών επαφής φορούσατε;

Γνωρίζοντας τον τύπο και τη μάρκα των φακών επαφής που χρησιμοποιούσε κατά το παρελθόν ο υποψήφιος, ταυτόχρονα γνωρίζουμε και το υλικό των φακών το οποίο χρησιμοποιούσε. Συνεπώς, αν ήταν δυσαρεστημένος με τους φακούς του είμαστε σε θέση να επιλέξουμε μια νέα γεωμετρία ή υλικό, διαφορετικά από αυτό που χρησιμοποιούσε μέχρι τώρα, περιορίζοντας τον κίνδυνο επανάληψης της εφαρμογής του φακού που τον ενοχλούσε. Ο νέος φακός μπορεί να είναι της ίδιας μάρκας αλλά διαφορετικών παραμέτρων (όπως για παράδειγμα,

άλλη ακτίνα καμπυλότητας), ή άλλης μάρκας, ή ακόμα και εντελώς άλλου τύπου. Αν για παράδειγμα ο υποψήφιος έχει σοβαρή ξηροφθαλμία, ίσως θα πρέπει να συζητηθεί το ενδεχόμενο μετάβασης στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς επαφής.

Στο ενδεχόμενο ο πελάτης να είναι ικανοποιημένος από το προϊόν που χρησιμοποιούσε, είμαστε σε θέση να προτείνουμε την ίδια ή παρόμοια γεωμετρία ή υλικό φακών επαφής, ή και κάποια που κατά την κρίση μας θα ήταν καλύτερα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εξετάσεων.

- Φοράτε ακόμα αυτούς τους φακούς; Εάν όχι, γιατί όχι;

Θα διαπιστώσουμε πολλές φορές, ότι είναι άλλο ζήτημα να είναι ο υποψήφιος ευχαριστημένος από τους φακούς του, και άλλο να τους φοράει ακόμα! Πολλοί φορούν τους φακούς τους ακόμα και όταν τους ενοχλούν, καθώς είναι πεπεισμένοι ότι οι φακοί ενοχλούν λίγο, έτσι και αλλιώς. Άλλοι τους φορούν ακόμα και όταν η ενόχληση είναι υπερβολική για άλλους χρήστες, όπως για παράδειγμα, οι ασθενείς με κερατόκωνο, επειδή είναι απόλυτα εξαρτημένοι από αυτούς για να βλέπουν καλά.

- Γιατί θέλετε τους φακούς επαφής;

Αυτή είναι μια κομβική και καθοριστική ερώτηση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επιλογής του υποψήφιου χρήστη. Γνωρίζοντας τι επιδιώκει από τη διόρθωση με τους φακούς επαφής ο υποψήφιος, είναι ευκολότερο για τον εφαρμοστή να επιλέξει τον τύπο και την κατηγορία του φακού που ανταποκρίνεται καλύτερα στις προσδοκίες του πελάτη του.

- Πόσο συχνά θέλετε να φοράτε τους φακούς επαφής σας;

Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από μια τέτοια ερώτηση μας οδηγούν στο κατάλληλο προτεινόμενο πρόγραμμα συχνότητας αντικατάστασής και χρήσης των φακών επαφής. Για κάποιον, για παράδειγμα, που θέλει να κάνει περιστασιακή χρήση των φακών επαφής, οι φακοί επαφής ημερήσιας αντικατάστασης είναι η καλύτερη λύση, ενώ για κάποιον άλλο που επιθυμεί αρκετές ώρες χρήσης των φακών επαφής και ταυτόχρονα συχνή χρήση, φακοί επαφής με υψηλή διαπερατότητα οξυγόνου είναι η καλύτερη λύση.

Δεν είναι σπάνιο να προσέλθει ένας υποψήφιος χρήστης με τη λανθασμένη άποψη ότι μπορεί να φορά τους φακούς του ...ατελείωτες ώρες. Ο εφαρμοστής πρέπει να καταστήσει σαφές ότι αυτό δεν είναι εφικτό στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, ακόμα και με τους νέους φακούς σιλικόνης υδρογέλης, γιατί πρώτο είναι να διαφυλάσσεται η οφθαλμική υγεία.

- Είναι το κόστος ένα ζήτημα για σας;

Ο καθένας μας έχει διαμορφώσει μια εικόνα κόστους για κάποια πράγματα, άλλες φορές για κάποια διαθέτουμε αρκετά χρήματα χωρίς να τα υπολογίζουμε, ενώ αντίθετα για άλλα ίσως σημαντικότερα είμαστε πολύ φειδωλοί. Αυτό είναι αποτέλεσμα της υπεραξίας που αποδίδουμε σε ένα προϊόν. Οφείλουμε να ενημερώνουμε τον υποψήφιο για το κόστος των φακών που πιστεύουμε ότι ανταποκρίνεται στην καλύτερη δυνατή διόρθωση και εφαρμογή, και να του εξηγήσουμε γιατί το προϊόν που του προτείνουμε έχει το συγκεκριμένο κόστος.

Δίνουμε πλήρη αναφορά του κόστους της εφαρμογής, των φακών και της σχολαστικής φροντίδας των φακών, ώστε ο υποψήφιος να έχει μια πλήρη εικόνα. Δεν αποφασίζει ο εφαρμοστής για την οικονομική δυνατότητα του χρήστη. Ο χρήστης έχει τον τελευταίο λόγο, αλλά πρέπει ο εφαρμοστής να κάνει σωστά τη δουλειά του, με το να ενημερώσει πλήρως τον υποψήφιο.

Η μόνη περίπτωση που ο εφαρμοστής πρέπει να επιμείνει, ίσως ενάντια στην οικονομική δυνατότητα του υποψηφίου, είναι οι φακοί επαφής για παθήσεις

(κερατόκωνος, κερατοπλαστική και άλλα). Σε αυτή την περίπτωση η ιατρική ιδιαιτερότητα και οι ανάγκες της όρασης δικαιολογούν την επιπλέον οικονομική επιβάρυνση. Ο ασθενής πρέπει να κατανοήσει την αναγκαιότητα των ειδικών φακών επαφής, και να παροτρυνθεί από τον ειδικό στο να προγραμματίσει αυτή τη δαπάνη, ίσως ακόμα και σε βάρος άλλων εξόδων, ώστε να αποκτήσει τους φακούς επαφής που πιθανότατα θα βελτιώσουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της ζωής του.

## 5.2 ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι ανατομικές μετρήσεις, τόσο του οφθαλμού, όσο και των επικουρικών του οργάνων, είναι χρήσιμες για την επιλογή του κατάλληλου τύπου φακού που θα επιλέξουμε για τον υποψήφιο, τον τρόπο εφαρμογής και τη μέθοδο εφαρμογής.

### 5.2.1 Οριζόντια ορατή διάμετρος ίριδας

\_\_\_\_\_ Η οριζόντια διάμετρος του κερατοειδή εκτείνεται σε όλη την έκτασή του, και το εύρος των τιμών της είναι από 10 έως 13 mm. Συνεπώς, μετρώντας την οριζόντια διάμετρο της ίριδας, έχουμε μετρήσει με ικανοποιητική ακρίβεια και τη διάμετρο του κερατοειδή. Ο σκοπός της μέτρησης είναι ο υπολογισμός της ολικής διαμέτρου του φακού επαφής. Όπως είδαμε στην, η διάμετρος του φακού θα πρέπει να είναι λίγο πιο μεγάλη από την οριζόντια ορατή διάμετρο ίριδας.

Η μέθοδος με την οποία μετράται η **οριζόντια ορατή διάμετρος ίριδας** (Horizontal Visible Iris Diameter-HVID) είναι απλή, με τη χρήση του υποδεκάμετρου - από την 9<sup>η</sup> μέχρι την 3<sup>η</sup> ώρα-, του χάρακα με τον οποίο μετράμε τη διακορική απόσταση, ή με ειδικά βαθμολογημένο χάρακα. Σήμερα οι σύγχρονες λυχνίες ενσωματώνουν προσοφθάλμιο με υποδιαιρέσεις και μοιρογνωμόνιο για πρακτικότερες και ακριβέστερες μετρήσεις.

### 5.2.2 Διάμετρος κόρης

Η μέτρηση της διαμέτρου της κόρης είναι παρόμοια με αυτή της οριζόντιας διαμέτρου ίριδας. Η τιμή αυτή, καθώς και το εύρος της σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, είναι σημαντικές ώστε να επιλέξουμε την καταλληλότερη οπτική ζώνη του φακού επαφής που θα εφαρμόσουμε, ιδιαίτερα για το σκληρό αεροδιαπερατό, αλλά και πολυεστιακού, μαλακού και μη. Η μέτρηση της κόρης πραγματοποιείται τόσο σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, όσο και σε συνθήκες κανονικού φωτισμού, οπότε μετράμε τη διάμετρο της σκοτοπικής και φωτοπικής κόρης, αντίστοιχα.

Η επιμελής εκτίμηση του εύρους της κόρης σε σκοτοπικές και φωτοπικές συνθήκες περιορίζει τα προβλήματα της όρασης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, καθώς και στην όραση με χρήση έγχρωμων φακών επαφής. Το μέγεθος της κόρης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού θεωρείται:

- μικρό, όταν είναι μικρότερο των 5 χιλιοστών,
- μεσαίο, όταν είναι μεταξύ 5 και 7 χιλιοστών, και



- μεγάλο, όταν είναι μεγαλύτερο από 7 χιλιοστά.

Για μεγάλη κορική διάμετρο, η επιλογή φακού με μεγάλη οπτική ζώνη κρίνεται απαραίτητη, ώστε να μη βλέπει ο χρήστης από περιοχή του φακού έξω από την οπτική ζώνη. Επίσης πρέπει να εκτιμηθεί η πιθανή αποτροπή του υποψήφιου για χρήση έγχρωμων φακών επαφής, καθώς το χρώμα του φακού θα βρίσκεται μπροστά από τη μεγάλη σε διάμετρο κόρη. Ωστόσο ο εφαρμοστής θα διαπιστώσει ότι, ειδικότερα οι γυναίκες, είναι έτοιμες να αποδεχτούν αυτό το συμβιβασμό.

### 5.2.3 Ύψος βλεφαρικής σχισμής / θέση βλεφάρων

Το ύψος της βλεφαρικής σχισμής είναι ίσο με το κατακόρυφο άνοιγμα μεταξύ του άνω και του κάτω βλεφαρικού άκρου, όταν το άτομο είναι χαλαρό και κοιτά ευθεία εμπρός. Πρέπει επίσης η σχέση βλεφάρων-κερατοειδή να σημειώνεται. Αυτό βοηθά τον εφαρμοστή στην ορθή επιλογή της ολικής διαμέτρου του φακού (μαζί με τη διάμετρο του κερατοειδή). Η θέση του άνω και του κάτω βλεφάρου σε συνάρτηση με το σκληροκερατοειδικό όριο πρέπει επίσης να αξιολογείται. Σε άτομα με χαμηλό άνω βλέφαρο καλύπτεται μεγάλη περιοχή του άνω κερατοειδή, και η άνω βλεφαρική επαφή επηρεάζει την κίνηση και τη θέση του φακού, ενώ αντίθετα, με υψηλό άνω βλέφαρο μπορεί ο φακός να μην επικαλύπτεται επαρκώς από το άνω βλέφαρο, δηλαδή κακή επαφή. Συνεπώς, ο εφαρμοστής πρέπει να αξιολογεί και την ταχύτητα και την πληρότητα των βλεφαρισμών. Βέβαια, καλό είναι να μην αναφέρει ο εφαρμοστής στον υποψήφιο τι μετρήσεις πραγματοποιεί, γιατί το άγχος του εξεταζόμενου ίσως να τις επηρεάσει (ιδιαίτερα τη συχνότητα).

### 5.2.4 Τάση βλεφάρων

Η εκτίμηση της βλεφαρικής τάσης γίνεται με αναστροφή των βλεφάρων. Κρατώντας το άνω βλέφαρο με το δείκτη και τον αντίχειρα και πιέζοντας προς τα έξω αναστρέφουμε το άνω βλέφαρο, και με αυτό τον τρόπο **εκτιμάται** η τάση των βλεφάρων στο βολβό του ματιού, καθώς αντικειμενική μέθοδος δεν υπάρχει. Ένα σφιχτό άνω βλέφαρο μπορεί να μετατοπίζει το φακό υπερβολικά κατά το βλεφαρισμό, ακόμα και αν είναι σφιχτός σε εφαρμογή, ή μπορεί να τον σπρώχνει κάτω, ή να τον τραβούν επάνω αμέσως μετά το βλεφαρισμό. Αντίθετα, χαλαρά (βαριά και χοντρά) βλέφαρα σχεδόν πάντα τραβούν και κρατούν το φακό προς τα πάνω.

### 5.2.5 Ρυθμός βλεφαρισμών

Ο τυπικός **ρυθμός βλεφαρισμών** (blink rate) είναι 10 έως 15 το λεπτό. Ο ρυθμός βλεφαρισμών πρέπει να μετρηθεί χωρίς να το γνωρίζει ο εξεταζόμενος. Εξετάζεται το εύρος των βλεφαρισμών, το μήκος και η ολοκλήρωση ενός τυπικού βλεφαρισμού. Εάν ο εξεταζόμενος μπορεί να ολοκληρώσει μόνο το 1 ο ως 50 % των βλεφαρισμών, τότε θεωρείται μάλλον ακατάλληλος χρήστης αεροδιαπερατών φακών. Αν η συχνότητα των βλεφαρισμών είναι μικρή, τότε ενδεχομένως να πρέπει να αποθαρρύνουμε τον υποψήφιο από τη συχνή ή μόνιμη χρήση φακών υδρογέλης και να προτείνουμε περιστασιακή χρήση.

## 5.3 ΔΙΑΘΛΑΣΗ-ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

Η εκτίμηση του κερατοειδή και της διαθλαστικής κατάστασης (προβλεπόμενος υπολειπόμενος αστιγματισμός) είναι σημαντική στην επιλογή του κατάλληλου

σχεδιασμού και υλικού φακών επαφής. Οι κερατομετρικές μετρήσεις, που είναι κατά βάση ανατομικές, είναι σημαντικές στον προσδιορισμό των αρχικών παραμέτρων (βασική καμπυλότητα) του διαγνωστικού φακού. Όπως είδαμε στην, η καμπυλότητα πρέπει να είναι λίγο πιο επίπεδη από αυτή του κερατοειδή.

Οι τρόποι μέτρησης της καμπυλότητας του κερατοειδή είναι η κερατομετρία και η τοπογραφία κερατοειδή. Η κερατομετρία είναι μια τόσο καθιερωμένη και δεδομένη μέθοδος μέτρησης της κερατοειδικής επιφάνειας, που δεν μπορεί να αγνοηθεί. Το κερατόμετρο προσφέρει ευκολία στη χρήση, με χαμηλό κόστος, αλλά υπόκειται σε σημαντικούς περιορισμούς. Στον αντίποδα, η τοπογραφία προσφέρει μια σημαντικά πιο ολοκληρωμένη ποικιλία δεδομένων.

Στην κερατομέτρηση οι μετρήσεις μπορεί να έχουν είτε τη μορφή ακτίνας καμπυλότητας (R, σε mm), είτε τη μορφή οπτικής ισχύος (K reading, σε dpt). Η μετατροπή σε dpt από mm γίνεται με την κερατομετρική εξίσωση.

## **5.4 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΟΦΘΑΛΜΗΣ ΟΡΑΣΗΣ**

Οι φακοί επαφής διαφοροποιούν την κατάσταση της δίοφθαλμης όρασης σε ασθενείς με υψηλές διαθλαστικές ανωμαλίες ή ανωμαλίες της δίοφθαλμης όρασης. Είναι λοιπόν σημαντικό να ελέγξουμε την κατάσταση της δίοφθαλμης όρασης πριν από την εφαρμογή των φακών επαφής.

### **5.4.1 Προσαρμογή και σύγκλιση**

Οι υποψήφιοι που βρίσκονται λίγο πριν την ηλικία της πρεσβυωπίας, και οι υψηλοί μύωπες, όταν από γυαλιά μεταβούν στους φακούς επαφής, παρουσιάζουν προβλήματα προσαρμογής, που οφείλονται στη χρόνια χρήση διορθωτικών γυαλιών όρασης. Είναι ίσως σκόπιμο σε αυτή την κατηγορία χρηστών να ξεκινούμε με τη χρήση διπλεσσιακών ή πολυεστιακών φακών με μικρή κοντινή διόρθωση (μικρό add). Στις υψηλές διαθλαστικές ανωμαλίες, σε άτομα που χρησιμοποιούν συνήθως γυαλιά όρασης, η κοντινή τους όραση επηρεάζεται και από την πρισματική ισχύ των φακών τους λόγω της έκκεντρης παρατήρησης του αντικειμένου, δηλαδή πρίσμα βάση έσω οι μύωπες, πρίσμα βάση έξω οι υπερμέτρωπες.

### **5.4.2 Πρισματική διόρθωση**

Εάν είναι απαραίτητη η πρισματική διόρθωση, ώστε να έχουμε βέλτιστη δίοφθαλμη όραση απαλλαγμένη από το ασθενοπικό στρες, είναι αναγκαίο να συνταγογραφηθούν διορθωτικά γυαλιά, ώστε οι φακοί επαφής να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα με τα γυαλιά όρασης. Δυστυχώς μέχρι τώρα δεν έχει καταστεί εφικτή η κατασκευή φακού επαφής που να ενσωματώνει οριζόντιο πρίσμα, παρά μόνο κατακόρυφο. Η ανάγκη πρισματικής διόρθωσης με μικρή ισχύ πρίσματος με βάση κάτω, διορθώνεται και με τους φακούς επαφής, ενώ αντίθετα, βάση άνω πρίσμα απαιτεί την κατασκευή αντίστοιχων διορθωτικών γυαλιών όρασης.

### **5.4.3 Στραβισμοί**

Οι φακοί επαφής θεωρούνται εξίσου αποτελεσματικοί με τα γυαλιά στην αντιμετώπιση των λειτουργικών (μη παραλυτικών) στραβισμών. Για παράδειγμα, σε μια προσαρμοστική εσωτροπία σε παιδί, μπορούν να χορηγηθούν φακοί επαφής για

την υπερμετρωπία και από πάνω γυαλιά για την κοντινή όραση. Το αποτέλεσμα είναι πιο καλαίσθητο, και παρέχει καλύτερη ποιότητα όρασης. Αντίστοιχα, σε μια εξωτροπία υπερεπάρκειας απόκλισης, οι αρνητικής ισχύος φακοί επαφής βοηθούν το παιδί να προσαρμόζει περισσότερο, αντισταθμίζοντας την εξωτροπία.

## **5.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΣΧΙΣΜΟΕΙΔΗ ΛΥΧΝΙΑ**

### **5.5.1 Εξωτερική παρατήρηση**

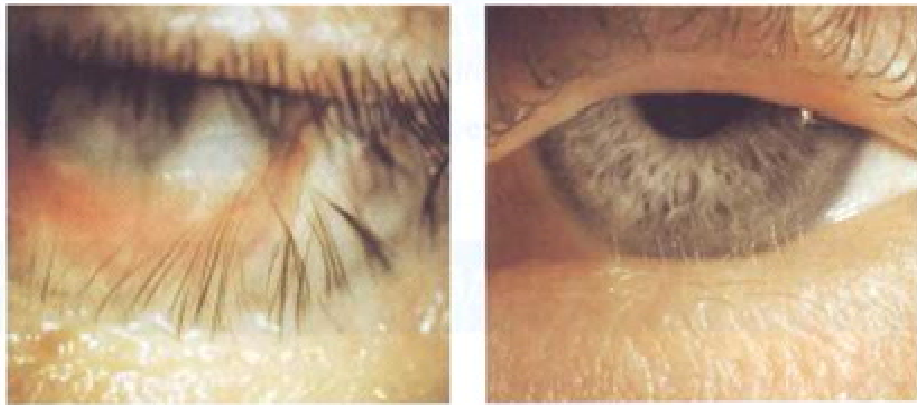
\_\_\_\_\_ Ένα πολύ σημαντικό, ίσως το σημαντικότερο στάδιο στην τελική εκτίμηση του υποψήφιου, είναι η παρατήρησή του με τη σχισμοειδή λυχνία. Μια συστηματική εξωτερική παρατήρηση των βλεφαρίδων και του εξωτερικού βλέφαρου θεωρείται σημαντική για την εκτίμηση και την αξιολόγηση του υποψήφιου χρήστη. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε καταστάσεις όπως βλεφαρίτιδα, εντρόπιο, τριχίαση, και δυστυχίαση. Για τη διευκόλυνση στην εκτίμηση είναι πολύ χρήσιμοι οι πίνακες διαβάθμισης CCLRU και Efron.

#### **5.5.1.1 Βλεφαρίτιδα**

Πρησμένα και ερεθισμένα βλεφαρικά άκρα περιορίζουν την πρόγνωση μιας επιτυχημένης, και αυξάνουν τις πιθανότητες μιας αποτυχημένης εφαρμογής. Υπολείμματα από τα βλέφαρα λειτουργούν ως παράγοντες ερεθισμού, και ανώμαλες εκκρίσεις των μείβομιανών αδένων δημιουργούν ελαιώδη στιβάδα στην επιφάνεια του φακού. Η σταφυλοκοκκική βλεφαρίτιδα είναι πιθανή αιτία για διηθήσεις του κερατοειδή, ενώ ταυτόχρονα πιθανά προδιαθέτουν για περιφερειακό έλκος. Χρόνιες και περιστασιακές παθήσεις των βλεφάρων είναι θεμιτό να θεραπεύονται πριν την εφαρμογή των φακών.

#### **5.5.1.2 Εντρόπιο, τριχίαση και δυστυχίαση**

Το **εντρόπιο**, η **τριχίαση** και η **δυστυχίαση** δεν είναι απαραίτητα αντενδείξεις για χρήση φακών επαφής. Στο εντρόπιο έχουμε προς τα μέσα κλίση όλου του κάτω βλεφάρου, στην τριχίαση οι βλεφαρίδες έχουν κλίση ή ανώμαλη έκφυση προς τα μέσα, προς τον οφθαλμό, αντί προς τα έξω, ενώ στη δυστυχίαση υπάρχει δεύτερη σειρά από παθολογικές βλεφαρίδες με κλίση προς τα μέσα, σε αντίθεση με τις κανονικές. Σε αρκετές παρόμοιες περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση φακών επαφής, ώστε να αποφεύγεται ερεθισμός του κερατοειδή από τις βλεφαρίδες που έχουν στραφεί προς τα μέσα (ingrown eyelashes). Αν οι βλεφαρίδες δεν είναι δυνατό να αφαιρεθούν, οι μόνοι κατάλληλοι φακοί επαφής είναι οι σκληρικοί.



Σχήμα 10-2: (α) τριχίαση και (β) δυστυχίαση.

## 5.5.2 Επιπεφυκότας

Ο **ταρσικός** (tarsal) και ο **βολβικός** (bulbar) **επιπεφυκότας** (conjunctiva) εκτιμώνται με τη σχισμοειδή λυχνία -σε λευκό φωτισμό- και με τη χρήση χρωστικής φλουορεσκειΐνης για περαιτέρω έλεγχο και πιο ενδελεχή εκτίμηση. Η αναστροφή του άνω βλέφαρου είναι επιβεβλημένη.

### 5.5.2.1 Βολβικός επιπεφυκότας

Ο βολβικός επιπεφυκότας ελέγχεται για την παρουσία υπεραιμίας ή εκχυμώσεων, που μπορεί να είναι ένδειξη απλής αλλεργίας (π.χ. αλλεργική επιπεφυκίτιδα), ή κάποιας πιο σοβαρής λοίμωξης. Ιδιαίτερη σημασία αξίζει να δοθεί στα σημεία περιφερειακά του σκληροκερατοειδικού ορίου, γιατί η έντονη υπεραιμία είναι ένδειξη υποξίας κερατοειδή σε εκείνη την περιοχή.

### 5.5.2.2 Ταρσικός επιπεφυκότας

Μετά την αναστροφή του άνω βλέφαρου εκτιμάται ο ταρσικός επιπεφυκότας με ή χωρίς τη χρήση φλουορεσκειΐνης και των δύο συνοδών φίλτρων. Σε περιστατικά που παρατηρείται ελαφρά θηλοειδής υπερτροφία σκόπιμο είναι να μην χρησιμοποιούνται συμβατικοί φακοί επαφής ή φακοί υψηλής υδροφιλίας για παρατεταμένη χρήση. Στις περιπτώσεις αυτές είναι προτιμότερη η χρήση αεροδιαπερατών φακών επαφής ή φακών υδρογέλης συχνής αντικατάστασης.

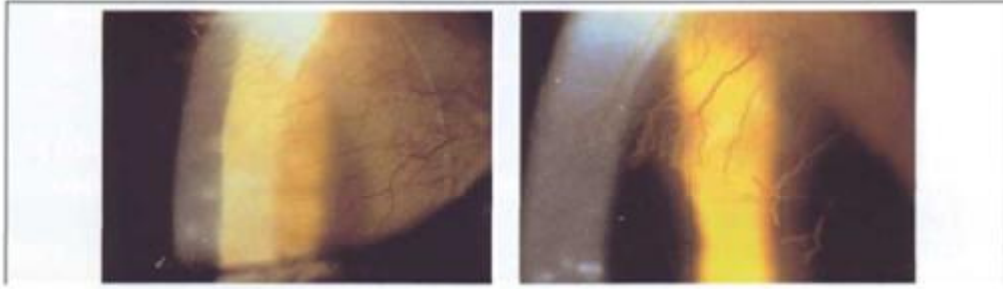
Η **γιγαντιαία θηλώδης επιπεφυκίτιδα** (giant papillary conjunctivitis) οφείλεται σε υπεραντίδραση του επιπεφυκότα στο συνεχή μηχανικό ερεθισμό από το φακό και τις εναποθέσεις του. Οι περισσότερες από αυτές τις περιπτώσεις ή ανάλογες, θα συναντώνται όλο και λιγότερο στο μέλλον, και αυτό γιατί η χρήση των φακών συχνής αντικατάστασης γίνεται ολοένα και πιο διαδεδομένη. Ωστόσο η υγιεινή των φακών δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να παραμελείται.

## 5.5.3 Κερατοειδής

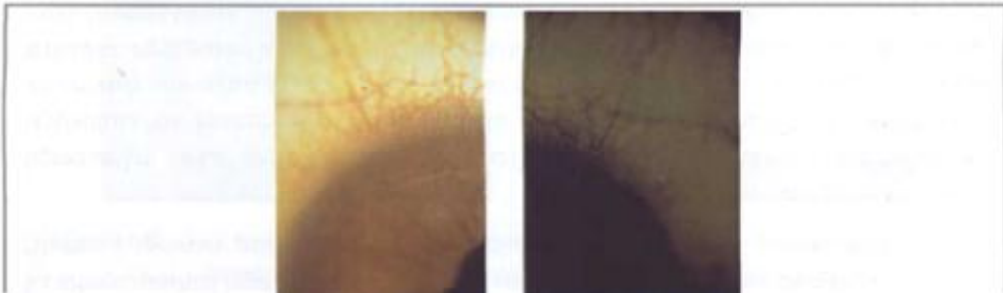
Το σημαντικότερο ίσως καθήκον ενός εφαρμοστή είναι η σχολαστική εκτίμηση του κερατοειδή, καθώς κάθε αξιολογήσιμη βλάβη ή ασθένειά του αποτελεί σαφή αντένδειξη για χρήση φακών, μέχρις ότου οι καταστάσεις αυτές επιλυθούν. Εξαιρέσεις αποτελούν παθήσεις όπου απαιτείται προστασία του κερατοειδή από την τριβή με τα βλέφαρα, ώστε να επουλωθεί ταχύτερα, οπότε εφαρμόζεται θεραπευτικός φακός, όπως στη διαθλαστική επέμβαση PRK, όπου λόγω της αφαίρεσης του επιθηλίου, τοποθετείται φακός επαφής μέχρι την επαναεπιθηλιοποίηση.

### 5.5.3.1 Νεοαγγείωση

Ο έλεγχος των αγγειακών απολήξεων σε όλη την έκταση του κερατοειδή, καθώς και στο σκληροκερατοειδικό όριο, και η διεϊσδυσή τους σε αυτόν πρέπει να καταγράφονται και να εκτιμώνται. Είναι πολύ σημαντικό να ξεχωρίσουμε τη φυσιολογική αγγείωση από τη **νεοαγγείωση** (neovascularization) που προέρχεται από τη χρήση φακών επαφής, καθώς και από την υπεραιμία του ΣΚΟ.



Σχήμα 10-3: Νεοαγγείωση κερατοειδή όπως παρατηρήθηκε στη λυχνία με λεπτή δέσμη.



Σχήμα 10-4: Νεοαγγείωση κερατοειδή, όπως φαίνεται σε μέτρια μεγέθυνση στη λυχνία. Στη δεξιά εικόνα με ειδικό red-free φίλτρο.



Σχήμα 10-5: Διάφορες κλίμακες νεοαγγείωσης. Από επάνω προς τα κάτω και από αριστερά προς τα δεξιά, καθόλου, ελαφρά, μέτρια, σοβαρή, και ιδιαίτερα σοβαρή<sup>6</sup>.

Διείσδυση αγγείων 1-2 mm στον κερατοειδή είναι χαρακτηριστικό νεοαγγείωσης που οφείλεται σε χρόνια υποξία. Διείσδυση αγγείων άνω των 2 mm συνήθως συνιστά χαρακτηρισμό του υποψηφίου ως μη κατάλληλου για φακούς επαφής, εκτός αν είναι απαραίτητο για την ποιότητα της όρασης. Η νεοαγγείωση ήταν πολύ συχνή σε πρώην χρήστες φακών από PMMA, με ελάχιστη μεταβιβαστικότητα οξυγόνου. Σήμερα συνήθως συναντάται σε χρόνιους χρήστες μαλακών φακών με υδροφιλία κάτω του 40%, αν και μια σφιχτή εφαρμογή μπορεί να επηρεάζει αρνητικά την οξυγόνωση, μειώνοντας το οξυγόνο που φτάνει στον κερατοειδή μέσω της αντλίας δακρύων.

Ένα γενικό πλάνο αντιμετώπισης των επιπλοκών από φακούς επαφής, έχει προταθεί από τον Nathan Efron: Στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτουμε τη διαβαθμισμένη παρατήρηση και την προτεινόμενη κλινική προσέγγιση ανάλογα με την κλίμακα της επιπλοκής:

Κλίμακα	Παρατήρηση	Προτεινόμενη κλινική προσέγγιση
0 (καθόλου)	Φυσιολογική εικόνα.	Δεν απαιτείται δράση, αλλά προτείνεται η κλινική εκτίμηση του περιστατικού.
1 (ελαφρά)	Ίχνη. Ελάχιστα παρατηρούμενα συμπτώματα.	Ελάχιστη ή καθόλου αλλαγή στη χρήση και φροντίδα των φακών. Συνιστάται παρακολούθηση του περιστατικού.
2 (μέτρια)	Παρατηρούνται μέτρια συγκεκριμένα συμπτώματα.	Απαιτούνται μέτρα για την αντιμετώπιση της επιπλοκής. Παρακολούθηση της κλινικής συμπεριφοράς στη θεραπεία.
3 (μέτρια προς σοβαρή)	Μέτρια προς σοβαρά συμπτώματα, πιθανότητα βλάβης της όρασης.	Μείωση ή διακοπή χρήσης φακών και αντιμετώπιση της επιπλοκής. Η χρήση φακών είναι δυνατή μετά την επανεξέταση των επιλογών στη χρήση και φροντίδα φακών, όταν η επιπλοκή αντιστραφεί με επιτυχία. Απαιτείται παρακολούθηση.
4 (ιδιαίτερα σοβαρή)	Ιδιαίτερη πιθανότητα πρόκλησης βλάβης στην όραση.	Άμεση διακοπή χρήσης φακών και αντιμετώπιση της επιπλοκής. Η πιθανότητα χρήσης φακών στο μέλλον αναθεωρείται.

Πίνακας 10-1: Κλιμάκωση επιπλοκής και προτεινόμενη κλινική προσέγγιση.



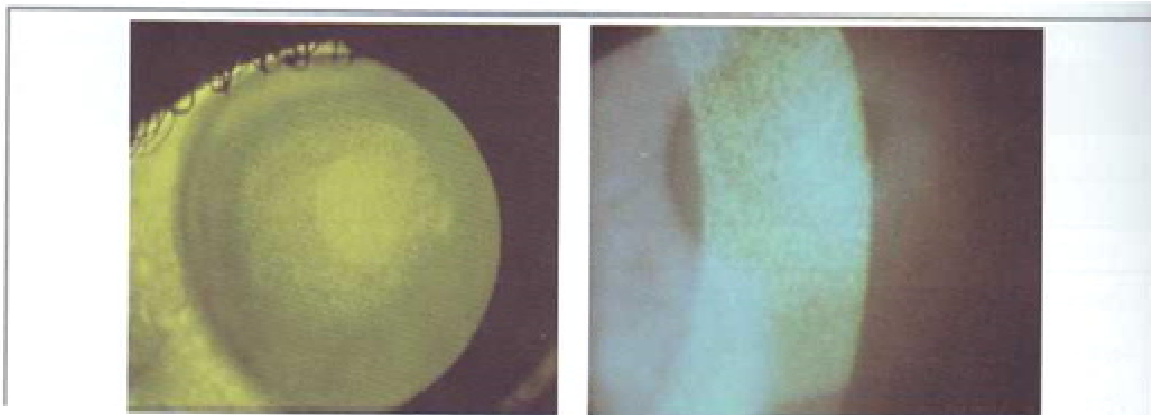
Σχήμα 10-6. Αριστερά νεοαγγείωση, και δεξιά ο ίδιος οφθαλμός μετά από υποχώριση του φαινομένου με χρήση φακών σιλικόνης-υδρογέλης.

Στην περίπτωση νεοαγγείωσης αναθεωρούμε την ήδη υπάρχουσα εφαρμογή, εφαρμόζοντας είτε αεροδιαπερατούς, είτε φακούς σιλικόνης-υδρογέλης. Μετά από λίγο καιρό με τη νέα εφαρμογή η νεοαγγείωση υποχωρεί, και μένουν μόνο άδεια αγγεία χωρίς αίμα (ghost vessels) -τα οποία επανενεργοποιούνται με την παραμικρή επάνοδο υποξίας. Για παράδειγμα, ένας ασθενής με κερατόκωνο που φορούσε φακούς από PMMA και έχει αναπτύξει νεοαγγείωση, πρέπει πλέον να φορέσει κάποιο σύγχρονο σκληρό αεροδιαπερατό φακό, από υλικό με μεγάλη διαπερατότητα οξυγόνου.

### 5.5.3.2 Στίξη επιθηλίου

Είναι σημαντικό να ερευνηθεί η πιθανή ύπαρξη **στίξης** ή **χρώσης επιθηλίου** (epithelial staining) σε έναν υποψήφιο ή ήδη χρήστη. Έντονη παρουσία (συσσωρευμένη περιοχή χρώσης) είναι αντένδειξη εφαρμογής και πρέπει να θεραπευθεί κατάλληλα, μια και θα μπορούσε να σημαίνει εξέλιξη σε έλκος κερατοειδή.

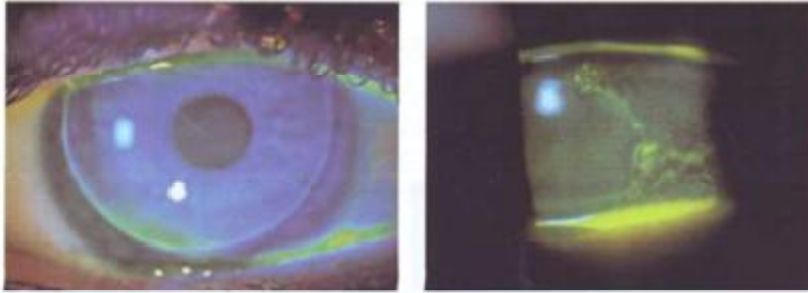
Η εξέταση πραγματοποιείται στη λυχνία με μπλε φίλτρο κοβαλτίου και ενστάλαξη υγρής μικρομοριακής φλουορεσκεΐνης ή με αποστειρωμένες λουρίδες χρωστικής. Ταυτόχρονα καλό είναι να πραγματοποιείται και η ποιοτική μέτρηση των δακρύων. Πριν την εφαρμογή μαλακών φακών, είναι σκόπιμο να αφαιρούνται οι χρωστικές με στείρο διάλυμα φυσιολογικού ορού (ισότονο διάλυμα 0.9%) με άφθονη πλύση, ώστε να μην εμποτιστεί ο μαλακός φακός.



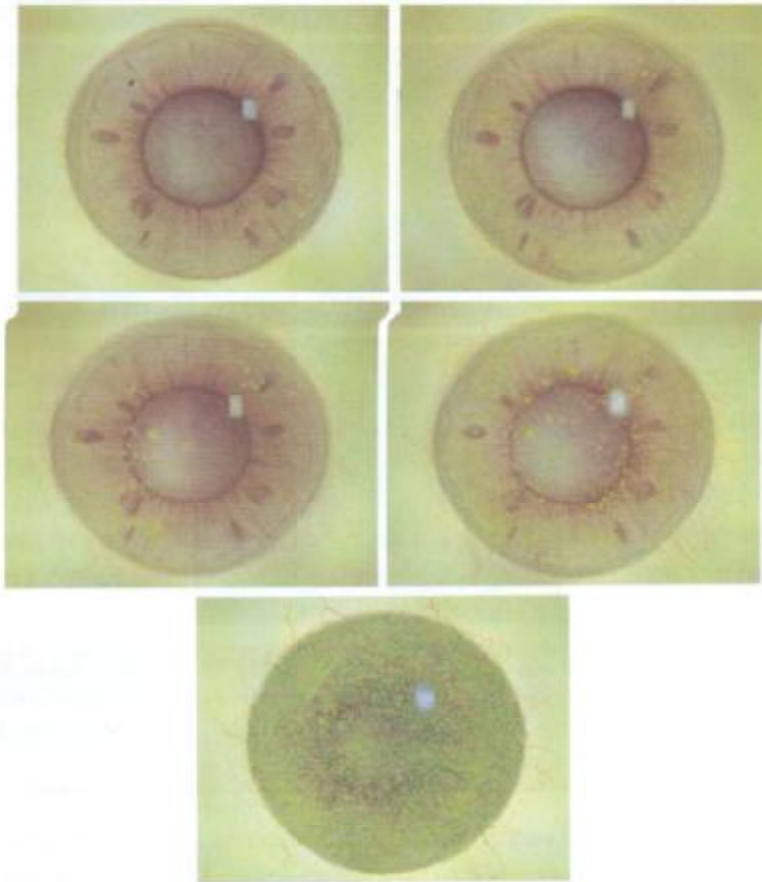
Σχήμα 10-7: Αριστερά, κεντρική στίξη του κερατοειδή, και δεξιά εκτεταμένη στίξη εξαιτίας τοξικής αντίδρασης.

Εκτεταμένη στίξη του κάτω κερατοειδή μπορεί να είναι ένδειξη ελαττωματικών (μη πλήρων) βλεφαρισμών, και αυτό πρέπει να ελέγχεται. Κλασικό παράδειγμα στίξης είναι η **στίξη 3<sup>ης</sup>-9<sup>ης</sup> ώρας** (3-9 o'clock staining) στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς, από το μεγάλο άνοιγμα άκρων του φακού στις 180°. Με τις νέες σχεδιάσεις σκληρών αεροδιαπερατών φακών που περιλαμβάνουν και τορικές περιφερειακές ζώνες, η στίξη αυτή έχει σχεδόν εξαλειφθεί.





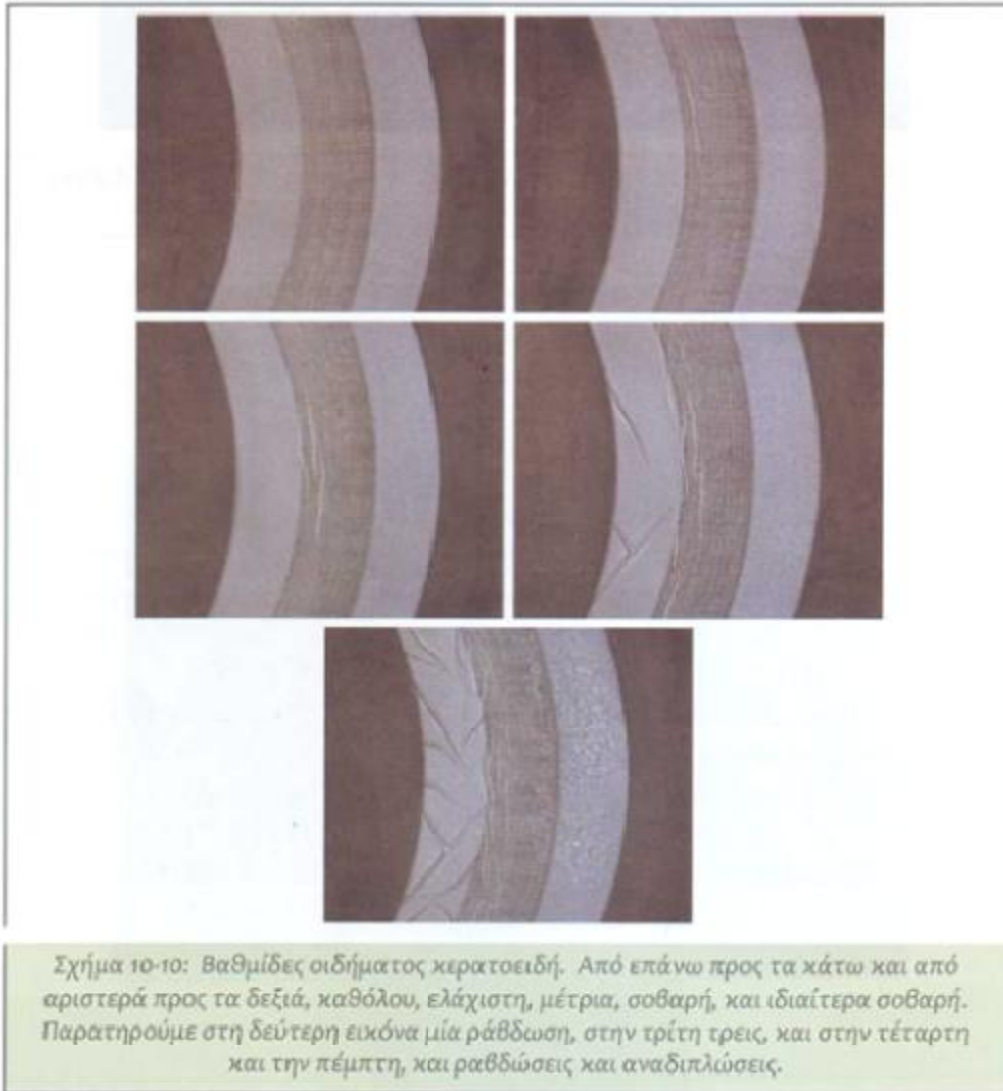
Σχήμα 10-8: Αριστερά, απόξεση επιθηλίου κάτω από σκληρό αεροδιαπερατό φακό επαφής, και δεξιά δενδριτικό έλκος από ερπητική κερατίτιδα.



Σχήμα 10-9: Διάφορες βαθμίδες στίξης επιθηλίου. Από επάνω προς τα κάτω και από αριστερά προς τα δεξιά, καθόλου, ελάχιστη, μέτρια, σοβαρή, και ιδιαίτερα σοβαρή.

### 5.5.3.3 Οίδημα

Βαθιές ραβδώσεις και πτυχώσεις στο στρώμα, επιθηλιακές μικροκύστες και εκχυμώσεις, θολερότητα στρώματος ή επιθηλίου συνιστούν **οίδημα κερατοειδή** και αντένδειξη χρήσης φακών επαφής.



Το οίδημα μπορεί να εντοπιστεί με τοπογράφο, ως μικρή παράκεντρη περιοχή με μεγαλύτερες καμπυλότητες από το φυσιολογικό. Ο «κανόνας» είναι ότι η εμφάνιση μίας ράβδωσης υποδηλώνει 5% οίδημα, ενώ η εμφάνιση μίας αναδίπλωσης υποδηλώνει 8% οίδημα. Προστίθεται στο σύνολο 1% για κάθε μία επιπλέον ράβδωση ή αναδίπλωση. Κλινικά σημαντικό είναι οίδημα πάνω από 5%.

Είναι σημαντικό να εξακριβώνεται και να θεραπεύεται η αιτία του οίδηματος, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό (και είναι, καθώς πολλές φορές η αιτία είναι είτε χρόνια χρήση φακών με χαμηλή μετάδοση οξυγόνου, είτε σφιχτή εφαρμογή, είτε χρήση του φακού υπερβολικές ώρες την ημέρα). Περιστασιακή δυστροφία του κερατοειδή επίσης μπορεί να οδηγήσει σε οίδημα. Στην περίπτωση αυτή αρκετές φορές η εφαρμογή φακών επαφής βοηθά στη διαχείριση του προβλήματος.

## 5.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΑΚΡΥΪΚΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ

Πολύς λόγος γίνεται για τη σημαντικότητα της εκτίμησης της δακρυϊκής στιβάδας του υποψήφιου χρήστη φακών επαφής, όσο και την επανεκτίμηση των ήδη χρηστών φακών επαφής. Κατά τη χρήση των φακών επαφής η δακρυϊκή στιβάδα προσφέρει μια ομαλή οπτική επιφάνεια μπροστά από το φακό επαφής. Εκτός από την οπτική ποιότητα, η δακρυϊκή στιβάδα προσφέρει:

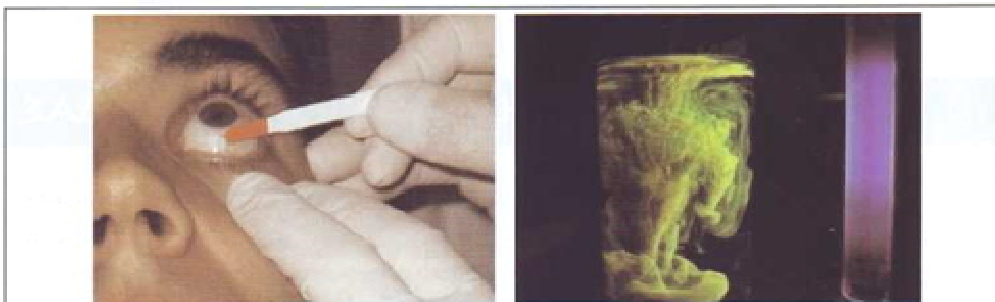
- λίπανση της επιφάνειας του οφθαλμού,
- αντιμικροβιακή λειτουργία,
- απομάκρυνση βακτηρίων και νεκρών επιθηλιακών κυττάρων,
- μέσο μετάδοσης οξυγόνου,
- θρέψη, και
- ανάπτυξη τοπικών παραγόντων της επιφάνειας του οφθαλμού.

Η προσεκτική εκτίμηση της δακρυϊκής στιβάδας, τόσο πριν, όσο και κατά τη διάρκεια χρήσης φακών είναι ουσιαστική για να προσφέρει μια επιτυχημένη και χωρίς προβλήματα χρήση. Η πλήρης εκτίμηση της δακρυϊκής στιβάδας θεωρείται απαραίτητη σε κάθε νέα εφαρμογή, ενώ μια κωδικοποιημένη εκτίμηση είναι ουσιαστική κατά την επανεξέταση. Επίσης επικουρικές εξετάσεις είναι αναγκαίες όταν υπάρχει συμπτωματολογία. Σε ασθενείς με παράπωνα ερεθισμών του οφθαλμού, η εκτίμηση της δακρυϊκής στιβάδας βοηθά στο να εξακριβώσουμε τα αίτια του προβλήματος, και να καθορίσουμε την κατάλληλη διαχείριση και θεραπεία.

### 5.6.1 Μικρομοριακή και μεγαλομοριακή φλουορεσκεΐνη

Η **φλουορεσκεΐνη** (fluorescein) είναι ένα απαραίτητο αναλώσιμο για τον εφαρμοστή φακών επαφής. Είναι μια χρωστική και σκιαγραφική ουσία, συνήθως σε υγρή μορφή, η οποία μπορεί να έρχεται και ως συνδυασμός αναισθητικού και χρωστικής. Σε στερεά κατάσταση έχει τη μορφή πορτοκαλί σκόνης, τύπο  $C_{20}H_{12}O_5$ . Αν δεν αναφέρεται διάκριση, τότε μιλάμε για τη μικρομοριακή φλουορεσκεΐνη.

Η **μεγαλομοριακή φλουορεσκεΐνη** χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ελέγξουμε την εφαρμογή σε μαλακούς ή σε υβριδικούς φακούς επαφής. Σε αντίθεση με τη μικρομοριακή, έχει μεγαλύτερο μόριο, και έτσι δεν εισχωρεί στο υλικό των υδρόφιλων φακών ή στην υδρόφιλη περιφέρεια των υβριδικών. Ωστόσο, η χρήση της είναι περιορισμένη, καθώς δεν μας παρέχει περισσότερες πληροφορίες σε σχέση με τις άλλες τεχνικές.



Σχήμα 10-11: Ενστάλαξη φλουορεσκεΐνης στον οφθαλμό, και δεξιά, εργαστηριακή παρατήρηση αλκαλικού διαλύματος φλουορεσκεΐνης μέσω φίλτρου κοβαλτίου.

Η ουσία αυτή, μέσα σε αλκαλικό υγρό διάλυμα έχει χαρακτηριστικές ιδιότητες φθορισμού, με μέγιστο απορρόφησης στα 494 nm και εκπομπή στα 521 nm. Λόγω του μικρού μήκους κύματος απορρόφησης, η διέγερση γίνεται με υπεριώδες, ενώ η εκπομπή είναι πιο κοντά στο «πράσινο-μπλε», και είναι εφικτή μέσω του παράθυρου «διαφάνειας» του μπλε φίλτρου κοβαλτίου. Οι ιδιότητες αυτές είναι ο λόγος πίσω από την ευρεία έκταση της εφαρμογής της στη μικροσκοπία, και σε πολλές βιολογικές εφαρμογές. Στο μάτι, συγκεκριμένα, επιτρέπει ορισμένες περιοχές του ματιού να γίνουν χαρακτηριστικά ορατές, και ιδιαίτερα σε συνδυασμό με την εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία.



Σχήμα 10-12: Εικόνα εφαρμογής μαλακού φακού επαφής με μεγαλομοριακή φλουορεσκεΐνη, όπου φαίνεται η απόσταση του άκρου του φακού από το σκληρό χιτώνα.

Η φλουορεσκεΐνη εισχωρεί στον κερατοειδή αν υπάρχουν ρωγμές στο επιθήλιο, και διαποτίζει τη δακρυϊκή στιβάδα. Μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για:

- κερατοειδικές αποξέσεις του επιθηλίου («γρατζουνιές») και έλκη,
- φυσαλιδώδη κερατοπάθεια,
- ερπητικές μολύνσεις κερατοειδή, και
- ύπαρξη ξηροφθαλμίας (από την κατάσταση της δακρυϊκής στιβάδας).

### 5.6.2 Εξέταση της ρήξης της στιβάδας δακρύων

Η εξέταση της δακρυϊκής στιβάδας γίνεται στη σχισμοειδή λυχνία, με μεγέθυνση τέτοια, ώστε να φαίνεται όλη η ίριδα. Ενσταλάζουμε τη φλουορεσκεΐνη, ζητάμε από τον εξεταζόμενο να εκτελέσει λίγους βλεφαρισμούς, και αμέσως παρατηρούμε μέσα από τη λυχνία αν υπάρχουν σημεία όπου σπάει η δακρυϊκή στιβάδα, ενώ ενθαρρύνουμε τον εξεταζόμενο να μη βλεφαρίζει. Θα αναγνωρίσουμε τα σημεία διάσπασης αν δούμε σε οποιοδήποτε σημείο του κερατοειδή ότι η πράσινη χροιά των δακρύων γίνεται μαύρη, δείγμα της διάσπασης και εξάτμισης της δακρυϊκής στιβάδας. Ταυτόχρονα χρονομετρούμε με κάποιο τρόπο τα δευτερόλεπτα ("), είτε μέσα μας, είτε χτυπώντας το πόδι στο πάτωμα, είτε με χρονόμετρο, ώστε να γνωρίζουμε σε ποια χρονική στιγμή έγινε η ρήξη της στιβάδας. Αυτό είναι το τεστ **ρήξης ή διάσπασης στιβάδας δακρύων** (tear Break Up Time -BUT- test).

Συχνά ο ελάχιστος χρόνος ρήξης για μια φυσιολογική δακρυϊκή στιβάδα είναι 10-12". Σπάνια πλέον παρατηρούνται τέτοιοι χρόνοι, ειδικά σε αστικό πληθυσμό, που τα μάτια εκτίθενται σε πολλά μικροσωματίδια. Όπως επίσης και σπάνια βρίσκουμε τέτοια αποτελέσματα σε χώρες όπως τη δική μας, μια ξηρή μεσογειακή χώρα.

Τέτοια περιστατικά θα βρεθούν πλέον μόνο σε μη αστικό πληθυσμό, και όχι συχνά. Επιπρόσθετα, άτομα ακόμα και με BUT 6 δευτερόλεπτα πολλές φορές δεν αναφέρουν φαινόμενα ξηρότητας οφθαλμών ή δυσανεξίας των φακών. Εμπειρικά προτείνεται η χρήση ενός πιο χαμηλού χρόνου ως φυσιολογικό, αυτό των 8", ενώ χρόνος κάτω των 5" είναι πιθανή ένδειξη κινδύνου ξηροφθαλμίας.

Εκτός από την πρώτη στιγμή που έγινε ρήξη, σημαντική είναι και η έκταση της ρήξης. Σοβαρά περιστατικά ξηροφθαλμίας χαρακτηρίζονται όχι μόνο από γρήγορη ρήξη, αλλά και από διάχυτη. Με άλλα λόγια, μια ξηροφθαλμία με ρήξη ενός μικρού σημείου στα με την υπόλοιπη στιβάδα να σπάει στα 6", είναι λιγότερο σοβαρή από μια ξηροφθαλμία όπου όλη η στιβάδα καταρρέει στα 4".

Η λιποειδής εξωτερική στιβάδα εμποδίζει την υδάτινη να εξατμιστεί, και, συνεπώς, είναι ζωτική για τη διάρκεια ζωής της δακρυϊκής στιβάδας στον οφθαλμό. Χαμηλές τιμές στο BUT test συνήθως έχουν κάποια αιτία που σχετίζεται με την

ελλιπή ή διαταραγμένη παραγωγή της λιπώδους ή της βλεννώδους στιβάδας. Άλλες αιτίες μπορεί να είναι:

- Ξηρό ή/και ζεστό περιβάλλον, ακόμη κι αν οι συνθήκες αυτές είναι τεχνητές (για παράδειγμα χώροι με έντονο κλιματισμό),
- Έντονος άνεμος ή ρεύμα αέρα,
- Ανεπαρκής βλεφαρισμός, όταν όπως για παράδειγμα, εργαζόμαστε μπροστά σε υπολογιστή,
- Ορισμένα φάρμακα, όπως αντιισταμινικά, αντικαταθλιπτικά, αντισυλληπτικά, και φάρμακα για την αρτηριακή πίεση,
- Ορισμένα σύνδρομα, όπως σύνδρομο του Sjogren ή ρευματοειδής αρθρίτιδα,
- Μεγάλη ηλικία, ιδιαίτερα στις γυναίκες με εμμηνόπαυση,
- Βλεφαρίτιδα, με αποτέλεσμα τα βακτήρια που την προκαλούν να εμποδίζουν την ομαλή διασπορά της λιπώδους στιβάδας, και
- Ελλιπής παραγωγή της βλεννώδους στιβάδας από τα καλυκοειδή κύτταρα του επιπεφυκότα,
- Έγκαυμα στον οφθαλμό, ή αυτοάνοσα νοσήματα που προκαλούν καταστροφή των καλυκοειδών κυττάρων ή/και των μείβομιανών αδένων.

Στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων, η ξηροφθαλμία οφείλεται στους τρεις πρώτους λόγους. Ο χρήστης με ξηροφθαλμία πρέπει να καταφύγει ή σε μαλακούς φακούς μικρής περιεκτικότητας σε νερό (ιδανικοί είναι οι φακοί σιλικόνης - υδρογέλης), ή σε φακούς με συστατικά που εμποδίζουν την εξάτμιση του νερού (όπως για παράδειγμα, φακοί με γλυκερίνη) ή στους σκληρούς αεροδιαπερατούς. Οι τελευταίοι είναι ίσως οι ιδανικοί, γιατί δεν είναι μόνο πιθανό να παρέχουν ανακούφιση από την ξηροφθαλμία, σε όλες πλην των πολύ σοβαρών περιπτώσεων (BUT « από 2"), αλλά και καλύτερη όραση, στην κατά ευρεία ομολογία άψογη οπτική επιφάνεια του σκληρού φακού (στο μαλακό φακό, λόγω ξηροφθαλμίας, καταστρέφεται οπτικά και η κύρια διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού ή του μαλακού φακού). Ωστόσο, όποιος τύπος φακού και να επιλεχθεί, συχνά η χρήση **τεχνητών δακρύων** (lens rewetting drops, artificial tears) κρίνεται απαραίτητη.

Άλλα μέτρα είναι η χρήση υγραντήρων αέρα, η αποφυγή χρήσης κλιματιστικού, και οι ασκήσεις βλεφαρισμών, αν ο χρήστης εργάζεται πολλές ώρες σε υπολογιστή. Κάποιο σκεύασμα τεχνητών δακρύων θα ανακουφίσει τα συμπτώματα για λίγη ώρα. Πιο αποτελεσματική λύση έχει βρεθεί να είναι να βγάλει ο χρήστης για λίγο τους φακούς του, να τους τρίψει, ξεβγάλει, και να τους αφήσει να ενυδατωθούν ξανά για 5-10 λεπτά μέσα σε διάλυμα πολλαπλών χρήσεων. Αν, από την άλλη, η ξηροφθαλμία οφείλεται σε βλεφαρίτιδα ή οφθαλμική φλεγμονή, η θεραπεία των παθήσεων αυτών επιφέρει συνήθως βελτίωση και στην ξηροφθαλμία.

Χρωματίζοντας τα δάκρυα με φλουορεσκεΐνη, παίρνουμε πληροφορίες και για τη σύστασή τους. Αν, λοιπόν, παρατηρήσουμε αυξημένους κυματισμούς στη δακρυϊκή επιφάνεια ή σημεία έντονου φθορισμού που μετακινούνται, είναι ένδειξη αυξημένης ποσότητας λιπιδίων στα δάκρυα, που μπορεί να οφείλεται σε:

- Δυσλειτουργία των αδένων που παράγουν τη λιποειδή στιβάδα,
- Έλλειψη καλίου από τα δάκρυα,
- Φαρμακευτική αγωγή που επηρεάζει τη λειτουργία των αδένων, και
- Δίαιτα υψηλή σε λιπαρά.

Επιβάλλεται σε τέτοιες περιπτώσεις πιο σχολαστικός καθαρισμός των φακών με υπεροξειδίο και ίσως χρειαστεί και κάψουλα πρωτεϊνικού καθαρισμού (ακόμα και σε φακούς μηνιαίας αντικατάστασης, αν παρουσιάζουν πρόβλημα πριν την αντικατάστασή τους), ή να χρησιμοποιηθεί υγρό πολλαπλών χρήσεων μαζί με

σαπούνι μαλακών φακών, ή ειδική συσκευή καθαρισμού. Για έσχατη λύση θα πρέπει να βρεθεί υλικό υδρόφιλου φακού που να συσσωρεύει λιγότερες εναποθέσεις (ιδιαίτερα δύσκολο έργο!), μαζί με το βελτιωμένο καθαρισμό, ή να γίνει αλλαγή από υδρόφιλους σε σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς.

Φυσικά, δεν πρέπει να ξεχνάμε και την αναντικατάστατη μέθοδο ελέγχου της εφαρμογής των σκληρών αεροδιαπερατών φακών με τη βοήθεια της φλουορεσκεΐνης, καθώς είναι ο μόνος τρόπος για να γίνουν ορατά τα δάκρυα που υπάρχουν (ή δεν υπάρχουν) κάτω από το φακό.

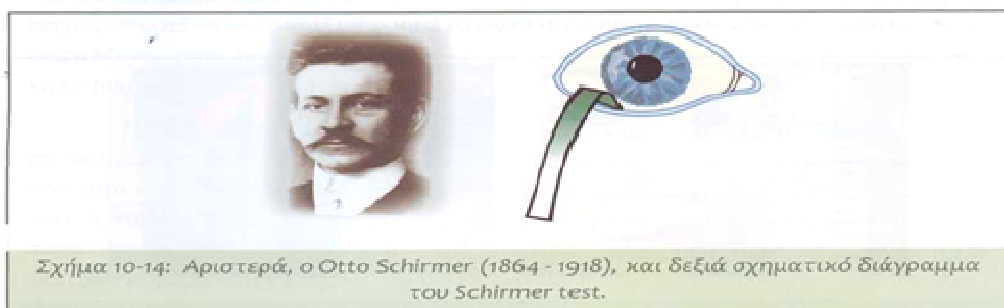
Αφού παρατηρήσουμε την κατάσταση των δακρύων, μπορούμε να παρατηρήσουμε και το αν η φλουορεσκεΐνη έχει διαποτίσει τον κερατοειδή. Φροντίζουμε να ανασηκώσουμε και το επάνω βλέφαρο, για να δούμε αν υπάρχει εμπότιση και στο άνω σκληροκερατοειδικό όριο, καθώς και να κατεβάσουμε το κάτω βλέφαρο για τυχόν εκεί βλάβες.

### 5.6.2.1 Το τεστ του Schirmer

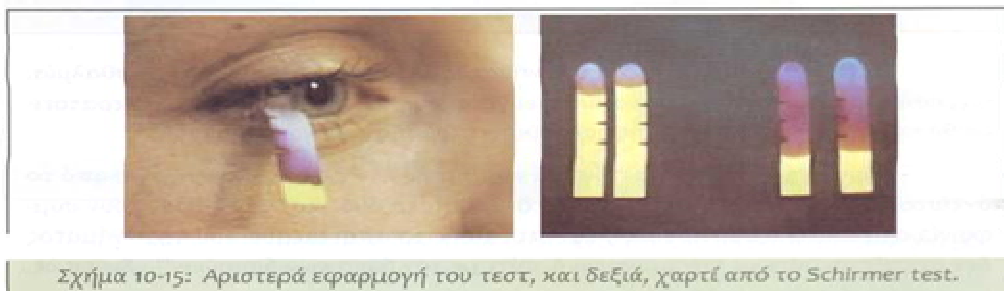
Το **τεστ του Schirmer** (Schirmer's Test) είναι ένα ποσοτικό τεστ, που μας βοηθά να εκτιμήσουμε την παραγωγή της υδάτινης στιβάδας των δακρύων. Πραγματοποιείται τοποθετώντας στο κάτω βλέφαρο (αφού το χαμηλώσουμε ελαφρά) ένα ειδικό απορροφητικό λεπτό χαρτί, 35 mm σε μήκος και 5 mm σε πλάτος, και μετρώντας μετά από 5 λεπτά πόσο μήκος του διαποτίστηκε από τα δάκρυα. Το τεστ μπορεί να πραγματοποιηθεί και με και χωρίς αναισθησία, ωστόσο πολλοί βρσκουν ενοχλητική την αίσθηση του τεστ χωρίς αναισθητικό, με αποτέλεσμα να προκαλείται δακρύρροια, και το χαρτί να εμποτίζεται υπερβολικά εμποδίζοντας τον εξεταστή να βγάλει ασφαλές συμπέρασμα.

Ανάλογα με τον τύπο (μάρκα) του τεστ του Schirmer που χρησιμοποιούμε, συνήθως μετά από 5 λεπτά αν η εμπότιση είναι:

- άνω των 15 mm, έχουμε ένδειξη φυσιολογικής παραγωγής δακρύων,
- μεταξύ 10 και 15 mm, έχουμε ένδειξη ήπιας ξηροφθαλμίας,
- μεταξύ 3 και 10 mm, έχουμε ένδειξη μέτριας ξηροφθαλμίας,
- μικρότερη των 5 mm, έχουμε ένδειξη σοβαρής ξηροφθαλμίας (όπως για παράδειγμα, σύνδρομο Sjogren).



Σχήμα 10-14: Αριστερά, ο Otto Schirmer (1864 - 1918), και δεξιά σχηματικό διάγραμμα του Schirmer test.



Σχήμα 10-15: Αριστερά εφαρμογή του τεστ, και δεξιά, χαρτί από το Schirmer test.

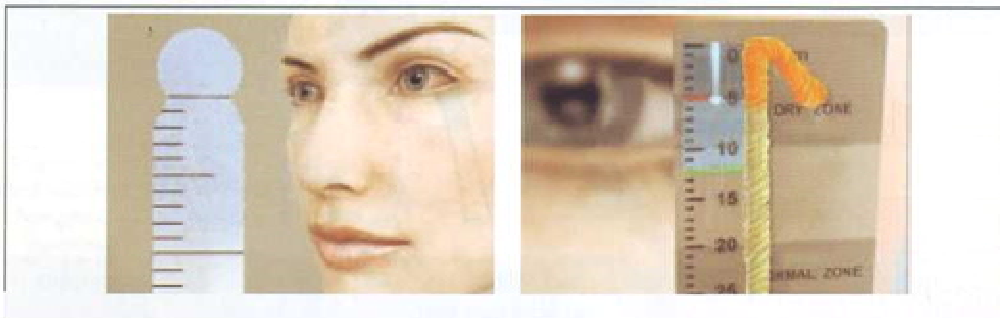
Οι ηλικιωμένοι, λόγω μειωμένης παραγωγής δακρύων, συχνά παρουσιάζουν τιμές μικρότερες από αυτές. Επίσης το τεστ δεν μπορεί να αναγνωρίσει περιστατικά ξηροφθαλμίας που οφείλονται σε ελαττωματική λιπώδη ή βλεννώδη στιβάδα. Σε τέτοια πιθανότητα είναι χρησιμότερο να κάνουμε το ποιοτικό τεστ BUT.

### 5.6.2.2 Το τεστ του νήματος

Το τεστ του νήματος (Phenol red thread tear test) είναι παρόμοιο με αυτό του Schirmer αλλά σημαντικά πιο εύκολο για τον εξεταζόμενο, καθώς το λεπτό νήμα μήκους 70 mm προκαλεί ελάχιστη ενόχληση, και άρα δεν χρειάζεται αναισθησία του οφθαλμού. Πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως το Schirmer, τοποθετώντας την άκρη του νήματος στο κάτω βλέφαρο, έτσι ώστε να κρέμεται.

Τα αποτελέσματα έχουν συνήθως ως εξής, μετά από 15 δευτερόλεπτα:

- εμπότιση μεταξύ 9-20 mm είναι ένδειξη φυσιολογικής παραγωγής δακρύων,
- εμπότιση μεταξύ 5 και 9 mm είναι ένδειξη ήπιας ξηροφθαλμίας, και
- εμπότιση κάτω των 5 mm είναι ένδειξη ξηροφθαλμίας.



Αν το τεστ του Schirmer ή του νήματος αποκαλύψει σοβαρή ξηροφθαλμία, η χρήση αναισθητικού πρέπει να αποφεύγεται, καθώς η αναισθησία του κερατοειδή θα προκαλέσει ελάττωση της δακρυϊκής στιβάδας σε οριακά επίπεδα.

Παρόλο που το τεστ αυτό είναι σημαντικά πιο εύκολο και γρήγορο από το αντίστοιχο του Schirmer, η έρευνα έχει δείξει ότι τα δύο τεστ δεν εμφανίζουν συμφωνία στα αποτελέσματά τους, και ότι επίσης το αποτέλεσμα του τεστ νήματος δεν σχετίζεται ούτε με την παραγωγή, ούτε με τον όγκο των δακρύων. Συνεπώς, το τεστ του Schirmer εκλαμβάνεται ως προτιμότερο.

### 5.6.3 Εξέταση πτυχώσεων του επιπεφυκότα

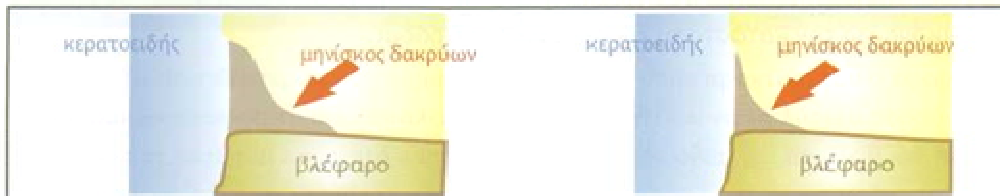
Η φυσιολογική επιφάνεια του επιπεφυκότα είναι γεμάτη πτυχώσεις (conjunctival folds). Οι πτυχώσεις αυτές είναι συνήθως αόρατες, καθώς τις επικαλύπτει και τις γεμίζει η δακρυϊκή στιβάδα. Οπότε, αν είναι ορατές στη λυχνία, με φλουορεσκεΐνη ή χωρίς, είναι μια από τις ενδείξεις για ξηροφθαλμία.

### 5.6.4 Εξέταση του δακρυϊκού μηνίσκου

Η εξέταση του δακρυϊκού μηνίσκου (tear meniscus) που λιμνάζει ανάμεσα στο κάτω βλέφαρο και τον κερατοειδή ή τον επιπεφυκότα γίνεται στη σχισμοειδή λυχνία με δέσμη μέτριου πάχους και με μέτρια μεγέθυνση μεταξύ 10x και 20x. Ο εξεταστής παρατηρεί τη συγκέντρωση δακρύων στο κάτω βλεφαρικό χείλος. Το πάχος μπορεί να μετρηθεί κλινικά με ένα βαθμονομημένο προσοφθάλμιο που προσαρμόζεται στη

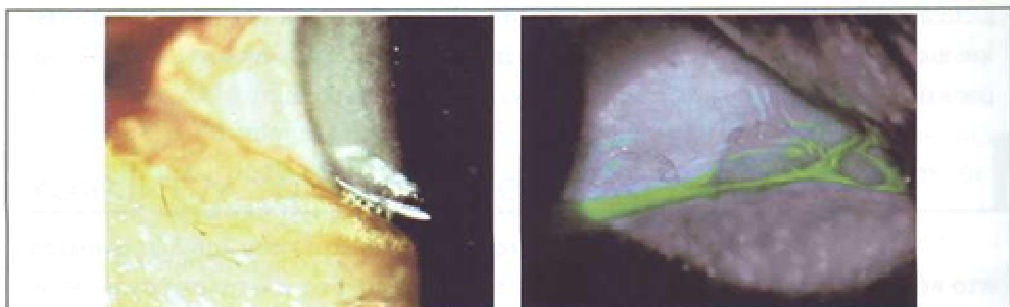
λυχνία, ή με ένα ειδικό γνώμονα, αλλά πολλοί προτιμούν την εμπειρική εκτίμηση.

Η «επιθυμητή» τιμή του πάχους του μηνίσκου είναι 1 mm, αλλά δεν υπάρχει ομοφωνία στην επιστημονική κοινότητα, καθώς τα αποτελέσματα επηρεάζονται από τη μέθοδο<sup>11,12,13</sup>. Αν το πάχος του μηνίσκου είναι μικρότερο από 0.30 mm, τότε η ποιότητα και ποσότητα δακρύων είναι προβληματική. Αν είναι δύσκολη η παρατήρησή του, μπορεί να διευκολυνθεί με χρήση φλουορεσκεϊνης και μπλε φίλτρου κοβαλτίου.



Σχήμα 10-17: Αριστερά, φυσιολογικός, και δεξιά, ελλειπής μηνίσκος δακρύων.

Ο δακρυϊκός μηνίσκος δεν είναι μόνο ένδειξη της ποσότητας των δακρύων, αλλά και της ποιότητάς τους, καθώς κακή ποιότητα δακρύων οδηγεί σε αυξημένη εξάτμισή τους. Αν είναι δυσδιάκριτος, ορισμένοι εφαρμοστές χρησιμοποιούν φλουορεσκεϊνη, αλλά η τακτική αυτή δεν συνιστάται, καθώς μπορεί να αλλοιώσει την ποσότητα υγρού του μηνίσκου.



Σχήμα 10-18: Δακρυϊκός μηνίσκος, αριστερά χωρίς, και δεξιά με φλουορεσκεϊνή.

Το πάχος του δακρυϊκού μηνίσκου έχει βρεθεί ότι είναι ελαττωμένο σε χρήστες φακών επαφής με προβλήματα ξηροφθαλμίας<sup>15</sup>, αλλά ο εξεταστής πρέπει να έχει υπόψη του ότι ακόμα και σε υγιή άτομα το πάχος του μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, με τις μέγιστες τιμές κατά το πρωινό ξύπνημα, και τις ελάχιστες κατά τις 10 το βράδυ, πριν το νυκτερινό ύπνο.

Ένας άλλος τρόπος για την εκτίμηση της ασυμπτωματικής ξηρότητας είναι το **ερωτηματολόγιο McMonnies**. Οι πληροφορίες που μας δίνει εστιάζουν ακριβώς στο πρόβλημα της ξηροφθαλμίας, και μαζί με την υπόλοιπη εικόνα που έχουμε από την ποσοτική και ποιοτική μέτρηση των δακρύων μας δίνει μια αντικειμενική εικόνα για την κατάσταση της δακρυϊκής στιβάδας. (Κατσουλος-Μακρυνιωτη, 2010 10-10-30)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΣΤΟΥΣ ΜΑΛΑΚΟΥΣ-ΣΚΛΗΡΟΥΣ

#### 6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΥΣ ΣΚΛΗΡΟΥΣ ΑΕΡΟΔΙΑΠΕΡΑΤΟΥΣ

Στους φακούς επαφής (μαλακοί-σκληροί αεροδιαπερατοί) χρησιμοποιούνται οι ονομασίες για την εφαρμογή σφιχτή ή χαλαρή (steep-flat). Λέγοντας χαλαρό έναν φακό εννοούμε όταν η ακτίνα καμπυλότητας ξεπερνά την ιδανική της τιμή άρα έχει μικρότερη καμπυλότητα και η επιφάνεια του φακού είναι πιο επίπεδη από την σωστή καμπυλότητα. Όταν συμβαίνει αυτό μιλάμε για χαλάρωμα του φακού. Λέγοντας σφιχτό έναν φακό εννοούμε αυτόν τον φακό όπου οι καμπυλότητα είναι πιο μικρή από την ιδανική τιμή, άρα η επιφάνεια είναι πιο κυρτή από την σωστή καμπυλότητα. Όταν συμβαίνει αυτό μιλάμε για σφίξιμο του φακού.

##### 6.1.1 Στατική και δυναμική εφαρμογή με φλουορεσκεϊνη

Στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς οι εφαρμοστές πρέπει να κατέχουν εμπειρία για να κάνουν σωστή εκτίμηση για την εφαρμογή με φλουορεσκεϊνη. Γι' αυτό απαιτούνται γνώσεις όπως :

- Σχέση κερατοειδή-φακού. Ο εφαρμοστής πρέπει να κάνει αυτές τις δύο επιφάνειες όσο πιο παρόμοιες μπορεί για να πετύχει μια καλή στατική εφαρμογή. Η φλουορεσκεϊνη οδηγεί τον εφαρμοστή στην σωστή επιλογή των γεωμετρικών ιδιοτήτων του φακού έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί καλύτερη στατική εφαρμογή ανάμεσα στον κερατοειδή και της οπίσθιας επιφάνειας του φακού.
- Οι οπτικές μεταβολές που δημιουργούνται στον φακό και στον οφθαλμό λόγω των γεωμετρικών αλλαγών. Αν αλλάξουμε τα χαρακτηριστικά της οπίσθιας επιφάνειας του φακού και αλλάζοντας το πάχος του φακού των δακρύων, μεταβάλλεται κ η ισχύ του φακού των δακρύων. Άρα ο εφαρμοστής πρέπει να αλλάξει την δύναμη του φακού των δακρύων.
- Η δυναμική εφαρμογή του φακού αποτελείται από την κινητικότητα και την επικέντρωση του στον κερατοειδή με την επίδραση των δυνάμεων που του ασκούνται.
- Ο εφαρμοστής θα πρέπει να διακατέχει κρίση γνώσεις συνεχή εξάσκηση και κριτική ικανότητα για να μπορεί να εκτιμά κάθε εφαρμογή.

Η διαδικασία τοποθέτησης της φλουορεσκεϊνης απαιτεί εμπειρία. Η φλουορεσκεϊνη τοποθετείται σε σταγόνες μέσα από το κάτω βλέφαρο ή στον επιπεφυκότα άνω ή κάτω του κερατοειδή. Ο εφαρμοστής θα πρέπει να γνωρίζει ακριβώς την ποσότητα που πρέπει αν ρίξει στον εξεταζόμενο γιατί αν ρίξει περισσότερο τότε ο φακός θα γεμίσει ως τα δάκρυα πάνω από τον φακό. Αν τοποθετηθεί λίγη ποσότητα φλουορεσκεϊνης τότε ο φθορισμός είναι μικρός και δεν θα μπορέσει να εκτιμηθεί η εφαρμογή. Άμα υπάρχει μεγάλη ροή δακρύων τότε ξεπλένεται γρήγορα η φλουορεσκεϊνη οπότε καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθεί αναισθησία αν ο εξεταζόμενος δεν μπορεί να το ανεχθεί. Καλό θα ήταν πριν βάλουμε τον φακό στον κερατοειδή να ριχθεί μια μικρή ποσότητα τεχνητών δακρύων επειδή η αναισθησία μειώνει την ροή των δακρύων. Στην συνέχεια ρίχνουμε την φλουορεσκεϊνη και διαπιστώνουμε την εφαρμογή του φακού. Σε ένα σφιχτό φακό

επαφής η ακτίνα καμπυλότητας είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ακτίνα καμπυλότητας του κερατοειδή. Η φλουορεσκεΐνη συσσωρεύεται κάτω από την οπτική ζώνη, διακρίνοντάς την αρκετά. Ο φακός πιέζει έντονα τον κερατοειδή στην περιφέρεια με αποτελέσματα να μην υπάρχει απόσταση άκρων από τον κερατοειδή. Ταυτόχρονα μια μεγάλη σκοτεινή ζώνη δημιουργείται από τον φακό που είναι τοποθετημένος στον κερατοειδή. Η κίνηση του φακού είναι ελάχιστη. Ξανακοιτάζουμε τον φακό μετά από μισή ώρα και διαπιστώνουμε ότι έχουμε μια σφιχτή εφαρμογή η φλουορεσκεΐνη παγιδεύεται κάτω από τον φακό.

Αντίθετα σε μια χαλαρή εφαρμογή φακού η ακτίνα καμπυλότητας είναι πολύ μεγάλη από την ακτίνα καμπυλότητας του κερατοειδή. Η οπίσθια επιφάνεια του φακού βρίσκεται πολύ κοντά στον κερατοειδή κεντρικά, η φλουορεσκεΐνη εισχωρεί σε μικρή ποσότητα ώστε να διακρίνεται η ίριδα και η κόρη. Τα άκρα είναι χαλαρά καθώς ανασηκώνονται περισσότερο από όσο πρέπει και η απόσταση τους από τον κερατοειδή είναι μεγάλη. Η κίνηση αυτού του φακού προβλέπεται να είναι έντονη και ο φακός να κινείται προς τα κάτω όταν απομακρύνετε από τα βλέφαρα. Αντίστοιχα η ενόχληση στα βλέφαρα είναι μεγαλύτερη.

Στην ιδανική περίπτωση όπου ο φακός έχει την κατάλληλη εφαρμογή στο κέντρο και στην περιφέρεια υπάρχει ιδανική ποσότητα φλουορεσκεΐνης με αποτέλεσμα να καταλαβαίνουμε ότι και η απόσταση φακού-κερατοειδή είναι ιδανική σε όλη την έκταση του φακού. Επιπλέον η στοιβάδα δακρύων κάτω από την περιφερειακή καμπύλη φέρνει τον φακό σωστά στο κέντρο. Η ιδανική απόσταση οπίσθιας επιφάνειας φακού και κερατοειδή στην κεντρική οπτική ζώνη είναι περίπου 10 με 25  $\mu\text{m}$ . Αντίστοιχα η απόσταση της περιφερειακής ζώνης από τον κερατοειδή πρέπει να είναι περίπου 60 με 90  $\mu\text{m}$ . Σε μια εφαρμογή ενός φακού, στόχος μας είναι αυτές οι τιμές, με βάση τον φθορισμό της φλουορεσκεΐνης. Είναι πιθανόν σε μια εφαρμογή ο φακός να είναι πιο σφιχτός στο κέντρο και χαλαρός στην περιφέρεια ή και το αντίθετο, ή να είναι χαλαρός ή σφιχτός μόνο στο κέντρο ή μόνο στην περιφέρεια.

Ένας σκληρός αεροδιαπερατός φακός που είναι χαλαρός στο κέντρο δεν ακουμπάει σχεδόν καθόλου στον κερατοειδή όταν παρατηρούμε τον χρήστη έχοντας του τα μάτια ανοιχτά αλλά ο φακός ακουμπά τον κερατοειδή όταν τα μάτια του κλείνουν κατά τον βλεφαρισμό και έτσι τα δάκρυα απομακρύνονται τελείως από κάτω από τον φακό.

Μια εφαρμογή η οποία είναι σφιχτή περιφερειακά και έχει μικρή κίνηση πιθανότατα σημαίνει ότι ο φακός πιέζει τον κερατοειδή στην περιφέρεια του και έτσι απαιτείται χαλάρωση στην περιφέρεια.

### **6.1.2 Οδηγίες εφαρμογής**

Ας συνοψίσουμε τις απαιτήσεις που πρέπει να ολοκληρώνει ένας σκληρός αεροδιαπερατός φακός για μια σωστή εφαρμογή:

- Η καμπυλότητα και η ασφαιρικότητα πρέπει να έχουν τέτοιες τιμές ώστε να επιτυγχάνεται ένα άνοιγμα κορυφής της τάξης των 10-25  $\mu\text{m}$ .
- Η ακτίνα καμπυλότητας και της ακραίας περιφερειακής ζώνης να είναι τόση ώστε να παρέχει ένα άνοιγμα άκρου της τάξης των 60-90  $\mu\text{m}$  βοηθώντας την επικέντρωση του φακού και στην ανταλλαγή των δακρύων κάτω από τον φακό και αποφεύγοντας την πίεση στον περιφερειακό κερατοειδή.

- Η ολική διάμετρος να είναι τόση ώστε να βοηθά την επικέντρωση του φακού δρώντας αντίθετα από την βαρύτητα αν ο φακός είναι βαρύς, και να περικλείει την οπτική ζώνη συν τις περιφερειακές ζώνες. Ταυτόχρονα πρέπει να είναι υπερβολικά μεγάλη ώστε τα βλέφαρα να μετακινούν τον φακό περισσότερο από όσο πρέπει.
- Η κίνηση του φακού πρέπει να είναι 1-2 mm κατά τον βλεφαρισμό , ομαλή χωρίς περιστροφή κατά την κίνηση.
- Αλλάζοντας την βασική καμπυλότητα του φακού αλλάζει και ο φακός δακρύων σε σχήμα και ισχύ πρέπει λοιπόν να μεταβληθεί και η ισχύς του φακού για να επιτύχουμε σωστή όραση. Σύμφωνα με την κλίμακα Heine για κάθε 0.05 mm αύξησης (χαλαρώματος) ή μείωσης (σφιξίματος) του φακού πρέπει αντίστοιχα να αφαιρέσουμε ή να προσθέσουμε 0.25 διοπτρίες ισχύ στον φακό. Η κατάλληλη τακτική είναι ένας νέος δοκιμαστικός φακός και νέα μέτρηση της υπερδιάθλασης.
- Αντίστοιχα και η αλλαγή της οπτικής ζώνης πρέπει να συνοδεύεται από μεταβολή της βασικής ακτίνας καμπυλότητας, ώστε ο νέος φακός να έχει την ίδια τοξοτική απόσταση με τον προηγούμενο. Αυξάνοντας ή μειώνοντας την διάμετρο της οπτικής ζώνης κατά 0.5 mm πρέπει να αυξηθεί και να μειωθεί αντίστοιχα οι βασική ακτίνα καμπυλότητας κατά 0.05 mm.

## 6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΛΑΚΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

Οι μαλακοί φακοί επαφής αναφέρονται «κανονικοί», «σφιχτοί», «χαλαροί» όπως ακριβώς και οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής. Οι μαλακοί σε αντίθεση με τους σκληρούς αεροδιαπερατούς λόγω που είναι εύκαμπτοι μπορούν να προσαρμοστούν και να πάρουν το σχήμα του κερατοειδή σε μικρό ή σε μεγάλο βαθμό. Λόγω τις μικρής κίνησης τους ο εφαρμοστής τον ενδιαφέρει τόσο η εφαρμογή όλου του μαλακού φακού αλλά η εφαρμογή στο κέντρο του και στα άκρα του.

### 6.2.1 Επιλογή χαρακτηριστικών

Για την επιλογή ενός σφαιρικού φακού επαφής , ο δοκιμαστικός φακός επιλέγεται με βάση τις κερατομετρικές ενδείξεις. Αν η ακτίνα καμπυλότητας του κερατοειδή είναι πιο σφαιρική και είναι 0.80 mm πιο επίπεδη σε σχέση με τον κερατοειδή. Αν ο κερατοειδής πιο μικρή τορικότητα προτιμούμε μια ενδιάμεση τιμή μεταξύ των δυο μεσημβρινών.

Η διάμετρος του φακού ορίζεται από μια οριζόντια ορατή διάμετρο ίριδας όπου η αρχική διάμετρος είναι 2.00 mm πιο μεγάλη από την οριζόντια έτσι ώστε όταν κινείται ο φακός το άκρο να μην περνάει πάνω από το σκληροκερατοειδικό όριο και να του προκαλεί ενόχληση.

Οι μαλακοί φακοί σήμερα έχουν γίνει πιο απλοί γιατί φακοί με μια ακτίνα καμπυλότητας μπορούν να ταιριάξουν σε περισσότερες καμπυλομετρικές ενδείξεις.

### 6.2.2 Η αξιολόγηση της εφαρμογής

Για να εκτιμήσει την εφαρμογή ενός μαλακού φακού επαφής ο εφαρμοστής μπορεί να καταφύγει στις εξής μεθόδους:

- Μέθοδο της προς τα πάνω ώθησης του φακού.(push up test)

- Εξέταση στο κερατόμετρο ή στον τοπογράφο κερατοειδή
- Εξέταση των άκρων του φακού πάνω στον οφθαλμό

Ουσιαστικά η μέθοδος της προς τα πάνω ώθησης μας δίνει τις πιο σημαντικές πληροφορίες για την σχέση φακού –κερατοειδή. Ο εξεταστής ανοίγει τα βλέφαρα του χρήστη και με το κάτω βλέφαρο σπρώχνει τον φακό προς τα πάνω έτσι ώστε ο φακός να μετακινηθεί 2.00-3.00 mm και στην συνέχεια αξιολογεί το πως επιστρέφει ο φακός στην θέση του. Αν ο φακός :

- Μετακινείται προς τα πάνω ομαλά και επιστρέφει επίσης ομαλά στην θέση του, τότε είναι ιδανικός με την κατάλληλη ακτίνα καμπυλότητας.
- Μετακινείται προς τα πάνω υπερβολικά και ίσως επικεντρώνεται λίγο και επιστρέφει με ταχύτητα στην θέση του, τότε είναι χαλαρός απαιτείται να επιλεγεί φακός με μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας
- Και μετακινείται ελάχιστα ή καθόλου και επιστρέφει αργά στη θέση του ή δεν επιστρέφει ή επιστρέφει με απότομη κίνηση ,τότε είναι σφιχτός και θέλει πιο μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας.

Ο εφαρμοστής θα πρέπει να δει στη λυχνία την κίνηση του φακού κατά τον βλεφαρισμό και το πως τα βλέφαρα κινούν τον φακό ο οποίος εξαρτάται από τα βλέφαρα και την δύναμη που του ασκούν.

### **6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΚΛΗΡΙΚΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ**

Η εφαρμογή τους είναι εντελώς διαφορετική από αυτή των σκληρών αεροδιαπερατών. Στους σκληρούς αεροδιαπερατούς η επικέντρωση και η κίνηση του έχει να κάνει με την ακτίνα καμπυλότητας την σχέση της με τον οφθαλμό. Αντιθέτως στους απτικούς φακούς είναι απαραίτητο να καλύπτεται ο κερατοειδής με τον φακό ως θόλος και έτσι η ακτίνα καμπυλότητας και η διάμετρος της οπτικής ζώνης να επιλεχθούν έτσι ώστε να σχηματίσει αυτόν τον θόλο στον κερατοειδή μέχρι έξω από το σκληροκερατοειδικό όριο και να στηρίζεται από τον σκληρό χιτώνα. Η καμπυλότητα συνήθως είναι 0,3mm πιο επίπεδη από του κερατοειδή.

Εφόσον εφαρμόσουμε τον φακό πρέπει να τον αφήσουμε στον οφθαλμό 1 ώρα για να παραμείνει σταθερός λόγω της κάμψης που υφίσταται από τον σκληρό χιτώνα.

Η εικόνα που πρέπει να βλέπουμε με την φλουορεσκεΐνη θα πρέπει να είναι όπως με τους σκληρούς φακούς και να δείχνει μια σωστή επικέντρωση σε όλον τον κερατοειδή. Επίσης δεν συνηθίζεται να δούμε εφαρμογή στην οποία ο σκληρός φακός είναι χαλαρός μόλις γίνει η εφαρμογή και μετά από 1 ώρα να είναι κανονική αντίθετα μπορεί να συμβεί όμως ένας φακός μετά την εφαρμογή να είναι κανονικός και μετά από μια ώρα η εφαρμογή να έχει σφίξει. (Κατσούλος-Μακρυνιωτη, 2010, 6-6.24)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### 7. ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

Η ορθή χρήση και η συντήρηση φακών επαφής (lens care) είναι τα σημαντικότερα κεφάλαια της χρήσης τους, επηρεάζοντας την επιτυχία και την ικανοποίηση τόσο του χρήστη, όσο και του εφαρμοστή. Η κατάλληλη επιλογή των παραμέτρων και του υλικού του φακού και η σωστή εφαρμογή του είναι η βάση για την σωστή χρήση φακών επαφής, αλλά η σωστή και προσεκτική επιλογή του τρόπου περιποίησης βοηθά την χωρίς προβλήματα χρήση, την ελαχιστοποίηση ανεπιθύμητων αντιδράσεων και την απρόσεκτη χρήση φακών επαφής για μεγάλο χρονικό διάστημα, και είναι σημαντική για την μείωση ποσοστών απόρριψης χρηστών φακών επαφής.

Η σωστή μέθοδος περιποίησης του φακού είναι εξίσου σημαντική με την σωστή επιλογή και εφαρμογή του ίδιου του φακού. Η συμμόρφωση των χρηστών και η επιτυχία στην χρήση φακών επαφής εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την χορήγηση της κατάλληλης συνταγής φροντίδας και συντήρησης των φακών. Οι εφαρμοστές έχουν την δυνατότητα επιλογής από μια γκάμα προϊόντων. Η εφαρμογή εξαρτάται από τον τύπο και το υλικό του φακού, την συχνότητα αντικατάστασης, την καθημερινότητα του χρήστη, γενικές και ειδικές ανάγκες. Εξίσου σημαντικό είναι ότι οι χρήστες πρέπει να ακολουθούν πιστά τις συμβουλές του εφαρμοστή και κατά κανόνα να αποφεύγουν να αναμειγνύουν προϊόντα διαφορετικών εταιριών έστω και αν έχουν την ίδια προφανή δράση ή την ίδια χημική βάση, εκτός αν το συμβουλέψει ο εφαρμοστής. Τα τελευταία χρόνια η εισαγωγή φακών σιλικόνης-υδρογέλης, με τα ειδικά χαρακτηριστικά τους (πολύ λίγες πρωτεϊνικές εναποθέσεις και πολλές λιπιδικές), δεν αποκλείεται να ωθήσει τις εταιρίες να παρουσιάσουν στο μέλλον προϊόντα στοχευμένα ειδικά σε αυτούς τους φακούς. Καθημερινά εναποτίθενται στους φακούς επαφής περιβαντολλογικοί ρύποι και σκόνη από την ατμόσφαιρα, μετουσιωμένες πρωτεΐνες και λιπίδια από τα δάκρυα, υπολείμματα απολέπισης επιθηλιακών κυττάρων. Η αναποτελεσματική εξουδετέρωση και απομάκρυνση των εναποθέσεων αυτών από τους φακούς είναι πιθανή αιτία μόλυνσης, ή πρόκληση ερεθισμού. Ένας άλλος κίνδυνος είναι η πιθανή μικροβιακή μόλυνση κατά τον χειρισμό και την αποθήκευση των φακών. Σκοπός ενός συστήματος φροντίδας είναι η αποτροπή των μολύνσεων, η απομάκρυνση των εναποθέσεων και ιζημάτων και η εξασφάλιση της λειτουργίας των φακών διατηρώντας την οφθαλμική υγεία, όραση και άνεση, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι συμβατό με τους οφθαλμικούς ιστούς. Όλα αυτά πρέπει να επιτευχθούν με την παραδοχή ότι, στην πράξη, οι περισσότεροι χρήστες δεν ακολουθούν πλήρως τις συμβουλές που τους δίνονται, τόσο από τον εφαρμοστή, όσο και από τις εταιρίες κατασκευής συστημάτων φροντίδας φακών επαφής. Ένα σύστημα φροντίδας μπορεί να αποτελείται από ένα μεμονωμένο διάλυμα πολλαπλών χρήσεων έως μια σειρά από διάφορα διαλύματα ξεχωριστών λειτουργιών. Μερικά συστήματα προυποθέτουν ενδιάμεσα βήματα για την ολοκλήρωση του έργου τους, ενώ κάποια έχουν έγκριση παράλειψη ενός ή περισσότερων βημάτων για τον ίδιο σκοπό. Ανεξάρτητα από τον τύπο φακών (εκτός από τους ημερησίας αντικατάστασης) ένα κατάλληλο σύστημα φροντίδας πρέπει να χρησιμοποιείται καθημερινά. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από καθαριστικό

ρύπων, διάλυμα πλύσης, διάλυμα απολύμανσης, καθαριστικό πρωτεϊνών, διάλυμα ενυδάτωσης και διαβροχής και θήκη αποθήκευσης.

## **7.1. ΥΓΡΑ ΜΑΛΑΚΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ**

### **7.1.1 Καθαριστικά ρύπων, λειτουργία, δράση και διαδικασία**

Τα καθαριστικά ρύπων χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση ξένων σωμάτων από την επιφάνεια των φακών όπως βλέννα, λιπίδια, πρωτεΐνες, καλλιντικές ουσίες και μικροοργανισμοί. Τα επιφανειοδραστικά μόρια των καθαριστικών γαλακτωματοποιούν, ρευστοποιούν και διασκορπίζουν τους ρύπους από την επιφάνεια των φακών. Κάποια περιέχουν παράγοντες που ενισχύουν το ιξώδες όπως polyvinyl alcohol ή methylcellulose και διευκολύνουν τον καθαρισμό. Η υπερτονικότητα, η αυξημένη δηλαδή συγκέντρωση αλάτων και η λείανση είναι ιδιότητες που έχουν προστεθεί για να ενισχύουν την αποτελεσματικότητα κάποιων καθαριστικών. Η υπερτονικότητα έχει ως αποτέλεσμα την εξαγωγή νερού από τους μαλακούς φακούς παρασύροντας μερικές λοιμώδεις υδατοδιαλυτές εναποθέσεις. Κάποια πολυμερή έχουν ήπια λειαντική επίδραση σε πρωτεΐνες και επιφανειακές εναποθέσεις.

Οι φακοί πρέπει να καθαρίζονται κάθε φορά που αφαιρούνται από τα μάτια ανεξάρτητα από την διάρκεια χρήσης, δηλαδή καθημερινά. Έτσι όχι μόνο απομακρύνονται οι περιβαντολλογικοί ρύποι, αλλά η καθαριστική διαδικασία με μηχανική τριβή απομακρύνει και μικρόβια/βακτήρια συμβάλλοντας στην απολύμανση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην αφαίρεση της ακανθαμοιβάδας (κυστών και τροφοζωϊτών) από την επιφάνεια σκληρών αεροδιαπερατών και μαλακών φακών. Το πρώτο βήμα στη διαδικασία καθαρισμού είναι το σχολαστικό πλύσιμο των χεριών πριν από το χειρισμό των φακών. Συνιστώνται χωρίς λανολίνη και λοσιόν, καθώς μπορεί να μεταφερθούν στους φακούς και να ερεθίσουν τα μάτια όταν αφαιρεθούν οι φακοί. Στην συνέχεια τοποθετείται στην παλάμη του χεριού και στάζουμε δύο ή τρεις σταγόνες καθαριστικού. Με τον δείκτη του άλλου χεριού γίνεται περιστροφική τριβή της κάθε επιφάνειας του φακού για 15” περίπου. Τέλος ο φακός ξεπλένεται με φυσιολογικό ορό.

Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνεται με όλους τους φακούς και με όλα τα συστήματα φροντίδας, ειδικά με όλα τα συστήματα πολλαπλών χρήσεων. Το βήμα τριψίματος δυστυχώς συχνά παραλείπεται από τους χρήστες. Στην προσπάθεια να ενισχυθεί η ικανοποίηση των χρηστών, οι εταιρίες επανασύνθεσαν διαλύματα ώστε να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητά τους στα παθογόνα, χωρίς να απαιτείται το βήμα τριψίματος των φακών. Ενώ τα διαλύματα αυτά έγιναν πολύ δημοφιλή ειδικά με φακούς σιλικόνης-υδρογέλης όπου το βήμα τριψίματος είναι θεμελιώδες στην απομάκρυνση λιπιδικών εναποθέσεων.

Βήματα ορθής χρήσης φακών επαφής κατά την αφαίρεση τους από τον οφθαλμό :

1. Πλύνετε τα χέρια σας, ώστε να μην μεταφέρετε ακαθαρσίες και μικρόβια στο μάτι. Προσπαθήστε να αποφύγετε σαπούνια ενυδάτωσης γιατί βλάπτουν τους φακούς επαφής. Στεγνώστε τα χέρια σας με χαρτί μιας χρήσης.
2. Αφαιρέστε τον έναν φακό και καθαρίστε τον με το προτεινόμενο διάλυμα. Συνιστάται να τρίβετε τον φακό στην παλάμη του χεριού σας με μερικές

- σταγόνες διαλύματος ακόμη και αν χρησιμοποιείτε προϊόν «χωρίς τρίψιμο».
3. Πλύνετε το φακό πάλι για να απομακρύνετε τις χαλαρές εναποθέσεις, όσο χρόνο προτείνεται στη συσκευασία.
  4. Τοποθετήστε τον φακό σε καθαρή θήκη και γεμίστε την με φρέσκο διάλυμα, χωρίς να συμπληρώσετε το ήδη υπάρχον. Ο χρόνος απολύμανσης εξαρτάται από το προϊόν, γι' αυτό τον λόγο ελέγξτε το πακέτο για λεπτομέρειες.
  5. Επαναλάβετε τα βήματα 2 ως 4 και για τον άλλο φακό.

### **7.1.2 Έκπλυση και τύποι διαλυμάτων φακών επαφής**

Η τριβή και η πλύση των φακών επαφής είναι ενιαίο και αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας καθαρισμού και απολύμανσης. Η καθημερινή καθαριότητα των φακών είναι πιο σημαντική από την μάρκα του καθαριστικού. Μπορεί να γίνει για όλους τους τύπους φακών και με όλα τα συστήματα φροντίδας. Η αυξανόμενη χρήση φακών σιλικόνης-υδρογέλης σε συνδυασμό με την τάση τους για περισσότερες λιπιδικές εναποθέσεις καθώς και περιστατικά μικροβιακής κερατίτιδας σε ακραίες συνθήκες επανέφεραν την άποψη για απαραίτητη τριβή και έκπλυση στη διαδικασία απολύμανσης. Έτσι τα προϊόντα που έγραφαν «χωρίς τρίψιμο» πλέον έχουν όλα αποσυρθεί.

Μετά λοιπόν τον καθαρισμό όλοι οι φακοί πρέπει να ξεπλένονται καθώς έτσι απομακρύνονται εναποθέσεις, μικροοργανισμοί και άλλες πιθανές μολυσματικές ουσίες. Τα διαλύματα περιέχουν ρυθμιστικούς παράγοντες ώστε το pH τους να είναι κοντά σε αυτό των δακρύων, που είναι : για υγιή δάκρυα 7.3 – 7.6.

Αρκετοί τύποι διαλυμάτων για έκπλυση φακών επαφής όπου ο πιο συνηθής τύπος ήταν ο φυσιολογικός ορός χωρίς πολλά συντηρητικά σε μεγάλες συσκευασίες. Όταν χρησιμοποιείται πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή γιατί μπορεί εύκολα να προσβληθεί από μικρόβια και πρέπει να είναι σε στενά μπουκάλια με στενό λαιμό και μικρό στόμιο και να σταματά η χρήση τους δυο εβδομάδες περίπου από το άνοιγμα του ή νωρίτερα. Φυσιολογικός ορός χωρίς συντηρητικά και σε μορφή σπρέι και σε μονοδόσεις. Η συσκευασία μονοδόσεων ελαχιστοποιεί τις πιθανότητες μόλυνσεων αλλά οικονομικά μειονεκτεί. Τέλος, πρέπει να χρησιμοποιηθεί συσκευασμένος φυσιολογικός ορός με συντηρητικά αλλά και εκεί υπάρχει πιθανότητα ευαισθησίας του χρήστη σε κάποιον από τους παράγοντες συντήρησης. Πρέπει να αναφερθεί ότι διαλύματα ψυχρού χημικού καθαρισμού (πολλαπλών χρήσεων) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως διαλύματα τριβής και έκπλυσης. Τα αυτοσχέδια διαλύματα πρέπει να αποφεύγονται γενικώς και πρέπει πάντοτε να τηρούνται οι οδηγίες χρήσης του εφαρμοστή και των κατασκευαστών.

### **7.1.3 Απολύμανση φακών επαφής**

Η αντιμικροβιακή δράση διακρίνεται σε τρία επίπεδα απολειστικότητας: αποστείρωση, απολύμανση, συντήρηση. Σε αυτά περιλαμβάνεται θανάτωση-απομάκρυνση, αδρανοποίηση, ή μείωση των παθογόνων από τα διαλύματα και τους φακούς, διαφέρουν όμως στην ταχύτητα και στο εύρος δράσης τους.

- Αποστείρωση είναι η θανάτωση όλων των παθογόνων ανεξαρτήτου μορφής, μια κατάσταση σχεδόν αδύνατο να αναπυχθεί με τα τρέχοντα προϊόντα και τις διαδικασίες φροντίδας φακών επαφής, παρά μόνο με την θερμική μέθοδο.
- Απολύμανση είναι η δυναμική διαδικασία που ακολουθεί το στάδιο τριβής και έκπλυσης με σκοπό την θανάτωση και ή την απομάκρυνση των παθογόνων που μπορεί να προσβάλλουν τους φακούς και στην συνέχεια τους χρήστες

και ουσιαστικά είναι η διαδικασία καθημερινού καθαρισμού των φακών.

- Συντήρηση είναι η θανάτωση ή η αδρανοποίηση συγκεκριμένου εύρους μικροοργανισμών ώστε να παρεμποδίζεται η καταστροφή των φακών κατά την χρήση τους. Η επιλογή του συντηρητικού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την αντίσταση του παθογόνου και την ευαισθησία των ματιών στο καθαριστικό.

Με τα διαλύματα καθαρισμού και φροντίδας δεν απομακρύνονται και δεν θανατώνονται όλοι οι μικροοργανισμοί, απλώς ο πληθυσμός τους πέφτει όσο το δυνατό πιο κάτω από το όριο αν το οποίο το υπερβούν μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση. Η μη επιτυχής απολύμανση είναι πρωταρχικό αίτιο της πιο σοβαρής επιπλοκής στη χρήση φακών επαφής αυτής της μικροβιακής κερατίτιδας.

Διεθνείς φορείς, όπως Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Καθιέρωσης Προτύπων έχουν θέσει πρότυπα για την αξιολόγηση και κατάταξη των προϊόντων φροντίδας φακών επαφής. Το πρότυπο ISO 14729 θέτει πρωτεύοντα και δευτερεύοντα κριτήρια απολύμανσης, βασισμένο σε επιλεγμένους παθογόνους οργανισμούς που αποτελούνται από τρία βακτήρια και δύο μύκητες όπως φαίνεται στο πίνακα.

Τα διαλύματα απολύμανσης χρησιμοποιούνται και ως διαλύματα αποθήκευσης των φακών επαφής στη θήκη, κρατώντας τους φακούς καθαρούς και ενυδατομένους, όταν αυτοί δεν χρησιμοποιούνται. Η διατήρηση της ενυδάτωσης είναι σημαντική για την σταθερότητα των φυσικών ιδιοτήτων και των παραμέτρων των φακών. Επίσης τα συστατικά των διαλυμάτων που δρουν για την απολύμανση λειτουργούν και εσωτερικά στη συσκευασία ως συντηρητικά διατηρώντας το περιεχόμενο (διάλυμα) στείρο μετά το άνοιγμα του.

### **7.1.3.1 Κατηγορίες συστημάτων απολύμανσης**

Δύο είναι οι κυριότερες κατηγορίες συστημάτων απολύμανσης, η θερμική και η χημική.

Η θερμική (thermal unit ,heat) χρησιμοποιεί θερμοκρασία από 70°C ως 125°C για να σκοτώσει ή να απενεργοποιήσει ζωντανούς μικροοργανισμούς στους φακούς. Θερμοκρασίες άνω των 100°C είναι θανατηφόρες για όλους τους μικροοργανισμούς, ενώ θερμοκρασίες στα επίπεδα των 70-80°C για 10 λεπτά είναι δραστικές στη μεγάλη πλειοψηφία των μικροβίων. Απόλυτη κάθαρση επιτυγχάνεται μέσω αποστείρωσης. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται όμως μπορεί να επιφέρουν προβλήματα όπως μοριακές αλλαγές στη δομή του φακού, άρα και στις παραμέτρους του (ειδικά με μαλακούς φακούς υψηλής περιεκτικότητας σε νερό)-,αλλοίωση του χρωματισμού (ξεθώριασμα)και περιορισμό στο όριο ζωής (για φακούς ετήσιας αντικατάστασης). Οι φακοί τοποθετούνται στη θήκη τους με φυσιολογικό ορό και θερμαίνονται στους 70-80°C για 10-20 λεπτά. Η θερμική απολύμανση δεν είναι διαθέσιμη στον τελικό καταναλωτή (απαιτεί ειδικό εξοπλισμό), παρά μόνο στον εφαρμοστή ή στον κατασκευαστή. Δυστυχώς τα περισσότερα αεροδιαπερατά σκληρά υλικά είναι θερμοπλαστικά, και αν παραμορφωθούν από την θερμότητα δεν ξαναπαίρνουν το αρχικό σχήμα, οπότε η θερμική απολύμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε υδρόφιλους φακούς επαφής. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μπορεί να επιφέρουν προβλήματα όπως μοριακές αλλαγές στη δομή του μαλακού φακού άρα και στις παραμέτρους του(ειδικά με μαλακούς φακούς υψηλής περιεκτικότητας σε νερό), αλλοίωση του χρωματισμού (ξεθώριασμα)και περιορισμένο όριο ζωής (για φακούς ετήσιας



αντικατάστασης).

Η χημική (chemical) κατηγορία ποικίλλει και περιλαμβάνει τα σύγχρονα συστήματα απολύμανσης όπως υπεροξειδίο του υδρογόνου και διαλύματα πολλαπλών χρήσεων. Υποδιαιρείται σε οξειδωτική (υπεροξειδίο, χλωρίνη) και ψυχρού χημικού καθαρισμού (πολλαπλών χρήσεων). Η χρήση ισχυρών απολυμαντικών παραγόντων (πολλοί από τους οποίους χρησιμοποιούνται σε μικρότερη συγκέντρωση και ως συντηρητικά), μπορεί να δημιουργήσει επιπλοκές στον χρήστη με σοβαρότερη αυτή της υπερευαισθησίας σε κάποιον από αυτούς τους παράγοντες. (Κατσούλος-Μακρυνιωτη, 2010, 12-12.8)

### 7.1.3.2 Απολυμαντικές ουσίες πρώτης γενιάς

Οι δραστικές ουσίες που περιλαμβάνονται στα διαλύματα απολύμανσης είναι: θειομερσάλη, χλωρεξιδίνη, βενζαλκονικό χλώριο, σορβικό οξύ, PolyHexaMethylene Biguanide (PHMB), Polyquaternium-1 και ιόντα χλωρίου, χλωριώδες άλας ή χλωρίτες.

Η χλωρεξιδίνη (chlorhexidine) ανήκει στην οικογένεια βιγουαδινών, ιστορικά έβρισκε χρήση σε συνδυασμό με τη θειομερσάλη ή άλλες ουσίες από τους κατασκευαστές ώστε να ενισχυθούν οι αντιμικροβιακές ιδιότητες του εκάστοτε διαλύματος. Περιστατικά αλλεργικής αντίδρασης λόγω υπερευαισθησίας έχουν δείξει ότι απορροφάται περισσότερο από άλλες ουσίες σε μαλακούς φακούς επαφής κατηγορίας I και IV κατά FDA.

Η θειομερσάλη (thiomersal ή thimerosal) είναι μια αντιβακτηριδιακή ουσία βασισμένη στον υδράργυρο και έχει πολύ καλές αντιμυκητιακές ιδιότητες. Η δράση της όμως μειώνεται σημαντικά όταν συνδυάζεται στο διάλυμα με εδετικό δινάτριο (EDTA, ethylenediamine tetracetic acid).

Το βενζαλκονικό χλώριο (BenzAlKonium chloride BAK) έχει και αυτό αντιβακτηριδιακές ιδιότητες και συχνά χρησιμοποιήθηκε σε διάφορα διαλύματα στο παρελθόν. Έχει κυτταροτοξική συμπεριφορά στο επιθήλιο του κερατοειδή σε μικρότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τη θειομερσάλη και τη χλωρεξιδίνη. Υπεύθυνη γι' αυτό είναι η χημική δομή του μορίου που περιέχει μακριές υδροφοβικές αλυσίδες.

Το σορβικό οξύ (sorbic acid) έχει καλές αντιβακτηριδιακές ιδιότητες, αλλά περιορισμένες αντιμυκητιακές. Η συγκέντρωση του σε μαλακούς φακούς επαφής δεν έχει δείξει ότι προκαλεί θάνατο των κυττάρων του επιθηλίου του κερατοειδή. Σε χρήση με φακούς ετήσιας ή εξαμηνιαίας αντικατάστασης προκαλεί αλλοίωση του χρωματισμού δίνοντας μια κίτρινη καφέ απόχρωση. Αυτό οφείλεται στις οργανικές αντιδράσεις με τα αμινοξέα των πρωτεϊνών της δακρυϊκής στιβάδας.

### 7.1.3.3 Απολυμαντικές ουσίες δεύτερης γενιάς

Οι επιπλοκές (ερεθισμός, αλλεργική αντίδραση) που δημιουργούσαν οι παραπάνω ουσίες έφεραν την ανάγκη χρησιμοποίησης νέων ουσιών που να μην έχουν την ίδια συμπεριφορά.

Η ουσία PHMB (Poly HexaMethyleneBiguanide) χρησιμοποιείται στο νερό κατά της ελονοσίας, στο νερό στις πισίνες και αργότερα ως μεγάλης εμβέλειας αντιμικροβιακό. Έτσι ξεκίνησε και η ιδέα να χρησιμοποιηθεί και στην φροντίδα φακών επαφής.

Η PHMB έχει μια χημική δομή με πολλαπλές ενεργές πλευρές που επιτίθεται επιλεκτικά στα κυτταρικά τοιχώματα των μικρο-οργανισμών, ενώ δεν επιδρά

καθόλου στα κυτταρικά τοιχώματα των οφθαλμικών δομών. Η πλασματική μεμβράνη ενός μικρο-οργανισμού αποτελείται από μια σειρά ενωμένων όξινων φωσφολιπιδίων, ουδέτερων φωσφολιπιδίων και πρωτεϊνών. Τα θετικά φορτισμένα μόρια της PHMB κάνουν δεσμούς με τα όξινα και αρνητικά φορτισμένα φωσφολιπίδια της πλασματικής μεμβράνης του μικρο-οργανισμού, προκαλώντας τη διάσπασή τους, τη λύση της πλασματικής μεμβράνης με συνέπεια το θάνατο του κυττάρου. Η PHMB χρησιμοποιείται σε διαλύματα που προορίζονται για τη φροντίδα μαλακών και σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής.

Μια άλλη ουσία δεύτερης γενιάς είναι το PolyQuaternium-1 (PQ-1). Αρχικά και αυτή η ουσία χρησιμοποιήθηκε ως απολυμαντικός παράγοντας στη βιομηχανία καλλυντικών. Σε οφθαλμικά διαλύματα πρωτοχρησιμοποιήθηκε σε προϊόν που είχε ως ρυθμιστικό παράγοντα το βορικό άλας αλλά το προϊόν αυτό δεν ήταν συμβατό με ιονικούς φακούς υψηλής περιεκτικότητας σε νερό. Η αλλαγή του παράγοντα από βορικό σε άλας κιτρικού οξέος έλυσε το πρόβλημα αυτό. Το πλεονέκτημα του PolyQuaternium-1 είναι το μεγάλο μοριακό του μέγεθος. Ως αποτέλεσμα, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το πλέγμα της δομής των φακών και συνεπώς, η συχνότητα αλλεργικών αντιδράσεων μειώνεται. Το PolyQuaternium-1 χρησιμοποιείται σε διαλύματα που προορίζονται για τη φροντίδα μαλακών και σκληρών αεροδιαπερατών φακών. Οι δεύτερης γενιάς ουσίες που χρησιμοποιούνται στα διαλύματα φροντίδας φακών έχουν μοριακό μέγεθος πολύ μεγαλύτερο σε σύγκριση με τις ουσίες της πρώτης γενιάς.

Οι χλωρίτες (chlorites) είναι σχετικά οι πιο σύγχρονες ουσίες που χρησιμοποιούνται σε διαλύματα φροντίδας φακών επαφής. Τα υγρά αυτά περιέχουν ιόντα οξυχλωρίου ( $\text{ClO}_2$ ), τα οποία αντιδρώντας με τα τοιχώματα των κυτταρικών μεμβρανών των μικροβίων μετατρέπονται σε διοξείδιο του χλωρίου, την ίδια ουσία που χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού (όπως για παράδειγμα στις πισίνες). Το διοξείδιο του χλωρίου είναι πολύ ισχυρή αντιμικροβιακή ουσία, αλλά εξαιρετικά ασταθής. Για τη σταθεροποίηση της τα υγρά αυτά περιέχουν και ίχνη υπεροξειδίου (0.01% ή 100 parts per million, ppm), κάτι που συμβάλλει δίπλα στην αντιμικροβιακή δράση, και ως αντιμικροβιακό αυξάνει τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών για να διεισδύσει το διοξείδιο του χλωρίου. Έξω από το δοχείο, το διοξείδιο του χλωρίου μετατρέπεται σε άλας, ενώ το υπεροξείδιο πάνω στον οφθαλμό διασπάται από τα οφθαλμικά ένζυμα σε νερό και οξυγόνο. Η ποσότητα του υπεροξειδίου είναι πράγματι πολύ μικρή, και συνεπώς τα υγρά αυτά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν επάνω στον οφθαλμό (Regard της Vita Research και το Synergi της Sauflon).

#### **7.1.3.4 Απολύμανση βασισμένη στο υπεροξείδιο του υδρογόνου**

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $\text{H}_2\text{O}_2$  Hydrogen Peroxide) είναι το πολύ γνωστό οξυζενέ. Η δράση του οφείλεται στις πολύ καλές μικροβιοκτόνες ιδιότητες του. Το συναντάμε σε συγκεντρώσεις 3% ή 30000 ppm. Είναι τοξικό για τον κερατοειδή αν δεν έχει διασπάσεις σε νερό και οξυγόνο ( $2 \text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ), και δεν προκαλεί ενόχληση παρά μόνο αν έχει ελαττωθεί σε συγκέντρωση μεταξύ 50 και 300 ppm. Ένα επιπρόσθετο θετικό στοιχείο των υγρών που βασίζονται στο υπεροξείδιο είναι ότι περιέχουν πολύ μικρή ποσότητα συντηρητικών. Σε καμία περίπτωση δεν χρησιμοποιούμε το κοινό υπεροξείδιο των φαρμακείων αντί για το υπεροξείδιο των διαφόρων εταιρειών, γιατί μπορεί να περιέχει δευτερεύουσες ουσίες οι οποίες είναι ικανές να προκαλέσουν αλλεργική ή τοξική αντίδραση στον οφθαλμό, ή να προκαλέσουν φθορά στο φακό, εφόσον αυτό το υπεροξείδιο δεν έχει παραχθεί με

αυστηρές μεθόδους στείρωσης της συσκευασίας.

- **Συστήματα δυο φάσεων**

Στα συστήματα αυτά ο φακός επαφής βυθίζεται πρώτα στο υπεροξειδίο για 6 ώρες τουλάχιστον, χωρίς εξουδετέρωση, και μετά το πέρας των 6 ωρών ακολουθεί η εξουδετέρωση με κάποιον καταλύτη σε μορφή κάψουλας ή υγρού, η οποία διαρκεί συνήθως 10 λεπτά. Θεωρητικά είναι ο πιο ασφαλής τρόπος οικιακής απολύμανσης φακών επαφής, καθώς η παραμονή μέσα σε υπεροξειδίο για 6 ώρες είναι θανατηφόρα για οποιοδήποτε μικροοργανισμό. Πλέον τα συστήματα αυτά έχουν αποσυρθεί. Οι μόνοι φακοί που δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα υπεροξειδίου δύο φάσεων, είναι οι φακοί 4 κατά FDA (ιονική μεγάλης υδροφιλίας).

- **Συστήματα μιας φάσης**

Στα συστήματα αυτά η εξουδετέρωση του υπεροξειδίου σε νερό και οξυγόνο αρχίζει αμέσως ή σχεδόν αμέσως με την εισαγωγή του υγρού στην ειδική θήκη. Με αυτό τον τρόπο, ο φακός μένει ελάχιστα δευτερόλεπτα (ή και καθόλου) σε συγκέντρωση υπεροξειδίου 3%, οπότε η μικροβιοκτόνος ισχύς του διαλύματος είναι αισθητά μειωμένη. Ο καταλύτης που αναλαμβάνει να ενεργοποιήσει την εξουδετέρωση είναι ή ένας δίσκος πλατίνας ή ένα δισκίο καταλάσης. Κάποια αντιπροσωπευτικά συστήματα της αγοράς είναι τα εξής: η Ciba Vision με το A0sept (NovaSept) και η Bausch + Lomb με το EasySept που χρησιμοποιούν ως καταλύτη την πλατίνα, η AMO με το Oxysept 1 step που χρησιμοποιεί δισκίο καταλάσης και το Ever Clean (Avizor) προϊόν το οποίο συνοδεύεται από μια κάψουλα.

Οι φακοί θα πρέπει πρώτα να τοποθετούνται στις ειδικές θήκες και μετά να συμπληρώνεται υγρό υπεροξειδίου, ώστε να χρησιμοποιηθεί όσο το δυνατό περισσότερο η συγκέντρωση υπεροξειδίου 3%.

Οι φυσαλίδες οξυγόνου κατά την εξουδετέρωση του υπεροξειδίου μπορούν να «ξεκολλήσουν» κάποιες εναποθέσεις από την επιφάνεια του φακού. Σε περίπτωση που υπάρχουν προβλήματα εναποθέσεων, καλό είναι:

- να προστεθεί ένα επιφανειοδραστικό συστατικό με τη μορφή κάψουλας ή
- να προστεθεί ένα βήμα τριψίματος και πλύσης κατά την απομάκρυνση των φακών από τα μάτια ή
- να μεταβεί ο χρήστης σε χρήση φακών πιο συχνής αντικατάστασης

#### **7.1.4 Επιπρόσθετα καθαριστικά υδρόφιλων φακών**

Ορισμένες φορές ο καθαρισμός με τη χρήση των παραπάνω μεθόδων δεν είναι επαρκής, και απαιτούνται πρόσθετα μέτρα. Τέτοιου είδους μέτρα μπορεί να είναι:

- δισκία πρωτεϊνικού καθαρισμού, όπως για παράδειγμα AMO/Abbott Ultrazyme, Ciba Vision Unizyme,
- επιφανειοδραστικά διαλύματα (σαπούνια), όπως για παράδειγμα Ciba Vision Miraflo, B+L Sensitive Eyes daily cleaner, Contopharma Cleaning C, και
- επιφανειοδραστικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται μαζί με τα διαλύματα πολλαπλών χρήσεων, όπως για παράδειγμα ReNu 1 step daily protein remover liquid.

Οι λύσεις αυτές χρησιμοποιούνται όταν ο καθαρισμός από τα υγρά δεν είναι ο ικανός να αφαιρέσει εναποθέσεις από το φακό. Τα επιφανειοδραστικά διαλύματα

πλεονεκτούν στο ότι βοηθούν και στην απομάκρυνση των μικροοργανισμών, μέσω του τριψίματος του φακού. Τα δισκία χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα με τα συστήματα υπεροξειδίου, ενώ τα επιφανειοδραστικά διαλύματα κατά την αφαίρεση των φακών το βράδυ, όπου ο φακός τρίβεται με το διάλυμα, και στη συνέχεια ξεβγάζεται με το διάλυμα πολλαπλών χρήσεων και αποθηκεύεται. Τα επιφανειοδραστικά διαλύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τα συστήματα υπεροξειδίου, αλλά πριν την αποθήκευση στο υπεροξείδιο ο φακός πρέπει να πλυθεί με αποστειρωμένο φυσιολογικό ορό. Εξαίρεση αποτελεί το B+L Sensitive Eyes daily protein remover, η χρήση του οποίου απαιτεί μια σταγόνα μέσα στη θήκη όπου έχουν τοποθετηθεί οι φακοί με το διάλυμα ReNu της ίδιας εταιρείας.

Οι φακοί πρέπει να καθαρίζονται κάθε φορά που απομακρύνονται από τα μάτια ανεξάρτητα από τη συχνότητα χρήσης, δηλαδή καθημερινά. Ακόμα και όταν ο χρήστης δεν έχει φορέσει τους φακούς του για αρκετές μέρες, οι μικροοργανισμοί που υπήρχαν μέσα στη θήκη και πάνω στο φακό, σίγουρα πολλαπλασιάστηκαν αυτό το διάστημα. Η πιθανή χρήση χωρίς ένα κύκλο τριψίματος, πλύσης και απολύμανσης, μαζί με στέγνωμα της θήκης, θα οδηγήσει σε μια μόλυνση.

## **7.2 ΥΓΡΑ ΣΚΛΗΡΩΝ ΑΕΡΟΔΙΑΠΕΡΑΤΩΝ ΦΑΚΩΝ**

Ένα από τα πλεονεκτήματα των σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής είναι η αντίσταση τους απέναντι στις εναποθέσεις, είτε μικροβιακές είτε πρωτεϊνικές-λιπιδικές. Τα υπεροξείδια είναι κατάλληλα για χρήση και στους σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς επαφής, αλλά ένα επιφανειοδραστικό υγρό συνιστάται, μαζί με φυσιολογικό ορό για την πλύση τους.

Η πιο γνωστή κατηγορία συστημάτων καθαρισμού την σκληρών αεροδιαπερατών φακών είναι τα συστήματα πολλαπλού καθαρισμού με ξεχωριστό διάλυμα επιφανειοδραστικού. Παράδειγμα τέτοιων συστημάτων είναι: το Total Care Solution και Daily Cleaner της AMO/Abbott, τα Cleaning C/Rinsing C της Contopharma, και τα Boston Advance Cleaner & Conditioning της B+L. Η διαφορά του διαλύματος απολύμανσης από τα αντίστοιχα των μαλακών φακών είναι ότι περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα αντιμικροβιακής ουσίας. Το ότι οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί είναι πολύ λιγότερο διαπερατοί από διάφορες ουσίες σε σχέση με τους μαλακούς, καθώς έχουν μικρότερους πόρους και δεν έχουν νερό στη σύστασή τους, επιτρέπει στις εταιρείες να παράγουν διαλύματα με αυξημένη ποσότητα συστατικών, καθώς ο φακός δεν τα απορροφά. Αποτέλεσμα είναι τα υγρά αυτά να έχουν πιο ελαιώδη υφή σε σχέση με τα αντίστοιχα των μαλακών φακών, ίσως και εξαιτίας διαφορετικού διαλύτη. Υπάρχει επίσης και το διάλυμα πολλαπλών χρήσεων για σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς με ενσωματωμένους παράγοντες πρωτεϊνικού καθαρισμού Boston Simplus της B+L.

Κάποια από τα διαλύματα επιφανειοδραστικών για σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς είναι κατάλληλα και για μαλακούς φακούς, ενώ άλλα όχι. Επιπλέον, ορισμένα, όπως το Total Care Daily Cleaner, περιέχουν ουσίες οι οποίες κατά το τρίψιμο των φακών ασκούν ισχυρή τριβή (abrasive substances), και μπορεί να φθείρουν σκληρούς αεροδιαπερατούς φακούς που έχουν κάποια πιθανή επίστρωση, όπως για παράδειγμα επίστρωση πλάσματος.

## **7.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ**

Οι δύο αυτές παραλλαγές καθαρισμού αναπτύχθηκαν ως λύση έκτακτης ανάγκης, σε ανθρώπους που είτε δεν «προλαβαίνουν» να καθαρίσουν τους φακούς

τους είτε οι φακοί τους συγκεντρώνουν πολλές εναποθέσεις. Η μηχανική απολύμανση συνίστανται στη χρήση κάποιων συσκευών, που χρησιμοποιούν την περιστροφή για να απομακρύνουν τις εναποθέσεις στο λιγότερο δυνατό χρόνο. Παράδειγμα τέτοιας συσκευής ήταν η RapidCare της AMO, που πλέον δεν κυκλοφορεί.

Η μέθοδος καθαρισμού με υπερήχους πραγματοποιείται βυθίζοντας τους φακούς επαφής σε ένα διάλυμα φυσιολογικού ορού μέσα στην ειδική συσκευή, όπου στη συνέχεια η συσκευή αυτή παράγει υπερήχους, οι οποίοι αφαιρούν τις εναποθέσεις από το φακό. Τέτοιες συσκευές κυκλοφορούν πλέον μόνο για το εργαστήριο των εφαρμοστών φακών επαφής, καθώς οι αντίστοιχες που κυκλοφόρησαν για το ευρύ κοινό, έχουν πλέον αποσυρθεί.

#### **7.4 ΥΓΙΕΙΝΗ ΤΗΣ ΘΗΚΗΣ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ**

Μια από τις πιο συχνές παραμέτρους της φροντίδας των φακών επαφής που παραμελείται από τους χρήστες είναι η καθαριότητα της θήκης. Πολλές φορές είναι αιτία κάποιας μόλυνσης, καθώς ο παθογόνος μικροοργανισμός που προήλθε από τη θήκη είναι σε τέτοιο βαθμό που η μικροβιοκτόνα ουσία δεν μπορεί να τον εξουδετερώσει.

Το ιδανικό είναι οι θήκες να αντικαθιστώνται συχνά (κάθε μήνα), και να αφήνονται να στεγνώσουν με τα καπάκια ανοιχτά στον αέρα. Τα μικρόβια τα οποία αναπτύσσονται σε υγρό περιβάλλον, με μια στεγνή θήκη δεν τους δίνεται η δυνατότητα αποικισμού. Ωστόσο, υπάρχουν και θήκες οι οποίες περιέχουν ιόντα αργύρου στη σύστασή τους, ουσία με αντιμικροβιακές ιδιότητες. Μια ιδιότητα αυτών των συγκεκριμένων θηκών είναι ότι για να επιδράσει ο άργυρος θα πρέπει οι θήκες αυτές να περιέχουν συνεχώς υγρό και να μην στεγνώνουν.

Η υγιεινή της θήκης των φακών επαφής περιλαμβάνει τα εξής παρακάτω βήματα:

- γεμίζεται τη θήκη με φρέσκο υγρό φροντίδας φακών επαφής και ανακινείτε καλά
- μπορείτε αν θέλετε να ξύσετε με μια οδοντόβουρτσα
- αδειάζετε το υγρό
- αφήνετε την θήκη με τα καπάκια ανοιχτά να στεγνώσει στον αέρα
- κατά την επανατοποθέτηση των φακών βάζετε τους φακούς στη θήκη και μετά γεμίζετε με υγρό μέχρι την ένδειξη

Έτσι διασφαλίζεται η βύθιση των φακών άρα και η απολύμανση τους. Αποφεύγεται πιθανό σχίσιμο τους κατά το κλείσιμο των θηκών.

#### **7.5 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΥΣ ΦΑΚΟΥΣ ΕΠΑΦΗΣ**

- Άμεση αφαίρεση των φακών επί συμπτωμάτων όπως αίσθηση καύσου, δακρύρροιας, θολής όρασης, ερυθρότητας και φύλαξη του φακού επαφής στη θήκη συντήρησης σε περίπτωση που χρειαστεί να γίνει καλλιέργεια του φακού και του υγρού φύλαξης σε περίπτωση κερατίτιδας.

- Γενικά, δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση η χρήση φακών επαφής κατά τη διάρκεια του ύπνου (βραδινό, μεσημεριανό). Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται φακός επαφής συνεχούς χρήσης (μέχρι 7 ημέρες) συστήνεται η πλύση των ματιών κάθε πρωί με άφθονο φυσιολογικό ορό και η χρήση γυαλιών πσίνας κατά το

καθημερινό ντους. Η χρήση τέτοιων φακών πρέπει να περιορίζεται σε έμπειρους χρήστες με άριστη δακρυϊκή στοιβάδα.

- Τακτική οφθαλμολογική εξέταση. Η συχνή βιομικροσκόπηση μπορεί να βοηθήσει αποφασιστικά την απρόσκοπτη μακροχρόνια χρήση φακών επαφής με αλλαγή υλικού φακού και τρόπου συντήρησης, έγκαιρη θεραπεία βλεφαρίτιδας, αλλεργιών και επιφανειακών νεοαγγειώσεων κερατοειδούς.

- Χρήση γυαλιών ηλίου. Αν και πολλοί φακοί επαφής έχουν ενσωματωμένα φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας η χρήση επιπροσθέτως γυαλιών ηλίου είναι επιβεβλημένη, καθώς προστατεύει τον οφθαλμό από σκόνη και μικροσωματίδια τα οποία το μάτι με τον φακό επαφής δεν μπορεί εύκολα να τα απομακρύνει.

- Το μυωπικό μάτι με τον φακό επαφής παραμένει ευάλωτο σε τραυματισμούς και πρέπει πάντα να το προστατεύουμε από διάφορα χτυπήματα. Η χρήση των φακών κατά την άθληση δεν σημαίνει ότι το μάτι δεν μπορεί να τραυματιστεί.

- Οι φακοί επαφής μπορεί να χρησιμοποιηθούν και στην θάλασσα αλλά με ιδιαίτερη προσοχή. Χρησιμοποιούμε κατά το δυνατόν φακό επαφής μιας χρήσης καθώς και γυαλιά κολύμβησης. Η χρήση φακών επαφής σε πισίνες, Jacuzzi, σάουνες είναι απείρως πιο επικίνδυνη και πρέπει να αποφεύγεται.

- Οι φακοί επαφής δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν κάνουμε χρήση κολλυρίων, γιατί και ο φακός χαλάει και τα κολλύρια δεν απορροφούνται. Γενικότερα αυτό που θα πρέπει να γνωρίζετε είναι ότι, όταν το μάτι ασθενεί, η χρήση φακών επαφής απαγορεύεται.

- Ακόμα και αν έχετε κάνει όλα τα παραπάνω είναι πολύ πιθανό μετά από πολλά χρόνια απρόσκοπτης χρήσης ο οφθαλμός να αναπτύξει σημάδια κόπωσης και δυσανεξίας στον φακό επαφής όπως ξηροφθαλμία, χαλάρωση βλεφάρων κ.λπ. Τότε η μόνη σωστή λύση είναι η αποφυγή χρήσης των φακών τουλάχιστον για κάποιο διάστημα μερικών βδομάδων, καθώς όπως ήδη αναφέρθηκε «Φακός που ενοχλεί πρέπει πάντα να αφαιρείται».

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απόρροια της εργασίας αυτής είναι η μεγάλη εξέλιξη στον τομέα των φακών επαφής από το παρελθόν μέχρι και το σήμερα, η οποία είναι συνεχής, έχοντας να δώσει πολλά ακόμη στο μέλλον. Πραγματοποιούνται έρευνες για νέες ανακαλύψεις τόσο στους σχεδιασμούς όσο και στις εφαρμογές.

Επιπλέον, θεωρείται δεδομένο ότι ο εφαρμοστής των φακών επαφής θα πρέπει να διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις και τον κατάλληλο εξοπλισμό ώστε να μπορέσει να προτείνει στον υποψήφιο χρήστη τον ιδανικό φακό για εκείνον.

Επίσης, όταν ένας χρήστης δεν συμμορφώνεται με τους κανόνες υγιεινής και συντήρησης των φακών η εφαρμογή δεν καθίσταται ομαλή με αποτέλεσμα την πρόκληση ανεπιθύμητων συνεπειών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Για Βιβλία:

- Κατσούλος, Κ., Ασημέλλης Γ., (2008), «Η σύγχρονη Διαθλαστική Εξέταση»
- Κατσούλος, Κ., Μακρυγιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α
- Κατσούλος Κ., Μακρυγιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Β

Ιστοσελίδες:

[http://www.euroclinic.gr/arthro.aspx?lang\\_id=1&article\\_id=155](http://www.euroclinic.gr/arthro.aspx?lang_id=1&article_id=155)

<http://www.athensvision.eu/content/view/115/229/lang,e/>

[http://www.hontos.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&catid=75&Itemid=126&lang=el](http://www.hontos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=107&catid=75&Itemid=126&lang=el)

[http://www.digital-in.info/iland/index.php?option=com\\_content&view=article&id=77&Itemid=207](http://www.digital-in.info/iland/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=207)

<http://www.amvis.gr/lens-advice>



**Εικόνα 4.1:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.3:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.4:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.5:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.6:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.7:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.8:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.9:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.10:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.11:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.14:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.15:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.16:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.17:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.18:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.19:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.20:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.21:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.22:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 4.23:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.1:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.2:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.3:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.4:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.6:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.7:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.8:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.9:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.10:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.11:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.12:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.14:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.15:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.17:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α

**Εικόνα 10.18:** Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη Δ., (2010), «Φακοί Επαφής», Α