



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ

ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ-2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας Δρ. Κουτσογιάννη Κωνσταντίνο, ο οποίος βοήθησε στην διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Τον ευχαριστούμε πολύ για όλα όσα μας δίδαξε, για το επιστημονικό υλικό που μας πρόσφερε, τις συμβουλές, την συμπαράστασή της και τις ώρες που μας αφιέρωσε.

Ευχαριστούμε επίσης τον Δρ. Μανουσάκη Ευάγγελο για το υλικό και της πληροφορίες που μας πρόσφερε.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδος, στο τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας Παράρτημα Αιγίου. Η εκπόνησή της αποτελεί την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου των σπουδών μας. Μας έδωσε την ευκαιρία μετά από ενδελεχή έρευνα να εμβαθύνουμε στην επιστήμη μας και να αποκτήσουμε γερές βάσεις και εμπειρία.

Επιπλέον, μέσα από αυτή την εργασία μπορούμε να προσφέρουμε στους επόμενους σπουδαστές πληροφορίες σχετικά με την διαθλαστική χειρουργική.

Στόχος αυτής της πτυχιακής είναι η εισαγωγή στην διαθλαστική χειρουργική από την μεριά του οπτικού-οπτομέτρη και η αναφορά των εφαρμογών της, η ιστορία της διαθλαστικής χειρουργικής, καθώς επίσης παρουσίαση ερευνών και άρθρων τα οποία αναφέρονται στις επιπτώσεις κάποιων εφαρμογών. Ακόμα θα καταγραφούν κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των laser που χρησιμοποιούνται στις επεμβάσεις.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| 1. Ανατομία του οφθαλμού | 7 |
| 1.1 Πρόσθιο ημιμόριο..... | 7 |
| 1.1.1 Ίριδα..... | 7 |
| 1.1.2 Υδατοειδές υγρό | 8 |
| 1.1.3 Κρυσταλοειδής φακός | 10 |
| 1.2 Οπίσθιο ημιμόριο | 10 |
| 1.2.1 Υαλοειδές σώμα..... | 10 |
| 1.2.2 Αμφιβληστροειδής..... | 12 |
| 1.3 Ανατομία κερατοειδή | 15 |
| 1.3.1 Δομή κερατοειδούς | 16 |
| 2. Ιστορική ανάδρομη | 20 |
| 2.1 Η εξέλιξη του excimer laser | 24 |
| 2.2 Η εξέλιξη του LASIK..... | 26 |
| 3. Διαθλαστικές Ανωμαλίες | 28 |
| 3.1 Μυωπία..... | 28 |
| 3.2 Υπερμετρωπία..... | 29 |
| 3.3 Αστιγματισμός..... | 30 |
| 4. Προεγχειρητικές εξετάσεις | 33 |
| 4.1 Τοπογραφία | 33 |
| 4.1.1 Αξονικός Χάρτης..... | 33 |
| 4.1.2 Χάρτης των εφαιπτομένων | 34 |
| 4.1.3 Υψομετρικός Χάρτης..... | 35 |
| 4.1.4 Φωτοκερατοσκοπική απεικόνιση (Photokeratoscopic view)..... | 36 |
| 4.1.5 Απόλυτη κλίμακα | 37 |
| 4.2 Κερατομετρία..... | 39 |
| 4.3 Τομογραφία | 39 |
| 4.4 Μετρήσεις κόρης | 40 |
| 4.5 Επιλογή της ζώνης επέμβασης | 42 |
| 4.6 Εκτροπομετρία..... | 43 |
| 4.7 Ιστορικό και συμπτώματα | 44 |
| 4.8 Εκτίμηση της όρασης..... | 44 |
| 4.8.1 Διάθλαση | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 4.8.2 Καλύτερη διορθωμένη οπτική οξύτητα..... | 45 |
| 4.8.3 Διόφθαλμη αξιολόγηση της όρασης..... | 45 |
| 4.8.4 Έλεγχος κυρίαρχου οφθαλμού | 45 |
| 4.8.5 Εξέταση του οφθαλμού | 46 |
| 4.8.6 Μέτρηση του πάχους του κερατοειδή | 46 |
| 5. Η διαδικασία της επέμβασης LASIK..... | 47 |
| 6. Μετεγχειρητικές επιπλοκές..... | 50 |
| 6.1 Μετεγχειρητικές επιπλοκές που οφείλονται στον μικροκερατόμο | 50 |
| 6.2 Μετεγχειρητικές επιπλοκές επιθηλίου..... | 51 |
| 6.3 Λοιπές μετεγχειρητικές επιπλοκές που σχετίζονται με τον κρημό | 52 |
| 6.3.1 Ραβδώσεις και εκτόπιση του κρημού..... | 52 |
| 6.3.2 Λανθασμένη επανατοποθέτηση του κρημού..... | 53 |
| 6.4 Πρόωρες μετεγχειρητικές επιπλοκές | 53 |
| 6.4.1 Διάχυτη πεταλοειδής κερατίτιδα | 53 |
| 6.4.2 Μικροβιακή κερατίτιδα | 54 |
| 6.5 Λοιπές μετεγχειρητικές επιπλοκές | 55 |
| 6.5.1 Ξηροφθαλμία..... | 55 |
| 6.5.2 Ενδοπλασία του επιθηλίου..... | 57 |
| 6.6 Οπτικές επιπλοκές | 58 |
| 6.6.1 Υψηλές απαιτήσεις όρασης που δεν επιτυγχάνονται | 58 |
| 6.6.2 Η όραση με γυμνό οφθαλμό είναι χειρότερη από την αναμενόμενη..... | 59 |
| 7. Εισαγωγή PRK..... | 60 |
| 7.1 Ενδείξεις που μας οδηγούν σε χρήση PRK | 60 |
| 7.2 Η τεχνική της PRK..... | 62 |
| 8. Κερατόμος Femto..... | 64 |
| 8.1 Αρχή λειτουργίας - Femtosecond laser | 64 |
| 8.2 Δημιουργία κερατοειδικού κρημού..... | 66 |
| 8.3 Πότε χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά | 67 |
| 8.4 Σύγκριση με αποτελέσματα μικροκερατόμου..... | 67 |
| 8.5 Εμπορικά διαθέσιμες πλατφόρμες για τη διαθλαστική χειρουργική | 72 |
| 8.6 Δημιουργία ενδοκερατικών τομών για την ένθεση ενδο-κερατοειδικών δακτυλίων για διόρθωση, μυωπίας και εκτατικών παθήσεων του κερατοειδούς μετά από την διαθλαστική χειρουργική. | 76 |

| | |
|--|------------|
| 8.7 Δημιουργία ενδοστρωματικών θηκών για έγχυση ριβοφλαβίνης για διασύνδεσης κερατοειδικού κολλαγόνου (CXL)..... | 78 |
| 8.8 Αστιγματικές κερατοτομές..... | 80 |
| 9. Μηχανήματα λέιζερ “excimer” | 82 |
| 9.1 Αυθόρμητη Εκπομπή και εξαναγκασμένη εκπομπή | 82 |
| 9.2 Μέσα και αντλίες των λέιζερ | 82 |
| 9.3 Ασταθής διμερής χημική ένωση | 83 |
| 9.4 Μηχάνημα τύπου «excimer»..... | 84 |
| 9.5 Ροή | 85 |
| 9.6 Ομοιογένεια..... | 85 |
| 9.7 Ο τύπος του Munnerlyn..... | 86 |
| 9.8 Συστήματα εφαρμογής «Excimer» λέιζερ | 86 |
| 9.9 Λέιζερ ευρείας δέσμης | 86 |
| 9.10 Λέιζερ σάρωσης..... | 88 |
| 9.11 Ανιχνευτές οφθαλμού..... | 90 |
| 9.12 Φωτοηλεκτρικές τεχνικές | 91 |
| 9.13 Παρακολούθηση των οφθαλμών με μαγνητοσκόπηση | 91 |
| 9.14 Παρακολούθηση με βάση λέιζερ με ραντάρ..... | 93 |
| Άρθρο 1 ^ο | 95 |
| Άρθρο 2 ^ο | 98 |
| Femtosecond laser versus mechanical microkeratome for LASIK flap creation | 98 |
| Άρθρο 3 ^ο | 98 |
| Dry eye after LASIK with a femtosecond laser or a mechanical microkeratome. | 98 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 100 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 101 |

1. Ανατομία του οφθαλμού

Πίσω από τον κερατοειδή και κατά σειρά από επιβολής προς εν το βάθη συναντάμε τον πρόσθιο θάλαμο (την ίριδα και την κόρη) , τον οπίσθιο θάλαμο (τον φακό) , το υαλοειδές σώμα και τον αμφιβληστροειδή.

Ο πρόσθιος και ο οπίσθιος θάλαμος ανήκουν στο πρόσθιο ημιμόριο του οφθαλμού όπου εκτίνεται μέχρι τον κρυσταλοειδή φακό. Το οπίσθιο ημιμόριο συμπεριλαμβάνει στην έκταση του το υαλοειδές σώμα και τον αμφιβληστροειδή .

1.1 Πρόσθιο ημιμόριο

Πρόσθιος και οπίσθιος θάλαμος

Ο πρόσθιος θάλαμος είναι ο χώρος αμέσως πίσω από τον κερατοειδή και μπροστά από την ίριδα (το χρωματιστό μέρος του οφθαλμού). Το κεντρικό άνοιγμα της ίριδας είναι η κόρη. Πίσω από την ίριδα και μπροστά από τον φακό βρίσκεται ο οπίσθιος θάλαμος.

Ο πρόσθιος και ο οπίσθιος θάλαμος επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του ανοίγματος της κόρης και περιέχουν ένα υγρό (το υδατοειδές υγρό), το οποίο εκκρίνεται στον οπίσθιο θάλαμο (και συγκεκριμένα από τον ακτινωτό μυ), ρέει στον πρόσθιο θάλαμο διαμέσου της κόρης και αποχετεύεται διαμέσου του σωλήνα του Schlemm, ο οποίος είναι ένας κυκλικός φλεβικός αγωγός στη συμβολή μεταξύ του σκληροκερατοειδικού ορίου. Το υδατοειδές υγρό τροφοδοτεί με θρεπτικές ουσίες τον κερατοειδή και τον φακό, που δεν διαθέτουν αιμοφόρα αγγεία, και διατηρεί την ενδοφθάλμια πίεση.

1.1.1 Ίριδα

Η ίρις, κοινώς ίριδα, ονομάζεται στην ανατομία του οφθαλμού το δισκοειδές διάτρητο διάφραγμα στην πρόσθια μοίρα του οφθαλμού που βρίσκεται μεταξύ του κερατοειδή χιτώνα και του φακού και στο μέσον της οποίας βρίσκεται το άνοιγμα της κόρης. Ο ρόλος της είναι να ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που μπαίνει στο μάτι και φτάνει στον αμφιβληστροειδή, συστελλόμενη όταν το φως είναι άφθονο και διαστελλόμενη όταν είναι λιγοστό, βοηθώντας έτσι την όραση και την αίσθηση βάθους. Αυτό είναι εφικτό λόγω του ότι η ίριδα αποτελείται από μυϊκό ιστό. Αποτελεί τμήμα του ραγοειδή χιτώνα του ματιού.

Η ίριδα μπορεί να έχει διάφορα χρώματα (όπως μαύρο, καφέ, γαλάζιο, πράσινο κ.α.). Σε μερικούς ανθρώπους η ίριδα του ενός ματιού έχει διαφορετικό χρώμα από του άλλου, μια κατάσταση που ονομάζεται ετεροχρωμία. Το χρώμα της ίριδας οφείλεται ουσιαστικά στην μελανίνη, την ουσία που χρωματίζει τα μαλλιά και το δέρμα. Στον αλμπινισμό, παθολογική κατάσταση κατά την οποία η μελανίνη εκλείπει από τον οργανισμό, η ίριδα έχει ένα κόκκινο-ροζ χρώμα.

Η όποια φλεγμονή της ίριδας που μπορεί να προέρχεται από ποικίλες αιτίες ονομάζεται «ιρίτις» (ή και «ιρίτιδα »).

Η συστολή (μύση) και διαστολή (μυδρίαση) της κόρης είναι το πιο κλασικό και χειροπιαστό παράδειγμα της αλληλεπίδρασης νευρικού συστήματος και ερεθισμάτων στο ανθρώπινο σώμα. Η λειτουργία αυτή ρυθμίζεται μέσω της ισορροπίας ανάμεσα στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα που νευρώνει το διαστολέα της κόρης και το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα, που νευρώνει το σφιγκτήρα της κόρης που δρουν ανταγωνιστικά μεταξύ τους (η διαστολή της κόρης ελέγχεται από το συμπαθητικό, ενώ η συστολή από το παρασυμπαθητικό).

Σε κατάσταση ηρεμίας, η κόρη παρουσιάζει αδιάκοπα ανεπαίσθητες μεταβολές της διαμέτρου της λόγω της ανταγωνιστικής δράσης συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού. Η μέση διάμετρός της είναι στον ενήλικο 3 έως 4 χιλιοστόμετρα, ελαττώνεται όταν η κόρη συστέλλεται (μύση) και αυξάνεται όταν διαστέλλεται (μυδρίαση). Η κόρη το καλοκαίρι είναι σε μύση, κατά τη λιποθυμία σε ελαφρά μυδρίαση, στην προθανάτια αγωνία σε μύση και αμέσως μετά τον θάνατο σε απότομη μυδρίαση.

1.1.2 Υδατοειδές υγρό

Το υδατοειδές υγρό είναι διαυγές και άχρωμο το οποίο εκκρίνεται από το επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών του ακτινωτού σώματος και καταλαμβάνει τον οπίσθιο και πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού και η αποχέτευση του γίνεται από στην γωνία του πρόσθιου θαλάμου. Στο υγιές μάτι, η ροή του υδατοειδούς υγρού ενάντια στην αντίσταση παράγει μια ενδοφθάλμια πίεση που είναι περίπου 15 mmHg, η οποία είναι απαραίτητη για το σωστό σχήμα και τις οπτικές λειτουργίες του οφθαλμού. Η κυκλοφορία του υδατοειδούς υγρού παρέχει τα θρεπτικά συστατικά για τον κερατοειδή και τον φακό, δομές οι οποίες πρέπει να είναι διάφανες και επομένως δεν υπάρχουν αιματοειδή αγγεία. Το υδατοειδές υγρό εξασφαλίζει την διαφάνεια και την

αχρωμία του περιβάλλοντος το οποίο έχει δείκτη διάθλασης 1.33332 μεταξύ του κερατοειδούς χιτώνα και του φακού, συγκροτώντας έτσι τα συστατικά του οπτικού συστήματος του οφθαλμού.

Το υδατοειδές ρέει γύρω από το φακό και δια μέσου της κόρης στον εμπρόσθιο θάλαμο. Ο όγκος του είναι περίπου 0.36 ml καταλαμβάνοντας το 3% περίπου του συνολικού όγκου του βολβού.

Τρεις φυσιολογικές διαδικασίες συνεισφέρουν στο σχηματισμό και τη χημική σύσταση του υδατοειδούς υγρού: διάχυση, υπερδιήθηση και η ενεργός έκκριση. Οι δύο πρώτες διαδικασίες είναι παθητικές οπότε δεν χρειάζονται ενεργό κυτταρική συμμετοχή.

Η παθητική παραγωγή γίνεται στο σώμα των ακτινοειδών προβολών και οφείλεται σε διήθηση πλάσματος από τα τριχοειδή, λόγω διαφοράς υδροστατικής και οσμωτικής πίεσης μεταξύ του πλάσματος και του εξωκυττάριου υγρού του σώματος.

Η ενεργητική παραγωγή γίνεται στο επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών και κυρίως στα διαυγή κύτταρα. Για την παραγωγή του υδατοειδούς υγρού απαιτείται ενέργεια που προέρχεται από διάφορες οξειδο-αναγωγικές αντιδράσεις που γίνονται στο επιθήλιο. Η μεταφορά του υδατοειδούς υγρού διαμέσου των κυττάρων του επιθηλίου στον οπίσθιο θάλαμο γίνεται με την βοήθεια αντλιών, όπως του νατρίου και των δισανθρακικών που βρίσκονται στα διαυγή κύτταρα, με ενέργεια που προέρχεται από τις οξειδο-αναγωγικές αντιδράσεις.

Ο ρυθμός παραγωγής του αποτελεί σύστημα βραδείας εκροής που συνεχώς παράγεται από τις ακτινοειδείς προβολές του ακτινωτού σώματος και ταυτόχρονα αποχετεύεται από τη γωνία του προσθίου θαλάμου στην φλεβική κυκλοφορία.

1.1.3 Κρυσταλοειδής φακός

Ο φακός είναι ένας σημαντικός, εξειδικευμένος επιθηλιακός ιστός υπεύθυνος για την προσαρμοστικότητα των ειδώλων-αντικειμένων που φτάνουν στον αμφιβληστροειδή. Για την εκπλήρωση αυτής της λειτουργίας, ο φακός πρέπει να είναι διαφανής, να έχει υψηλότερο δείκτη διάθλασης από το μέσο διάθλασης μέσα στο οποίο βρίσκεται, και να έχει διαθλαστικές επιφάνειες με κατάλληλες καμπυλότητες. Οι καμπυλότητες αυτών των επιφανειών πρέπει να είναι ευμετάβλητες έτσι ώστε να επιτρέπουν στο οπτικό σύστημα να εστιάζει σε αντικείμενα τα οποία βρίσκονται είτε μακριά είτε κοντά.

Για την διατήρηση της διαφάνειας και του υψηλού δείκτη διάθλασης, οι ίνες του φακού είναι ευθυγραμμισμένες με ακρίβεια με τα γειτονικά κύτταρα και συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις πρωτεϊνών, τις κρυσταλλίνες. Οποιαδήποτε διάσπαση της συγκεκριμένης διοργάνωσης των φακαίων ινών ή καταστροφή των πρωτεϊνών μέσα σε αυτές μπορεί να καταστρέψει την διαφάνεια του φακού, διαδικασία που είναι γνωστή ως καταρρακτογένεση. Ο καταρράκτης είναι μία από τις κυριότερες αιτίες που οδηγούν σε τύφλωση παγκοσμίως, και η αφαίρεση αυτού είναι από τις πιο συνηθισμένες χειρουργικές επεμβάσεις στους ηλικιωμένους ανθρώπους.

1.2 Οπίσθιο ημιμόριο

1.2.1 Υαλοειδές σώμα

Το ανθρώπινο υαλώδες υγρό έχει περίπου σφαιρική διάφανη δομή και καταλαμβάνει έναν όγκο γύρω στα 4.5 ml. Περιβάλλεται και προσκολλάται στον αμφιβληστροειδή και στον φακό του οφθαλμού. Το κεντρικό υαλώδες αποτελεί τον κύριο μέγεθος του υαλώδους σώματος.

Συμπεριλαμβάνει τον υαλοειδικό σωλήνα (σωλήνας του Cloquet) ο οποίος είναι κατάλοιπο από εμβρυολογικό υαλοειδή αγγειακού συστήματος.

Εσωτερικά του κεντρικού υαλώδους τα κολλαγόνα ινίδια βρίσκονται σε χαμηλή συγκέντρωση και τείνουν να βρεθούν προς εμπρόσθια-οπίσθια διεύθυνση με ινίδια να εισέρχονται εμπρόσθια στην υαλώδη βάση και οπίσθια στο φλοιό του υαλώδους.

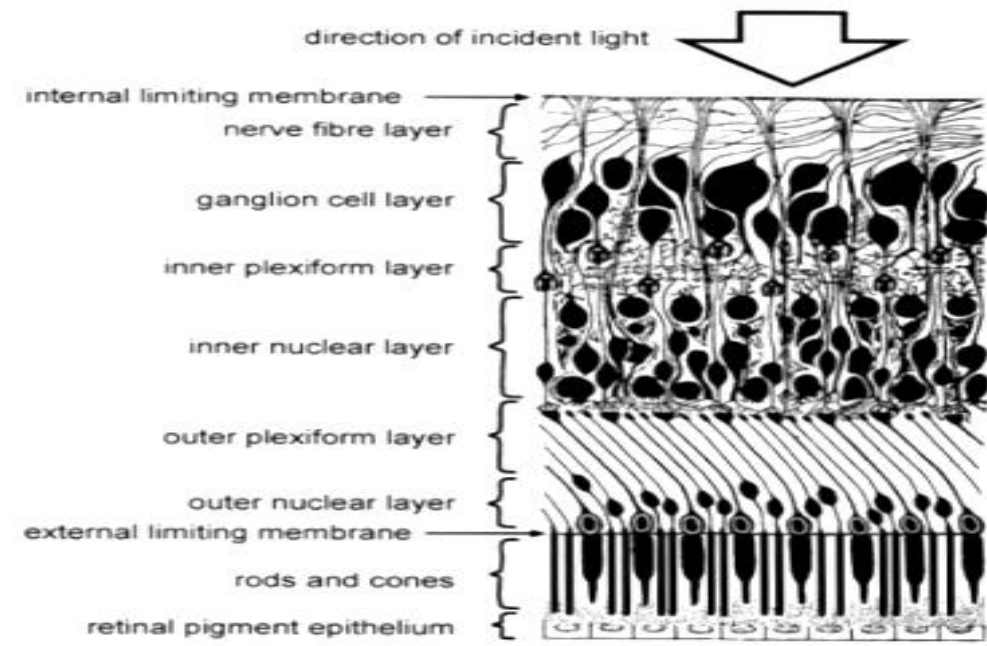
Το υαλώδες σώμα είναι κατ' ουσία ακυτταρικό, με υψηλή ένυδρη εξωκυτταρική θεμέλια ουσία (> 98% σε νερό). Η δομή της γέλης (gel) διατηρείται μέσω ενός αραιωμένου δικτύου από λεπτά μη-διακλαδισμένα ινίδια κολλαγόνου τα οποία είναι ανακατεμένα (ετερότυπα) στη σύσταση. Στα υαλώδη των θηλαστικών το κύριο συστατικό είναι το γλυκοσαμινογλυκανιδικό υαλουρονικό (GAG) το οποίο συμπληρώνει τα κενά μεταξύ των ινιδίων του κολλαγόνου.

Το υαλώδες σώμα έχει συγκεκριμένες φυσιολογικές λειτουργίες συμπεριλαμβάνοντας και μία σειρά από κανάλια μεταφοράς για τις μεταβολικές ανάγκες του φακού εμποδίζοντας παράλληλα, κύτταρα και μεγάλα μακρομόρια από την υαλώδη κοιλότητα έτσι ώστε να διατηρείται η διαφάνεια.

Έχει επίσης αναφερθεί ότι το υαλώδες παίζει σημαντικό ρόλο στο συντονισμό της ανάπτυξης του οφθαλμού, προστατεύει τον οφθαλμό κατά τη διάρκεια μηχανικών τραυμάτων και παρεμποδίζει την αγγειογένεση.

Ωστόσο, το υαλώδες σώμα μπορεί να αφαιρεθεί τελείως (με μετεγχειρουργική υαλωδεκτομή) χωρίς ιδιαίτερη βλάβη του οφθαλμού (εκτός από μερικές φορές που μπορεί να επιφέρει το σχηματισμό πυρηνικού σκληρωτικού καταρράκτη σε ηλικιωμένους ασθενείς). Επιπλέον, αφού έχει αφαιρεθεί, το υαλώδες σώμα δεν αναδιαρθρώνεται σε κανένα σημαντικό βαθμό.

1.2.2 Αμφιβληστροειδής



Εικόνα 1.1 :Στοιβάδες αμφιβληστροειδή

Ο αμφιβληστροειδής αποτελείται από δέκα κυτταρικές στοιβάδες. Αρχίζοντας από έξω προς τα μέσα είναι:

- I. Μελάγχρουν επιθήλιο
- II. Στοιβάδα ραβδίων και κωνίων
- III. Έξω αφοριστική μεμβράνη
- IV. Έξω κοκκιώδης στοιβάδα
- V. Έξω δικτυωτή στοιβάδα
- VI. Έσω κοκκιώδης στοιβάδα
- VII. Έσω δικτυωτή στοιβάδα
- VIII. Στοιβάδα γαγγλιακών κυττάρων
- IX. Στοιβάδα ινών του οπτικού νεύρου
- X. Έσω αφοριστική μεμβράνη

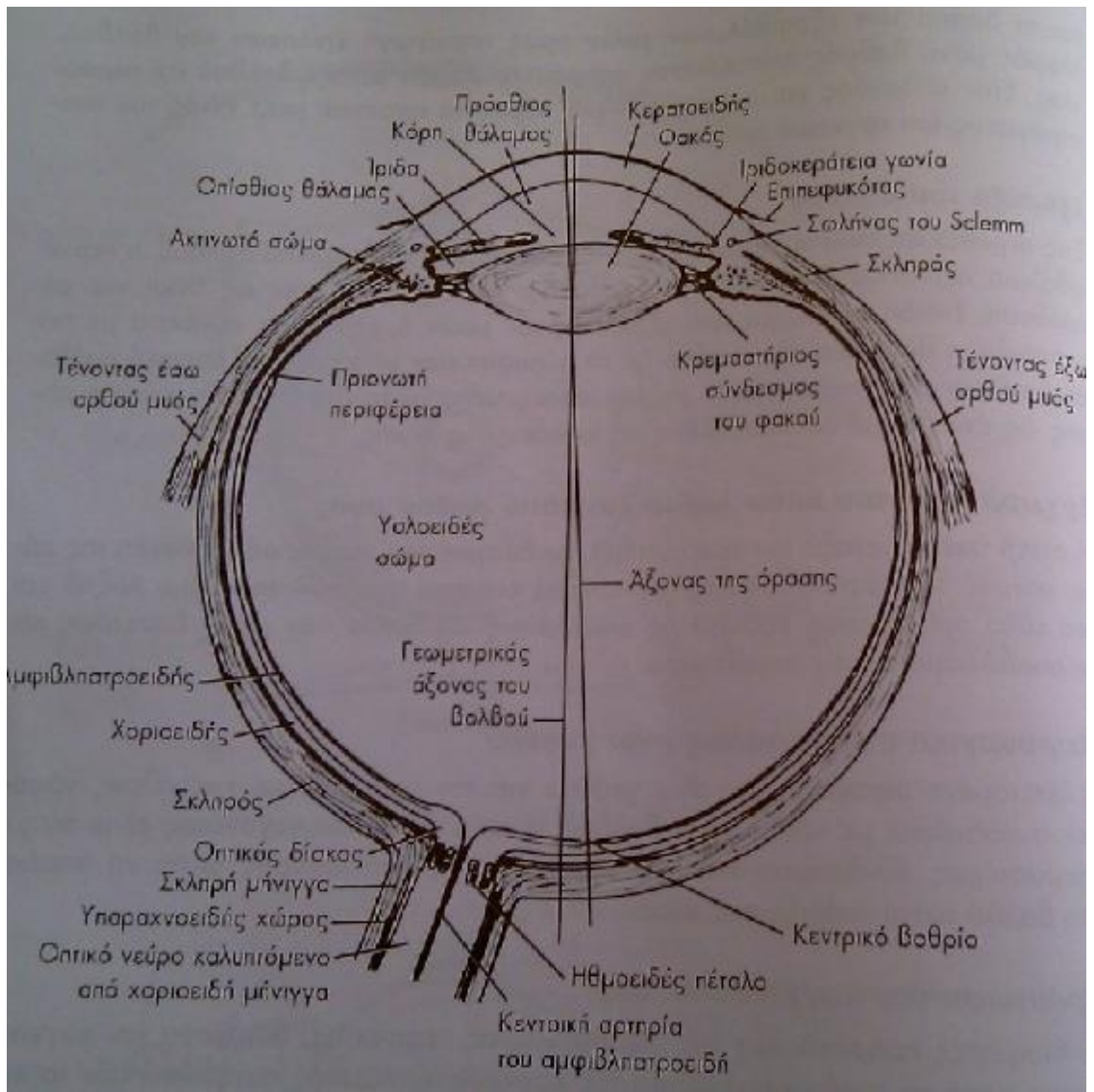
Όταν το φως διαπερνά το φακό του οφθαλμού, πέφτει πρώτα στην έσω αφοριστική μεμβράνη, στις ίνες του οπτικού νεύρου και στα γαγγλιακά κύτταρα, συνεχίζει την πορεία του μέσα από το υπόλοιπα στρώματα για να φθάσει τελικά στους υποδοχείς, στα ραβδία και στα κωνία. Το βοθρίο αποτελεί μια εξειδικευμένη περιοχή ενός τετραγωνικού χιλιοστού κατά προσέγγιση, στο κεντρικό τμήμα του αμφιβληστροειδούς. Στο κέντρο του βοθρίου υπάρχει μια περιοχή 0,3 χιλιοστού, που ονομάζεται κεντρικό βοθρίο και προσφέρει τη καλύτερη οπτική οξύτητα, σε αυτή την περιοχή η στοιβάδα των φωτοϋποδοχέων περιέχει μόνο κωνία. Όλες οι στοιβάδες συμπεριλαμβανομένων των ινών του οπτικού νεύρου και των αιμοφόρων αγγείων είναι μετατοπισμένα πιο πλάγια για να επιτρέπουν την άμεση διέλευση του φωτός προς τους υποδοχείς.

Κάθε φωτοϋποδοχέας διαθέτει, ένα εξωτερικό τμήμα, ένα εσωτερικό τμήμα, ένα πυρήνα και το συνοπτικό σώμα ή απόληξη. Οι φωτοϋποδοχείς διακρίνονται σε ραβδία και κωνία, ανάλογα με το σχήμα τους.

Η περιοχή, όπου βρίσκονται οι πυρήνες των υποδοχέων διατηρεί συνέχεια με το εσωτερικό τμήμα, αλλά η έξω αφοριστική μεμβράνη σχηματίζει ένα ατελή διαχωρισμό ή όριο μεταξύ της στοιβάδας του εσωτερικού τμήματος και εκείνης των πυρήνων των υποδοχέων (της έξω κοκκιώδους στοιβάδας).

Η χρωστική μελανίνη στο μελάγχρουν επιθήλιο ελαττώνει την ανάκλαση σε όλο τον βολβό, με τον τρόπο αυτό κάνει την ίδια δουλειά με την μαύρη επικάλυψη του εσωτερικού μίας κάμερας, Επίσης το μελάγχρουν επιθήλιο αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες βιταμίνης Α, που χρησιμοποιείται στην σύνθεση των οπτικών χρωστικών.

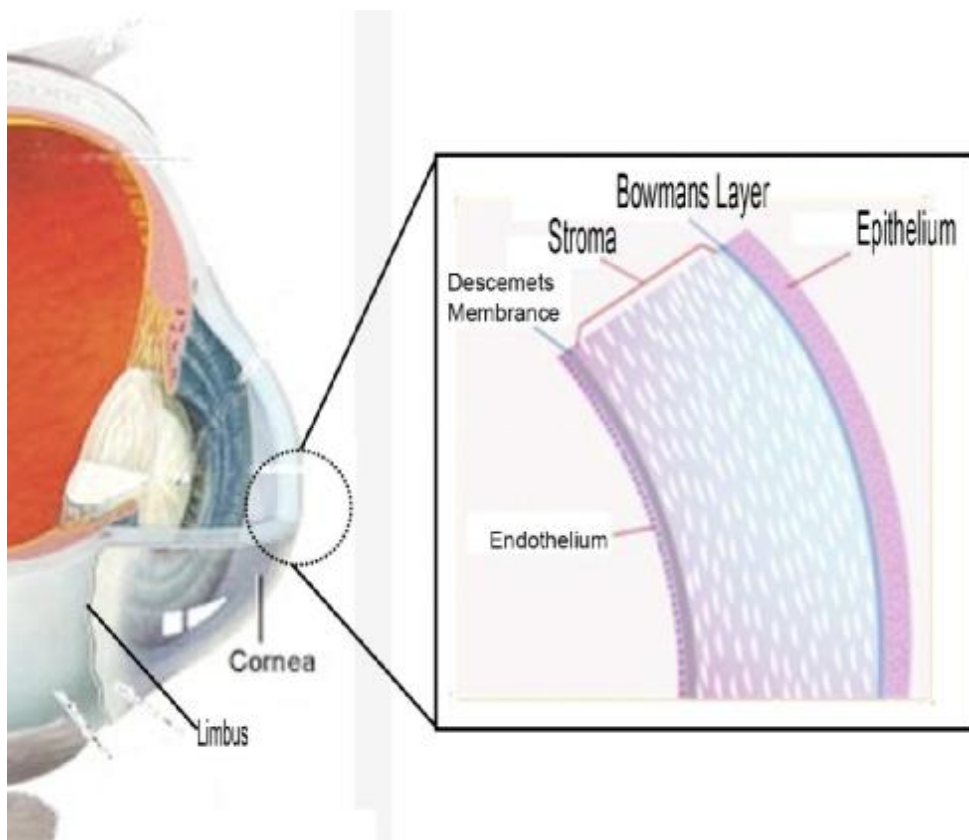
Η κεντρική αρτηρία του αμφιβληστροειδούς αιματώνει μόνο τις εσωτερικές στοιβάδες του (από τις ίνες του οπτικού νεύρου μέχρι την έσω κοκκιώδη στοιβάδα). Οι εξωτερικές στοιβάδες αιματώνονται με διάχυση από τον πλούσιο σε αιμοφόρα αγγεία χοριοειδή χιτώνα, ο οποίος βρίσκεται μεταξύ του σκληρού και του αμφιβληστροειδή.



Εικόνα 1.2 : Ανατομικά μέρη του οφθαλμού

1.3 Ανατομία κερατοειδή

Ο κερατοειδής αποτελεί το κυριότερο διαθλαστικό μέσο του οφθαλμού και αποτελεί το 1/6 του οφθαλμικού βολβού. Ενώνεται με τον σκληρό χιτώνα στο σημείο της επιπολής σκληραίας αύλακας . Πρόκειται δηλαδή για έναν πολύ ισχυρό συγκλίνοντα φακό με δύναμη περίπου +42 έως +45 dpt, κάτι που οφείλεται στην έντονη καμπυλότητα του καθώς και στο γεγονός ότι παρεμβάλλεται μεταξύ του αέρα με δείκτη διάθλασης (δ.δ.) 1,00 και του υδατοειδούς υγρού με δ.δ. 1,33. Ο κερατοειδής είναι διαφανής ιστός χωρίς αγγεία και παρότι οι διαστάσεις του διαφέρουν από άτομο σε άτομο ο μέσος όρος των διαμέτρων είναι 10,6mm κάθετα και 11.7mm οριζόντια. Είναι υπεύθυνος για την συγκέντρωση και την εστίαση των φωτεινών ακτινών που προέρχονται από τον περιβάλλοντα χώρο, και εισέρχονται στον οφθαλμό, πάνω στον αμφιβληστροειδή. Χαρακτηρίζεται ως «το παράθυρο του ματιού στον κόσμο» και η ανάπτυξή του ολοκληρώνεται περίπου στον 6^ο χρόνο της ζωής.



Εικόνα 1.3 : Στιβάδες του κερατοειδή

1.3.1 Δομή κερατοειδούς

Ο κερατοειδής αποτελείται από πέντε στιβάδες:

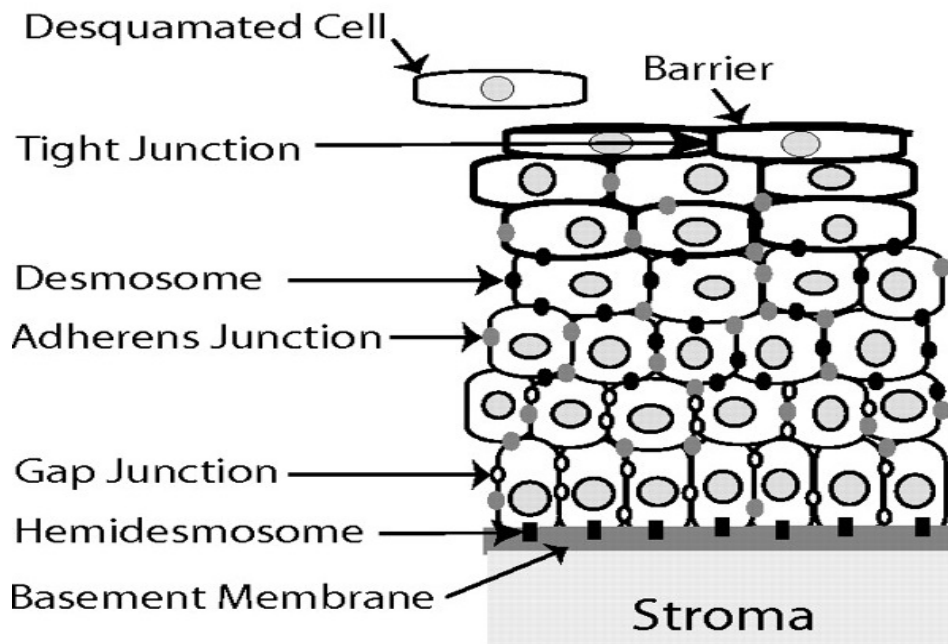
1. Το επιθήλιο

Το επιθήλιο του κερατοειδή έχει πάχος περίπου 50-60 μm, αποτελείται από 5 στιβάδες κυττάρων με εξαίρεση την περιοχή του σκληροκερατοειδές ορίου(ΣΚΟ) στην οποία αποτελείται από 10 ή περισσότερες στιβάδες. Το επιθήλιο δεν περιέχει μελανοκύτταρα και το διατρέχουν αμύελες νευρικές απολήξεις αισθητικών νευρικών ινών που σχετίζονται κυρίως με την αίσθηση πόνου.

Η επιπολής στιβάδα του επιθηλίου έχει πάχος 2-3 κύτταρα τα οποία είναι αποπλατυσμένα, με οριζόντιους πυρήνες και συνδέονται μεταξύ τους με δεσμοσώματα. Η επιφάνεια τους διαθέτει μικρολάχνες και μικροπτυχώσεις οι οποίες βρίσκονται εντός της δακρυϊκής και συμβάλουν στην συγκράτηση της και κατά συνέπεια στην διατήρηση της εφύγρανσης των κυττάρων. Μια πλήρης ανανέωση των επιφανειακών κυττάρων πραγματοποιείται περίπου κάθε 7 μέρες, κύτταρα από το ΣΚΟ πολλαπλασιάζονται με μίτωση και πιέζουν προς το κέντρο του κερατοειδή όπου αποβάλλονται τα γηραιότερα

Τα κύτταρα της μέσης ζώνης διαθέτουν πολυεδρικό σχήμα, η πρόσθια επιφάνεια τους είναι κυρτή ενώ η οπίσθια κοίλη. Οι πυρήνες τους έχουν ωοειδές ή σφαιρικό σχήμα.

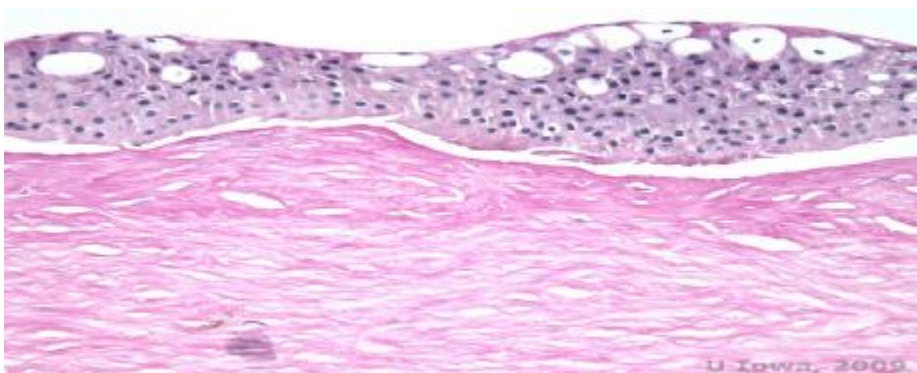
Τα εν τω βάθει κύτταρα του επιθηλίου είναι ψηλά κυλινδρικά και δημιουργούν μια μονή στοιβάδα η οποία έρχεται σε επαφή με την βασική μεμβράνη η οποία είναι ισχυρά προσκολλημένη στην επικείμενη μεμβράνη του Bowman.



Εικόνα 1.4 : Δομή επιθηλίου κερατοειδή

2. Μεμβράνη του Bowman

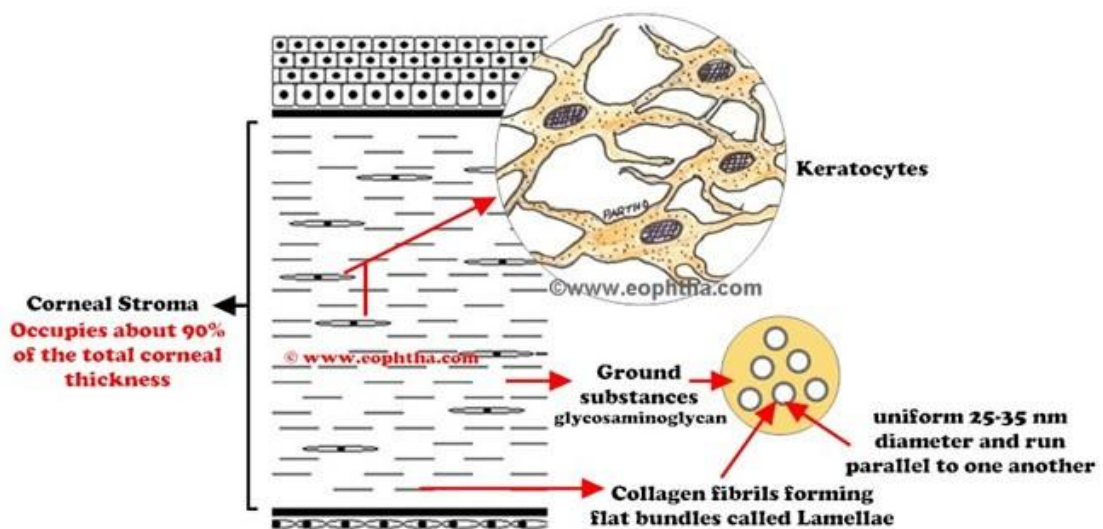
Το πρόσθιο αφοριστικό πέταλο ή αλλιώς μεμβράνη του Bowman βρίσκεται κάτω από την βασική μεμβράνη του επιθηλίου του κερατοειδή. Πρόκειται για ακυτταρικό υμένα πάχους περίπου 8-10μm αποτελείται από τυχαία διαταγμένες ίνες κολλαγόνου και η εν τω βάθει επιφάνεια της συγχωνεύεται με το στρώμα του κερατοειδή



Εικόνα 1.5 : Μεμβράνη Bowman

3. Ιδίως ουσία ή Στρώμα

Το Στρώμα αποτελείται από πέταλα κολλαγόνων ινών τα οποία είναι παράλληλα ως προς την επιφάνεια του κερατοειδή. Είναι διάφανα, ινώδη και συμπαγή και έχει υπολογισθεί ότι υπάρχουν περίπου 200-250 αποπλατυσμένα πέταλα, πάχους 2 μm . Η κατεύθυνση των ινιδίων κολλαγόνου εντός ενός συγκεκριμένου πετάλου είναι ίδια, η κατεύθυνση τους όμως σε σχέση με τα ινίδια των γειτονικών πετάλων σχηματίζει ορθή γωνία. Τα πέταλα συνδέονται και συγκρατούνται μεταξύ τους λόγω των ινιδίων που περνούν από το ένα πέταλο στο άλλο. Τα ινίδια κολλαγόνου βρίσκονται μέσα σε γλυκοζαμινογλυκάνες. Ακόμα εντός της Ιδίως ουσίας υπάρχουν διάσπαρτα μακροφάγα, λεμφοκύτταρα και πολυμορφόπρηνα.



Εικόνα 1.6 : Δομή Στρώματος κερατοειδή

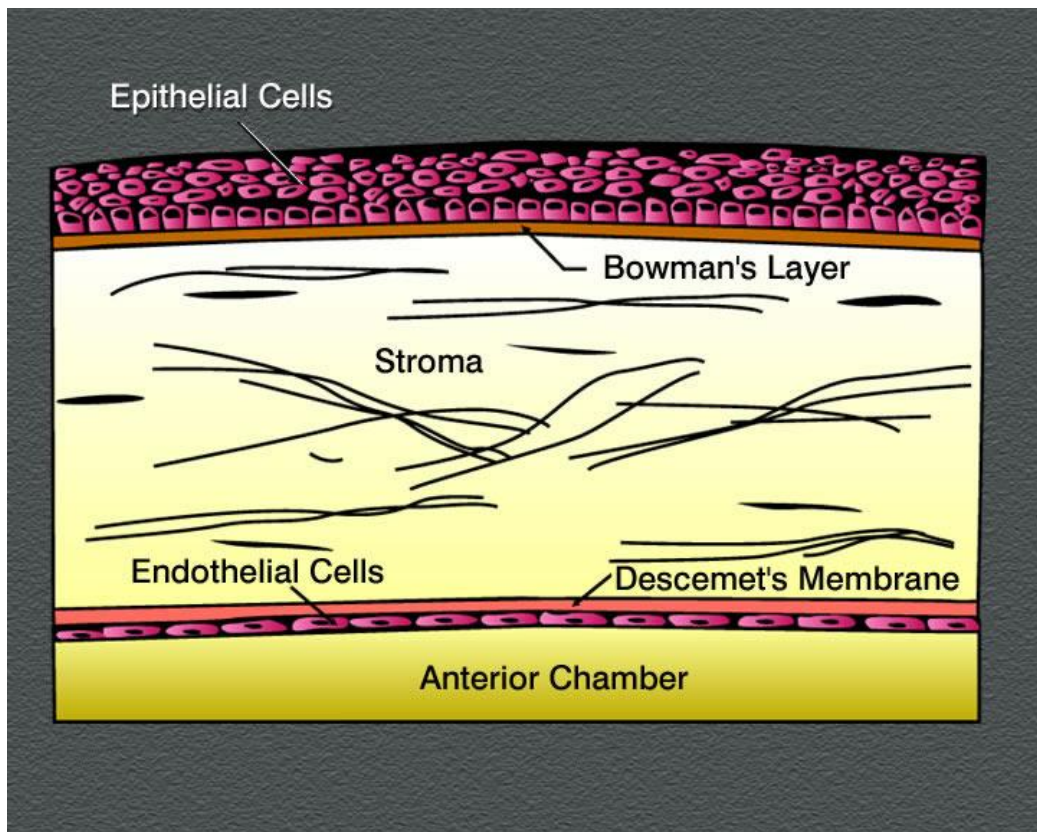
4. Δεσκεμέτειος Μembrάνη

Η μεμβράνη αυτή εφάπτεται με την οπίσθια επιφάνεια του στρώματος του κερατοειδή και το διαχωρίζει από το ενδοθήλιο το πάχος της είναι περίπου στα 10 μm . Αποτελείται από ινίδια κολλαγόνου σε διάταξη εξαγώνου τα οποία βρίσκονται μέσα σε μητρική ουσία. Προς την περιφέρεια του κερατοειδούς δημιουργεί μικρές προεξοχές προς τον πρόσθιο θάλαμο οι οποίες ονομάζονται Hassal-Henle. Η

μεμβράνη διακόπτεται απότομα στα όρια του ΣΚΟ όπου συνεχίζεται από το ηθμοειδές δικτυωτό. Το όριο αυτό ονομάζεται γραμμή του Schwalbe.

5. Ενδοθήλιο

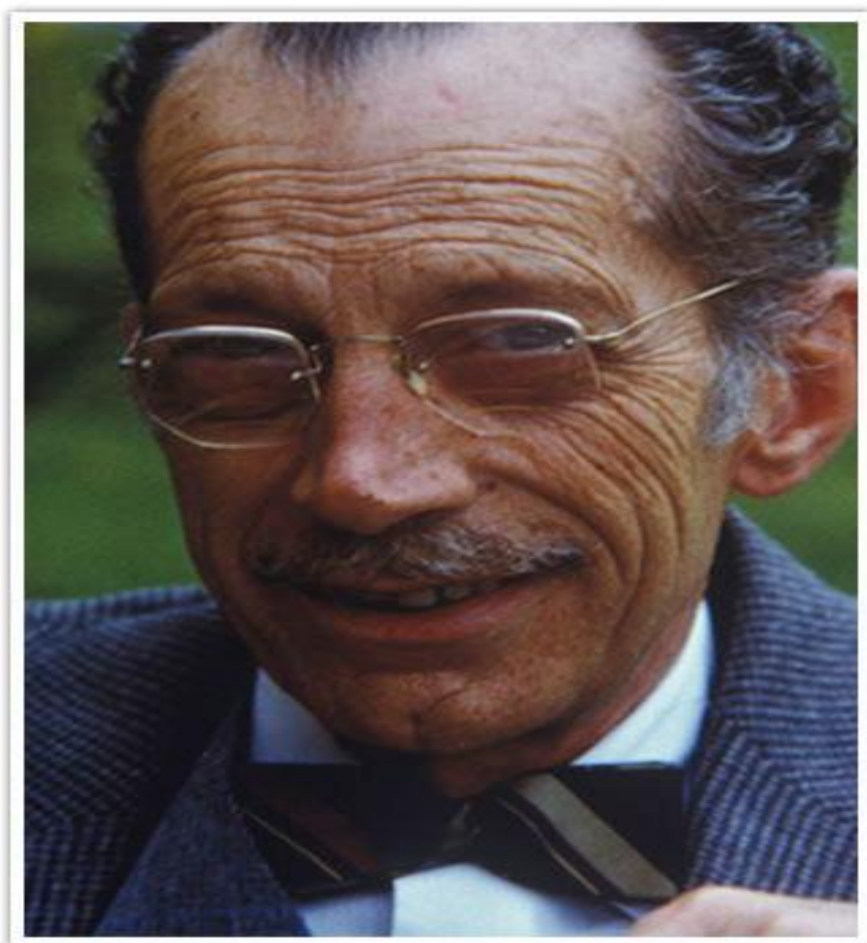
Το κερατοειδικό ενδοθήλιο αποτελείται από μια μονή στιβάδα αποπλατυσμένων κυττάρων πολυγωνικού σχήματος. Στο κυτταρόπλασμα τους περιέχουν μιτοχόνδρια, ενδοπλασματικό δίκτυο καθώς και συσκευή Golgi. Τα κύτταρα αυτά διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενυδάτωση του κερατοειδούς καθώς αποτελούν φραγμό για την είσοδο νερού στον κερατοειδή από το υδατοειδές υγρό και διαθέτουν μηχανισμό ενεργητικής μεταφοράς.



Εικόνα 1.7 :Ενδοθήλιο

2. Ιστορική ανάδρομη

Η σύγχρονη διαθλαστική χειρουργική έχει τις ρίζες της στην πρωτοπόρο έργο του καθηγητή José Ignacio Barraquer's της Κολομβίας και πατέρα της διαθλαστικής χειρουργικής . Το 1949 , ο Barraquer πρότεινε ότι προσθέτοντας ή αφαιρώντας ιστό από τον κερατοειδή , ήταν δυνατόν να χειριστούν χειρουργικά την καμπυλότητα της επιφάνειας επαφής του αέρος με το δακρυϊκό φιλμ, όπου βρίσκονται τα δύο τρίτα της διαθλαστικής δύναμης του ματιού. Από την αρχή κατάλαβε τη σημασία της διατήρησης κάθε στιβάδας του κερατοειδούς, και έτσι οι τεχνικές διαθλαστικής χειρουργικής άρχισαν να αναπτύσσονται.



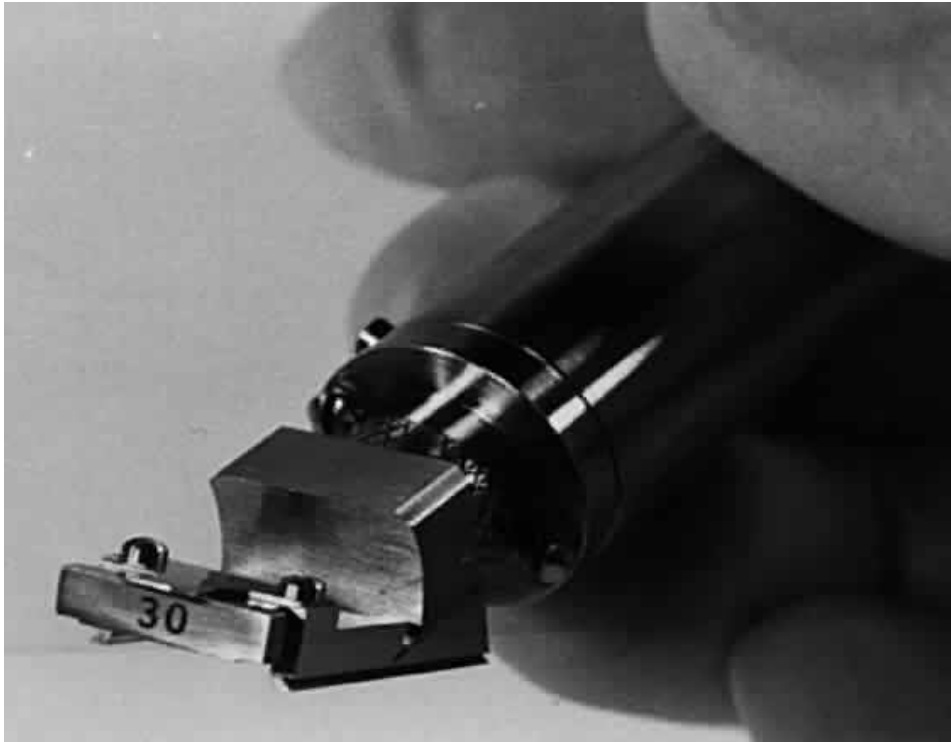
Εικόνα 2.1 : José Ignacio Barraquer's

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών ,η κερατοειδική διαθλαστική χειρουργική έχει υποστεί μια μακρά εξελικτική διαδικασία . Διάφορες μέθοδοι έχουν προταθεί για την αφαίρεση κερατοειδούς ιστού ή την επεξεργασία του κερατοειδούς

ιστού , προκειμένου να ενισχυθεί η ακρίβεια και η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων των τεχνικών διαθλαστικής χειρουργικής.

Η πιο νέα εξ αυτών είναι η LASIK η οποία αποτελεί ένα συνδυασμό παλιότερων τεχνικών με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων όμως που μας παρέχει το excimer laser. Παρά το γεγονός ότι διαθέτει προς το παρόν, μεγάλη δημοτικότητα μεταξύ των διαθλαστικών χειρουργών, η LASIK είναι ακόμα μια αναπτυσσόμενη διαδικασία όσον αφορά την τεχνική και την προεγχειρητική αντιμετώπιση του ασθενούς.

Προκειμένου να περιγράψουν οι τεχνικές, ο Barraquer χρησιμοποίησε τον όρο κερατοσμίλευση, η οποία είναι, προέρχεται από τις ελληνικές ρίζες της λέξης Κεράς που σημαίνει κερατοειδής και σμίλευση που σημαίνει σκάλισμα. Η μυωπική κερατοσμίλευση παρουσιάστηκε το 1949. Η αρχική διαδικασία σχετιζόταν με την αφαίρεση μια λεπτής πλάκα κερατοειδικού ιστού σχήματος δίσκου και πάχους 300 μm και εν συνεχεία είτε την αφαίρεση ιστού από το υπολειπόμενο στρώμα είτε την αφαίρεση ολόκληρου του δίσκου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα όταν επουλωνόταν η επιφάνεια του κερατοειδή να είχε μικρότερη καμπυλότητα συνεπώς και μικρότερη διαθλαστική ισχύει διορθώνοντας έτσι την μυωπία. Και οι δύο τεχνικές κερατεκτομής πραγματοποιούνταν με ελεύθερο χέρι με την χρήση ενός Paufigue μαχαιριού. Το να αφαιρέσει κανείς ιστό από το στρώμα του κερατοειδή αποδείχθηκε πολύ δύσκολο τεχνικό και έτσι εγκατέλειψαν την συγκεκριμένη τεχνική. Συνεχίζοντας την έρευνα του επικεντρώθηκε στην τελειοποίηση της κερατεκτομής και στην τελειοποίηση της καμπυλότητας της λεπτής πλάκα κερατοειδικού ιστού σχήματος δίσκου. Έτσι κατασκεύασε τον πρώτο χειροκίνητο μικροκερατόμο, οποίος του έδινε την δυνατότητα να αφαιρέσει από τον κερατοειδή λεπτή πλάκα κερατοειδικού ιστού σχήματος δίσκου προκαθορισμένου πάχους και διαμέτρου. Το πρώιμο αυτό έργο του έθεσε τις βασικές αρχές στον τομέα της κερατεκτομής και έθεσε τις βάσεις για την δημιουργία των σύγχρονων μικροκερατόμων.



Εικόνα 2.2 :Μικροκερατόμος

Το 1958 ακολούθησε η τεχνική της Κερατοφακίας. Μια τεχνική διαθλαστικής χειρουργικής η οποία εφαρμόστηκε σε ασθενής με αφακία κατά την οποία από τον κερατοειδή ενός δότη αφαιρείται μια λεπτή πλάκα ιστού σχήματος δίσκου και με κάποια ειδική διαδικασία τοποθετείτε στον κερατοειδή του λήπτη με αποτέλεσμα να αυξάνει τη καμπυλότητα της επιφάνειας και συνεπώς να αυξάνεται η διαθλαστική του ισχύς προκειμένου να καλύψει την έλλειψη διαθλαστικής ισχύς που οφείλεται στην αφακία.

Το επόμενο βήμα έγινε το 1967 με την τεχνική freeze-myopic keratomileusis. Τα πρώτα αποτελέσματα της οποίας εμφάνισαν βελτίωση της όρασης στο 80% των ασθενών που υποβλήθηκαν σε αυτήν. Μέσα στην επόμενη δεκαετία επιτεύχθηκαν σημαντικές βελτιώσεις στην κοπή και την επεξεργασία του σχήματος του ιστού δεν κατάφεραν όμως να ξεπεραστούν τα σημαντικά μειονεκτήματα της. Τα οποία ήταν η χρήση πολύπλοκης τεχνολογίας, η δυσκολία στην εκμάθηση της διαδικασίας σε συνδυασμό με τον μεγάλο χρονικό διάστημα ανάκαμψης της όρασης και το μεγάλο ποσοστό επιπλοκών, όπως ουλές και εμφάνιση ανώμαλου αστιγματισμού.

Το 1979 οι Kaufman, Weblin, and Klyce του Πανεπιστήμιου Louisiana Eye Center παρουσίασαν μια νέα τεχνική στην προσπάθειά τους να απλοποιήσουν και να κάνουν πιο ασφαλή την διαθλαστική χειρουργική την Επικερατοπλαστική. Η οποία όμως δεν κατάφερε να πάρει ποτέ έγκριση από το FDA και αποσύρθηκε από την αγορά.

Το 1985 ο Barraquer σε συνεργασία με τον Krumeich και τον Swinger παρουσίασαν μια καινούργια τεχνική με την BKS 1000. Αυτή βασιζόταν σε έναν βελτιωμένο μικροκερατόμο, το οποίο περιλάμβανε ένα σετ με μήτρες και μηχάνημα αναρρόφησης. Αρχικά χρησιμοποιούσαν μια μήτρα για την απομάκρυνση του επιθήλιου του κερατοειδή και στην συνέχεια με διαφορετική μήτρα αφαιρούσαν ιστό από το στρώμα του κερατοειδή, οι μήτρες για την μυωπία αφαιρούσαν ιστό από τον κέντρο του δισκίου ιστού που είχε αφαιρεθεί ενώ για την υπερμετρωπία από την περιφέρεια του. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας ήταν η άμεση ανάρρωση των ασθενών και η άμεση αποκατάσταση της όρασης τους. Παρ όλα αυτά δεν κατάφεραν να αποφύγουν τα μεγάλα ποσοστά ανώμαλου αστιγματισμού κάτι το οποίο οφείλονταν στην αδυναμία ακρίβειας κεντραρίσματος του μικροκερατόμου και του κεντρικού οπτικού άξονα του κερατοειδή, καθώς επίσης και στην πιθανότητα τραυματισμού κατά την διάρκεια του χειρισμού.

Μια νέα τεχνική παρουσιάστηκε το 1980 από τον Luis Ruiz και έδωσε νέα ώθηση στον τομέα της διαθλαστικής χειρουργικής. Ο Ruiz ανέπτυξε έναν αυτοματοποιημένο μικροκερατόμο (ALK). Αυτός ο νέος αυτοματοποιημένος μικροκερατόμος διέθετε μια μηχανή αναρρόφησης η οποία σταθεροποιούσε την κεφαλή του κερατόμου στο μάτι του ασθενή και η ταχύτητα κοπής μπορούσε να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας ένα πετάλι ποδιού, με όλες αυτές τις καινοτομίες κατάφεραν να εκτελέσουν τομές πολύ μεγαλύτερης ακρίβειας. Μια ακόμα μεγάλη διαφοροποίηση της τεχνικής αυτής ήταν ότι ο ιστός αφαιρούνταν πλέον από το κυρίως στρώμα του κερατοειδή με μια δεύτερη τομή και όχι από το κομμάτι ιστού που είχε αποσπαστεί το οποίο αφαιρούσε πλέον ιστό ως και την μεμβράνη του Bowman. Αυτός ο αυτοματοποιημένος μικροκερατόμος άνοιξε μια νέα σελίδα στην διαθλαστική χειρουργική καθώς έφερε επανάσταση στον τομέα της διαθλαστικής χειρουργικής. Ο συνολικός χρόνος της εγχείρισης μειώθηκε δραματικά και η διαδικασία μπορούσε επιτέλους να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια χρησιμοποιώντας απλά τοπική αναισθησία. Παρόλα αυτά είχε σημαντικά μειονεκτήματα όπως η μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης ανώμαλου αστιγματισμού, μικρή δυνατότητα πρόβλεψης του αποτελέσματος, παρουσιάζονταν

σφάλματα έως και 2 D. Τα προβλήματα αυτά οφείλονταν στην δεύτερη τομή η οποία ουσιαστικά αφαιρούσε ένα κομμάτι ιστού σε σχήμα δίσκου από τον κερατοειδή το οποίο δεν είχε κάποια διαθλαστική ισχύ, δηλαδή κάποια διαφορά είτε στο κεντρικό είτε στο περιφερικό του πάχος. Έτσι οι ερευνητές εστίασαν πλέον στην βελτιστοποίηση της δεύτερης τομής και αυτή η εποχή συνέπεσε με την εισαγωγή του excimer laser στην οφθαλμολογία.

2.1 Η εξέλιξη του excimer laser

Η ορολογία exhimer χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τα λέιζερ που εκπέμπουν υπεριώδη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το 1973 ο Charles Bray, ο James Ewing και ο Donald Setser άρχισαν να χρησιμοποιούν σπάνια μείγματα αερίων αλογονιδίων για να παράγουν εκπομπή ακτινοβολίας λέιζερ. Δυο χρόνια αργότερα ο Stuart Searles δημιούργησε το πρώτο excimer laser το οποίο εξέπεμπε ακτινοβολία, αυτό το κατάφερε βομβαρδίζοντας βρομίδιο του ξένου με έναν εκτοξευτή δέσμης ηλεκτρονίων. Το 1976 μετά από δοκιμές ανακαλύφθηκε ότι το φθοριούχο αργό (ArF) εκπέμπει ακτινοβολία στα 193.3nm.

Το πρώτο εργαστηριακό excimer laser χρειαζόταν μεγάλα ποσά ενέργειας για να διεγερθεί το σπάνιο μίγμα αερίου αλογόνου. Στην συνέχεια όμως αποδείχθηκε ότι μπορούν να πετύχουν εκπομπή ακτίνων laser με μια πιο μικρή μηχανή, χρησιμοποιώντας εγκάρσια ηλεκτρική εκκένωση ως πηγή ενέργειας. Το 1979 ο Tachisto κατασκεύασε το πρώτο εμπορικό σύστημα εκπομπής ακτίνων laser. Μέσα στον επόμενο χρόνο τα excimer λέιζερ βελτιώθηκαν όσο αναφορά την αξιοπιστία τους, την εκπομπή ενέργειας και κατάφεραν να τα καταστήσουν βολικά για εργαστηριακή χρήση. Κάτι το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση των ερευνών για τις πιθανές του χρήσεις.

Η Στρατιωτική Αεροπορία των ΗΠΑ ξεκίνησε να εξετάζει την χρήση των excimer λέιζερ στο μάτι και το 1981 αναφέρθηκε ότι η ακτινοβολία από το ArF λέιζερ δημιουργούσε μια άμεση αλλά παροδική τομή στο επιθήλιο του κερατοειδή, η οποία είχε το σχήμα του κύματος της ακτινοβολίας, χωρίς να προκαλέσει καμία θολερότητα είτε στο επιθήλιο είτε στο στρώμα του κερατοειδή.

Ο ερευνητής R.Srinivasan μελέτησε τα αποτελέσματα του ArF λέιζερ σε οργανικά υλικά. Πρότεινε το όρο της φωτοεκπομπής για να περιγράψει τον μηχανισμό της κατάλυσης που πέτυχε με τα κύματα ακτινοβολίας μήκους κύματος 193 nm και την δυνατότητα τους να δημιουργούν τομές στα ανθρώπινα μαλλιά με πολύ υψηλή ακρίβεια. Έτσι πρότεινε την πιθανότητα να επιτευχθεί διαμόρφωσης της επιφάνειας του κερατοειδή, συνεπώς και της όρασης, χρησιμοποιώντας το λέιζερ για την αφαίρεση ιστού.

Το 1983 ο Trokel ανέφερε την αφαίρεση ιστού από τον κερατοειδή με προβλέψιμο ρυθμό χρησιμοποιώντας φωτοεκπομπή στα 193nm, και προκαλώντας ελάχιστη θερμική βλάβη στο περιβάλλον ιστό της περιοχής όπου εφαρμόστηκε η φωτοεκπομπή. Αυτές οι ιδιότητες του excimer λέιζερ και της ελεγχόμενης φωτοεκπομπής ήταν το θεμέλιο για την χρήση του excimer λέιζερ στην διαθλαστική χειρουργική. Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την εφεύρεση και εφαρμογή διαθλαστικής τομής του κερατοειδή με χρήση φωτοεκπομπής (photorefractive keratectomy or PRK) κατατέθηκαν τότε ξεχωριστά από τον Stephen Trokel και τον Francis L' Esperance. Μελέτες σε ζώα έδειξαν είδη από το 1984 ότι αν αφαιρεθούν μόλις 5μm από τον ιστό του κερατοειδή μειώνουν την διαθλαστική ισχύ της οπτικής ζώνης κατά 1D. Από τις πρώτες δοκιμές μάλιστα αποδείχθηκε ότι η θεραπευτική τομή του κερατοειδή με την χρήση φωτοεκπομπής (PTK) επουλώνεται χωρίς να αφήνει ουλές. Έτσι το PRK παρουσιάστηκε στο κοινό και το 1985 ο γερμανός Theo Seiler ήταν ο πρώτος που εκτέλεσε PTK σε ένα υγιές μάτι. Το 1987 ο Francis L' Esperance εκτέλεσε το πρώτο χειρουργείο PRK στις ΗΠΑ σε ένα τυφλό οφθαλμό. Το 1988 ξεκίνησαν οι κλινικές δοκιμές του PRK με την έγκριση του FDA, η Marguerite McDonald ήταν η πρώτη που υποβλήθηκε σε επιτυχή επέμβαση διαθλαστικής χειρουργικής PRK και είχε μια απλή μορφή μυωπίας. Το ίδιο διάστημα ο C.Munnerlyn και οι φοιτητές του δημοσίευσαν έναν αλγόριθμο που συσχέτιζε την διάμετρο της ζώνης κατάλυσης και το πάχος της με την απαιτούμενη διοπτρική αλλαγή της διαθλαστικής ισχύς.

Το 1995 το FDA εκδίδει έγκριση για τις εταιρίες Summit και VISX όσο αναφορά την χρήση των PTK λέιζερ και έγκριση για την εταιρία Summit για την χρήση του PRK λέιζερ. Το 1996 ακολουθεί έκδοση έγκρισης και για το PRK λέιζερ της εταιρίας VISX. Όσο αυξανόταν η χρήση του PRK και η εφαρμογή της διαθλαστικής χειρουργικής οι επιστήμονες όμως ανακάλυψαν ότι για διόρθωση άνω των 6 D

παρουσιάζονταν επιπλοκές όπως θολερότητες του κεντρικού κερατοειδή και μικρή προβλεψιμότητα των αποτελεσμάτων της επέμβασης.

2.2 Η εξέλιξη του LASIK

Το LASIK σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο της Κρήτης. Το 1988 ο Ιωάννης Παλλίκαρης και οι φοιτητές του παρουσίασαν τον όρο laser in situ keratomileusis (LASIK) για να περιγράψουν την κατάλυση που εκτελούνταν με ένα excimer λέιζερ κάτω από ένα αναποδογυρισμένο κρημνό κερατοειδικού ιστού. Ο πρώτος που είχε προτείνει αυτή την ιδέα ήταν ο Pureskin το 1967. Τότε είχε προσπαθήσει να δημιουργήσει ένα κρημνό χειροκίνητα και να κόψει μέρος του στρώματος με οστεοτρύπανο.

Στο Lasik ο αυτόματος μικροκερατόμος χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του κρημνού, που αποτελείται από ιστό του επιθηλίου, της μεμβράνης του bowman και της επιφάνειας του στρώματος του κερατοειδή. Η ακτίνα λέιζερ εφαρμόζεται απευθείας πάνω στο στρώμα και αφαιρεί το προκαθορισμένο ποσό ιστού, ο οποίος σχετίζεται με την διαθλαστική διόρθωση π θέλουμε να πετύχουμε. Μόλις η κατάλυση ολοκληρωθεί ο κρημνός επανατοποθετείται στην αρχική του θέση.

Το 1990 ο Lucio Buratto παρουσίασε την τεχνική της διαγραμματικής φωτοκερατοσμίλευσης η οποία ήταν αποτελεσματική για άτομα με έως και 25 βαθμούς μυωπίας αποδείχθηκε όμως ότι δεν ήταν αρκετά ασφαλής και εγκαταλείφθηκε. Και έτσι συνεχίστηκε η έρευνα πάνω στο LASIK.

Το 1989 έγινε η πρώτη επέμβαση LASIK σε τυφλό μάτι ανθρώπου στο Πανεπιστήμιο της Κρήτης. Χρησιμοποιήθηκε ένας ειδικά διαμορφωμένος μικροκερατόμος BKS 1000 για την δημιουργία κρημνού. Έτσι οι μελέτες πάνω στον ανθρώπινο οφθαλμό ξεκίνησαν το 1990.

Το 1992 ο Stephen Slade και ο Stephen Brint εκτέλεσαν το πρώτο χειρουργείο LASIK στις ΗΠΑ.

Το 1993 ο Slade χρησιμοποίησε αυτόματο μικροκερατόμο για να δημιουργήσει τον κρημνό και ονόμασε την διαδικασία ALK.

Το 1994 ο Παλλίκαρης και οι φοιτητές του δημοσίευσαν την πρώιμη εμπειρία τους στην χρήση του LASIK και την πρώτη μελέτη που σύγκρινε το LASIK με το PRK. Η οποία αποδείκνυε την ανωτερότητα του LASIK όσο αναφορά την σταθερότητα και την πρόγνωση των αποτελεσμάτων σε μυωπίες μεγαλύτερες των 10 διοπτριών.

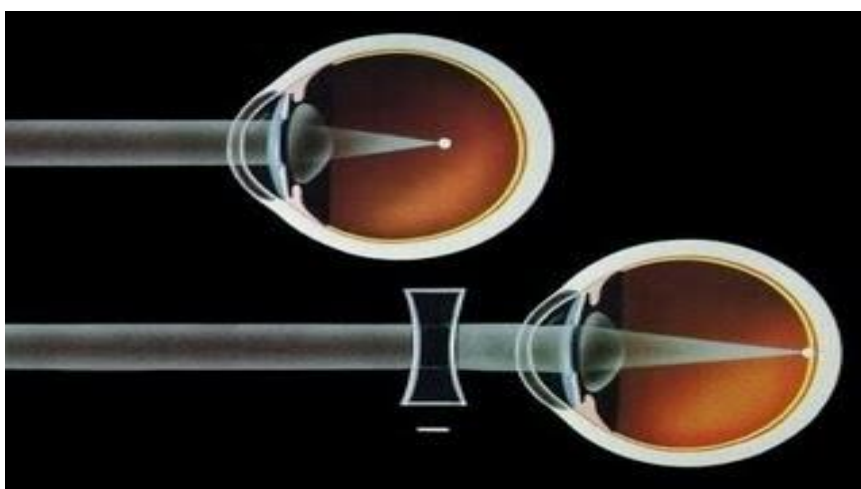
Το 1997 ο Burrato πρότεινε την δημιουργία του κρημονού στο ανώτερο τμήμα του ΣΚΟ κάτι το οποίο ελαχιστοποιείσαι την πιθανότητα αποκόλλησης του κατά την πρώιμη μετεγχειρητική περίοδο.

Το 1999 ο FDA ενέκρινε το excimer laser της εταιρίας Summit για την εκτέλεση επεμβάσεων LASIK.

3. Διαθλαστικές Ανωμαλίες

3.1 Μυωπία

Στη μυωπία, μια παράλληλη δέσμη ακτινών εισερχόμενη στο μάτι δεν εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή, αλλά μπροστά από αυτόν. Έτσι οι ακτίνες, χιάζονται και καταλήγουν στον αμφιβληστροειδή αποκλίνουσες. Η μυωπία μπορεί να οφείλετε σε μεγάλο προσθιοπίσθιο άξονα του ματιού, σε μεγάλη διαθλαστική δύναμη του οπτικού του συστήματος (κερατοειδής, φακός) ή σε συνδυασμό των δύο.



Εικόνα 3.1 :Μυωπία

Όταν η μυωπία οφείλετε σε μεγάλη διαθλαστική δύναμη του οπτικού συστήματος, ονομάζεται διαθλαστική μυωπία (refractive). Η διαθλαστική μυωπία οφείλετε κυρίως, στη μεγάλη κυρτότητα του κερατοειδούς και στην αύξηση της διαθλαστικής δύναμης του φακού. Αύξηση της διαθλαστικότητας του φακού μπορεί να παρατηρηθεί σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη, καθώς και στον αρχόμενο καταρράκτη, πολλές φορές πριν ακόμα αρχίσει η θόλωση του φακού. Λιγότερο συχνά αίτια είναι μία προς τα εμπρός παρεκτόπιση του φακού από παθολογικά αίτια, ή μία αύξηση της δύναμης του από σπασμό του ακτινωτού μυός (ψευδομυωπία).

Η μυωπία που οφείλεται σε μεγάλο αξονικό μήκος του οφθαλμού, ονομάζεται αξονική μυωπία (axial). Αξονικές είναι συνήθως οι πολύ μεγάλες μυωπίες (πάνω από 5,00 - 6,00 dpt). Η αύξηση του προσθιοπίσθιου άξονα του οφθαλμού κατά την παιδική ηλικία ευθύνεται για την σταδιακή αύξηση της μυωπίας που παρατηρείτε σε αυτή την περίοδο. Η αύξηση της μυωπίας σταματάει συνήθως όταν έχει ολοκληρωθεί η ανάπτυξη. Αύξηση της μυωπίας μετά της περίοδο της ανάπτυξη

μπορεί να παρατηρηθεί στην εκφυλιστική μυωπία. Η εμφάνιση μυωπίας, ή η επιδείνωση είδη υπάρχουσας σε μεγάλη ηλικία συνήθως οφείλεται σε πυρηνική σκλήρυνση του φακού.

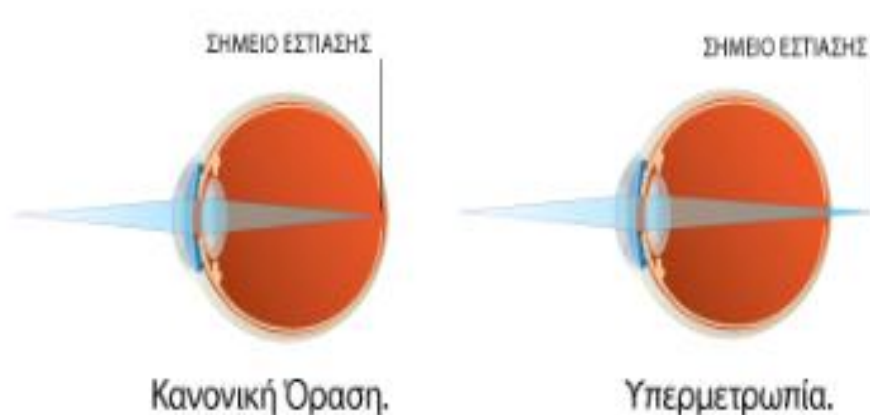
Η μυωπία εμφανίζεται τα πρώτα χρόνια της ζωής και κάνει αισθητή την παρουσία της τα πρώτα χρόνια της εκπαίδευσης όπου οι ανάγκες του παιδιού αυξάνονται και την μακρινή όραση. Η μυωπία αυτή συνήθως ακολουθεί ομαλή πορεία και μετά από μία προοδευτική αύξηση σταθεροποιείται.

Σε πρόωρα νεογνά μπορεί να παρατηρηθεί μια μορφή μυωπίας που παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και ενώ μπορεί να φθάσει μέχρι και 20,00 dpt, τείνει να μειωθεί με τα χρόνια. Η αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας πολλές φορές προκαλεί υψηλή μυωπία που όμως δεν εξελίσσεται.

3.2 Υπερμετροπία

Στην υπερμετροπία μία παράλληλη δέσμη ακτινών που εισέρχεται στο μάτι δεν εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή όπως στην φυσιολογική κατάσταση ενός εμετροπικού οφθαλμού, αλλά μετά από αυτόν. Έτσι κάθε σημείο του αντικειμένου σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή ανεστίαστο (θολό).

Η υπερμετροπία μπορεί να οφείλεται σε μικρή διαθλαστική δύναμη του οπτικού συστήματος ή σε μικρό προσθιοπίσθιο άξονα. Σε πολλές περιπτώσεις η υπερμετροπία μπορεί να οφείλεται και σε συνδυασμό των παραπάνω αιτιών.



Εικόνα 3.2 : Υπερμετροπία

Επειδή, το μικρό αξονικό μήκος του οφθαλμού θεωρείται φυσιολογικό στην παιδική ηλικία και μεγαλώνει με την ανάπτυξη, η υπερμετρωπία είναι μία φυσιολογική κατάσταση στα πρώτα χρόνια της ζωής.

Ο μικρός προσθιοπίσθιος άξονας του υπερμέτρωπα είναι κατά μεγάλο ποσοστό ανατομική ανωμαλία, σπάνια όμως μπορεί να οφείλεται σε παθολογικά αίτια (όπως π.χ. σε ενδοκογχικό όγκο).

Στην περίπτωση κατά την οποία η διαθλαστική δύναμη είναι η κύρια αιτία της υπερμετρωπίας, μπορεί να οφείλεται στην μικρή κυρτότητα του κερατοειδούς ή σε μικρή διαθλαστικότητα του φακού, που μπορεί να συμβεί σε μεγάλη ηλικία ή σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη. Η αύξηση της υπερμετρωπίας που παρατηρείται σε μεγάλη ηλικία, αποδίδεται σε σκλήρυνση του κρυσταλοειδή φακού, που έχει σαν αποτέλεσμα την μύωση της προσαρμοστικής ικανότητας (και άρα της διαθλαστικής δύναμης του).

Ακόμα ένας λόγος που θα μπορούσε να προκαλέσει υπερμετρωπία είναι η προς τα πίσω μετακίνηση του φακού (λόγο συγγενικών γονιδίων ή λόγω τραυματισμού).

Η αφακία είναι ακόμα ένας παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει υπερμετρωπία λόγω της σημαντικής μείωσης της διαθλαστικής δύναμης του οφθαλμού. Παλαιότερα η συχνότερη αιτία αφακίας ήταν η μετεγχειρητική αφακία, μετά από αφαίρεση του κρυσταλοειδή φακού λόγω καταρράκτη. Πλέον δεν αποτελεί συχνό φαινόμενο διότι αντικαθιστάται από τεχνικό ενδοφακό.

3.3 Αστιγματισμός

Ο αστιγματισμός οφείλεται σε διαφορετική διαθλαστική ισχύ του οφθαλμού στους διάφορους άξονες του. Κυρίως οφείλεται σε διαφορετική καμπυλότητα του κερατοειδούς στους διάφορους μεσημβρινούς αλλά κάποιες φορές συμμετέχει και ο κρυσταλλοειδής φακός. Οπτικά, το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα το φως που μπαίνει στον οφθαλμό να σχηματίζει αντί για μια εστία δύο εστιακές γραμμές δημιουργώντας το κωνοειδές του Sturm. Όσο πιο πολύ απέχουν μεταξύ τους αυτές οι γραμμές, τόσο πιο μεγάλος είναι ο αστιγματισμός.

Ο αστιγματισμός μπορεί να διαιρεθεί στις παρακάτω κατηγορίες:

- Απλός μυωπικός αστιγματισμός όταν η μια εστιακή γραμμή βρίσκεται πάνω στον αμφιβληστροειδή και η άλλη μπροστά από αυτόν (μυωπική).
 - Σύνθετος μυωπικός αστιγματισμός όταν και οι δύο εστιακές γραμμές βρίσκονται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή.
 - Απλός υπερμετρωπικός αστιγματισμός όταν η μια εστιακή γραμμή βρίσκεται πάνω στον αμφιβληστροειδή και η άλλη πίσω από αυτόν (υπερμετρωπική).
 - Σύνθετος υπερμετρωπικός αστιγματισμός όταν και οι δύο εστιακές γραμμές βρίσκονται πίσω από τον αμφιβληστροειδή.
- Μικτός αστιγματισμός είναι όταν η μια εστιακή γραμμή βρίσκεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή και η άλλη πίσω από αυτόν. Σ' αυτήν την περίπτωση ο οφθαλμός είναι μυωπικός στον ένα μεσημβρινό και υπερμετρωπικός στον άλλο.

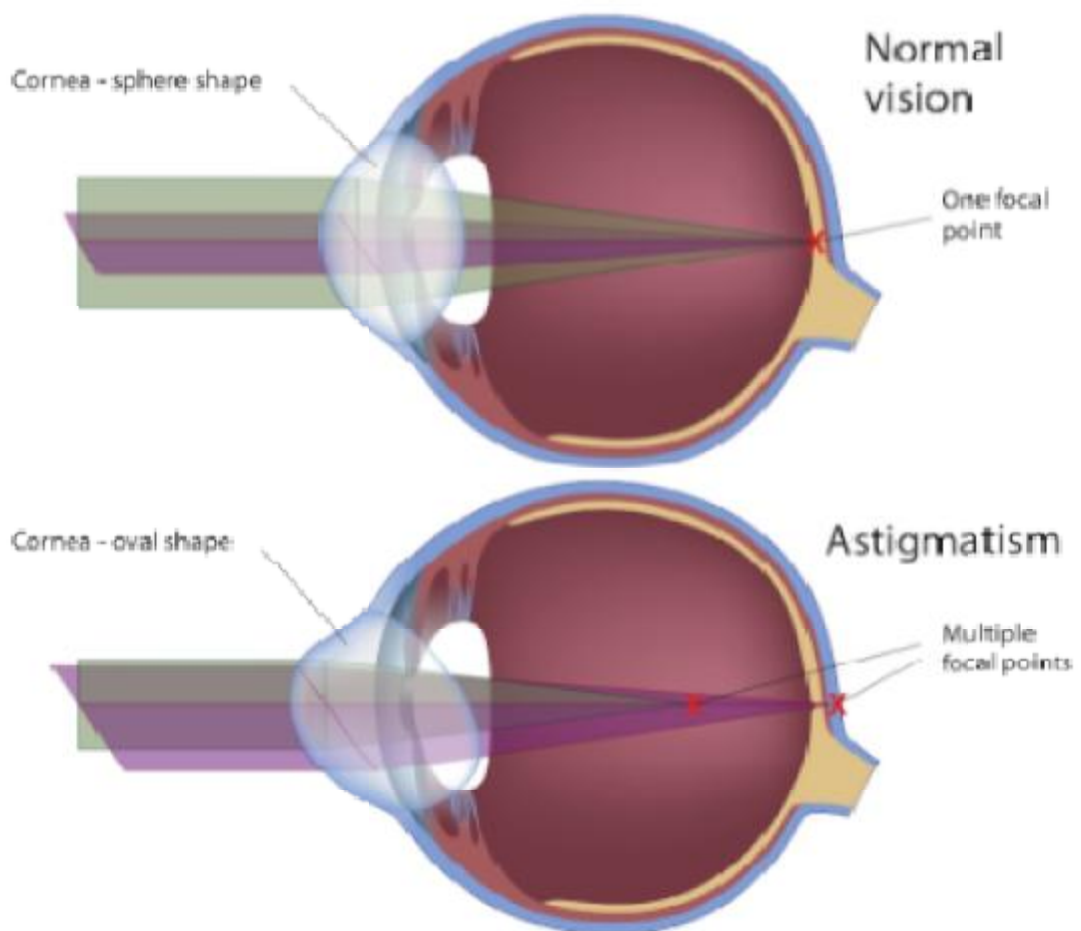
Ο μικτός αστιγματισμός, αν είναι σχετικά μικρός και οι δύο εστιακές γραμμές βρίσκονται αρκετά συμμετρικά μπροστά και πίσω από τον αμφιβληστροειδή έχουμε καλή όραση και χωρίς διόρθωση λόγω του κύκλου ελάχιστης σύγχυσης που δημιουργεί αρκετά ευκρινές αμφιβληστροειδικό είδωλο.

Καθώς ο οφθαλμός έχει διαφορετική ισχύ στους μεσημβρινούς του, μπορούμε να εντοπίσουμε τους μεσημβρινούς με την μεγαλύτερη και την λιγότερη διαθλαστική ισχύ και να ορίσουμε έναν άξονα, αρνητικό ή θετικό, ο οποίος είναι κάθετος στην αντίστοιχη διαθλαστική ισχύ.

Όταν ο διαθλαστικότερος μεσημβρινός του οφθαλμού είναι ο κάθετος, τότε ο αστιγματισμός ονομάζεται σύμφωνος με τον κανόνα, ενώ όταν διαθλαστικότερος είναι ο οριζόντιος, τότε ο αστιγματισμός ονομάζεται παρά τον κανόνα.

Μια άλλη χρήσιμη διάκριση είναι σε συμμετρικό αστιγματισμό, όταν η κλεψύδρα του αστιγματισμού όπως φαίνεται στην τοπογραφία του κερατοειδούς είναι συμμετρική σε εύρος σχήμα και διαθλαστική ισχύ, και ασύμμετρο όταν η κλεψύδρα του αστιγματισμού όπως φαίνεται στην τοπογραφία του κερατοειδούς είναι ασύμμετρη σε εύρος και σχήμα.

Στην πρώτη περίπτωση η διάθλαση είναι ομαλή με λίγες εκτροπές υψηλής τάξης, ενώ στην δεύτερη έχουμε εκτροπές υψηλής τάξης (ιδιαίτερα κόμη) και συνεπώς η διάθλαση είναι πιο περίπλοκη.



Εικόνα 3.3 : Αστιγματισμός

4. Προεγχειρητικές εξετάσεις

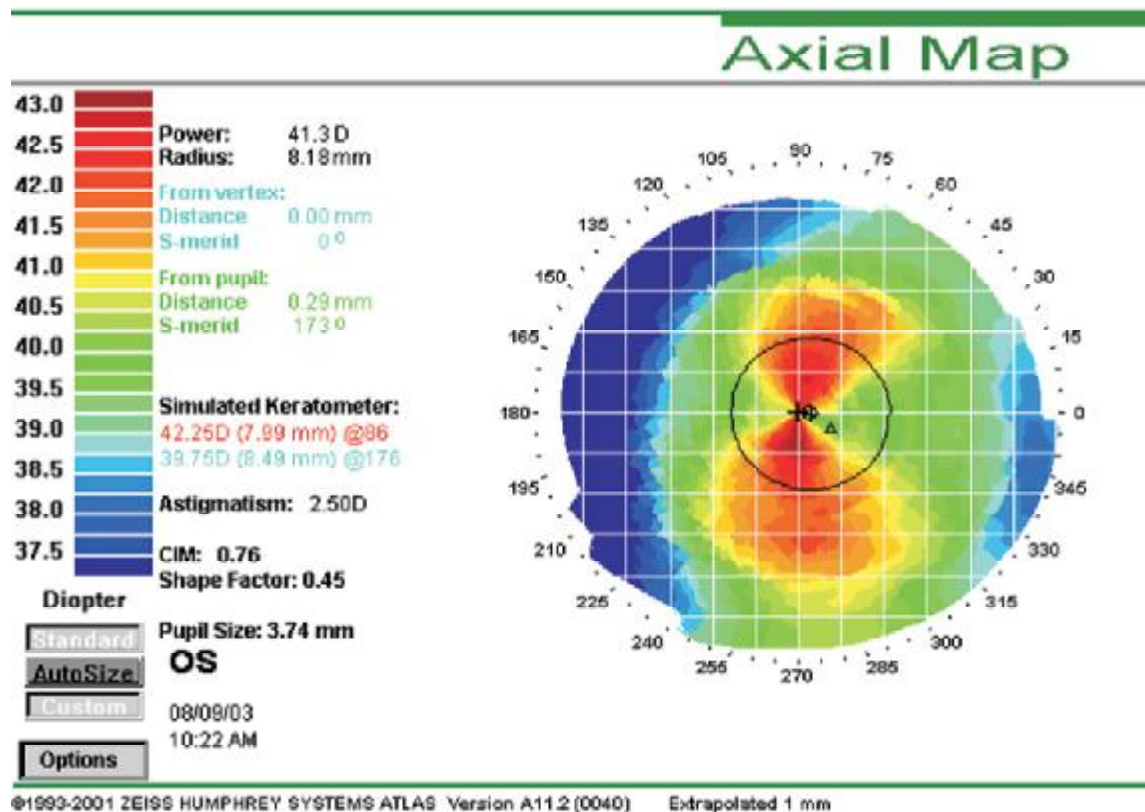
4.1 Τοπογραφία

Αυτή η εξέταση είναι σημαντική για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του ασθενή για την οφθαλμική επέμβαση. Η κρانيομετρία παρέχει περιορισμένες πληροφορίες για τις μετρήσεις του κερατοειδή καθώς καταγράφει μόνο τα αποτελέσματα 4 σημείων σε μια απόσταση 3-4 χιλιοστών από το κέντρο του κερατοειδή, ενώ ο τοπογράφος έχει την δυνατότητα να αξιολογήσει έως και 11.000 σημεία σε όλο το εύρος της επιφάνειας του κερατοειδή. Σε συνδυασμό με λογισμικό H/Y και εικόνα παρέχει σημαντικές πληροφορίες για όλη την επιφάνεια του κερατοειδή και όχι μόνο για την περιοχή της κεντρικής οπτικής ζώνης. Η τοπογραφία χρησιμοποιείται στην προεγχειρητική αξιολόγηση για να απεικονίσει τυχών ανωμαλίες τις πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδή, οι οποίες μπορεί να αποτελούν αντενδείξεις για την εκτέλεση της επέμβασης. Ακόμα είναι χρήσιμη για την μελέτη και την παρακολούθηση του μετεγχειρητικού κερατοειδή ενός ασθενή καθώς κάθε αλλαγή στο σχήμα του κερατοειδή μετά την εγχείριση ή κατά την διάρκεια της ανάρρωσης θα είναι εμφανή στην τοπογραφική ανάλυση.

Οι τοπογράφοι γίνονται συνεχώς όλο και πιο εξελεγμένοι και δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να καταγράψει πολλές αναλύσεις ταυτόχρονα.

4.1.1 Αξονικός Χάρτης

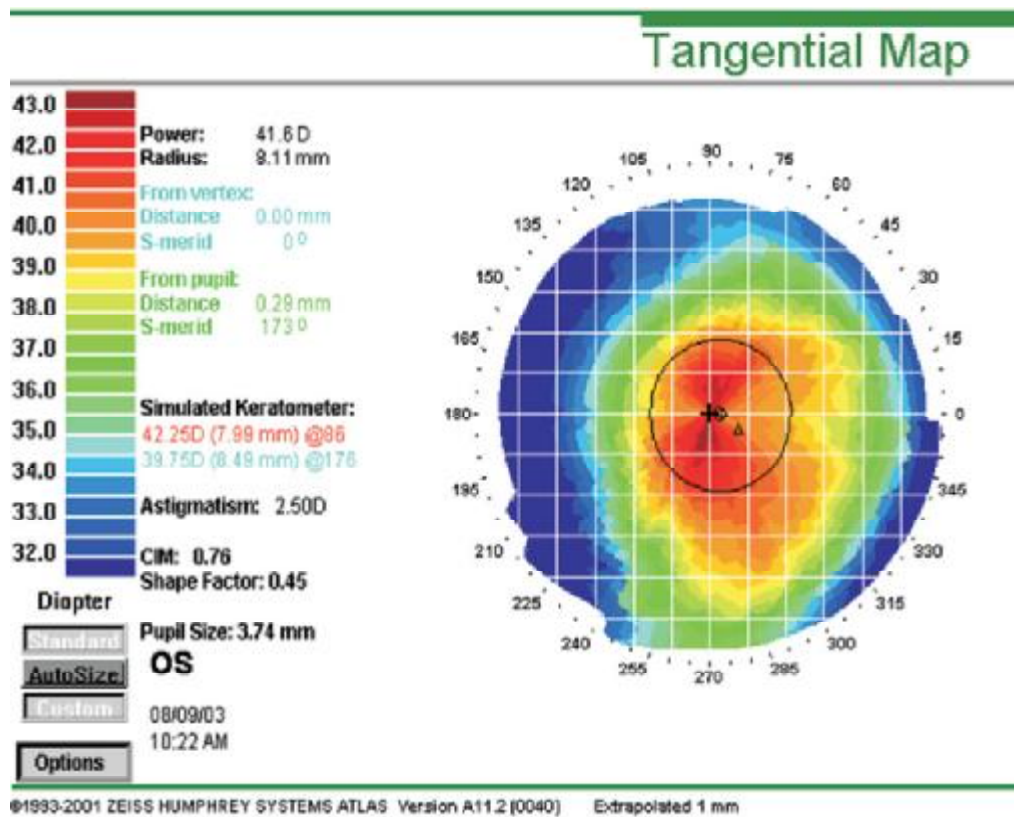
Ο αξονικός χάρτης είναι μια απλή απεικόνιση που υποθέτει ότι η επιφάνεια του κερατοειδή είναι σφαιρική. Απεικονίζει την επιφάνεια του κερατοειδή σαν ένας τοπογραφικός χάρτης με χρώματα τα η απόχρωση των οποίων υποδεικνύει την διοπτρική ισχύ του κερατοειδή στην περιοχή αυτή. Οι πιο επίπεδες περιοχές εμφανίζονται με ψυχρά χρώματα όπως είναι το μπλε και το πράσινο και οι πιο κυρτές περιοχές με θερμά χρώματα όπως είναι το κόκκινο και το πορτοκαλί. Παράλου όμως που είναι εύκολο να ερμηνευθεί αυτός ο χάρτης τείνει να εξομαλύνει μερικές από τις περιοχές όπου υπάρχει διακύμανση της καμπυλότητας.



Εικόνα 4.1: Αξονικός χάρτης

4.1.2 Χάρτης των εφαπτομένων

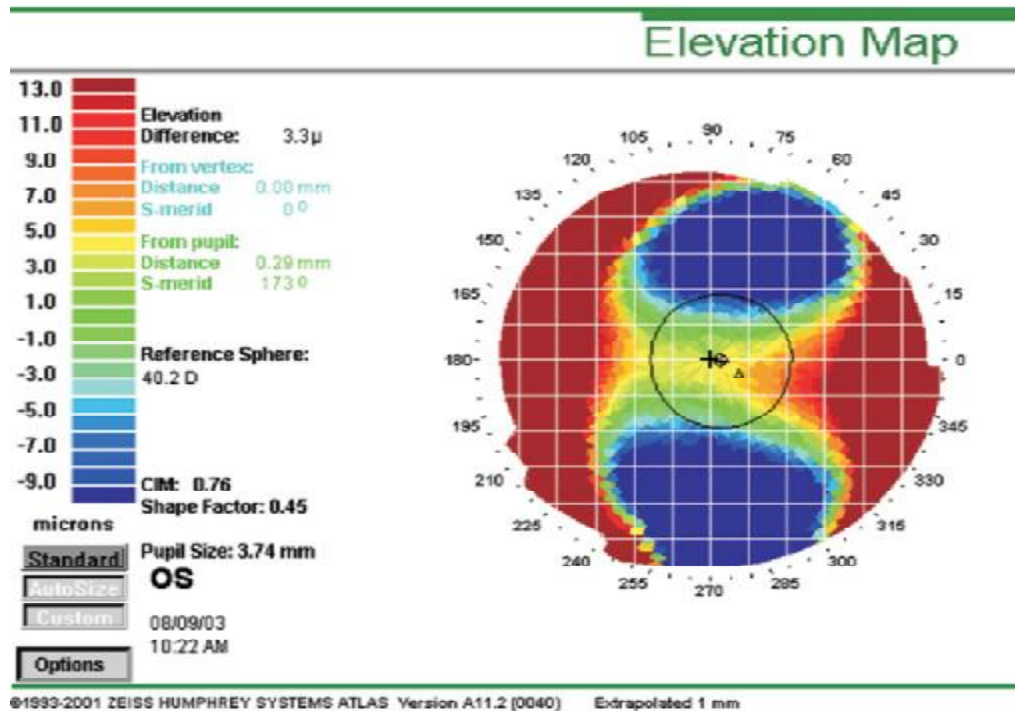
Ο χάρτης των εφαπτομένων χρησιμοποιεί χρώματα κατά την απεικόνιση του κερατοειδή όπως ο αξονικός χάρτης αλλά χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό αλγόριθμο για να υπολογίσει τις διαφορές καμπυλότητες του κερατοειδή με αποτέλεσμα να παρέχει πιο ακριβή αποτελέσματα για τις καμπυλότητες του περιφερικού κερατοειδή. Το πλεονέκτημα αυτού του αλγορίθμου είναι ότι δεν θεωρεί τον κερατοειδή σφαιρικό αλλά βασίζει τους υπολογισμούς του στην καμπυλότητα κάθε μεσημβρινού. Με αυτό τον τρόπο απεικονίζει την “πραγματική” εικόνα του κερατοειδή και απεικονίζει πολύ πιο εύκολα, σε σχέση με τον αξονικό χάρτη, τις μικρές εναλλαγές ισχύος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για την μελέτη και παρακολούθηση της μετεγχειρητικής επούλωσης του κερατοειδή.



Εικόνα 4.2: Χάρτης εφαπτομένων

4.1.3 Υψομετρικός Χάρτης

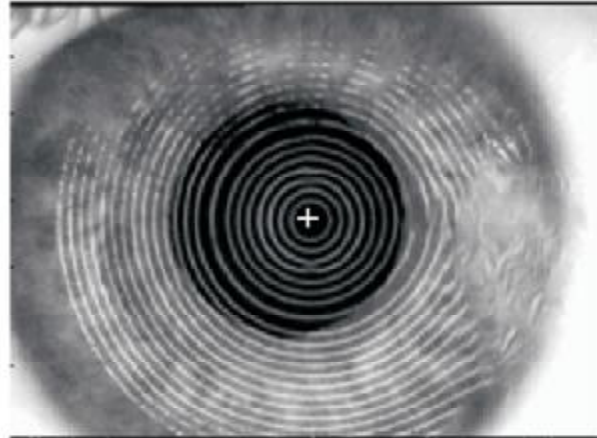
Ο υψομετρικός χάρτης εμφανίζει τις υψομετρικές διαφορές στα σημεία του κερατοειδή που η καμπυλότητα μεταβάλλεται, χρησιμοποιώντας ως επιφάνεια αναφοράς ένα επίπεδο που έχει επιλέξει ο υπολογιστής. Τα ζεστά χρώματα αναφέρονται σε σημεία πάνω από την επιφάνεια αναφοράς ενώ τα ψυχρά σε σημεία κάτω από την επιφάνεια αναφοράς. Αυτή η απεικόνιση είναι σημαντική για την αξιολόγηση των ανωμαλιών του κερατοειδή προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά



Εικόνα 4.3: Υψομετρικός Χάρτης

4.1.4 Φωτοκερατοσκοπική απεικόνιση (Photokeratoscopic view)

Αυτή η απεικόνιση είναι μια πραγματική εικόνα του ματιού η οποία τραβήχτηκε από την βιντεοκάμερα του μηχανήματος. Το δακρυϊκό φιλμ λειτουργεί ως κυρτό κάτοπτρο και αντανακλάει τους φωτιζόμενους δακτυλίους του τοπογράφου. Ο χώρος μεταξύ αυτών των ομόκεντρων δακτυλιδιών μπορεί να υποδείξει την κυρτότητα του κερατοειδή και αν υπάρχουν έντονες αλλαγές. Οποιαδήποτε ανωμαλία στα επίπεδα μπορεί να υποδείξει παραμορφώσεις του κερατοειδή ή να υποδείξει σε ποια σημεία το δακρυϊκό φιλμ εξατμίζεται. Οι πληροφορίες που παρέχει είναι χρήσιμες για τον αποκλεισμό παραγόντων που μπορεί να εμφανίζουν κάποια ανωμαλία κ στους υπόλοιπους χάρτες, όπως η ξηροφθαλμία.



OD

08/09/03
1:54 PM

Options

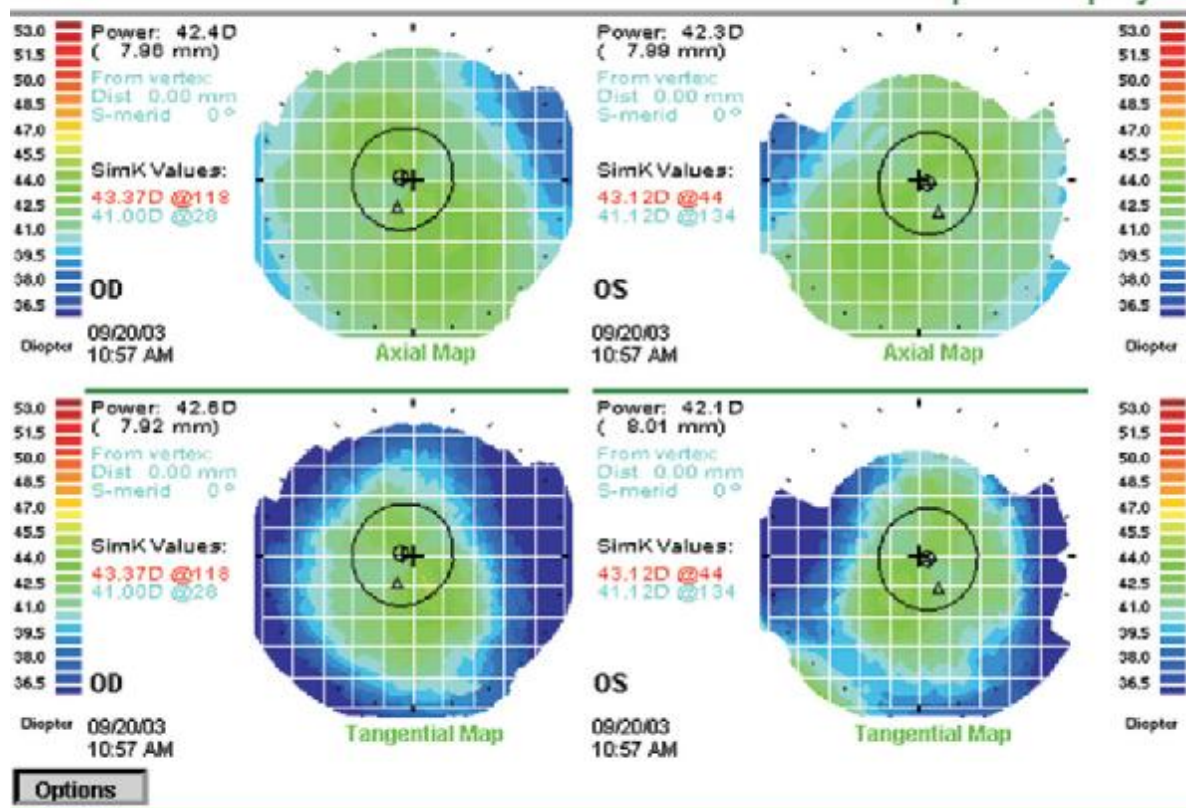
©1993-2001 ZEISS HUMPHREY SYSTEMS ATLAS Version A11.2 (0040) Extrapolated 1 mm

Εικόνα 4.4: Φωτοκερατοσκοπική Απεικόνιση

4.1.5 Απόλυτη κλίμακα

Η απόλυτη κλίμακα είναι μια σταθερή αριθμητική κλίμακα στην οποία κάθε χρώμα αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη διοπτρική ισχύς. Το εύρος της κλίμακας είναι ίδιο σε κάθε χάρτη. Αυτή η κλίμακα είναι χρήσιμη για την γενική απεικόνιση ανωμαλιών καθώς μόνο τα αποτελέσματα που έχουν κλινική σημασία για την επέμβαση θα είναι ορατά. Παρ' όλα αυτά συγκεκριμένες ανωμαλίες του κερατοειδή απεικονίζονται πιο λεπτομερώς με την συγκεκριμένη τεχνική. Το πλεονέκτημα της τεχνικής είναι ότι μπορεί εύκολα να γίνει σύγκριση διαφορετικών χαρτών.

OD/OS Compare Display



Options

©1993-2001 ZEISS HUMPHREY SYSTEMS ATLAS Version A11.2 (0040) Extrapolated 1 mm

Εικόνα 4.5: Απεικόνιση απόλυτης κλίμακας

4.2 Κερατομετρία

Η κερατομετρία παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το σχήμα του κερατοειδή. Οι οπτομέτρες και οι οπτικοί (εφαρμοστές φακών επαφής) είναι εξοικειωμένοι στο να διαβάζουν μετρήσεις της κερατομετρίας σε χιλιοστά (mm), ενώ οι οφθαλμίατροι τις διαβάζουν σε διοπτρίες (dpt). Στις περιπτώσεις όπου οι ενδείξεις της κερατομετρίας είναι μικρότερες από 41D ή μεγαλύτερες από 46D, υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος επιπλοκών με την χρήση μικροκερατόμου, και ο ασθενής πρέπει να ενημερωθεί ανάλογα.

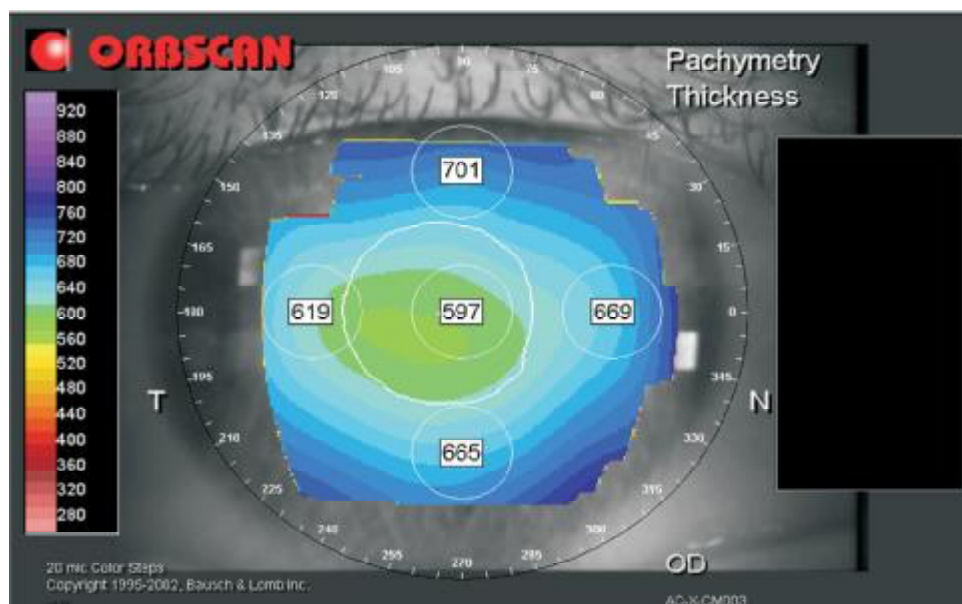
Αν ο κερατοειδής είναι πολύ κυρτός ή πολύ επίπεδος μετά από ένα χειρουργείο, σοβαρές εκτροπές μπορεί να εμφανιστούν. Όπου ο μετεγχειρισμένος κερατοειδής η ισχύς του είναι μικρότερη από 35D ή μεγαλύτερη από 50D οι εκτροπές μπορεί να προκαλέσουν σημαντική μείωση στην ακρίβεια της όρασης. Αυτό μπορεί να δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα την νύχτα όταν οι κόρες διαστέλλονται. Αυτές οι περιπτώσεις ασθενών πρέπει να αξιολογούνται προσεκτικά από τον χειρουργό πριν από το χειρουργείο. Σε μερικές περιπτώσεις οι ασθενείς μπορεί να χαρακτηριστούν ακατάλληλοι.

Η ανάγνωση των κερατομετρικών ενδείξεων θα αναφέρει επίσης τον βαθμό του κερατοειδικού αστιγματισμού, ο οποίος θα συγκριθεί με το συνολικό διαθλαστικό σφάλμα του οφθαλμού. Αν έχει διαπιστωθεί σημαντικός φακικός αστιγματισμός, είναι απαραίτητο να ενημερωθεί ο ασθενής, ότι αν η χειρουργική επέμβαση του κερατοειδούς εξισορροπήσει το σφάλμα τότε στο μέλλον μπορεί αν θα χιαστεί εγχείρηση καταρράκτη να δημιουργηθεί επιπλέον αστιγματισμός. Είναι επίσης απαραίτητη η καταγραφή των κερατομετρικών ενδείξεων. Οι πληροφορίες αυτές θα είναι χρήσιμες αν ο ασθενής στο μέλλον χρειαστεί τεχνικό ενδοφακό.

4.3 Τομογραφία

Ο τομογράφος Orbscan II είναι το μόνο μέσο που σήμερα είναι σε θέση να παράγει ένα υψομετρικό χάρτη της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς. Χρησιμοποιεί τη σαρωτική σχισμή για να συλλέξει πληροφορίες τόσο από την πρόσθια όσο και από την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς. Στη συνέχεια οι πληροφορίες επεξεργάζονται για να παράγουν υψομετρικούς χάρτες των κερατοειδικών επιφανειών. Αν η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς είναι πάνω από 0,05 mm (χιλιοστά), τότε αυτό θεωρείται ύποπτο και υπάρχει πιθανότητα αντένδειξης για

Lasik. Η τομογραφία είναι χρήσιμη εξέταση για την ανίχνευση των κερατοειδών που μπορεί να είναι αυξημένου κινδύνου, και μπορεί να εμφανίσουν μετά την χειρουργική επέμβαση κάποιου είδους εκτατική πάθηση. Το Orbscan II είναι επίσης σε θέση να παράγει και άλλα δεδομένα που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως το πάχος του κερατοειδούς. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι εξετάσεις παχυμετρίας λαμβάνονται με αυτή τη μέθοδο επειδή συσχετίζονται με τις παραδοσιακές εξετάσεις παχυμετρίας με υπερήχους.



Εικόνα 4.6: Τομογραφία Orbscan

4.4 Μετρήσεις κόρης

Η λήψη μετρήσεων ακριβείας σχετικά με την κόρη είναι απολύτως απαραίτητη για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του ασθενή για επέμβαση διαθλαστικής χειρουργικής καθώς 1mm μπορεί να κάνει μεγάλη διαφορά στο ποσό του ιστού που χρειάζεται να αφαιρεθεί. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας την φόρμουλα Munnerlyn για την διόρθωση ενός σφάλματος $-5.00D$ προϋποθέτει την εκτομή 60μm ιστού χρησιμοποιώντας ζώνη επέμβασης 6mm, την στιγμή που σε μια ζώνη επέμβασης 7mm χρειάζεται να εκτομή 81,7μm ιστού για να πετύχουμε το ίδιο διαθλαστικό αποτέλεσμα.

Η εκτίμηση των διαστάσεων της κόρης πρέπει να ληφθούν σε κατάσταση μεσαίας και χαμηλής φωτεινότητας. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την επιλογή

της κατάλληλης διαμέτρου για την ζώνη εκτομής. Μετά την επέμβαση η ποιότητα της όρασης μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από το μέγεθος της κόρης, συνεπώς η διάμετρος της ζώνης εκτομής ρυθμίζεται έτσι ώστε να είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο της κόρης σε σκοτοπικές συνθήκες. Αυτή η επιλογή είναι απαραίτητη προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα εμφάνισης θαμπάδων, περιγραμμάτων και φωτοστέφανων στην μετεγχειρητική όραση.

Έτσι όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος της κόρης τόσο μεγαλύτερο πρέπει να είναι και η διάμετρος και το βάθος των εκτομών. Αυτό μπορεί να καταστήσει κάποιους οφθαλμούς ακατάλληλα για διαθλαστική επέμβαση καθώς πάντα το ελάχιστο στρώμα κερατοειδή που απομένει μετεγχειρητικά πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 250μm προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα εμφάνισης εκτασίας του κερατοειδή. Σε όσους οφθαλμούς δεν είναι εφικτό η ζώνη επέμβασης να είναι μεγαλύτερη από την διάμετρο της κόρης σε σκοτοπικές συνθήκες, υπάρχει η πιθανότητα να μπορεί να δημιουργηθεί μια μεικτή ζώνη η οποία θα είναι ομόκεντρη και εξωτερικά της ζώνης επέμβασης προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος μείωσης της ποιότητας της όρασης μετεγχειρητικά σε σκοτοπικές συνθήκες

Τεχνικές μέτρησης των διαστάσεων της κόρης

- I. Τοπογραφία (με την χρήση τοπογράφου)
- II. Άμεση σύγκριση (Morton's pupillometer)
- III. Μέθοδος προβολής (Magmani's pupillometer)
- IV. Τεχνική ενίσχυσης του φωτός (Colvard pupillometer)
- V. Υπέρυθρη δυναμική μέτρηση της κόρης (Procyon dynamic pupillometer)



Εικόνα 4.7: Colvard pupillometer

4.5 Επιλογή της ζώνης επέμβασης

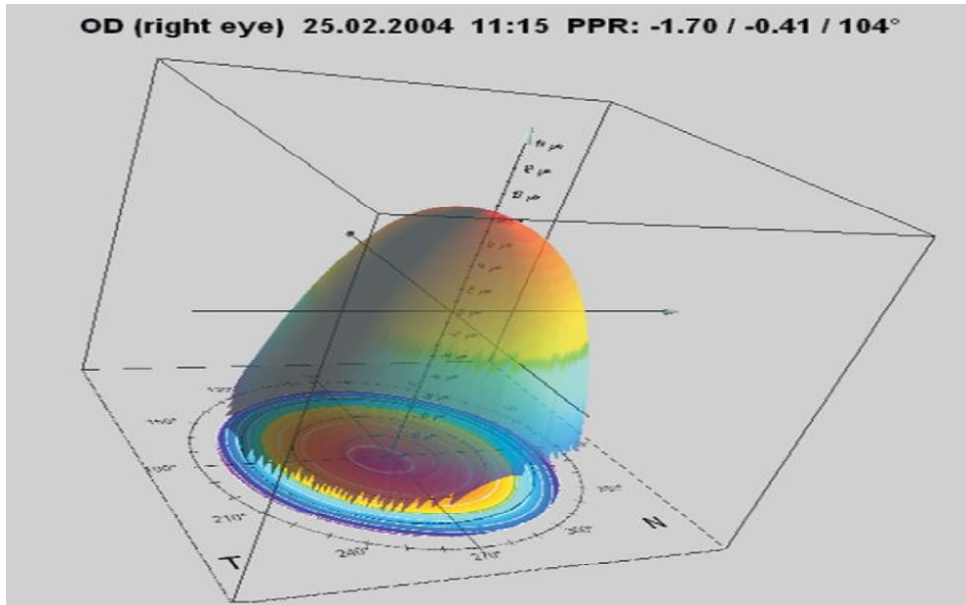
Η διάμετρος της ζώνης επέμβασης καθορίζεται από τον χειρουργό οφθαλμίατρο, ωστόσο είναι απαραίτητο για τον οπτομέτρη να επιλέξει μια προσωρινή διάμετρο για την ζώνη επέμβασης προκειμένου να πραγματοποιήσει τους απαραίτητους υπολογισμούς κατά τους ελέγχους

Η ενεργή οπτική ζώνη μετά την επέμβαση είναι μικρότερη από την πραγματική ζώνη εκτομής. Αυτό το φαινόμενο αυξάνεται όσο αυξάνεται το ποσό διόρθωσης του διαθλαστικού σφάλματος καθώς και στις περιπτώσεις διόρθωσης υπερμετροπικού σφάλματος. Ιδανικά η ζώνη επέμβασης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την διάμετρο της κόρης σε σκοτοπικές συνθήκες για να μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης ανωμαλιών στην όραση μετά την επέμβαση. Ωστόσο αυτό εξαρτάται από το πάχος του κερατοειδή και από το διαθλαστικό σφάλμα που πρέπει να διορθωθεί.

Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι απαραίτητο να επιλεγεί μια ζώνη η οποία να είναι μικρότερη από την διάμετρο της κόρης σε σκοτοπικές συνθήκες προκειμένου να επιτευχθεί η ζητούμενη διόρθωση και να διατηρηθεί όμως και το απαραίτητο πάχος των 250μm, σε αυτή την περίπτωση ο ασθενής πρέπει να ενημερωθεί για την πιθανότητα εμφάνισης θαμπάδων στην όραση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή αντηλιάς. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να μειωθεί σε κάποιες περιπτώσεις δημιουργώντας μια ζώνη μετάβασης για να ελαχιστοποιήσουμε την εναλλαγή μεταξύ του μη εγχειρισμένου και του εγχειρισμένου κερατοειδή.

4.6 Εκτροπομετρία

Η εκτροπομετρία είναι μια μέθοδος μέτρησης των εκτροπών του οφθαλμού. Σε αυτή την μέθοδο ένα κύμα φωτός από μια ακτίνα Laser διαπερνάει τα διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού και αντανακλάται πίσω από τον αμφιβληστροειδή προς την κόρη. Ένας αισθητήρας ανιχνεύει το δευτερογενές κύμα και το συγκρίνει με ένα ιδανικό κύμα. Οι διαφορές που εντοπίζονται παρουσιάζουν τις εκτροπές που υπάρχουν στο συγκεκριμένο οπτικό σύστημα και αναπαριστώνται ως σε έναν χάρτη τριών διαστάσεων. Με αυτή την τεχνική εντοπίζονται τόσο οι εκτροπές χαμηλής τάξης όσο και οι εκτροπές υψηλής τάξης. Τα δεδομένα της εκτροπομετρίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προγραμματιστεί το λέιζερ ώστε να μετασχηματίσει τον κερατοειδή εφαρμόζοντας προσαρμοσμένη εκτομή εξατομικευμένα για τον κάθε οφθαλμό. Θεωρητικά με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διορθώσει κάθε είδους εκτροπές όχι μόνο τα διαθλαστικά σφάλματα. Η τεχνική της εκτροπομετρίας χρησιμοποιείται με επιτυχία και σε άλλες επιστήμες όπως η αστρονομία για να βελτιώσει την ποιότητα της όρασης στα τηλεσκόπια, στην διαθλαστική χειρουργική όμως δεν έχει τόσο μεγάλη επιτυχία μέχρι στιγμής. Αυτό οφείλεται στο ότι ο κερατοειδής είναι εμβιομηχανική δομή και μεταβάλλεται ανταποκρινόμενος στην επέμβαση. Επίσης οι αισθητήρες του εκτροπόμετρου δεν παρέχουν πληροφορίες εκτός του εύρους της κόρης, όμως παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το σχήμα του κερατοειδή εκτός του εύρους της κόρης μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα του κερατοειδή εντός του εύρους της κόρης. Ως εκ τούτου εκτροπές οι μετρήθηκαν και εντοπίστηκαν στον προεγχειρητικό κερατοειδή μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές στον μετεγχειρητικό κερατοειδή καθώς επίσης και νέες εκτροπές μπορεί να έχουν εμφανιστεί. Η εκτροπομετρία παρ όλα αυτά παρέχει πολύ περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις εκτροπές του οφθαλμού από ότι οποιαδήποτε άλλη εξέταση. Μπορεί να εντοπίσει εκτροπές υψηλής τάξης που δεν μπορούν να διορθωθούν και τα την επέμβαση ή μπορεί να επιδεινωθούν σε περίπτωση εφαρμογής της θεραπείας.



Εικόνα 4.8: Τρισδιάστατη απεικόνιση εκτροπομετρίας

Τα πλεονεκτήματα της καθοδηγούμενης από εκτροπομετρία εκτομής περιλαμβάνουν επίσης την δυνητικά αυξημένη πιθανότητα να επιτευχθεί οπτική οξύτητα 6/6 ή καλύτερη χωρίς παραμορφώσεις, καθώς επίσης την σημαντικά μειωμένη πιθανότητα να χαθεί η καλύτερη δυνατή διόρθωση της οπτικής οξύτητας και η εμφάνιση ανωμαλιών στην ποιότητα της νυχτερινής όρασης.

4.7 Ιστορικό και συμπτώματα

Η λήψη ιστορικού είναι πού σημαντική για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του ασθενή καθώς παρέχει πληροφορίες σχετικά με αντενδείξεις όπως φαρμακευτικές αγωγές ή χρόνιες παθήσεις. Μερικά παραδείγματα αντενδείξεων είναι άτομα που πάσχουν από διαβήτη, κατάθλιψη, ξηροφθαλμία, βλεφαρίτιδα.

4.8 Εκτίμηση της όρασης

4.8.1 Διάθλαση

Τα αποτελέσματα της διάθλασης συγκρίνονται με τα γυαλιά του διοπτροφόρου ή με την πιο πρόσφατη συνταγή. Διαφορές μεγαλύτερες των 0,50D είναι σημαντικές και ο ασθενής πρέπει να επανεξεταστεί σε 6-12 μήνες. Η καταλληλότητα του για επέμβαση δεν μπορεί να εγκριθεί μέχρι τα αποτελέσματα των διαθλαστικών εξετάσεων να σταθεροποιηθούν.

Όλοι οι υπερμέτρωτες χρειάζεται να εξεταστούν ενώ έχει εφαρμοστεί και κυκλοπληγία καθώς μπορεί να σημειωθούν μεγάλες διαφορές, οι οποίες να μην συνιστούν την διόρθωση όλου του εύρους της υπερμετροπίας καθώς ο ασθενής μπορεί να είναι δύσκολο να προσαρμοστεί μετά την επέμβαση.

4.8.2 Καλύτερη διορθωμένη οπτική οξύτητα

Ασθενείς με σημαντική αμβλυωπία ή διορθωμένη οπτική οξύτητα λιγότερη των 6/12 δεν είναι κατάλληλοι για επέμβαση καθώς υπάρχει αυξημένος κίνδυνος επιπλοκών μετά την επέμβαση. Σε περιπτώσεις οριακών αποτελεσμάτων ο χειρουργός πρέπει να συμβουλευτεί κάθε οφθαλμός σε ξεχωριστή χρονική στιγμή ξεκινώντας από τον αμβλυωπικό οφθαλμό.

4.8.3 Διόφθαλμη αξιολόγηση της όρασης

Η διόφθαλμη αξιολόγηση της όρασης είναι σημαντική για ασθενής που χρησιμοποιούν πρίσματα για την διόρθωση της διπλωπίας ή της αντίρροπης ετεροφορίας διότι μπορεί να χρειάζονται γυαλιά μετά την επέμβαση. Άτομα με μεσαία ή μεγάλη μυωπία που έχουν μάθει να βλέπουν μέσω πρίσματος στην κοντινή όραση, όταν αυτό θα αφαιρεθεί, λόγω του ότι δεν θα χρησιμοποιούν πλέον γυαλιά, μπορεί να βιώσουν κάποια δυσκολία μέχρι οι οφθαλμοί να προσαρμοστούν. Σε ασθενής που έχουν εξωφορία ή ανεπάρκεια σύγκλισης η προσαρμογή μπορεί να μην είναι εφικτή και να χρειαστούν vision training ή γυαλιά με πρίσμα για να έχουν μια ικανοποιητική όραση.

4.8.4 Έλεγχος κυρίαρχου οφθαλμού

Αυτή η εξέταση είναι χρήσιμη στην περίπτωση που ο ασθενής θέλει να εφαρμόσει μονόραση, προκειμένου να μπορέσει να αποφασίσει ο χειρουργός ποιον από του δύο οφθαλμούς να υποδιορθώσει. Επίσης είναι χρήσιμο για ασθενής των οποίων το πάχος του κερατοειδή τους είναι οριακό προκειμένου να υποδιορθωθούν ελαφρός στον μη κυρίαρχο οφθαλμό καθώς είναι απίθανο να εμφανιστεί επίπτωση στην όραση.

4.8.5 Εξέταση του οφθαλμού

Σε περίπτωση που κάποια από τις παρακάτω εξετάσεις παρουσιάσει κάποια αντένδειξη, ο ασθενής πρέπει να αναφέρεται στον θεράποντα χειρουργό για έγκριση πριν θεωρηθεί κατάλληλος για επέμβαση.

- Έλεγχος πρόσθιου τμήματος του οφθαλμού
Τα βλέφαρα και οι βλεφαρίδες πρέπει να είναι καθαρά και να μην έχουν σημάδια βλεφαρίτιδας. Ο επιπεφυκότας και ο σκληρός πρέπει να είναι επίσης φυσιολογική. Ο κερατοειδής πρέπει να ελεγχθεί για σημάδια δυστροφίας και έρπη. Ο κρυσταλοειδής πρέπει να ελεγχθεί για καταρράκτη και ο πρόσθιος θάλαμος πριν την διαστολή της κόρης.
- Έλεγχος δακρυϊκής στιβάδας
Εκτέλεση BUT τεστ
- Βυθοσκόπηση
Ο αμφιβληστροειδής πρέπει να είναι υγιείς και ομοιόμορφος, να εξεταστεί η αναλογία cup/disk και ο περιφερικός κερατοειδής
- Έλεγχος ενδοθηλίου
Κυρίως για την αποφυγή οιδήματος του κερατοειδή
- Μέτρηση της πίεσης του οφθαλμού

4.8.6 Μέτρηση του πάχους του κερατοειδή

Οι μετρήσεις για το πάχος του κερατοειδή είναι σημαντικό κομμάτι των προεγχειρητικών δεδομένων. Υπολογίζεται το υπολειπόμενο στρώμα του κερατοειδή και καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα σχετικά με το αν η επέμβαση μπορεί να διεξαχθεί. Στους φυσιολογικούς οφθαλμούς το κέντρο του κερατοειδή είναι πιο λεπτό και όσο πλησιάζουμε προς την περιφέρεια το πάχος αυξάνεται.

$$\text{Depth of ablation} = (\text{Diameter of ablation})^2 \times (\text{Dioptres of correction})$$

Residual stromal bed must be $\geq 250\mu\text{m}$

$$\text{RST} = \text{Corneal thickness} - (\text{Ablation depth} + \text{Flap thickness})$$

5. Η διαδικασία της επέμβασης LASIK

Η διαδικασία της επέμβασης είναι κάτι συνηθισμένο για το νοσηλευτικό προσωπικό, όχι όμως και για τον ασθενή. Μπορεί να νιώθει άγχος, ενθουσιασμό, φόβο ή και όλα αυτά μαζί, συνεπώς το νοσηλευτικό προσωπικό οφείλει να λειτουργεί ενθαρρυντικά και υποστηρικτικά. Μια γενική περιγραφή της διαδικασίας είναι η παρακάτω:

1. Ο ασθενής καλείται να ξαπλώσει στο κρεβάτι επέμβασης και το κεφάλι του τοποθετείται έτσι ώστε ο αισθητήρας να μπορεί να εντοπίσει την θέση του οφθαλμού εύκολα. Τα βλέφαρα του ασθενή καθαρίζονται με ιώδιο για να μειωθεί ο κίνδυνος μικροβιακής μόλυνσης. Μια σταγόνα αναισθητικό εφαρμόζεται σε κάθε οφθαλμό.
2. Ο οφθαλμός που δεν θα εγχειριστεί καλύπτεται προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία της επέμβασης καθώς σταθεροποιείται καλύτερα ο οφθαλμός που θα εγχειριστεί.
3. Ο χειρουργός σταθεροποιεί τις βλεφαρίδες χρησιμοποιώντας ειδικά αυτοκόλλητα και στην συνέχεια σταθεροποιεί τα βλέφαρα με έναν διαστολέα.
4. Ο κερατοειδής και ο επιπεφυκότας ξεπλένονται με αποστειρωμένο διάλυμα άλατος για να απομακρυνθούν τυχόν εναποθέσεις ή εκκρίσεις. Το υγρό και τυχόν υπολείμματα απορροφώνται από έναν χειρουργικό σφουγγαράκι.
5. Ο χειρουργός θα χρησιμοποιήσει στην συνέχεια μια ειδική βαφή για να σημαδέψει κάποια σημεία αναφοράς, συνήθως απέναντι από το σημείο στο οποίο θα δημιουργηθεί ο κρημνός. Τα σημεία αναφοράς εξασφαλίζουν την σωστή και όσο γίνεται πιο ακριβή επαναφορά του κρημνού.
6. Ο κερατοειδής ξανά ξεπλένεται για να αφαιρεθούν τα υπολείμματα της βαφής. Στο εν τω μεταξύ ο μικροκερατόμος προετοιμάζεται από την νοσοκόμα και ελέγχεται η σωστή του λειτουργία.
7. Επαναλαμβάνεται η εφαρμογή επιπλέον τοπικού αναισθητικού και το δαχτυλίδι αναρρόφησης τοποθετείται στον οφθαλμό του ασθενή.

8. Ζητείται από τον ασθενή να προσηλώσει στον στόχο και τότε το δαχτυλίδι αναρρόφησης ενεργοποιείται και βεντουζάρει στον οφθαλμό και ο ασθενής προειδοποιείται ότι θα έχει μια παροδική μείωση της όρασης του και ότι θα σκοτεινιάσει.

9. Ελέγχεται η ενδοφθάλμια πίεση από τον χειρουργό και επιβεβαιώνεται ότι είναι μεγαλύτερη των 65mmHg

10. Ο οφθαλμός ξανά πλένεται με αποσταγμένο νερό και ο μικροκερατόμος τοποθετείται στην κορυφή του δαχτυλιδιού αναρρόφησης. Ο ασθενής προειδοποιείται να κρατήσει τα μάτια του όσο πιο σταθερά μπορεί και ότι θα νιώσει μια μικρή δόνηση. Το νυστέρι του μικροκερατόμου κάνει σχεδόν μια πλήρη στροφή και επιστρέφει πίσω αντίστροφα για να δημιουργήσει τον κρημό. Η αναρρόφηση διακόπτεται και το δαχτυλίδι μαζί με τον μικροκερατόμο αφαιρούνται.

11. Ο χειρουργός χρησιμοποιεί μια τσιμπίδα για να αναποδογυρίσει τον κρημό και τον τοποθετεί πάνω στον επιπεφυκότα. Σε αυτό το στάδιο ο ασθενής βλέπει θαμπά παρ όλα αυτά είναι ακόμα ικανός να ξεχωρίσει τον στόχο προσήλωσης.

12. Το στρώμα του κερατοειδή αποξεραίνεται χρησιμοποιώντας μια απορροφητική χειρουργική βελόνα και τότε ο ανιχνευτής μπλοκάρει το σημείο του οφθαλμού. Το Λείζερ ενεργοποιείται, ο χειρουργός διατηρεί τον έλεγχο του και ελέγχει μέσω μιας οθόνης την ενέργεια που διοχετεύεται. Επίσης υπάρχει και ένας μετρητής χρόνου ή ποσοστού που ενημερώνει τον γιατρό και εν συνεχεία τον ασθενή για τον εναπομείναντα χρόνο. Για μικρές διορθώσεις, η επέμβαση κρατάει λιγότερα από ένα λεπτό, για μεγάλες διαθλαστικές διορθώσεις μπορεί να διαρκέσει έως και δύο λεπτά. Κατά την διάρκεια του χειρουργείου ο χειρουργός εξασφαλίζει ότι το στρώμα και η γύρω περιοχή παραμένουν στεγνά και ότι ο κρημός και το επιθήλιο δεν βρίσκονται εντός εμβέλειας του λείζερ. Σε όλη αυτή την διάρκεια ο ασθενής δεν μπορεί να αντιληφθεί καμία διαφορά στην όραση του, το μόνο που αντιλαμβάνεται είναι ένας ήχος “κλικ κλικ” καθώς το λείζερ εκπέμπει. Επίσης το λείζερ είναι “ψυχρό” συνεπώς δεν καίει το στρώμα αλλά καθώς αυτό εξατμίζεται μπορεί να μυρίσει καμένο.

13. Μόλις τελειώσει η λειτουργία του λέιζερ το στρώμα του κερατοειδή διαβρέχεται ομοιόμορφα με αποστειρωμένο διάλυμα άλατος. Αυτό επιτρέπει στον κρημνό να επανατοποθετηθεί πάνω στο στρώμα, φυσιολογικά επανατοποθετείται από μόνο του πάνω στην αρχική του θέση αλλά προσεκτικά πιέζεται και απλώνεται από τον χειρουργό για να αποφευχθούν τυχόν ραβδώσεις ή ρυτίδες. Συνεχώς ξεπλένεται ο οφθαλμός για να απομακρυνθούν εναποθέσεις και υπολείμματα. Το υγρό απομακρύνεται με την χρήση μια σπάτουλας για να εξασφαλιστεί ότι είναι καλά τοποθετημένο το επιθήλιο πάνω στον κερατοειδή, σε αυτό το σημείο ο ασθενής είναι σε θέση να διακρίνει την σπάτουλα η οποία πιέζει τον κερατοειδή του.

14. Στο τέλος της επέμβασης ο χειρουργός ελέγχει ότι το επιθήλιο έχει προσκολληθεί σωστά και τότε αφαιρεί τον διαστολέα και τις ταινίες για τις βλεφαρίδες. Συνήθως η διαδικασία επαναλαμβάνεται στην συνέχεια και για τον άλλο οφθαλμό.

15. Μόλις η διαδικασία ολοκληρωθεί και για τους δύο οφθαλμούς ο ασθενής συνοδεύεται πίσω στο αίθουσα αναμονής ή στο δωμάτιο ανάρρωσης και καλείται να κρατήσει κλειστά τα μάτια του για τα επόμενα 15-20 λεπτά καθώς μπορεί να αντιμετωπίσουν συμπτώματα φωτοφοβίας και οι βλεφαρισμοί μπορεί να προκαλέσουν αποκόλληση του επιθηλίου.

Τελικός έλεγχος

Μετά τα 20 λεπτά ο χειρουργός θα εξετάσει τους οφθαλμούς και θα ελέγξει αν το επιθήλιο έχει προσκολληθεί κατάλληλα πάνω στο στρώμα του κερατοειδή, καθώς επίσης ελέγχεται και η όραση.

6. Μετεγχειρητικές επιπλοκές

Οι περισσότερες μετεγχειρητικές επιπλοκές εμφανίζονται μέσα στον πρώτο μήνα μετά το χειρουργείο, χωρίς αυτό να αποκλείει την εμφάνιση τους και μετά την πάροδο του πρώτου μήνα. Είναι σημαντικό να γίνει άμεσα η αναγνώριση και η αξιολόγηση τους προκειμένου να αντιμετωπιστούν, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος να απειλήσουν την όραση του ασθενή.

6.1 Μετεγχειρητικές επιπλοκές που οφείλονται στον μικροκερατόμο

Προβλήματα κρημνού

Υπάρχουν διάφορες πιθανές αιτίες που μπορεί να προκαλέσουν επιπλοκές σχετικά με τον κρημό:

- Ελλιπής αναρρόφηση του οφθαλμού από το δαχτυλίδι αναρρόφησης
- Οι ασθενείς συγκλίνουν και τους δύο οφθαλμούς και εκτοπίζουν τον μικροκερατόμο
- Δυσλειτουργία του μικροκερατόμου
- Χαλαρό επιθήλιο στον οφθαλμό

Ευτυχώς η πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων επιπλοκών αγγίζουν μόλις το 2,19%

Όταν μια επιπλοκή κρημνού προκύπτει η εγχείριση διακόπτεται προκειμένου να επουλωθεί ο κρημό. Αν εξαιρέσουμε το πρόβλημα της όρασης ο ασθενής δεν θα καταλάβει καμία διαφορά σε σχέση με τον οφθαλμό που εγχειρίστηκε φυσιολογικά. Υπάρχει μόνο η πιθανότητα αίσθησης ξένου σώματος στον συγκεκριμένο οφθαλμό σε περίπτωση έντονης τριβής.

Τα συμπτώματα ποικίλουν ανάλογα και με την φύση της επιπλοκής. Ο κρημό μπορεί να είναι πολύ λεπτός, πολύ μικρός, αποκεντρωμένος ή παραμορφωμένος. Για τον ασθενή όμως ένα τέτοιο ενδεχόμενο μπορεί να είναι αποτρεπτικό και να τον απογοητεύσει, πρέπει όμως να συνειδητοποιήσει ότι ο κερατοειδής του θα επουλωθεί και εν συνεχεία μπορεί να υποβληθεί ξανά σε επέμβαση μετά από 3 περίπου μήνες. Σε περιπτώσεις που ο ένας οφθαλμός εγχειρίστηκε επιτυχώς και η εγχείριση στον άλλο διεκόπη, ο ασθενής θα πρέπει να φοράει γυαλιά για να μην έχει συμπτώματα διπλωπίας σε αρχικό στάδιο μέχρι να επουλωθεί ο κερατοειδής και εν συνεχεία να χρησιμοποιήσει φακούς επαφής για την εξάλειψη φαινομένων ανισομετροπίας.

6.2 Μετεγχειρητικές επιπλοκές επιθηλίου

Εκδορές στο επιθήλιο μπορεί να προκληθούν από τον μικροκερατόμο, υπάρχουν όμως κάποια χαρακτηριστικά προδιάθεσης αυτού του φαινομένου:

- Η ηλικία. Καθώς περνάνε τα χρόνια υπάρχει και μια σταδιακή αύξηση πάχους στις κατώτερες στιβάδες του επιθηλίου και σε ηλικία μεγαλύτερη των 45 ετών υπάρχει αυξημένος κίνδυνος να προκληθούν εκδορές από τον μικροκερατόμο.
- Ο διαβήτης αποτελεί χαρακτηριστική προδιάθεση καθώς άτομα που πάσχουν από διαβήτη εμφανίζουν αυξημένο πάχος στις εσωτερικές στιβάδες του επιθηλίου και σε συνδυασμό και με την αργή αναπαραγωγή και επούλωση του επιθηλίου μπορεί οι μικροεκδορές να προκαλέσουν επιπλέον μετεγχειρητικές επιπλοκές.
- Η τοξικότητα του επιθηλίου. Κατά την διάρκεια του χειρουργείου διάφορες ουσίες χρησιμοποιούνται τοπικά στον οφθαλμό σε κάποια από τις οποίες ο κερατοειδής μπορεί να κάνει αλλεργική απόκριση.

Τα συμπτώματα που μπορεί να αντιληφθεί ο ασθενής είναι η αίσθηση ξένου σώματος, η ένταση της οποίας εξαρτάται από το εύρος των εκδορών και η μείωση της όρασης. Τα αρχικά σημάδια είναι ορατή βλάβη του επιθηλίου του κερατοειδή, καθώς αυτός επουλώνεται παρατηρείται μια ημιδιαφανή λευκή περιοχή στο σημείο της εκδοράς. Σε περίπτωση που ο κερατοειδής έχει επουλωθεί το βάθος της εκδοράς μπορεί να γίνει αντιληπτό μόνο με την εξέταση της τομής κερατοειδή με την χρήση σχισμοειδής λυχνίας.

Τέτοιου είδους επιπλοκές ο χειρουργός τις εντοπίζει από την μέρα τις επέμβασης και συμβουλεύει τον ασθενή ανάλογα με το εύρος των εκδορών. Η αντιμετώπιση μπορεί να γίνει απλά με έναν προστατευτικό φακό επαφής, με λιπαντικά και σε εκδορές μεγάλου εύρους μπορεί να χρησιμοποιηθούν τοπικά αναλγητικά η χρήση των οποίων μπορεί να γίνει πάνω στους θεραπευτικούς φακούς επαφής. Συνήθως οι εκδορές επουλώνονται γρήγορα, και χρήση θεραπευτικών φακών επαφής διακόπτεται την 4^η μέρα. Ωστόσο μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητη η περαιτέρω εφαρμογή των φακών επαφής, η αλλαγή τους σε τακτά χρονικά διαστήματα καθώς και η χρήση λιπαντικών πριν την αφαίρεση του φακού επαφής προκειμένου να μειωθούν οι τριβές. Η συχνή αντικατάσταση των φακών μειώνει τον

κίνδυνο αλλεργικής απόκρισης από την χρήση των τοπικών φαρμάκων. Ακόμα είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που η εκδορά βρίσκεται εντός των ορίων της κόρης τα αποτελέσματα μια διαθλαστικής εξέτασης δεν θα είναι αντιπροσωπευτικά της επιτυχίας της επέμβασης.

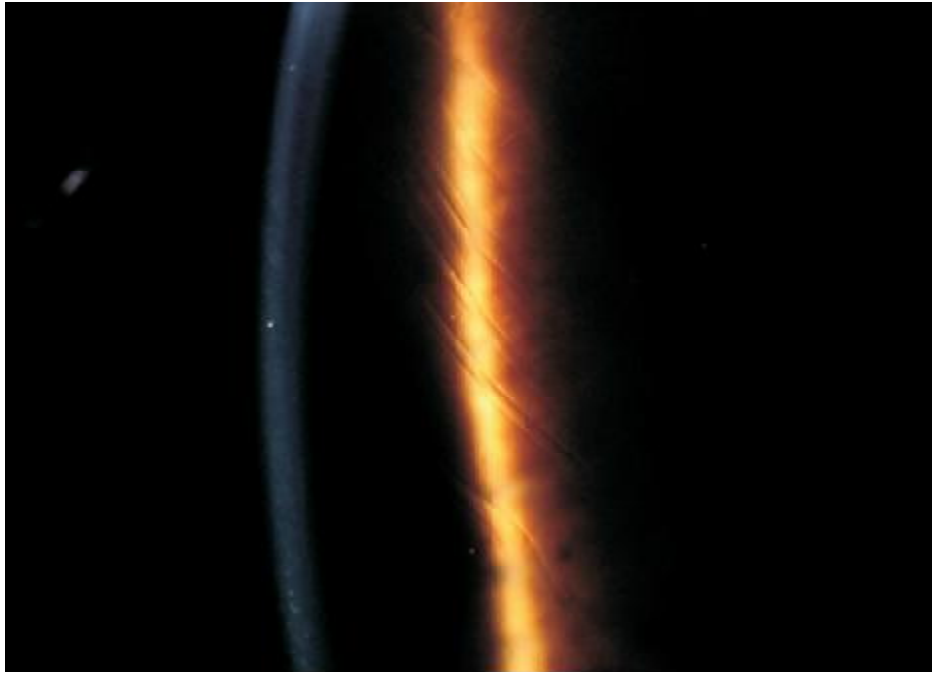
6.3 Λοιπές μετεγχειρητικές επιπλοκές που σχετίζονται με τον κρημνό

6.3.1 Ραβδώσεις και εκτόπιση του κρημνού

Για 24 έως 48 ώρες μετά από την επέμβαση, ο κρημνός μπορεί ακόμα να εκτοπιστεί από τρίψιμο ή άγγιγμα του οφθαλμού. Για αποτροπή ένα τέτοιο περιστατικό προειδοποιούμε τους ασθενείς να μην αγγίζουν τα μάτια τους και τους δίνονται προστατευτικά για τους οφθαλμούς για την διάρκεια του ύπνου προκειμένου να αποφευχθεί το άθελο τρίψιμο των οφθαλμών κατά την διάρκεια του ύπνου.

Τα συμπτώματα που αντιμετωπίζει ο ασθενής είναι κυρίως στην εξέταση όπου παρατηρείται αστιγματισμός και έντονα περιγράμματα στα αντικείμενα. Το ποσοστό και το εύρος των συμπτωμάτων εξαρτάται από το εύρος της βλάβης. Ο εξεταστής με μια γενική επισκόπηση συνήθως είναι δυνατόν να δει τις ραβδώσεις που έχουν δημιουργηθεί.

Για την αντιμετώπιση ενός τέτοιου περιστατικού είναι απαραίτητη η χειρουργική επέμβαση διότι ο χειρουργός πρέπει να ανασηκώσει τον κρημνό με την χρήση μια αντλίας που διοχετεύει αποστειρωμένο νερό, εν συνεχεία με την χρήση μια χειρουργικής ακίδας ξανά απλώνει τον κρημνό μέχρι να εξαφανιστούν όλες οι ραβδώσεις και ο κερατοειδής να επανέλθει στην κατάλληλη θέση. Ο ασθενής επανεξετάζεται μετά από 48 ώρες για να επιβεβαιωθεί η σωστή τοποθέτηση του κερατοειδή.



Εικόνα 6.1: Ραβδώσεις με την τεχνική retro-illumination

6.3.2 Λανθασμένη επανατοποθέτηση του κρημνού

Αυτή η επιπλοκή είναι πολύ σπάνια και εμφανίζεται όταν ο χειρουργός δεν έχει εναποθέσει σωστά τον κρημνό πάνω στον κερατοειδή με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία αύλακα μεταξύ του επιθηλίου που αποκόπηκε και του υπόλοιπου κερατοειδή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενδοπλασία του επιθηλίου καθώς αυτό αναπτύσσεται ταχύτατα προκειμένου να καλύψει το κενό που έχει προκληθεί.

Ο ασθενής έχει μια ελαφριά αίσθηση ξένου σώματος, ενώ ο εξεταστής με την χρήση φλουορεσκεΐνης παρατηρεί την έντονη συγκέντρωση της εντός της αύλακας

Η συνεχής παρακολούθηση του για όσο καιρό το στρώμα του κερατοειδή είναι εκτεθειμένο κρίνεται απαραίτητη από τον εξεταστή και πραγματοποιείται προληπτική χορήγηση αντιβιοτικών για να αποφευχθεί μόλυνση. Σε περίπτωση που προκληθεί υπερπλασία του κερατοειδή ο κρημνός πρέπει να ξανά σηκωθεί και ο ιστός της ενδοπλασίας να αφαιρεθεί.

6.4 Πρόωρες μετεγχειρητικές επιπλοκές

6.4.1 Διάχυτη πεταλοειδής κερατίτιδα

Η διάχυτη πεταλοειδής κερατίτιδα είναι μια φλεγμονή που εμφανίζεται συνήθως 24 ώρες μετά την επέμβαση, ή μπορεί να εμφανιστεί και αργότερα σε

συνδυασμό με υποτροπιάζουσες επιθηλιακές ραβδώσεις. Το πιο πιθανό να εμφανιστεί μετά από αποκόλληση του επιθηλίου.

Τα συμπτώματα σε αρχικό στάδιο δεν είναι αντιληπτά για άτομα που δεν έχουν εμπειρία σε ξηροφθαλμία, καθώς όμως η φλεγμονή επεκτείνεται οι ασθενείς παραπονιούνται ότι αισθάνονται σαν να γρατζουνίζονται τα μάτια τους και παρατηρείται φωτοφοβία, συμπτώματα τα οποία δεν εξομαλύνονται με τεχνητά δάκρυα. Επίσης μπορεί να παρατηρηθεί μια μείωση της όρασης από 6/5 έως και σε 6/24 εντός λίγων ημερών.

Η φλεγμονή εντοπίζεται μεταξύ του κρημνού και του στρώματος του κερατοειδή και γίνεται ορατή ως θαμποί κόκκοι.



Εικόνα 6.2: Διαχυτη πεταλοειδής κερατίτιδα με τεχνική τομής κερατοειδή

Για την αντιμετώπιση της ο χειρουργός χορηγεί στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα και επανεξετάζει τον οφθαλμό μετά από 48 ώρες για να επιβεβαιώσει την απόδοση των φαρμάκων. Σε ορισμένες περιπτώσεις ίσως κριθεί απαραίτητο να ανασηκωθεί εκ νέου ο κρημνός και να αφαιρεθούν τα φλεγμονώδη κύτταρα.

6.4.2 Μικροβιακή κερατίτιδα

Παρόλο που αντιβιοτικά χορηγούνται στον οφθαλμό έως και μια εβδομάδα μετά το χειρουργείο διότι το μάτι είναι ευαίσθητο σε μικροοργανισμούς μέχρι να ολοκληρωθεί η συνοχή του επιθηλίου, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι

αποτελεσματικό, υπάρχουν όμως και ασθενείς που αποτελούν εξαιρέσεις ή δεν είναι ιδιαίτερα υγιείς.

Οι ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε χειρουργείο LASIK περνάνε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αισθητηριακής απονεύρωσης από τους ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε PRK. Ως εκ τούτου μπορεί να μην αντιληφθούν πόνο ή φωτοφοβία που οφείλεται σε μόλυνση, και συνήθως τα συμπτώματα εμφανίζονται έντονα 72 ώρες μετά το χειρουργείο. Υπάρχει όμως και η πιθανότητα να εμφανιστούν συμπτώματα ακόμα και 8 εβδομάδες μετά το χειρουργείο τα οποία να οφείλονται σε ένα αργά αναπτυσσόμενο μικροοργανισμό.



Εικόνα 6.3 Μικροβιακή Κερατίτιδα

Σε περίπτωση που είναι σε αρχικό στάδιο δεν έχει διαπεράσει την στιβάδα του επιθηλίου και δεν γίνεται αντιληπτό με χρώση φλουορεσκεΐνης και αν δεν θεραπευτεί θα μετατραπεί σε έλκος. Η διάγνωση και η θεραπεία πρέπει να γίνεται από τον χειρουργό με την χρήση ισχυρών αντιμικροβιακών φαρμάκων, καθώς είναι απαραίτητο να σταλεί και ένα δείγμα της μολυσμένης περιοχής για ανάλυση. Σε επείγουσες περιπτώσεις εάν δεν υπάρχει χειρουργός ο ασθενής πρέπει να παραπέμπεται σε ένα κέντρο έκτακτων περιστατικών.

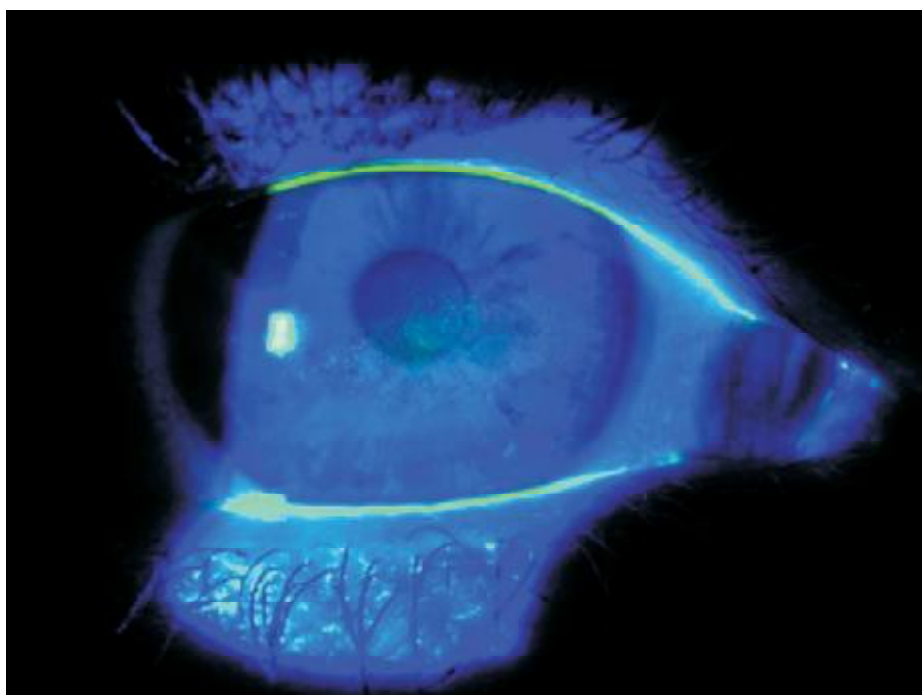
6.5 Λοιπές μετεγχειρητικές επιπλοκές

6.5.1 Ξηροφθαλμία

Η κοπή των νευρώνων του κερατοειδούς κατά την επέμβαση προκαλεί βλάβη στην αισθητηριακή αντίδραση που ελέγχει την παραγωγή των δακρύων.

Τα συμπτώματα που αντιμετωπίζει ο ασθενής είναι αίσθηση ξηρότητας του οφθαλμού σε συνδυασμό με πόνο, είναι η πιο κοινή μετεγχειρητική επιπλοκή η οποία αναφέρατε εντός 42 ωρών βάσει ερευνών. Τα συμπτώματα μπορεί να επιδεινωθούν σε περίπτωση που ο ασθενής επιστρέψει σε κάποια δραστηριότητα την οποία είχε διακόψει κατά την διάρκεια της ανάρρωσης.

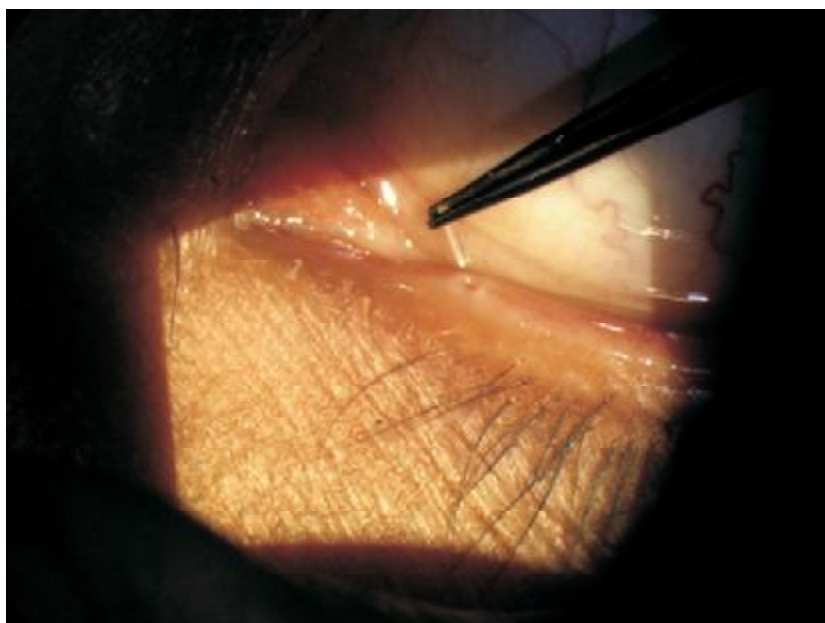
Τα σημάδια είναι γνωστά στους εξεταστές και συμπίπτουν με αυτά της τυπικής ξηροφθαλμίας, σε ορισμένες περιπτώσεις η αποξήρανση μπορεί να είναι τόσο σοβαρή που να προκαλέσει διάχυση της φλουορεσκεΐνης στο στρώμα. Μπορεί ακόμα να προκαλέσει οίδημα στον κερατοειδή και ως απόρροια μυωπία. Δεν υπάρχει τυπική εικόνα κατά την χρήση φλουορεσκεΐνης η οποία να σχετίζεται με οφθαλμούς που έχουν υποβληθεί σε χειρουργείο LASIK. Σε μερικές περιπτώσεις η επιφάνεια του κερατοειδή καλύπτεται από στικτή χρώση, σε κάποιες άλλες περιπτώσεις το LASIK απλά ενισχύει μια προδιάθεση εμφάνισης ξηροφθαλμίας του οφθαλμού και η χρώση απεικονίζεται σαν στικτή επιθηλιακή κερατίτιδα. Ακόμα η χρώση μπορεί να εμφανίζεται ως ζώνη από την 3^η ως την 9^η ώρα.



Εικόνα 6.4: Ξηροφθαλμία 3ης -9ης ώρας

Η αντιμετώπιση γίνεται με χορήγηση λιπαντικών ανάλογα με την δριμύτητα των συμπτωμάτων. Υπρομελόζη ή ισοδύναμη της χρησιμοποιούνται ως πρώτο στάδιο αντιμετώπισης για ήπια έως και μέτρια συμπτώματα. Αν ο ασθενής δεν ανακουφιστεί

με αυτά κάτι το οποίο γίνεται αντιληπτό μετά από τις πρώτες 48 ώρες χρήσης του λιπαντικού, τότε ανθρακομερή λιπαντικά ή υγρά που έχουν ως βάση την παραφίνη μπορεί να συνταγογραφηθούν για να βελτιώσουν την κατάσταση. Συχνά μπορεί να χρειαστεί συνδυασμός διαφορετικών λιπαντικών σε διαφορετικές ώρες της μέρας. Σε περίπτωση που ο ασθενής παραπονεθεί για τσούξιμο αμέσως μετά την εφαρμογή αυτό μπορεί να οφείλεται σε ερεθισμό του οφθαλμού στους συντηρητικούς παράγοντες και πρέπει να χορηγηθούν λιπαντικά χωρίς συντηρητικούς παράγοντες. Σε περίπτωση που τα λιπαντικά αποδειχθούν αναποτελεσματικά, μπορούν να τοποθετηθούν προσωρινά εμφυτεύματα σιλικόνης δακρύων κολλαγόνου μπορούν να τοποθετηθούν στον οφθαλμό, για ημιμόνιμη αντιμετώπιση των συμπτωμάτων. Στον πρώτο μήνα τα συμπτώματα έχουν ήδη μειωθεί τον 3 έως τον 6 μήνα ανάλογα με την περίπτωση τα εμφυτεύματα μπορούν να αφαιρεθούν ένα δεν έχουν πέσει από μόνα τους.



Εικόνα 6.5: Εμφύτευμα σιλικόνης με δάκρυα κολλαγόνου

6.5.2 Ενδοπλασία του επιθηλίου

Σημάδια ενδοπλασίας του επιθηλίου μπορεί να εμφανιστούν μετά τον πρώτο μήνα μετεγχειρητικής φροντίδας. Η ενδοανάπτυξη του επιθηλίου κυμαίνεται γύρο στο 2% αλλά σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την χειρουργική τεχνική που ασκήθηκε, τον μικροκερατόμο και τα χαρακτηριστικά των κυττάρων του επιθηλίου. Η ενδοανάπτυξη τείνει να εμφανίζεται κατά μήκος της τομής του κρημνού και βρίσκεται σε συνέχεια με τα επιθηλιακά κύτταρα της επιφάνειας στην πλειονότητα

των περιπτώσεων. Σε δεύτερη φάση εισβάλουν κάτω από το σώμα του κρημνού ή είναι πιθανό να μεταφυτευτήκαν εκεί κατά την διάρκεια της εγχείρησης. Ο κίνδυνος ενδοανάπτυξης μειώνεται σημαντικά με την αυστηρή και σφιχτή εφαρμογή του κρημνού πάνω στο στρώμα του κερατοειδή. Ενδοανάπτυξη επιθηλιακών κυττάρων μπορεί να παρατηρηθεί και σε σημεία μακριά από την τομή όπου εναποτεθήκαν συντρίμια ιστού μετά την επέμβαση. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η ενδοπλασία περιορίζεται από μόνη της και δεν χρειάζεται κάποια επέμβαση του χειρουργού. Σε μερικές περιπτώσεις όμως που τα κύτταρα αρχίζουν να νεκρώνουν και να εκκρίνουν λυτικά ένζυμα τα οποία αποσυνθέτουν τον ιστό του κρημνού ο χειρουργός πρέπει να ανασηκώσει τον κρημνό και να αφαιρεί τα κύτταρα την ενδοπλασίας, να ξεπλένει τον κερατοειδή καλά και να επανατοποθετήσει τον κρημνό.



Εικόνα 6.6: Ενδοπλασία επιθηλίου

6.6 Οπτικές επιπλοκές

6.6.1 Υψηλές απαιτήσεις όρασης που δεν επιτυγχάνονται

Η χρήση γυαλιών οράσεως είναι συνηθισμένη σε πολύ υψηλά επίπεδα όρασης τα οποία ελέγχονται και βελτιώνονται αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Η διαθλαστική χειρουργική στοχεύει την βελτίωση της όρασης με γυμνό μάτι αλλά δεν εγγυάται ότι θα επιτευχθούν επίπεδα διόρθωσης όμοια με αυτά των γυαλιών.

Ο ασθενής παραπονιέται για θολή όραση, παρόλο που η οπτική του οξύτητα είναι ακόμα και 6/6 διότι με τα γυαλιά είχε μάθει να βλέπει 6/5 ή ακόμα και 6/4. Αυτή η απογοήτευση μπορεί να αποφευχθεί μόνο με καλή προεγχειρητική συζήτηση σχετικά με τους κινδύνους και τους περιορισμούς της επέμβασης. Ασθενής με μικρές διαθλαστικές ανωμαλίες συνήθως δεν αξίζει να παίρνουν το ρίσκο μιας επέμβασης.

6.6.2 Η όραση με γυμνό οφθαλμό είναι χειρότερη από την αναμενόμενη

Υπάρχουν περιπτώσεις που ασθενής διαμαρτύρεται για θολή όραση χωρίς να έχει κάποια άλλα συμπτώματα, αυτό μπορεί να οφείλεται σε υπερδιόρθωση ή υποδιόρθωση στην επέμβαση. Είναι ακόμα πιθανό το διαθλαστικό σφάλμα το οποίο οφείλεται σε εκτροπές χαμηλής τάξης να έχει μηδενιστεί και η μείωση της οπτικής οξύτητας να οφείλεται στην εμφάνιση των εκτροπών υψηλής τάξης, αυτή η πιθανότητα μπορεί να διαγνωστεί με έλεγχο εκτροπομετρίας.

Οι ασθενείς συνήθως δίνουν ασαφείς πληροφορίες σχετικά με το τι είναι σε θέση να διακρίνουν και αναφέρουν ότι η όραση τους είναι θολή. Αν ο κυρίαρχος οφθαλμός είναι αυτός που έχει επηρεαστεί τότε η μείωση της όρασης είναι ακόμα πιο έντονη. Στις περισσότερες περιπτώσεις η όραση είναι θολή, όταν όμως καλυφτεί ο ένας εκ των δύο οφθαλμών τότε παρατηρεί ότι υπάρχουν αχνά περιγράμματα γύρω από τα αντικείμενα και τα γράμματα. Κατά την εξέταση η όραση είναι σημαντικά πιο μειωμένη σε σχέση με την διορθωμένη, με γυαλιά ή φακούς επαφής, όραση πριν την επέμβαση.

Αρχικά πρέπει να ενημερωθεί ο ασθενής ότι η όραση του θα χρειαστεί περίπου 3 μήνες για να σταθεροποιηθεί και ότι η όραση του μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά σε αυτή την περίοδο. Τυχόν σημαντικά διαθλαστικά σφάλματα μπορούν να διορθωθούν με την χρήση γυαλιών. Είναι σύνηθες επίσης διαθλαστικά σφάλματα έως και 1dpt να διορθώνονται εντός των τριών αυτών μηνών. Σε περίπτωση που η μείωση της όρασης δεν είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί με γυαλιά τότε ο ασθενής χρειάζεται να εξεταστεί με εκτροπομετρία.

7. Εισαγωγή PRK

Η φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή (photorefractive keratectomy, PRK) αποτέλεσε την πρώτη ευρέως αποδεκτή, χειρουργική μέθοδο διόρθωσης των διαθλαστικών ανωμαλιών. Η χρήση της PRK ξεκίνησε την δεκαετία του 80' με την βοήθεια ενός argon fluoride excimer laser, για την αφαίρεση του κερατοειδικού ιστού.

Παρόλο που η PRK θεωρήθηκε ασφαλής και αποτελεσματική μέθοδος για διόρθωση μικρών και μέτριων διαθλαστικών ανωμαλιών. Οι μετεγχειρητικές επιπλοκές όπως η δυσανεξία και ο μετεγχειρητικός πόνος που παρατηρούνται τις πρώτες μέρες μετά την επέμβαση, το μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την επύλωση του κερατοειδούς και την αποκατάσταση της όρασης, η θόλωση του στρώματος του κερατοειδούς (νεφέλιο, haze) και οι ανεπιθύμητες ενέργειες από την μακροχρόνια χρήση τοπικών κορτικοστεροειδών.

Οδήγησαν στην ανάπτυξη διαφορετικών τεχνικών όπως η τεχνική της Lasik που σήμερα αποτελεί την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδο παγκοσμίως για την διόρθωση διαθλαστικών ανωμαλιών.

Επίσης τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν τροποποιημένες μέθοδοι διαθλαστικής φωτοαφαίρεσης όπως η laser - assisted subepithelial keratomileusis or keratectomy, LASEK κατά την οποία δημιουργείτε ένας επιθηλιακός κρημνός που επανατοποθετείτε στην αρχική του θέση μετά την εφαρμογή του laser. Η θεωρία πίσω από την τεχνική είναι ότι ο επιθηλιακός κρημνός, αποτελούμενος επί το πλείστον από νεκρά επιθηλιακά κύτταρα, εμποδίζει προσωρινά τις προ φλεγμονώδεις κυτταροκίνες των δακρύων να έρθουν σε επαφή και αλληλεπιδράση με τα κερατοκύτταρα του στρώματος του κερατοειδούς. Η Lasek θεωρητικά έχει πλεονεκτήματα όπως, λιγότερη δυσανεξία, ταχύτερη αποκατάσταση της όρασης, μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης νεφελίων (haze).

7.1 Ενδείξεις που μας οδηγούν σε χρήση PRK

Παρά την σαφή αποδοχή της LASIK, μεγάλες συγκριτικές μελέτες δεν έχουν τεκμηριώσει με σαφήνεια την υπεροχή της μεθόδου συγκριτικά με την PRK, όσον

αφορά την αποτελεσματικότητα της στην διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών, με εξαίρεση τις πρώτες μετεγχειρητικές εβδομάδες.

Η PRK ή εναλλακτικά η LASEK αποτελεί προτιμητέα μέθοδο σε κάποιες καταστάσεις, όπως :

• Ασθενείς με πολύ επίπεδους (flat <40D) ή πολύ κυρτούς (steep >48D) κερατοειδής έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα επιπλοκών κατά την δημιουργία κρημονού στο Lasik, οι πρώτοι με δημιουργία ελεύθερου κρημονού (free cap) και οι δεύτεροι με τη δημιουργία buttonholes. Και στις δύο περιπτώσεις είναι περισσότερο ασφαλής η επιφανειακή διόρθωση.

• Ασθενείς με λεπτούς κερατοειδείς (λιγότερο από 490 μm) όπου το υπολειπόμενο πάχος του στρώματος του κερατοειδούς μετά τη δημιουργία του κρημονού στο Lasik θα είναι λιγότερο από το 50% του αρχικού πάχους του κερατοειδούς.

• Ασθενείς με ασύμμετρο αστιγματισμό. Πολλές περιπτώσεις κερατεκτασίας μετά από Lasik έχουν αναφερθεί σε ασθενείς ακόμη και με ελάχιστες ενδείξεις υποκλινικού κερατόκωνου. Έτσι σε περιπτώσεις ασύμμετρου κερατοειδικού αστιγματισμού πολλοί χειρουργοί επιλέγουν την PRK ως την ασφαλέστερη μέθοδο.

• Ασθενείς με μέτρια ή έντονη ξηροφθαλμία. Στις περιπτώσεις αυτές αποφεύγεται η επιδείνωση της ξηροφθαλμίας και των επακόλουθων επιπλοκών που παρατηρούνται μετεγχειρητικά (από 1-12 μήνες) σε περιπτώσεις Lasik, λόγω της διατομής των νευρών του κερατοειδούς.

• Ασθενείς με βαθείς ανατομικά κόγχους, μικρές βλεφαρικές σχισμές, αλλοιώσεις της οφθαλμικής επιφάνειας (όπως πτερύγια), τραύματα του σκληρού χιτώνα, σκληρικά μοσχεύματα και γενικά καταστάσεις όπου η εφαρμογή του δακτυλίου αναρρόφησης για την ανάπτυξη αρνητικής πίεσης είναι πρακτικά δύσκολη.

• Ασθενείς με δυστροφίες της βασικής μεμβράνης του κερατοειδούς ή ιστορικό υποτροπιαζουσών αποπτώσεων του επιθηλίου του κερατοειδούς. Στις περιπτώσεις αυτές η αυξημένη πιθανότητα δημιουργίας επιθηλιακών ελλειμμάτων κατά το πέρασμα του μικροκερατόμου αυξάνει τον κίνδυνο μετεγχειρητικών φλεγμονών και ανάπτυξης επιθηλιακών κυττάρων κάτω από το flap.

• Ασθενείς που έχουν ήδη υποβληθεί σε χειρουργική επέμβαση όπως ασθενείς με προηγηθείσες ακτινωτές κερατοτομές και υπολειπόμενο διαθλαστικό σφάλμα, μετά από προηγούμενη ανεπιτυχή επέμβαση Lasik, μεταμόσχευση κερατοειδούς και υψηλή μετεγχειρητική διαθλαστική ανωμαλία.

• Ασθενείς στους οποίους υπάρχει κίνδυνος μετεγχειρητικών επιπλοκών από τραυματισμό και μετατόπιση του κρημονού στο Lasik, λόγω της φύσεως της εργασίας ή του τρόπου ζωής (π.χ. σε αθλητές, στρατιωτικό προσωπικό κ.α.).

• Για τον εκάστοτε χειρουργό η PRK είναι ασφαλέστερη μέθοδος, αποφεύγοντας πολλές από τις δυνητικές επιπλοκές, σχετιζόμενες με το μικροκερατόμο και τη δημιουργία του κρημονού.

• Ασθενείς πολύ μικρής ηλικίας. Παρόλο που η προσέγγιση σε αυτή την ομάδα ασθενών (5-12 ετών) είναι δύσκολη η PRK έχει χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση μυωπικής ή υπερμετροπικής ανισομετροπικής αμβλυωπίας, αμφοτερόπλευρης υψηλής μυωπίας, διαθλαστικών ανωμαλιών μετά από παιδιατρική εγχείρηση καταρράκτη ή μεταμόσχευση κερατοειδούς, και πάντα μετά από αποτυχία διόρθωσης των ανωμαλιών με γυαλιά ή φακούς επαφής.

Συνολικά η PRK αποτελεί ασφαλή και αποτελεσματική χειρουργική μέθοδο, που χρησιμοποιείται περίπου 20 χρόνια με χαμηλά ποσοστά σοβαρών επιπλοκών (σε λιγότερο από 1% των ασθενών). Η πιθανότητα υποτροπής ιδιαίτερα στις μεγάλες διορθώσεις αποτελούν τους βασικότερους περιορισμούς της μεθόδου. Με την ανάπτυξη τεχνικών για την βελτίωση της επούλωσης του χειρουργικού τραύματος του κερατοειδούς, τη μείωση του πόνου και της δυσανεξίας καθώς και τη βελτίωση των excimer laser, οι επιφανειακές φωτοκερατεκτομές έχουν επανέλθει δυναμικά στο προσκήνιο της διαθλαστικής χειρουργικής.

7.2 Η τεχνική της PRK

Η τεχνική της PRK έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την σχετικά αργή διαδικασία επούλωσης και αποκατάστασης της όρασης, καθώς και το συγκριτικά έντονο μετεγχειρητικό πόνο. Η αιτία της αργής επούλωσης είναι η απόξυση του επιθηλίου πριν τη φωτοαποδόμηση. Μέχρι να ανασχηματιστεί το επιθήλιο, ο ασθενής πρέπει να

φορά θεραπευτικό φακό επαφής για να διευκολυνθεί η επούλωση, και να χρησιμοποιεί τοπικά αντιβιοτικά για να αποφευχθεί η μόλυνση.

Ο πόνος οφείλεται στον ερεθισμό των νευρικών απολήξεων πολύ κοντά στη ζώνη φωτοαποδόμησης, ενώ η αργή αποκατάσταση της όρασης σχετίζεται με την πιθανή ανάπτυξη ήπιας θόλωσης (haze), λόγω αυξημένης δραστηριοποίησης των κερατοκυττάρων στο ανώτερο στρώμα. Τα κερατοκύτταρα προκαλούν αυξημένη σκέδαση, η οποία υποχωρεί με τον χρόνο, αλλά παραμένει αυξημένη σε σχέση με τον προεγχειρητικό οφθαλμό. Τελευταία, με την βελτίωση των τεχνικών τα παραπάνω προβλήματα έχουν μειωθεί σε σημαντικό βαθμό.

Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνικών φωτοδιάθλασης (LASIK - PRK) :

| | Τεχνική LASIK | Τεχνική PRK |
|----------------------|---|---|
| Πλεονεκτήματα | <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο μετεγχειρητικό πόνο. • Γρήγορη αποκατάσταση οπτικής οξύτητας. • Λιγότεροι κίνδυνοι εμφάνισης θόλωσης. | <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερη αφαίρεση κερατοειδικού ιστού. • Λιγότερες 'εισαγόμενες' εκτροπές. • Απουσία επιπλοκών από μικροκερατεκτομή. |
| Μειονεκτήματα | <ul style="list-style-type: none"> • Περισσότερη αφαίρεση κερατοειδικού ιστού. • Περισσότερες εισαγόμενες εκτροπές. • Πιθανές επιπλοκές από τη μικροκερατεκτομή. | <ul style="list-style-type: none"> • Μετεγχειρητικός πόνος. • Αργή αποκατάσταση οπτικής οξύτητας. • Πιθανή ανάπτυξη ήπιας θόλωσης σε περιπτώσεις διόρθωσης μεγάλου σφάλματος σε συνδυασμό με λεπτό κερατοειδή. |

8. Κερατόμος Femto

8.1 Αρχή λειτουργίας - Femtosecond laser

Ο όρος Femto-(σύμβολο f) είναι ένα πρόθεμα στο μετρικό σύστημα που δηλώνει έναν παράγοντα των 10^{-15} ή 0,000000000000001. Προέρχεται από τη δανική λέξη femten, που σημαίνει ‘δεκαπέντε’.

Το femtosecond είναι ένα λέιζερ υπερβραχέων παλμών. Με τον όρο «υπερβραχείς» εννοούμε παλμούς φωτός με χρονοδιάρκεια της τάξης των femtosecond (fs) ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Η χρονική αυτή κλίμακα έγινε προσβάσιμη με τη βοήθεια της εξέλιξης στην παραγωγή, ενίσχυση και μέτρηση των παλμών αυτών.

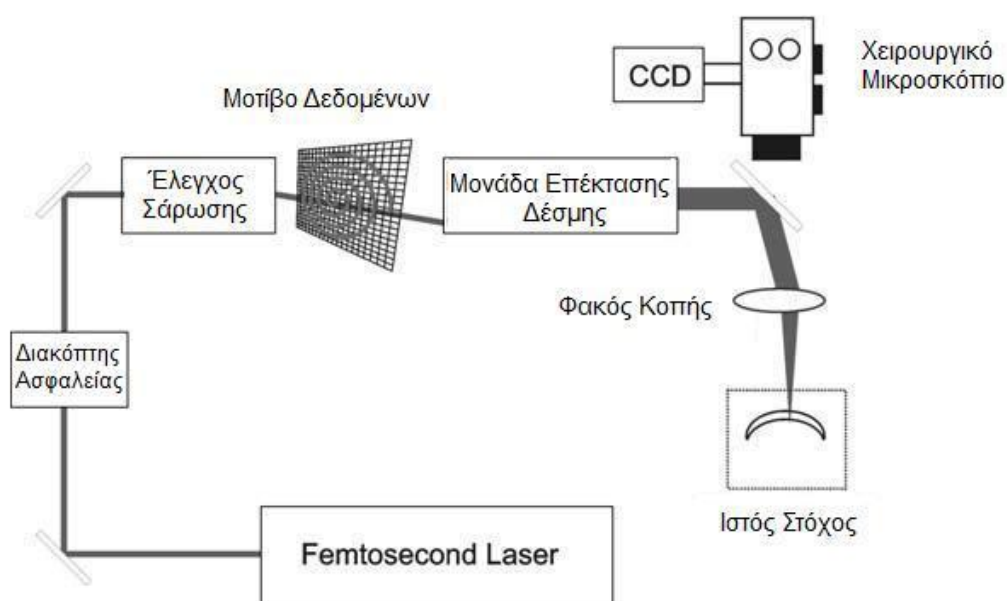
Η ανάπτυξη τους συνδέεται κυρίως με την ανακάλυψη της τεχνικής εγκλειδωσης τρόπων ταλάντωσης (mode-locking). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, η ταυτόχρονη ταλάντωση ενός μεγάλου αριθμού σύμφωνων, κλειδωμένων σε φάση, διαμηκών ρυθμών σε μία κοιλότητα laser, οδηγεί τελικά στη δημιουργία μίας σειράς παλμών fs στην έξοδο ενός mode-locked laser.

Τα femtosecond lasers που χρησιμοποιούνται στη διαθλαστική χειρουργική είναι λέιζερ στερεάς κατάστασης και εκπέμπουν παλμούς φωτός με μήκος κύματος που ανήκει στο εγγύς υπέρυθρο, δηλαδή στα 1053 nm για εφαρμογές στον κερατοειδή και στα 1030 nm για εφαρμογές στον κρυσταλλοειδή φακό.

Για να ελεγχθεί με ακρίβεια η ισχύς των υπερβραχέων παλμών laser για εφαρμογές στην οφθαλμολογία, το σύστημα του λέιζερ πρέπει να συνδυαστεί με ένα σύστημα που παρέχει ακρίβεια, γρήγορη εκτροπή και εστίαση, καθώς και ένα υψηλής αντίθεσης μικροσκόπιο που να ταιριάζει στις ανάγκες του χειρουργού οφθαλμιάτρου. Μετά την έξοδο από το λέιζερ, η ακτίνα εισέρχεται στο βραχίονα εφαρμογής. Ένας μηχανικός διακόπτης μπλοκάρει τη δέσμη και ανοίγει μόνο κατά τη διάρκεια της επέμβασης με το λέιζερ. Κάθε επέμβαση ορίζεται εκ των προτέρων από μία τρισδιάστατη παράταξη δεδομένων των στοιχείων-όγκου (voxels) που θα αποκοπούν και ένα αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που ορίζει την αλληλουχία εκτομής. Συνεπώς, η εστίαση του λέιζερ πρέπει να γίνεται με ακρίβεια και στις τρεις διαστάσεις. Για το σκοπό αυτό, ένα πλήρως ελεγχόμενο από υπολογιστή μονάδα κάτοπτρο σαρώσεως χρησιμοποιείται. Βελτιστοποιημένης σάρωσης πρότυπα δημιουργούνται από ένα

σύνολο παραμέτρων που ορίζονται από το χρήστη (π.χ. πάχος και διάμετρος κρημονού, γωνία μίσχου σε προ-LASIK κοπή ενός κρημονού) και εκτελούνται με έλεγχο του υλικού του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Μετά από τη μονάδα του σαρωτή, η δέσμη περνά από μια μονάδα επέκτασης, αυξάνοντας τη διάμετρο της δέσμης λέιζερ για την επίτευξη εστίασης μετά το φακό κοπής. Καθώς η πυκνότητα ροής του λέιζερ πρέπει να είναι πάνω από το αντίστοιχο κατώφλι για την εκτομή, η δέσμη λέιζερ πρέπει να εστιάζεται σε ένα πολύ μικρό μέγεθος κηλίδας της τάξεως των μικρομέτρων (μm) για την επίτευξη μιας ακριβούς εκτομής. Σύμφωνα με τους φυσικούς νόμους των οπτικών φακών, το μέγεθος του σημείου εστίασης μιας δέσμης μειώνεται όσο μεγαλύτερο είναι το αριθμητικό άνοιγμα (NA) του φακού εστίασης.

Ένα επίπεδο γυαλί στο τέλος του συστήματος μεταφοράς της δέσμης τοποθετείται σε επαφή με την επιφάνεια του κερατοειδούς, για τη δημιουργία ενός επιπέδου αναφοράς για αναπαραγωγίμη ενδοστρωματική φωτοδιάσπαση. Η θέση του οφθαλμού στο γυαλί επαφής καθορίζεται με τη δημιουργία ελαφρού κενού με ένα δακτύλιο αναρρόφησης. Ένα χειρουργικό μικροσκόπιο με μια φωτεινή πηγή (σχισμοειδής λυχνία) και μία κάμερα CCD είναι συνδεδεμένα στο σύστημα για άμεση παρατήρηση της χειρουργικής διαδικασίας.



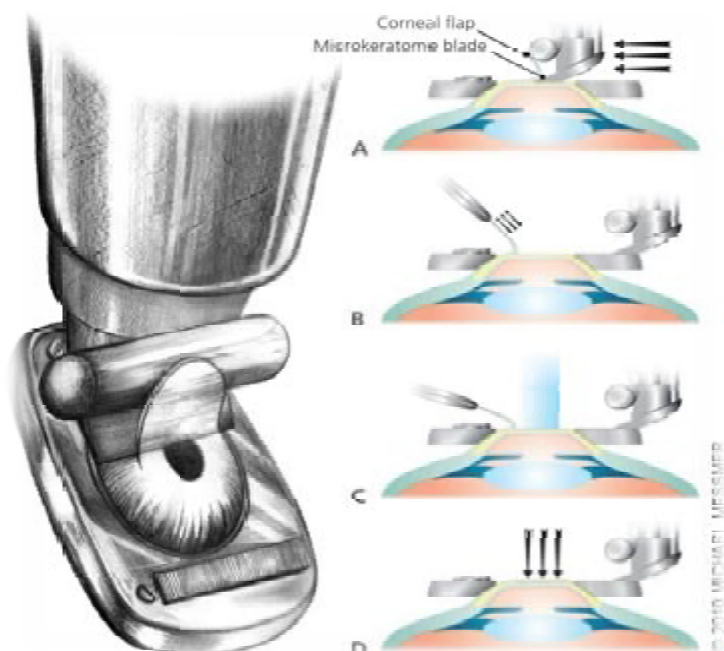
Εικόνα 8.1 :Μονάδα εφαρμογής για εκτέλεση οφθαλμικής χειρουργικής με παλμούς femtosecond laser

8.2 Δημιουργία κερατοειδικού κρημνού

Η μέθοδος LASIK αποτελεί την πιο δημοφιλή και ευρύτερα αποδεκτή μέθοδο διαθλαστικής χειρουργικής ανάμεσα στους διαθλαστικούς χειρουργούς, αλλά και στους ασθενείς. Στην επικράτηση της LASIK συντελούν η γρήγορη αποκατάσταση της όρασης μετεγχειρητικά, η έλλειψη σοβαρών μετεγχειρητικών συμπτωμάτων και η δυνατότητα της διόρθωσης μεγαλύτερων διαθλαστικών σφαλμάτων.

Πρώτοι ο κ. Παλλήκαρης και οι συνεργάτες του δημοσίευσαν τη χρήση του excimer laser σε μία φωτοεκτομή *in situ* την οποία ονόμασαν LASIK. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη δημιουργία και την ανύψωση του κρημνού, φωτοαποδόμηση στο στρώμα του κερατοειδούς και επανατοποθέτηση του κρημνού πάνω στο φωτοαποδομημένο στρώμα.

Η δημιουργία του κρημνού είναι ένα κρίσιμο βήμα στη χειρουργική επέμβαση LASIK. Παρόλο που οι επιπλοκές των σύγχρονων μικροκερατόμων που σχετίζονται με τη δημιουργία κρημνών είναι πολύ ασυνήθιστες, η εισαγωγή του femtosecond laser βελτίωσε την ακρίβεια και την ασφάλεια της δημιουργίας κρημνού.



Εικόνα 8.2 : Μηχανικός μικροκερατόμος για τη δημιουργία κρημνού (flap)

8.3 Πότε χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά

Από τις πλατφόρμες femtosecond laser που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι σήμερα, η IntraLase Pulsion FS laser ήταν η πρώτη πλατφόρμα femtosecond laser που εγκρίθηκε για χρήση από τον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) για εγχείρηση κερατοειδικών στρωμάτων τον Ιανουάριο του 2000 και το πρώτο εμπορικό λέιζερ εισήχθη στην αγορά το 2001 για χρήση στην παραγωγή (LASIK) κρημνών.

Ενώ το 1989 ο καθηγητής κ. Παλλήκαρης του Πανεπιστημίου Κρήτης διεξήγαγε την πρώτη επέμβαση LASIK σε ανθρώπινο οφθαλμό χρησιμοποιώντας μηχανικό μικροκερατόμο και excimer laser ένα χρόνο μετά, το 1990 το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών και η πολιτεία του Michigan επιδοτούν με 14,3 εκατομμύρια δολάρια το ερευνητικό κέντρο CUOS (Center for Ultrafast Optical Science) της Ιατρικής Σχολής του τοπικού πανεπιστημίου του Michigan και οι ερευνητές Juhasz, Liu και Kurtz σχεδιάζουν το πρώτο πρωτότυπο femtosecond laser για εφαρμογή στην οφθαλμολογία, το οποίο παράγαγε παλμούς διάρκειας 500 femtoseconds με ρυθμό επανάληψης 1 έως 10 kHz.

Οι αρχικές μελέτες σε ανθρώπους με πρωτότυπα του IntraLase femtosecond λέιζερ διεξήχθησαν στην Ουγγαρία το 2001 από τους Ratkay-Traub και συνεργάτες οι οποίοι αφού πρώτα δημιούργησαν τους femtosecond LASIK κρημνούς, εκτέλεσαν φωτοαποδόμιση με excimer λέιζερ VISX, σε 12 άτομα με μειωμένη όραση.

Τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα οδήγησαν στη φάση II της μελέτης, όπου συμμετείχαν 22 μάτια με μέσο όρο μυωπίας -9,8 διοπτριών. Υπήρχαν 5 περιπτώσεις στις οποίες η αναρρόφηση χάθηκε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Σε αυτά τα μάτια επαναλήφθηκε η διαδικασία μέσα σε 24 ώρες χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις. Δεν υπήρχαν μάτια με 2 ή περισσότερες γραμμές απώλεια όρασης στην καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα.

8.4 Σύγκριση με αποτελέσματα μικροκερατόμου

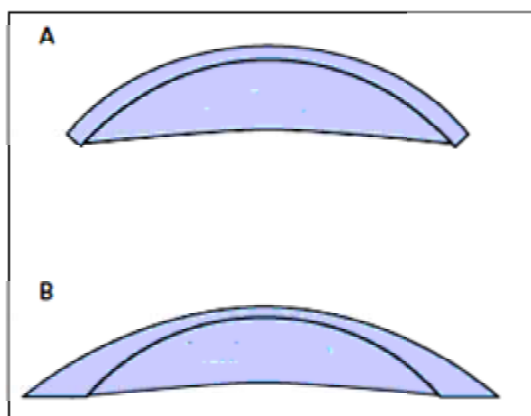
Ο μικροκερατόμος είναι ένα μικρό φορητό εργαλείο που περιέχει μια κινητή λεπίδα από ατσάλι η οποία με την κίνησή της δημιουργεί μία τομή στην επιφάνεια του κερατοειδή. Ο μικροκερατόμος κάνει μια ομοιόμορφη τομή. Όπως όμως η λεπίδα

ταλαντεύεται, μπορεί, δυστυχώς, να αφήσει μικρές ανωμαλίες στην επιφάνεια που κόβει, οι οποίες μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της μετεγχειρητικής οπτικής οξύτητας.

Πιο αναλυτικά, η γενική αρχή της δημιουργίας κρημονού με το μηχανικό μικροκερατόμο είναι η εξής: Το πρώτο βήμα είναι η εφαρμογή ενός δακτυλίου αναρρόφησης ο οποίος σταθεροποιεί το μάτι σε μια σταθερή θέση. Ακολούθως, μια λεπίδα που ταλαντεύεται ορίζεται σε μία οξεία γωνία μέσα σε μια κεφαλή του μικροκερατοτόμου προωθημένη προς τον κερατοειδή για να κοπεί ο κρημνός. Αυτό, το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει μια εντοπισμένη επιπέδωση του κερατοειδούς πάνω από την περιοχή της επαφής καθώς προχωρεί το κόψιμο.

Η εντοπισμένη επιπέδωση του κερατοειδούς κατά τη διάρκεια της προώθησης της λεπίδας οδηγεί σε μεταβλητότητα του πάχους του κρημονού. Η λεπίδα σταματά πριν φτάσει την τελική διάμετρο με σκοπό να παρέχει ένα σημείο για δυνατότητα αναδίπλωσης απέναντι από το σημείο εισόδου της. Ο χειρουργός ανυψώνει τελικά τον κομμένο κρημό με μια σπάτουλα ώστε να εκτεθεί το στρώμα για την εφαρμογή του excimer λέιζερ.

Η τοποθέτηση της κεφαλής του μικροκερατόμου καθορίζει τη θέση και τη διάμετρο του κρημονού. Το πάχος του κρημονού (στην επιπεδωμένη κατάσταση) προσδιορίζεται από την επιλεγμένη κεφαλή. Οι μηχανικοί μικροκερατόμοι τείνουν να παράγουν έναν μορφής μηνίσκου (λεπτυνόμενο) κρημό και φυσικά δεν υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας πλευρικού τοιχώματος, εφόσον δεν μπορεί κανείς να κάνει μία γωνία σε οποιοδήποτε σημείο της τομής.



Εικόνα 8.3: A. Τα συστήματα femtosecond laser δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας ισοπαχούς κρημονού και διαμόρφωσης πλευρικού τοιχώματος.

B. Ο μηχανικός μικροκερατόμος δημιουργεί κρημονούς μορφής μηνίσκου (λεπτότερος στο κέντρο) και δεν υπάρχει δυνατότητα κρασπεδικού σχήματος.

Τα συστήματα femtosecond laser γενικά περιλαμβάνουν το ίδιο πρώτο βήμα ενός δακτυλίου αναρρόφησης. Το λέιζερ στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει έναν ειδικής γεωμετρίας κρημνό επί του οφθαλμού. Η διάμετρος του κρημνού, το πάχος και η γεωμετρία του μίσχου προγραμματίζονται και το λέιζερ εκτελεί τις απαραίτητες τομές.

Συνολικά, η μεταβλητότητα του κεντρικού πάχους του κρημνού είναι μεγαλύτερη με τους μηχανικούς μικροκερατόμους σε σύγκριση με τα συστήματα femtosecond λέιζερ. Η τυπική απόκλιση του κεντρικού πάχους του κρημνού μετρούμενη με παχυμετρία υπερήχων είναι της τάξης των 20 μm με τα μηχανικά συστήματα και τυπικά περίπου 10 μm με τα συστήματα femtosecond λέιζερ.

Η δημιουργία του κερατοειδικού κρημνού στη LASIK πρέπει να χαρακτηρίζεται από ιδανικές αναλογίες - λεπτό πάχος και ισοπαχής διαμόρφωση - με υψηλή επαναληψιμότητα, άρα προβλεψιμότητα. Αυτό ακριβώς το κενό κάλυψε για μεγάλο διάστημα με επιτυχία το femtosecond laser. Λεπτότεροι κρημνοί με μικρές αποκλίσεις και ισοπαχείς είναι το κύριο επιχείρημα για τη χρήση ενός femto μικροκερατόμου.

Η χρήση του femtosecond laser έχει κερδίσει δημοτικότητα αφού δίνει τη δυνατότητα για έναν «προσαρμοσμένο» κρημνό. Ο χειρουργός έχει τον έλεγχο της διαμέτρου του κρημνού, του πάχους καθώς και της θέσης και του πλάτους του μίσχου. Η προβλεψιμότητα του πάχους του κρημνού και ικανότητα για τη δημιουργία ομοιόμορφων (ισοπαχών) κρημνών έχουν ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο των επιπλοκών κρημνού όπως τα επιθηλιακά ελαττώματα, ανώμαλες κερατεκτομές (button holes), μη κανονικούς και μερικούς-μη ολοκληρωμένους κρημνούς.

Επιπλέον, ο χειρουργός έχει τον έλεγχο της γωνίωσης του κρασπέδου του κρημνού που μπορεί να επηρεάσει την επούλωση, τη σταθερότητα και την πρόληψη της επιθηλιακής εισβολής.

Κρημνοί που έχουν δημιουργηθεί με femtosecond laser έχουν δείξει ισχυρότερη, σε σύγκριση με κρημνούς μικροκερατόμου, πρόσφυση στην κρασπεδική περιοχή (το χείλος του κρημνού) και την επιφάνειά τους κάνοντας τους πιο ανθεκτικούς στο τραύμα.

Η απώλεια της αναρρόφησης μπορεί δυνητικά να οδηγήσει σε σοβαρές επιπλοκές του κρημνού με τη χρήση του μηχανικού μικροκερατοτόμου. Σε αντίθεση, με το femtosecond laser, οι συνέπειες ελαττώνονται σημαντικά. Δηλαδή, ο δακτύλιος αναρροφήσεως μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί με άμεση επανεπεξεργασία στο ίδιο βάθος ή εναλλακτικά μπορεί να αναβληθεί για 1 μήνα αργότερα. Αν η αναρρόφηση χαθεί κατά τη διάρκεια της κοπής, το λέιζερ μπορεί να προγραμματιστεί να επαναλάβει μόνο την κομμένη πλευρά με μια μικρότερη διάμετρο.

Η ικανότητα να δημιουργηθούν λεπτότεροι κρημνοί με ασφάλεια και σταθερότητα είναι ευεργετική σε ασθενείς με λεπτούς κερατοειδείς και σοβαρές διαθλαστικές ανωμαλίες, καθώς επιτρέπει μεγαλύτερο πάχος στο υπόλοιπο του στρώματος. Οι Moshirfar και συνεργάτες σε έρευνά τους που αφορούσε 47 ασθενείς και συγκρίνοντας κρημνούς 120 μm και 90 μm δημιουργημένους με το IntraLase FS60 λέιζερ δεν βρήκαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μη διορθωμένης οπτικής οξύτητας (UCVA), καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA), ευαισθησία αντίθεσης και υψηλότερης τάξης εκτροπών (HOAs), υποδεικνύοντας εξαιρετικά οπτικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας δύο πάχη κρημνών.

Επιπλέον, η ομοιομορφία του πάχους κρημνού μπορεί να επηρεάσει την προβλεψιμότητα της στρωματικής φωτοεκτομής excimer laser αφού η στρωματική ανατομία, η ενυδάτωση και η υπερϊώδης απορρόφηση ποικίλει ανάλογα με το βάθος του κερατοειδούς.

Οι Zhou και συνεργάτες χρησιμοποίησαν οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) του πρόσθιου τμήματος για να συγκρίνουν LASIK κρημνούς που δημιουργήθηκαν με το IntraLase FS60 λέιζερ και το μικροκερατόμο Moria M2 (Moria Inc., Doylestown, Πενσυλβάνια) και βρήκαν ότι οι κρημνοί ήταν πιο ομοιόμορφοι με μικρότερη τυπική απόκλιση στην ομάδα ασθενών του IntraLase FS60.

Σημαντική, επίσης, παράμετρος είναι η ευκολία χειρισμού του κερατοειδικού κρημνού όπως αυτή εκφράζεται από την ευκολία ανάσπασής του. Το πλεονέκτημα του μηχανικού μικροκερατόμου στον τομέα αυτό είναι αδιαμφισβήτητο. Αντίθετα, η ανάσπαση ενός femto κρημνού συχνά αποδεικνύεται όχι εύκολη υπόθεση, ειδικά για έναν άπειρο χειρουργό. Παραμένουσες γέφυρες ιστού και κάθετα όρια του κρημνού δυσκολεύουν αρχικά την πρόσβαση κάτω από τον κρημνό και στη συνέχεια τον αποχωρισμό του από το υποκείμενο στρώμα. Ο κρημνός ταλαιπωρείται

δυσχεραίνοντας τη σωστή επανατοποθέτησή του και αυξάνοντας την πιθανότητα επιπλοκών, όπως οι πτυχές ή η διείσδυση του επιθηλίου στο στρώμα.

Ωστόσο, η Femtosecond laser υποβοηθούμενη LASIK έχει δικές της μοναδικές παρενέργειες όπως το σχηματισμό αδιαφανούς στρώματος φυσαλίδων (OBL) το οποίο μπορεί να αλληλεπιδράσει με την δυνατότητα αναγνώρισης της *ίριδας* (iris registration) και την καταγραφή κίνησης της *κόρης* (pupil tracking) κατά τη διάρκεια της αποδόμησης με excimer λέιζερ. Μια περιφερειακή τομή μπορεί να δημιουργηθεί με την πλατφόρμα FS IntraLase για τη διευκόλυνση της εκκαθάρισης των φυσαλίδων σπηλαίωσης και τη μείωση του σχηματισμού OBL.

Το σύνδρομο παροδικής ευαισθησίας στο φως χαρακτηρίζεται από ευαισθησία στο έντονο φως που εμφανίζεται ημέρες έως και εβδομάδες μετά τη χειρουργική επέμβαση. Η επιπλοκή ανταποκρίνεται καλά σε τοπικά κορτικοστεροειδή και μειώνεται με τη βελτιστοποίηση των ρυθμίσεων ενέργειας femtosecond και τις νεότερες πλατφόρμες λέιζερ³². Η αντανάκλαση ουράνιου τόξου (rainbow glare), το ρήγμα κάθετου αερίου (vertical gas breakthrough) και οι φυσαλίδες αερίου προσθίου θαλάμου αποτελούν άλλες μοναδικές διαταραχές που έχουν περιγραφεί με τη χρήση του femtosecond laser.

Το κόστος αγοράς ενός femto μικροκερατόμου σε σχέση με ένα μηχανικό μικροκερατόμο είναι έως και εξαπλάσιο. Διπλάσιο είναι, επίσης, το κόστος των αναλωσίμων για κάθε περιστατικό. Φυσικά πρέπει κανείς να αναλογιστεί και το κόστος συντήρησης μιας laser συσκευής σε σχέση με μια μηχανική το οποίο είναι επίσης πολλαπλάσιο.

Είναι γεγονός πως όσο οι τεχνικές εξελίσσονται ο femto μικροκερατόμος θα βελτιώνεται. Παράλληλα νέες δυνατότητες προστίθενται στο εύρος των λειτουργιών του που απλά δεν είναι εφικτές με ένα μηχανικό μικροκερατόμο. Η πρόσφατη αξιοποίησή του στο πεδίο της χειρουργικής του καταρράκτη είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα. Όταν αυτό συνδυαστεί και με μια λογικότερη οικονομική πολιτική από πλευράς των εταιρειών η απάντηση στο βασικό αυτό δίλημμα ίσως να γίνει πιο εύκολη.

8.5 Εμπορικά διαθέσιμες πλατφόρμες για τη διαθλαστική χειρουργική

Σήμερα υπάρχουν πέντε πλατφόρμες femtosecond laser εγκεκριμένες από την Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) για χρήση στη διαθλαστική χειρουργική. Οι διαφορές ανάμεσα στις διάφορες πλατφόρμες που κυκλοφορούν περιλαμβάνουν τεχνικές λεπτομέρειες (π.χ. ενέργεια και συχνότητα παλμού), μοτίβο δημιουργίας κρημνού (raster δηλαδή zig-zag ή σπειροειδές μοτίβο), ευελιξία καθώς και κινητικότητα.

Οι εμπορικά διαθέσιμες πλατφόρμες femtosecond λέιζερ είναι οι εξής:

- **IntraLase FS laser (Abbott Medical Optics Inc, Santa Ana, Καλιφόρνια, ΗΠΑ):** Πρόσφατα, η 150 kHz iFS Advanced femtosecond laser πλατφόρμα, εισήχθη με την ικανότητα της δημιουργίας LASIK κρημνού σε λιγότερο από 10 sec και πάχους από 90-400 μm . Προηγήθηκαν οι πλατφόρμες Intralase FS Laser των 6 kHz, 10, 15, 30 & 60 kHz. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα μειώνεται ακόμη περισσότερο η ενέργεια με αποτέλεσμα να έχουμε πιο λεία επιφάνεια τομής κατά τη δημιουργία κερατοειδικού κρημνού στη επέμβαση LASIK.



Εικόνα 8.4 : IntraLase FS Femtosecond laser 60 kHz

- **Technolas 520FS (η πρόην πλατφόρμα «Femtec»· Technolas Perfect Vision, Μόναχο, Γερμανία):** Έχει πάρει έγκριση από την Ευρώπη, Η.Π.Α. και Νότια Κορέα για τη χρήση ενδοκερατικών και κερατικών τομών στις οποίες περιλαμβάνονται η δημιουργία κερατικών κρημών (LASIK), η διενέργεια Διαμπερούς και Τμηματικής Κερατοπλαστικής (Penetrating or Lamellar Keratoplasty) και η δημιουργία κερατικών τούνελ για την τοποθέτηση κερατικών δακτυλίων (Intracorneal Rings). Πάχος κρημού από 100 έως 200 μm .



Εικόνα 8.5 : Technolas 520 Femtosecond laser και το Technolas Exzimer

- **Femto LDV (Zeimer Ophthalmic Systems, Port, Ελβετία):** Τον Οκτώβριο του 2005 εμφανίστηκε με το όνομα DaVinci FS LASER. Έχει πάρει έγκριση λειτουργίας από ΗΠΑ και Ευρώπη. Λειτουργεί με πολύ υψηλές ταχύτητες και αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων γνωστών μηχανημάτων. Επίσης είναι πολύ πιο ευκίνητο και εύχρηστο. Το πάχος του κρημού που μπορεί να δημιουργήσει είναι 90,110, 130 και 250 μm .



Εικόνα 8.6 : Femto LDV laser

- **VisuMax laser (Carl Zeiss AG Meditec, Jena, Γερμανία):** Το πλεονέκτημα του είναι ότι συνδυάζεται με το MEL-80 Excimer Laser, έχοντας κοινή λογισμική πλατφόρμα. Το νέο μοντέλο των 500 kHz είναι πολύ γρήγορο και παρουσιάζει επίσης εξαιρετικά αποτελέσματα στις εφαρμογές του. Το πάχος κρημνού που δημιουργεί είναι από 80 – 220 μm . Είναι το μόνο FS Laser που έχει χρησιμοποιηθεί στις επεμβάσεις FLEX (Femtosecond Lenticule EXtraction) & SMILE (SMall Incision Lenticule Extraction) στις οποίες η διαθλαστική διόρθωση γίνεται χωρίς τη χρήση Excimer Laser.



Εικόνα 8.7 : VisuMax femtosecond laser

- WaveLight FS laser (Alcon Laboratories Inc, Fort Worth, Τέξας, ΗΠΑ): Είναι η πιο πρόσφατη από τις πλατφόρμες femtosecond στο εμπόριο.



Εικόνα 8.8 : WaveLight FS200 femtosecond laser

Πίνακας: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διαθέσιμων femtosecond laser:

| Πλατφόρμα femtosecond laser | Συχνότητα παλμού (kHz) | Διάρκεια παλμού (fs) | Μήκος κύματος (nm) | Ενέργεια παλμού (nJ) | Μέγεθος σημείου (μm) | Διάμετρος κρημονού (mm) | Πάχος κρημονού (μm) |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| AMO IntraLase | 150 | 600 έως 800 | 1053 | 200 έως 800 | < 1.8 | 3.0 έως 9.5 | 90 έως 400 |
| Zeiss VisuMax | 500 | 220 έως 580 | 1043 | 50 έως 420 | 1 | Μέγ.: 10.7 | 80 έως 220 |
| Technolas 520F | 40 ή 80 | 500 έως 700 | 1053 | 4000 | 2 έως 3 | 6.0 έως 9.5 | 100 έως 200 |
| Ziemer LDV | 20800 | 200 έως 350 | 1045 | 10 έως 20 | 1 | 8.5, 9, 9.5, 10.0 | 90 έως 200 |
| Alcon FS200 | 200 | 350 | 1030 | 300 έως 1500 | 5 | 8.6 έως 9.0 | 100 έως 200 |

8.6 Δημιουργία ενδοκερατικών τομών για την ένθεση ενδοκερατοειδικών δακτυλίων για διόρθωση, μυωπίας και εκτατικών παθήσεων του κερατοειδούς μετά από την διαθλαστική χειρουργική.

Οι πιο σημαντικές αιτίες ασύμμετρου κερατοειδικού αστιγματισμού είναι οι εκφυλίσεις του κερατοειδικού στρώματος και η εκτασία μετά από διαθλαστική χειρουργική. Συνήθως οι εκφυλίσεις του κερατοειδούς είναι αμφοτερόπλευρες μη φλεγμονώδεις ασθένειες οι οποίες χαρακτηρίζονται από προοδευτική ασύμμετρη αύξηση της κυρτότητας του κερατοειδούς, ενώ η εκτασία είναι μια σοβαρή μετεγχειρητική επιπλοκή που εμφανίζεται όψιμα, μετά από διαθλαστική χειρουργική.

Η θεραπεία του ασύμμετρου αστιγματισμού σε ασθενείς όπου η χρήση γυαλιών δεν βελτιώνει την οπτική οξύτητα και οι σκληροί φακοί επαφής δεν είναι ανεκτοί, μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με κερατοπλαστική αλλά και μέσω επεμβατικών διαδικασιών πριν ο ασθενής οδηγηθεί στην κερατοπλαστική. Οι ενδο-κερατοειδικοί (ή ενδοκερατικοί) δακτύλιοι (ICRS – Intrastromal Corneal Ring Segments) είναι μια από αυτές τις προ-κερατοπλαστικές διαδικασίες.

Πέρα από τον αστιγματισμό, οι ενδο-κερατοειδικοί δακτύλιοι αρχικά προτάθηκαν από τους Fleming και Reynolds το 1987 για διόρθωση χαμηλής μυωπίας και τελικά έλαβαν έγκριση Ευρωπαϊκής Συμμόρφωσης (CE) το 1994 για τη διόρθωση χαμηλής έως μέτριας μυωπίας (-1 έως -3 D), ενώ από τον Αμερικανικό Οργανισμό Φαρμάκων (FDA) εγκρίθηκαν το 1999 και το 2004 έλαβαν έγκριση για την αντιμετώπιση του κερατόκωνου και άλλων εκτατικών παθήσεων.

Σήμερα υπάρχουν τέσσερις τύποι ενδο-κερατοειδικών δακτυλίων διαθέσιμοι, οι οποίοι είναι: 1) Intacs (Addition Technologies Inc., Fremont, California, USA), 2) Intacs SK (Addition Technologies Inc., Fremont, California, USA), 3) Keraring (Mediphacos, Belo Horizonte, Brazil) και 4) Ferrara rings (Ferrara Ophthalmics, Belo Horizonte, Brazil). Τα δύο τελευταία έχουν ίδια σχεδίαση και διαμέτρους αλλά παράγονται από διαφορετικές εταιρίες. Σε γενικές γραμμές οι ενδο-κερατοειδικοί δακτύλιοι είναι σχήματος ημισελήνου, από πολυ-μεθυλ-μεθακρυλικό (PMMA). Είναι εμφυτεύματα τα οποία διακρίνονται μεταξύ τους, από άποψη μεγέθους (εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου), ποικιλίας διαθέσιμων παχών, μήκους τόξου και σχήματος

εγκάρσια διατομής, και αποσκοπούν στην αναδιαμόρφωση-αναδόμηση του κερατοειδούς σε μια πιο συμμετρική ομαλή καμπυλότητα με αποτέλεσμα την αύξηση της οπτικής οξύτητας.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ενδοκερατοειδικών δακτυλίων είναι η ασφάλεια, η αναστρεψιμότητα, η προσαρμοστικότητα του διαθλαστικού αποτελέσματος, η διατήρηση του επιμήκους σχήματος του κερατοειδούς καθώς και η διατήρηση της ακεραιότητας του κεντρικού κερατοειδούς. Πιστεύεται ότι έχουν μια επίδραση βράχυνσης τόξου ενώ συγχρόνως μεταβάλλεται η κατανομή των κερατοειδικών περιφερειακών στρωμάτων οδηγώντας στην επιπέδωση του κεντρικού κερατοειδούς. Η επίδρασή τους είναι ανάλογη με το πάχος του εμφυτεύματος και αντιστρόφως ανάλογη με τη διάμετρο του εμφυτεύματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγούν σε βελτιώσεις των UCVA (μη διορθωμένη οπτική οξύτητα) και BCVA (καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα) καθώς και της τοπογραφίας του κερατοειδούς.

Η απόφαση για εμφύτευση μονού ή διπλού τμήματος δακτυλίου εξαρτάται από το βαθμό και την κατανομή της κερατοειδικής εκτασίας στην τοπογραφία κερατοειδούς. Όταν η εκτασία περιορίζεται σε ένα ημι-μεσημβρινό της τοπογραφίας κερατοειδούς ένα μόνο τμήμα δακτυλίου μπορεί να εμφυτευθεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορετική επιπέδωση του κατώτερου μεσημβρινού και την αύξηση της κυρτότητας του ανώτερου μεσημβρινού, οπότε μειώνεται ο κερατοειδικός αστιγματισμός και βελτιώνονται τόσο η UCVA όσο και η BCVA. Με ασύμμετρους κώνους, διπλά τμήματα δακτυλίου μπορούν να εμφυτευτούν με το παχύτερο τμήμα να τοποθετείται στον πιο κυρτό (συνήθως κατώτερο) μεσημβρινό. Για κεντρικούς ή συμμετρικούς κώνους, ίσα τμήματα εμφυτεύονται συμμετρικά. Περαιτέρω εμπειρία με την εμφύτευση των ενδο-κερατοειδικών δακτυλίων (ICRS) και η ανάπτυξη νομογραμμάτων μεγαλύτερης ακρίβειας αναμένεται να βελτιώσουν τα κλινικά αποτελέσματα και να καθορίσουν καλύτερα τα όρια αυτής της τεχνολογίας.

8.7 Δημιουργία ενδοστρωματικών θηκών για έγχυση ριβοφλαβίνης για διασύνδεσης κερατοειδικού κολλαγόνου (CXL)

Η αρχική θεραπεία για τον κερατόκωνο και την εκτασία μετά από LASIK γίνεται με γυαλιά οράσεως και σκληρούς φακούς επαφής. Εκτός αυτών χειρουργικές εναλλακτικές λύσεις είναι τα εμφυτεύματα κερατοειδικών δακτυλίων και τα μοσχεύματα κερατοειδούς για τα άτομα που έχουν δυσανεξία στους φακούς επαφής. Ωστόσο, αυτές οι μέθοδοι δεν μπορούν να εμποδίσουν την εκτατική πορεία. Η επέμβαση διασύνδεσης κερατοειδικού κολλαγόνου (Corneal Collagen Cross-linking, CXL) αποσκοπεί στη δημιουργία ακαμψίας στον κερατοειδή ώστε να σταθεροποιηθεί η πρόοδος της εκτασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή στο μάτι ενός φωτοευαισθητοποιητή (ριβοφλαβίνη: μορφή βιταμίνης B2) που ενεργοποιείται με ακτινοβολία από UVA (320nm-400nm) ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων δεσμών κολλαγόνου στο στρώμα του κερατοειδούς και την επακόλουθη ανάκτηση και διατήρηση της μηχανικής αντοχής του κερατοειδούς. Κατά την πρότυπη CXL διαδικασία είναι απαραίτητη η αφαίρεση του επιθηλίου του κερατοειδούς για την αύξηση της διείσδυσης της ριβοφλαβίνης στο στρώμα. Ωστόσο, οι αδυναμίες της επιθηλιακής αφαίρεσης, συμπεριλαμβάνουν μεγάλο εμποτισμό/διάρκεια έκθεσης, μετεγχειρητικό πόνο, και επιθηλιακά ελαττώματα, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη. Επιπλέον έχουν αναφερθεί και άλλες επιπλοκές όπως ουλές του κερατοειδούς, κερατίτιδα, και θολερότητα του κερατοειδούς, η οποία συνδέεται με τον επιθηλιακό χειρουργικό καθαρισμό.

Πρόσφατα ο κ. Κανελλόπουλος περιέγραψε μια νέα τεχνική όπου δεν αφαιρείται το επιθήλιο αλλά δημιουργείται με τη βοήθεια του femtosecond laser μία ενδο-στρωματική θήκη στον κερατοειδή όπου στη συνέχεια γίνεται η έγχυση της ριβοφλαβίνης. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή η ενστάλαξη της ριβοφλαβίνης γίνεται παρακεντρικά εντός του κερατοειδούς, με ελάχιστη διαταραχή της επιφάνειας του επιθηλίου και με υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας UVA ακτινοβολίας και έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: 1) ταχύτερη επαν-επιθηλιοποίηση και οπτική αποκατάσταση του ασθενούς με σημαντική μείωση του πόνου, 2) ταχύτερη διάχυση/περίοδο εμποτισμού καθώς η ριβοφλαβίνη εισάγεται άμεσα σε βάθος μέσω της ενδοστρωματικής θήκης παρέχοντας μεγαλύτερη θωράκιση κοντά στο ενδοθήλιο

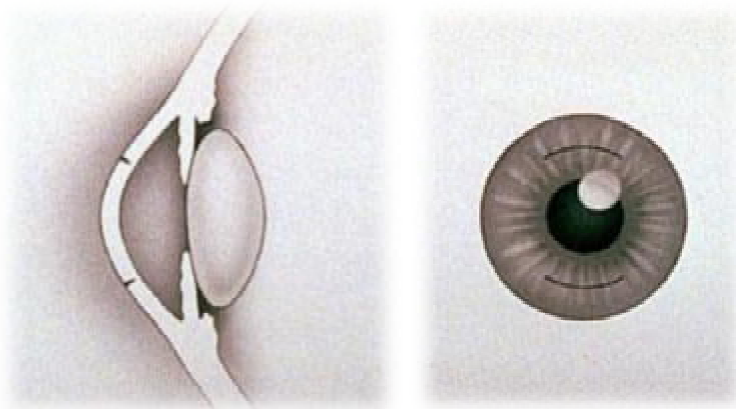
και 3) επιλεκτική CXL σε πρόσθιο τμήμα των 2/3 του πάχους του κερατοειδούς. Μετά από εφαρμογή της μεθόδου σε 10 ασθενείς προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η μέση μη διορθωμένη οπτική οξύτητα βελτιώθηκε από 20/50 σε 20/40, η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα παρέμεινε αμετάβλητη στα 20/20, η μεγαλύτερη μέση καμπυλότητα K μειώθηκε από 49,5 D σε 48,1 D, ενώ δεν παρατηρήθηκε εξέλιξη της εκτασίας και η μεταβολή στην ποσότητα των ενδοθηλιακών κυττάρων ήταν μη στατιστικά σημαντική.

Οι Alió και συνεργάτες συγκρίνοντας τις δύο τεχνικές CXL με αφαίρεση του επιθηλίου και με δημιουργία ενδο-στρωματικής θήκης δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους, όσον αφορά την οπτική οξύτητα, τη διάθλαση, την κερατομετρία, τις εκτροπές κερατοειδούς ή την κεντρική παχυμετρία, ενώ η μέση κερατομετρική μείωση στους 12 μήνες ήταν 0,03 D στην ομάδα αφαίρεσης του επιθηλίου και 0,40 D στην ομάδα ενδο-στρωματικής θήκης. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η χειρουργική επέμβαση CXL με τη δημιουργία ενδο-στρωματικής θήκης φαίνεται να παρέχει παρόμοια κλινικά αποτελέσματα σε σύγκριση με την κλασική τεχνική CXL.

Πρόσφατα οι Dong και Zhou αξιολογώντας τις αρχικές αλλαγές σε κανονικούς κερατοειδείς κουνελιών μετά από CXL με femtosecond laser συμπεραίνουν ότι η μέθοδος αυτή φαίνεται να είναι ασφαλής και ο κερατοειδής μπορεί να υλοποιήσει μια πιο γρήγορη και ομαλή ανάκαμψη. Επίσης αναφέρουν ότι μπορεί ίσως να γίνει μία εναλλακτική λύση στον επιθηλιακό χειρουργικό καθαρισμό στο μέλλον. Επιπλέον θα πρέπει να μελετηθούν βελτιστοποιημένα χρονοδιαγράμματα, όπως μία μικρότερη, αλλά αποτελεσματική διάρκεια UVA ακτινοβολίας. Τέλος η στρωματική διαχωριστική γραμμή μπορεί να είναι ένα άμεσο κλινικό σημάδι για την ανίχνευση μιας αποτελεσματικής CXL κατά την πρώιμη μετεγχειρητική φάση.

8.8 Αστιγματικές κερατοτομές

Η αστιγματική κερατοτομή (AK – astigmatic keratotomy) γίνεται για τη διόρθωση του κατάλοιπου αστιγματισμού μετά από διαμπερή κερατοπλαστική (PK), επιφανειακή κερατοπλαστική (DALK), ενδοθηλιακή τμηματική κερατοπλαστική (DSEK) και μετά από χειρουργική επέμβαση καταρράκτη. Η τεχνική της AK βασίζεται στην επιπέδωση του κυρτότερου μεσημβρινού του κερατοειδούς που προκαλείται δημιουργώντας 1 ή 2 τομές κάθετα προς τον κυρτό άξονα. Αυτό οδηγεί στην επιπέδωση του δεδομένου μεσημβρινού με αμοιβαία κύρτωση του μεσημβρινού των 90 μοιρών, το οποίο είναι γνωστό ως ‘φαινόμενο συζεύξεως’. Οι ασθενείς με κερατομετρικό αστιγματισμό > 4.0 D μετά από την πλήρη απομάκρυνση των ραμμάτων μπορούν να υποβληθούν σε αυτήν την διαδικασία. Μετά από τοπική αναισθησία και άμεση οπτική επιθεώρηση, οι χαλαρωτικές τομές γίνονται σε βάθος 90% του πάχους του τοπικού στρώματος συνήθως και στις δύο πλευρές του καμπύλου μεσημβρινού με μήκος τόξου από 45 έως 90 μοίρες. Η θέση και η έκταση των τομών καθορίζονται με βάση την τοπογραφία του κερατοειδούς. Επιπλέον, το αποτέλεσμα της AK μπορεί να αυξηθεί με ράμματα συμπίεσης. Τα ράμματα συμπίεσης μπορούν να τοποθετηθούν στον πιο επίπεδο μεσημβρινό για την αύξηση της καμπυλότητας του κερατοειδούς, ενισχύοντας το χειρουργικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 7: Μικρές εκ διαμέτρου αντίθετες τομές στον κερατοειδή μπορούν να αλλάξουν την ανώμαλη κυρτότητά του.

Η Femtosecond laser (FS-AK – Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy) είναι απλούστερη και έχει το πλεονέκτημα μεγαλύτερης ακρίβειας στο βάθος του τόξου, μήκος και καμπυλότητα σε σύγκριση με την εκτέλεση αστιγματικής κερατοτομής μηχανικά ή με το χέρι με ένα χειροκίνητο αδαμάντινο νυστέρι. Ο χειρουργός μπορεί να προσαρμόσει καλύτερα τις τομές προ-εγχειρητικά με μικρότερο κίνδυνο διάτρησης του κερατοειδούς. Μάλιστα, οι Abbey και συνεργάτες πρόσφατα περιέγραψαν την επιτυχή χρήση της τεχνικής FS-AK στη μείωση φυσικά υπάρχοντος υψηλού αστιγματισμού.

Η τεχνική FS-AK έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματική στη μείωση του αστιγματισμού, αφού βελτιώνει ικανοποιητικά τις τιμές BCVA και UCVA. Οι Kumar και συνεργάτες σε μελέτη που πραγματοποίησαν, συμπεριέλαβαν 37 οφθαλμούς και βρήκαν ότι η μείωση του αστιγματισμού σταθεροποιείται στους 3 έως 6 μήνες μετεγχειρητικά.

Παρά την ακρίβεια της δημιουργίας τομής με το femtosecond laser, το αποτέλεσμα της FS-AK μπορεί να μην είναι πάντα προβλέψιμο και παράλληλα έχει περιορισμένη δυνατότητα να διορθώσει τυχόν σφαιρικό σφάλμα.

9. Μηχανήματα λέιζερ “excimer”

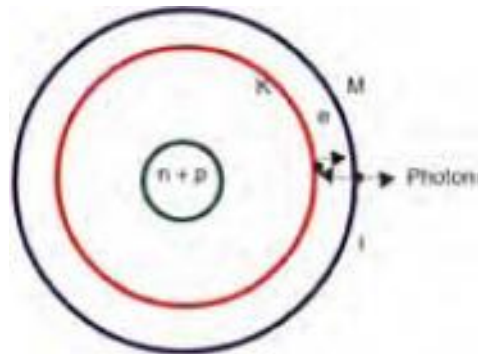
Τα μηχανήματα λέιζερ τύπου «excimer» παράγουν το υπεριώδες λέιζερ 193-nm της χημικής ένωσης αδρανούς αερίου (argon) με φθόριο (fluoride) και παρέχονται για οφθαλμολογική χρήση, μηχανογραφημένο έλεγχο και την τελική κατάληξή του στον κερατοειδή. Για να κατανοήσει κανείς τα μηχανήματα λέιζερ, πρέπει να κατανοήσει τις θεμελιώδεις έννοιες του «excimer» λέιζερ. Η λέξη «laser» σημαίνει «ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας ». Η λέξη «excimer» προέρχεται από τις λέξεις «excited dimer» (που υποδηλώνουν ότι δημιουργείται μία ασταθής διμερής χημική ένωση αδρανούς αερίου με φθόριο, η οποία βρίσκεται σε υψηλή ενεργειακή κατάσταση.)

9.1 Αυθόρμητη Εκπομπή και εξαναγκασμένη εκπομπή

Κάθε φορά που ένα ηλεκτρόνιο από μια χαμηλότερη τροχιά κινείται σε μια υψηλότερη, δεν μπορεί να μείνει εκεί για μεγάλο διάστημα και, ως εκ τούτου, επιστρέφει στην αρχική τροχιά του, αλλά εν τω μεταξύ, εκπέμπει ένα φωτόνιο και αυτό ονομάζεται «αυθόρμητη εκπομπή». Αν το ηλεκτρόνιο ενεργοποιηθεί και αποσταλεί σε μια υψηλότερη τροχιά από ένα άλλο φωτόνιο που έχει ίδιο μήκος κύματος με εκείνο, το οποίο θα συγκρουστεί με το άτομο, αυτό αποτελεί την «εξαναγκασμένη εκπομπή» (Εικ. 9.1). Αυτά τα φωτόνια, στη συνέχεια, χτυπούν άλλα άτομα οδηγώντας στη διαδικασία ενίσχυσης.

9.2 Μέσα και αντλίες των λέιζερ

Το μέσο λέιζερ, που στην περίπτωση των «excimer» λέιζερ είναι ένα σπάνιο αλογόνο αέριο, περιέχει άτομα που διεξάγουν τη διαδικασία λέιζερ.



Εικόνα 9.1 : Αυθόρμητη εκπομπή, n-νετρόνιο, p-πρωτόνιο, e-ηλεκτρόνιο K-κατώτερη

Το φθοριούχο αργό 193-nm είναι ένα παλμικό λέιζερ που δημιουργεί μία σαφή και ακριβή εκτομή του κερατοειδούς ιστού σε ακριβές βάθος, με ελάχιστη διατάραξη του περιβάλλοντος ιστού. Το μήκος κύματός του πρακτικά δεν θερμαίνει τον ιστό αλλά σπάει τους εσωτερικούς και ενδομοριακούς δεσμούς.

Η αντλία λέιζερ είναι η πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρόνια τα οποία μπορεί να είναι ή στη μορφή ηλεκτρικής εκκένωσης ή στην τρέχουσα ή στην ενέργεια του φωτός που παράγεται είτε από αντλίες φλας είτε από άλλους λαμπτήρες. Για να δημιουργηθεί η δράση του λέιζερ, το μέσο άντλησης πρέπει να είναι σε κατάσταση αντιστροφής πληθυσμού, δηλαδή όταν περισσότερα από το μισά άτομα στο μέσο βρίσκονται σε διεγερμένη κατάσταση, η οποία διευκολύνει τη διαδικασία ενίσχυσης.

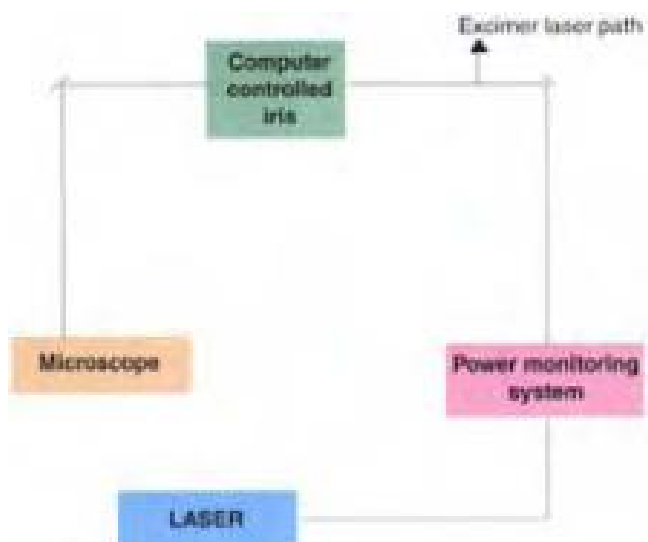
9.3 Ασταθής διμερής χημική ένωση

Τα μόρια που αποτελούνται από δύο όμοια άτομα ονομάζονται διμερή. Αν δύο συστήματα (άτομα ή μόρια) δεν αποτελούν ένα ισχυρό χημικό δεσμό όταν είναι στην αρχική τους κατάσταση, αλλά σχηματίζουν ένα ισχυρό χημικό δεσμό, όταν ένας από αυτά είναι σε διεγερμένη κατάσταση, τότε η διεγερμένη αυτή κατάσταση ονομάζεται «ασταθής διμερής χημική ένωση». Κατά τη διάσπαση του «excimer» (φθοριούχο αργόν), γίνεται αντιστροφή πληθυσμού και αυτό απελευθερώνει το παλμικό λέιζερ.

9.4 Μηχάνημα τύπου «excimer»

Ο βασικός σχεδιασμός ενός μηχανήματος λέιζερ διεγερμένου διμερούς απεικονίζεται στην Εικόνα 9.2.

Το «excimer» λέιζερ αποτελείται συνήθως από ένα μεγάλο κουτί αλουμινίου, το οποίο είναι γεμάτο με ένα κατάλληλο μίγμα αερίων. Υπάρχουν 2 μεταλλικά ηλεκτρόδια σε απόσταση 2 έως 3 cm από τα οποία η ενέργεια στέλνεται μέσω πυκνωτών που είναι φορτισμένοι ώστε να έχουν δεκάδες κιλοβόλτ. Η ηλεκτρική εκκένωση των αερίων μεταξύ των ηλεκτροδίων ιονίζει τα αέρια και επιτρέπει στα άτομα του μίγματος αερίων να διεγερθούν έτσι ώστε να δημιουργηθεί η ακτίνα λέιζερ. Αυτή η δέσμη περνά μέσω του ισχυρού συστήματος παρακολούθησης-ενίσχυσης και στη συνέχεια κατευθύνεται μέσω των κατόπτρων στο μάτι του ασθενούς.



Εικόνα 9.2 : Βασικά στοιχεία του μηχανήματος λέιζερ

9.5 Ροή

Ως «ροή» νοείται το ποσό της ενέργειας που εφαρμόζεται στην περιοχή που αποκόπτεται. Εκφράζεται σε millijoules / τετραγωνικό εκατοστό και ποικίλλει ανάλογα με το λέιζερ. Καθορίζει την ποσότητα του ιστού που αποκόπτεται σε κάθε παλμό, π.χ. με το λέιζερ τύπου «summit excimer»-160mJ/cm², για το «Chiron» -130 mJ/cm² και με το «Nidek» -130 mJ/cm².

9.6 Ομοιογένεια

Η έννοια αυτή δείχνει τον τρόπο της διανομής ενέργειας εντός της περιοχής. Μπορεί να απεικονισθεί ως μικρο-ομοιογένεια, δηλαδή μεταβλητότητα στην πυκνότητα της δέσμης ενέργειας, δηλαδή θερμές περιοχές στη δέσμη που αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και κρύες περιοχές οι οποίες υπογραμμίζουν τις περιοχές χαμηλότερης πυκνότητας. Η μακρο-ομοιογένεια αναφέρεται στο συνολικό προφίλ της δέσμης ενέργειας που μπορεί να είναι τύπου Gauss, ομογενές ή αντιστρόφως τύπου Gauss. Σε ένα προφίλ τύπου Gauss, η μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας βρίσκεται στο κέντρο, σε ένα ομοιογενές προφίλ είναι ίση σε όλη τη δέσμη και σε ένα προφίλ τύπου αντιστρόφως Gauss, η πυκνότητα ενέργειας είναι ελάχιστη στο κέντρο.

Όταν οι γκαουσιανές δέσμες (ακτίνας) εφαρμόζονται η μία δίπλα στην άλλη, το ποσό της επικάλυψης που μπορεί να προβλεφθεί επιτρέπει μια ομαλή επιφάνεια. Όταν οι περικομμένες σε μικρές δεσμίδες εφαρμόζονται η μία δίπλα στην άλλη, θα πρέπει να ευθυγραμμίζονται τέλεια για να αποτραπεί η εμφάνιση μιας χάραξης (αυλάκι) και αιχμής της μιας δίπλα στην άλλη και ως εκ τούτου να προκληθεί, κάποια ανωμαλία από την υψηλότερη δέσμη. Η σύγκριση μεταξύ των δεσμών ύψους 2 mm, με τις δέσμες τύπου Gauss ύψους 1-mm οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι γκαουσιανές δέσμες 1-mm έδειξαν ομαλή επιφάνεια κερατοειδούς, ενώ οι μεγαλύτερες δέσμες παρουσίασαν σημαντικές υποβαθμίσεις της διαδικασίας των οπτικών, με μεγαλύτερη συχνότητα απόκλισης στη θεραπεία.

9.7 Ο τύπος του Munnerlyn

Κάθε excimer laser αφαιρεί διαφορετική ποσότητα του στρώματος του ιστού ανά διοπτρία διόρθωσης, πράγμα που οφείλεται σε διαφορές στις διαμέτρους των ζωνών εκτομής, το ποσό της προεργασίας και τα πρωτόκολλα κατάλυσης. Ο τύπος του Munnerlyn (βάθος της εκτομής = διοπτρίες διόρθωσης X διάμετρο εκτομής²) δείχνει ότι κάθε σφαιρικό ισοδύναμο διοπτρίας μυωπικής διόρθωσης που εκτελείται σε ενιαία ζώνη 6 mm θα καταλύει 12 μικρά του ιστού. Ανάλογα με το προφίλ κατάλυσης, τα διαθέσιμα σήμερα λέιζερ κόβουν διαφορετικές ποσότητες ιστού ανά δίοπτρα διόρθωσης.

9.8 Συστήματα εφαρμογής «Excimer» λέιζερ

Το σύστημα παροχής λέιζερ «excimer» εφαρμόζει ή κατευθύνει τη δέσμη του λέιζερ επί του οφθαλμού. Υπάρχουν τρεις τύποι συστημάτων εφαρμογής λέιζερ, δηλαδή η ευρεία δέσμη, η δέσμη σάρωσης σχισμής και το λέιζερ σάρωσης κινούμενου σημείου.

9.9 Λέιζερ ευρείας δέσμης

Το σύστημα ευρείας δέσμης είναι παρόμοιο με το σύστημα προβολής διαφανειών (slides) 35χιλ. Το σύστημα λέιζερ ευρείας δέσμης παρουσιάζει το σύνολο της ακτινοβολίας στην επιφάνεια του στρώματος. Ένα διάφραγμα ίριδας ή μεταβλητό σύστημα ανοίγματος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ευρείας δέσμης επί της στρωματικής επιφάνειας και να δημιουργήσει την αναμενόμενη μορφή εκτομής.

Το βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος εφαρμογής ευρείας εκτομής είναι η χρήση μιας στατικής, ευρείας και κυκλικής δέσμης (6.0 έως 8.0 χιλ.) του λέιζερ «excimer» για εκτομή του κερατοειδούς (Εικ. 9.3). Αυτό ήταν το σύστημα εφαρμογής λέιζερ πρώτης γενιάς και έχει το μεγαλύτερο ιστορικό. Δεδομένου ότι

χρησιμοποιείται μια ευρεία δέσμη, δεν απαιτούνται η ακριβής ευθυγράμμιση του οφθαλμού και τα συστήματα εντοπισμού. Τα λέιζερ ευρείας δέσμης δρουν με το συντομότερο χρόνο διαδικασίας.

Ωστόσο, αυτό το σύστημα απαιτεί υψηλή ενέργεια για να επιτευχθεί η απαιτούμενη κατάλυση και επιφέρει μεγαλύτερο σοκ στον κερατοειδή. Η ανάγκη για υψηλής ενεργειακή απόδοση καταλήγει σε μια συχνότερη συντήρηση των οπτικών στοιχείων και στην αύξηση του συνολικού κόστους. Η μικρότερη διάρκεια του χρόνου χειρουργικής επέμβασης σημαίνει και μικρότερη πιθανότητα ανάγκης διόρθωσης και αποκέντρωσης, η οποία προκαλείται από την κίνηση της κόρης του οφθαλμού.

Ένα μειονέκτημα είναι η αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης «κεντρικών νησίδων» - μιας επιπλοκής που σχετίζεται με την εκτομή. Η συχνότητα εμφάνισής της έχει μειωθεί με τη χρήση πολλών σύντομων παλμικών ακτίνων λέιζερ για την τομή του κερατοειδούς αντί για μίας και μεγαλύτερης. Αυτά ήταν η πρώτη γενιά των λέιζερ.

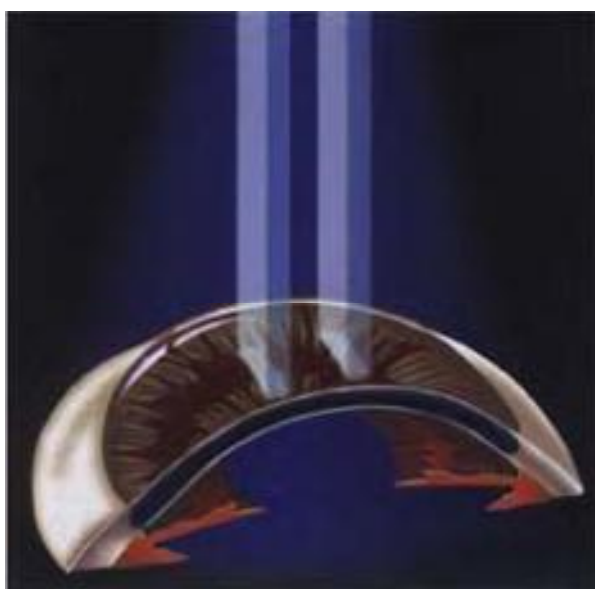


Εικόνα 9.3 : Αρχή του λέιζερ της ευρείας δέσμης (Τροποποιημένο-Ευγενική προσφορά του Benjamin F.Boyd, «Τα χρονικά της Οφθαλμολογίας»)

9.10 Λείζερ σάρωσης

Η δέσμη σάρωσης είναι μια μικρότερη και πιο ομοιογενής δέσμη και απαιτεί λιγότερο ισχυρή κεφαλή λέιζερ. Το σύστημα σάρωσης χρησιμοποιεί είτε δέσμη σάρωσης σχισμής ή μικρού σημείου για να ανιχνεύσει την επιφάνεια του κερατοειδούς. Στο σύστημα σάρωσης είναι υποχρεωτική ύπαρξη ενός συστήματος παρακολούθησης των ματιών, δεδομένου ότι είναι λιγότερο επικινδύνες ακόμη και για μικρές αποκεντρώσεις καθώς η ακτίνα είναι μικρότερη.

Λείζερ σάρωσης σχισμής: Η εκτομή μέσω σάρωσης σχισμής είναι το φωτοδιαθλαστικό σύστημα εφαρμογής δεύτερης γενιάς. Ένα λέιζερ σάρωσης σχισμής χρησιμοποιεί μια δέσμη φωτός ορθογώνιου σχήματος που σαρώνει κατά μήκος ενός ανοίγματος εντός της διαδρομής της δέσμης και αφαιρεί ομοιόμορφα τον ιστό του κερατοειδούς με διάφορους διαδοχικούς παλμούς του λέιζερ (Εικ. 9.4). Η ποσότητα του ιστού που έχει αφαιρεθεί ποικίλλει ανάλογα με το ποσό της επικάλυψης μεταξύ των παλμών. Μια ενιαία δέσμη και οι δυνητικά ομαλότερες εκτομές χαρακτηρίζουν τα λέιζερ σαρώσεως σχισμής, λόγω της μικρής περιοχής που αφαιρείται με κάθε παλμό. Αυτή η μικρή περιοχή της εκτομής παράγει ομαλότερη αφαιρετική επιφάνεια



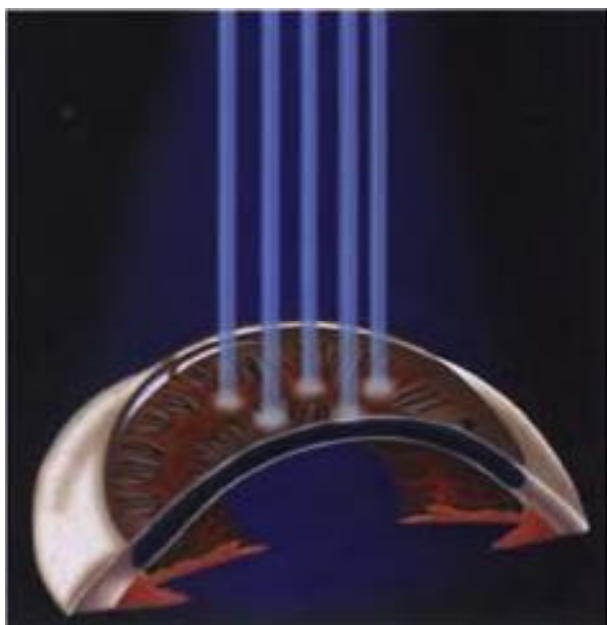
Εικόνα 9.4 : Αρχή του λέιζερ σάρωσης σχισμής (Τροποποιημένο-Ευγενική προσφορά του Benjamin F.Boyd, «Χρονικά της Οφθαλμολογίας»)

και επίσης μειώνει τις επιπλοκές «κεντρικών νησίδων». Το Nidek EK-5000 και Meditec MEL 80 χρησιμοποιούν αυτή την τεχνολογία.

Λείζερ σάρωσης σημείου. Αυτό είναι το σύστημα εφαρμογής φωτοδιαθλαστικού λέιζερ τρίτης γενιάς. Αυτό εκτελεί σάρωση με κινούμενα σημεία σε πολλαπλές κατευθύνσεις για να αφαιρέσει ένα ομοιόμορφο στρώμα ιστού από τον κερατοειδή (Εικ. 9.5). Το λέιζερ αυτό έχει ένα μικρό κυκλικό ή ελλειπτικό σημείο 1 έως 2 χιλιοστών σε διάμετρο που μετακινείται σε όλη την επιφάνεια του κερατοειδούς χιτώνα μέσω γαλβανομετρικού καθρέφτη ελεγχόμενο από υπολογιστή. Η τεχνολογία σάρωσης αυξάνει την ευελιξία στο προφίλ ή αλγόριθμο εκτομής. Μπορεί να παράγει και ασφαιρικές όχι μόνο σφαιρικές αφαιρέσεις.

Μερικοί ασθενείς με ασύμμετρους κερατοειδείς όπως του χειρουργικά επαγόμενου αστιγματισμού μετά από κερατοπλαστική, ή χειρουργική επέμβαση μετά από καταρράκτη ή κερατόκωνο μπορεί να επωφεληθούν από αυτά.

Επιτρέπει μια πολυεστιακή θεραπεία σε αντίθεση με τα λέιζερ ευρείας δέσμης που αντιμετωπίζουν το ίδιο όλους τους κερατοειδείς και δεν λαμβάνουν υπόψη τυχόν ασυμμετρία ή ανώμαλο αστιγματισμό. Παρέχει τη δυνατότητα για προσαρμοσμένη εκτομή και χρησιμοποιεί τη χαμηλότερη παραγωγή ενέργειας. Το κύριο



Εικόνα 9.5 : Αρχή του λέιζερ σάρωσης με σημείο (Τροποποιημένο-Ευγενική προσφορά του Benjamin F. Boyd, «Χρονικά της Οφθαλμολογίας»)

μειονέκτημα είναι ότι απαιτεί το μεγαλύτερο χρόνο επέμβασης και ως εκ τούτου απαιτούνται ακριβή συστήματα παρακολούθησης του οφθαλμού. Η λεπίδα Novatec Light (λείζερ στερεάς κατάστασης, όχι τύπου «excimer»), το Laser Sight Compak 200, και το Chiron Technolas Keracor 117 και 217 είναι παραδείγματα των μηχανημάτων, τα οποία χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία.

9.11 Ανιχνευτές οφθαλμού

Ανιχνευτές ματιών είναι οι συσκευές που τοποθετούν τη δέσμη εκτομής με ακρίβεια πάνω στην επιφάνεια του κερατοειδούς και αντισταθμίζουν τις κινήσεις του κεφαλιού και των ματιών του ασθενούς κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Αυτές οι συσκευές έχουν αποκτήσει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία λόγω της εμφάνισης των εξατομικευμένων αφαιρέσεων κερατοειδούς -μικρότερα μεγέθη δέσμης, ταχύτερους ρυθμούς επανάληψης και μεγαλύτερη ακρίβεια της διόρθωσης. Το σύστημα παρακολούθησης των ματιών έχει τις ακόλουθες συσκευές:

1. Συσκευή ανιχνεύσεως όπως μία φωτογραφική μηχανή ή μια φωτοδίοδος (ή συνδυασμός) που αποκτά την εικόνα.

2. Υποσύστημα επεξεργασίας το οποίο υπολογίζει τη θέση του ματιού (συνήθως ορίζεται ως το κέντρο της κόρης ή το κέντρο της ωχράς κηλίδας) από την εν λόγω εικόνα.

3. Το σύστημα ελέγχου, το οποίο κινεί την ακτίνα του λείζερ για να αντισταθμίσει οποιαδήποτε αλλαγή στη θέση του ματιού, διατηρώντας έτσι την ευθυγράμμιση.

Το μειονέκτημα του συστήματος παρακολούθησης των ματιών περιλαμβάνει την αναγκαιότητα ύπαρξης ειδικού συστήματος φωτισμού (π.χ. υπέρυθρο λείζερ) και η ευαισθησία σε μεταβολές του μεγέθους της κόρης, η επιφάνεια του κερατοειδούς και τα χαρακτηριστικά φωτισμού κατά τη διάρκεια της θεραπείας.

Μια ιδανική οθόνη των ματιών θα πρέπει να είναι γρήγορη, αξιόπιστη, μη επεμβατική, αποτελεσματική σε όλα τα χρώματα της ίριδας, και να μην επηρεάζεται από τα φώτα ευθυγράμμισης και την αφαίρεση του ιστού από τον κερατοειδή χιτώνα.

Υπάρχουν τρεις βασικές αρχές επί των οποίων στηρίζονται τα συστήματα παρακολούθησης των ματιών στη διαθλαστική χειρουργική.

Αυτές περιλαμβάνουν :

1. Φωτο-ηλεκτρική τεχνική
2. Παρακολούθηση των οφθαλμών με βάση μαγνητοσκόπηση (βίντεο)
3. Παρακολούθηση των οφθαλμών με βάση το ραντάρ του λέιζερ

9.12 Φωτοηλεκτρικές τεχνικές

Οι τεχνικές αυτές ανιχνεύουν τις κινήσεις των ματιών από τις αλλαγές στην ανάκλαση του φωτός. Συγκεντρωμένα σημεία, σχισμές ή δαχτυλίδια του φωτός προβάλλεται είτε στον κερατοειδή χιτώνα, στα όρια της ίριδας της κόρης ή στην ωχρά κηλίδα και η απάντηση από τους πολλαπλούς ανιχνευτές φωτός αναλύονται με τη χρήση αναλογικών τεχνικών επεξεργασίας σήματος.

Αν εντοπιστεί η κόρη, συνήθως φωτίζεται πίσω για να μεγιστοποιηθεί η αντίθεση και διαστέλλεται ώστε να μειωθεί η παρεμβολή από την ίδια τη διαδικασία. Η ωχρά κηλίδα δεν έχει τέτοιους περιορισμούς, καθώς είναι πολύ μακριά από την ζώνη που χειρουργείται. Αυτή η τεχνική είναι ευαίσθητη στο χρώμα της ίριδας και δεν μπορεί να ανιχνεύσει τη συστροφή.

9.13 Παρακολούθηση των οφθαλμών με μαγνητοσκόπηση

Στην παρακολούθηση μέσω βίντεο, ή το σύστημα ανοικτού βρόχου χρησιμοποιείται υπέρυθρο φως για να φωτίσει το μάτι και η εικόνα του ματιού αποκτάται από την ευαίσθητη υπέρυθρη κάμερα (Εικ. 9.6). Αν ο άξονας του φωτός και ο κερατοειδής διαφέρουν σημαντικά, η κόρη είναι ένας «νεροχύτης» του υπέρυθρου φωτός και στην εικόνα φαίνεται σκοτάδι. Ο ρυθμός δειγματοληψίας των

ανιχνευτών με βάση το βίντεο περιορίζεται από τον ρυθμό αλλαγής καρέ της κάμερας, ο οποίος είναι κατά μέσο όρο 60 Hz.



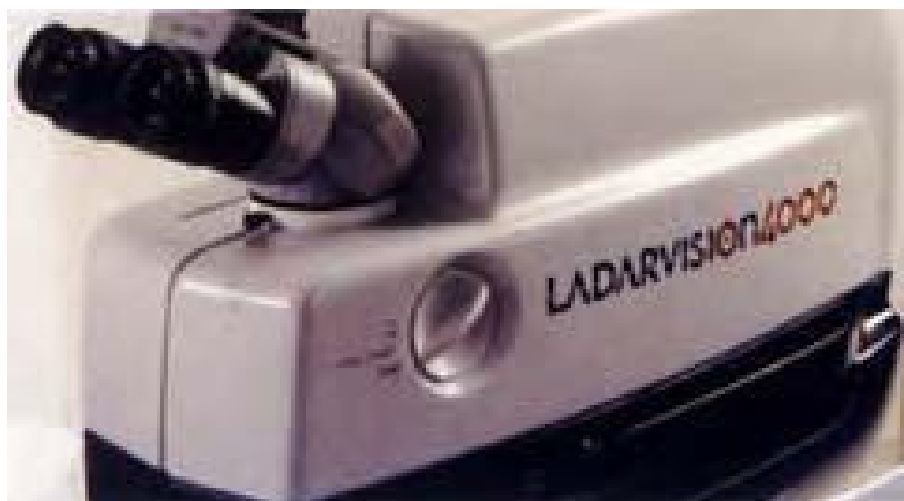
Εικόνα 9.6 : Παρακολούθηση με βίντεο: Chiron Technolas 217C

Πιστεύεται ότι ένα σύστημα που βασίζεται στο βίντεο απαιτεί να στείλει ένα πρώτο σήμα, το οποίο περιορίζει την ταχύτητα σε σχέση με την ανίχνευση με ραντάρ λέιζερ. Ένα σήμα ανιχνεύσεως οδηγεί σε ανταπόκριση στον καθρέφτη για ευθυγράμμιση και έτσι υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση που οφείλεται στην κίνηση των κατόπτρων.

Οι τεχνικές με βάση το βίντεο απαιτούν η εικόνα του οφθαλμού να ενσωματωθεί στην εικόνα του αισθητήρα, η οποία λαμβάνει 16,67 ms (NTSC) ή 20 ms (PAL) με τη χρήση τυποποιημένων καμερών. Μετά την ενσωμάτωση της εικόνας, αυτή μεταφέρεται (με βίντεο ή σήμα ψηφιακών δεδομένων) από την κάμερα στο σύστημα επεξεργασίας εικόνας που απαιτεί ακόμα 16.67 ms (NTSC) ή 20 ms (PAL). Ακόμη και αν η εικόνα υποβάλλεται σε επεξεργασία κατά τη διάρκεια αυτής της μεταφοράς, η θέση του ματιού μπορεί να εντοπισθεί μόνο με μια καθυστέρηση 33 ms (NTSC) ή 40 ms (PAL) για να ελεγχθεί το σύστημα των κατόπτρων. Κατά τη διάρκεια του χρόνου καθυστέρησης, όμως, το μάτι συνεχίζει να κινείται και κατά το χρόνο της ανίχνευσης και εκτέλεσης, μπορεί να προκύψει σημαντικό σφάλμα τοποθετήσεως του λέιζερ επί του οφθαλμού.

9.14 Παρακολούθηση με βάση λέιζερ με ραντάρ

Η παρακολούθηση του οφθαλμού με λέιζερ με ραντάρ ή με σύστημα ανίχνευσης ματιού κλειστού τύπου η οποία υπάρχει στο Alcon-Summit/ Autonomous LADARVision σαρώνει το μάτι για να βρει διάφορες αντιθέσεις στα όρια της κόρης ή / και της ίριδας για να καταστεί δυνατή η ακριβής παρακολούθηση των ματιών (Εικ. 9.7). Πιστεύεται ότι υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ της ανίχνευσης της κόρης και της απόκρισης των κατόπτρων η οποία οδηγεί σε μετακίνηση των κατόπτρων ταυτόχρονα με τη δειγματοληψία, έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία



Εικόνα 9.7 : LADARTracker-Laser Το σύστημα ανίχνευσης με ραντάρ

καθυστέρηση στην ευθυγράμμιση των κατόπτρων. Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται η ακριβής θέση του κέντρου του οφθαλμού. Το χρονικό εύρος απόκρισης κυμαίνεται από 0,04 δευτερόλεπτα για μικρές διορθώσεις έως 10 ms για μεγάλες διορθώσεις. Αυτό δίνει τη δυνατότητα τοποθέτησης του σημείου βολής ακόμη και κατά τη διάρκεια των κινήσεων του ματιού που περιλαμβάνουν εκτροπές και σακκαδικές (κινήσεις).

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της μέγιστης κίνησης των ματιών, το υψηλής ταχύτητας εύρος ζώνης του συστήματος κλειστού βρόχου LADARVision αποδίδει μέγιστο λάθος τοποθέτησης του σημείου του λέιζερ 37 mm χρησιμοποιώντας μια

γκαουσιανή δέσμη με μέση διάμετρο 0,8 mm, το οποίο μεταφράζεται σε μέγιστη λάθος τοποθέτηση του σημείου κατά 4 %. Από την άλλη πλευρά, το σύστημα παρακολούθησης με βίντεο δίνει δείγμα της κίνησης των ματιών στα 60 HZ, προσφέροντας μια τοποθέτηση του σημείου του λέιζερ περίπου 600 χιλιοστών, η οποία είναι σχεδόν 16 φορές μικρότερη σε σχέση με τις συσκευές ανίχνευσης με λέιζερ ραντάρ.

ΑΡΘΡΑ

Για την περεταίρω διερεύνηση του θέματος της πτυχιακής εργασίας επισκεφτήκαμε την ιστοσελίδα www.ncbi.nlm.nih.gov/ και χρησιμοποιήσαμε τις λέξεις κλειδιά “Lasik Complications” και βρήκαμε 89 άρθρα σχετικά με τις μετεγχειρητικές επιπλοκές της μεθόδου διαθλαστικής χειρουργικής LASIK. Σας παρουσιάζουμε ενδεικτικά κάποια ενδιαφέροντα άρθρα.

Άρθρο 1^ο

Αξιολόγηση συμπτωμάτων ξηροφθαλμίας και ανεκτικότητας του οφθαλμού σε δακρυϊκό υποκατάστατο χωρίς συντηρητικούς παράγοντες σε σύγκριση με ένα δακρυϊκό υποκατάστατο με συντηρητικούς παράγοντες

Yuri S Astakhov, Sergei Y Astakhov, Alla B Lisochkina

University Department of Ophthalmology, State Educational Establishment of Higher Professional Education, Saint Petersburg Pavlov State Medical University and of the Federal Service for Surveillance of Healthcare and Social Development of the Russian Federation, St Petersburg, Russia

Το LASIK αποτελεί μια αποτελεσματική τεχνική για την διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών όπως η μυωπία, ο αστιγματισμός και η υπερμετροπία. Παρέχει μια γρήγορη και σχετικά ανώδυνη ανάρρωση της όρασης. Παρ όλα αυτά οι επιπλοκές που παρουσιάζονται μετεγχειρητικά είναι σπάνιες. Η ξηροφθαλμία όμως έχει αναφερθεί ότι εμφανίζεται σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό ασθενών είτε παροδικά είτε και μόνιμα και το LASIK αποτελεί αποδεδειγμένα έναν παράγοντα κινδύνου για την ανάπτυξη ξηροφθαλμίας μετεγχειρητικά κυρίως για τους πρώτους 6 μήνες, ενώ ελάχιστοι είναι οι ασθενείς που συνεχίζουν να υποφέρουν.

Το θέμα αυτής της έρευνας ήταν να αξιολογηθούν τα συμπτώματα της ξηροφθαλμίας μετά από επέμβαση LASIK σε ασθενείς που έλαβαν θεραπεία με υποκατάστατο δακρύων χωρίς συντηρητικά (Hylabak) και με υποκατάστατο δακρύων με συντηρητικά (Systane). Ακόμα μελετήθηκε και η οφθαλμική ανεκτικότητα μεταξύ των δύο ομάδων.

Μέθοδος και υλικά

Η μελέτη έγινε σε ασθενείς ηλικίας μεταξύ 20-55 ετών που είχαν υποβληθεί σε επέμβαση LASIK για διόρθωση μυωπίας, αστιγματισμού ή υπερμετροπίας, οι οποίοι είχαν σταθερή αμετροπία για 2 χρόνια και είχαν επαρκές πάχος κερατοειδή $\geq 480\mu\text{m}$. Κριτήρια αποκλεισμού ήταν η ερπητική κερατίτιδα, το γλαύκωμα, ο καταρράκτης, ανωμαλίες των βλεφάρων, αλλεργίες, δυστροφίες του κερατοειδούς, ξηροφθαλμία, ιστορικό άλλων διαθλαστικών επεμβάσεων, ερυθρούς οφθαλμούς, κερατόκωνο, οποιαδήποτε αντένδειξη για επέμβαση LASIK, διαπιστωμένη υπερευαισθησία σε οποιοδήποτε συστατικό του φαρμάκου της μελέτης, εγκυμονούσες και γυναίκες πριν από την εμμηνόπαυση. Περεταίρω λόγοι αποκλεισμού ήταν οποιαδήποτε ιστορικό χρόνιας πάθησης ή φαρμακευτικής αγωγής αλλά και οποιοσδήποτε παράγοντας μπορεί να δυσχεραίνει την μελέτη. Ακόμα δεν επιτράπηκε η χρήση φαρμάκων κατά την διάρκεια της μελέτης, με εξαίρεση τα φάρμακα που απαιτούνταν για την επέμβαση.

Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, η μία ομάδα λάμβανε υποκατάστατο δακρύων με 0,15% υαλουρονικό νάτριο χωρίς επιπλέον συντηρητικά σε μορφή οφθαλμικών σταγόνων (Hylabak), και η δεύτερη ομάδα λάμβανε οφθαλμικές σταγόνες που περιλάμβαναν πολυαιθυλενογλυκόλη 400, προπυλενογλυκόλη και 0,001% χλωριούχο polidronium (Systane). Και στις δύο περιπτώσεις η θεραπεία διήρκησε 3 μήνες με καθημερινή χρήση 1 σταγόνας σε κάθε οφθαλμό 4 φορές την ημέρα. Κάθε ασθενής έκανε χρήση του ίδιου υποκατάστατου και στους 2 οφθαλμούς του.

Οι ασθενείς εξετάστηκαν την επομένη του χειρουργείου και μετά την 28^η και 84^η μέρα μετά το χειρουργείο και αξιολογήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

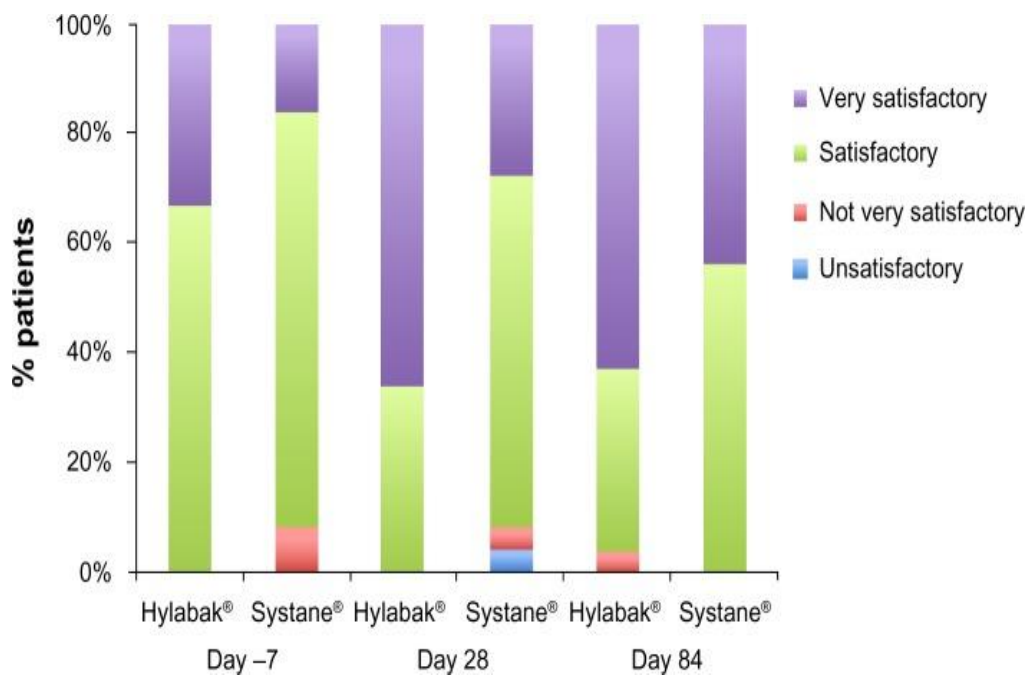
- Στο πως αισθάνονται την ξηρότητα στην πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδή τους (κάψιμο, τσούξιμο, ευαισθησία στο φως κλπ)
- Στο πόσο ανεκτή ήταν η αίσθηση
- Εξέταση της οπτικής οξύτητας
- Εξέταση με σχισμοειδή λυχνία
- Break Up Time test
- Πτυχώσεις μεταξύ ορίου τομής κρημονού και κερατοειδούς

- Παρενέργειες
- Αξιολόγηση της συμμόρφωσης των ασθενών με την θεραπεία

Αποτελέσματα

Πενήντα τέσσερις ασθενείς εξετάστηκαν και συμμετείχαν στην μελέτη. Δύο ασθενείς αποκλείστηκαν από την ομάδα Systane. Έτσι η μελέτη βασίστηκε σε 27 ασθενής της ομάδας Hylabak και 25 ασθενής της ομάδας Systane. Επίσης δεν υπήρχαν σημαντικές δημογραφικές διαφορές μεταξύ των ομάδων και υπήρξε μια υπεροχή των θηλυκών και στις δύο ομάδες. Ακόμα δεν παρουσιάστηκαν επιπλοκές που οφείλονταν στην θεραπεία.

Στο αποτέλεσμα που κατέληξαν ήταν ότι το υποκατάστατο δακρύων χωρίς συντηρητικά Hylabak δεν είναι κατώτερο και θεωρείται αποτελεσματικό για την αντιμετώπιση της ξηροφθαλμίας σε άτομα που έχουν υποβληθεί σε επέμβαση LASIK σε σύγκριση με το Systane που περιέχει συντηρητικούς παράγοντες. Και προτιμάται η χρήση σκευασμάτων σε ασθενείς με ξηροφθαλμία που εμφανίστηκε μετά από επέμβαση Lasik για την αποφυγή αλλεργικών αντιδράσεων στους συντηρητικούς παράγοντες.



Άρθρο 2°

Femtosecond laser versus mechanical microkeratome for LASIK flap creation

Hasimoto AR, Gomes MF, de Siqueira MA, Moreira H.

Για να εκτιμηθεί η το περύγιο που δημιουργείται από το femtosecond laser σε σχέση με τον αυτόματο μικροκερατόμο μελετήθηκαν 32 μάτια 16 ασθενών. Και οι δύο οφθαλμοί όλων των ασθενών χειρουργήθηκαν με διαφορετική μέθοδο στο κάθε μάτι. Το ένα μάτι χειρουργήθηκε με μικροκερατόμο Hansatome Baysch & Lomb και το άλλο μάτι κάθε ασθενή χειρουργήθηκε με Femtosecond Laser Fenmto LDV Ziemer. Οι ασθενείς επιλέχθηκαν από το τμήμα διαθλαστικής χειρουργικής του Οφθαλμολογικού Νοσοκομείου του Παναμά μεταξύ Ιουλίου 2010 και Σεπτέμβριο 2010. Τα κριτήρια επιλογής των ασθενών ήταν μυωπία λιγότερη των 6.00D, αστιγματισμό μικρότερο των 3.00D, υπερμετροπία μικρότερη των 5.00D, σταθερή συνταγή διαθλαστικής εξέτασης για πάνω από ένα χρόνο, διάμετρο κόρης μικρότερη των 11mm, μη χρήση φακών επαφής για 7 μέρες πριν από το χειρουργείο, διορθωμένη όραση το λιγότερο 20/20. Οι οφθαλμοί επιλέχθηκαν τυχαία για την κάθε τεχνική. Οι μεταβλητές που μελετήθηκαν μετεγχειρητικά ήταν η οπτική οξύτητα με και χωρίς διόρθωση, το υπολειπόμενο διαθλαστικό σφάλμα, οι εκτροπές υψηλής τάξης, η οπτική οξύτητα χαμηλής αντίθεσης και την υποκειμενική προτίμηση του ασθενή για έναν από τους δύο οφθαλμούς του. Όλες οι μεταβλητές ήταν παρόμοιες και για τα δύο μάτια κάθε ασθενή. Συμπερασματικά για μικρές αμετροπίες δεν μπόρεσαν να εντοπιστούν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων που να δίνουν πλεονέκτημα σε κάποια από της δυο τεχνικές.

Άρθρο 3°

Dry eye after LASIK with a femtosecond laser or a mechanical microkeratome.

Sun CC¹, Chang CK, Ma DH, Lin YF, Chen KJ, Sun MH, Hsiao CH, Wu PH.

Η ξηροφθαλμία αποτελεί την πιο κοινή επιπλοκή μετά από επέμβαση LASIK και σχετίζεται με την απονεύρωση του κερατοειδή. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για να συγκρίνει τις παραμέτρους και την ευαισθησία του κερατοειδή στην ξηροφθαλμία μετά από επέμβαση LASIK σε οφθαλμούς που χρησιμοποιήθηκε η τεχνική Femtosecond και σε οφθαλμός που χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του μικροκερατόμου για την δημιουργία κρημνού.

Μέθοδος

Με αυτή την προοπτική πραγματοποιήθηκε μια μη τυχαιοποιημένη συγκριτική μελέτη σε 87 ασθενής διαδοχικά, 44 από τους οποίους υποβλήθηκαν σε επέμβαση LASIK με την χρήση femtosecond laser και οι υπόλοιποι 43 υποβλήθηκαν σε επέμβαση LASIK υποβοηθούμενη από μικροκερατόμο. Οι ομάδες ήταν ίδιας ηλικίας και φύλου. Οι μεταβλητές που μελετήθηκαν προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά σε διάστημα 1 εβδομάδας, 1 μήνα, 3 μηνών και 6 μηνών ήταν η ευαισθησία του κερατοειδούς, Schirmer test, BUT, χρώση του επιπεφυκότα και του κερατοειδή και ένα υποκειμενικό ερωτηματολόγιο.

Αποτελέσματα

Η ευαισθησία του κερατοειδή αποκαταστάθηκε σταδιακά και στις δύο ομάδες, οι τιμές των δοκιμών με schirmer δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε όλα τα χρονικά σημεία μετεγχειρητικά μεταξύ των δύο ομάδων. Η εμφάνιση κερατοειδικής επιθηλιοπάθειας είναι αναμενόμενη μετά την επέμβαση LASIK αλλά δεν είχε διαφορά στην χρώση μεταξύ των δύο ομάδων. Οι βαθμολογίες του ερωτηματολογίου αυξήθηκαν και στις δύο ομάδες μετεγχειρητικά. Το BUT ήταν η μόνη παράμετρος η οποία ήταν στατιστικά υψηλότερη στην ομάδα FS από ό, τι στην ομάδα MK.

Συμπέρασμα

Τόσο το femtosecond laser όσο και ο μικροκερατόμος παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα σε όλες τις μεταβλητές με εξαίρεση την εξέταση του BUT όπου η ομάδα του femtosecond είχε πολύ υψηλότερα σκορ σε σχέση με την ομάδα των οφθαλμών που χειρουργήθηκαν με μικροκερατόμο.

Συμπεράσματα

Από το σύνολο των ερευνών καταλάβαμε ότι η διαθλαστική χειρουργική είναι ένας τομέας της οφθαλμολογίας που συνεχώς αναπτύσσεται, πραγματοποιούνται συνεχώς νέες έρευνες και εξελίσσονται νέες τεχνολογίες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία - Ξενόγλωσσα

- Refractive surgery Section 13, American Academy of Ophthalmology 2011-2012
- **Benjamin F.Boyd MD, F.A.C.S.**, Atlas of Refractive Surgery, Highlights of Ophthalmology,
- **Amar Agarwal, Athiya Agarwal, Soosan Jacob**, Jaypee Gold Standard Mini Atlas Series LASIK, JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS LTD, 2009
- **Dimitri T.Azar, Douglas D. Koch**, LASIK PRK AND EXCIMER LASER STROMAL SURFACE ABLATION, MARCEL DEKKER NEW YORK,2005
- **Dimitri T. Azar, Douglas D. Koch**, LASIK, MARCEL DEKKER New York,2003
- **Rasik B. Vajraeyee, Samir A. Melki, Namrata Sharma, Laurence Sullivan**, LASIK SURGERY, Taylor & Francis, 2006
- **Michelle Hanratty**, Lasik A Handbook for Optometrists, Elsevier, 2005

Βιβλία - Ελληνικά

- **Γ. Ασημέλλης, Κ. Κατσούλος, Α. Καραγεωργιάδης, Δ. Μακρυνιώτη, Ν. Βασιλείου, Θ. Μουσαφειρόπουλος, Κ. Μπαχάρης**, ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΟΡΑΣΗ, Σύγχρονη γνώση 2007
- **Α.Γ Δαμανάκης**, ΔΙΑΘΛΑΣΗ, Π.Χ. Πασχαλίδης 2011
- **Μ.Π Μαγουλάς**, ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ & WAVEFRONT, ΒΗΤΑ Ιατρικές Εκδόσεις 2005

Διατριβές

- **Μ. Μακροπούλου**, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ – ΒΙΟΦΥΣΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2007

Άρθρα

- **Κυμιωνής ΓΔ, Σιγανός Χ., Βασιλόπουλος Γ.** Intracorneal Ring Segments, 42ο Πανελλήνιο Οφθαλμολογικό συνέδριο, Χερσόνησος, Κρήτη, 2009
- **Μπούσαλης Π.** Femtosecond Laser, <http://www.bousalis.gr/femtosecond-laser.html>
- **Yuri S Astakhov, Sergei Y Astakhov, Alla B Lisochkina**, Assessment of dry eye signs and symptoms and ocular tolerance of a preservative-free lacrimal substitute versus a preserved lacrimal substitute used for 3 months in patients after LASIK, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24353401>, 9 Δεκ 2013.

- **Hasimoto AR, Gomes MF, de Siqueira MA, Moreira H.** Femtosecond laser versus mechanical microkeratome for LASIK flap creation, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24510077>, Νοεμ-Δεκ 2013
- **Sun CC, Chang CK, Ma DH, Lin YF, Chen KJ, Sun MH, Hsiao CH, Wu PH.** Dry eye after LASIK with a femtosecond laser or a mechanical microkeratome, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23912969>, Οκτ 2013