



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ο ρόλος της τοπογραφίας στη διάγνωση του
κερατόκωνου
Σύγχρονες τεχνικές αντιμετώπισης**

Τριβλή Αναστασία

Καλλίνικος Παναγιώτης

Αίγιο, 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία που ακολουθεί αποτελεί πόνημα της τελειόφοιτης σπουδάστριας του τμήματος Οπτικής – Οπτομετρίας του παραρτήματος Αιγίου του Α.Τ.Ε.Ι Πάτρας, Τριβλή Αναστασίας.

Ο κερατόκωνος είναι μία οφθαλμολογική πάθηση που οδηγεί σε παραμόρφωση της επιφάνειας του κερατοειδούς με αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση της οπτικής οξύτητας του ασθενούς. Τα άτομα που προσβάλλονται από κερατόκωνο βρίσκονται κυρίως στην εφηβεία ή στην νεανική ηλικία και η μείωση της οπτικής τους ικανότητας μπορεί να αποτελέσει τροχοπέδη στις μαθησιακές ή επαγγελματικές τους δραστηριότητες. Η έγκαιρη αποκατάσταση της ακεραιότητας της οπτικής λειτουργίας, ειδικά σε ένα νέο άνθρωπο, έχει τεράστια σημασία τόσο για τον ίδιο, όσο και για την κοινωνία. Το κόστος θεραπείας ενός προχωρημένου κερατόκωνου είναι πολλαπλά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος στην αρχόμενη μορφή του. Αλλά και τα αποτελέσματα στην έγκαιρη αντιμετώπιση είναι πολύ καλύτερα. Ως εκ τούτου, η πρόωμη διάγνωση του κερατόκωνου θα βοηθήσει στην έγκαιρη θεραπεία, η οποία με τη σειρά της θα σταματήσει την εξέλιξη του και τις αρνητικές του επιπτώσεις στην οπτική λειτουργία του ασθενούς. Η ανίχνευση των παραμορφώσεων της κερατοειδικής επιφάνειας γίνεται με τις συσκευές τοπογραφίας. Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επεκταθεί και στον τομέα της τοπογραφίας του κερατοειδούς και έχει συμβάλει τα μέγιστα στην πρόωμη διάγνωση και την έγκαιρη αντιμετώπιση του κερατόκωνου. Η επιλογή του θέματος της εργασίας που ακολουθεί έγινε με γνώμονα την τεράστια σημασία που έχει, όπως θα αποδειχθεί στη συνέχεια, η τοπογραφία του κερατοειδούς στην πρόωμη διάγνωση και θεραπεία του κερατόκωνου. Επιχειρείται μια όσο το δυνατό πιο σύγχρονη προσέγγιση του θέματος, ώστε ο αναγνώστης να ενημερωθεί σχετικά με τα τελευταία δεδομένα στη διάγνωση και τη θεραπεία του κερατόκωνου, όπως προκύπτουν από τις νεώτερες δημοσιεύσεις έγκριτων επιστημόνων που έχουν ασχοληθεί διεξοδικά με το θέμα.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με κάθε τρόπο τόσο στην εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας, όσο και στην συνολική μου πορεία στο τμήμα Οπτικής – Οπτομετρίας του ΑΤΕΙ Πάτρας:

- Τον νυν προϊστάμενο Δρ. Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη, αλλά και τον απελθόντα Γεώργιο Μπαράκο, για την αμέριστη βοήθειά τους και το «πατρικό» ενδιαφέρον που έδειξαν απέναντι σε εμένα προσωπικά, αλλά και σε όλους τους

συμφοιτητές μου. Παρά τις δυσκολίες που απορρέουν από το γεγονός ότι το τμήμα ήταν νεοσύστατο, αντιμετώπισαν με αξιοθαύμαστη ετοιμότητα κάθε πρόβλημα που ανέκυπτε στην πορεία και συνέβαλαν τα μέγιστα στην άρτια εκπαίδευσή μας.

- Όλους τους καθηγητές μου, οι οποίοι κατά τη διάρκεια των τεσσάρων χρόνων της φοίτησής μου μού παρείχαν όλες τις απαραίτητες γνώσεις για την άρτια επιστημονική μου κατάρτιση.
- Τον οπτικό – οπτομέτρη Βασίλη Μούζουλα, ο οποίος, εκτός από καθηγητής μου στα μαθήματα «Τεχνολογία Οφθαλμικών Φακών» και «Φακοί Επαφής II» υπήρξε και καθοδηγητής μου στην πρακτική άσκηση. Ήταν ο πρώτος συνάδελφος που με τον δικό του ξεχωριστό τρόπο με μύησε στα «μυστικά του επαγγέλματος» και μαζί του έκανα τα πρώτα δειλά μου επαγγελματικά βήματα.
- Τον φιλόλογο Δημήτρη Κανδρή, ο οποίος έκανε τις απαραίτητες συντακτικές διορθώσεις και επιμελήθηκε την νοηματική αρτιότητα του κειμένου.
- Τέλος το μεγαλύτερο ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ το οφείλω στον «μέντορα» και καθοδηγητή μου στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας, Παναγιώτη Καλλίνικο MSc / PhD, ο οποίος εξασφάλισε την κατάλληλη βιβλιογραφία και στάθηκε δίπλα μου σε κάθε βήμα δίνοντας τις απαραίτητες συμβουλές και κάνοντας τις αναγκαίες διορθώσεις, προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

ΑΙΓΙΟ 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην ανασκόπηση της παθολογίας του κερατόκωνου και της διαγνωστικής προσέγγισης του ασθενούς, καθώς και στην ενημέρωση του αναγνώστη σχετικά με τις νεώτερες εξελίξεις στη διάγνωση και στη θεραπεία της νόσου.

Η βασική διάρθρωση της γίνεται σε τρία κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο, το οποίο χωρίζεται σε τρεις ενότητες, εξετάζεται γενικά ο κερατόκωνος. Στην πρώτη ενότητα δίνεται ο ορισμός της νόσου και εξετάζονται με συντομία ιστορικά, δημογραφικά και στατιστικά στοιχεία. Στη δεύτερη ενότητα εξετάζονται η αιτιολογία, η παθογένεια, τα υποκειμενικά συμπτώματα και τα κλινικά σημεία της νόσου. Τέλος η τρίτη ενότητα εξετάζει τα συνοδά νοσήματα, τη διαφορική διάγνωση, την ταξινόμηση και την εξέλιξη του κερατόκωνου.

Το δεύτερο κεφάλαιο ασχολείται με την τοπογραφία του κερατοειδούς. Στην πρώτη ενότητά του περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα όλων των διαθέσιμων συσκευών απεικόνισης της κερατοειδικής επιφάνειας. Στη δεύτερη ενότητα περιγράφονται τα παθολογικά ευρήματα στον κερατόκωνο, όπως τα κατέγραψαν όλες οι διαθέσιμες συσκευές τοπογραφίας σε διάφορες δημοσιευμένες μελέτες.

Το τελευταίο κεφάλαιο πραγματεύεται την θεραπευτική αντιμετώπιση του κερατόκωνου. Συγκεκριμένα εξετάζονται οι συντηρητικές μέθοδοι (γυαλιά και φακοί επαφής), καθώς και οι χειρουργικές μέθοδοι θεραπείας (ενδοκερατικοί δακτύλιοι, διασύνδεση κερατοειδικού κολλαγόνου και κερατοπλαστική). Μεγαλύτερη βαρύτητα δίνεται στην εξέταση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων και στη συμβολή της τοπογραφίας στην αξιολόγηση κάθε μεθόδου.

Συμπερασματικά η τοπογραφία κερατοειδούς είναι μια πολύτιμη μέθοδος στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μεθόδων θεραπείας του κερατόκωνου. Η παρούσα εργασία ανατρέχει στα τελευταία σχετικά με το θέμα, βιβλιογραφικά δεδομένα και προσπαθεί σταχυολογώντας τα να τα θέσει στη διάθεση των ειδικών.

ABSTRACT

The present paper focuses on the review of the keratoconus' pathology and the diagnostic approach of the patient, as well as the information of the reader about the newest developments on the diagnosis and treatment of the condition.

Its basic formation consists of three chapters.

In the first chapter, which is divided in three parts the keratoconus is generally examined. In the first part is given the definition of the condition and are examined in brief, historical, demographical and statistical data. In the second part, are examined causes, pathogenesis, subjective symptoms and clinical signs of the condition. Finally, the third part examines collateral conditions, differential diagnosis, classification and progress of keratoconus.

The second chapter is about the corneal topography. In its first part are described the way of function, advantages and disadvantages of all available imaging devices of the corneal surface. In the second part are described the pathological findings in keratoconus as recorded by all available topography devices in various published studies.

The last chapter examines the therapeutic approach of keratoconus. In more detail are examined the conservative methods (spectacles and contact lenses), as well as the surgical methods (intracorneal ring segments, corneal collagen cross-linking and keratoplasty). Of the utmost importance is the examination of the advantages and disadvantages and the help of topography in the evaluation of each method.

In conclusion, corneal topography is a valuable method in the evaluation of the efficiency of the therapeutic approach in keratoconus. The present paper reviews the latest references and tries by narrowing them down to make them available to the experts.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	III
ABSTRACT	IV
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	X
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ.....	6
ΟΡΙΣΜΟΣ	6
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	6
ΤΙ ΠΡΟΚΑΛΕΙ Ο ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΣ	7
ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	7
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	8
ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ	9
ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΥ	9
Α. Μέτρηση οπτικής οξύτητας.....	10
Β. Εξέταση με στενωπικό δίσκο (pinhole).....	10
Γ. Καθορισμός ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση (Contrast Sensitivity Function, C.S.F.).....	10
Δ. Βιομικροσκόπηση (εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία).....	10
Ε. Άμεση οφθαλμοσκόπηση.....	13
ΣΤ. Σκιασκοπία	14
Ζ. Κερατομετρία.....	14
Η. Φωτοκερατοσκόπηση με το δίσκο του Placido	14
Θ. Τοπογραφία κερατοειδούς.....	14
ΙΣΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΕΣ – ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ.....	14
Α. Επιθήλιο.....	15
Β. Βασική μεμβράνη	15
Γ. Νευρικές ίνες.....	15

Δ. Μεμβράνη του Bowman	15
Ε. Στρώμα.....	16
ΣΤ. Μεμβράνη του Descemet.....	17
Ζ. Ενδοθήλιο	17
ΣΥΝΟΔΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ.....	17
Α. Συστηματικά νοσήματα	17
Ατοπία	17
Σύνδρομο Down	18
Σύνδρομο Ehlers – Danlos, ατελής οστεογένεση.....	18
Πρόπτωση μιτροειδούς βαλβίδας.....	18
Σακχαρώδης διαβήτης	18
Άλλα συνοδά συστηματικά νοσήματα	18
Β. Οφθαλμικά νοσήματα	19
Εαρινή κερατοεπιπεφυκίτιδα ή εαρινός κατάρρους.....	19
Ατοπική κερατοεπιπεφυκίτιδα	19
Μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια.....	19
Συγγενής αμαύρωση Leber.....	19
Αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας	20
Προοδευτική δυστροφία κωνίων.....	20
Ανιριδία	20
Ιριδόσχιση	20
Ενδοθηλιακή δυστροφία Fuchs	20
ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ – ΠΑΘΟΓΕΝΕΣΗ.....	20
Α. Γενετικοί μηχανισμοί.....	21
Β. Βιοχημικοί μηχανισμοί	21
Γ. Μηχανικοί μηχανισμοί.....	22
Δ. Άλλοι μηχανισμοί	22

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	23
Α. Κλινική ταξινόμηση	23
Β. Μορφολογική ταξινόμηση.....	24
Γ. Ταξινόμηση βάσει της γωνίας Amsler, η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κερατοειδικών ειδώλων στο κερατόμετρο Javal	25
Δ. Ταξινόμηση βάσει των κεντρικών κερατομετρικών ενδείξεων	25
ΕΞΕΛΙΞΗ – ΠΡΟΒΛΕΨΗ.....	25
ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ.....	25
Α. Διαυγής περιφερική εκφύλιση (pellucid marginal degeneration).....	26
Β. Κερατόσφαιρα (keratoglobus)	27
Γ. Οπίσθιος κερατόκωνος (posterior keratokonus)	29
Δ. Συγγενές πρόσθιο σταφύλωμα.....	30
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ	30
Α. Κερατομετρία (Keratometry)	31
Β. Κερατοσκόπηση (Keratometry).....	32
Γ. Βιντεοκερατοσκόπηση (Computerized videokeratography, C.V.K)	35
Δ. Τομογραφία σχισμοειδούς σάρωσης κερατοειδούς (Slit-scanning tomography)	36
Ε. Περιστροφική απεικόνιση Scheimpflug (Scheimpflug imaging)	39
ΣΤ. Οπτική τομογραφία συνοχής (Ocular coherence tomography, OCT)	40
Ζ. Πολύ υψηλής συχνότητας υπερηχογραφία σάρωσης ή υπερηχογραφική βιομικροσκόπηση (Very high frequency VHF ultrasound scanning).....	41
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΣΕ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟ	42
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΜΕ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟ	45
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΥ	46
Α. Συντηρητικές (Γυαλιά – Φακοί επαφής)	46
Γενικές οδηγίες για την επιτυχή διόρθωση του κερατόκωνου	46
Διόρθωση του κερατόκωνου με γυαλιά	46
Διόρθωση του κερατόκωνου με φακούς επαφής.....	47

I. Γενικές θεωρήσεις σχετικές με την ορθή εφαρμογή φακών επαφής στον κερατόκωνο	47
II. Είδη φακών επαφής που χρησιμοποιούνται στη διαθλαστική διόρθωση του κερατόκωνου	48
III. Ημίσκληροι αεροδιαπερατοί φακοί επαφής (Rigid Gas Permeable, RGP)	48
1. Επαφή με τον κώνο ή επίπεδη εφαρμογή (apical bearing – flat fitting)	49
Χαρακτηριστικά	49
Πλεονεκτήματα	49
Μειονεκτήματα	50
2. Καθαρός κώνος ή σφιχτή εφαρμογή (apical clearing – steep fitting)	50
Χαρακτηριστικά	50
Πλεονεκτήματα	51
Μειονεκτήματα	51
3. Επαφή τριών σημείων ή ενδιάμεση εφαρμογή (three – point touch)	51
Χαρακτηριστικά	51
Πλεονεκτήματα	52
Μειονεκτήματα	52
<i>Είδη RGP για κερατόκωνο</i>	54
1. Rose K (Menicon Co., Ltd)	54
2. Menicon Z (Menicon Co., Ltd)	54
3. RGP πολλαπλών καμπυλοτήτων	55
IV. Μαλακοί φακοί επαφής (Soft Contact Lenses)	56
<i>Είδη μαλακών φακών επαφής για κερατόκωνο</i>	57
V. Σύστημα φακών επαφής Piggyback (Piggyback Contact Lens, PBCL)	58
Παραδοσιακός τύπος PBCL ή δίδυμοι φακοί επαφής	60
VI. Υβριδικοί φακοί επαφής (Hybrid Contact Lenses)	61
VII. Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής μεγάλης διαμέτρου (Large Diameter RGP Contact Lenses)	63
Σκληρικοί φακοί επαφής στον κερατόκωνο	64

B. Χειρουργικές.....	66
Ενδοκερατικοί δακτύλιοι (Intracorneal Ring Segments, ICRS).....	66
I. Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή	66
II. Τύποι ICRS	67
III. Πως δουλεύουν τα ICRS	69
IV. Ενδείξεις εμφύτευσης ICRS	70
V. Χειρουργικές τεχνικές εμφύτευσης ICRS	70
VI. Επιπλοκές εμφύτευσης ICRS	73
VII. Αποτελέσματα εμφύτευσης ICRS στον κερατόκωνο	75
Διασύνδεση κερατοειδικού κολλαγόνου (Corneal Collagen Cross Linking, CXL)....	80
I. Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή	80
II. Πως δουλεύει η CXL	82
III. Ενδείξεις CXL	83
IV. Αντενδείξεις CXL	85
V. Χειρουργική τεχνική CXL.....	86
VI. Επιπλοκές CXL	87
VII. Αποτελέσματα της CXL στον κερατόκωνο	89
Κερατοπλαστική ή μεταμόσχευση κερατοειδούς (Keratoplasty or corneal transplantation)	90
I. Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή	90
II. Διαμπερής κερατοπλαστική (Penetrating keratoplasty)	91
III. Κερατοπλαστική μερικού πάχους (Lamellar keratoplasty)	97
IV. Πρόσθια εν τω βάθει μερικού πάχους κερατοπλαστική (Deep Anterior Lamellar Keratoplasty, DALK)	102
V. Κερατοπλαστική υποβοηθούμενη από femtosecond laser	104
VI. Κερατοπλαστική αγωγιμότητας (Conductive Keratoplasty, CK)	105
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A.O = Αριστερός Οφθαλμός.

Δ.O = Δεξιός Οφθαλμός.

E.O.Π = Ενδοθάλμια Πίεση.

K.N.Σ = Κεντρικό Νευρικό Σύστημα.

M.M.Π = Μητρική Μεταλοπρωτεΐνωση.

O.Z = Οπτική Ζώνη.

A.I.D.S – Acquired Immune Deficiency Syndrome = Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας.

B.C.V.A – Best Corrected Visual Acuity = καλύτερη οπτική οξύτητα με διόρθωση.

B.S.C.V.A – Best Spectacle Corrected Visual Acuity = καλύτερη οπτική οξύτητα με γυαλιά.

C.E – Conformité Européenne = σήμα πιστοποίησης καταναλωτικού αγαθού σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

C.K – Conductive Keratoplasty = κερατοπλαστική αγωγιμότητας.

CQ – camphorquinone = καμφοροκινόνη.

C.S.F – Contrast Sensitivity Function = λειτουργία ευαισθησίας αντίθεσης.

D – dioptre = διοπτρία (μονάδα μέτρησης οπτικής ισχύος).

C.X.L – Corneal Cross Linking = διασύνδεση κερατοειδικού κολλαγόνου.

D.A.L.K – Deep Anterior Lamellar Keratoplasty = πρόσθια εν τω βάθει μερικού πάχους κερατοπλαστική.

F.D.A – Food Drink Administration = διεύθυνση ποτών και τροφίμων (Αμερικανική αρχή πιστοποίησης καταλληλότητας καταναλωτικών αγαθών).

I.C.R.S – IntraCorneal Ring Segments = ενδοκερατικοί δακτύλιοι.

L.A.S.I.K – Laser Assisted In Situ Keratomileusis = υποβοηθούμενη από laser επί τόπου κερατοσμίλευση.

P.B.C.L – Piggy Back Contact Lenses = ειδικός τύπος φακών επαφής για κερατόκωνο που περιγράφεται αναλυτικά στο κυρίως θέμα.

P.M.M.A – PolyMethylMethAcrylate = πολυμεθυλμεθακρυλικό.

P.R.K – Photorefractive Keratectomy = φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή.

R.G.P – Rigid Gas Permeable (contact lens) = σκληρός αεροδιαπερατός (φακός επαφής).

T.G.C.K – Topography Guided Conductive Keratoplasty = τοπογραφικά καθοδηγούμενη κερατοπλαστική αγωγιμότητας.

V.H.F – Very High Frequency = πολύ υψηλή συχνότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θέμα το οποίο διαπραγματεύεται η παρούσα εργασία έχει τον τίτλο: «Ο ρόλος της τοπογραφίας στη διάγνωση του κερατόκωνου. Σύγχρονες τεχνικές αντιμετώπισης». Συγκεκριμένα επιχειρείται μία νέα προσέγγιση όχι μόνο των χαρακτηριστικών του κερατόκωνου και των σύγχρονων μεθόδων αντιμετώπισής του, αλλά και του ρόλου τον οποίο διαδραματίζουν όλες οι διαθέσιμες τεχνικές τοπογραφίας του κερατοειδούς στη διάγνωση του.

Ο κερατόκωνος είναι μία εκφυλιστική πάθηση, κύριο χαρακτηριστικό της οποίας είναι η αλλαγή του σχήματος της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας, η οποία από σφαιρική γίνεται κωνική. Ο κύριος ρόλος του κερατοειδούς είναι διαθλαστικός, ευθύνεται δηλαδή σε μεγάλο ποσοστό για την ποιότητα της εικόνας που σχηματίζεται επάνω στον αμφιβληστροειδή. Η αλλαγή του σχήματος της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς στον κερατόκωνο καταλήγει τελικά σε τροποποίηση της διαθλαστικής του κατάστασης, με κύρια χαρακτηριστικά την μυωπία και τον ανώμαλο αστιγματισμό. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του κερατόκωνου είναι συχνή αλλαγή της διάθλασης του ασθενούς λόγω αύξησης του αστιγματισμού. Ο οπτικός – οπτομέτρης κατά τη διάρκεια της επαγγελματικής του σταδιοδρομίας καλείται συχνά να αντιμετωπίσει περιπτώσεις ασθενών με διαταραχές οπτικής οξύτητας που οφείλονται σε αστιγματισμό. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό γι' αυτόν να διαθέτει τόσο τις γνώσεις, όσο και τον εξοπλισμό που θα τον βοηθήσουν να διαγνώσει κάθε ύποπτο περιστατικό κερατόκωνου. Η πρώιμη διάγνωση έχει καθοριστική σημασία στην επιλογή του κατάλληλου τρόπου θεραπείας του κερατόκωνου, η οποία με τη σειρά της θα συμβάλλει στην ανακοπή της εξέλιξής του και στην έγκαιρη αποκατάσταση της οπτικής λειτουργίας.

Η διάγνωση του κερατόκωνου, καθώς και η διαφορική του διάγνωση παρουσιάζουν συχνά αυξημένη δυσκολία. Αυτή η αυξημένη δυσκολία, η οποία προσδίδει στον κερατόκωνο ένα χαρακτήρα ενίοτε «αινιγματικό», λειτούργησε σαν πρόκληση για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος. Ο ασθενής με κερατόκωνο παρουσιάζει ορισμένα τυπικά χαρακτηριστικά, τα οποία βοηθούν τον οπτικό – οπτομέτρη να θέσει τη διάγνωση. Είναι συνήθως έφηβος ή νεαρός ενήλικας με «ανεξήγητη» προοδευτική μείωση της οπτικής του οξύτητας, ο οποίος τις περισσότερες φορές έχει επισκεφθεί και άλλους ειδικούς αναζητώντας λύση στο πρόβλημά του. Ο τυπικός κερατοκωνικός ασθενής έχει χρειαστεί να αλλάξει πολλές φορές τα γυαλιά του μέσα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, χωρίς να μένει

τελικά ικανοποιημένος. Παράλληλα όμως με όλες τις ομοιότητες που εμφανίζουν οι ασθενείς με κερατόκωνο, ο οπτικός – οπτομέτρης θα πρέπει πάντοτε να έχει υπ' όψη του ότι κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερη προσοχή. Στον κερατόκωνο είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλιστεί αгаστή συνεργασία μεταξύ ασθενούς και οπτικού – οπτομέτρη, καθώς αυτή θα καθορίζει κάθε φορά ποιο θα είναι το επόμενο βήμα στη θεραπεία του. Θα μπορούσαν λοιπόν τόσο η διάγνωση, όσο και η διαθλαστική διόρθωση του κερατόκωνου να χαρακτηριστούν σαν πράξεις που συνδυάζουν τέχνη και επιστήμη.

Η παρούσα εργασία είναι βιβλιογραφική. Αρχικά γίνεται μία προσπάθεια γενικής ανασκόπησης του κερατόκωνου χωρίς επέκταση σε εξεζητημένες λεπτομέρειες. Προς αυτή την κατεύθυνση τα δημογραφικά και στατιστικά στοιχεία προσεγγίζονται επιγραμματικά, ενώ γίνεται μία περισσότερο εκτενής αναφορά στα υποκειμενικά συμπτώματα, στα κλινικά σημεία και στα μορφοπαθολογικά χαρακτηριστικά της νόσου. Δεν παραλείπεται επίσης η εξέταση των συνοδών νοσημάτων, αλλά και των νοσημάτων από τα οποία ο κερατόκωνος πρέπει να διαγνωσθεί διαφορετικά.

Στη συνέχεια εξετάζονται όλες οι μέθοδοι απεικόνισης και μελέτης των διάφορων κερατοειδικών παραμέτρων, από τις πιο κλασικές και απλές έως τις πλέον σύγχρονες και πολύπλοκες. Συγκεκριμένα γίνεται μία προσπάθεια παρουσίασης των βασικών αρχών της τοπογραφίας, καθώς και του διαθέσιμου εξοπλισμού απεικόνισης της κερατοειδικής επιφάνειας, όπου αναλύονται ο τρόπος λειτουργίας των συσκευών τοπογραφίας κερατοειδούς, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Ακολουθεί η παράθεση τοπογραφικών ευρημάτων σε κερατόκωνο με τη βοήθεια όλων των διαθέσιμων συστημάτων, καθώς και η μεταξύ τους σύγκριση με σκοπό να προσδιορισθεί κατά το μέτρο του δυνατού ποια είναι η καταλληλότερη συσκευή για κάθε περίπτωση.

Τέλος γίνεται ανασκόπηση όλων των τρόπων αντιμετώπισης του κερατόκωνου, συντηρητικών και χειρουργικών, με ιδιαίτερη μνεία στη συμβολή της τοπογραφίας στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας αυτών των μεθόδων. Οι χειρουργικές μέθοδοι προσεγγίζονται επιγραμματικά, ενώ οι συντηρητικές που αφορούν βασικά τους φακούς επαφής, οι οποίοι και ενδιαφέρουν άμεσα τον οπτικό – οπτομέτρη, εξετάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Στην προσπάθεια συλλογής πληροφοριών για τη σύνταξη της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν συγγράμματα, τα οποία θα μπορούσαμε να χωρίσουμε σε δύο

κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται κλασικά συγγράμματα τόσο γενικής Οφθαλμολογίας, όσο και ειδικά επί του Κερατοειδούς, από την βιβλιοθήκη της Οφθαλμολογικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Πατρών. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσεται ένας σημαντικός αριθμός άρθρων ελλήνων και ξένων μελετητών, τα οποία αναζητήθηκαν στο διαδίκτυο. Τα κλασικά συγγράμματα της πρώτης κατηγορίας πηγών βοήθησαν στη συλλογή θεωρητικών κυρίως πληροφοριών, τόσο επί του κερατόκωνου, όσο και επί της τοπογραφίας και των μεθόδων θεραπείας. Τα άρθρα της δεύτερης κατηγορίας ήταν η κύρια πηγή πληροφοριών σχετικών με την αποτελεσματικότητα των διαφόρων μεθόδων αντιμετώπισης του κερατόκωνου και με την συμβολή της τοπογραφίας στον έλεγχό της. Τα άρθρα χρησίμευσαν επίσης για συλλογή πληροφοριών σχετικών με τα δημογραφικά δεδομένα και τις νεώτερες εξελίξεις τόσο στη διάγνωση, όσο και στη θεραπεία. Η επιλογή των κλασικών συγγραμμάτων για τη συλλογή θεωρητικών πληροφοριών έγινε με γνώμονα τη διαχρονικότητά τους, αλλά και την συχνή τους παρουσία στον κατάλογο των βιβλιογραφικών αναφορών σε άλλες εργασίες σχετικές με το θέμα. Ακολουθώντας το ίδιο πνεύμα έγινε και η επιλογή των άρθρων από το διαδίκτυο. Οι συγγραφείς των άρθρων είναι διεθνώς αναγνωρισμένοι για τη συμβολή τους με πολύπλευρη έρευνα και μεγάλο αριθμό μελετών τόσο στον τομέα της οφθαλμολογίας γενικά, όσο και στο πεδίο του κερατόκωνου ειδικά.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι διττός. Πρώτον επιχειρεί μία συνοπτική, αλλά περιεκτική ανασκόπηση της αιτιολογίας του κερατόκωνου και της διαγνωστικής προσέγγισης του ασθενούς. Δεύτερον προσπαθεί να ενημερώσει τον αναγνώστη της σχετικά με τις νεώτερες εξελίξεις τόσο στη διάγνωση, με τη χρήση της τοπογραφίας, όσο και στη θεραπεία, ευελπιστώντας στο να τον βοηθήσει να επιλέξει την κατάλληλη λύση ανάλογα με τον χαρακτήρα του περιστατικού.

Προκειμένου να βοηθηθεί ο αναγνώστης στην κατανόηση του θέματος, ακολουθούν συνοπτικοί ορισμοί των κυριότερων όρων που αναφέρονται και αναλύονται στην εργασία.

Άλως = παραμόρφωση του περιγράμματος των ειδώλων που σχηματίζουν τα φώτα επάνω στον αμφιβληστροειδή με τη μορφή φωτοστέφανου.

Αμβλυωπία = μειωμένη μονόφθαλμη ή διόφθαλμη οπτική οξύτητα, η οποία οφείλεται στην παρεμπόδιση σχηματισμού ευκρινούς ειδώλου στον αμφιβληστροειδή κατά την παιδική ηλικία.

Ασθενωπία = αίσθημα κόπωσης των οφθαλμών που μπορεί να συνοδεύεται από θολή ή διπλή όραση και ήπιο πονοκέφαλο.

Αστιγματισμός = διαφορετική διαθλαστική ισχύς στους διάφορους μεσημβρινούς του κερατοειδούς. Αν ο πιο ισχυρός διαθλαστικός μεσημβρινός είναι ο κάθετος (ή γύρω από αυτόν), ο αστιγματισμός ονομάζεται «σύμφωνος με τον κανόνα», ενώ αν είναι ο οριζόντιος (ή γύρω από αυτόν), ο αστιγματισμός ονομάζεται «παρά τον κανόνα».

Διπλωπία = ταυτόχρονη αναγνώριση δύο ειδώλων ενός αντικειμένου ως συνέπεια αποτυχίας διατήρησης της ενιαίας διόφθαλμης όρασης.

Εκτασία = λέπτυνση και προεξοχή του κερατοειδούς προς τα έξω λόγω αποδυνάμωσης του κολλαγόνου από την επίδραση της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Ενδοφθαλμίτιδα = φλεγμονή εντοπιζόμενη σε οποιοδήποτε τμήμα του εσωτερικού του οφθαλμού, λοιμώδους ή τοξικής αιτιολογίας.

Ετερόπλευρος ή μονόπλευρος = εντοπιζόμενος μόνο στον ένα από τους δύο οφθαλμούς.

Ιξωδοελαστικό υλικό = στείρα υγρή ουσία που ενίεται στον πρόσθιο θάλαμο για να διευκολύνει τους χειρουργικούς χειρισμούς και να προστατεύσει το ενδοθήλιο.

Κωνία και ραβδία = φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς (φωτοϋποδοχείς).

Λοιμώδης κερατίτιδα = φλεγμονή του κερατοειδούς οφειλόμενη σε παθογόνα μικρόβια, ιούς ή μύκητες.

Μελάγχρου επιθήλιο = στρώμα κυττάρων πάνω στο οποίο βρίσκεται ο αμφιβληστροειδής. Αυτά τα κύτταρα επιτρέπουν την ανταλλαγή θρεπτικών συστατικών και άχρηστων κυτταρικών ουσιών μεταξύ αμφιβληστροειδούς και χοριοειδούς.

Νυσταγμός = ακούσια επαναλαμβανόμενη ταλάντωση των οφθαλμών.

Παχυμετρία = μέτρηση του πάχους του κερατοειδούς, απαραίτητη πριν κάθε μορφής διαθλαστική επέμβαση. Διακρίνουμε 2 τύπους: την οπτική και την υπερηχητική.

Προκεράτια δακρυϊκή στιβάδα = λεπτό στρώμα δακρύων που επαλείφει τον κερατοειδή συμβάλλοντας στη φυσιολογική του λειτουργία.

Περικεράτια ένεση = έντονη υπεραιμία εντοπιζόμενη στα αγγεία του επιπεφυκότα, διαταγμένη ακτινωτά γύρω από τον κερατοειδή, ένδειξη οξείας ή χρόνιας φλεγμονής.

Στιβάδες του κερατοειδούς κατά σειρά από την επιφάνεια προς τον πρόσθιο θάλαμο: επιθήλιο που αποτελείται από 6 στιβάδες κυττάρων δομημένες επάνω στη βασική

μεμβράνη, μεμβράνη του Bowman, στρώμα που αποτελείται από ίνες κολλαγόνου και κερατοκύτταρα, μεμβράνη του Descemet και ενδοθήλιο.

Φωτοφοβία = αυξημένη ευαισθησία στο φως με αντανακλαστικό κλείσιμο των βλεφάρων.

ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο Κερατόκωνος είναι μια μη φλεγμονώδης, εκφυλιστική πάθηση του οφθαλμού. Όπως υποδηλώνει και η ονομασία του κερατόκωνου, η οποία προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις **κερατο** – (κερατοειδής) και **κώνος**, κατά τη διάρκεια της εξέλιξής του το σχήμα του κερατοειδούς αλλάζει, με αποτέλεσμα να γίνεται περισσότερο κωνικό.

Ειδικότερα, ο κερατόκωνος είναι η πιο συχνή πρωτοπαθής εκτασία του κερατοειδούς. Είναι συνήθως αμφοτερόπλευρος (95% περιπτώσεων) και δεν εμφανίζεται ταυτόχρονα στους δύο οφθαλμούς (ασύμμετρος), δηλαδή στον ένα οφθαλμό τα συμπτώματα είναι ηπιότερα και εμφανίζονται με καθυστέρηση περίπου πέντε χρόνων. Σε κάθε περίπτωση, ο οφθαλμός ο οποίος προσβάλλεται πρώτος, εμφανίζει βαρύτερη εικόνα σε σχέση με τον δεύτερο οφθαλμό κατά την διάρκεια της εξέλιξης της νόσου. Πριν την χρήση της τοπογραφίας κερατοειδούς, υποβοηθούμενης από Η/Υ, η συχνότητα των περιπτώσεων ετερόπλευρου κερατόκωνου ανερχόταν στο 14,3% (Krachmer, Manis & Holland, 2005). Αν και αναφέρονται ακόμη ετερόπλευρα περιστατικά, έχει αποδειχθεί πως, όταν το επιτρέπουν τα διαγνωστικά κριτήρια και η χρήση της υπολογιστικής τοπογραφίας κερατοειδούς, οι περιπτώσεις διάγνωσης πρώιμου κερατόκωνου στον άλλο οφθαλμό ανέρχονται σε ποσοστά 2–4% (Krachmer et al., 2005).

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πρώτη αναφορά σε περιστατικό κερατόκωνου συναντάται το 1784 σε μια διδακτορική διατριβή από τον Burchard Mauchart. Ο κερατόκωνος όμως περιγράφηκε λεπτομερώς για πρώτη φορά το 1854 από τον John Nottingham, οπότε και διαχωρίστηκε από τις υπόλοιπες εκτασίες του κερατοειδούς. Οι υπάρχουσες μελέτες που σχετίζονται με τον κερατόκωνο μπορούν να αναλυθούν σε πενταετείς ομάδες, ξεκινώντας από την πρωτοπόρο εργασία των Duke–Elder το 1965, μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '90 (Sherwin & Brookes, 2004). Μπορούμε να χωρίσουμε τις μελέτες αυτές σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία χρησιμοποιεί ως λέξη κλειδί τη λέξη κερατόκωνος, ενώ η δεύτερη κατηγορία περιορίζει τις έρευνες στην υποειδικότητα της παθολογίας του κερατόκωνου. Ο αριθμός των εκδόσεων στο πεδίο «κερατόκωνος» αυξήθηκε από τις 106 για κάθε πενταετία το 1960 στις περίπου 250 κατά την δεκαετία 1980-1990. Παρόλο που αυτή καθαυτή η αύξηση είναι σημαντική,

δεν συνάδει με την αύξηση του αριθμού των βιοϊατρικών περιοδικών εν γένει και την αναμενόμενη εκθετική αύξηση των εργασιών σε αριθμό. Αυτό ίσως αντικατοπτρίζει την αυξανόμενη αδυναμία των ερευνητών να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα της πορείας της νόσου στον κερατόκωνο. Αντίθετα, ο αριθμός των εκδόσεων που εστιάζουν στην υποειδικότητα της παθολογίας αυξήθηκε από 20% στα τέλη της δεκαετίας του '60 στο 34% στα τέλη της δεκαετίας του '90. Η παθολογία επομένως αντιπροσωπεύει μια σημαντικά εξελισσόμενη υποειδικότητα στην έρευνα σχετικά με τον κερατόκωνο και μπορεί να παρέχει νέες πληροφορίες σχετικές με την εξέλιξη της αιτιολογικής αυτής πάθησης.

ΤΙ ΠΡΟΚΑΛΕΙ Ο ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΣ

Ο άνθρωπος αποκομίζει περισσότερο από το 80% των πληροφοριών από το περιβάλλον του μέσω της λειτουργίας της όρασης. Η σωστή όραση εξαρτάται από τον κερατοειδή και τον φακό, που είναι τα κύρια διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού. Η διατήρηση του σχήματος και της διαφάνειας του κερατοειδούς είναι υψίστης σημασίας για τη διάθλαση. Ο κερατοειδής είναι υπεύθυνος για περισσότερο από τα 2/3 της συνολικής διαθλαστικής δύναμης του οφθαλμού.

Η ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το σχήμα της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, το οποίο είναι ασφαιρικό με ακτίνα καμπυλότητας συνήθως 8 mm (Yanoff & Duker, 2004). Επομένως και η ελάχιστη τροποποίηση του σχήματος του κερατοειδούς θα οδηγήσει σε μεταβολή της διαθλαστικής δύναμης του οφθαλμού.

Στην περίπτωση του κερατόκωνου, η εντοπισμένη λέπτυνση του στρώματος του κερατοειδούς, η οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε, καταλήγει σε πρόπτωση του λεπτυσμένου κερατοειδούς, προκαλεί μυωπία και ανώμαλο αστιγματισμό με ή χωρίς ουλοποίηση του κερατοειδούς και έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της οπτικής οξύτητας (Romero – Jiménez, Santodomingo – Rubido & Wolffsohn, 2010).

Η λέπτυνση του κερατοειδούς στον κερατόκωνο συνήθως εντοπίζεται στο κάτω ημιμόριο ή στο κάτω κροταφικό τεταρτημόριο και σπανιότερα στον κεντρικό κερατοειδή. Έχουν περιγραφεί και περιπτώσεις εντοπισμού της λέπτυνσης στον ανώτερο κερατοειδή.

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η τυπική ηλικία εμφάνισης του κερατόκωνου είναι η εφηβική – νεανική (12-25 ετών), αν και έχουν αναφερθεί περιπτώσεις εμφάνισής του νωρίτερα ή και

αργότερα (Yildiz, Diehl, Cohen, Hammersmith, Laibson & Rapuano, 2009). Εξελίσσεται μέχρι την τρίτη ή τέταρτη δεκαετία της ζωής, οπότε και σταθεροποιείται συνήθως. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από μια ομάδα ερευνητών στο τμήμα κερατοειδούς του νοσοκομείου Wills στη Φιλαδέλφεια των Η.Π.Α και η οποία αφορούσε έναν αριθμό 697 ασθενών μεταξύ 1/1/2005 και 31/12/2005, ο αριθμός των ασθενών με κερατόκωνο και ηλικία άνω των 50 ετών εμφανίστηκε να είναι μεγαλύτερος σε σχέση με κάθε άλλη υπάρχουσα μελέτη (Yildiz et al., 2009).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η συχνότητα εμφάνισης του κερατόκωνου στο γενικό πληθυσμό κυμαίνεται από 50 έως 230 περιστατικά ανά 100.000. Αυτό οφείλεται στην ποικιλία των κλινικών μορφών του (Sherwin et.al., 2004), στη διαφορετικότητα των ορισμών και στα διαφορετικά διαγνωστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται σε κάθε μελέτη. Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να προκαλέσει έκπληξη το γεγονός ότι στα αμέσως επόμενα χρόνια θα παρατηρηθεί αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης του κερατόκωνου στο γενικό πληθυσμό λόγω της ευρείας χρήσης της τοπογραφίας κερατοειδούς, η οποία συμβάλλει στην πρόωμη διάγνωση (Romero – Jiménez et al., 2010).

Μία μακράς διάρκειας μελέτη (Yanoff et al., 2004) σε ένα μεγάλο δείγμα πληθυσμού στη Μιννεσότα των Η.Π.Α έδειξε συχνότητα εμφάνισης 54,5 περιστατικά ανά 100.000 κατοίκους. Καθώς η χρήση νέων τεχνικών στην τοπογραφία του κερατοειδούς γίνεται ευρύτερη, η συχνότητα της εμφάνισης του κερατόκωνου γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Σε μια σειρά ασθενών στην ίδια μελέτη, οι οποίοι επρόκειτο να υποβληθούν σε διόρθωση της μυωπίας τους με φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή (Photorefractive Keratectomy, P.R.K) ή με υποβοηθούμενη από laser επί τόπου κερατοσμίλευση (Laser Assisted In Situ Keratomileusis, L.A.S.I.K), βρέθηκαν σημεία ύποπτα για κερατόκωνο με τη χρήση της υπολογιστικής βιντεοκερατογραφίας κατά τον προεγχειρητικό έλεγχο, με συχνότητα εμφάνισης 5 περιστατικά μεταξύ 91 ασθενών (5,5%).

Ο κερατόκωνος φαίνεται να παρουσιάζει μια ασυνήθιστα αυξημένη συχνότητα εμφάνισης στη Νέα Ζηλανδία, με το 50% των κερατοπλαστικών να αφορά τους κατοίκους της Νέας Ζηλανδίας έναντι του 30% των κατοίκων της Αυστραλίας και του 20% των κατοίκων του Ηνωμένου Βασιλείου (Sherwin et al., 2004). Σε μια μελέτη, η οποία πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Μίντλαντς του Ηνωμένου Βασιλείου, βρέθηκε συχνότητα εμφάνισης του κερατόκωνου σε αναλογία 4,4:1

μεταξύ ασθενών ασιατικής καταγωγής και καυκάσιων ασθενών. Σε παρόμοια μελέτη η οποία έλαβε χώρα στο Γιορκσάιρ του Ηνωμένου Βασιλείου, η συχνότητα εμφάνισης του κερατόκωνου βρέθηκε να είναι 7.5 φορές υψηλότερη στους ασθενείς ασιατικής καταγωγής έναντι των καυκάσιων ασθενών. Στην περίπτωση αυτή, οι ερευνητές υπέθεσαν ότι αυτή η αύξηση της συχνότητας οφείλεται στις αιμομικτικές σχέσεις, ειδικά στους γάμους μεταξύ πρώτων εξαδέλφων οι οποίοι συνηθίζονται ανάμεσα στους ασιάτες της περιοχής του Γιορκσάιρ (Romero – Jiménez et al., 2010).

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Ο κερατόκωνος είναι μια από τις συχνότερες αιτίες «ανεξήγητης» μείωσης της οπτικής οξύτητας που μπορεί να αντιμετωπίσει ο οφθαλμίατρος ή ο οπτομέτρης (Krachmer et al., 2005). Τυπικά ο ασθενής είναι νεαρός ενήλικας με ελάχιστη προοδευτική μείωση της οπτικής οξύτητας, ο οποίος μάλιστα στην πλειονότητα των περιπτώσεων έχει επισκεφθεί περισσότερους από έναν ειδικούς, προκειμένου να βρει λύση στο πρόβλημά του. Ο ασθενής με κερατόκωνο έχει χρειαστεί ήδη να αλλάξει πολλές φορές τα γυαλιά του μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα και κάθε φορά ανακαλύπτει ότι δεν είναι ικανοποιημένος, με αποτέλεσμα να είναι πλέον πεπεισμένος πως κάτι σοβαρό συμβαίνει με την όρασή του. Οι πιο ενημερωμένοι από τους ασθενείς με υποψία κερατόκωνου θα αναφέρουν ότι παρατήρησαν σημαντική αύξηση της αστιγματικής τους διόρθωσης στη συνταγή των γυαλιών τους.

Ο ανώμαλος αστιγματισμός που δημιουργείται στον κερατόκωνο, οδηγεί σε συμπτώματα όπως: **ασθενωπία, παραμόρφωση των γραμμάτων, μονόφθαλμη διπλωπία.**

Σε προχωρημένο κερατόκωνο λόγω οιδήματος του επιθηλίου ή και ουλοποίησης του στρώματος παρουσιάζονται: **φωτοφοβία, άλως γύρω από τα φώτα, εικόνες φαντάσματα.**

Σε βαριάς μορφής κερατόκωνο παρουσιάζονται: **αιφνίδια απώλεια όρασης και πόνος** λόγω ρήξης της μεμβράνης του Descemet και δημιουργίας οξέος οιδήματος του στρώματος, κατάσταση γνωστή ως ύδρωπας κερατόκωνος.

ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΥ

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

A. Μέτρηση οπτικής οξύτητας

Η πρώτη ενέργεια του οπτομέτρη, όταν εξετάζει ένα άτομο με ελάχιστη μείωση της οπτικής του οξύτητας, είναι να προσδιορίσει την καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα (Best Corrected Visual Acuity, B.C.V.A). Ο οπτομέτρης θα πρέπει πάντα να υποπτεύεται την ύπαρξη κερατόκωνου, όταν είναι δύσκολο να πετύχει στον εξεταζόμενο οπτική οξύτητα 10/10 και συνυπάρχει αυξημένος παρά τον κανόνα ανώμαλος αστιγματισμός. Η οπτική οξύτητα για κοντά είναι σε γενικές γραμμές καλύτερη από ό,τι θα περιμέναμε από τα ευρήματα της αντικειμενικής διάθλασης και από την οπτική οξύτητα για μακριά.

B. Εξέταση με στενωπικό δίσκο (pinhole)

Ο στενωπικός δίσκος αυξάνει το βάθος εστίασης και διορθώνει και μικρά ποσά διαθλαστικών ανωμαλιών. Επίσης μειώνει τον ανώμαλο αστιγματισμό και τη διάχυση του φωτός. Επομένως, περαιτέρω διόρθωση της οπτικής οξύτητας με τον στενωπικό δίσκο, μετά την καλύτερη δυνατή διάθλαση, υποδηλώνει την ύπαρξη ανώμαλου αστιγματισμού.

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

Ο καθορισμός ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση εξασφαλίζει έναν ακριβέστερο προσδιορισμό της οπτικής λειτουργίας από αυτόν της μέτρησης της οπτικής οξύτητας στον πίνακα του Snellen. Επομένως σε ασθενείς με κερατόκωνο μπορεί να αποκαλύψει ανωμαλίες πολύ πριν επέλθει η μείωση της οπτικής οξύτητας στον πίνακα του Snellen (Krachmer et al., 2005).

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

Δ. Βιομικροσκόπηση (εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία)

Υπάρχουν επτά σημεία – κλειδιά στη διάγνωση του κερατόκωνου με τη σχισμοειδή λυχνία, στην ύπαρξη των οποίων συμφωνούν παλαιότεροι και νεώτεροι συγγραφείς, (Von Her Heydt and Apple, 1943/Duke Elder, 1965/Rabinovitz, 1998) γεγονός που αποδεικνύει πόσο λίγο έχει αλλάξει ο τρόπος εξέτασης, επιβεβαιώνοντας την κλασικότητα αυτών των σημείων στην κλινική διάγνωση του κερατόκωνου (Sherwin et al., 2004). Τα σημεία αυτά είναι τα εξής:

Λέπτυνση του στρώματος του κερατοειδούς, κεντρικά ή παράκεντρα, συνηθέστερα στο κάτω ημιμόριο ή στο κάτω κροταφικό τεταρτημόριο και σπάνια στο

άνω ημιμόριο του κερατοειδούς. Αποτέλεσμα αυτής της λέπτυνσης είναι η εμφάνιση έντονων «παλμών» κατά την τονομέτρηση στα είδωλα (ημικύκλια) του τονομέτρου Goldman, επειδή ο παθολογικά εκλεπτυσμένος κερατοειδής μεταδίδει με ευκολία στο τονόμετρο τις σφίξεις της οφθαλμικής αρτηρίας.

Κωνοειδής προβολή – αυξημένη κύρτωση (steepening) του κερατοειδούς.
Η κωνοειδής παραμόρφωση του κερατοειδούς μπορεί να είναι ορατή σε προχωρημένο κερατόκωνο σε θέση profile του ασθενή στη σχισμοειδή λυχνία (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Κωνοειδής παραμόρφωση του κερατοειδούς σε προχωρημένο κερατόκωνο, ορατή σε θέση προφίλ του ασθενή στη σχισμοειδή λυχνία.

Η αυξημένη κύρτωση και κωνοειδής προβολή του κερατοειδούς είναι υπεύθυνη για δύο σημαντικά κλινικά σημεία, ορατά κατά τη βιομικροσκόπηση.

★**Σημείο Munson:** χαρακτηριστική παραμόρφωση του κάτω βλεφάρου του ασθενή, όταν αυτός αναλαμβάνει κάτω βλεμματική θέση (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Σημείο Munson

★**Σημείο Rizutti:** αντανάκλαση του φωτισμού στο ρινικό σκληροκερατοειδές όριο με τη μορφή «αιχμής βέλους», όταν μια λεπτή δέσμη φωτός εστιάζεται από το κροταφικό σκληροκερατοειδές όριο, παράλληλα με τον κερατοειδή (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Σημείο Rizutti

Δακτύλιος Fleischer, τόξο ή κυκλική γραμμή αιμοσιδερίνης, η οποία περιβάλλει τη βάση του κώνου. Αυτή η γραμμή φαίνεται να προέρχεται από τη συσσώρευση εναποθέσεων σιδήρου από το προκεράτιο δακρυϊκό φίλμ εντός του κερατοειδούς ως αποτέλεσμα των σοβαρών μεταβολών στην καμπυλότητά του ή και της διαφοροποίησης του φυσιολογικού επιθηλίου.

Πτυχές Vogt, λεπτές, κάθετες γραμμές εντοπισμένες στο εν τω βάθει στρώμα και στη μεμβράνη του Descemet, οι οποίες τείνουν να εξαφανισθούν με την άσκηση πίεσης πάνω στο βολβό (με ένα βαμβακοφόρο στυλεό) ή με την εφαρμογή αεροδιαπερατών φακών επαφής (Εικόνα 4).

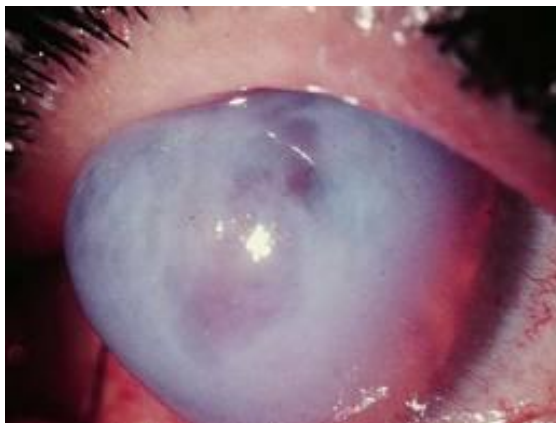


Εικόνα 4: Πτυχές Vogt

Αυξημένη ορατότητα των νεύρων του κερατοειδούς λόγω διάτασής τους, τα οποία σχηματίζουν ένα δίκτυο από γκριζωπές γραμμές διάστικτες με μικρές κηλίδες.

Αυξημένη αντανάκλαση του ενδοθηλίου του κερατοειδούς στην κορυφή του κώνου και παρατήρηση επιφανειακών ή εν τω βάθει θολεροτήτων.

Οξύς ύδρωπας, σε πολύ σοβαρό κερατόκωνο, αιφνίδια ρήξη της μεμβράνης του Descemet μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση υδατοειδούς υγρού είτε υπό μορφή οίδηματος, είτε υπό μορφή κύστεων στο στρώμα. Το οίδημα αυτό μπορεί να προχωρήσει προς το επιθήλιο, ενώ οι κύστεις μπορούν να σπάσουν με αποτέλεσμα τη διαρροή του υδατοειδούς υγρού στην επιφάνεια του κερατοειδούς (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Οξύς ύδρωπας

Η ραγείσα μεμβράνη του Descemet περιτυλίγεται γύρω από τον εαυτό της και με την πάροδο του χρόνου ενδοθηλιακά κύτταρα εξαπλώνονται πάνω στο οπίσθιο στρώμα στο σημείο της βλάβης δημιουργώντας μια νέα μεμβράνη του Descemet και αποκαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο το οίδημα του κερατοειδούς. Αυτή η επούλωση πολλές φορές έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της κερατοειδικής κύρτωσης.

Ε. Άμεση οφθαλμοσκόπηση

Σημείο Charleaux, σκοτεινή αντανάκλαση από την περιοχή του κώνου υπό μορφή σταγόνας λαδιού με την κόρη σε φαρμακευτική μυδρίαση και το άμεσο οφθαλμοσκόπιο στη θέση 0 (plano) (Εικόνα 6).



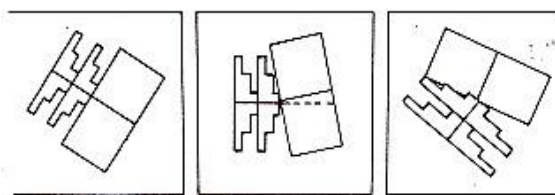
Εικόνα 6: Σημείο Charleaux

ΣΤ. Σκιασκοπία

Ψαλιδοειδείς κινήσεις των αμφιβληστροειδικών αντανακλάσεων λόγω του ανώμαλου αστιγματισμού.

Ζ. Κερατομετρία

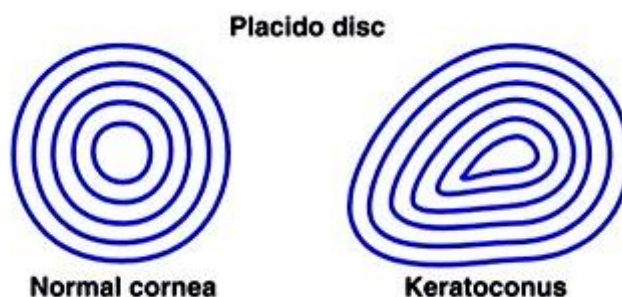
Παραμόρφωση των ειδώλων στο κερατόμετρο (Javal). Τα είδωλα δεν ευθυγραμμίζονται, αλλά σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία (**γωνία Amsler**). Εντύπωση ότι τα είδωλα στο κερατόμετρο πάλλονται, καθόσον ο παθολογικά εκλεπτυσμένος κερατοειδής μεταδίδει με ευκολία τις οφθαλμικές σφίξεις (Yanoff et al., 2004) (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Γωνία Amsler

Η. Φωτοκερατοσκόπηση με το δίσκο του Placido

Παραμόρφωση των δακτυλίων (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Παραμόρφωση των δακτυλίων κατά τη φωτοκερατοσκόπηση με το δίσκο του

Θ. Τοπογραφία κερατοειδούς

Τα ευρήματά της θα εξετασθούν λεπτομερώς στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας.

ΙΣΤΟΠΑΘΟΛΟΓΙΚΕΣ – ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ

Κατά την εξέλιξη του κερατόκωνου τελικά προσβάλλονται όλα τα στρώματα του κερατοειδούς (Sherwin et al., 2004). Οι κατ' εξοχήν βλάβες που αφορούν κάθε στρώμα παρουσιάζονται στη συνέχεια:

A. Επιθήλιο

Λέπτυνση του επιθηλίου στο κέντρο του κώνου, κυρίως όταν συνυπάρχει ρήξη της μεμβράνης του Bowman.

Ανώμαλα επιθηλιακά κύτταρα στην κορυφή του κώνου υπερβολικά επιμηκυμένα και ελικοειδώς διατεταγμένα, ενώ στην περιφέρεια του κώνου εμφανίζονται φυσιολογικά.

Διάσπαση της στιβάδας των βασικών επιθηλιακών κυττάρων. Αυξημένος αριθμός αποπτωτικών κυττάρων.

B. Βασική μεμβράνη

Μορφολογικές ανωμαλίες, όπως ρήξεις και πάχυνση της βασικής μεμβράνης, για τις οποίες ευθύνεται η διαδικασία της ουλοποίησης. Οι αλλοιώσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικές αλληλεπιδράσεις του κερατοειδικού επιθηλίου με τη βασική μεμβράνη, καθώς και των μητρικών κυττάρων της βασικής μεμβράνης με το στρώμα.

Γ. Νευρικές ίνες

Πάχυνση των νευρικών ινών του νευρικού πλέγματος που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη βασική μεμβράνη. Αυτή η πάχυνση φαίνεται να έχει απόλυτη σχέση με την «παραμόρφωση» της μεμβράνης του Bowman, ενώ κερατοκύτταρα ανιχνεύτηκαν να εισβάλλουν σε αυτό το – φυσιολογικά ακυτταρικό – νευρικό πλέγμα.

Η πάχυνση των νεύρων σε συνδυασμό με την παρουσία των κερατοκυττάρων εξηγούν την αυξημένη ορατότητα των νευρικών ινών κατά τη βιομικροσκόπηση.

Δ. Μembrάνη του Bowman

Αντίστοιχα προς το κέντρο του κώνου παρατηρήθηκαν: ρήξεις της μεμβράνης του Bowman ή διάκενα (ασυνέχειες) με παραμόρφωση του υποκείμενου στρώματος, καθώς και περιοχές ίνωσης, όπου το επιθήλιο έρχεται σε απευθείας επαφή με το στρώμα.

Αντίστοιχα προς την περιοχή γύρω από τον κώνο παρατηρήθηκαν: αυξημένη εισβολή μέσα στη μεμβράνη του Bowman κυτταρικών σχηματισμών προερχομένων από κερατοκύτταρα, σε συνδυασμό με την πτύχωση της στιβάδας των βασικών επιθηλιακών κυττάρων. Οι αλλοιώσεις αυτές είναι παρούσες από τα πρώιμα στάδια του κερατόκωνου.

Ε. Στρώμα

Ίνες κολλαγόνου: το πάχος τους και η μεταξύ τους απόσταση δεν διαφέρουν στους κερατοκωνικούς από τους φυσιολογικούς κερατοειδείς. Παρατηρείται όμως μια μείωση του όγκου των πρωτεϊνογλυκανών ανάμεσα στις ίνες του κολλαγόνου, η οποία δικαιολογεί την προοδευτική απώλεια ινών κολλαγόνου από το στρώμα, παραμένει ωστόσο άγνωστο το πώς ξεκινάει αυτή η διαδικασία, καθώς και το ποιά είναι η τύχη του προσβεβλημένου κολλαγόνου και των κερατοκυττάρων. Παράλληλα, παρατηρούνται αλλοιώσεις στον προσανατολισμό των ινών του κολλαγόνου, ο οποίος δικαιολογεί την απώλεια της δομικής ακεραιότητας, την αποδόμηση και την ανεπάρκεια των επουλωτικών μηχανισμών κατά την εξέλιξη της νόσου.

Κερατοκύτταρα: όπως φαίνεται κατά την εξέταση με το μικροσκόπιο φθορισμού – laser, η πυκνότητα των κερατοκυττάρων σε όλους τους κερατοκωνικούς κερατοειδείς είναι κατά 12% μικρότερη απ' ό,τι στους φυσιολογικούς κερατοειδείς. Η απώλεια των κερατοκυττάρων οφείλεται σε απόπτωση, η οποία δεν παρατηρείται σε όλες τις περιπτώσεις του κερατόκωνου. Για αυτήν την διαλείπουσα εμφάνιση της απόπτωσης υπάρχουν δύο πιθανές ερμηνείες. Σύμφωνα με την πρώτη ερμηνεία, τα αποπτωτικά κερατοκύτταρα πιθανόν δεν ανιχνεύονται κατά την περίοδο ύφεσης της νόσου. Σύμφωνα με τη δεύτερη – και επικρατέστερη – ερμηνεία, τα αποπτωτικά κύτταρα δεν ανιχνεύονται στο 100% των περιπτώσεων, καθόσον η διάγνωση του κερατόκωνου βασίζεται κατά κανόνα σε κλινικά και όχι σε μικροσκοπικά ευρήματα. Αν και υπάρχει σημαντική μείωση στην πυκνότητα των κερατοκυττάρων, στο ακριβώς κάτω από τη μεμβράνη του Bowman σημείο του στρώματος τα εναπομείναντα κερατοκύτταρα είναι κάθε άλλο παρά ανενεργά. Με ηλεκτρονικό μικρογράφο υψηλής τάσης ανιχνεύτηκαν ρήξεις στη μεμβράνη του Bowman με κερατοκύτταρα των οποίων τα ψευδοπόδια ήταν προσανατολισμένα προς τη θέση της ρήξης και του υπερκείμενου επιθηλίου, ενώ μεταξύ των κερατοκυττάρων υπήρξε άφθονο ανώμαλο ενδοπλασματικό δίκτυο. Στην περιοχή του κερατοειδούς γύρω από τον κώνο αποκαλύφθηκαν αρχόμενες κυτταρικές ανωμαλίες, καθώς και αυξημένη εισβολή κυτταρικών σχηματισμών μέσα στη μεμβράνη του Bowman, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την κατάρρευση οπίσθιων επιθηλιακών κυττάρων μέσα σε αυτή.

ΣΤ. Μεμβράνη του Descemet

Ρήξεις και πτυχές της μεμβράνης του Descemet είναι κοινό εύρημα στον κερατόκωνο. Η εμφάνιση των βλαβών στη μεμβράνη του Descemet μπορεί να συνδέεται και με περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως το «τρίψιμο» των ματιών.

Z. Ενδοθήλιο

Το ενδοθήλιο είναι συνήθως φυσιολογικό, όμως ενίοτε εμφανίζονται ανωμαλίες, όπως ενδοκυτταρικοί σκουρόχρωμοι σχηματισμοί, πλεομορφισμός και επιμήκυνση των κυττάρων. Η υπερηχητική βιομικροσκόπηση σε ζώντες ασθενείς με κερατόκωνο έδειξε κεντρική αποκόλληση της μεμβράνης του Descemet και του ενδοθηλίου από την οπίσθια επιφάνεια του στρώματος. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης έδειξε ότι η απώλεια ενδοθηλιακών κυττάρων μπορεί να οφείλεται άμεσα στις ρήξεις της μεμβράνης του Descemet ως αποτέλεσμα της σοβαρής εκφύλισης των ενδοθηλιακών κυττάρων, η οποία οδηγεί σε διάτρηση της κυτταρικής μεμβράνης, απώλεια κυτταρικού υλικού και οίδημα. Σε άλλες περιπτώσεις η απώλεια των ενδοθηλιακών κυττάρων μπορεί να συνοδεύεται από απόπτωση.

ΣΥΝΟΛΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ

A. Συστηματικά νοσήματα

Ατοπία

Υπάρχει άμεση σχέση του κερατόκωνου με την ατοπία. Η μεγαλύτερη ελεγχόμενη μελέτη (Krachmer et al., 2005) αναφέρει ιστορικό θετικό για ατοπία σε ποσοστό 35% επί 182 ασθενών με κερατόκωνο, σε αντίθεση με το αντίστοιχο 12% επί 100 ατόμων χωρίς κερατόκωνο. Η λεπτομερής εξέταση του ασθενή με κερατόκωνο θα πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερή λήψη ιστορικού για ατοπική νόσο. Αλλεργική-ατοπική βλεφαρίτιδα και επιπεφυκίτιδα μπορούν να επηρεάσουν την ανοχή στη χρήση φακών επαφής για τη θεραπεία του κερατόκωνου. Σε αυτές τις περιπτώσεις πιθανόν να χρειαστεί χειρουργική επέμβαση σε πρώιμο στάδιο, προκειμένου να επιτευχθεί η αποκατάσταση της οπτικής οξύτητας. Συχνό εύρημα σε περιπτώσεις ατοπίας είναι η ύπαρξη καταρράκτη, ο οποίος είτε σχετίζεται άμεσα με την ατοπία, είτε παρουσιάζεται ως επιπλοκή της παρατεταμένης χρήσης κορτικοστεροειδών στην ατοπία. Η συνύπαρξη καταρράκτη περιπλέκει την θεραπευτική προσέγγιση του ασθενή με κερατόκωνο.

Σύνδρομο Down

Ο Rados ήταν ο πρώτος που αναφέρθηκε στη σχέση του κερατόκωνου με το σύνδρομο Down (Rados, 1948). Η συχνότητα εμφάνισης κερατόκωνου σε ασθενείς με σύνδρομο Down κυμαίνεται μεταξύ 5.5% και 15% (Krachmer et al., 2005). Ο κερατόκωνος είναι επίσης συχνό εύρημα σε άτομα με νοητική καθυστέρηση, αλλά χωρίς σύνδρομο Down, και μάλιστα η συχνότητα ετερόπλευρου κερατόκωνου σε αυτή την ομάδα ασθενών είναι αυξημένη σε σύγκριση με τον γενικό πληθυσμό. Υπάρχουν δύο εύλογες εξηγήσεις για αυτή την αυξημένη συχνότητα του κερατόκωνου σε σύνδρομο Down και σε νοητική καθυστέρηση:

- α. οι γενετικές ανωμαλίες που συνοδεύουν αυτές τις ομάδες ασθενών οδηγούν σε δομικές και βιοχημικές μεταβολές στο επίπεδο του κερατοειδούς, οι οποίες πιθανόν ευθύνονται για την εμφάνιση του κερατόκωνου.
- β. το «τρίψιμο των ματιών» (eye rubbing) που συχνά χαρακτηρίζει αυτές τις ομάδες ασθενών σχετίζεται άμεσα με την εμφάνιση κερατόκωνου.

Σύνδρομο Ehlers – Danlos, ατελής οστεογένεση

Φαίνεται να είναι πλέον επιβεβαιωμένη η σχέση του κερατόκωνου με μη φλεγμονώδεις παθήσεις του συνδετικού ιστού. Οι σπουδαιότερες είναι το σύνδρομο Ehlers – Danlos και η ατελής οστεογένεση.

Πρόπτωση μιτροειδούς βαλβίδας

Αυξημένη συχνότητα (38% – 58%) πρόπτωσης μιτροειδούς βαλβίδας έχει διαπιστωθεί ανάμεσα σε ασθενείς με κερατόκωνο, η οποία μάλιστα φαίνεται να αυξάνει ανάλογα με τη βαρύτητα των συμπτωμάτων της νόσου (Krachmer et al., 2005).

Σακχαρώδης διαβήτης

Σε μεγάλη έρευνα, η οποία συγκρίνει ασθενείς με κερατόκωνο με φυσιολογικά άτομα (Krachmer et al., 2005), βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερη συχνότητα σακχαρώδη διαβήτη στην ομάδα των κερατοκωνικών ασθενών, γεγονός που δείχνει ότι ο σακχαρώδης διαβήτης δρα μάλλον προστατευτικά στην περίπτωση του κερατόκωνου.

Άλλα συνοδά συστηματικά νοσήματα

Λιγότερο συχνά ο κερατόκωνος συνοδεύεται από: σύνδρομο μαλακών βλεφάρων, οφθαλμοοδοντοδακτυλικό σύνδρομο, σύνδρομο Rieger, σύνδρομο Apert,

σύνδρομο Crouzon ή κρανιοπροσωπική δυσόστωση, σύνδρομο Marfan και σύνδρομο Turner.

B. Οφθαλμικά νοσήματα

Εαρινή κερατοεπιπεφυκίτιδα ή εαρινός κατάρρους

Πρόκειται για μία υποτροπιάζουσα, αμφοτερόπλευρη, εξωτερική οφθαλμική φλεγμονή, η οποία προσβάλλει παιδιά και νέους ενήλικες. Τα κυριότερα οφθαλμικά συμπτώματα της είναι: έντονος κνησμός, δακρύρροια, φωτοφοβία, αίσθηση ξένου σώματος και καύσου. Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως για πρώτη φορά μετά την ηλικία των 5 ετών και η πάθηση τελικά υποστρέφει περί την εφηβεία, ενώ μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις επιμένει και μετά την ηλικία των 25 ετών. Περίπου τα τρία τέταρτα των ασθενών παρουσιάζουν συνοδό ατοπία και τα δύο τρίτα έχουν θετικό ιστορικό ατοπίας στο στενό οικογενειακό τους περιβάλλον (Kanski, 2004).

Ατοπική κερατοεπιπεφυκίτιδα

Είναι μια σχετικά σπάνια, αλλά δυνητικά σοβαρή ασθένεια, η οποία τυπικά προσβάλλει νέους ασθενείς με ατοπική δερματίτιδα. Οι δερματικές εκδηλώσεις εντοπίζονται συνήθως στις πλάγιες πτυχές του λαιμού, στην εκτατική επιφάνεια του αγκώνα και στον ιγνιακό βόθρο. Τα οφθαλμικά συμπτώματα συνήθως εμφανίζονται αρκετά χρόνια μετά την έναρξη των άλλων ατοπικών εκδηλώσεων και είναι παρόμοια με αυτά της εαρινής κερατοεπιπεφυκίτιδας (Kanski, 2004).

Μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια

Είναι το γενικό όνομα μιας ομάδας κληρονομικών παθήσεων, οι οποίες χαρακτηρίζονται από προοδευτική μείωση της λειτουργικότητας των φωτουποδοχέων και του μελάγχρου επιθηλίου. Αν και προσβάλλονται τόσο τα κωνία, όσο και τα ραβδία, η βλάβη στο σύστημα των ραβδίων είναι επικρατέστερη. Η ηλικία έναρξης της νόσου, η ταχύτητα της εξέλιξής της, η τελική πτώση της οπτικής οξύτητας και η παρουσία ή μη άλλων οφθαλμικών εκδηλώσεων συχνά εξαρτώνται από το χαρακτήρα της κληρονομικότητας (Kanski, 2004).

Συγγενής αμαύρωση Leber

Είναι μια δυστροφία των κωνίων, η οποία εκδηλώνεται με τύφλωση κατά τη γέννηση, είτε κατά τα πρώτα έτη της ζωής. Τα κυριότερα κλινικά της σημεία είναι: μειωμένα κορικά αντανακλαστικά, νυσταγμός, καταρράκτης και οφθαλμοδακτυλικό αντανακλαστικό, κατά το οποίο το παιδί τρίβει συνεχώς με πίεση τους οφθαλμούς για

να προκαλέσει φωτοψίες που λειτουργούν ως υποκατάστατα της αίσθησης φωτός (Kanski, 2004).

Αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας

Αποτελεί μια μορφή παραγωγικής αμφιβληστροειδοπάθειας που προσβάλλει τα πρόωρα νεογνά χαμηλού σωματικού βάρους γέννησης, τα οποία εκτίθενται σε περιβάλλον με υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Ο αμφιβληστροειδής στα πρόωρα νεογνά παρουσιάζει ατελή αγγείωση με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ευάλωτος στο οξυγόνο (Kanski, 2004).

Προοδευτική δυστροφία κωνίων

Εκδηλώνεται μεταξύ πρώτης και τρίτης δεκαετίας της ζωής με φωτοφοβία, ημεραλωπία, προοδευτική μείωση της οπτικής οξύτητας και διαταραχή της αντίληψης των χρωμάτων (Kanski, 2004).

Ανιριδία

Είναι σπάνια αμφοτερόπλευρη απουσία της ίριδας, συνοδευόμενη συνήθως από βλάβες του κρυσταλλοειδούς φακού, του κερατοειδούς, του βυθού και γλαύκωμα στο 75% των περιπτώσεων (Kanski, 2004).

Ιριδόσχιση

Είναι μια σπάνια κατάσταση η οποία χαρακτηρίζεται από απλή ατροφία έως πλήρες σχίσσιμο της πρόσθιας επιφάνειας της ίριδας και σχετίζεται με γλαύκωμα στο 90% των περιπτώσεων (Kanski, 2004).

Ενδοθηλιακή δυστροφία Fuchs

Χαρακτηρίζεται από αδυναμία αντιρροπήσεως των ενδοθηλιακών κυττάρων με αποτέλεσμα να προκαλείται οίδημα του κεντρικού στρώματος και θόλωση της όρασης. Συνοδεύεται συνήθως από θόλωση του πυρήνα του κρυσταλλοειδούς φακού και γλαύκωμα (Kanski, 2004).

ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ – ΠΑΘΟΓΕΝΕΣΗ

Παρά την έντονη ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα του κερατόκωνου τις τελευταίες δεκαετίες πάνω στην αιτιολογία και την παθογένεση του κερατόκωνου, οι αιτίες και οι πιθανοί μηχανισμοί για την ανάπτυξή του παραμένουν ελάχιστα κατανοητοί. Υπάρχουν διάφορες υποθέσεις σχετικά με γενετικούς, βιοχημικούς, μηχανικούς και άλλους μηχανισμούς, οι οποίοι πιθανόν εμπλέκονται στην εμφάνιση του κερατόκωνου.

A. Γενετικοί μηχανισμοί

Μελέτες σε οικογένειες ασθενών με κερατόκωνο έδειξαν τα εξής: 6% – 8% των ασθενών με κερατόκωνο βρέθηκε να έχει συγγένεια 1^{ου} βαθμού με κερατοκωνικούς ασθενείς πριν την ευρεία διάδοση και χρήση της τοπογραφίας, ποσοστό το οποίο με τη χρήση της τοπογραφίας εκτοξεύτηκε στο 50%. Γενικά εκτιμάται ότι οι συγγενείς ασθενών με κερατόκωνο έχουν 15 – 67 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο να αναπτύξουν κερατόκωνο σε σχέση με άτομα χωρίς κερατοκωνικούς ασθενείς στο συγγενικό τους περιβάλλον. Η κληρονομικότητα φαίνεται να έχει επικρατή αυτοσωματικό χαρακτήρα με διαφορετικού βαθμού έκφραση (Romero – Jiménez et al., 2010).

Μελέτες σε μονοζυγωτικούς διδύμους έδειξαν προσβολή από τη νόσο και των δύο διδύμων με διαφορετικού ή ίδιου βαθμού βαρύτητα των συμπτωμάτων, γεγονός που υποδηλώνει ισχυρό γενετικό στοιχείο με πιθανό συνδυασμό περιβαλλοντικών παραγόντων. Γενετικές αναλύσεις σε μέλη οικογενειών προσβεβλημένων από κερατόκωνο έδειξαν διάφορες γονιδιακές θέσεις (loci) οι οποίες πιθανόν να σχετίζονται με την εμφάνιση της νόσου (Romero – Jiménez et al., 2010).

B. Βιοχημικοί μηχανισμοί

Η αποδόμηση του στρώματος του κερατοειδούς, η οποία συνήθως παρατηρείται στον κερατόκωνο, θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα δραστηριότητας πρωτεολυτικών ενζύμων, η οποία με τη σειρά της θα μπορούσε να οφείλεται σε αυξημένα επίπεδα πρωτεασών και άλλων καταβολικών ενζύμων ή σε μειωμένα επίπεδα αναστολέων της πρωτεϊνάσης, όπως η α2 μακροσφαιρίνη και η α1 αντιπρωτεάση (Romero – Jiménez et al., 2010).

Έχει επίσης βρεθεί ότι στον κερατόκωνο τα κερατοκύτταρα έχουν τέσσερις φορές μεγαλύτερο αριθμό υποδοχέων ιντερλευκίνης-1 συγκριτικά με τους φυσιολογικούς οφθαλμούς. Καθώς η ιντερλευκίνη-1 είναι αποδεδειγμένα ο μεσολαβητής της διαφοροποίησης, του πολλαπλασιασμού και του θανάτου των κερατοκυττάρων, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η απώλεια των κερατοκυττάρων από το πρόσθιο στρώμα οφείλεται σε αυξημένη απόπτωση. Αν επίσης ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι οι μικροτραυματισμοί του επιθηλίου οδηγούν σε αυξημένη έκκριση ιντερλευκίνης-1, τότε στηρίζεται η θεωρία που σχετίζει τον κερατόκωνο με το «τρίψιμο των ματιών» (eye rubbing), την ατοπία και τη χρήση φακών επαφής (Romero-Jiménez et al., 2010).

Γ. Μηχανικοί μηχανισμοί

Υπάρχει σοβαρή συσχέτιση του κερατόκωνου με το « τρίψιμο των ματιών» (eye rubbing), χωρίς να είναι ξεκαθαρισμένο εάν αυτό αποτελεί σύμπτωμα ή γενεσιουργό αιτία. Η αναφερόμενη επικράτηση του τριψίματος των ματιών στον κερατόκωνο κυμαίνεται από 66% έως 73% (Krachmer et al., 2005).

Ο μικροτραυματισμός του επιθηλίου που ακολουθεί το τρίψιμο των ματιών μπορεί να είναι ο αιτιολογικός σύνδεσμος ανάμεσα στον κερατοκωνικό κερατοειδή και τα συνοδά συστηματικά και οφθαλμικά νοσήματα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η φαγούρα, ο οφθαλμικός ερεθισμός και το τρίψιμο των ματιών είναι κοινά ευρήματα στην εαρινή και στην ατοπική κερατοεπιπεφυκίτιδα. Επίσης το έντονο τρίψιμο των ματιών που παρατηρείται σε ασθενείς με σύνδρομο Down μπορεί να εξηγήσει την αυξημένη συχνότητα του ύδρωπα στους ασθενείς με το σύνδρομο αυτό. Τέλος το τρίψιμο των ματιών είναι συχνό φαινόμενο σε άτομα με συγγενή τύφλωση, όπως στη συγγενή αμαύρωση Leber ή στην αμφιβληστροειδοπάθεια προωρότητας. Εκδηλώνεται δε με τη μορφή του οφθαλμοδακτυλικού αντανακλαστικού, το οποίο δημιουργεί φωτοψίες που υποκαθιστούν την αίσθηση φωτός στα άτομα αυτά.

Η χρήση φακών επαφής είναι μια άλλη αιτία μικροτραυματισμού, η οποία φαίνεται να έχει σχέση με τον κερατόκωνο. Αναδρομικές μελέτες έχουν δείξει ιστορικό χρήσης φακών επαφής, πριν τη διάγνωση του κερατόκωνου, σε ποσοστό 17.5% – 26.5% (Krachmer et al., 2005).

Δ. Άλλοι μηχανισμοί

Διάφορες μελέτες (Balasubramanian, Pye & Willcox, 2010) έχουν δείξει αυξημένα επίπεδα κολλαγονολυτικών και ζελατινολυτικών δραστηριοτήτων σε εργαστηριακές καλλιέργειες κερατοκωνικών κερατοειδών. Οι μητρικές μεταλλοπρωτεϊνάσες (M.M.Π) είναι μια ομάδα ψευδαργυροεξαρτώμενων πρωτεϊνών οι οποίες περιέχουν κολλαγενάσες και ζελατινάσες. Τα επίπεδα των M.M.Π στον κερατόκωνο είναι αλλοιωμένα σε σχέση με τους φυσιολογικούς κερατοειδείς, ενώ το επίπεδο του αναστολέα ιστικών μεταλλοπρωτεϊνών είναι μειωμένο στους κερατοκωνικούς κερατοειδείς. Πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει ότι στον κερατόκωνο εμπλέκονται κατεψίνες B, G και K (Balasubramanian et al., 2010). Παρόλο που είναι γνωστό ότι ο κερατόκωνος είναι μια μη φλεγμονώδης νόσος, εντούτοις φλεγμονώδη κύτταρα, όπως ιντερλευκίνες και ογκοκρωτικοί παράγοντες,

έχει φανεί να είναι αυξημένα στον κερατόκωνο και αυτά τα κύτταρα μπορεί να ενεργούν ως μεσολαβητές στην παραγωγή και ενεργοποίηση των πρωτεΐνών.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια ταξινόμησης του κερατόκωνου. Τα συνηθέστερα αναφερόμενα στη βιβλιογραφία είναι τα παρακάτω:

A. Κλινική ταξινόμηση

Βασίζεται στα διάφορα κλινικά σημεία που χαρακτηρίζουν τη νόσο κατά την εξέλιξή της. Έχει προταθεί αρχικά από τον Amsler και τροποποιήθηκε στη συνέχεια από άλλους ερευνητές. Σύμφωνα με την κλινική ταξινόμηση διακρίνουμε πέντε στάδια στην εξέλιξη του κερατόκωνου.

1^ο στάδιο: Υποκλινικός ή ύποπτος κερατόκωνος

Απουσία κλινικών ευρημάτων κατά τη βιομικροσκόπηση, σκιασκοπία, άμεση οφθαλμοσκόπηση, κερατομετρία και φωτοκερατοσκόπηση.

Διάγνωση του κώνου μόνο βάσει τοπογραφικών ευρημάτων.

Οπτική οξύτητα 10/10 χωρίς διόρθωση ή με γυαλιά.

2^ο στάδιο: Πρώιμος κερατόκωνος

Θετικό οικογενειακό ιστορικό για κερατόκωνο.

Απουσία κλινικών ευρημάτων στη σχισμοειδή λυχνία.

Ήπια κύρτωση και λέπτυνση του κερατοειδούς.

Ψαλιδοειδείς κινήσεις των ειδώλων κατά τη σκιασκοπία.

Σημείο Charleaux κατά την άμεση οφθαλμοσκόπηση.

Οπτική οξύτητα 10/10 με γυαλιά

3^ο στάδιο: Ήπιος κερατόκωνος

Πτυχές Vogt και δακτύλιος Fleischer κατά την εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία.

Χωρίς ουλοποίηση κερατοειδούς ή θολερότητες.

Παραμόρφωση ειδώλων στο κερατόμετρο Javal, τα οποία δεν ευθυγραμμίζονται, αλλά σχηματίζουν γωνία διαφόρου βαθμού (γωνία Amsler).

Παραμόρφωση των δακτυλίων κατά τη φωτοκερατοσκόπηση με το δίσκο Placido.

Σημαντική κύρτωση και λέπτυνση του κερατοειδούς.

Ανώμαλος αστιγματισμός 2.00-8.00 D.

Οπτική οξύτητα 10/10 μόνο με φακούς επαφής.

4^ο στάδιο: Όψιμος κερατόκωνος

Σημείο Munson θετικό, σημείο Rizutti θετικό, κώνος ευδιάκριτος σε θέση profile κατά την εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία.

Επιθηλιακή ή υποεπιθηλιακή ουλοποίηση του κερατοειδούς.

Σημαντική λέπτυνση του κερατοειδούς και κύρτωση > 55.00 D.

Οπτική οξύτητα μικρότερη από 7/10 με φακούς επαφής.

5^ο στάδιο: Πολύ προχωρημένος κερατόκωνος-ύδρωπας

Πολύ σοβαρή κύρτωση του κερατοειδούς > 62.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

Ρήξεις της μεμβράνης του Descemet στο στάδιο αυτό μπορεί να οδηγήσουν σε συγκέντρωση υδατοειδούς υγρού από τον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού, είτε υπό μορφή οιδήματος, είτε υπό μορφή κύστεων στο στρώμα. Αν το οίδημα αυτό προχωρήσει προς το επιθήλιο και οι κύστεις σπάσουν, έχουμε διαρροή υδατοειδούς στην επιφάνεια του κερατοειδούς και μειωμένη ενδοφθάλμια πίεση.

B. Μορφολογική ταξινόμηση

Βασίζεται στο μέγεθος, τη μορφή καθώς και τη θέση του κώνου στην επιφάνεια του κερατοειδούς. Σύμφωνα με τη μορφολογική ταξινόμηση διακρίνουμε τρεις τύπους κερατόκωνου.

1^{ος} τύπος: ρωγοειδής (nipple)

Κώνος μικρής διαμέτρου (<5 mm) και στρογγυλού σχήματος.

Κεντρικός ή παράκεντρος με τη συνηθέστερη εντόπισή του στο κάτω ρινικό τεταρτημόριο του κερατοειδούς.

Είναι ο ευκολότερος στην εφαρμογή φακών επαφής.

2^{ος} τύπος: ωοειδής (oval)

Κώνος διαμέτρου 5mm – 6mm και ωοειδούς σχήματος.

Συνήθως εντοπισμένος στο κάτω κροταφικό τεταρτημόριο ή στο κάτω ήμισυ του κερατοειδούς.

Είναι ο συχνότερος τύπος κώνου που συναντάται στην τοπογραφία.

Είναι δυσκολότερος από τον προηγούμενο στην εφαρμογή φακών επαφής.

3^{ος} τύπος: σφαιροειδής (globus)

Κώνος μεγάλης διαμέτρου (>6mm) και σφαιρικού σχήματος.

Καταλαμβάνει το 75% της επιφάνειας του κερατοειδούς.

Δυσκολότατος στην εφαρμογή φακών επαφής.

Γ. Ταξινόμηση βάσει της γωνίας Amsler, η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κερατοειδικών ειδώλων στο κερατόμετρο Javal

1^{ου} βαθμού κερατόκωνος: γωνία Amsler 1° – 3°

2^{ου} βαθμού κερατόκωνος: γωνία Amsler 3° – 9°

3^{ου} βαθμού κερατόκωνος: γωνία Amsler > 10°

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

Δ. Ταξινόμηση βάσει των κεντρικών κερατομετρικών ενδείξεων

Ελαφρύς κερατόκωνος: < 45.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

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

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

Προχωρημένος κερατόκωνος: > 62.00 D και στους δύο μεσημβρινούς.

ΕΞΕΛΙΞΗ – ΠΡΟΒΛΕΨΗ

Η ηλικία εμφάνισης είναι καθοριστικός παράγοντας στην εξέλιξη του κερατόκωνου. Όσο νεότερος είναι ο ασθενής τη στιγμή κατά την οποία θα τεθεί η διάγνωση του κερατόκωνου, τόσο πτωχότερη είναι η πρόγνωση. Αντίστροφα, είναι λιγότερο πιθανό να καταλήξει ένας ασθενής σε μεταμόσχευση κερατοειδούς, όταν η διάγνωση του κερατόκωνου έχει τεθεί σχετικά αργά, για παράδειγμα μετά το 30^ο έτος της ηλικίας του.

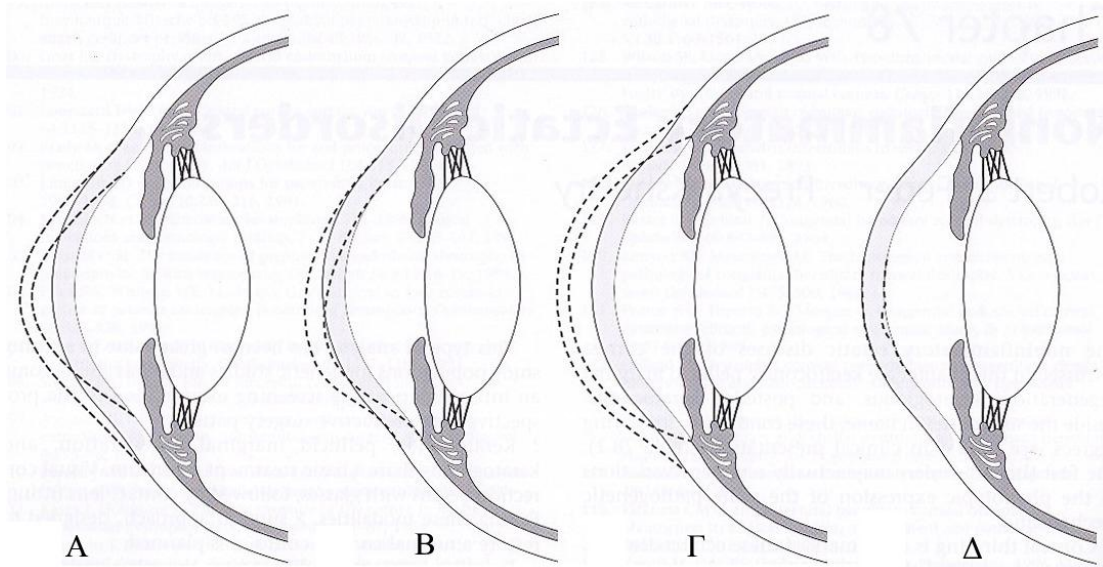
Σε γενικές γραμμές το 20% των ασθενών με κερατόκωνο καταλήγουν σε κερατοπλαστική, ενώ το 30% – 45% των μεταμοσχεύσεων του κερατοειδούς οφείλονται σε προχωρημένο κερατόκωνο.

Είναι δύσκολο να προβλεφθεί η κατάληξη της εξέλιξης ενός κερατόκωνου. Η βαρύτητα της νόσου κατά τη στιγμή που θα σταματήσει η εξέλιξή της μπορεί να ποικίλει από ήπια κερατοειδική ανωμαλία με μικρού βαθμού ανώμαλο αστιγματισμό και αρκετά καλή οπτική οξύτητα, έως σοβαρή παραμόρφωση του κερατοειδούς και τρώση της κορυφής του κώνου με σημαντική μείωση της οπτικής οξύτητας.

ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ

Η κυριότερη και συχνότερη μορφή εκτασίας κερατοειδούς (κερατεκτασίας) είναι ο κερατόκωνος. Εκτός αυτού όμως, υπάρχουν τρεις ακόμη μορφές κερατεκτασίας (Σχήμα 3).

Πολλές φορές στην καθημερινή πράξη τίθεται θέμα διαφορικής διάγνωσης ανάμεσα στον κερατόκωνο και στις υπόλοιπες κερατεκτασίες οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια:



Σχήμα 3: Κερατεκτασίες: (Α) Κερατόκωνος, (Β) Διαυγής περιφερική εκφύλιση, (Γ) Κερατόσφαιρα και (Δ) Οπίσθιος Κερατόκωνος

A. Διαυγής περιφερική εκφύλιση (pellucid marginal degeneration)

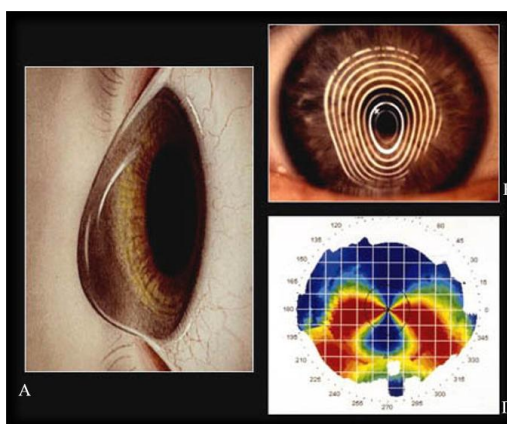
Είναι μια μάλλον ασυνήθης αιτία ελάχιστης μείωσης της οπτικής οξύτητας σε νέους 20 – 40 ετών. Είναι τυπικά αμφοτερόπλευρη, αν και σπάνια αναφέρονται ετερόπλευρα περιστατικά. Χαρακτηρίζεται από μια λωρίδα λέπτυνσης του κερατοειδούς, πλάτους 1mm – 2mm, η οποία εντοπίζεται κατά κανόνα στον κατώτερο κερατοειδή και εκτείνεται συνήθως από την 4^η έως την 8^η ώρα.

Στη διαυγή περιφερική εκφύλιση η πρόπτωση του κερατοειδούς τυπικά παρουσιάζεται ακριβώς πάνω από τη ζώνη λέπτυνσης, σε αντίθεση με τον κερατόκωνο, όπου εντοπίζεται ακριβώς εντός της ζώνης λέπτυνσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο κερατοειδής να παίρνει τη μορφή «κοιλιάς φουσκωμένης από μύρα» (beer belly) (Krachmer et al., 2005). Η πρόπτωση του κερατοειδούς στη διαυγή περιφερική εκφύλιση έχει, σε αντίθεση με τον κερατόκωνο, φυσιολογικό πάχος.

Αυτή η ανωμαλία του σχήματος του κερατοειδούς προκαλεί μια μετάπτωση της μορφής του αστιγματισμού, από παρά τον κανόνα άνωθεν της πρόπτωσης, σε σύμφωνα με τον κανόνα κοντά στο σημείο της μέγιστης πρόπτωσης.

Πολλές φορές η διαυγής περιφερική λέπτυνση μπορεί να συνυπάρχει με κερατόκωνο στον ίδιο οφθαλμό.

Παθολογική είναι η εμφάνιση της διαυγούς περιφερικής λέπτυνσης στην τοπογραφία, όπου παίρνει τη χαρακτηριστική μορφή «δαγκάνων κάβουρα» (crab-claw pattern) ή «πεταλούδας» (butterfly pattern) (Εικόνα 7Γ), η οποία και συμφωνεί απόλυτα με την προαναφερθείσα μετάπτωση του αστιγματισμού.



Εικόνα 7: Διαυγής περιφερική εκφύλιση: (Α) Στη σχισμοειδή λυχνία, (Β) Κατά τη φωτοκερατοσκόπηση με το δίσκο του Placido και (Γ) Στην τοπογραφία

Τα τυπικά ευρήματα του κερατόκωνου, όπως οι πτυχές του Vogt και ο δακτύλιος Fleischer, δεν εμφανίζονται στη διαυγή περιφερική λέπτυνση, ενώ το επιθήλιο του κερατοειδούς, η μεμβράνη του Descemet και το ενδοθήλιο είναι φυσιολογικά.

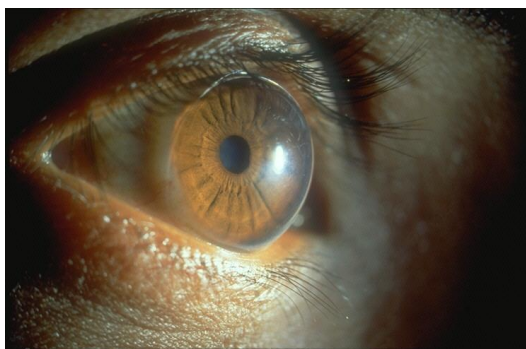
Οι ασθενείς με διαυγή περιφερική λέπτυνση έρχονται αντιμέτωποι με την ανάγκη θεραπείας συνήθως μεταξύ 20 και 50 ετών, λόγω της κακής ποιότητας ζωής, η οποία οφείλεται στο θάμβος όρασης που τους προκαλεί ο ανώμαλος αστιγματισμός. Είναι όμως κακοί υποψήφιοι για διαθλαστική χειρουργική επέμβαση, καθώς είναι αυξημένος ο κίνδυνος η όλη διαδικασία της επέμβασης να πυροδοτήσει προοδευτική εκτασία.

B. Κερατόσφαιρα (keratoglobus)

Σε αντίθεση με τον κερατόκωνο, ο οποίος συνήθως παρουσιάζεται στην εφηβεία ή στην νεανική ηλικία και είναι σπάνια συγγενής, η κερατόσφαιρα είναι συνηθέστερα παρούσα κατά τη γέννηση και θεωρείται αναπτυξιακή ανωμαλία.

Η κερατόσφαιρα είναι αμφοτερόπλευρη, μη φλεγμονώδης εκτασία, συνήθως μη προοδευτική ή ελάχιστα προοδευτική, στην οποία ολόκληρος ο κερατοειδής γίνεται λεπτότερος και παίρνει χαρακτηριστικό σφαιρικό σχήμα και συνοδεύεται από

πολύ υψηλές κερατομετρικές ενδείξεις (60 D-70 D). Μπορεί να συνυπάρχει και λέπτυνση του σκληρού (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Κερατόσφαιρα

Ο κερατοειδής είναι διαυγής και φυσιολογικός σε μέγεθος, το πάχος του όμως είναι μειωμένο στο $1/3 - 1/5$ του φυσιολογικού. Η λέπτυνση είναι εντονότερη στη μέση περιφέρεια του κερατοειδούς.

Ιστοπαθολογικές μελέτες αποκαλύπτουν απουσία ή κατακερματισμό της μεμβράνης του Bowman, λέπτυνση του στρώματος, λέπτυνση της μεμβράνης του Descemet και φυσιολογικό ενδοθήλιο.

Το σφαιρικό σχήμα του κερατοειδούς στην κερατόσφαιρα δημιουργεί έναν πολύ βαθύ πρόσθιο θάλαμο, ενώ κατά τα άλλα ο βολβός έχει φυσιολογικό μέγεθος και οι δομές του πρόσθιου ημιμορίου είναι κατά φύση.

Ο κερατοειδής δεν παρουσιάζει πτυχές Vogt, δακτύλιο Fleischer ή υποεπιθηλιακή ουλοποίηση, μπορεί όμως να παρουσιάσει θόλωση και οίδημα εξαιτίας αυτόματων ρήξεων στη μεμβράνη του Descemet. Αυτές οι ρήξεις συνήθως επουλώνονται σε μερικές εβδομάδες ή μήνες. Όταν η κερατόσφαιρα συνοδεύεται από ανωμαλίες του συνδετικού ιστού, έχουν παρατηρηθεί αυτόματες ρήξεις του κερατοειδούς, αν και συχνότερες είναι οι ρήξεις μετά από τραυματισμό του οφθαλμού.

Υπάρχει ισχυρός συσχετισμός της κερατόσφαιρας με το σύνδρομο Ehlers – Danlos, το σύνδρομο Rubenstein – Taybi και τη συγγενή αμαύρωση Leber. Δεν σχετίζεται όμως, σε αντίθεση με τον κερατόκωνο, με ατοπία, εκφύλιση του μελάγχρου επιθηλίου του αμφιβληστροειδούς ή χρήση σκληρών φακών επαφής.

Δεν έχει αποδειχθεί οριστικά αν υπάρχει κληρονομικότητα στην περίπτωση της κερατόσφαιρας, υπάρχει όμως γενετική συγγένεια ανάμεσα στην κερατόσφαιρα και τον κερατόκωνο, καθώς αναφέρονται περιστατικά συνύπαρξης των δύο νοσημάτων σε διαφορετικά μέλη της ίδιας οικογένειας.

Η διαφορική διάγνωση της κερατόσφαιρας γίνεται με τον κερατόκωνο, τη διαυγή περιφερική εκφύλιση, το μεγαλοκερατοειδή και το βούφθαλμο που παρατηρείται στο συγγενές γλαύκωμα.

Η θεραπεία της κερατόσφαιρας επικεντρώνεται στη διόρθωση της υψηλής μυωπίας με γυαλιά, προκειμένου να αποφευχθεί η αμβλυωπία. Τα γυαλιά από την άλλη προσφέρουν και μια κάποια προστασία στις ρήξεις του κερατοειδούς εξαιτίας τραυματισμών. Η εφαρμογή φακών επαφής είναι δύσκολη λόγω του σφαιρικού σχήματος του κερατοειδούς. Χειρουργικά αντιμετωπίζεται με διαμπερή κερατοπλαστική ή πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική.

Γ. Οπίσθιος κερατόκωνος (posterior keratokonus)

Είναι μια σπάνια κατάσταση άγνωστης παθογένειας. Η συνύπαρξή της με άλλες αναπτυξιακές ανωμαλίες του προσθίου θαλάμου του οφθαλμού (π.χ ανιριδία, εκτρόπιο ίριδας, γλαύκωμα, πρόσθιο φακόκωνο, εκτοπία του φακού κ.α.) έχει οδηγήσει πολλούς συγγραφείς να την χαρακτηρίσουν σαν μια άτυπη μορφή δυσγενεσίας του προσθίου θαλάμου (Krachmer et al., 2005).

Είναι συνήθως ετερόπλευρη, μη προοδευτική, μη φλεγμονώδης πάθηση, η οποία συνοδεύεται από φυσιολογική οπτική οξύτητα. Στον οπίσθιο κερατόκωνο υπάρχει αυξημένη κύρτωση της οπίσθιας (ενδοθηλιακής) επιφάνειας του κερατοειδούς με μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας. Υπάρχουν δυο μορφές:

α. Γενικευμένος οπίσθιος κερατόκωνος (*keratoconus posticus generalis*), όπου ολόκληρη η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς παρουσιάζει αυξημένη κύρτωση, ενώ ο κερατοειδής παραμένει τυπικά διαυγής.

β. Εντοπισμένος οπίσθιος κερατόκωνος (*keratoconus posticus circumscriptus*), όπου υπάρχουν μία ή περισσότερες κεντρικές ή παράκεντρες περιοχές οπίσθιας εκσκαφής του κερατοειδούς με διάφορου βαθμού θολερότητα του στρώματος.

Τα τοπογραφικά ευρήματα στον οπίσθιο κερατόκωνο περιλαμβάνουν κεντρική κύρτωση στην περιοχή της εκσκαφής, ενώ γύρω από αυτή την περιοχή παρατηρείται επιπέδωση.

Στον οπίσθιο κερατόκωνο μπορεί να υπάρχει αστιγματισμός, όχι όμως ο υψηλός ανώμαλος αστιγματισμός που παρατηρείται στον κερατόκωνο. Όταν υπάρχει μείωση της οπτικής οξύτητας, οφείλεται ή στη θόλωση του στρώματος, η οποία παρατηρείται στην εντοπισμένη μορφή του οπίσθιου κερατόκωνου, ή σε συνοδό οφθαλμικό νόσημα, ή σε αμβλυωπία.

Οι ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις στον οπίσθιο κερατόκωνο εντοπίζονται στο επίπεδο της μεμβράνης του Descemet και του ενδοθηλίου στην περιοχή της βλάβης (εκσκαφής). Συγκεκριμένα παρατηρείται πάχυνση της μεμβράνης του Descemet και εναπόθεση χρωστικής στα όρια της εκσκαφής. Άλλες ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις στον οπίσθιο κερατόκωνο είναι: πάχυνση της βασικής μεμβράνης του επιθηλίου, κατά τόπους ελλείμματα της μεμβράνης του Bowman και ανωμαλίες του στρώματος.

Ο οπίσθιος κερατόκωνος συνήθως δεν χρήζει θεραπείας, ιδίως όταν οι αλλοιώσεις βρίσκονται εκτός οπτικού άξονα. Πιθανόν να συνυπάρχει μυωπικός αστιγματισμός, ο οποίος διορθώνεται καλά με γυαλιά και πρέπει να διορθώνεται για αποφυγή της αμβλυωπίας. Φακοί επαφής χρειάζονται μόνο στη σπάνια περίπτωση που υπάρχει ανώμαλος αστιγματισμός. Σε διαμερή κερατοπλαστική καταλήγουν μόνο τα περιστατικά στα οποία η θόλωση του κερατοειδούς βρίσκεται πάνω στον οπτικό άξονα, παρεμποδίζοντας τη φυσιολογική οπτική λειτουργία, όπου συνήθως έχει ήδη δημιουργηθεί αμβλυωπία και τα αποτελέσματα είναι πτωχά.

Δ. Συγγενές πρόσθιο σταφύλωμα

Είναι μία άλλη εκτασία κατά την οποία ο κερατοειδής παρουσιάζεται εξογκωμένος, θολερός και καλυμμένος στην οπίσθια επιφάνειά του με χοριοειδικό ιστό. Η πάθηση μπορεί να είναι ετερόπλευρη ή αμφοτερόπλευρη, ενώ ο κερατοειδής μπορεί να παρουσιάζει διάφορου βαθμού λέπτυνση και θόλωση συνοδευόμενη από γενική αποδιοργάνωση του προσθίου ημιμορίου.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

Οι επιστήμονες της όρασης προσπάθησαν ανέκαθεν να μελετήσουν το σχήμα του κερατοειδούς, κάτι που είναι δύσκολο να καταγραφεί με απόλυτη ακρίβεια. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς είναι ασφαιρική.

Η αλματώδης πρόοδος της διαθλαστικής χειρουργικής κατά την τελευταία εικοσαετία αύξανε ολοένα και περισσότερο τις απαιτήσεις για εκσυγχρονισμό του τεχνολογικού εξοπλισμού. Καθώς ο εξοπλισμός εκσυγχρονιζόταν, βελτιωνόταν και η

δυνατότητα των επιστημόνων να απεικονίσουν και να καταγράψουν το σχήμα του κερατοειδούς με όλο και μεγαλύτερη ακρίβεια, ενώ ο προϋπάρχων εξοπλισμός φάνταζε στα μάτια τους ανεπαρκής.

Οι παραδοσιακοί, βασιζόμενοι στο δίσκο του Placido τοπογράφοι, αν και περιορίζονται στην εκτίμηση μόνο της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας, διαθέτουν πλέον μια αυξημένη δυναμική στην απόκτηση και περισσότερο πολύπλοκη ανάλυση δεδομένων. Υπάρχουν όμως πλέον και νέα διαγνωστικά συστήματα, τα οποία μας επιτρέπουν να απεικονίσουμε την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, αλλά και να εκτιμήσουμε την ανύψωση (υπέγερση), τόσο της πρόσθιας όσο και της οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας με ταυτόχρονη δυνατότητα παχυμετρίας σημείο προς σημείο.

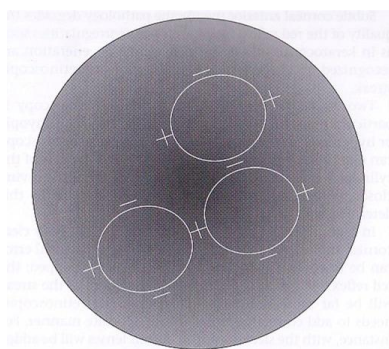
Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση και τη μελέτη των διαφόρων κερατοειδικών παραμέτρων είναι: η κερατομετρία, η τοπογραφία (κερατοσκόπηση και βιντεοκερατοσκόπηση) και η τομογραφία (σχισμοειδής σάρωση, απεικόνιση Scheimpflug, οπτική τομογραφία συνοχής και απεικόνιση με υπερήχους πολύ υψηλής συχνότητας).

A. Κερατομετρία (Keratometry)

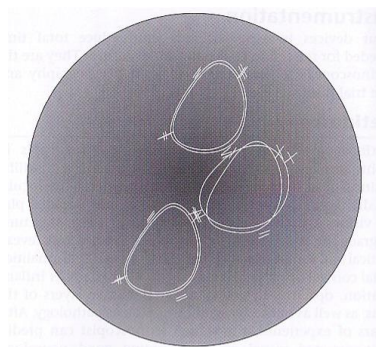
Το κερατόμετρο (Javal) χρησίμευσε για πολλά χρόνια στη μελέτη της φυσιολογικής κερατοειδικής επιφάνειας βασιζόμενο στην πρόταση του Helmholtz, ότι το οπτικό σύστημα του ανθρώπινου κερατοειδούς πλησιάζει το οπτικό σύστημα ενός σφαιροκυλινδρικού φακού. Η κερατομετρία βρίσκει εφαρμογή στην εκτίμηση της πρόσθιας καμπυλότητας του κερατοειδούς και στη μέτρηση της διοπτρικής του δύναμης.

Όσον αφορά την εκτίμηση της πρόσθιας καμπυλότητας του κερατοειδούς, η μέτρησή της είναι ακριβής μόνον όταν η κερατοειδική επιφάνεια είναι σφαιρική ή σφαιροκυλινδρική. Αντίθετα, όταν ο κερατοειδής έχει πολύπλοκη κεντρική καμπυλότητα που απομακρύνεται από το σφαιροκυλινδρικό οπτικό σύστημα, όπως συμβαίνει στον κερατόκωνο, το κερατόμετρο δεν είναι χρήσιμο για κλινικές εφαρμογές. Όσον αφορά τη μέτρηση της διοπτρικής δύναμης του κερατοειδούς, το κερατόμετρο θεωρεί δεδομένο ότι ο κερατοειδής είναι μια ενιαία παρααξονική διαθλαστική επιφάνεια (Krachmer et al., 2005). Αυτή η εκτίμηση όμως δεν λαμβάνει υπόψη της καμία εκτροπή υψηλής τάξης, όπως για παράδειγμα τη σφαιρική εκτροπή. Τέλος ένα άλλο σοβαρό μειονέκτημα της κερατομετρίας είναι το ότι εξετάζει την

περιοχή του κερατοειδούς που βρίσκεται ακριβώς μπροστά από το κορικό πεδίο (κεντρικός κερατοειδής, 5 mm).



Σχήμα 4α: Κερατομετρία σε φυσιολογικό κερατοειδή



Σχήμα 4β: Κερατομετρία σε κερατοειδή με κερατόκωνο

Όλοι οι παραπάνω περιορισμοί καθιστούν το κερατόμετρο μη ακριβές όργανο στη διάγνωση του κερατόκωνου και στην προεγχειρητική εκτίμηση του κερατοειδούς του υπογήφιου για διαθλαστική επέμβαση ασθενή.

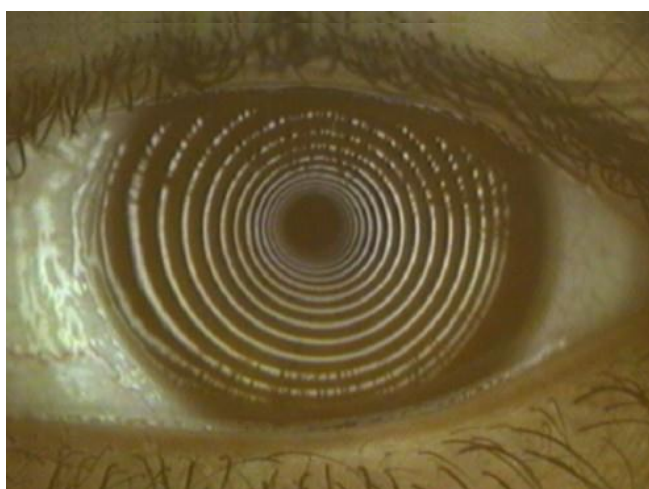
Παρ' όλα αυτά, το κερατόμετρο είναι σε θέση να διαγνώσει ενδεχόμενο ανώμαλο ή υψηλό κερατοειδικό αστιγματισμό που μπορεί να είναι ενδείξεις κερατόκωνου (Σχήμα 4α και 4β).

B. Κερατοσκόπηση (Keratometry)

Οι ερευνητές άρχισαν να κατασκευάζουν κερατοσκόπια πριν από περίπου 100 χρόνια. Ήξεραν ότι ο κερατοειδής, ειδικά ο πάσχων, μπορεί να έχει καμπυλότητα αρκετά διαφορετική από αυτή ενός σφαιροκυλινδρικού φακού. Θέλησαν λοιπόν να κατασκευάσουν ένα όργανο το οποίο θα τους επέτρεπε να παρατηρούν τις διάφορες κερατοειδικές παραμορφώσεις.

Το κερατοσκόπιο, όπως και το συγγενικό του κερατόμετρο, παρουσιάζει ένα φωτεινό στόχο ο οποίος αντανακλάται από την κερατοειδική επιφάνεια και σχηματίζει ένα φανταστικό είδωλο πίσω από τον κερατοειδή. Η διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι το κερατοσκόπιο προβάλλει μια περισσότερο σύνθετη εικόνα, συνήθως μια σειρά ομόκεντρων δακτυλίων, και ότι αυτή η εικόνα προβάλλεται σε ολόκληρη την κερατοειδική επιφάνεια και όχι μόνο στον κεντρικό κερατοειδή (Yanoff et al., 2004).

Η πιο γνωστή μορφή κερατοσκοπίου είναι ο δίσκος του Placido, ο οποίος εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά τον 19^ο αιώνα. Η αρχή λειτουργίας του δίσκου του Placido είναι η εξής: ομόκεντροι, εναλλασσόμενοι φωτεινοί και σκουρόχρωμοι δακτυλιοειδείς στόχοι προβάλλονται επάνω στον πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια. Στη συνέχεια ο εξεταστής παρατηρεί τις αντανακλάσεις των δακτυλιοειδών στόχων μέσω μίας οπής η οποία βρίσκεται στο κέντρο του δίσκου (Εικόνα 9). Τυχόν ανωμαλίες στο σχήμα (παραμορφώσεις) ή στη θέση των ομόκεντρων δακτυλίων επιτρέπουν μια ποσοτική εκτίμηση της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς (Cairns & McGree, 2005).

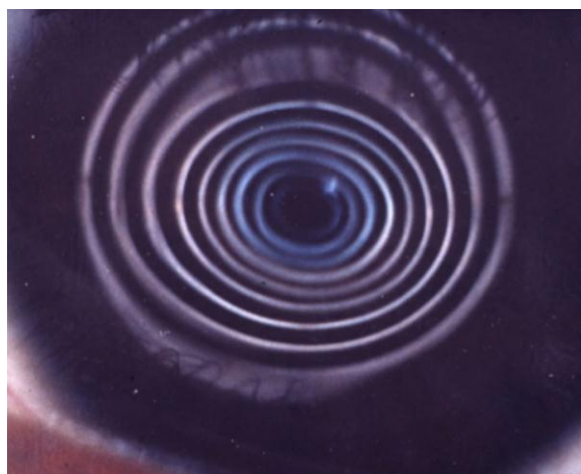


Εικόνα 9: Κερατοσκόπηση με το δίσκο του Placido

Τα κερατοσκόπια μπορεί να είναι απλούστατα, όπως ο κλασικός δίσκος του Placido, ή μπορεί να έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύσουν τις εικόνες τους σε φωτογραφικό φιλμ (φωτοκερατοσκόπηση). Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ανάλυσης των κερατοσκοπικών ειδώλων και εικονικής αναπαράστασης της καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς μέσω Η/Υ. Τα κερατοσκόπια παρουσιάζουν διαφορές και όσον αφορά τον προβαλλόμενο στόχο. Οι δακτύλιοι του στόχου μπορεί να είναι τοποθετημένοι στο ίδιο επίπεδο (κερατοσκόπιο επίπεδου στόχου – flat target keratoscope) ή σε διαφορετικά επίπεδα τοποθετημένα σε σειρά στο εσωτερικό ενός σωλήνα (σειριακό κερατοσκόπιο – collimating keratoscope). Ο δεύτερος τύπος αυξάνει το ποσοστό της κερατοειδικής επιφάνειας η οποία αντανακλά τον προβαλλόμενο στόχο.

Η παρατήρηση των δακτυλίων του κερατοσκοπίου και η ερμηνεία των διαφόρων ευρημάτων προϋποθέτει ειδική εκπαίδευση. Η κερατοσκοπική εικόνα ερμηνεύεται με συγκεκριμένο τρόπο. Αρχικά ελέγχεται η εικόνα για τυχόν τεχνουργήματα (artifacts). Μια διαταραχή της προκεράτιας δακρυϊκής στιβάδας οφειλόμενη σε επιθηλιακή ανωμαλία της βλέννης μπορεί να υποδύεται τη μορφή κερατοειδικής παραμόρφωσης. Τεχνουργήματα επίσης μπορεί να δημιουργείται και σε αυξημένο δακρυϊκό μηνίσκο στο άνω ή στο κάτω βλέφαρο.

Αφού γίνει ο έλεγχος για τυχόν τεχνουργήματα, ελέγχονται τα κεντρικά είδωλα του κερατοσκοπίου για πιθανή ύπαρξη ανώμαλου αστιγματισμού. Ο ανώμαλος αστιγματισμός έχει σαν αποτέλεσμα τα είδωλα των δακτυλίων να παίρνουν ωοειδή ή κάποια άλλη μορφή, σε κάθε περίπτωση διαφορετική από την αναμενόμενη κυκλική μορφή μιας σφαιρικής επιφάνειας ή την ελλειπτική μορφή που θα περιμέναμε από έναν κερατοειδή του οποίου η κεντρική καμπυλότητα πλησιάζει αυτήν ενός σφαιροκυλινδρικού φακού (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Ωοειδής παραμόρφωση των ειδώλων των δακτυλίων κατά την κερατοσκόπηση με το δίσκο του Placido σε κερατόκωνο

Στο τέλος γίνεται έλεγχος για απότομες αλλαγές της καμπυλότητας από το κέντρο προς την περιφέρεια του κερατοειδούς. Αν οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών ειδώλων του κερατοσκοπίου μειώνονται από το κέντρο προς την περιφέρεια, σημαίνει ότι ο κερατοειδής κυρτώνεται. Αντίθετα αύξηση των αποστάσεων σημαίνει σχετική επιπέδωση του κερατοειδούς.

Γ. Βιντεοκερατοσκόπηση (Computerized videokeratography, C.V.K)

Την τελευταία εικοσαετία η ηλεκτρονική βιντεοκερατογραφία ή βιντεοκερατοσκόπηση έχουν μετατρέψει την τοπογραφική χαρτογράφηση της δύναμης και του σχήματος του κερατοειδούς σε εξέταση ρουτίνας στη κλινική οφθαλμολογική πράξη.

Η κερατομετρία και η κερατοσκόπηση προσφέρουν μόνο ποιοτική εκτίμηση του κερατοειδικού σχήματος. Η ανάγκη των ερευνητών να εκτιμήσουν ποσοτικά το σχήμα του κερατοειδούς οδήγησε στη δημιουργία του βιντεοκερατοσκοπίου. Όπως δηλώνει και το όνομά του, το βιντεοκερατοσκόπιο μεταφέρει την κερατοειδική εικόνα στην οθόνη ενός βίντεο, όπου στη συνέχεια υποβάλλεται σε εξέταση και ανάλυση. Το βιντεοκερατοσκόπιο δεν μπορεί να αρχίσει να καταγράφει το σχήμα του κερατοειδούς, αν δεν καθορίσει πρώτα τη θέση του κάθε κερατοειδικού σημείου που μελετά πάνω σε κάποιο από τα ομόκεντρα κερατοσκοπικά είδωλα. Τα περισσότερα συστήματα μετρούν 256 – 360 σημεία πάνω σε κάθε ομόκεντρο κύκλο. Τα βιντεοκερατοσκόπια διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης την οποία χρησιμοποιούν:

1. Τα πρώτης γενιάς χρησιμοποιούν τη μέθοδο αξονικής δύναμης (axial power).

Πλεονεκτήματα

- Μέτρηση κερατοειδικής κλίσης.
- Καλή γενική εκτίμηση του κερατοειδικού σχήματος.
- Η μέτρηση της εικόνας γίνεται απευθείας από το κερατοσκόπιο, άρα επηρεάζεται λιγότερο από το θόρυβο της μέτρησης.

Μειονεκτήματα

- Η αξονική δύναμη εξαρτάται από τον άξονα αναφοράς που έχει επιλεγεί.
- Η ακρίβεια της μέτρησης φθίνει όσο κατευθυνόμαστε προς την περιφέρεια του κερατοειδούς, αλλά με ρυθμό μικρότερο από της επόμενης μεθόδου.

2. Τα δεύτερης γενιάς χρησιμοποιούν τη μέθοδο στιγμιαίας δύναμης (instantaneous power).

Πλεονεκτήματα

- Μετρούν την τοπική καμπυλότητα.
- Είναι περισσότερο ευαίσθητα σε απότομες μεταβολές της τοπικής καμπυλότητας.

- Είναι κατάλληλα για εντοπισμό τοπικών ανωμαλιών όπως αρχόμενος κερατόκωνος.

Μειονεκτήματα

- Επηρεάζονται περισσότερο από το θόρυβο της μέτρησης.
- Δεν επιτρέπουν καλή συνολική εκτίμηση του κερατοειδικού σχήματος.
- Η μέτρηση γίνεται εξαιρετικά ανακριβής όσο κατευθυνόμαστε από το κέντρο προς την περιφέρεια, διότι η ακρίβεια του κάθε σημείου εξαρτάται από την ακρίβεια του προηγούμενου.

Όλα τα προαναφερθέντα αφορούν σε γενικές γραμμές τον τρόπο με τον οποίο τα βιντεοκερατοσκόπια συλλέγουν πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές αποτυπώνονται σε κωδικοποιημένους χρωματικούς τοπογραφικούς χάρτες. Κάθε χρώμα στο χάρτη αντιπροσωπεύει συγκεκριμένες τιμές μετρήσεων. Οι μετρήσεις εκφράζονται σε διοπτρίες, είτε γίνονται με τη μέθοδο της αξονικής, είτε με τη μέθοδο της στιγμιαίας δύναμης (Krachmer et al., 2005).

Όλες οι συσκευές τις οποίες περιγράψαμε παραπάνω και οι οποίες βασίζονται στην αρχή λειτουργίας του δίσκου του Placido παρέχουν τη δυνατότητα μέτρησης σφαιρικών ή ασφαιρικών επιφανειών έκτασης έως και $2\mu\text{m}^2$ με πολλαπλές μετρήσεις, χρησιμοποιώντας πολύπλοκους αλγόριθμους. Είναι όμως δύσκολο να εκτιμήσουν επιφάνειες με σημαντικές αλλαγές στην καμπυλότητα (πολλαπλών καμπυλοτήτων) (Cairns et al., 2005). Επίσης δεν μπορούν να αποδώσουν το πραγματικό σχήμα και την ανύψωση του κερατοειδούς. Με άλλα λόγια όσο εξελιγμένοι και αν είναι οι τοπογράφοι που βασίζονται στην αρχή του δίσκου του Placido, θα έχουν πάντα μαθηματικούς και πρακτικούς περιορισμούς.

Δ. Τομογραφία σχισμοειδούς σάρωσης κερατοειδούς (Slit-scanning tomography)

Η εικόνα που δίνει το βιντεοκερατοσκόπιο είναι δισδιάστατη και όχι τρισδιάστατη, επομένως δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πραγματικό σχήμα και την ανύψωση του κερατοειδούς. Η τομογραφία κερατοειδούς επέτρεψε την απευθείας μέτρηση της ανύψωσης του κερατοειδούς δημιουργώντας τρισδιάστατη εικόνα από δισδιάστατες τομές.

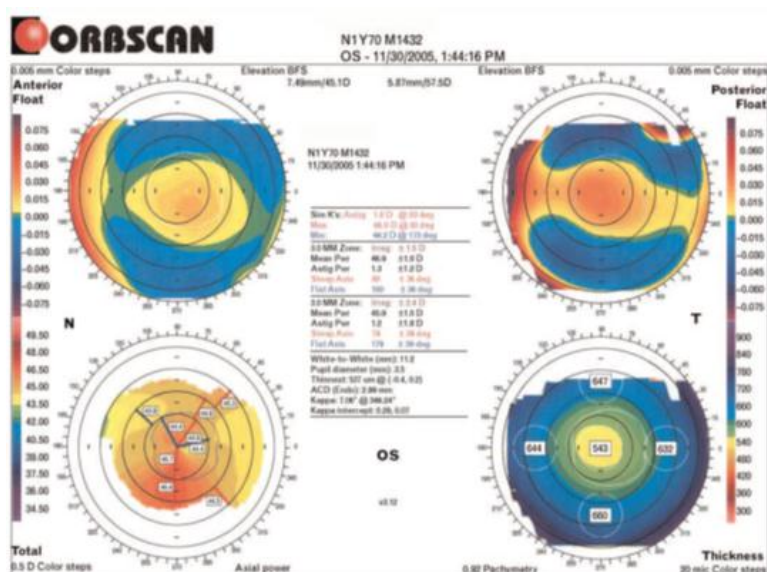
Το σύστημα χαρτογράφησης κερατοειδούς PAR (Raster stereography), ήταν η πρώτη συσκευή η οποία χρησιμοποίησε την τοπογραφία ανύψωσης και εκτίμησε μέσω αυτής το πραγματικό σχήμα του κερατοειδούς σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Το σύστημα PAR, βασιζόμενο στην αρχή της τριγωνοποίησης (triangulation), προβάλλει

επάνω στον εξεταζόμενο κερατοειδή ένα πλέγμα, το οποίο στη συνέχεια συγκρίνει ως προς το μέγεθος και τις τυχόν παραμορφώσεις με ένα παρόμοιο πλέγμα που προβάλλεται πάνω σε μια επιφάνεια αναφοράς.

Το σύστημα PAR είναι γενικά περισσότερο ακριβές στη μέτρηση της ανύψωσης σύνθετων επιφανειών (με πολλαπλές καμπυλότητες) από τις συσκευές που βασίζονται στη φιλοσοφία του δίσκου του Placido (Cairns et al., 2005). Παρουσιάζει επίσης αυξημένη δυναμική στην ανίχνευση και ταξινόμηση των κερατοειδικών ανωμαλιών, στην εφαρμογή φακών επαφής και στον προγραμματισμό διαθλαστικών χειρουργικών επεμβάσεων.

Δυστυχώς οι πληροφορίες που παίρνουμε από τις συσκευές που βασίζονται στη φιλοσοφία του δίσκου του Placido και το σύστημα PAR αφορούν μόνο την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς. Στον κερατόκωνο, ακόμη και στις πιο πρώιμες μορφές του, εκτός της πρόσθιας επιφάνειας αλλοιώσεις ανιχνεύονται και στην οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς (Cairns et al., 2005). Ο σπουδαίος ρόλος τον οποίο παίζει η οπίσθια κερατοειδική επιφάνεια σε σχέση με τη δομική ακεραιότητα και την οπτική ποιότητα καθιστά την εκτίμησή της από τα σύγχρονα τοπογραφικά συστήματα απαραίτητη.

Η πρώτη συσκευή η οποία επέτρεψε τη μέτρηση της οπίσθιας (ενδοθηλιακής) επιφάνειας του κερατοειδούς ήταν, το 1995, η συσκευή τομογραφίας σχισμοειδούς σάρωσης, η οποία είναι ευρύτερα γνωστή με την εμπορική της ονομασία Orbscan (Orbtek inc) και Bausch & Lomb (Rochester, N.Y) (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Τυπική καταγραφή του Orbscan σε κερατόκωνο. Παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την πρόσθια και οπίσθια ανύψωση του κερατοειδούς καθώς και παχυμετρικοί χάρτες

Η αρχή λειτουργίας του Orbscan γίνεται ευκολότερα κατανοητή από αυτή της βιντεοκερατοσκόπησης. Είναι στην πραγματικότητα ένα εξελιγμένο σύστημα σάρωσης το οποίο χρησιμοποιεί μία τεχνική προβολής σχισμοειδών βολών, διαδοχικά και σε πολύ κοντινά διαστήματα μεταξύ τους, πάνω στον κερατοειδή. Στη συνέχεια το λογισμικό ενός Η/Υ προσδιορίζει και ψηφιοποιεί τη θέση του πρόσθιου και του οπίσθιου ορίου κάθε σχισμοειδούς βολής. Η ψηφιοποιημένη αυτή εικόνα παρέχει πληροφορίες σχετικά με το σχήμα και το πάχος του κερατοειδούς ανάμεσα σε δύο διαδοχικές σχισμοειδείς βολές. Τέλος, οι εικόνες αποτυπώνονται σε τρισδιάστατους τοπογραφικούς χάρτες.

Το 1999 κυκλοφόρησε η υβριδική μορφή του Orbscan, το Orbscan II (Orbtek inc.). Το νέο αυτό σύστημα ενσωματώνει στην τεχνολογία της σχισμοειδούς σάρωσης μια εφαρμογή του δίσκου του Placido, προκειμένου να επιτύχει απευθείας μέτρηση της καμπυλότητας του κερατοειδούς και να επωφεληθεί από το συνδυασμό και των δύο τεχνικών. Η πιο πρόσφατη αναβάθμιση του λογισμικού του Orbscan, το Orbscan Pz, διατίθεται μαζί με το αμπερόμετρο Shack Hartman στο σταθμό εργασίας Zyoptix (Cairns et al., 2005).

Συλλογή πληροφοριών από τον κερατοειδή με το Orbscan II

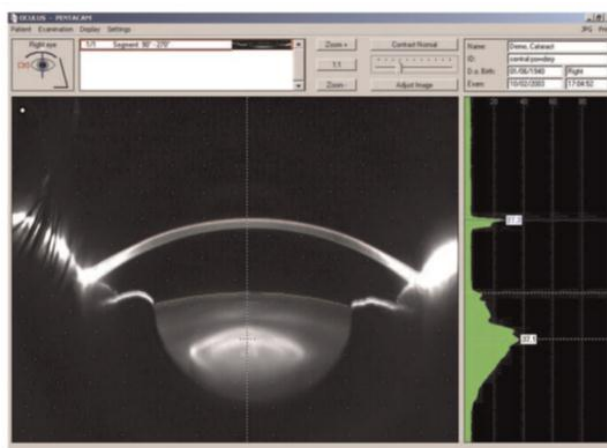
Κατά τη διάρκεια της εξέτασης του κερατοειδούς με το Orbscan II, αρχικά φωτίζεται ο δίσκος του Placido και αποθηκεύεται η αντανάκλαση των ειδώλων του επάνω στην πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια. Ακολούθως 40 σχισμοειδείς βολές, 20 από τα δεξιά και 20 από τα αριστερά, καθεμία διαστάσεων 12,50 mm (ύψος) και 0,30 mm (πλάτος), προβάλλονται επάνω στον κερατοειδή υπό γωνία 45° ως προς τον άξονα του μηχανήματος. Καθώς το φως από τις σχισμοειδείς βολές διαπερνά τον κερατοειδή, διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις και στη συνέχεια επιστρέφει στην ψηφιακή βιντεοκάμερα της συσκευής, η οποία την καταγράφει σε διδιάστατες εικόνες. Το σύστημα αρχικά ανιχνεύει το πρόσθιο όριο κάθε βολής, έπειτα το οπίσθιο όριο και στη συνέχεια χρησιμοποιεί τα δεδομένα και των 40 προβαλλομένων βολών για να δημιουργήσει την τοπογραφική αναπαράσταση της ανύψωσης της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς. Επιπροσθέτως το λογισμικό του Η/Υ ανιχνεύει τα όρια των ειδώλων των ανακλώμενων δακτυλίων του δίσκου του Placido και χρησιμοποιεί τα δεδομένα για την αναπαράσταση της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας. Περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων επιτρέπει στο Orbscan II την ψηφιακή

αναπαράσταση του εσωτερικού του οφθαλμού (οπίσθια κερατοειδική επιφάνεια, πρόσθια επιφάνεια κρυσταλλοειδούς φακού, πρόσθια επιφάνεια ίριδας). Ο χάρτης ανύψωσης της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας προσδιορίζει το σημείο του κερατοειδούς στο οποίο η σχισμοειδής βολή εισέρχεται στον οφθαλμό, ενώ ο χάρτης πρόσθιας καμπυλότητας καθορίζει τη γωνία πρόσπτωσης της βολής. Τα χρώματα στο χάρτη ανύψωσης αναπαριστούν το ύψος της επιφάνειας του εξεταζόμενου κερατοειδούς σε σύγκριση με μια επιφάνεια αναφοράς.

Σε κάθε περίπτωση, οι ειδικοί της όρασης που εξειδικεύονται στην τοπογραφία, συμφωνούν στο ότι η τεχνολογία σχισμοειδούς σάρωσης δεν κατέχει ακόμη την απόλυτη υπεροχή, καθώς παρουσιάζει ένα βαθμό αναξιοπιστίας σχετικά με την επαναληψιμότητα των μετρήσεων. Επιπλέον η έλλειψη κάποιας μεθόδου που να μετράει άμεσα την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς θα συνεχίσει να εγείρει αναπάντητα ερωτήματα στον τομέα της τοπογραφίας.

E. Περιστροφική απεικόνιση Scheimpflug (Scheimpflug imaging)

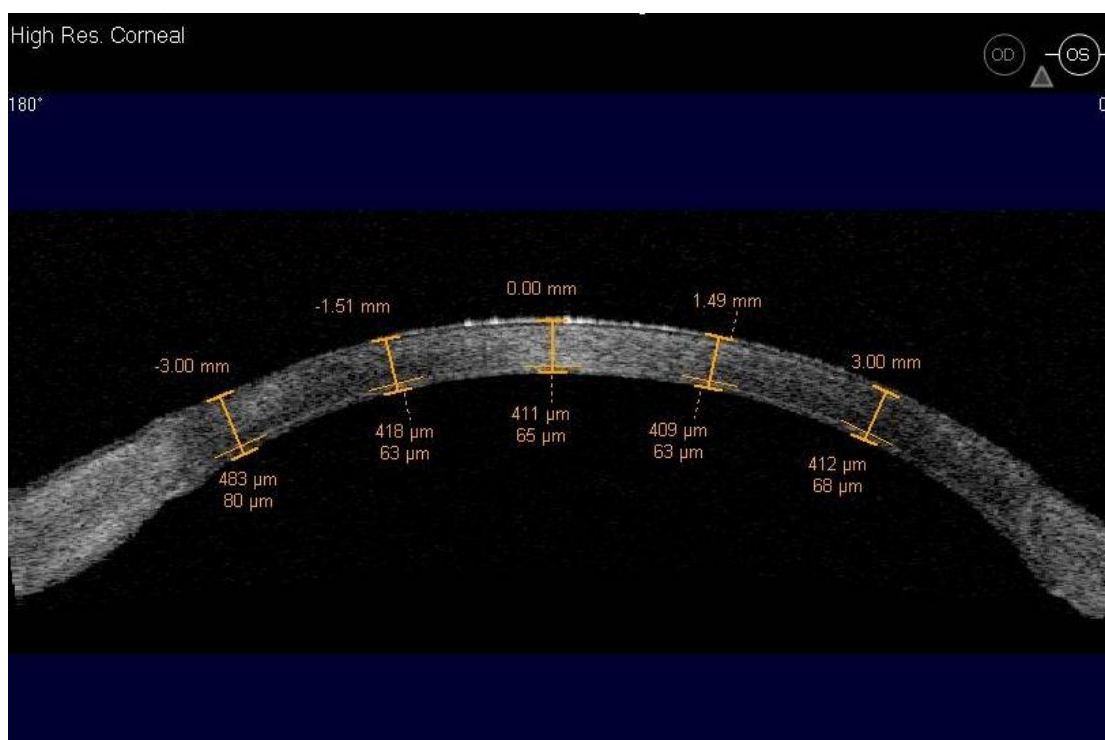
Η τεχνολογία περιστροφικής απεικόνισης Scheimpflug χρησιμοποιείται από μηχανήματα όπως το Pentacam (Oculus Optikgerate, Wetzlar, Germany), Galilei (Ziemer, Port, Switzerland) και Precisio (LIGI Technologie Medicali S.p.A., Taranto, Italy) για να αναλύσει την πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, καθώς και άλλες δομές του προσθίου ημιμορίου. Η απεικόνιση της τεχνολογίας Scheimpflug φαίνεται στην εικόνα 12. Βρίσκει κλινική εφαρμογή στη μέτρηση του σχήματος, της διοπτρικής δύναμης και του πάχους του κερατοειδούς. Η εκτίμηση του σχήματος του κερατοειδούς με την τεχνολογία περιστροφικής απεικόνισης Scheimpflug μπορεί να λειτουργήσει ενισχυτικά και συμπληρωματικά σε προηγούμενες μετρήσεις ληφθείσες με το Orbscan.



Εικόνα 12: Περιστροφική απεικόνιση Scheimpflug

ΣΤ. Οπτική τομογραφία συνοχής (Ocular coherence tomography, OCT)

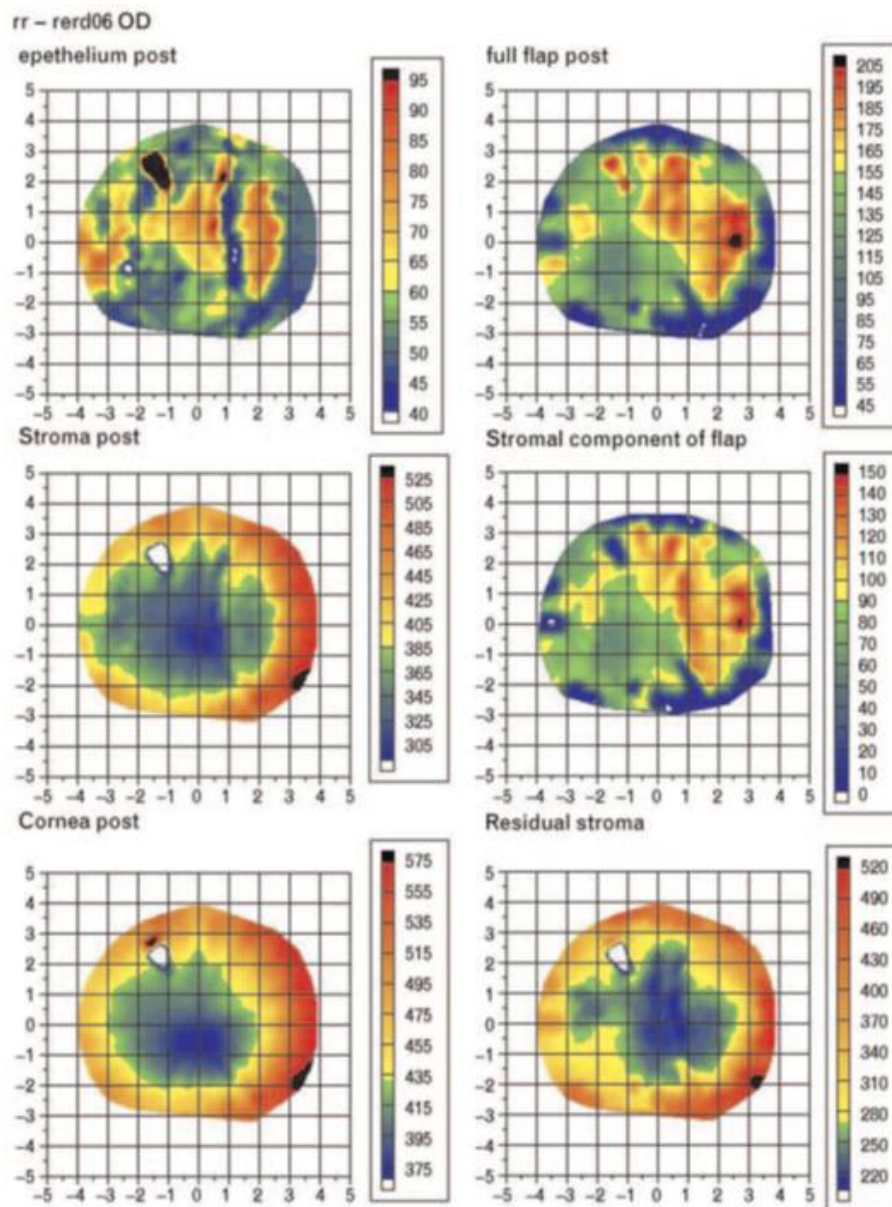
Είναι μία οπτική μέθοδος σάρωσης με διασταυρούμενες τομές, η οποία βασίζεται στην ανάκλαση και τη διάχυση του φωτός από τις διάφορες δομές του κερατοειδούς. Κυκλοφορεί με διάφορες εμπορικές ονομασίες όπως Topcon 3D OCT (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) και Visante (Carl Zeiss Meditech, Jena, Germany). Χρησιμοποιεί την τεχνολογία της οπτικής συμβολομετρίας (interferometry) για να δημιουργήσει ένα λογάριθμο του προφίλ ανακλαστικότητας. Κάθε αιχμή του προφίλ αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο στρώμα του κερατοειδούς. Η συμβολομετρία χαμηλής συνοχής αγγίζει αξονικές αναλύσεις από 3 έως 20 μm χρησιμοποιώντας τεχνική χωρίς επαφή. Με μία και μόνο σάρωση μπορεί να απεικονισθεί μία ευρεία περιοχή, ενώ οι εικόνες χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί το πάχος του κερατοειδικού επιθηλίου, του κρημονού της LASIK, του βάθους εμφύτευσης των ενδοκερατικών δακτυλίων, καθώς και για να αποδώσει με ακρίβεια τρισδιάστατη απεικόνιση της δομής του κερατοειδούς σε παθολογικές ή φυσιολογικές καταστάσεις (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Τυπική απεικόνιση κερατοειδούς με Οπτική Τομογραφία Συνοχής (OCT) (Visante – Carl Zeiss)

Z. Πολύ υψηλής συχνότητας υπερηχογραφία σάρωσης ή υπερηχογραφική βιομικροσκόπηση (Very high frequency VHF ultrasound scanning)

Οι υπέρηχοι πολύ υψηλής συχνότητας έχουν το πλεονέκτημα έναντι όλων των προαναφερθεισών μεθόδων στο ότι μπορούν να ερμηνεύσουν διαφορές της ηχούς στο επιθήλιο και στο στρώμα. VHF υπέρηχοι σαρώνουν μία σειρά μεσημβρινών με μια κίνηση τοξοειδή, η οποία μιμείται την καμπυλότητα του κερατοειδούς (Εικόνα 14). Η σάρωση γίνεται σε κοντινά μεσοδιαστήματα πλάτους 8-10 mm, ενώ το λογισμικό ενός Η/Υ αναπλάθει στη συνέχεια τις τοπικές διαφορές στο πάχος του επιθηλίου και του στρώματος του κερατοειδούς και τις απεικονίζει τρισδιάστατα. Διατίθεται με την εμπορική ονομασία Artemis (Ultralink LLC, St Petersburg, Florida).



Εικόνα 14: Τυπική απεικόνιση κερατοειδούς με πολύ υψηλής συχνότητας (VHF) υπερηχογραφία σάρωσης

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΣΕ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟ

Αν και ο προχωρημένος κερατόκωνος είναι εύκολο να διαγνωσθεί βάσει των κλινικών ευρημάτων κατά τη βιομικροσκόπηση και βάσει των κερατομετρικών ενδείξεων, είναι δύσκολο να ανιχνευθεί πρώιμος κερατόκωνος με τη σχισμοειδή λυχνία ή με το κερατόμετρο (Javal). Η φωτοκερατοσκόπηση και η βιντεοκερατοσκόπηση επιτρέπουν σε έναν εκπαιδευμένο παρατηρητή να ανιχνεύσει και τον πρώιμο κερατόκωνο. Κυρίως η βιντεοκερατοσκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και ανάλυση του ανώμαλου αστιγματισμού που παρατηρείται σε διάφορα μέλη οικογενειών με κερατόκωνο, για την διαχρονική παρακολούθηση του υποκλινικού κερατόκωνου και για την επιλογή φακού επαφής κατάλληλου για εφαρμογή στον κερατόκωνο.

Η ερμηνεία των ευρημάτων της βιντεοκερατοσκόπησης προϋποθέτει ειδική εκπαίδευση από πλευράς του εξεταστή, ώστε να μπορεί να διακρίνει και να ερμηνεύει σωστά τις λεπτές δομές και τα περίπλοκα ευρήματα του τοπογραφικού χάρτη. Οι τοπογραφικοί χάρτες των οφθαλμών με κερατόκωνο παρουσιάζουν μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών μορφών, οι οποίες θα μπορούσαν να ερμηνευτούν λανθασμένα, καθώς και λεπτομερειών, οι οποίες θα μπορούσαν να διαφύγουν από έναν ανεκπαίδευτο εξεταστή.

Η βιντεοκερατοσκόπηση και οι κωδικοποιημένοι έγχρωμοι χάρτες εξασφαλίζουν πληθώρα πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά της κερατοειδικής επιφάνειας. Η αντικειμενική εκτίμηση των ευρημάτων της βιντεοκερατοσκόπησης έχει καθοριστική σημασία για την επιτυχή ολοκλήρωση γενετικών ή στατιστικών μελετών σχετικών με τον κερατόκωνο. Υπάρχουν χιλιάδες σημεία επάνω σε έναν κωδικοποιημένο έγχρωμο τοπογραφικό χάρτη τα οποία μπορούν να δώσουν πληροφορίες χρήσιμες για την διάγνωση και τη διαχρονική παρακολούθηση του κερατόκωνου. Για πρακτικούς λόγους οι μελετητές προσπάθησαν κατά καιρούς να μειώσουν τον αριθμό αυτών των σημείων σε μερικούς δείκτες χρήσιμους στην στατιστική ανάλυση (Maeda, Klyce, Smolek & Thompson, 1994).

Οι Rabinowitz και Mc Donnell. (1989) ήταν οι πρώτοι ερευνητές οι οποίοι, βασιζόμενοι στην βιντεοκερατοσκόπηση, δημιούργησαν μια αριθμητική μέθοδο για να διαχωρίσουν έναν κερατοκωνικό από έναν φυσιολογικό κερατοειδή. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν τρεις αριθμητικούς δείκτες:

1. Την κεντρική κερατοειδική διοπτρική δύναμη.
2. Την διαφορά κεντρικής κερατοειδικής διοπτρικής δύναμης μεταξύ των κερατοειδών των δύο οφθαλμών.
3. Την τιμή I-S (Inferior-Superior value), η οποία ορίζεται ως η μέση διαφορά διαθλαστικής δύναμης μεταξύ πέντε άνω και πέντε κάτω σημείων σε απόσταση 3 mm από το κέντρο και ανά διαστήματα 30°.

Από τα τρία αυτά κριτήρια, η κεντρική κερατοειδική δύναμη είναι από μόνη της αρκετά επαρκής, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι και απόλυτα αξιόπιστη. Υπάρχουν εμμέτρωτες με κεντρική κερατοειδική διοπτρική δύναμη 48-50 D.

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των δύο οφθαλμών, είναι γενικά χρήσιμη στην ανίχνευση του κερατόκωνου, είναι όμως προβληματική στη διαχρονική παρακολούθηση της εξέλιξης του κερατόκωνου, καθώς δεν αποκλείεται ο έτερος οφθαλμός να αναπτύξει και αυτός κερατόκωνο ή να έχει ήδη υποβληθεί σε διορθωτική επέμβαση.

Τέλος, η τιμή I-S είναι ίσως το λιγότερο αξιόπιστο κριτήριο καθώς υπάρχουν και άλλες παθολογικές καταστάσεις εκτός του κερατόκωνου, οι οποίες παρουσιάζουν τοπογραφική ασυμμετρία ανάμεσα στον ανώτερο και τον κατώτερο κερατοειδή. Επιπλέον η κύρτωση του κερατοειδούς στον κερατόκωνο εντοπίζεται πιο συχνά, αλλά όχι αποκλειστικά, στην κατώτερη περιφέρειά του.

Επομένως οι τοπογραφικοί χάρτες δεν είναι απόλυτα δυνατό να διακριθούν σε κερατοκωνικούς και μη βασιζόμενοι στους αριθμητικούς δείκτες των Rabinowitz και Mc Donnell.

Οι Maeda et al. (1994) δημιούργησαν ένα ειδικό σύστημα χρησιμοποιώντας 8 τοπογραφικούς δείκτες. Το σύστημα αυτό έδειξε να είναι σημαντικά καλύτερο στην διάγνωση και ταξινόμηση του κερατόκωνου από αυτό των Rabinowitz – Mc Donnell.

Οι Quisling, Sjoberg, Zimmerman et al. (2006) συνέκριναν μετρήσεις με το Orbscan Πz και το Pentacam σε οφθαλμούς με κερατόκωνο. Συγκεκριμένα συνέκριναν την καλύτερα εφαρμόζουσα σφαίρα (best fit sphere, BFS) τοποθετημένη στην κορυφή του κώνου με την BFS τοποθετημένη στην οπίσθια κερατοειδική επιφάνεια. Διαπίστωσαν λοιπόν ότι δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μετρήσεις που έδωσαν τα δύο συστήματα. Η οπίσθια ανύψωση όμως ήταν σημαντικά διαφορετική ανάμεσα στα δύο συστήματα, αν και η ακτίνα καμπυλότητας δεν διέφερε. Αυτό σύμφωνα με τους ερευνητές οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο ανάλυσης των δεδομένων ανάμεσα στα δύο συστήματα. Το Orbscan Πz

συγκεκριμένα εκτιμά την κεντρική περιοχή (3mm) του κερατοειδούς, ενώ το Pentacam εκτιμά συνολικά τον κερατοειδή. Γενικώς δηλαδή θεώρησαν ότι οι μετρήσεις με το Orbscan IIz είναι περισσότερο ακριβείς στην περιφέρεια και λιγότερο στον κεντρικό κερατοειδή. Και τα δύο συστήματα ανίχνευσαν τους κώνους τοποθετημένους συνήθως στο κάτω κροταφικό τεταρτημόριο του κερατοειδούς.

Οι Ambrosio, Alonso, Luz & Coca Velarde. (2006) χρησιμοποίησαν το Pentacam για να εκτιμήσουν φυσιολογικούς και κερατοκωνικούς κερατοειδείς, προκειμένου να προσδιορίσουν τα χαρακτηριστικά τα οποία θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη διάγνωση του κερατόκωνου. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν το πάχος του κερατοειδούς στο λεπτότερο σημείο του, προκειμένου να δημιουργήσουν το «προφίλ» χωρικού πάχους και όγκου. Σε συγκρίσεις που έκαναν ανάμεσα σε φυσιολογικούς και κερατοκωνικούς οφθαλμούς, διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές στο «προφίλ» χωρικού πάχους και όγκου, με τις χαμηλότερες τιμές να χαρακτηρίζουν τους οφθαλμούς με κερατόκωνο. Οι οφθαλμοί με κερατόκωνο βρέθηκαν να είναι λεπτότεροι και με λιγότερο όγκο από τους φυσιολογικούς οφθαλμούς. Διαπίστωσαν μάλιστα πως ο ρυθμός μείωσης του πάχους και του όγκου στους οφθαλμούς με κερατόκωνο είναι περισσότερο απότομος.

Οι Ucakhan, Ozkan & Kanpolat. (2006) συνέκριναν μετρήσεις του πάχους του κερατοειδούς σε φυσιολογικούς οφθαλμούς και οφθαλμούς με κερατόκωνο χρησιμοποιώντας Pentacam, φασματικό μικροσκόπιο (μη επαφής) και παχυμετρία με υπερήχους. Το Pentacam και η υπερηχητική παχυμετρία κατάφεραν να πάρουν μετρήσεις σε όλους τους οφθαλμούς (φυσιολογικούς και κερατοκωνικούς). Το φασματικό μικροσκόπιο απέτυχε να πάρει μετρήσεις σε 12 οφθαλμούς με σοβαρό κερατόκωνο, αντίθετα οι οφθαλμοί με ήπιο κερατόκωνο μετρήθηκαν με επιτυχία. Το κεντρικό πάχος κερατοειδούς δεν βρέθηκε να έχει σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους φυσιολογικούς οφθαλμούς και στους οφθαλμούς με ήπιο κερατόκωνο στις μετρήσεις με το Pentacam και την υπερηχητική παχυμετρία. Αντίθετα υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους φυσιολογικούς οφθαλμούς και στους οφθαλμούς με προχωρημένο κερατόκωνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Pentacam έδειξε συνολικά ελαφρά υψηλότερες τιμές πάχους κερατοειδούς στην ομάδα των φυσιολογικών οφθαλμών και ελαφρά χαμηλότερες στην ομάδα των κερατοκωνικών οφθαλμών, ενώ οι μετρήσεις με το φασματικό μικροσκόπιο έδειξαν μικρότερες τιμές κερατοειδικού πάχους και στις δύο ομάδες.

Οι Gatinel, Malet, Hoang-Xuan & Azar. (2011) προσπάθησαν να περιγράψουν την επίδραση της ασφαιρικότητας και της τορικότητας του κερατοειδούς στους κωδικοποιημένους έγχρωμους τοπογραφικούς χάρτες, καθώς και τα χαρακτηριστικά της καλύτερα εφαρμόζουσας σφαίρας (Best Fit Sphere, BFS) στην τοπογραφία ανύψωσης του κερατοειδούς. Για αυτό τον σκοπό η επιφάνεια του κερατοειδούς μοντελοποιήθηκε ως μία αμφικωνική επιφάνεια με κύριους άξονες r_1 και r_2 και δείκτες ασφαιρικότητας Q_1 και Q_2 . Ως τιμή A ορίστηκε η απόσταση μεταξύ της κορυφής του κερατοειδούς και της BFS. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αυξημένη ακτίνα καμπυλότητας και η αυξημένη πρόπτωση (prolateness) (αρνητική ασφαιρικότητα) οδηγούν σε αυξημένη ακτίνα της BFS, ενώ έχουν αντίθετα αποτελέσματα στην τιμή A . Η μειωμένη ακτίνα καμπυλότητας και η αυξημένη πρόπτωση έχουν αντίθετη επίδραση στην ακτίνα BFS και παρόμοιο αποτέλεσμα στην τιμή A . Αντίθετα η αυξημένη τορικότητα δεν επηρέαζε καθόλου αυτά τα ευρήματα.

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΜΕ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟ

Βασιζόμενοι σε όλα όσα αναφέρθηκαν ως τώρα γίνεται αντιληπτό ότι ο κερατόκωνος είναι μια πάθηση που δημιουργεί αρκετές δυσκολίες στους ειδικούς που ασχολούνται με τη διάγνωση και την αντιμετώπισή του. Σοβαρότερες όμως δυσκολίες δημιουργεί ο κερατόκωνος στους ασθενείς. Δεδομένου του νεαρού της ηλικίας των ασθενών και των επιπτώσεων που έχει στην οπτική τους οξύτητα, η προσέγγιση τους απαιτεί ιδιαίτερα λεπτούς χειρισμούς εκ μέρους των θεραπειών.

- Ο ασθενής θα πρέπει να ενημερωθεί σχετικά με τη διάγνωση ή την πιθανή διάγνωση το συντομότερο δυνατό, αφού προηγουμένως εκτιμηθούν προσεκτικά τα κλινικά και τοπογραφικά ευρήματα.
- Θα πρέπει να εξηγηθεί στον ασθενή, με τρόπο ο οποίος να γίνεται εύκολα κατανοητός, η προοδευτικότητα της νόσου. Περιγράφεται με όσο το δυνατό περισσότερες λεπτομέρειες η πιθανή εξέλιξη των συμπτωμάτων του κερατόκωνου μέχρι το τελικό του στάδιο. Η περιγραφή αυτή πρέπει να είναι σαφής, χωρίς να τρομοκρατείται ο ασθενής, ούτε όμως και να του δίνεται η εσφαλμένη εντύπωση ότι πάσχει από μία απλή πάθηση, η οποία τελικά δεν θα έχει καμία επίπτωση στην καθημερινότητά του.
- Θα πρέπει να περιγραφεί στον ασθενή ο τρόπος θεραπείας του κερατόκωνου, όχι μόνο στο στάδιο που βρίσκεται τη στιγμή της διάγνωσης, αλλά και στα

επόμενα στάδια, χωρίς να αποκλεισθεί κανένα ενδεχόμενο, ούτε ακόμη αυτό της κερατοπλαστικής.

- Τέλος πρέπει να αναφερθούν με λεπτομέρειες οι αναπόφευκτες αλλαγές τις οποίες ο κερατόκωνος αναμένεται να επιφέρει στην ποιότητα ζωής του ασθενή. Στο σημείο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη λεπτότητα στον τρόπο ενημέρωσης, κυρίως των ασθενών που ασχολούνται με αθλητισμό, με οδήγηση, με χειρισμό Η/Υ κλπ.

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΚΩΝΟΥ

Α. Συντηρητικές (Γυαλιά – Φακοί επαφής)

Γενικές οδηγίες για την επιτυχή διόρθωση του κερατόκωνου

Πρωταρχικός σκοπός των ειδικών της όρασης σε κάθε περιστατικό κερατόκωνου είναι η διαθλαστική διόρθωση, η οποία εξασφαλίζει μεγιστοποίηση της οπτικής λειτουργίας.

Η διόρθωση του κερατόκωνου είναι μια πράξη η οποία συνδυάζει τέχνη και επιστήμη. Σε κάθε περίπτωση όμως, η διόρθωση του ασθενή με κερατόκωνο πρέπει πάντα να γίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες του ασθενή για συγκεκριμένα επίπεδα οπτικής οξύτητας, την άνεση και την ανοχή.

Η καλή συνεργασία μεταξύ ασθενή και εξεταστή θα καθορίζει κάθε φορά ποιο θα είναι το επόμενο βήμα στη διόρθωση του κερατόκωνου.

Διόρθωση του κερατόκωνου με γυαλιά

Οι περισσότεροι ασθενείς με κερατόκωνο ξεκινούν φορώντας γυαλιά. Δυστυχώς όμως η διόρθωση του κερατόκωνου με γυαλιά σπάνια έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για ένα μικρό μεταβατικό χρονικό διάστημα, κυρίως στα πολύ πρώιμα στάδια της νόσου. Αυτή η αποτυχία των γυαλιών να ανταποκριθούν στη θεραπεία του κερατόκωνου οφείλεται κυρίως στους παρακάτω λόγους:

1. Η κερατοειδική ανωμαλία αυξάνει προοδευτικά και συνήθως σε σύντομο χρονικό διάστημα.
2. Τα γυαλιά – συνήθως – δεν καλύπτουν επαρκώς τις διαθλαστικές ανάγκες του κερατοειδούς με ανώμαλο αστιγματισμό.
3. Η ασύμμετρη προσβολή ανάμεσα στους δύο οφθαλμούς, η οποία συνήθως χαρακτηρίζει τον κερατόκωνο, οδηγεί σε ανισοεικονία.

Άπαξ και η διαθλαστική διόρθωση του κερατόκωνου με γυαλιά αποτύχει να εξασφαλίσει τη σωστή οπτική λειτουργία των οφθαλμών, η χρήση των φακών επαφής αποτελεί την απόλυτη ένδειξη.

Διόρθωση του κερατόκωνου με φακούς επαφής

I. Γενικές θεωρήσεις σχετικές με την ορθή εφαρμογή φακών επαφής στον κερατόκωνο

Οι φακοί επαφής έχουν εξ ορισμού τη δυνατότητα να παρέχουν καλύτερη ποιότητα όρασης, ακόμη και στις ηπιότερες μορφές κερατόκωνου, οι οποίες θα μπορούσαν να διορθωθούν και με γυαλιά. Εξάλλου όσο εξελίσσεται ο κερατόκωνος, τόσο λιγότερο ικανοποιητική γίνεται η οπτική οξύτητα.

Στόχος των φακών επαφής στον κερατόκωνο είναι να δημιουργήσουν και να διατηρήσουν ένα δεύτερο «δακρυϊκό φακό» ανάμεσα στην οπίσθια επιφάνειά τους και στην πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς. Αυτός ο «δακρυϊκός φακός» έχει την ικανότητα να εξουδετερώνει τον ανώμαλο αστιγματισμό και τις οπτικές ιδιότητες της ανώμαλης πρόσθιας επιφάνειας ενός κερατοειδή με εκτασία (Özkurt, Oral, Karaman, Özgür & Doğan, 2007).

Η εφαρμογή φακών επαφής σε έναν κερατοκωνικό κερατοειδή είναι δυσκολότερη από κάθε άλλη «ειδική περίπτωση» εξαιτίας της ανώμαλης πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς. Ειδικά στον κερατόκωνο, η αποδοχή του αποτελέσματος της εφαρμογής προϋποθέτει σχετικά υψηλό μορφωτικό επίπεδο του ασθενή. Οι σωστές επεξηγήσεις, οι αναλυτικές οδηγίες και η λεπτομερής ενημέρωση από πλευράς του εφαρμοστή κατά την πρώτη επίσκεψη, θα θέσουν τα θεμέλια για τη σωστή, συχνά μακρόχρονη σχέση του με τον ασθενή.

Η εφαρμογή φακών επαφής στον κερατόκωνο:

1. Βελτιώνει την οπτική οξύτητα δημιουργώντας μια ομαλή πρόσθια διαθλαστική κερατοειδική επιφάνεια.
2. Δεν προλαμβάνει την εξέλιξη του κερατόκωνου, αντίθετα έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις επιτάχυνσης της εξέλιξής του μετά από εφαρμογή φακών επαφής.
3. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να απορριφθεί η λύση της διαθλαστικής διόρθωσης του κερατόκωνου με φακούς επαφής από το φόβο εξέλιξης του κερατόκωνου.

Σε πολλούς ασθενείς με κερατόκωνο δοκιμάζονται πολλές διαφορετικές λύσεις φακών επαφής ή με άλλα λόγια εφαρμόζονται φακοί επαφής ξανά και ξανά μέχρι να καταλήξουμε στον ιδανικό τύπο με επιτυχία. Αυτό είναι αποτέλεσμα:

1. Της λογικής απαίτησης του ασθενή για την καλύτερη δυνατή οπτική οξύτητα.
2. Του υπερβολικού ζήλου και της μεγάλης εμπειρίας από πλευράς του εφαρμοστή.
3. Της εύκολης πρόσβασης σε πολλούς πλέον διαθέσιμους τύπους φακών επαφής.

II. Είδη φακών επαφής που χρησιμοποιούνται στη διαθλαστική διόρθωση του κερατόκωνου

1. Ημίσκληροι αεροδιαπερατοί φακοί επαφής (Rigid Gas Permeable, RGP).
2. Μαλακοί φακοί επαφής (Soft).
3. Σύστημα φακών επαφής “Piggyback” (Piggyback, PBCL).
4. Υβριδικοί φακοί επαφής (Hybrid)
5. Σκληρικοί φακοί επαφής (Scleral).

III. Ημίσκληροι αεροδιαπερατοί φακοί επαφής (Rigid Gas Permeable, RGP)

Οι ημίσκληροι αεροδιαπερατοί φακοί επαφής (RGP) είναι, στις περισσότερες περιπτώσεις ήπιου, σοβαρού και προχωρημένου κερατόκωνου, η συχνότερα επιλεγόμενη λύση. Οι RGP βελτιώνουν την όραση των ασθενών, εξουδετερώνοντας την παραμόρφωση και τις οπτικές εκτροπές υψηλής τάξης (ανώμαλο αστιγματισμό) που δημιουργούνται στον κερατόκωνο. Τρεις είναι οι στόχοι οι οποίοι επιδιώκονται κλινικά από τους RGP:

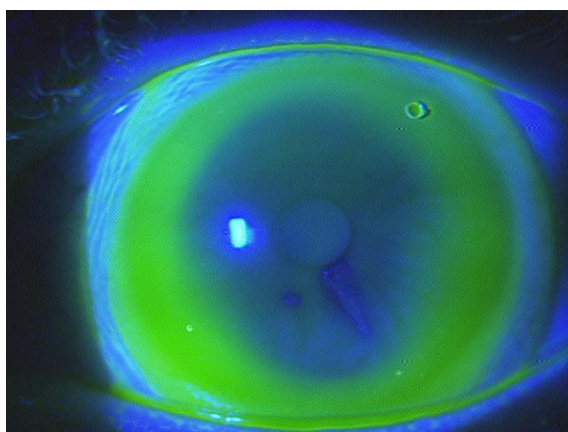
- Επίτευξη της καλύτερης δυνατής διορθωμένης οπτικής οξύτητας, η οποία πρέπει να είναι σταθερή (χωρίς διακυμάνσεις) καθ’ όλη τη διάρκεια του προγράμματος εφαρμογής του φακού επαφής.
- Ελαχιστοποίηση των πιθανών ανεπιθύμητων επιδράσεων στη φυσιολογία του κερατοειδή από τον ίδιο τον φακό επαφής.
- Άνεση εφαρμογής καθ’ όλη τη διάρκεια του προγράμματος χρήσης του φακού επαφής.

Ακόμη και αν δεν είναι εφικτό να επιτευχθεί το τέλειο αποτέλεσμα και στους τρεις προαναφερθέντες στόχους, πρέπει τουλάχιστον να γίνεται προσπάθεια επίτευξης του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος.

Τρία είναι τα υπάρχοντα μοντέλα εφαρμογής RGP στον κερατόκωνο.

1. Επαφή με τον κώνο ή επίπεδη εφαρμογή (apical bearing – flat fitting).
2. Καθαρός κώνος ή σφιχτή εφαρμογή (apical clearing – steep fitting).
3. Επαφή τριών σημείων ή ενδιάμεση εφαρμογή (three – point touch).

1. Επαφή με τον κώνο ή επίπεδη εφαρμογή (apical bearing – flat fitting)



Εικόνα 15: Επαφή RGP με τον κώνο ή επίπεδη εφαρμογή (apical bearing – flat fitting)

Χαρακτηριστικά

Η δοκιμασία με τη φλουορεσκεΐνη δείχνει επαφή του φακού με τον κώνο και «λίμναση» της χρωστικής στη μέση και άκρα περιφέρεια του φακού (εικόνα 15). Η επίπεδη εφαρμογή τοποθετεί όλο σχεδόν το βάρος του φακού επαφής επάνω στον κώνο. Έχουμε καλή οπτική οξύτητα σαν αποτέλεσμα της πίεσης που ασκείται από τον RGP στην κορυφή του κώνου. Η φιλοσοφία αυτού του μοντέλου εφαρμογής είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις εκτοπίας του κώνου (παράκεντρος κώνος), οπότε η πιθανότητα τρώσης (μηχανικού τραυματισμού) της κορυφής του κώνου μειώνεται.

Πλεονεκτήματα

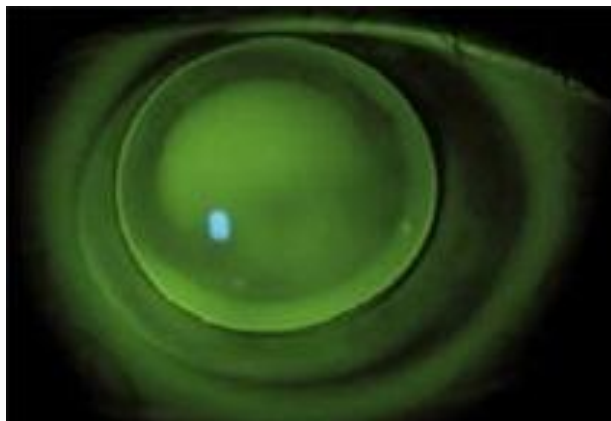
- Ευκολότερη εφαρμογή.
- Περισσότερο άνετη για πολλούς ασθενείς.
- Επιπεδώνει με φυσικό τρόπο τον κερατοειδή και φαίνεται να επιβραδύνει την εξέλιξη της νόσου.
- Επιτυγχάνει καλύτερη οπτική οξύτητα ή τουλάχιστον όχι χειρότερη από την οπτική οξύτητα της σφιχτής εφαρμογής.

- Καθυστερεί την ανάγκη για χειρουργική επέμβαση, η οποία είναι αναπόφευκτη λύση σε εκσεσημασμένους κώνους όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί φακός επαφής.

Μειονεκτήματα

- Προκαλεί διάσπαση του επιθηλίου του κερατοειδούς.
- Λόγω άμεσης επαφής με τον κώνο αυξάνει την ουλοποίηση, οπότε μπορεί να οδηγήσει γρηγορότερα σε χειρουργική επέμβαση.
- Συνοδεύεται από πολλές εκδορές (τραυματικές αποπτώσεις) του κερατοειδούς με αποτέλεσμα τον αυξημένο αριθμό εκτάκτων περιστατικών και την αναγκαστική διακοπή της χρήσης τους για ημέρες, μέχρι να επουλωθεί το τραύμα.
- Παρέχει λιγότερη άνεση στα αρχικά στάδια της εφαρμογής των RGP με αποτέλεσμα λιγότερες ώρες χρήσης στα στάδια αυτά.

2. Καθαρός κώνος ή σφιχτή εφαρμογή (apical clearing – steep fitting)



Εικόνα 16: Καθαρός κώνος ή σφιχτή εφαρμογή RGP (apical clearing – steep fitting)

Χαρακτηριστικά

Η δοκιμασία με τη φλουορεσεΐνη δείχνει τον φακό να ακουμπά στα πλάγια του κώνου και να «υπερπηδά» την κορυφή αυτού (εικόνα 16). Οι RGP αυτού του μοντέλου έχουν μικρή διάμετρο και μικρή οπτική ζώνη (O.Z). Η μικρή O.Z οδηγεί σε προβλήματα θάμβους (χειρότερη οπτική οξύτητα). Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι σχετικά με την O.Z ισχύουν τα εξής:

α. μικρότερη O.Z = καλύτερη εφαρμογή = χειρότερη όραση (προτιμάται σε προχωρημένο κερατόκωνο).

β. μεγαλύτερη O.Z = χειρότερη εφαρμογή = καλύτερη όραση (προτιμάται σε αρχόμενο κερατόκωνο).

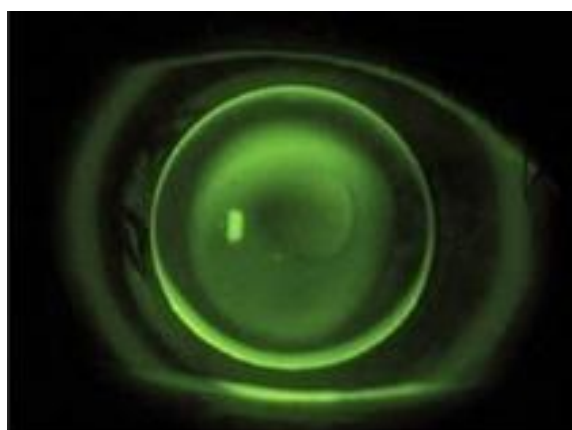
Πλεονεκτήματα

- Μειωμένη πιθανότητα ουλοποίησης λόγω υπερπήδησης του κώνου.
- Λιγότερο πιθανό να καταλήξει σε χειρουργική επέμβαση λόγω ουλοποίησης.
- Μικρότερος αριθμός έκτακτων περιστατικών λόγω μειωμένης πιθανότητας τραυματικών αποπτώσεων.
- Παρέχει περισσότερη άνεση στα αρχικά στάδια της εφαρμογής των RGP, αλλά για λιγότερες ώρες.

Μειονεκτήματα

- Δύσκολη εφαρμογή.
- Περιφερική διάσπαση του επιθηλίου του κερατοειδούς.
- Λιγότερες ώρες χρήσης των RGP ημερησίως.
- Συχνά μειωμένη οπτική οξύτητα λόγω φυσαλίδων αέρα οι οποίες «εγκλωβίζονται» μεταξύ φακού και κερατοειδούς, ελλειπής προκεράτια δακρυϊκή στιβάδα και ενίοτε οίδημα κερατοειδούς.
- Περισσότερο δαπανηρό μοντέλο λόγω αυξημένου χρόνου απασχόλησης τόσο του ειδικού, όσο και του ασθενούς.

3. Επαφή τριών σημείων ή ενδιάμεση εφαρμογή (three – point touch)



Εικόνα 17: Επαφή τριών σημείων ή ενδιάμεση εφαρμογή RGP (three – point touch)

Χαρακτηριστικά

Η δοκιμασία με τη φλουορεσεΐνη δείχνει μία ζώνη 2-3mm «ελάχιστης» επαφής του φακού με τον κώνο και έναν ακόμη δακτύλιο επαφής στη μέση

περιφέρεια του κερατοειδούς (εικόνα 17). Αυτός ο δακτύλιος αποτελείται στην πραγματικότητα από δύο λεπτές ζώνες ενωμένες μεταξύ τους. Η έκταση και το σχήμα των ζωνών επαφής μπορεί να ποικίλουν λόγω ασυμμετρίας του κώνου. Ανάμεσα στις δύο ζώνες στήριξης υπάρχει μία παράκεντρη καθαρή ζώνη. Απαραίτητη είναι επίσης και η διατήρηση καθαρής ζώνης στην περιφέρεια του φακού επαφής, η οποία εξασφαλίζει την ελεύθερη κυκλοφορία των δακρύων μεταξύ φακού και κερατοειδούς. Σκοπός αυτού του μοντέλου εφαρμογής είναι να μοιράσει το βάρος του RGP όσο το δυνατό πιο ομαλά μεταξύ κώνου και περιφέρειας του κερατοειδούς.

Πλεονεκτήματα

- Είναι το πιο δημοφιλές και διαδεδομένο μοντέλο εφαρμογής RGP στον κερατόκωνο.

Μειονεκτήματα

- Δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, κυρίως σε μικρούς κεντρικούς κώνους.

Αν και οι RGP εξασφαλίζουν βελτιωμένη οπτική οξύτητα, έχουν μια δυναμική πρόκλησης βλαβών στον κερατοειδή και σε ορισμένες περιπτώσεις ενοχοποιούνται ως γενεσιουργός αιτία του κερατόκωνου. Σύμφωνα με τους Krachmer et al. (2005), είτε λόγω υποξίας, είτε λόγω λίμνασης δακρύων και παγίδευσης νεκρωτικού υλικού, είτε μέσω μηχανικού τραυματισμού, οι RGP μπορούν να οδηγήσουν σε βαθιές εκδορές του κεντρικού κερατοειδούς. Αποτέλεσμα αυτών των εκδορών είναι η απώλεια επιθηλιακών κυττάρων, η διάσπαση του πρόσθιου αφοριστικού πετάλου και της μεμβράνης του Bowman και η διάσπαση της ομαλής διάταξης των κολλαγόνων ινών του στρώματος. Τελικά μπορεί να επέλθει ουλοποίηση του κεντρικού κερατοειδούς με μείωση της οπτικής οξύτητας ως επιπλοκή της χρήσης RGP στον κερατόκωνο.

Οι Zadnik, Barr, Steger-May, Edrington, McMahon & Gordon. (2005) δημοσίευσαν μια μελέτη στην οποία συγκρίνουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα μεταξύ της επίπεδης και της σφικτής εφαρμογής RGP στον κερατόκωνο. Η εν λόγω μελέτη φέρει την ονομασία CLEK (Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus, Συλλογική Γεωγραφικού Μήκους Εκτίμηση του Κερατόκωνου) και πραγματοποιήθηκε παράλληλα σε 16 ερευνητικά κέντρα (Οφθαλμολογικές κλινικές και κολλέγια Οπτομετρίας). Η μελέτη CLEK δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη της την ενδιάμεση εφαρμογή τριών σημείων, διότι κατά τη γνώμη των ερευνητών που συμμετέχουν, είναι δύσκολο να επιτευχθεί και να διατηρηθεί μια τέτοια ιδανική εφαρμογή. Στη μελέτη CLEK αρχικά ξεκίνησαν να

συμμετέχουν 1091 ασθενείς με κερατόκωνο, όμως 8 χρόνια παρακολούθησης συμπλήρωσαν μόνο 871 ασθενείς. Σε 761 από αυτούς εφαρμόστηκαν RGP, από τους οποίους το 87% είχαν επίπεδη εφαρμογή και μόνο το 13% σφικτή εφαρμογή. Τα αποτελέσματα της CLEK έδειξαν ότι οι οφθαλμοί με κερατόκωνο στους οποίους εφαρμόστηκαν σφικτοί RGP δεν παρουσίασαν αυξημένο κίνδυνο κεντρικής ουλοποίησης του κερατοειδούς. Επομένως, σύμφωνα με την CLEK, δεν προσδιορίζεται αιτιολογική απόδειξη ότι κάποιο από τα δύο μοντέλα εφαρμογής RGP (σφικτή ή επίπεδη εφαρμογή) είναι ασφαλέστερο του άλλου.

Οι Jinabhai, Radhakrishnan & O'Donnell. (2011) μελέτησαν το πως η διάθλαση, η οπτική οξύτητα και οι οφθαλμικές εκτροπές υψηλής τάξης επηρεάστηκαν μετά τη διακοπή χρήσης RGP σε έναν ασθενή με διαυγή περιφερική εκφύλιση και σε έναν ασθενή με κερατόκωνο. Μελέτησαν επίσης και τις μεταβολές στην κεντρική διοπτρική δύναμη του κερατοειδούς, στους άξονες, στο κεντρικό κερατοειδικό πάχος και στην τοπογραφία του κερατοειδούς. Η μέθοδος την οποία χρησιμοποίησαν οι ερευνητές περιλάμβανε μέτρηση των οφθαλμικών εκτροπών, εκτίμηση της τοπογραφίας με περιστροφική απεικόνιση Scheimpflug, υποκειμενική διάθλαση και καταγραφή του λογαρίθμου της ελάχιστης γωνίας ανάλυσης των οπτικών οξυτήτων των ασθενών σε 2 επισκέψεις με διαφορά 7 ημερών μετά την αφαίρεση των RGP. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, σε αντίθεση με τον κερατοκωνικό ασθενή, ο ασθενής με τη διαυγή περιφερική εκφύλιση παρουσίασε αλλαγές τόσο στην υποκειμενική διάθλαση (περίπου -1,75 αστιγματικές διοπτρίες), όσο και στην κεντρική διοπτρική δύναμη της πρόσθιας επιφάνειας (περίπου 1,3 D οριζόντια και 2 D κάθετα) και στην τοπογραφία της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας (περίπου 1,2 D) μεταξύ των επισκέψεων. Και οι δύο ασθενείς παρουσίασαν αύξηση των εκτροπών υψηλής τάξης μετά τη διακοπή της χρήσης των RGP. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι αλλαγές στις οπτικές και δομικές παραμέτρους του κερατοειδούς μετά τη διακοπή της χρήσης των RGP είναι πιθανό να εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η εφαρμογή των φακών και οι βιομηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς. Τα ευρήματα της μελέτης αυτής μπορούν να φανούν χρήσιμα στους ειδικούς, όταν μελετούν τη διάθλαση, προκειμένου να εφαρμόσουν ή να αντικαταστήσουν RGP σε ασθενείς με εκτασία.

Από όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως σχετικά με τα μοντέλα εφαρμογής RGP, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι εφαρμοστές πρέπει να επιλέγουν τελικά τον φακό του οποίου η εφαρμογή δίνει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Είδη RGP για κερατόκωνο

1. Rose K (Menicon Co., Ltd)

Κατασκευάσθηκαν για πρώτη φορά στη Νέα Ζηλανδία. Είναι φακοί ειδικού σχεδιασμού σε H/Y βάσει δεδομένων τα οποία είχε συλλέξει ο Dr Paul Rose. Βασικός στόχος αυτού του σχεδιασμού είναι να επιτύχει την ιδεώδη ανύψωση των άκρων του φακού (0,8 mm) ενσωματώνοντας τρία περιφερικά συστήματα (βασικό, επίπεδο και σφικτό). Ο σχεδιασμός αυτός λειτουργεί με σταδιακή μείωση της διαμέτρου της οπτικής ζώνης. Οι Rose K κατασκευάζονται συνήθως από υλικό Boston ES, μπορούν όμως να κατασκευαστούν και από υλικό Boston EO, το οποίο εξασφαλίζει υψηλότερο Dk (δείκτης διαπερατότητας σε οξυγόνο). Μία νεώτερη παραλλαγή των Rose K, οι Rose K2, ενσωματώνει μία παραβολική διατομή στην οπίσθια επιφάνεια του φακού, η οποία στοχεύει στη διόρθωση της σφαιρικής εκτροπής.

2. Menicon Z (Menicon Co., Ltd)

Οι RGP από tisiilfocon A κυκλοφορούν στην αγορά των ΗΠΑ από τον Οκτώβριο του 1996 με την εμπορική ονομασία Menicon Z. Οι Menicon Z πήραν έγκριση από το FDA για παρατεταμένη χρήση 7 ημερών τον Ιούλιο του 2000 και για παρατεταμένη χρήση 30 ημερών το 2002. Δεν υπάρχει όμως ειδική άδεια του FDA για ειδική χρήση του tisiilfocon A για θεραπευτικούς σκοπούς. Το tisiilfocon A είναι ένα πολυμερές υλικό κατασκευής RGP, το οποίο χαρακτηρίζεται από τον υψηλότερο δείκτη διαπερατότητας σε οξυγόνο (Dk) σε σχέση με κάθε άλλο υλικό. Δεν υπάρχει παρά μόνο μία μελέτη σχετική με την επιτυχή εφαρμογή αυτού του υλικού σε οφθαλμούς με ανώμαλη κερατοειδική επιφάνεια (Szcotka – Flynn, Patel, 2008). Η εργασία αυτή μελετά την εφαρμογή tisiilfocon A (Menicon Z) σε 40 ασθενείς (64 οφθαλμούς) με παθολογικές καταστάσεις που οδηγούν σε ανώμαλη κερατοειδική επιφάνεια, συμπεριλαμβανομένου του κερατόκωνου. Από το σύνολο των περιστατικών 33 οφθαλμοί (20 ασθενείς) έπασχαν από κερατόκωνο και 31 οφθαλμοί (23 ασθενείς) παρουσίαζαν ανώμαλη κερατοειδική επιφάνεια άλλης αιτιολογίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το tisiilfocon A είναι ένα υλικό πολύ υψηλού Dk το οποίο διατηρεί σε υψηλό επίπεδο την υγεία του κερατοειδούς και την οπτική οξύτητα ασθενών με κερατόκωνο ή άλλης αιτιολογίας ανώμαλη κερατοειδική επιφάνεια. Οι περισσότερες περιπτώσεις απόρριψης αυτών των φακών επαφής σχετίστηκαν με δυσανεξία οφειλόμενη στο σχεδιασμό και όχι στο υλικό κατασκευής των Menicon Z. Μόνο ένα μικρό ποσοστό 8% των περιστατικών δεν ανέχθηκαν το υλικό tisiilfocon A,

οπότε αντικαταστάθηκε από άλλο υλικό. Επομένως η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι στις περισσότερες περιπτώσεις ανώμαλου κερατοειδούς μπορεί να εφαρμοστεί φακός επαφής από tisilfocon A (Menicon Z) με την ίδια επιτυχία που εφαρμόζεται και σε υγιείς οφθαλμούς.

3. RGP πολλαπλών καμπυλοτήτων

Οι φακοί αυτοί έχουν το πλεονέκτημα της ελάχιστης επαφής με την κορυφή του κώνου, παρέχοντας τη δυνατότητα στους ασθενείς με προχωρημένο κερατόκωνο να αισθάνονται μεγαλύτερη άνεση. Ο σχεδιασμός αυτών των φακών βασίζεται στο μοντέλο ενδιάμεσης εφαρμογής (τριών σημείων). Οι Hwang, Lee, Wee & Kim. (2010) μελέτησαν την επίπτωση των RGP πολλαπλών καμπυλοτήτων στις τοπογραφικές αλλαγές που συμβαίνουν στον κερατόκωνο. Οι φακοί που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή είχαν μία βασική και τρεις περιφερικές καμπυλότητες και ήταν κατασκευασμένοι από το πολυμερές υλικό Quantum I με Dk 47 barriers. Η μελέτη έγινε συγκριτικά σε δύο ομάδες οφθαλμών. Η μία ομάδα περιλάμβανε 77 οφθαλμούς με κερατόκωνο στους οποίους εφαρμόστηκαν RGP πολλαπλών καμπυλοτήτων και η άλλη ομάδα 30 οφθαλμούς με κερατόκωνο στους οποίους δεν εφαρμόστηκαν φακοί επαφής. Ο μέσος χρόνος παρακολούθησης ήταν 22,6 μήνες για την ομάδα που φορούσε φακούς και 20,5 μήνες για την ομάδα των μαρτύρων. Και στις δύο ομάδες εκτιμήθηκαν η οπτική οξύτητα, η άνεση, η ημερήσια διάρκεια χρήσης και η στικτή χρώση του κερατοειδούς. Επίσης οι τοπογραφικοί δείκτες μελετήθηκαν συγκριτικά και στις δύο ομάδες ασθενών. Συγκεκριμένα εξετάστηκαν οι τοπογραφικές αλλαγές μετά τη χρήση φακών επαφής σε ασθενείς με κερατόκωνο και βρέθηκε ότι όλοι οι τοπογραφικοί δείκτες είναι σημαντικά μειωμένοι στους οφθαλμούς με προχωρημένο κερατόκωνο που φορούσαν φακούς επαφής για μια μέση χρονική περίοδο 23,2 μηνών. Περισσότερο σημαντικό όμως είναι το γεγονός ότι ο δείκτης IR (irregularity index, δείκτης ανωμαλίας του κερατοειδούς) δεν άλλαξε στην ομάδα των ασθενών οι οποίοι φορούσαν φακούς επαφής. Αντίθετα ο δείκτης IR βρέθηκε σημαντικά αυξημένος στην ομάδα των μαρτύρων. Η ανάλυση αυτών των αποτελεσμάτων οδήγησε τους συγγραφείς να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι οι RGP πολλαπλών καμπυλοτήτων δεν είναι πιθανό να συμβάλλουν στην εξέλιξη του κερατόκωνου. Πάντως, όσον αφορά την επίδραση των φακών αυτών γενικά στην εξέλιξη του κερατόκωνου, θα χρειαστούν μελέτες περισσότερο μακράς διάρκειας.

IV. Μαλακοί φακοί επαφής (Soft Contact Lenses)

Οι μαλακοί φακοί επαφής (υδρογέλης και σιλικόνης υδρογέλης) παρέχουν βεβαίως εξαιρετική άνεση στους χρήστες τους και εξασφαλίζουν συνθήκες ιδανικές για τη φυσιολογία του κερατοειδούς, υστερούν όμως σε σύγκριση με τους RGP στη διόρθωση της οπτικής οξύτητας σε περίπτωση ανώμαλης κερατοειδικής επιφάνειας και γι' αυτόν το λόγο έχουν περιορισμένο ρόλο στη διόρθωση του κερατόκωνου.

Χαρακτηριστικά

Οι μαλακοί φακοί επαφής έχουν την τάση να μην είναι σωστά επικεντρωμένοι επάνω στην επιφάνεια του κερατοειδούς, με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε κακή οπτική οξύτητα. Μαλακοί φακοί επαφής ειδικού σχεδιασμού έχουν κάποιο χρήσιμο ρόλο σε αρχόμενο κερατόκωνο και σε περιπτώσεις δυσανεξίας στους RGP. Αν και στη θεωρία φαίνεται ότι οι κερατοκωνικοί κερατοειδείς θα επωφελούνταν από τη χρήση μαλακών τορικών (αστιγματικών) φακών επαφής, αυτό δεν ισχύει στην πράξη, διότι στους τορικούς φακούς επαφής οι τορικές καμπυλότητες και οι αντίστοιχες δυνάμεις τους είναι τοποθετημένες σε ορθή γωνία (90°) (ομαλός αστιγματισμός), ενώ οι κερατοκωνικοί κερατοειδείς έχουν υψηλό ποσοστό ανώμαλου αστιγματισμού. Κάποιοι νέου τύπου μαλακοί φακοί επαφής (υβριδικοί) είναι δυνατό να διορθώσουν κάποια από τα πολύπλοκα οπτικά ζητήματα που δημιουργεί ο κερατόκωνος.

Πλεονεκτήματα

- Προσφέρουν υψηλότερα επίπεδα άνεσης και αυξημένο χρόνο χρήσης, ειδικά σε ασθενείς με δυσανεξία στους RGP και σε ετερόπλευρο κερατόκωνο.
- Είναι χρήσιμοι σε περιπτώσεις όπου ο κώνος είναι παρεκτοπισμένος, ιδίως πολύ χαμηλά (προς την 6^η ώρα).
- Είναι απλοί στην εφαρμογή τους.

Μειονεκτήματα

- Η οπτική οξύτητα μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υψηλών μυωπικών φακών.
- Οι μικρής διοπτρικής δύναμης δοκιμαστικοί μαλακοί φακοί επαφής πιθανόν να μην μπορούν να εξασφαλίσουν ακριβείς πληροφορίες ως προς την εφαρμογή του τελικού φακού σε περιπτώσεις υψηλής μυωπίας.
- Σε προχωρημένο κερατόκωνο, η αναγκαία αντικατάστασή τους με RGP μπορεί να φανεί εξαιρετικά δύσκολη.

Είδη μαλακών φακών επαφής για κερατόκωνο

1. Οι Freflex και Flexlens (Optech Co)

Περιεκτικότητα σε νερό 55% και 45% αντίστοιχα και πάχος οπτικής ζώνης 0,3 και 0,5 mm αντίστοιχα, καθώς και ο Kerasoft (Ultravision International Ltd), οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί σε ένα πολύ μικρό ποσοστό ασθενών.

2. Soft K (Soflex Contact Lens Industries Ltd)

Είναι ίσως οι πλέον δημοφιλείς μαλακοί φακοί επαφής που έχουν χρησιμοποιηθεί στη διόρθωση του κερατόκωνου. Είναι στην ουσία μαλακοί φακοί επαφής ειδικού σχεδιασμού. Η φιλοσοφία του σχεδιασμού τους είναι η εξής: συνολική κατασκευή από χονδρό υδρόφιλο υλικό το οποίο εξουδετερώνει την ανωμαλία της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας μέσω μίας παχύτερης οπτικής ζώνης και ένα σύστημα περιφερικών «παραθύρων» ή «πιεσορυθμιστικών οπών», οι οποίες έχουν σκοπό να προλαμβάνουν την αρνητική πίεση πίσω από τον φακό. Ο πρώτος φακός επαφής αυτού του σχεδιασμού ονομάστηκε Soft K και πήρε έγκριση από τον αμερικανικό οργανισμό φαρμάκων και τροφών FDA (Food and Drug Administration) το 2002.

Οι Barequet, Hourvitz & Behrman. (2005) μελέτησαν 57 οφθαλμούς (32 ασθενείς) με μέτριο κερατόκωνο και εκτίμησαν την οπτική οξύτητα και την ανοχή τους για 1 χρόνο περίπου, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι οι Soft K αποτελούν μία καλή εναλλακτική λύση για ασθενείς με κερατόκωνο οι οποίοι δεν μπορούν να ανεχθούν τους RGP.

Οι González – Méijome, Jorge, de Almeida & Parafita. (2006) εφάρμοσαν Soft K σε 3 οφθαλμούς (2 ασθενείς) με ήπιο κερατόκωνο, εκ των οποίων μάλιστα ο ένας ήταν επαγγελματίας ποδοσφαιριστής, οι οποίοι προηγουμένως φορούσαν RGP ή τορικούς φακούς επαφής. Μετά από μία περίοδο παρακολούθησης 9-11 μηνών κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άνεση και η ποιότητα όρασης και των δύο ασθενών ήταν σαφώς ανώτερη σε σύγκριση με τους προηγούμενους φακούς τους, χωρίς την ύπαρξη επιπλοκών από τον κερατοειδή (οίδημα ή νεοαγγείωση). Ο Soft K έχει επιδόσεις ανώτερες αυτών ενός συμβατικού μαλακού φακού υδρογέλης. Η απουσία αρνητικής πίεσης πίσω από τον φακό που βελτιώνει την κίνηση και την κάλυψη του αστιγματισμού, η παχύτερη οπτική ζώνη που βελτιώνει την οπτική οξύτητα, η περιφερική φακοειδής ζώνη που βελτιώνει την άνεση και οι «πιεσορυθμιστικές οπές» οι οποίες απομακρύνουν τον αέρα από τον οπισθοφακικό χώρο βελτιώνοντας την ανταλλαγή δακρύων είναι τα βασικά πλεονεκτήματα αυτού του φακού επαφής. Ένα

πρόσθετο πλεονέκτημα αυτού του φακού είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης αστιγματικής διόρθωσης σε μια οπίσθια τορική επιφάνεια, η οποία του παρέχει τη δυνατότητα να διορθώνει υπολειπόμενο αστιγματισμό μέχρι $-2,00$ D. Το μόνο μειονέκτημα αυτού του φακού είναι το αυξημένο κεντρικό του πάχος, το οποίο δυσκολεύει τον χρήστη τόσο κατά την εφαρμογή του όσο και κατά την αφαίρεσή του από την πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια. Στο εμπόδιο αυτό βοηθάει η ενστάλλαξη τεχνητών δακρύων ή φυσιολογικού ορού πριν κάθε χειρισμό του φακού στον οφθαλμό.

Οι Zhou, Kitamura & Weissman. (2003) σε μελέτες τους παρατήρησαν αυξημένη συχνότητα δυσλειτουργίας των αδένων του Meibom, υπερτροφία του ταρσού με την παρουσία θηλών, βλέννης, «λερωμένων φακών» και αλλεργικής επιπεφυκίτιδας σε ασθενείς με κερατόκωνο συγκριτικά με υγιείς οφθαλμούς. Αυτό αντιμετωπίζεται επιτυχώς με επιμελή φροντίδα, η οποία προλαμβάνει τον σχηματισμό εναποθέσεων στο φακό με ένα σύστημα περιποίησης το οποίο να βασίζεται στο υπεροξείδιο του υδρογόνου, καθημερινό μηχανικό καθαρισμό (τρίψιμο ανάμεσα στα δάχτυλα) πριν την αποστείρωση του φακού και μία ή δύο φορές την εβδομάδα πρωτεϊνικό καθαρισμό.

V. Σύστημα φακών επαφής Piggyback (Piggyback Contact Lens, PBCL)

Η πιο συχνή χρήση μαλακών φακών επαφής στον κερατόκωνο είναι στον συνδυασμό piggyback (αμερικάνικος γλωσσικός ιδιωματισμός που σημαίνει στην κυριολεξία «κουβαλάω στην πλάτη μου»). Ο κερατοκωνικός κερατοειδής έχει πολλαπλές καμπυλότητες και συγκεκριμένα παρουσιάζει τρεις ζώνες: μία ανώτερη πιο επίπεδη κοντά στο Σ.Κ.Ο (σκληροκερατοειδές όριο), μια μεσαία (παράκεντρη) εκτατική ζώνη και μία κατώτερη πιο κυρτή επίσης κοντά στο Σ.Κ.Ο. Σαν επακόλουθο αυτής της μορφολογίας του κερατοειδούς στον κερατόκωνο, ένας κλασικός RGP έχει συχνά την τάση να «γλιστράει» και να παραμένει ακίνητος στις κατώτερες ώρες του κερατοειδούς. Εξαιτίας αυτών των προβλημάτων άνεσης και σταθερότητας, μερικοί ασθενείς με ανώμαλο αστιγματισμό οφειλόμενο σε κερατόκωνο είναι δυσαρεστημένοι με το οπτικό αποτέλεσμα των RGP και τείνουν να τους απορρίψουν σε σύντομο χρονικό διάστημα από την πρώτη τους εφαρμογή στρέφοντας το ενδιαφέρον τους προς περισσότερο ριζικές, χειρουργικές λύσεις. Έχει παρατηρηθεί ότι οι κυριότερες αιτίες που οδηγούν έναν ασθενή με κερατόκωνο στην διαμπερή κερατοπλαστική είναι: η δυσανεξία στους RGP (83%), η ανάγκη για συχνή αντικατάσταση φακών επαφής (8,5%) και η μη ικανοποιητική οπτική οξύτητα παρά

τη σωστή εφαρμογή των RGP (8,5%) (Lim, Vogdt, 2002). Η άνεση και η σταθερότητα σε αυτούς τους ασθενείς μπορούν ενδεχομένως να βελτιωθούν με ένα σύστημα PBCL.

Χαρακτηριστικά

Οι PBCL ή συνδυαστικοί φακοί επαφής είναι οι όροι που χαρακτηρίζουν την τεχνική εφαρμογής ενός RGP επάνω από ένα μαλακό φακό επαφής σιλικόνης υδρογέλης, ο οποίος δρα στον κερατοειδή ως «επίδεσμος» (μαξιλάρι). Προσθέτοντας προστασία στην κορυφή του κώνου με τον μαλακό φακό αυτό το σύστημα αυξάνει την άνεση και τη σταθερότητα του RGP επάνω σε μια ανώμαλη κερατοειδική επιφάνεια, όπως αυτή του κερατόκωνου.

Υπάρχουν δύο τύποι piggyback (PB):

α. παραδοσιακός τύπος ή «δίδυμοι» φακοί επαφής (tandem contact lenses): ένας μαλακός φακός επαφής σιλικόνης υδρογέλης υψηλού Dk/t εφαρμόζεται σε επαφή με τον κερατοειδή και επάνω από αυτόν εφαρμόζεται ένας RGP επίσης υψηλού Dk/t.

β. τύπος μαλακού φακού επαφής «φορέα»: ένας μαλακός φακός επαφής σιλικόνης υδρογέλης υψηλού Dk/t, ειδικά σχεδιασμένος με ένα κυκλοτερές εντύπωμα στο κέντρο του εφαρμόζεται σε επαφή με τον κερατοειδή. Επάνω από αυτόν, μέσα στο κεντρικό εντύπωμα, τοποθετείται ένας RGP επίσης υψηλού Dk/t.

Τα συστήματα φακών επαφής PB περιγράφηκαν για πρώτη φορά στις αρχές του 1970 σε ασθενείς με κερατόκωνο, οι οποίοι δεν μπορούσαν να ανεχθούν τους σκληρούς ή σκληρικούς φακούς επαφής. Η εφαρμογή ενός μαλακού φακού επαφής που να λειτουργεί ως «επίδεσμος» βοηθούσε αυτούς τους ασθενείς να ανεχθούν καλύτερα τους σκληρούς φακούς επαφής. Τα μόνα διαθέσιμα υλικά εκείνη την εποχή είχαν σχετικά χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο και συνοδεύονταν συχνά από επιπλοκές λόγω της υποξίας. Τα νεώτερα συστήματα PBCL είναι κατασκευασμένα από υλικά υψηλού Dk, τα οποία προσφέρουν αρκετό οξυγόνο που ικανοποιεί τις ανάγκες του κερατοειδούς.

Πλεονεκτήματα

- Μειώνουν το μηχανικό τραύμα από την επαφή των σκληρών υλικών των RGP με τον κώνο ή ακόμη επουλώνουν τραύματα προκληθέντα από προηγούμενη χρήση RGP.

- Συνδυάζουν την άνεση ενός φακού σιλικόνης υδρογέλης και την οπτική υπεροχή ενός RGP.
- Εξασφαλίζουν την ιδανική εφαρμογή και επικέντρωση του RGP σε οφθαλμούς με ανώμαλο (εκτατικό) κερατοειδή, συμπεριλαμβανομένων και των αποτυχημένων διαθλαστικών επεμβάσεων σε υγιείς οφθαλμούς ή χειρουργικών επεμβάσεων στον κερατόκωνο.

Μειονεκτήματα

- Στην περίπτωση που δεν εξασφαλίζουν υψηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο, μπορούν να προκαλέσουν υποξία και νεοαγγείωση του κερατοειδούς.
- Οι δύο τύποι PB (παραδοσιακός και μαλακός «φορέας») δημιουργούν δυσκολίες στους χρήστες εξαιτίας του χειρισμού δύο διαφορετικών φακών ή εξαιτίας μετατόπισης ή και απώλειας του ενός εκ των δύο φακών.

Παραδοσιακός τύπος PBCL ή δίδυμοι φακοί επαφής

Σε αυτόν τον τύπο ο μαλακός φακός ασκεί εξομαλυντική δράση στην πολλαπλών καμπυλοτήτων ανώμαλη κερατοειδική επιφάνεια και ενεργεί ως υπόβαθρο επάνω στο οποίο «γλιστράει» ο υπερκείμενος RGP ασφαιρικού σχεδιασμού. Προκειμένου να επιτευχθεί ιδανική εφαρμογή, είναι απαραίτητο και οι δύο φακοί του συστήματος PB, σκληρός και μαλακός, να κινούνται ανεξάρτητα και να έχουν υψηλό Dk/t, γεγονός μέγιστης σημασίας για την επαρκή οξυγόνωση του κερατοειδούς. Για να εφαρμόζει σωστά ο μαλακός φακός επαφής στον κυρτό, λόγω εκτασίας, κερατοειδή, συνιστάται να έχει όσο το δυνατόν πιο κυρτή καμπυλότητα (8,30-8,40).

Οι Sengor, Kurna, Aki & Özkurt. (2011) δημοσίευσαν μία μελέτη σχετικά με την εφαρμογή συστήματος PBCL υψηλού Dk σε ασθενείς με κερατόκωνο οι οποίοι παρουσίασαν δυσανεξία στους RGP. Στη μελέτη αυτή έλαβαν μέρος 16 ασθενείς (29 οφθαλμοί) οι οποίοι απέρριψαν λόγω δυσανεξίας τους RGP που φορούσαν. Τα υλικά που επιλέχθηκαν για τους φακούς του συστήματος PB είχαν υψηλό Dk (silicone hydrogel, Dk 150 barrers και Fluorosilicone methacrylate copolymer, Dk 100 barrers). Η κλινική εξέταση των ασθενών περιλάμβανε: μέτρηση της οπτικής οξύτητας, βιομικροσκόπηση, κερατομέτρηση και δοκιμασία χρώσης με φλουορεσεΐνη πριν και μετά την εφαρμογή του συστήματος PBCL. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι στο 89,7% των περιστατικών η οπτική οξύτητα με τους PBCL βελτιώθηκε συγκριτικά με την οπτική οξύτητα με τους RGP, ενώ στο υπόλοιπο

10,3% των οφθαλμών δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή. Ο χρόνος χρήσης των συστημάτων PBCL ήταν περιορισμένος στους περισσότερους ασθενείς (από 3 έως 12 μήνες, μέσος χρόνος 6 μήνες), ενώ στη συνέχεια οι ασθενείς πέρασαν και πάλι στους RGP με εξαίρεση 2 περιπτώσεις. Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το παραδοσιακό σύστημα PBCL είναι μία ασφαλής και αποτελεσματική μέθοδος, η οποία προσφέρει επικέντρωση των φακών επαφής και προστασία έναντι στο μηχανικά προκαλούμενο από τους RGP τραύμα στην κορυφή του κώνου, ενώ μπορεί να αυξήσει την ανοχή στους φακούς επαφής.

VI. Υβριδικοί φακοί επαφής (Hybrid Contact Lenses)

Οι υβριδικοί φακοί επαφής είναι φακοί επαφής ειδικού σχεδιασμού αποτελούμενοι από ένα RGP κεντρικό τμήμα, το οποίο περιβάλλεται από μία υδρόφιλη περιφέρεια. Τα δύο υλικά είναι ενωμένα μεταξύ τους, πρόκειται δηλαδή για έναν ενιαίο φακό και όχι δύο διαφορετικούς όπως οι δύο προαναφερθέντες τύποι piggyback. Οι υβριδικοί φακοί επαφής έχουν υψηλό κόστος και σχίζονται εύκολα, ιδίως στο σημείο σύνδεσης του κεντρικού RGP τμήματος με το μαλακό υδρόφιλο τμήμα.

Η πρώτη γενιά υβριδικών φακών επαφής ήταν οι Saturn II (Barnes Hind, Inc). Από πλευράς κατασκευής οι Saturn II αποτελούνται από έναν κεντρικό RGP διαμέτρου 6,50 mm, ο οποίος περιβάλλεται από μία περιφερική ζώνη από μαλακό υδρόφιλο υλικό, και έχουν τελική διάμετρο 13 mm. Οι φακοί αυτοί δημιούργησαν αρκετά προβλήματα, και κυρίως δυσανεξία και νεοαγγείωση, τα οποία οφείλονταν στην υποξία εξαιτίας του χαμηλού τους Dk και στη σφιχτή τους εφαρμογή κυρίως στο μαλακό υδρόφιλο τμήμα τους.

Μετατροπές στον αρχικό σχεδιασμό των Saturn II οδήγησαν στη δημιουργία της δεύτερης γενιάς υβριδικών φακών επαφής, τους SoftPerm (Ciba Vision). Αυτοί οι φακοί είναι κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό και έχουν τον ίδιο σχεδιασμό με τους Saturn II. Η διάμετρος του κεντρικού RGP είναι 8 mm έναντι των 6,50 mm και η συνολική διάμετρος είναι 14,5 mm έναντι των 13 mm του Saturn II. Η αυξημένη διάμετρος και τα τροποποιημένα άκρα (χείλη) του SoftPerm επιτρέπουν την εύκολη κυκλοφορία των δακρύων μεταξύ φακού επαφής και κερατοειδούς.

Στην προσπάθεια των κατασκευαστών να ξεπεράσουν τα μειονεκτήματα των SoftPerm δημιουργήθηκε η τρίτη γενιά υβριδικών φακών επαφής, οι SynergEyes (SynergEyes, Inc). Η διαφορά αυτών των φακών, σε σύγκριση με τους SoftPerm,

έγκειται στο Dk τους (100 έναντι 14 barrers), το οποίο τους εξασφαλίζει αυξημένη διαπερατότητα σε οξυγόνο, και στην ενισχυμένη σύνδεση του RGP με το μαλακό τμήμα.

Οι Chung, Santim, Heng et al. (2001) τονίζουν ότι οι SoftPerm μπορούν να προσφέρουν ικανοποιητική διόρθωση οπτικής οξύτητας σε πολλές περιπτώσεις ανώμαλου αστιγματισμού όπου αποτυγχάνουν οι RGP. Αν και παρουσιάζουν λιγότερες επιπλοκές από την πρώτη γενιά υβριδικών φακών (Saturn II), οι SoftPerm συνοδεύονται από υψηλά ποσοστά επιπεφυκίτιδας γιγαντιαίων θηλών, χρόνιας υποξίας, δυσανεξίας, νεοαγγείωσης στην περιφέρεια του κερατοειδούς και ρωγμών επάνω στο φακό στο σημείο της ένωσης του κεντρικού RGP τμήματος με το μαλακό υδρόφιλο τμήμα, γι' αυτό και χρειάζεται στενή παρακολούθηση των χρηστών τους.

Σύμφωνα με τους Maguen, Caroline, Rosner, Macey & Nesburn. (1992) οι συχνότερες επιπλοκές των SoftPerm είναι η σκτική χρώση του κερατοειδούς (44%), η απώλεια του φακού (19%) και η δυσανεξία (13%), ενώ λιγότερο συχνά εμφανίζονται με εκδορές του κερατοειδούς, με μικροβιακή επιπεφυκίτιδα και επιπεφυκίτιδα γιγαντιαίων θηλών. Τέλος δεν παρατηρήθηκε νεοαγγείωση στην περιφέρεια.

Οι Özkurt et al. (2007) παρακολούθησαν στο νοσοκομείο Kartal 24 οφθαλμούς (14 ασθενείς) στους οποίους εφαρμόστηκαν SoftPerm από τον Αύγουστο του 1998 μέχρι τον Ιανουάριο του 2002. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους έδειξαν ότι, ενώ η οπτική οξύτητα των ασθενών με γυαλιά και RGP έφτανε τα 20/40 σε ποσοστό 12,5%, μετά την εφαρμογή των SoftPerm το ποσοστό αυτό ανήλθε στο 83,3%. Σύμφωνα με τους ίδιους μελετητές καταστροφή του φακού στο σημείο σύνδεσης του RGP με το μαλακό τμήμα παρατηρήθηκε στο 29,1%, δυσανεξία στο 29,1%, επιπεφυκίτιδα γιγαντιαίων θηλών στο 25% και περιφερική νεοαγγείωση στο 25% των ασθενών. Καταλήγουν λοιπόν από τα αποτελέσματά τους στο συμπέρασμα ότι οι SoftPerm εφαρμοζόμενοι σε ασθενείς με υψηλό αστιγματισμό οφειλόμενο σε κερατόκωνο εξασφαλίζουν καλύτερη οπτική οξύτητα από τα γυαλιά και τους RGP.

Οι Abdalla, Elsahn, Hammersmith & Cohen. (2010) μελέτησαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής SynergEyes σε 44 ασθενείς (61 οφθαλμούς εκ των οποίων 58 είχαν κερατόκωνο και 3 διαυγή περιφερική εκφύλιση) στο Wills Eye Institute κατά τους 7 πρώτους μήνες χρήσης τους. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους είχαν ως εξής: η συχνότερη αιτία εφαρμογής SynergEyes ήταν η δυσανεξία στους RGP (50,8%), η δυσκολία στον χειρισμό των RGP (13,1%) και η αντικατάσταση υβριδικών 2^{ης} γενιάς SoftPerm (36%). Το ποσοστό επιτυχίας με τους SynergEyes

σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές ανέρχεται σε 86,9%, ενώ μόνο 6 ασθενείς (8 οφθαλμοί) διέκοψαν τη χρήση τους μέσα στους πρώτους 1-2 μήνες είτε λόγω δυσανεξίας (5 οφθαλμοί), είτε λόγω μη ικανοποιητικής οπτικής οξύτητας (3 οφθαλμοί). Το συμπέρασμα της μελέτης τους είναι ότι οι SynergEyes αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στην αποκατάσταση της οπτικής οξύτητας ασθενών με κερατόκωνο κυρίως αλλά και με διαυγή περιφερική εκφύλιση, όταν αυτοί δεν ανέχονται ή δεν μπορούν να χειριστούν τους RGP.

VII. Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής μεγάλης διαμέτρου (Large Diameter RGP Contact Lenses)

Η χρήση των «κελύφων επαφής» (contact shells) μεγάλης διαμέτρου στη θεραπεία του κερατόκωνου περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1888 από τον Kalt, ενώ την ίδια περίπου εποχή οι Mueller και Fick περιέγραφαν τα δικά τους πειράματα με εφαρμογή φακών (κελύφη) από φουσητό γυαλί (Schornack & Patel, 2010-α). Η παντελής έλλειψη οξυγόνου αυτών των «πρωτόγονων» φακών επαφής ήταν η αιτία της περιορισμένης χρήσης τους. Οι συνεχώς αυξανόμενες κατασκευαστικές προκλήσεις, η ηλεκτρονικά ελεγχόμενη διαδικασία παραγωγής φακών επαφής και η εισαγωγή των σκληρών αεροδιαπερατών υλικών στην κατασκευή έχουν οδηγήσει στο σχεδιασμό και την υλοποίηση νέων φακών επαφής μεγάλης διαμέτρου, ενώ αρκετοί συγγραφείς έχουν περιγράψει τη χρήση σκληρικών και κερατοσκληρικών RGP στον κερατόκωνο.

Υπάρχει αρκετή σύγχυση όσον αφορά την ορολογία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τους φακούς επαφής μεγάλης διαμέτρου. Βασιζόμενοι λοιπόν περισσότερο στα χαρακτηριστικά εφαρμογής τους παρά στη διάμετρό τους διακρίνουμε αυτούς τους φακούς σε:

α) φακούς επαφής οι οποίοι δεν εκτείνονται πέρα από το σκληροκερατοειδές όριο (Σ.Κ.Ο) και χαρακτηρίζονται ως κερατοειδικοί φακοί

β) φακούς επαφής οι οποίοι εκτείνονται μεν πέρα από το Σ.Κ.Ο, αλλά παραμένουν σε επαφή με τον κερατοειδή, στηριζόμενοι τόσο στον κερατοειδή όσο και στον σκληρό, και χαρακτηρίζονται ως κερατοσκληρικοί φακοί επαφής και

γ) φακούς επαφής οι οποίοι στηρίζονται εξ' ολοκλήρου επάνω στον σκληρό, υπερπηδώντας τόσο τον κερατοειδή, όσο και το Σ.Κ.Ο, και χαρακτηρίζονται ως σκληρικοί φακοί επαφής (Schornack et al., 2010-α).

Η επικρατούσα αντίληψη ότι η εφαρμογή φακών επαφής μεγάλης διαμέτρου είναι μια διαδικασία χρονοβόρα, δαπανηρή και πολύπλοκη έχει περιορίσει προς το παρόν την ευρεία διάδοσή τους. Εξ' άλλου η μεγάλη διαθέσιμη ποικιλία κερατοειδικών φακών επαφής (RGP, PBCL, υβριδικοί και μαλακοί), επιτρέπει τη θεραπεία των περισσότερων περιπτώσεων κερατόκωνου και πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται υπόψη και να δοκιμάζονται από τους ειδικούς πριν να καταλήξουν στη λύση του φακού επαφής μεγάλης διαμέτρου.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι φακοί επαφής μεγάλης διαμέτρου στον κερατόκωνο είναι οι σκληρικοί φακοί επαφής, οι οποίοι μπορούν να εξασφαλίσουν καλή οπτική οξύτητα και άνεση σε πολλούς ασθενείς που παρουσιάζουν δυσανεξία σε άλλα είδη φακών επαφής συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην αναβολή μιας πιθανής χειρουργικής επέμβασης.

Οι Schornack et al. (2010-β) υποστηρίζουν ότι θεμελιώδη σημασία για τους σκληρικούς φακούς επαφής έχουν τα εξής:

- Η «πατούρα» (haptic) του φακού να ακολουθεί όσο το δυνατό πιστότερα το σχήμα του σκληρού.
- Το σχήμα της οπίσθιας επιφάνειας του σκληρικού φακού επαφής θα πρέπει να πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το σχήμα της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, ώστε να αποφεύγεται η κατά τόπους επαφή με αυτόν.

Σκληρικοί φακοί επαφής στον κερατόκωνο

Οι περισσότεροι γνωστοί σκληρικοί φακοί επαφής είναι οι Jupiter (Medlens Innovations και Essilor Contact Lens, Inc.). Είναι κατασκευασμένοι από διάφορα υλικά όπως: Tyro-97 (The Ladago Corporation) και Boston XO και Boston XO2 (Polymer Technology).

Αν και υπάρχει σχετική έλλειψη εμπειρίας εφαρμογής, η χρήση των σκληρικών φακών επαφής στη θεραπεία της κερατοειδικής εκτασίας έχει περιγραφεί σε διάφορες μελέτες.

Οι Pullum & Buckley. (1997) εφάρμοσαν με επιτυχία σκληρικούς φακούς επαφής σε μια ομάδα 530 ασθενών με ποικιλία κερατοειδικών παθήσεων, από τους οποίους περισσότεροι από τους μισούς είχαν κερατόκωνο.

Οι Segal, Barkana, Hourvitz. (2003) εφάρμοσαν σκληρικούς φακούς επαφής σε 66 οφθαλμούς (48 ασθενείς), εκ των οποίων 75% είχαν κερατόκωνο. Οι συγγραφείς αναφέρουν 90% επιτυχία στο σύνολο των περιστατικών.

Οι Schornack et al. (2010-α) διενέργησαν στο οφθαλμολογικό τμήμα της Mayo Clinic στο Ρότσεστερ της Μιννεσότα μια μελέτη σε 32 ασθενείς με κερατόκωνο, στους οποίους εφαρμόστηκαν σκληρικοί φακοί επαφής Jupiter. Σε καθέναν από τους ασθενείς εκτιμήθηκαν οι εξής παράμετροι: η ικανότητα των ασθενών να ανεχθούν και να χειρισθούν τους φακούς επαφής, η οπτική οξύτητα των ασθενών με τους φακούς και ο αριθμός των φακών επαφής και των επισκέψεων που χρειάστηκαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία της εφαρμογής. Από τους ασθενείς της εν λόγω μελέτης οι 12 αποφάσισαν εξ' αρχής μόνοι τους να μην προχωρήσουν στη χρήση φακών Jupiter, ένας διέκοψε τη χρήση των φακών αυτών μετά εγχείρηση καταρράκτη στην οποία υπεβλήθη, ενώ στους υπόλοιπους 19 εφαρμόστηκαν με επιτυχία σκληρικοί φακοί Jupiter και παρακολούθηθηκαν για χρονικό διάστημα 3-32 μηνών. Από τη μελέτη εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι σκληρικοί φακοί επαφής Jupiter εξασφαλίζουν αποδεκτή οπτική οξύτητα και άνεση εφαρμογής σε ασθενείς με κερατόκωνο, ενώ η διαδικασία εφαρμογής διευκολύνεται σημαντικά όταν ο εφαρμοστής έχει στη διάθεσή του ικανό αριθμό διαγνωστικών (δοκιμαστικών) φακών.

Οι Schornack et al. (2010-β) σε άλλη μελέτη τους εφάρμοσαν σκληρικούς φακούς επαφής Jupiter σε 33 οφθαλμούς με σύνδρομο ξηροφθαλμίας και σε 21 οφθαλμούς με κερατόκωνο. Σε όλους τους ασθενείς καταγράφηκαν οι τοπογραφικοί δείκτες με σκοπό να καθοριστεί η σχέση τους με τη βασική καμπυλότητα των σκληρικών φακών επαφής. Από τα αποτελέσματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι τοπογραφικοί δείκτες σχετίζονται μεν με τη βασική καμπυλότητα των σκληρικών φακών επαφής, όμως δεν μπορούν να καθορίσουν με ακρίβεια τη βασική καμπυλότητα του φακού ο οποίος εξασφαλίζει την ιδανική εφαρμογή. Αν και απεικονιστικά συστήματα, όπως η οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) προσθίου ημιμορίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό σκληρικών φακών επαφής, η χρήση τους στη διαδικασία της εφαρμογής σκληρικών φακών επαφής δεν παίζει ουσιαστικό ρόλο.

B. Χειρουργικές

Ενδοκερατικοί δακτύλιοι (Intracorneal Ring Segments, ICRS)

I. Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή

Οι ενδοκερατικοί δακτύλιοι είναι μικρά τοξοειδή τεμάχια συνθετικού υλικού (PMMA polymethylmethacrylate), τα οποία εμφυτεύονται χειρουργικά βαθιά στο στρώμα του κερατοειδούς με σκοπό να τροποποιήσουν την καμπυλότητά του και να τον κάνουν πιο επίπεδο, επεμβαίνοντας με αυτόν τον τρόπο στη διάθλαση (Piñero & Alio, 2010).

Την ιδέα της χρήσης πλαστικών υλικών ως μέθοδο διόρθωσης των διαθλαστικών ανωμαλιών είχε διατυπώσει για πρώτη φορά το 1949 ο Barraquer. Την εμφύτευση όμως των ενδοκερατικών δακτυλίων υλοποίησε πρώτος ο Reynolds το 1978. Στην αρχική τους μορφή είχαν το σχήμα συνεχούς δακτυλίου (complete rings), ο οποίος μετά τη δημιουργία μιας περιφερικής κυκλοτερούς τομής εμφυτευόταν βαθιά στον κερατοειδή μέσα σε μία κυκλοτερή αύλακα κατά 360°. Στόχος αυτών των πρώτων δακτυλίων ήταν να διορθώνουν μικρές μυωπίες (-1,00D έως -3,00D). Για να γίνεται η εμφύτευσή τους ευκολότερα και να αποφεύγονται οι πιθανές επιπλοκές, οι ενδοκερατικοί δακτύλιοι δέχτηκαν τροποποίηση του σχεδιασμού τους δύο φορές. Αρχικά από συνεχείς δακτύλιοι έγιναν ασυνεχείς (incomplete rings) και αργότερα πήραν τη μορφή ημισέλνων δακτυλίων (c-shaped rings). Ταυτόχρονα με την τροποποίηση του σχεδιασμού τους έγινε και τροποποίηση του ονόματός τους και έκτοτε συναντώνται στη βιβλιογραφία με τη διεθνή ονομασία ενδοκερατικά δακτυλιοειδή τεμάχια (intracorneal ring segments – ICRS) (Piñero et al., 2010).

Τα ICRS πήραν την Ευρωπαϊκή πιστοποίηση (CE) για διόρθωση της μυωπίας το 1996 και την Αμερικανική πιστοποίηση (FDA) το 1999. Τα Keravision intacs είχαν αρχικά μεγάλη επιτυχία ως εναλλακτική λύση στη διόρθωση της μυωπίας, γρήγορα όμως πέρασαν σε δεύτερη μοίρα εξ' αιτίας της ραγδαίας εξέλιξης της LASIK (laser in situ keratomileusis). Πάντως τα ICRS συνέχισαν να εμφυτεύονται σε εξαιρετικά λεπτούς κερατοειδείς με μυωπία μικρότερη από -3,00 D και σε εκτασίες όπως ο κερατόκωνος, όπου δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί η LASIK, χάρη στη δυνατότητά τους να τροποποιούν την καμπυλότητα του κερατοειδούς. Παράλληλα ο Ferrara προχώρησε στην εμφύτευση τροποποιημένων ενδοκερατικών δακτυλίων (ferrara rings) με τους οποίους κατόρθωσε να διορθώσει με επιτυχία περιστατικά

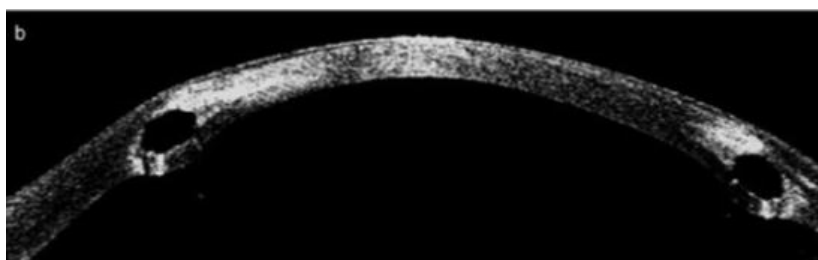
μυωπίας υψηλότερης από -3,00 D. Στη συνέχεια ο Ferrara άρχισε να εμφυτεύει τους δακτυλίους του και σε κερατοειδείς με κερατόκωνο ή και μετά από κερατοπλαστική. Οι Colin, Cochener, Savary & Malet. (2000) δημοσίευσαν την πρώτη εργασία η οποία αναφέρεται στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της εμφύτευσης των ICRS στον κερατόκωνο. Συγκεκριμένα μέσα σε 1 χρόνο εμφύτευσαν ICRS σε 10 ασθενείς και στη συνέχεια κατέγραψαν τη βελτίωση της οπτικής τους οξύτητας χωρίς διόρθωση, της οπτικής τους οξύτητας με διόρθωση, καθώς και την ανοχή τους στους φακούς επαφής. Τα αποτελέσματα των μελετών τους οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι τα ICRS μπορούν να μειώσουν την κύρτωση του κερατοειδούς και τον αστιγματισμό που δημιουργεί ο κερατόκωνος και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ελάχιστα επεμβατική (minimal invasive) χειρουργική μέθοδος για τη διόρθωσή του.

II. Τύποι ICRS

Δύο είναι οι κύριοι τύποι των ICRS που χρησιμοποιούνται στις εκτασίες του κερατοειδούς, τα intacs και τα ferrara rings.

Τα intacs κατασκευάζονται και διατίθενται από την εταιρεία Addition η οποία έχει έδρα το Σάνουβειλ της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Αποτελούνται από δύο ημικυκλικά τεμάχια από PMMA (polymethylmethacrylate) με τα εξής χαρακτηριστικά:

- οπτική ζώνη περίπου 7 mm.
- μήκος τόξου 150°.
- διατομή εξαγωνικού σχήματος (εικόνα 18).
- εξωτερική διάμετρος 8,10 mm και εσωτερική διάμετρος 6,77 mm.
- πάχος το οποίο κυμαίνεται από 0,25 mm έως 0,45 mm (με βήματα των 0,05 mm). Στο ελεγχόμενο πάχος τους βασίζεται το τελικό διαθλαστικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 18: Χαρακτηριστική απεικόνιση intacs με οπτική τομογραφία συνοχής (OCT)

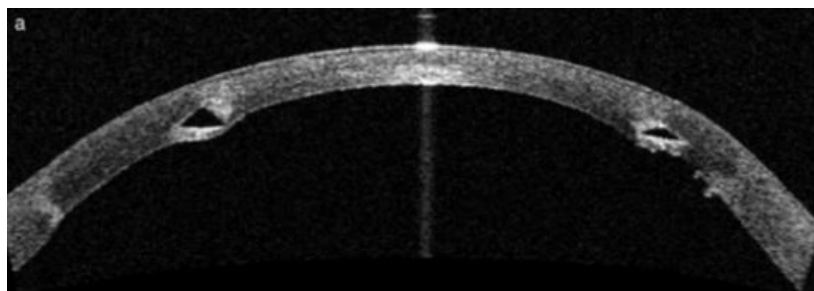
Υπάρχει μία σχεδιαστική παραλλαγή των intacs, η οποία στην ουσία είναι εξέλιξη στο σχεδιασμό τους και έχει σκοπό τη διόρθωση προχωρημένου κερατόκωνου (>57D) με τα εξής χαρακτηριστικά:

- ίδια οπτική ζώνη.
- ίδιο μήκος τόξου.
- διατομή ωοειδούς σχήματος.
- ίδια εξωτερική διάμετρος και 6,00 mm εσωτερική διάμετρος.
- πάχος 400 μm για εμφύτευση σε κερατοειδείς 57-62 D και αστιγματισμό <5 D και πάχος 450 μm για εμφύτευση σε κερατοειδείς >62D και αστιγματισμό >5D

Τα ferrara rings κατασκευάζονται και διατίθενται από την εταιρεία Mediphacos η οποία έχει έδρα το Μπέλο Οριζόντε της Βραζιλίας. Αποτελούνται από δύο ακρυλικά τεμάχια κατασκευασμένα από PMMA σε συνδυασμό με CQ (camphorquinone) και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- οπτική ζώνη που κυμαίνεται από 4,50 mm έως 5,00 mm.
- διατομή σχήματος τριγωνικού.
- δύο διαμέτρους, 6,00 mm για διόρθωση μυωπίας μέχρι -7,00 D και 5,00 mm για διόρθωση για διόρθωση μυωπίας υψηλότερης από -7,00 D.
- πάχος που κυμαίνεται από 150 μm έως 350 μm

Σχεδιαστική παραλλαγή των ferrara rings είναι τα kerarings τα οποία δημιουργήθηκαν ειδικά για εμφύτευση σε κερατοκωνικούς κερατοειδείς. Τα kerarings έχουν τον ίδιο σχεδιασμό, την ίδια σύνθεση και το ίδιο πάχος με τα ferrara rings, αλλά διατίθενται σε διαφορετικά μήκη τόξου (90°, 120°, 160° και 210°) προκειμένου να επιτύχουν καλύτερο έλεγχο του αστιγματισμού. Η οπτική ζώνη των kerarings κυμαίνεται από 4,50 mm έως 5,00 mm, ενώ κάθε τεμάχιο keraring έχει εσωτερική διάμετρο 4,40 mm και εξωτερική 5,60 mm (εικόνα 19).



Εικόνα 19: Χαρακτηριστική απεικόνιση kerarings με οπτική τομογραφία συνοχής (OCT)

Υπάρχουν δύο ακόμη τύποι ICRS, τα Bisantis και τα Myoring.

Τα Bisantis είναι τέσσερα τεμάχια από PMMA με τα εξής χαρακτηριστικά:

- μήκος τόξου 80°.
- διατομή ωοειδούς σχήματος με κάθετη διάμετρο 250μm και οριζόντια 200μm
- τρεις διαθέσιμες καμπυλότητες 3,50 mm, 4,00 mm και 4,50 mm.

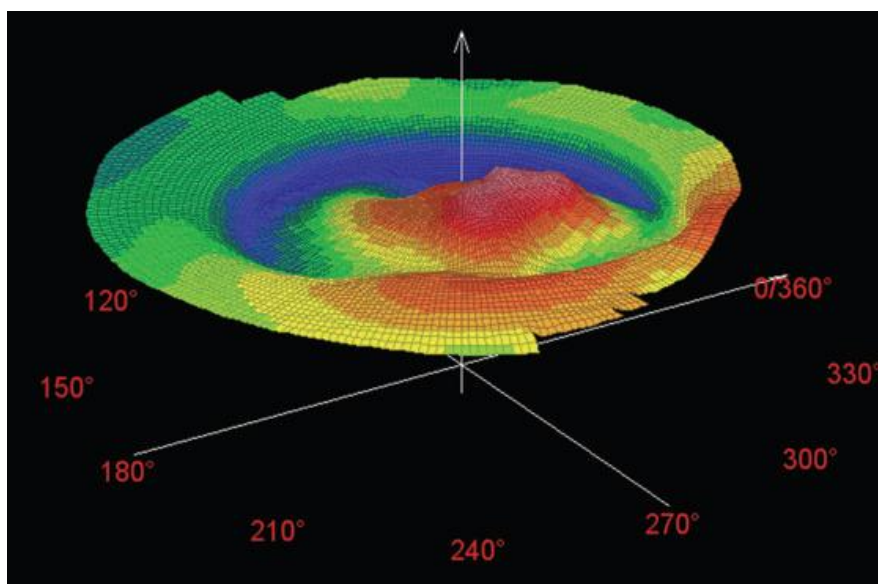
Τα Myoring είναι συνεχείς δακτύλιοι (complete rings) από PMMA, σχεδιασμένοι να διορθώνουν μέσου και υψηλού βαθμού μυωπίες και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- διάμετρος η οποία ποικίλει από 5,00 mm έως 8,00 mm.
- πάχος από 150 μm έως 350 μm, ανάλογα με τη διάμετρο.
- πλάτος σταθερό 0,50 mm.
- η πρόσθια επιφάνεια τους είναι κυρτή, ενώ η οπίσθια κοίλη με ακτίνα καμπυλότητας 8,00 mm.

Το ιδιαίτερο σχήμα και οι διαστάσεις τους επιτρέπουν την εμφύτευση των Myorings στο στρώμα του κερατοειδούς μέσω μίας πολύ μικρής τομής.

III. Πως δουλεύουν τα ICRS

Με την ένθεση των ICRS η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς επιπεδώνεται, ενώ η περιοχή που αντιστοιχεί στη θέση εμφύτευσης των δακτυλίων μετατοπίζεται προς τα εμπρός (Εικόνα 20).



Εικόνα 20: Τοπογραφικός χάρτης κερατοειδούς με κερατόκωνο, μετά από ένθεση ενδοκερατικών δακτυλίων. Διακρίνεται καθαρά η επιπέδωση του κεντρικού κερατοειδούς και η προς τα εμπρός μετατόπιση της περιοχής που αντιστοιχεί στους δακτυλίους.

Η κεντρική επιπέδωση είναι ανάλογη του πάχους των εμφυτευομένων δακτυλίων. Οι αλλαγές τις οποίες επιφέρουν τα ICRS στον κερατοειδή είναι συνάρτηση της δομικής «αδιαιτερότητας» των ινών του κολλαγόνου στο στρώμα του κερατοειδούς. Το στρώμα του κερατοειδούς καταλαμβάνει το 90% από το συνολικό του πάχος. Ως εκ τούτου οι μηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς καθορίζονται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από τις μηχανικές ιδιότητες του στρώματος. Ο σημαντικότερος παράγοντας ο οποίος καθορίζει τις μηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς, είναι η διάταξη των ινών του κολλαγόνου στο στρώμα. Σε έναν φυσιολογικό κερατοειδή οι ίνες κολλαγόνου της κεντρικής του περιοχής, σε ποσοστό 66%, είναι διατεταγμένες κατά τον οριζόντιο ή κατά τον κατακόρυφο άξονα, ενώ στο υπόλοιπο 34% είναι τυχαία διατεταγμένες. Η πρωτότυπη αυτή διάταξη ισχύει μόνο για τον κεντρικό κερατοειδή, ενώ περίπου 1mm πριν το ΣΚΟ οι ίνες του κολλαγόνου ακολουθούν κυκλική διάταξη. Η φυσιολογική αυτή διάταξη των ινών του κολλαγόνου του στρώματος διαταράσσεται στην περιοχή του κώνου στον κερατόκωνο. Από όλα τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι η δράση των ICRS σε έναν κερατοειδή με εκτασία μπορεί να είναι διαφορετική από τη δράση τους σε έναν φυσιολογικό κερατοειδή.

IV. Ενδείξεις εμφύτευσης ICRS

Τα ICRS μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στη διόρθωση του κερατόκωνου, όσο και στη διαυγή περιφερική εκφύλιση, αλλά και σε δευτερογενείς εκτασίες μετά από LASIK. Σε γενικές γραμμές οι καλύτεροι υποψήφιοι για εμφύτευση ICRS είναι οι ασθενείς των οποίων η οπτική οξύτητα δεν διορθώνεται με γυαλιά και παρουσιάζουν δυσανεξία σε κάθε υπάρχουσα λύση με φακούς επαφής.

Τα intacs δίνουν καλύτερα αποτελέσματα (καλύτερη διορθωμένη οπτική οξύτητα, βελτίωση της τοπογραφικής εικόνας και σημαντική μείωση του σφαιρικού ισοδύναμου) σε περιπτώσεις λιγότερο προχωρημένου κερατόκωνου ($K < 53D$) παρά σε προχωρημένο κερατόκωνο ($K > 55D$). Αντίθετα τα kerarings και τα ferrara rings δίνουν καλύτερα αποτελέσματα σε προχωρημένο κερατόκωνο (Rabinowitz, 2010).

V. Χειρουργικές τεχνικές εμφύτευσης ICRS

Έχουν δημιουργηθεί διάφορα πρωτόκολλα με τα κριτήρια επάνω στα οποία βασίζεται η εμφύτευση των ICRS. Η δημιουργία όλων αυτών των πρωτοκόλλων στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα από πλευράς των ερευνητών. Όλες οι δημοσιευμένες μελέτες παρουσιάζουν καλά αποτελέσματα, ανεξάρτητα από το

πρωτόκολλο που ακολουθείται στη διαδικασία της εμφύτευσης. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν πολλές μη δημοσιευμένες περιπτώσεις στις οποίες, μολονότι το πρωτόκολλο ακολουθήθηκε κατά γράμμα, τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα. Το γεγονός αυτό δείχνει την ανάγκη της αναθεώρησης των πρωτοκόλλων προκειμένου τα αποτελέσματα της εμφύτευσης των ICRS να είναι στο μέλλον περισσότερο προβλέψιμα. Προς την κατεύθυνση αυτή, για την επιλογή των κατάλληλων προς εμφύτευση δακτυλίων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη όχι μόνο η διάθλαση και τα τοπογραφικά ευρήματα, αλλά περισσότερα προεγχειρητικά δεδομένα, όπως οι παράμετροι που σχετίζονται με τη μηχανική του κερατοειδούς και τις εκτροπές (Piñero et al., 2010).

Δύο είναι οι χειρουργικές τεχνικές που ακολουθούνται για την εμφύτευση των ICRS: η μηχανική και η υποβοηθούμενη από το femtosecond laser. Η μεταξύ τους διαφορά έγκειται βασικά στον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται η αύλακα (το κανάλι) μέσα στο οποίο θα τοποθετηθούν τα ICRS (Piñero et al., 2010).

Η πρώτη χειρουργική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εμφύτευση ICRS ήταν η **μηχανική**, η οποία έχει σε γενικές γραμμές ως εξής:

1. Το χειρουργικό πεδίο αποστειρώνεται με διάλυμα 10% povidone-iodide και ο κερατοειδής αναισθητοποιείται με ενστάλλαξη κολλυρίου tetracaine.
2. Διενεργούνται υπερηχητική παχυμετρία κερατοειδούς ή O.C.T, τα οποία θα βοηθήσουν στον προγραμματισμό του βάθους της τομής.
3. Εντοπίζεται και σημαδεύεται το γεωμετρικό κέντρο του κερατοειδούς ή το κέντρο της κόρης ανάλογα με το πρωτόκολλο που ακολουθεί ο χειρουργός. Αυτό το σημείο θα χρησιμεύσει καθ' όλη τη διάρκεια της επέμβασης ως σημείο αναφοράς για τον εντοπισμό της τομής και των ICRS.
4. Με τη βοήθεια διαμαντομάχαιρου δημιουργείται μία κυκλωτερής τομή σε βάθος 70%-80% του συνολικού πάχους του κερατοειδούς.
5. Με ειδικά άγκιστρα τα οποία φθάνουν ως τη βάση της τομής δημιουργούνται δύο κερατοειδικές «θήκες», από μία σε κάθε πλευρά της τομής. Οι «θήκες» θα πρέπει να βρίσκονται σε πλήρες βάθος και στο ίδιο επίπεδο του στρώματος και από τις δύο πλευρές της τομής. Αν το βάθος στο οποίο χαράσσονται οι «θήκες» κριθεί ανεπαρκές, θα πρέπει να δημιουργηθούν εκ νέου, διότι σε κάθε αντίθετη περίπτωση τα ICRS θα τοποθετηθούν πολύ επιφανειακά.

6. Μία ειδική συσκευή η οποία περιέχει έναν ημιαυτόματο δακτύλιο κοπής και λειτουργεί με κενό αέρα τοποθετείται γύρω από το ΣΚΟ με οδηγό το ήδη προκαθορισμένο σημείο αναφοράς του κερατοειδούς.
7. Δύο ημικυκλικοί κερατοτόμοι τοποθετούνται μέσα στις «θήκες» του κερατοειδούς που έχουν ήδη δημιουργηθεί και τίθενται σε λειτουργία δημιουργώντας 2 ημικυκλικές αύλακες συγκεκριμένης διαμέτρου μέσα στις οποίες στη συνέχεια τοποθετούνται τα ICRS.
8. Προαιρετικά τοποθετούνται 1 ή 2 διακεκομμένα ράμματα nylon 10,0 τα οποία εξασφαλίζουν απόλυτη σύγκλιση στα χείλη της τομής. Τα βάθος των ραμμάτων θα πρέπει να φθάνει ως το επίπεδο των «θηκών» του στρώματος, ώστε να εμποδίζουν την πιθανή μετατόπιση των δακτυλίων. Οι κόμποι των ραμμάτων «ενταφιάζονται» στον κερατοειδή.
9. Την πρώτη μετεγχειρητική ημέρα χορηγείται κυκλοπληγικό κολλύριο και τοποθετείται θεραπευτικός φακός επαφής, ενώ για τις επόμενες 7 τουλάχιστον ημέρες χορηγείται μικτό κολλύριο (συνδυασμός αντιβιοτικού με κορτικοστεροειδές).

Η υποβοηθούμενη από το femtosecond laser μέθοδος είναι στο σύνολό της πολύ γρήγορη και εύκολη για τον χειρουργό, αλλά και φιλική προς τον ασθενή. Εκτός όμως της ταχύτητας και της ευκολίας της, η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό ακριβείας στη χάραξη της τομής και στη δημιουργία της αύλακας μέσα στην οποία θα εμφυτευθούν τα ICRS. Το femtosecond laser είναι φωτοδιασπαστικό (photodisruptive) laser, το οποίο εκπέμπει υπέρυθρες ακτίνες Nd : Glass laser με μήκος κύματος 1053 nm. Τα βήματα αυτής της μεθόδου είναι επιγραμματικά τα εξής:

1. Το χειρουργικό πεδίο αποστειρώνεται με διάλυμα 10% povidone-iodide και ο κερατοειδής αναισθητοποιείται με ενστάλλαξη κολλυρίου tetracaine.
2. Διενεργούνται υπερηχητική παχυμετρία κερατοειδούς ή O.C.T, τα οποία θα βοηθήσουν στον προγραμματισμό του βάθους της τομής.
3. Εντοπίζεται και σηματοδοτείται το γεωμετρικό κέντρο του κερατοειδούς ή το κέντρο της κόρης, ανάλογα με το πρωτόκολλο που ακολουθεί ο χειρουργός. Αυτό το σημείο θα χρησιμεύσει καθ' όλη τη διάρκεια της επέμβασης ως σημείο αναφοράς για τον εντοπισμό της τομής και των ICRS.
4. Ο δακτύλιος κοπής του femtosecond laser τοποθετείται γύρω από το ΣΚΟ με οδηγό το ήδη προκαθορισμένο σημείο αναφοράς του κερατοειδούς.

5. Δημιουργείται αρχικά μία τομή με το femtosecond laser, η οποία έχει ως σκοπό να βοηθήσει την πρόσβαση του δακτυλίου κοπής στην αύλακα.
6. Δημιουργείται η αύλακα σε πάχος περίπου 70%-80% του συνολικού πάχους του κερατοειδούς.
7. Τοποθετούνται τα ICRS στη δημιουργηθείσα αύλακα.
8. Τοποθετείται ένα ενιαίο ράμμα nylon 10,0 του οποίου ο κόμβος ενταφιάζεται.
9. Την πρώτη μετεγχειρητική ημέρα χορηγείται κυκλοπληγικό κολλύριο και τοποθετείται θεραπευτικός φακός επαφής, ενώ για τις επόμενες επτά τουλάχιστον ημέρες χορηγείται μικτό κολλύριο (συνδυασμός αντιβιοτικού με κορτικοστεροειδές).

VI. Επιπλοκές εμφύτευσης ICRS

Αν και έχει αποδειχθεί ότι η εμφύτευση ICRS και με τις δύο μεθόδους, μηχανική και υποβοηθούμενη από femtosecond laser, έχει δώσει μέχρι στιγμής καλά διαθλαστικά αποτελέσματα στις εκτασίες του κερατοειδούς, η μηχανική μέθοδος φαίνεται να συνοδεύεται συχνότερα από επιπλοκές. Μερικές από αυτές συνδέονται άμεσα με το επίπεδο εμπειρίας και εκπαίδευσης του χειρουργού, καθώς η συγκεκριμένη χειρουργική τεχνική εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιδεξιότητα των χεριών του χειρουργού. Οι επιπλοκές της εμφύτευσης των ICRS μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές (Piñero et al., 2010).

A. Διεγχειρητικές.

Αναφέρονται κυρίως την μηχανική μέθοδο και αφορούν σπάνια και μεμονωμένα περιστατικά.

1. Έκκεντρη εμφύτευση των δακτυλίων.
2. Ασύμμετρη εμφύτευση των δακτυλίων.
3. Πολύ «ρηχή» χάραξη της αύλακας που οδηγεί σε διάτρηση της μεμβράνης του Bowman.
4. Πολύ «βαθεία» χάραξη της αύλακας που οδηγεί σε διάτρηση του προσθίου θαλάμου.
5. Επιφανειακή εμφύτευση των ICRS, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την ατελή σύγκλιση των χειλέων της τομής με αυξημένο κίνδυνο επιμόλυνσης.
6. Υπερβολική περιστροφή των ICRS, η οποία καταλήγει σε διάτρηση του στρώματος.

Οι περιπτώσεις έκκεντρης, ασύμμετρης και επιφανειακής τοποθέτησης αντιμετωπίζονται με αφαίρεση των ICRS και επανατοποθέτησή τους με τον σωστό τρόπο. Στις περιπτώσεις διάτρησης η εμφύτευση αναβάλλεται και επιχειρείται εκ νέου στο σωστό βάθος, αφού ο κερατοειδής έχει επουλωθεί από τις προηγούμενες τομές.

B. Μετεγχειρητικές.

1. Εξώθηση των ICRS. Η συχνότητα εμφάνισής της εξαρτάται από τον χειρουργό, τη μέθοδο εμφύτευσης και τη σοβαρότητα του κερατόκωνου, κυμαινόμενη από 0,98% έως 30%. Όσα περιστατικά έχουν αναφερθεί αφορούν κυρίως τη μηχανική μέθοδο, ενώ στη μέθοδο την υποβοηθούμενη από femtosecond laser έχουν αναφερθεί μόνο τέσσερα περιστατικά. Η εξώθηση των δακτυλίων είναι η πρώτη αιτία αφαίρεσής τους με δεύτερη την μη ικανοποίηση του ασθενούς. Η αφαίρεση των δακτυλίων γίνεται εύκολα και με ασφάλεια, ενώ τα οπτικά, διαθλαστικά και τοπογραφικά δεδομένα επανέρχονται στα προεγχειρητικά τους επίπεδα.
2. Νεοαγγείωση κερατοειδούς.
3. Βακτηριακή κερατίτιδα.
4. Ήπιες ενδοστρωματικές εναποθέσεις στην αύλακα (κανάλι) γύρω από τον δακτύλιο. Αποτελούνται από λιπίδια (χοληστερόλη και εστέρες) και τριγλυκερίδια τα οποία συσσωρεύονται μεταξύ των ινών του κολλαγόνου. Τα υλικά αυτά δεν αλλοιώνουν την ανατομική δομή και τη φυσιολογική λειτουργία του κερατοειδούς, ούτε επηρεάζουν το τελικό οπτικό αποτέλεσμα των ICRS. Η πιθανότητα εμφάνισής τους αυξάνει ευθέως ανάλογα με το πάχος των δακτυλίων και το χρόνο διάρκειας της εμφύτευσης.
5. Θόλωση του κερατοειδούς γύρω από τους δακτυλίους ή στο σημείο της τομής.
6. Τήξη του κερατοειδούς.
7. Μετατόπιση των δακτυλίων.
8. Νυκτερινή άλως, φωτοφοβία, κυμαινόμενη όραση και μείωση της καλύτερης οπτικής οξύτητας με ή χωρίς διόρθωση (σπάνιες).
9. Χρόνιο άλγος (1 περιστατικό) λόγω ερεθισμού κάποιων νευρικών απολήξεων στον κερατοειδή.
10. Τοπικό οίδημα γύρω από τον δακτύλιο (1 περιστατικό).

Η βακτηριακή κερατίτιδα, η οποία θεωρείται η πλέον σοβαρή επιπλοκή, πρέπει να αντιμετωπίζεται με αφαίρεση των ICRS και θεραπεία με ενστάλλαξη

ενισχυμένων αντιβιοτικών κολλυρίων, αφού προηγηθεί καλλιέργεια των αφαιρεθέντων ICRS, προκειμένου να απομονωθεί και διαγνωσθεί ο υπεύθυνος μικροοργανισμός.

Τέλος, στην περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο τα ICRS αποτύχουν ή ο ασθενής δεν μείνει ευχαριστημένος από το τελικό αποτέλεσμα και αποφασίσει να προχωρήσει σε κερατοπλαστική, τα ICRS αφαιρούνται με ασφάλεια τη στιγμή της μεταμόσχευσης χωρίς να επηρεάσουν το τελικό της αποτέλεσμα.

VII. Αποτελέσματα εμφύτευσης ICRS στον κερατόκωνο

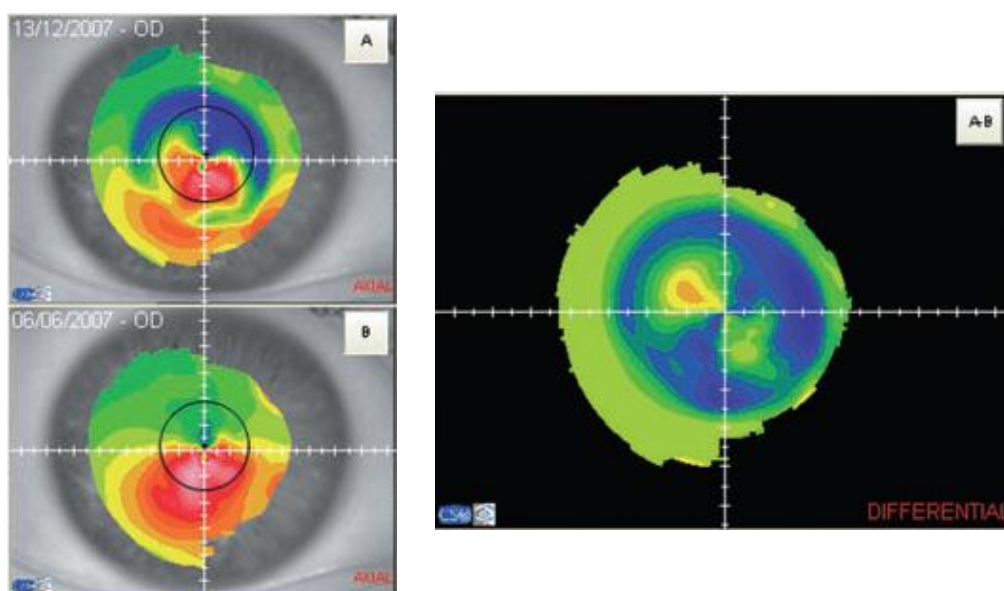
Από όλα τα προαναφερθέντα θα ήταν αναμενόμενο να προκύψουν καλύτερα οπτικά και διαθλαστικά αποτελέσματα με τη μέθοδο την υποβοηθούμενη από το femtosecond laser, καθώς η τομή που δημιουργεί στο στρώμα είναι περισσότερο ακριβής. Αντίθετα η μηχανική μέθοδος βασίζεται περισσότερο στην επιδεξιότητα και στο επίπεδο εκπαίδευσης του χειρουργού και είναι φυσικά δυσκολότερο γι' αυτόν να επιτύχει δια χειρός τομή τόσο ακριβή όπως το femtosecond laser. Παρόλα αυτά, τα οπτικά και διαθλαστικά αποτελέσματα και των δύο μεθόδων είναι εφάμιλλα (Piñero et al., 2010).

Επίσης, όσον αφορά την τομή, η ιδεώδης θέση για την εκτέλεσή της θα έπρεπε να είναι θεωρητικά επάνω στον κυρτότερο μεσημβρινό του κερατοειδούς, θέση την οποία προτιμούν άλλωστε οι περισσότεροι χειρουργοί, καθώς λογικά αυτός ο τύπος τομής αναμένεται να μειώσει τη διοπτρική δύναμη του πιο κυρτού μεσημβρινού και να αυξήσει αντίστοιχα τις κερατομετρικές ενδείξεις του πιο επίπεδου μεσημβρινού. Η μείωση του αστιγματισμού στον κερατόκωνο θα έπρεπε να συνδέεται άμεσα με την εκτέλεση της τομής στη θέση αυτή. Μολαταύτα έχει αναφερθεί σημαντική μείωση του αστιγματισμού και σε οφθαλμούς με κερατόκωνο στους οποίους η τομή έγινε σε άλλο σημείο (Piñero et al., 2010). Σε κάθε περίπτωση θα χρειαστεί η συνδρομή περισσότερων μελετών προκειμένου να διευκρινισθεί πλήρως ο ρόλος της θέσης της τομής στην τελική έκβαση της εμφύτευσης ICRS.

Όσον αφορά το κανάλι, δεν υπάρχει ομοφωνία ως προς το ιδανικό μέγεθος για την εμφύτευση ICRS (Ertan & Colin, 2007). Η εμφύτευση intacs σε στενή αύλακα (κανάλι) (6,6 mm × 7,6 mm) φαίνεται να προτιμάται από τους περισσότερους χειρουργούς, παρόλο που δεν έχουν παρατηρηθεί διαφορές στα διαθλαστικά αποτελέσματα αυτής της τεχνικής συγκριτικά με εμφύτευση intacs σε ευρύτερα

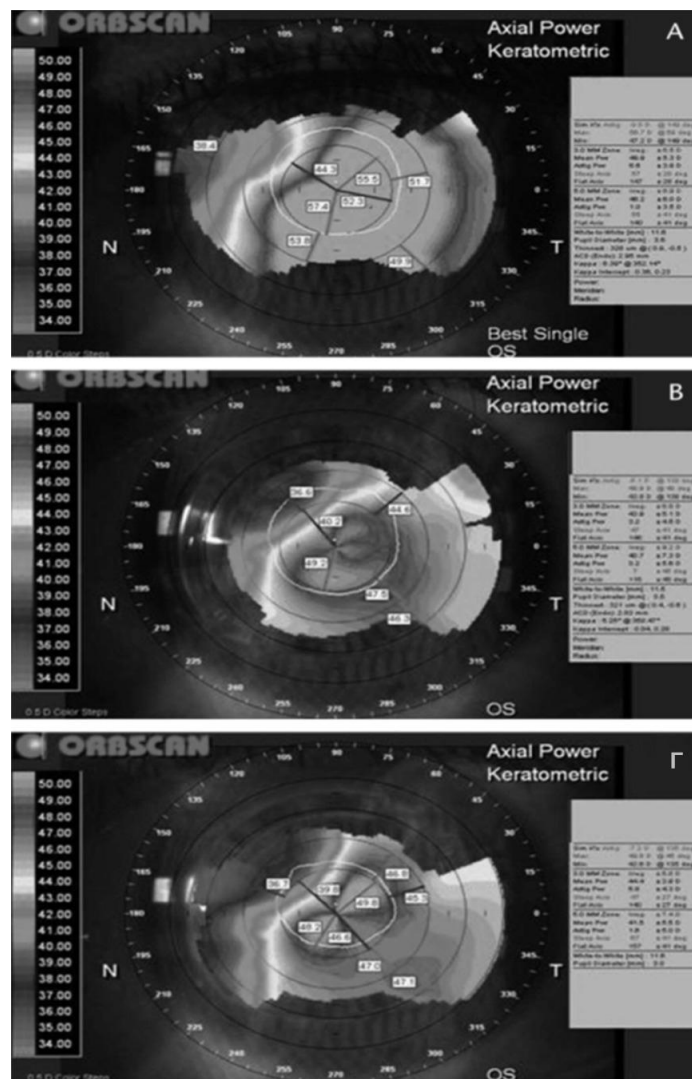
κανάλια (6,7 mm × 8,2 mm). Τουναντίον έχει παρατηρηθεί ότι η εμφύτευση intacs σε στενή αύλακα συνοδεύεται συχνότερα από ήπιες επιπλοκές.

Οι Torquetti, Berbel & Ferrara. (2009) προτείνουν ένα πιο σύγχρονο πρωτόκολλο επιλογής kerarings, το οποίο βασίζεται σε μελέτες που πραγματοποίησαν για σχεδόν δέκα χρόνια σε περισσότερους από 6000 ασθενείς. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η επιλογή του δακτυλίου πρέπει να βασίζεται στις εξής παραμέτρους: πάχος του κερατοειδούς, κερατοειδικό αστιγματισμό και κατανομή της εκτασίας επάνω στον κερατοειδή, όπως αυτή απεικονίζεται στην τοπογραφία. Δεν έλαβαν καθόλου υπόψη τους την υποκειμενική διάθλαση των ασθενών. Οι ερευνητές λοιπόν συνιστούν σε συμμετρικές εκτασίες να εμφυτεύονται δύο πανομοιότυποι δακτύλιοι τύπου «παπιγιόν», ενώ σε περιφερική κατανομή του κώνου συνιστούν την ασύμμετρη εμφύτευση των δακτυλίων. Όσον αφορά το πάχος των δακτυλίων, αυτό δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 50% του πάχους του κερατοειδούς σε όλο το μήκος τους. Η συγκεκριμένη μελέτη καταλήγει τελικά στο συμπέρασμα ότι η εμφύτευση των kerarings στον κερατόκωνο οδηγεί σε οπτική και τοπογραφική σταθεροποίηση, καθυστερεί την εξέλιξη του κώνου και τελικά μειώνει τα ποσοστά των μεταμοσχεύσεων κερατοειδούς. Ανάλογη με τη βελτίωση των κερατομετρικών, διαθλαστικών και οπτικών ευρημάτων είναι και η βελτίωση της τοπογραφικής εικόνας του κερατοειδούς με κερατόκωνο μετά την εμφύτευση των ICRS (Εικόνα 21).



Εικόνα 21: Διαφορικός τοπογραφικός χάρτης κερατοειδούς (δεξιά) με τη βοήθεια του οποίου φαίνεται η διαφορά ανάμεσα στην προεγχειρητική εικόνα κερατοειδούς με κερατόκωνο (κάτω αριστερά – B) και την μετεγχειρητική του εικόνα μετά από ένθεση intacs (πάνω αριστερά – A).

Όπως ήδη αναφέρθηκε στις ενδείξεις εμφύτευσης ICRS, τα intacs δίνουν καλύτερα αποτελέσματα σε περιπτώσεις λιγότερο προχωρημένου κερατόκωνου. Υπάρχουν όμως μελέτες οι οποίες αναφέρουν ότι η εμφύτευση των intacs συνοδεύεται από ασφάλεια και αποτελεσματικότητα ακόμη και σε προχωρημένο κερατόκωνο. Οι R. Shetty, Kurian, Anand, Mhaske, Narayana & B. Shetty. (2008) εμφύτευσαν intacs σε 14 οφθαλμούς με προχωρημένο κερατόκωνο. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν ήταν: η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση, η καλύτερη οπτική οξύτητα με γυαλιά, η κερατομετρία, η αλλαγή στον μέσο όρο του διαθλαστικού σφαιρικού ισοδύναμου και η τοπογραφία του κερατοειδούς. Σε όλες τις παραμέτρους παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση, ενώ τα αποτελέσματα παρέμειναν σταθερά για χρονικό διάστημα το οποίο κυμαινόταν από 6 μήνες έως 1 χρόνο (εικόνα 22).

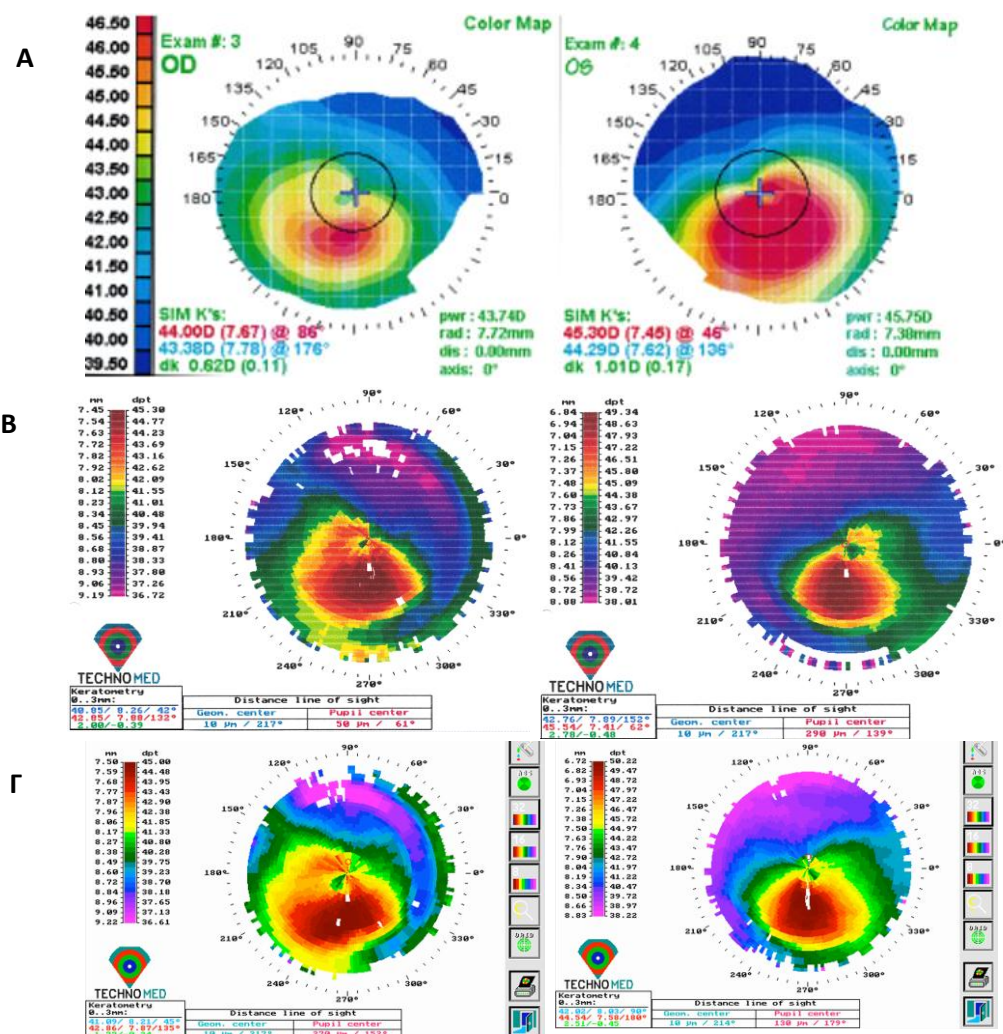


Εικόνα 22: Τοπογραφικοί χάρτες κερατοειδούς: (Α) Προεγχειρητικά, (Β) 6 μήνες μετεγχειρητικά και (Γ) 1 χρόνο μετεγχειρητικά. Φαίνονται καθαρά τα αποτελέσματα της ένθεσης intacs σε προχωρημένο κερατόκωνο.

Η μέθοδος θεραπείας του προχωρημένου κερατόκωνου με intacs αποδείχθηκε 100% ασφαλής και περισσότερο ανεκτή από τους ασθενείς σε σύγκριση με τη θεραπεία με φακούς επαφής, σε ποσοστό που έφθανε το 60%. Η νεαρότερη ηλικία, το ανδρικό φύλο και το κεντρικό πάχος κερατοειδούς μεγαλύτερο από 400 μm έδειξαν να συνοδεύονται από καλύτερα αποτελέσματα. Οι Piñero, Alio, Uceda-Montanes et al. (2009) μετά από διετή παρακολούθηση των περιστατικών τους διατύπωσαν την άποψη ότι η εμφύτευση ICRS (kerarigs και intacs) είχε απόλυτη επιτυχία στη διόρθωση των εκτροπών υψηλής τάξης (τύπου κόμης) και του αστιγματισμού που οφειλόταν σε εκτασία μετά από LASIK. Συγκεκριμένα παρατήρησαν ότι τα ICRS οδήγησαν σε κεντρική επιπέδωση του κερατοειδούς και σημαντική βελτίωση της οπτικής οξύτητας με διόρθωση. Όμως 12 μήνες μετά την εμφύτευση παρατήρησαν υποστροφή των αποτελεσμάτων αυτών, γεγονός που τους οδήγησε στη διατύπωση της άποψης ότι τα intacs δεν καθυστερούν την εξέλιξη του κερατόκωνου σε όλες τις περιπτώσεις. Οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι κερατοειδείς με αυξημένη εκτασία και προχωρημένο κώνο είναι κακοί υποψήφιοι για εμφύτευση ICRS. Αν και το δείγμα των ασθενών ήταν μικρό, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα της εκτοπομετρίας ανάμεσα στα περιστατικά στα οποία εμφυτεύθηκαν intacs και σε εκείνα στα οποία εμφυτεύθηκαν kerarings. Σε κάθε περίπτωση βρέθηκαν περισσότερες εκτροπές υψηλής τάξης στους οφθαλμούς στους οποίους η εμφύτευση έγινε μηχανικά, συγκριτικά με τους οφθαλμούς στους οποίους εφαρμόστηκε η υποβοηθούμενη από το femtosecond laser, τουλάχιστον κατά το πρώτο μετεγχειρητικό διάστημα. Αυτό το τελευταίο εύρημα οδήγησε τους συγγραφείς στο συμπέρασμα ότι η εμφύτευση ICRS υποβοηθούμενη από το femtosecond laser μπορεί να έχει καλύτερα αποτελέσματα σε εκτασίες μετά από LASIK.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα intacs αρχικά είχαν σχεδιασθεί για να διορθώνουν χαμηλές μυωπίες επιπεδώνοντας την κεντρική κερατοειδική καμπυλότητα, ενώ αργότερα η χρήση τους επεκτάθηκε και στον κερατόκωνο. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μελέτες αναφερόμενες στα διαθλαστικά αποτελέσματα ένθεσης ICRS. Η μόνη δημοσιευμένη μελέτη που αναφέρεται στη διαχρονική παρακολούθηση μετά από ένθεση intacs στον κερατόκωνο ανήκει στον έλληνα οφθαλμίατρο Γ. Κυμιωνή και τους συνεργάτες του από το Ινστιτούτο «Οπτική και Όραση» της οφθαλμολογικής κλινικής του τμήματος ιατρικής του Πανεπιστημίου Κρήτης. Οι Kymionis, Grentzelos, Diakonis, A.Pallikaris & I.Pallikaris. (2009) παρουσίασαν μια

ενδιαφέρουσα περίπτωση διόρθωσης κερατόκωνου με intacs και των δύο οφθαλμών ενός νεαρού άνδρα 25 ετών, τον οποίο στη συνέχεια παρακολούθησαν για χρονικό διάστημα 9 ετών. Δύο χρόνια μετά την εμφύτευση των intacs ο ασθενής παρουσίασε βελτίωση της οπτικής του οξύτητας χωρίς διόρθωση και στους δύο οφθαλμούς. Εννέα χρόνια μετά την εμφύτευση των intacs ο ασθενής επανεξετάσθηκε, τα δε αποτελέσματα, διαθλαστικά και τοπογραφικά, συγκρινόμενα με αυτά της επανεξέτασης στη διετία ήταν σταθερά (Εικόνα 23). Συγκεκριμένα το σφαιρικό ισοδύναμο μεταβλήθηκε στον μεν ΔΟ από -0,75 προεγχειρητικά σε +0,75 μετεγχειρητικά, στον δε ΑΟ από -2,25 προεγχειρητικά σε -1,25 μετεγχειρητικά. Η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση βελτιώθηκε στον ΔΟ από 20/50 σε 20/25 και στον ΑΟ από 20/200 σε 20/32. Τέλος η οπτική οξύτητα με διόρθωση στον μεν ΔΟ διατηρήθηκε στα 20/20, όπως και πριν την εμφύτευση, ενώ στον ΑΟ βελτιώθηκε από 20/25 σε 20/20.



Εικόνα 23: Τοπογραφικοί χάρτες κερατοειδούς: (Α) Προεγχειρητικά, (Β) 2 χρόνια μετεγχειρητικά και (Γ) 9 χρόνια μετεγχειρητικά (αριστερή σειρά εικόνων = δεξιός οφθαλμός, δεξιά σειρά εικόνων = αριστερός οφθαλμός).

Δεν παρατηρήθηκαν πρώιμες ή όψιμες επιπλοκές οφειλόμενες στην εμφύτευση των intacs. Ένας σοβαρός περιορισμός στην παρουσίαση αυτού του περιστατικού έγκειται στο γεγονός ότι ο ασθενής παρουσίαζε κερατόκωνο σταδίου I. Το στάδιο του κερατόκωνου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα των intacs, γι' αυτό και τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου περιστατικού δεν θα πρέπει να επεκταθούν συλλήβδην σε όλες τις περιπτώσεις κερατόκωνου. Ένας ακόμη περιορισμός εντοπίζεται στο γεγονός ότι ο συγκεκριμένος ασθενής υπεβλήθη σε αμφοτερόπλευρη διόρθωση του κερατόκωνου, άρα δεν μπορούμε να συμπεράνουμε αν πράγματι η εμφύτευση των intacs επηρέασε την εξέλιξη του κερατόκωνου. Επιπλέον στο στάδιο I ο κερατόκωνος συχνά παρουσιάζει αυτόματα (χωρίς θεραπεία) σταθεροποίηση, άρα στον συγκεκριμένο ασθενή η σταθεροποίηση μπορεί και να μην οφείλεται στην εμφύτευση των intacs.

Η εμφύτευση ICRS με τη μορφή ενιαίου δακτυλίου μέσα σε μία κυκλοτερή αύλακα μπορεί να βελτιώσει την οπτική λειτουργία και να μειώσει τα ποσοστά κερατόκωνου που καταλήγουν σε κερατοπλαστική. Οι Daxer, Mahmoud & Venkateswaran. (2010) κατέγραψαν και παρουσίασαν τα αποτελέσματα εμφύτευσης συνεχούς δακτυλίου Myoring σε 15 οφθαλμούς (11 ασθενείς) με κερατόκωνο. Οι δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των περιστατικών ήταν: ο δείκτης k, η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση και η οπτική οξύτητα με διόρθωση. Οι ασθενείς εξετάστηκαν προεγχειρητικά, καθώς και στους 1,3,6 και 12 μήνες μετά την εμφύτευση των Myorings. Ήταν εντυπωσιακή η βελτίωση την οποία παρουσίασαν όλοι οι εξεταζόμενοι δείκτες μέσα στον πρώτο χρόνο. Συγκεκριμένα η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση βελτιώθηκε κατά σχεδόν 10 γραμμές του πίνακα Snellen, η οπτική οξύτητα με διόρθωση βελτιώθηκε σχεδόν κατά 3 γραμμές, ενώ η μέση τιμή του δείκτη k μειώθηκε κατά 5,76 D. Δεν καταγράφηκαν σοβαρές διεγχειρητικές επιπλοκές, ενώ οι μόνες παρενέργειες οι οποίες αναφέρθηκαν ήταν το θάμβος και τα προβλήματα νυκτερινής όρασης. Ο μοναδικός περιορισμός της μελέτης αυτής είναι ότι κάποιιοι από τους ασθενείς που συμμετείχαν σε αυτήν υπεβλήθησαν σε εμφύτευση Myorings και στους δύο οφθαλμούς.

Διασύνδεση κερατοειδικού κολλαγόνου (Corneal Collagen Cross Linking, CXL)

I. Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή

Μέχρι πρόσφατα οι θεραπευτικές μέθοδοι που εφαρμόζονταν σε παθήσεις οι οποίες μειώνουν τη μηχανική αντοχή του κερατοειδούς περιορίζονταν στην

αντιμετώπιση των επιπτώσεων της προοδευτικής αποδυνάμωσης του κερατοειδούς με εμφύτευση ενδοκερατικών δακτυλίων ή και κερατοπλαστική (εν τω βάθει πρόσθια μερικού πάχους ή διαμπερή). Καμία όμως από αυτές τις δύο μεθόδους δεν απευθύνεται στη βασική βλάβη του κερατοειδούς στον κερατόκωνο. Η διασύνδεση του κερατοειδικού κολλαγόνου – corneal collagen cross linking (CXL) – είναι μία νέα εναλλακτική, ελάχιστα επεμβατική, θεραπευτική μέθοδος, σχεδιασμένη να αυξάνει τη σκληρότητα, τη δομική ακεραιότητα και τη σταθερότητα του κερατοειδούς προλαμβάνοντας την εξέλιξη του κερατόκωνου. Η προσθήκη της CXL στη θεραπευτική φαρέτρα της αντιμετώπισης του κερατόκωνου αποτελεί ίσως την πιο θετική εξέλιξη της τελευταίας δεκαετίας.

Η διασύνδεση των μορίων των υλικών με σκοπό την ενίσχυση της σκληρότητάς τους δεν είναι μια καινούργια ιδέα, αφού εφαρμόζεται ευρέως στη χημεία των συνθετικών πολυμερών, στη βιομηχανία των πλαστικών και σε άλλους κλάδους της βιομηχανίας. Ο T. Seiler, σε προσωπική του ανακοίνωση το 2009, αναφέρει ότι μια επίσκεψη στον οδοντίατρό του, ο οποίος, χρησιμοποιούσε UVA (Ultraviolet A) ακτινοβολία για να επιτύχει την σκλήρυνση συνθετικού υλικού πληρώσεως, τον οδήγησε στη φαεινή ιδέα να ακολουθήσει και ο ίδιος ανάλογη διαδικασία, προκειμένου να ενισχύσει τον ανθρώπινο κερατοειδή.

Η CXL εφαρμόζεται στη θεραπεία του κερατόκωνου βασιζόμενη στην πρόσφατα διαθέσιμη πληροφορία ότι έχει τη δυναμική να μειώνει τις βλαπτικές συνέπειες των προοδευτικών μορφών της νόσου μειώνοντας συνεκδοχικά την ανάγκη για μεταμόσχευση κερατοειδούς. Η ομολογουμένως ενθουσιώδης αποδοχή η οποία χαρακτήριζε την εφαρμογή της CXL μέχρι πρόσφατα βασιζόταν σε έναν μικρό αριθμό εργαστηριακών και κλινικών δεδομένων, τα οποία στήριζαν τα αποτελέσματά τους σε άλλες, πλην κερατόκωνου, καταστάσεις. Οι κλινικές μελέτες που στήριζαν την εφαρμογή της CXL στον κερατόκωνο ήταν στην πλειοψηφία τους μικρές, μη ελεγχόμενες, αναδρομικές μελέτες με σχετικά περιορισμένο χρόνο παρακολούθησης των περιστατικών. Την τελευταία διετία παρατηρείται παγκοσμίως αυξημένο ενδιαφέρον όσον αφορά την CXL, ενώ αυτή τη στιγμή υπάρχουν δημοσιευμένα κλινικά αποτελέσματα μελετών από τουλάχιστον οκτώ χώρες, των οποίων τα ευρήματα ταυτίζονται και είναι σταθερά. Ταυτόχρονα βρίσκεται σε εξέλιξη ικανός αριθμός μελετών, των οποίων τα ευρήματα θα βοηθήσουν μελλοντικά τους ειδικούς να εκτιμήσουν περαιτέρω την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της CXL στον κερατόκωνο (Snibson, 2010).

II. Πως δουλεύει η CXL

Στον φυσιολογικό κερατοειδή υπάρχουν μοριακές γέφυρες ή διασυνδέσεις μεταξύ των γειτονικών ελίκων τροποκολλαγόνου καθώς και μεταξύ των ινιδίων και των ινών του κολλαγόνου καθ' όλο τους το μήκος. Καθώς αυξάνει η ηλικία του ανθρώπου, ενισχύονται και αυτές οι διασυνδέσεις με τις ανάλογες επιπτώσεις στις βιομηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς. Στο φαινόμενο αυτό βρίσκει εξήγηση το γεγονός ότι ο κερατοειδής είναι ελαστικότερος στα βρέφη και σκληρότερος στους ενήλικες, καθώς και το γεγονός ότι η εξέλιξη του κερατόκωνου επιβραδύνεται με την αύξηση της ηλικίας. Οι διασυνδέσεις μεταξύ των ινών του κολλαγόνου φαίνεται να ενισχύονται με την αύξηση των επιπέδων του γλυκαγόνου στον κερατοειδή, γεγονός το οποίο ταυτίζεται απόλυτα με την παρατήρηση ότι ο σακχαρώδης διαβήτης μπορεί να παίζει κάποιο προστατευτικό ρόλο ενάντια στην εξέλιξη του κερατόκωνου. Μολονότι στον κερατόκωνο η μείωση των φυσιολογικών διασυνδέσεων μπορεί να μην είναι ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας, η μηχανική αντοχή του κερατοειδούς είναι αναμφισβήτητα μειωμένη. Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, αν ενισχυθεί ο βαθμός των συνδέσεων μεταξύ των μορίων του κολλαγόνου με θεραπευτική διασύνδεση, αναμένεται λογικά και αύξηση της σκληρότητας του κερατοειδούς, η οποία μπορεί να επιβραδύνει ή και να σταματήσει την εξέλιξη του κερατόκωνου.

Η διασύνδεση του κολλαγόνου του κερατοειδούς με ριβοφλαβίνη (βιταμίνη Β 12) και υπεριώδη ακτινοβολία (UVA) 370 nm είναι μία νέα μέθοδος αντιμετώπισης και μάλιστα η πρώτη διαθέσιμη θεραπεία που σταθεροποιεί την εξέλιξη του κερατόκωνου. Πρώιμες, από το 1997, in vitro μελέτες του Sporel και άλλων έχουν αποδείξει τη δυναμική και τα πλεονεκτήματα της ενίσχυσης της σταθερότητας του κερατοειδούς με τεχνητή διασύνδεση εφαρμόζοντας συνδυασμό UVA και ριβοφλαβίνης (Samaras & Lake, 2010), χωρίς μάλιστα τις ανεπιθύμητες ενέργειες (θόλωση, τοξικότητα και αποδιοργάνωση του κερατοειδούς) άλλων διασυνδετικών φορέων όπως η γλουταραλδεύδη και το διάλυμα Karnovsky (γλουταραλδεύδη / παραφορμαλδεύδη). Ενώ αρχικά είχε δημιουργηθεί η εντύπωση ότι η CXL αυξάνει τη μηχανική σταθερότητα του στρώματος του κερατοειδούς καθώς και την αντοχή του στην ενζυματική πέψη, διαπιστώθηκε πρόσφατα ότι στην πραγματικότητα ενισχύει την πρόσδεση των ινών του μεσοπετάλιου κολλαγόνου στα παρακείμενα πέταλα κολλαγόνου, η οποία αδυνατίζει κατ' εξοχήν στον κερατόκωνο (Samaras et al., 2010). Στην περίπτωση της CXL πιστεύεται ότι η ριβοφλαβίνη έχει διπλό ρόλο, αφού αφενός μεν δρα ως φωτοσυνθέτης για την παραγωγή ελεύθερων ριζών

οξυγόνου και αφετέρου απορροφά την UVA ακτινοβολία και προλαμβάνει τις επιβλαβείς της επιδράσεις στις βαθύτερες οφθαλμικές δομές όπως το ενδοθήλιο, ο κρυσταλλοειδής φακός και ο αμφιβληστροειδής. Με λίγα λόγια η αντίδραση μεταξύ ριβοφλαβίνης και UVA ακτινοβολίας ενισχύει τους δεσμούς μεταξύ των ινών του κολλαγόνου στο στρώμα «παγώνοντας» τον κερατοειδή.

Σε εργαστηριακό επίπεδο έχει αποδειχθεί ότι η τεχνητή διασύνδεση του κολλαγόνου του κερατοειδούς με εφαρμογή συνδυασμού ριβοφλαβίνης και UVA:

- μειώνει το βαθμό του οιδήματος στο στρώμα.
- αυξάνει την αντίσταση των κολλαγόνων ινών στην καταπόνηση (εξωτερική πίεση).
- αυξάνει την αντοχή του στρώματος απέναντι στην ενζυματική δράση της πεψίνης.
- αυξάνει τη διάμετρο των ινών του κολλαγόνου με τις περισσότερες αλλαγές να διεξάγονται στο πρόσθιο τμήμα του κερατοειδούς (πρόσθια 200 μm), χωρίς καμία επίπτωση στο ενδοθήλιο.
- αυξάνει την ελαστικότητα του ανθρώπινου κερατοειδούς κατά 4,5 φορές και την σκληρότητά του κατά 328%.

III. Ενδείξεις CXL

1. Η κύρια ένδειξη τεχνητής διασύνδεσης του κολλαγόνου του κερατοειδούς με εφαρμογή συνδυασμού ριβοφλαβίνης και UVA (370 nm) είναι ο κερατόκωνος και παραμένει η μόνη ελάχιστα επεμβατική χειρουργική μέθοδος η οποία σταματάει την εξέλιξή του.
2. Κερατοειδής με οριακή λειτουργία του ενδοθηλίου, όχι όμως ακόμη εντελώς αποδιοργανωμένος, όπως για παράδειγμα η cornea guttata (σταγονοειδής κερατοειδής).
3. Φυσαλλιδώδης κερατοειδοπάθεια κάθε αιτιολογίας (ψευδοφακία, δυστροφία του Fuchs, απόρριψη μωσχεύματος κερατοειδούς)(Kozobolis, Labiris, Gkika & Sideroudi, 2011). Οι πρώτοι εμπνευστές της CXL συνιστούν την προσέγγιση των ασθενών με φυσαλλιδώδη κερατοειδοπάθεια σε δύο χρόνους:
 - α. εφαρμογή διαλύματος 40% γλυκερίνης για 24 ώρες, η οποία αφυδατώνει τον κερατοειδή.
 - β. εφαρμογή της CX, η οποία σταθεροποιεί το στρώμα και προλαμβάνει νέα επεισόδια οιδήματος με καλά αποτελέσματα.

Μπορεί να εφαρμοσθεί είτε παρηγορητικά σε ασθενείς με πόνο και φτωχή οπτική πρόγνωση είτε σε ασθενείς με ηπιότερο οίδημα και καλύτερη οπτική πρόγνωση προκειμένου να αποφευχθεί η κερατοπλαστική. Μία άλλη ένδειξη της CXL είναι το οίδημα που παρουσιάζεται σε κερατόσφαιρα και σε ύδρωπα.

Οι Kozobolis et al. (2011) έχουν παρουσιάσει δύο περιστατικά φυσαλλιδώδους κερατοειδοπάθειας επιπεπλεγμένης με ελκώδη κερατίτιδα, τα οποία παρουσίαζαν αντίσταση σε κάθε είδους συμβατική αγωγή. Μετά την εφαρμογή της CXL και για χρονικό διάστημα 2 μηνών, αμφότερα τα περιστατικά παρουσίασαν σημαντική βελτίωση του έλκους, του οιδήματος και της οπτικής οξύτητας με διόρθωση.

4. Πρόληψη υποστροφής της διαθλαστικής ανωμαλίας μετά διαθλαστική χειρουργική (LASIK ή PRK). Και οι δύο αυτές επεμβάσεις τροποποιούν την σταθερότητα του κερατοειδούς και τη συνολική διαθλαστική του δύναμη. Για τον λόγο αυτό, διάφοροι ερευνητές (Kozobolis et al., 2011) υποστηρίζουν ότι η πιθανότητα υποστροφής της διαθλαστικής ανωμαλίας μετά από PRK ή LASIK μπορεί να μειωθεί με εφαρμογή CXL. Αυτή η μέθοδος φαίνεται να βρίσκει εφαρμογή σε ασθενείς με υποκλινικό κερατόκωνο ή σε υψηλούς μύωπες (> -8,00 D). Οι Hafezi, Kanellopoulos, Wiltfang & Seiler. (2007) υποστηρίζουν ότι η CXL μπορεί να αυξήσει τη μηχανική σταθερότητα του κερατοειδούς με μετά-LASIK εκτασία. Οι ίδιοι ερευνητές έχουν υποδείξει την περιορισμένη εφαρμογή PRK υποβοηθούμενης με τοπογραφία και στη συνέχεια εφαρμογή CXL για σταθεροποίηση του κερατόκωνου με καλά αποτελέσματα στην οπτική οξύτητα. Σε κάθε περίπτωση, οι επιστήμονες συνιστούν μεγάλη προσοχή, καθώς δεν έχουν ακόμη διερευνηθεί σε βάθος χρόνου οι επιπτώσεις και η ασφάλεια της αφαίρεσης της μεμβράνης του Bowman με laser σε ασθενείς με κερατόκωνο και είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε ταχεία επιδείνωση της νόσου με κατάληξη την κερατοπλαστική.
5. Οι Kymionis, Karavitaki, Kounis, Portaliou, Yoo & Pallikaris. (2009) εφαρμόζοντας CXL ταυτόχρονα με PRK σε προοδευτική διαυγή περιφερική εκφύλιση του κερατοειδούς παρατήρησαν βελτίωση τόσο στην οπτική οξύτητα, όσο και στα τοπογραφικά ευρήματα.
6. Η CXL έχει χρησιμοποιηθεί εμπειρικά σε έναν ικανό αριθμό ασθενών με λοιμώδη κερατίτιδα ή έλκος κερατοειδούς και προοδευτική τήξη, οι οποίοι δεν ανταποκρίνονταν στην κλασική φαρμακευτική αγωγή. Σε όλες τις περιπτώσεις

παρατηρήθηκε ότι σταμάτησε η περαιτέρω εξέλιξη της τήξης, ενώ αποφεύχθηκε η ανάγκη για επείγουσα κερατοπλαστική. Οι Martins, Combs, Noguera et al. (2008) ερεύνησαν την αντιμικροβιακή δράση της CXL εναντίον μιας ομάδας παθογόνων μικροοργανισμών. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος είναι αποτελεσματική εναντίον των *Staphylococcus aureus*, methicillin – resistant *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, drug-resistant *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* και multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*, ενώ δεν έχει καμία δράση εναντίον της *Candida albicans*. Πάντως, μέχρι να έχουν στη διάθεσή τους περισσότερα κλινικά δεδομένα, οι ερευνητές επιστούν την προσοχή ο συγκεκριμένος τρόπος θεραπείας να εφαρμόζεται μόνο σε περιπτώσεις μη ανταποκρινόμενες στην κλασική φαρμακευτική αγωγή και όχι σαν θεραπεία πρώτης επιλογής, καθώς μπορεί να παρουσιάσει ανεπιθύμητες κυτταροτοξικές ενέργειες.

IV. Αντενδείξεις CXL

A. Απόλυτες

- πάχος κερατοειδούς μικρότερο των 400 μm . Γενικά η CXL εφαρμόζεται με ασφάλεια σε κερατοειδείς παχύτερους από 400 μm με απόλυτη διαφάνεια του στρώματος, με ακέραιο ενδοθήλιο και χωρίς βλάβη στις βαθύτερες δομές του οφθαλμού (φακός, αμφιβληστροειδής).
- εγκυμοσύνη, καθώς δεν έχουν ακόμη διευκρινισθεί οι πιθανές επιπτώσεις της CXL επάνω στο έμβρυο.

B. Σχετικές

- ηλικία μικρότερη των 35 ετών, οπτική οξύτητα με διόρθωση μικρότερη από 8/10 και κερατομετρήσεις μεγαλύτερες από 58 D, καθώς στις περιπτώσεις αυτές έχουν παρατηρηθεί επιπλοκές της τάξεως του 1%.
- εκτεταμένη θόλωση του κερατοειδούς και πτωχή οπτική οξύτητα με διόρθωση. Γενικά ο χειρουργός θα πρέπει πάντοτε να έχει υπόψη του ότι η μέθοδος εφαρμόζεται με σκοπό να σταθεροποιήσει τον κερατόκωνο και να εμποδίσει την περαιτέρω εξέλιξή του, ενώ η βελτίωση που μπορεί να επιφέρει στην οπτική οξύτητα είναι πολύ μικρή. Θα πρέπει επίσης απαραίτητα να ενημερώνεται προεγχειρητικά και ο ασθενής προς την συγκεκριμένη κατεύθυνση. Επομένως ένας ασθενής με ήδη κακή οπτική οξύτητα δεν θα ωφεληθεί από την CXL, εκτός αν αυτή εφαρμοστεί σε συνδυασμό με άλλη

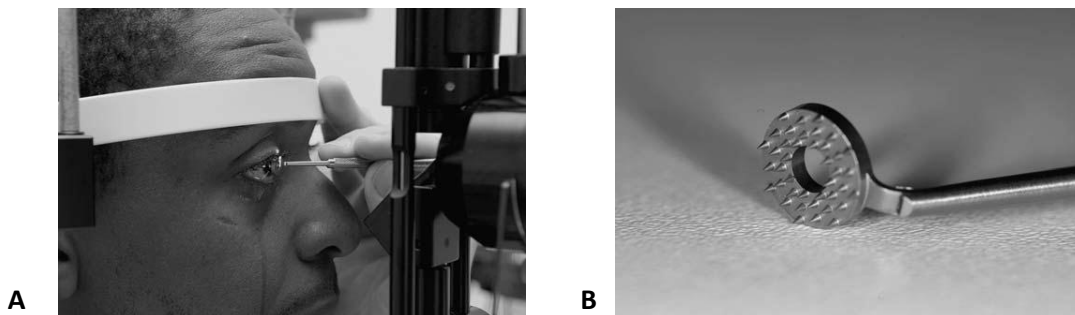
χειρουργική θεραπευτική μέθοδο, πχ intacs. Πάντως σε περιπτώσεις κακής οπτικής οξύτητας θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη σαν σωστότερη επιλογή η κερατοπλαστική.

- συνοδοί παθολογικές καταστάσεις του οφθαλμού όπως: cornea guttata (σταγονοειδής κερατοειδής) με αποδιοργάνωση του ενδοθηλίου, ιστορικό υποτροπιάζουσών αποπτώσεων του επιθηλίου, διαταραχές της επιφάνειας του κερατοειδούς και νοσήματα του συνδετικού ιστού. Η ύπαρξη των παραπάνω πρέπει να διερευνάται πριν την επέμβαση και να ενημερώνεται ο ασθενής για τον κίνδυνο τον οποίο ενέχουν.

V. Χειρουργική τεχνική CXL

Το πρωτόκολλο το οποίο ακολουθείται στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι το πρωτόκολλο της Δρέσδης (Samaras et al., 2010), το οποίο έχει ως ακολούθως:

1. Γίνεται ενστάλλαξη στον κερατοειδή 4 σταγόνων αντιβιοτικού κολλυρίου Ofloxacin 0,3% και 2 σταγόνων Pilocarpine 2%. Ο σκοπός της Pilocarpine είναι να προκαλέσει μύση της κόρης και να περιορίσει όσο το δυνατόν περισσότερο την έκθεση του κρυσταλλοειδούς φακού και του αμφιβληστροειδούς στην UVA ακτινοβολία.
2. Ακολουθεί τοπική αναισθησία της επιφάνειας του κερατοειδούς με ενστάλλαξη σταγόνων Oxybuprocaine 0,4%.
3. Διενεργείται παχυμετρία στο λεπτότερο σημείο του κερατοειδούς (κεντρικά), προκειμένου να ελεγχθεί αν έχει το κατάλληλο πάχος άνω των 400 μm. Φρόνιμο είναι να γίνονται τουλάχιστον πέντε διαδοχικές μετρήσεις του πάχους του κερατοειδούς.
4. Με τη βοήθεια ενός επιθηλιακού διασπαστή διασπάται το κεντρικό τμήμα του επιθηλίου, έκτασης περίπου 9mm (Εικόνα 24 A και B).



Εικόνα 24: (A) Διάσπαση του κεντρικού τμήματος του επιθηλίου του κερατοειδούς με τη βοήθεια επιθηλιακού διασπαστή (B) στη διασύνδεση κερατοειδικού κολλαγόνου – CXL.

5. Εφαρμόζεται ισοοσμωτικό διάλυμα ριβοφλαβίνης 0,1% με δεξτρόζη 20% κάθε 4 έως 5 πρώτα λεπτά και για διάστημα 30 λεπτών. Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η παχυμετρία, προκειμένου να ελεγχθεί εκ νέου αν ο κερατοειδής έχει το κατάλληλο πάχος άνω των 400 μm. Σε οριακό πάχος κερατοειδούς ή πάχος λίγο μικρότερο από τα 400μm εφαρμόζεται εναλλακτικά υποοσμωτικό διάλυμα ριβοφλαβίνης. Το πάχος του κερατοειδούς ελέγχεται εκ νέου με παχυμετρία, προκειμένου να διασφαλισθεί το ελάχιστο απαιτούμενο όριο των 400 μm.
6. Ελέγχεται στη σχισμοειδή λυχνία με φίλτρο μπλε του κοβαλτίου κατά πόσο η ριβοφλαβίνη έχει διεισδύσει επιτυχώς στον πρόσθιο θάλαμο.
7. Ακολουθεί η χορήγηση UVA ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια 3.0 mW/cm^2 από απόσταση 54 mm (επιφανειακή δόση $5,4 \text{ J/cm}^2$) με τη βοήθεια ενός πομπού ακτινοβολίας (X-Linker) και για χρονικό διάστημα 30 λεπτών, ενώ το ποσό της ακτινοβολίας ελέγχεται συνεχώς με τη βοήθεια ενός μετρητή UVA. Κατά τη διάρκεια της χορήγησης της ακτινοβολίας, κάθε 5 λεπτά εφαρμόζεται εκ νέου διάλυμα ριβοφλαβίνης, προκειμένου να διατηρείται ο κερατοειδής κορεσμένος σε ριβοφλαβίνη, ενώ εξασφαλίζεται η διατήρηση της τοπικής αναισθησίας με συχνή ενστάλλαξη σταγόνων Oxybuprocaine 0,4%.
8. Μετά το τέλος της θεραπείας χορηγούνται σταγόνες αντιβιοτικού κολλυρίου Ofloxacin 0,3% με συχνότητα 4 φορές ημερησίως για χρονικό διάστημα 7 ημερών. Εφαρμόζεται επίσης μαλακός θεραπευτικός φακός επαφής μέχρι να επουλωθεί πλήρως το επιθήλιο του κερατοειδούς. Αν κριθεί αναγκαίο, χορηγούνται αναλγητικά από το στόμα.
9. Οι ασθενείς επανεξετάζονται την 1^η και 5^η μετεγχειρητική ημέρα, καθώς και στους 1, 6 και 12 μήνες.

VI. Επιπλοκές CXL

1. Μείωση της καλύτερης διορθωμένης οπτικής οξύτητας.

Παροδική μείωση της οπτικής οξύτητας παρατηρείται συνήθως σε όλα τα περιστατικά και δεν θεωρείται επιπλοκή. Επιπλοκή θεωρείται τυχόν μείωση της οπτικής οξύτητας της τάξης δύο ή περισσότερων γραμμών του πίνακα Snellen η οποία διαρκεί περισσότερο από 6-12 μήνες (Samaras et al., 2010).

2. Οίδημα και θόλωση του στρώματος.

Ήπιο, παροδικό οίδημα του κερατοειδούς είναι κοινό εύρημα, κυρίως κατά την πρώιμη μετεγχειρητική περίοδο μετά την εφαρμογή της CXL. Το οίδημα αυτό αρχίζει να απορροφάται αμέσως μόλις επέλθει επούλωση του επιθηλίου. Αναμενόμενη είναι και η ελαφρά θόλωση του πρόσθιου στρώματος, η οποία μπορεί να διαρκέσει μερικούς μήνες μετά την επέμβαση, όμως σπάνια είναι σοβαρή και συνήθως υποχωρεί μέσα στον πρώτο χρόνο από την επέμβαση. Η προέλευσή του οιδήματος είναι ασαφής, πάντως έχει διαπιστωθεί ότι συνοδεύεται από απώλεια κερατοκυττάρων. Συνήθως καταλαμβάνει το 60% του πρόσθιου στρώματος, το οποίο αντιστοιχεί σε πάχος κερατοειδούς περίπου 300 μm, αφορά δηλαδή το τμήμα του κερατοειδούς στο οποίο εφαρμόστηκε η CXL (Samaras et al., 2010). Το οπίσθιο όριο της θόλωσης του κερατοειδούς είναι συχνά ορατό στη σχισμοειδή λυχνία με τη μορφή γραμμής ή πύκνωσης κείμενης στο εν τω βάθει στρώμα. Αυτή η αφοριστική γραμμή, σύμφωνα με τους Seiler και Hafezi, από τους οποίους και περιγράφηκε για πρώτη φορά, απεικονίζει τη μεταβατική ζώνη μεταξύ του θεραπευμένου (διασυνδεδεμένου με CXL) πρόσθιου στρώματος και του μη διασυνδεδεμένου οπίσθιου στρώματος (Snibson, 2010).

3. Λοιμώδης κερατίτιδα.

Ο κερατοειδής είναι επιρρεπής σε μολύνσεις και έλκη, κυρίως κατά τη διάρκεια του σταδίου της επούλωσης του επιθηλίου. Σε κάθε περίπτωση λοίμωξης του κερατοειδούς, η επαφή με τον υπεύθυνο λοιμογόνο παράγοντα γίνεται μετεγχειρητικά παρά διεγχειρητικά, καθώς η CXL καταστρέφει όχι μόνο τα κερατοκύτταρα, αλλά και μικροοργανισμούς, όπως τα βακτήρια και τους μύκητες. Αυτός είναι εξ' άλλου και ο λόγος για τον οποίον η CXL, όπως ήδη αναφέρθηκε, εφαρμόζεται θεραπευτικά σε ανθεκτικές στην κλασική φαρμακευτική αγωγή λοιμώδεις κερατίτιδες. Καλό είναι πάντως οι υποψήφιοι για CXL να ελέγχονται σχολαστικά προεγχειρητικά για τυχόν λοιμώδεις φλεγμονές των βλεφάρων ή του επιπεφυκότα και να τους χορηγείται η κατάλληλη φαρμακευτική αγωγή προς αποφυγή δυσάρεστων επιπλοκών. Σε κάθε περίπτωση μετεγχειρητικής λοιμώδους κερατίτιδας οι ασθενείς πρέπει να θεραπεύονται με τη χορήγηση των κατάλληλων ενισχυμένων αντιβιοτικών κολλυρίων τοπικά ή και με συστηματική χορήγηση αντιβιοτικών, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

VII. Αποτελέσματα της CXL στον κερατόκωνο

Σταθερό εύρημα των μελετών οι οποίες αναφέρονται στην CXL είναι η αλλαγή στην καμπυλότητα του κερατοειδούς, η οποία καταγράφεται με την βιντεοκερατοσκόπηση. Αύξηση στην κερατοειδική καμπυλότητα είναι δείκτης επιδείνωσης, ενώ μείωσή της αποτελεί δείκτη επιτυχούς θεραπευτικού αποτελέσματος της CXL. Σύνηθες εύρημα επίσης μετά την εφαρμογή της CXL είναι η αναστολή της εξελικτικής πορείας του κερατόκωνου (Snibson, 2010).

Η επιπέδωση του κερατοειδούς με ή χωρίς μείωση του αστιγματισμού συνοδεύεται συνήθως από βελτίωση της οπτικής οξύτητας χωρίς διόρθωση. Πάντως, όχι σπάνια, παρατηρείται βελτίωση της οπτικής οξύτητας και χωρίς την ταυτόχρονη μεταβολή στις κερατομετρικές ενδείξεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις η βελτίωση της οπτικής οξύτητας αποδίδεται στη μείωση του ανώμαλου στοιχείου του αστιγματισμού. Οι εκτροπές υψηλής τάξης, ιδίως η κόμη, έχει αποδειχθεί από μελέτες ότι μειώνονται μετά την εφαρμογή της CXL και οφείλεται στη βελτίωση της συμμετρίας και της ομογένειας στην πρόσθια και πιθανόν και στην οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και τοπογραφικά (Snibson, 2010).

Το σκληρυντικό αποτέλεσμα της CXL θα έπρεπε λογικά να προκαλεί αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης (ΕΟΠ). Πράγματι στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται μία αύξηση της τάξης των 2 mm Hg στην ΕΟΠ, η οποία όμως δεν προκαλεί βλάβη στο οπτικό νεύρο, δεδομένου ότι οι υπέρτοννοι ασθενείς έχουν αποκλεισθεί εξ' αρχής από την θεραπεία με CXL (Snibson, 2010).

Οι Hersh, Greenstein & Fly. (2011) εκτίμησαν και κατέγραψαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής CXL θεραπευτικά στον κερατόκωνο και σε κερατοειδικές εκτασίες. Οι ασθενείς, οι οποίοι στη συνέχεια παρακολούθηθηκαν για ένα χρόνο, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: Στην ομάδα α ακολουθήθηκε το κλασικό πρωτόκολλο της CXL, ενώ στην ομάδα β χορηγήθηκε μόνο ριβοφλαβίνη, χωρίς να εκτεθεί στη συνέχεια ο κερατοειδής σε UVA. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της παρακολούθησης ήταν: η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση, η οπτική οξύτητα με διόρθωση, ο αστιγματισμός και οι τοπογραφικές μετρήσεις της μέσης και μέγιστης τιμής K. Οι ασθενείς που υπεβλήθησαν σε κλασική CXL παρουσίασαν βελτίωση σε όλους τους δείκτες. Οι τοπογραφικές μετρήσεις βελτιώθηκαν περισσότερο στους ασθενείς με κερατόκωνο και λιγότερο στους ασθενείς με εκτασία. Η οπτική οξύτητα με διόρθωση και η μέγιστη τιμή K άμεσα

μετεγχειρητικά παρουσίασαν επιδείνωση, ενώ κατά την επανεξέταση στον 1^ο, 3^ο και 6^ο έδειξαν βελτίωση. Τα αποτελέσματα από τον 6^ο μέχρι τον 12^ο μήνα διατηρήθηκαν σταθερά.

Στη συνέχεια η ομάδα των ασθενών που υποβλήθηκαν σε κλασική CXL συγκρίθηκε με δύο ομάδες ελέγχου: με την ομάδα ασθενών στους οποίους χορηγήθηκε μόνο ριβοφλαβίνη και με μία ομάδα οφθαλμών οι οποίοι δεν υπεβλήθησαν σε CXL. Σημειωτέον ότι οι οφθαλμοί της δεύτερης ομάδας ελέγχου ανήκαν σε ασθενείς οι οποίοι στον άλλο οφθαλμό είχαν υποβληθεί σε CXL. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης έδειξαν ότι μέσα στο πρώτο τρίμηνο οι αλλαγές στους δείκτες δεν διέφεραν σημαντικά ανάμεσα στους ασθενείς που υπεβλήθησαν σε κλασική CXL και σε αυτούς που πήραν μόνο ριβοφλαβίνη. Αντίθετα, οι οφθαλμοί που υπεβλήθησαν σε CXL παρουσίασαν σημαντική βελτίωση συγκριτικά με τους οφθαλμούς οι οποίοι δεν υπεβλήθησαν σε αγωγή. Οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι διακρίνεται σαφώς η αποτελεσματικότητα της CXL στη βελτίωση των δεικτών και στη σταθεροποίηση της εκτασίας για περίοδο παρακολούθησης ενός έτους.

Κερατοπλαστική ή μεταμόσχευση κερατοειδούς (Keratoplasty or corneal transplantation)

I. Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή

Η κερατοπλαστική ή μεταμόσχευση κερατοειδούς άρχισε να εφαρμόζεται στα τέλη του 19^{ου}, αρχές του 20^{ου} αιώνα. Σήμερα είναι η συχνότερα εκτελούμενη μεταμόσχευση ανθρώπινου ιστού παγκοσμίως. Στις ΗΠΑ εκτελούνται κάθε χρόνο περισσότερες από 40.000 μεταμοσχεύσεις κερατοειδούς (Yanoff et al., 2004). Παράλληλα, η αλματώδης εξέλιξη των χειρουργικών τεχνικών, αλλά και του τεχνολογικού εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για την εκτέλεση της κερατοπλαστικής και συγκεκριμένα των χειρουργικών μικροσκοπιών, των ραμμάτων, της τοπογραφίας και των μεθόδων διατήρησης των μοσχευμάτων έχει οδηγήσει στην ολοένα και μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των επιτυχημένων μεταμοσχεύσεων κερατοειδούς.

Με κριτήριο το πάχος του αφαιρούμενου ιστού διακρίνουμε δύο τύπους κερατοπλαστικής: την διαμπερή κερατοπλαστική (penetrating keratoplasty) και την μερικού πάχους κερατοπλαστική (lamellar keratoplasty). Και οι δύο μέθοδοι αποσκοπούν στην αποκατάσταση της ακεραιότητας του οφθαλμικού βολβού και στη

βελτίωση της οπτικής οξύτητας του ασθενούς. Η μερικού πάχους κερατοπλαστική είναι σε γενικές γραμμές λιγότερο δημοφιλής, αν και εξίσου ασφαλής, συγκρινόμενη με την διαμπερή κερατοπλαστική. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφ' ενός μεν στη δυσκολία την οποία παρουσιάζει η μερικού πάχους κερατοπλαστική στην εκμάθησή της, αφ' ετέρου δε στον εξαιρετικά μεγάλο βαθμό επιτυχίας ο οποίος γενικά χαρακτηρίζει την διαμπερή κερατοπλαστική.

Αμφότερες οι μέθοδοι μπορούν να διεξαχθούν υπό τοπική ή γενική αναισθησία. Η τοπική αναισθησία εφαρμόζεται σε ενήλικες και συνεργάσιμους ασθενείς, ενώ η γενική εφαρμόζεται σε βρέφη, παιδιά, εφήβους και σε ασθενείς οι οποίοι δεν είναι σε θέση, για οποιονδήποτε λόγο, να συνεργασθούν.

II. Διαμπερής κερατοπλαστική (Penetrating keratoplasty)

Ορισμός

Ως διαμπερής κερατοπλαστική ορίζεται η ολικού πάχους αντικατάσταση του πάσχοντος κερατοειδούς με ένα υγιές μόσχευμα. Εφαρμόζεται είτε για να εξασφαλίσει τεκτονική υποστήριξη, όπως στην περίπτωση λέπτυνσης και διάτρησης του κερατοειδούς, είτε για να βελτιώσει τα οπτικά αποτελέσματα, όπως στην περίπτωση θόλωσης του κερατοειδούς.

Ενδείξεις

1. Κερατόκωνος.
2. Ψευδοφακική ή αφακική φουσαλιδώδης κερατοειδοπάθεια.
3. Αποτυχία μοσχεύματος.
4. Ενδοθηλιακή δυστροφία του Fuchs.
5. Θόλωση του κερατοειδούς (οποιασδήποτε αιτιολογίας).
6. Χημικά εγκαύματα και έλκη κερατοειδούς.
7. Δυστροφίες και εκφυλίσεις κερατοειδούς.
8. Ερπητική κερατίτιδα.
9. Τραύμα κερατοειδούς.
10. Απόρριψη μοσχεύματος από προηγούμενη κερατοπλαστική.

Οι 4 πρώτες ενδείξεις συνοδεύονται από άριστα αποτελέσματα και αυξημένα ποσοστά επιτυχίας. Σε περιπτώσεις όμως ενεργούς ή υποτροπιάζουσας φλεγμονής, λοίμωξης, αγγείωσης ή απόρριψης μοσχεύματος από προηγούμενη μεταμόσχευση, η πιθανότητα απόρριψης του μοσχεύματος αυξάνει κατακόρυφα (Yanoff et al., 2004).

Επιλογή του λήπτη

Η διαμπερής κερατοπλαστική συνοδεύεται από αυξημένη μετεγχειρητική φροντίδα. Ως εκ τούτου είναι πολύ σημαντικό για την θετική έκβαση της επέμβασης να γίνεται προσεκτική προεγχειρητική εκτίμηση και ενημέρωση των ασθενών σχετικά με την επέμβαση, τις πιθανές επιπλοκές, τα αναμενόμενα οπτικά αποτελέσματα και κυρίως την εξαιρετικά μακρά περίοδο της μετεγχειρητικής φροντίδας. Ο λήπτης θα πρέπει να προετοιμασθεί από τον χειρουργό ότι η υγεία του μεταμοσχευμένου οφθαλμού του είναι κάτι που θα πρέπει να φροντίζει ιδιαίτερα σε όλη την υπόλοιπη ζωή του.

Επιλογή του δότη

Η ένωση τραπεζών οφθαλμών των ΗΠΑ έχει θεσπίσει τα ακόλουθα κριτήρια αποκλεισμού υποψηφίων δοτών κερατοειδούς (Yanoff et al., 2004).

- Θάνατος άγνωστης αιτιολογίας.
- Νοσήματα του ΚΝΣ, όπως: νόσος Creutzfeldt-Jacob (νόσος των τρελών αγελάδων), υποξεία σκληρωτική παρεγκεφαλίτιδα, σύνδρομο Keye's, ερυθρά, λύσσα, λοιμώδης εγκεφαλίτιδα.
- Λοιμώξεις, όπως: AIDS, ηπατίτιδα, σηψαιμία, σύφιλη και ενδοκαρδίτιδα.
- Οφθαλμικά νοσήματα, όπως: ρετινοβλάστωμα, κακοήθεις όγκοι προσθίου ημιμορίου, ενεργός οφθαλμική φλεγμονή (ραγοειδίτιδα, σκληρίτιδα, χοριοειδίτιδα, αμφιβληστροειδίτιδα).
- Προηγηθείσα οφθαλμολογική επέμβαση, αν και ψευδοφακικοί οφθαλμοί με φυσιολογικό αριθμό ενδοθηλιακών κυττάρων δεν αποκλείονται ως δότες.
- Συγγενείς ή επίκτητες ανωμαλίες του προσθίου ημιμορίου όπως κερατόκωνος και ενδοθηλιακή δυστροφία του Fuchs.
- Προηγηθείσα διαθλαστική επέμβαση (PRK, LASIK).

Πριν την επέμβαση πρέπει να γίνεται αιματολογικός έλεγχος, για εντοπισμό πιθανής ασυμβατότητας δότη-λήπτη και έλεγχος του μοσχεύματος στη σχισμοειδή λυχνία.

Χειρουργική τεχνική

Το πρωτόκολλο το οποίο ακολουθείται στην διαμπερή κερατοπλαστική είναι σε γενικές γραμμές το εξής (Yanoff et al., 2004).

1. Εξασφαλίζεται επαρκής υποτονία του οφθαλμικού βολβού. Επειδή κατά τη διάρκεια της διαμπερούς κερατοπλαστικής ο οφθαλμικός βολβός παραμένει

εντελώς ανοικτός (open sky), η διεγχειρητική υποτονία έχει πολύ μεγάλη σημασία. Η υποτονία εξασφαλίζεται με ενδοφλέβια χορήγηση μαννιτόλης προεγχειρητικά και μασάζ του προς μεταμόσχευση οφθαλμού, είτε δια χειρών του χειρουργού ή του βοηθού του, είτε μηχανικά (με μπαλόνη Honan). Σε περίπτωση μη εξασφάλισης επαρκούς υποτονίας ελλοχεύει ο κίνδυνος εξωθητικής χοριοειδικής αιμορραγίας.

2. Γίνεται ενστάλλαξη κολλυρίου Pilocarpine 2%, με σκοπό τη δημιουργία μύσης, η οποία προστατεύει τον κρυσταλλοειδή φακό από τους διεγχειρητικούς χειρισμούς.
3. Τοποθετούνται υποστηρικτικοί σκληρικοί δακτύλιοι με ράμματα Vicryl 6,0 τα οποία διεκβάλλονται στον σκληρό. Σκοπός των υποστηρικτικών δακτυλίων είναι η πρόληψη του οφθαλμικού collapsus. Σε κάθε περίπτωση, οι δακτύλιοι πρέπει να ράβονται συμμετρικά επάνω στον σκληρό προς αποφυγή δημιουργίας ανώμαλου αστιγματισμού.
4. Μετρούνται η οριζόντια και κάθετη διάμετρος του κερατοειδούς, προκειμένου να προσδιορισθούν οι διαστάσεις του μοσχεύματος. Η διάμετρος του μοσχεύματος στον κερατόκωνο πρέπει είναι κατά 0,25 mm μικρότερη της διαμέτρου του λήπτη. Σε κάθε άλλη περίπτωση πρέπει να είναι κατά 0,25 mm μεγαλύτερη, ενώ στην περίπτωση υπερμετροπίας του λήπτη πρέπει να είναι κατά 0,50 mm μεγαλύτερη.
5. Σημαδεύεται το κέντρο του κερατοειδούς του λήπτη, ενώ με τη βοήθεια ενός μαρκαδόρου ακτινωτής κερατοτομής εμποτισμένου σε μελάνι σημαδεύεται η περιφέρεια του κερατοειδούς του δότη.
6. Γίνεται παρακέντηση του πρόσθιου θαλάμου του λήπτη και έγχυση εντός αυτού ιξωδοελαστικού υλικού.
7. Με ειδικό τρυπάνι αφαιρείται ο κερατοειδής από τον οφθαλμό του δότη σε όλο του το πάχος (από επιθήλιο μέχρι ενδοθήλιο).
8. Με την ίδια τεχνική κόβεται και ο κερατοειδής του λήπτη. Προκειμένου να εξασφαλισθεί η ιδεώδης εφαρμογή μεταξύ ιστών δότη – λήπτη, συνιστάται η τρυπάνωση να γίνεται κάθετα προς την επιφάνεια του κερατοειδούς.
9. Τοποθετείται το μόσχευμα στον οφθαλμό του λήπτη και καθιλώνεται αρχικά με τέσσερα κύρια διακεκομμένα ράμματα (στην 6^η, 12^η, 3^η και 9^η ώρα), στη συνέχεια δε ανακατασκευάζεται ο πρόσθιος θάλαμος με έγχυση ιξωδοελαστικού υλικού. Τέλος τοποθετούνται και τα υπόλοιπα ράμματα, τα

οποία μπορεί να είναι διακεκομμένα ή συνεχή. Τα διακεκομμένα έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να αφαιρεθούν μετεγχειρητικά οποιαδήποτε χρονική στιγμή, προκειμένου να ελεγχθεί καλύτερα τυχόν μετεγχειρητικός αστιγματισμός ή για να αποτρέψουν την επέκταση τυχόν δημιουργηθείσας νεοαγγείωσης. Το συνεχές έχει το πλεονέκτημα της ταχύτερης τοποθέτησης, καλύτερης σύγκλισης της τομής και καλύτερης κατανομής της τάσης του ράμματος.

10. Πριν από την ολοκλήρωση της συρραφής αφαιρείται το ιξωδοελαστικό υλικό από τον πρόσθιο θάλαμο και αντικαθίσταται με BSS (Balanced Salt Solution), ενώ στο τέλος ελέγχεται η στεγανότητα της τομής.

Επιπλοκές και θεραπευτική αγωγή

Οι πιθανές επιπλοκές της διαμπερούς κερατοπλαστικής διακρίνονται σε διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές (Yanoff et al., 2004).

A. Διεγχειρητικές.

- Κακή επικέντρωση του μοσχεύματος.
- Αιμορραγία.
- Καταστροφή του μοσχεύματος.
- Ιατρογενείς βλάβες σε υποκείμενες δομές του λήπτη (ίριδα, κρυσταλλοειδή).
- Εξωθητική χοριοειδική αιμορραγία. Στην ατυχή αυτή περίπτωση πρέπει πάντοτε να υπάρχει στη διάθεση του χειρουργού πρόθεση Cobo για άμεση, ταχεία σφράγιση του βολβού, ενώ η κερατοπλαστική ολοκληρώνεται σε δεύτερο χρόνο. Η δυσάρεστη αυτή εξέλιξη εκδηλώνεται με αιφνίδια μείωση του βάθους του προσθίου θαλάμου, ορατή με το χειρουργικό μικροσκόπιο, και απώλεια της συνήθους ρόδινης ανταύγειας από τον βυθό του οφθαλμού.

B. Μετεγχειρητικές.

- Διαρροή υδατοειδούς υγρού, η οποία διαπιστώνεται από το μειωμένο βάθος του προσθίου θαλάμου κατά τον έλεγχο στη σχισμοειδή λυχνία την πρώτη μετεγχειρητική ημέρα. Σε περίπτωση που η διαρροή του υδατοειδούς υγρού είναι μικρή σε έκταση, αντιμετωπίζεται με κλασική πιεστική επίδεση ή εφαρμογή θεραπευτικού φακού επαφής. Αν όμως είναι σημαντική, γίνεται έλεγχος για πιθανή χαλάρωση ή ρήξη κάποιου ράμματος, η οποία και αποκαθίσταται άμεσα.

- Κορικός αποκλεισμός με πολύ αβαθή (σχισμοειδή) πρόσθιο θάλαμο και αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση, ο οποίος πρέπει να αντιμετωπισθεί άμεσα με τη κατάλληλη φαρμακευτική αγωγή (τοπικά μυδριατικά και κορτικοστεροειδή).
- Ενδοφθαλμίτιδα, η οποία αντιμετωπίζεται με καλλιέργεια και άμεση χορήγηση των κατάλληλων αντιβιοτικών. Σε πολύ σοβαρές λοιμώξεις που δεν ανταποκρίνονται άμεσα στη φαρμακευτική αγωγή εφαρμόζεται η λύση της υαλοειδεκτομής. Τα κυριότερα αίτια της ενδοφθαλμίτιδας είναι η μη σωστή τήρηση των κανόνων αντισηψίας διεγχειρητικά ή κάποια μετεγχειρητική λοίμωξη.
- Εμμένουσα επιθηλιακή βλάβη. Τυπικά μία βλάβη στο επιθήλιο μπορεί να διαρκέσει έως και επτά ημέρες μετά την επέμβαση. Τυχόν μεγαλύτερη διάρκειά της πιθανόν να οφείλεται σε ξηροφθαλμία, βλεφαρίτιδα, κερατοειδοπάθεια εξ' εκθέσεως ή σε συστηματική νόσο, όπως ο σακχαρώδης διαβήτης και η ρευματοειδής αρθρίτιδα. Η θεραπεία της απαιτεί συχνή τοπική εφαρμογή υποκατάστατων δακρύων και λιπαντικών αλοιφών.
- Πρωτοπαθής αποτυχία (ανεπάρκεια) του μοσχεύματος. Χαρακτηρίζεται από έντονο οίδημα του μοσχεύματος, χωρίς σημεία φλεγμονής από την πρώτη μετεγχειρητική ημέρα. Δύο είναι οι αιτίες της πρωτοπαθούς ανεπάρκειας του μοσχεύματος: η λανθασμένη επιλογή του μοσχεύματος προεγχειρητικά (μόσχευμα με μειωμένο αριθμό ενδοθηλιακών κυττάρων) και η ιατρογενής καταστροφή του ενδοθηλίου διεγχειρητικά. Αν το οίδημα δεν υποχωρήσει σε μερικές εβδομάδες, η μεταμόσχευση επαναλαμβάνεται εκ νέου.
- Προβλήματα σχετιζόμενα με τα ράμματα. Χαλαρά ή κομμένα ράμματα πρέπει να αφαιρούνται και αν χρειάζεται να τοποθετούνται εκ νέου, διότι υπάρχει κίνδυνος να οδηγήσουν σε δημιουργία νεοαγγείωσης ή αποστήματος.
- Απόρριψη μοσχεύματος. Είναι η συνηθέστερη αιτία αποτυχίας μιας κερατοπλαστικής. Τα συμπτώματά της είναι χαρακτηριστικά και περιλαμβάνουν: πόνο, φωτοφοβία, ερυθρότητα και μειωμένη οπτική οξύτητα. Χρήζει άμεσης αντιμετώπισης με τοπική ή, σε σοβαρές περιπτώσεις, συστηματική χορήγηση κορτικοστεροειδών.
- Μετεγχειρητικός αστιγματισμός. Ο προσεκτικός έλεγχος του μετεγχειρητικού αστιγματισμού έχει μεγάλη σημασία, προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή οπτική οξύτητα. Αρχίζοντας κατά κανόνα την 6^η με 8^η εβδομάδα μετά

την επέμβαση, προσδιορίζεται το ποσό του αστιγματισμού με τοπογραφία και αρχίζει η επιλεκτική αφαίρεση των διακεκομμένων ραμμάτων ή η τοποθέτηση ενός επιπλέον συνεχούς ράμματος με σκοπό να ελεγχθεί ο αστιγματισμός. Το συνεχές αυτό 10.0 nylon ράμμα μπορεί να τοποθετηθεί στη σχισμοειδή λυχνία μετά από ενστάλλαξη σταγόνων τοπικού αναισθητικού υπό μορφή κολλυρίου. Η πρόωμη αφαίρεση των ραμμάτων έχει συνήθως δραστικό αποτέλεσμα στον έλεγχο του μετεγχειρητικού αστιγματισμού, αρκεί να έχει επουλωθεί τελείως η τομή. Σε περίπτωση σημαντικού ποσού μετεγχειρητικού αστιγματισμού μπορεί να δοκιμασθεί και η λύση της εφαρμογής ειδικού τορικού φακού επαφής. Αν ο ασθενής δεν μπορεί να ανεχθεί τον φακό επαφής, ο αστιγματισμός διορθώνεται με αστιγματική κερατοτομή.

- Έλκος κερατοειδούς. Οφείλεται συνήθως σε απόστημα γύρω από ένα χαλαρό ράμμα ή σε εμμένουσα επιθηλιακή βλάβη, που δεν αντιμετωπίστηκαν κατάλληλα. Χρήζει αντιμετώπισης με χορήγηση τοπικών αντιβιοτικών κολλυρίων.

Αποτελέσματα διαμπερούς κερατοπλαστικής σε κερατόκωνο

Οι Lowe, Keane, Coster & Williams. (2011) εξέτασαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα του μοσχεύματος και τα οπτικά αποτελέσματα στην διαμπερή κερατοπλαστική σε άτομα ηλικίας μικρότερης των 20 ετών. Μελέτησαν συγκεκριμένα 14.865 περιπτώσεις διαμπερούς κερατοπλαστικής σε 11.929 ασθενείς. Από αυτές τις περιπτώσεις, οι 765 αφορούσαν 640 ασθενείς των οποίων η ηλικία κατά τη στιγμή της επέμβασης ήταν μικρότερη των 20 ετών. Οι δείκτες που εκτιμήθηκαν κατά την μελέτη ήταν η βιωσιμότητα του κερατοειδικού μοσχεύματος και η οπτική οξύτητα. Η εκτίμηση των δεικτών αυτών γινόταν, όπως ορίστηκε εξ' αρχής από τους ερευνητές, ανά 12μηνια διαστήματα, μέχρι να παρατηρηθεί απόρριψη του μοσχεύματος ή να εξαιρεθεί για οποιονδήποτε λόγο ο ασθενής από την μελέτη. Τα αποτελέσματα της μελέτης είχαν ως εξής:

Τα βρέφη (ηλικίας μικρότερης των 5 ετών) παρουσίασαν μικρότερη επιβίωση του μοσχεύματος συγκριτικά με τα παιδιά (ηλικίας 5-12 ετών). Οι έφηβοι (ηλικίας 13-19 ετών) παρουσίασαν γενικά τη μεγαλύτερη επιβίωση του μοσχεύματος. Το 86% των μεταμοσχεύσεων στους εφήβους αφορούσε περιπτώσεις κερατόκωνου. Οι παράγοντες οι οποίοι επηρέασαν σημαντικά την επιβίωση του κερατοειδικού μοσχεύματος σε παιδιατρικούς ασθενείς ήταν οι εξής: η ένδειξη για μεταμόσχευση (αρχική νόσος), η φλεγμονή του μοσχεύματος, η αγγείωση, το θετικό ιστορικό για

ενδοφθάλμια επέμβαση πριν ή μετά την μεταμόσχευση, τα επεισόδια απόρριψης του μοσχεύματος και το θετικό ιστορικό για διαθλαστική επέμβαση. Το συνολικό ποσοστό των παιδιατρικών μοσχευμάτων που απορρίφθηκαν ανήλθε στο 14%. Από τις απορρίψεις το 65% συνέβη μέσα στην πρώτη διαιτία, ενώ το 44% οφειλόταν ή σε μη αναστρέψιμη διαδικασία απόρριψης ή σε μη εξακριβωμένα αίτια.

Αναλύοντας τα παραπάνω αποτελέσματα οι ερευνητές κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα: Η μεταμόσχευση κερατοειδούς σε εφήβους με κερατόκωνο χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια επιβίωσης του μοσχεύματος. Τα βρέφη παρουσιάζουν φτωχά οπτικά αποτελέσματα και μικρή διάρκεια επιβίωσης του μοσχεύματος, ιδίως αυτά στα οποία η μεταμόσχευση έγινε επί εδάφους ανωμαλίας Peters'. Πάντως η βιωσιμότητα του μοσχεύματος και τα οπτικά αποτελέσματα ποικίλουν και εξαρτώνται περισσότερο από την αρχική νόσο που οδήγησε στη μεταμόσχευση παρά από την ηλικία του λήπτη. Η κύρια αιτία αποτυχίας της μεταμόσχευσης είναι η μη αναστρέψιμη απόρριψη. Τελικά η διαμπερής κερατοπλαστική βελτιώνει τη δίοφθαλμη όραση σε παιδιατρικούς ασθενείς.

III. Κερατοπλαστική μερικού πάχους (Lamellar keratoplasty)

Ορισμός

Στη μερικού πάχους κερατοπλαστική, όπως δηλώνει και ο όρος, μερικού πάχους κερατοειδικός ιστός του δότη χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει την δομική και οπτική ακεραιότητα του οφθαλμού του λήπτη. Διακρίνουμε δύο τύπους κερατοπλαστικής μερικού πάχους, την πρόσθια και την οπίσθια. Στην πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική στο μόσχευμα δεν περιλαμβάνεται ενδοθήλιο, κατά συνέπεια ο δότης μπορεί να είναι μεγαλύτερης ηλικίας, ενώ λόγω μη συμμετοχής του ενδοθηλίου αποφεύγεται σχεδόν τελείως η πιθανότητα απόρριψης του μοσχεύματος. Αντίθετα, στην οπίσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική ο σκοπός είναι να αντικατασταθεί το πάσχον ενδοθήλιο (Yanoff et al., 2004).

Ενδείξεις – επιλογή του λήπτη

Η πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική ενδείκνυται σε όλες τις παθολογικές καταστάσεις του πρόσθιου τμήματος του κερατοειδούς στις οποίες δεν προσβάλλεται το ενδοθήλιο (π.χ. κερατόκωνος). Αυτές οι παθολογικές καταστάσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: αυτές που απαιτούν τεκτονικό μόσχευμα για δομική υποστήριξη του κερατοειδούς ή για κοσμητικούς λόγους και αυτές που απαιτούν οπτικό μόσχευμα για αποκατάσταση της οπτικής λειτουργίας.

Ο συνηθέστερος τύπος πρόσθιας μερικού πάχους κερατοπλαστικής είναι αυτός του τεκτονικού μοσχεύματος. Χρησιμοποιείται για να ενισχύσει περιοχές του κερατοειδούς που έχουν αδυνατίσει, όπως στον κερατόκωνο, για να προλάβει την εξέλκωση και τη διάτρηση ή για να αποκαταστήσει την ακεραιότητα της οφθαλμικής επιφάνειας.

Τα οπτικά μοσχεύματα χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν τον πρόσθιο κερατοειδή, προκειμένου να βελτιώσουν την οπτική του λειτουργία. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία τους είναι η ακεραιότητα του οπίσθιου στρώματος του λήπτη. Σήμερα η πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική με οπτικό μόσχευμα σπάνια χρησιμοποιείται, καθώς υπάρχουν στη διάθεση των χειρουργών πιο απλές τεχνικές που αποφέρουν άριστα αποτελέσματα, όπως η φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή και η διαμπερής κερατοπλαστική.

Η οπίσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική ενδείκνυται σε όλες τις παθολογικές καταστάσεις στις οποίες νοσεί το ενδοθήλιο, ενώ η πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια παραμένει ακέραια. Εφ' όσον η οπίσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική διεξαχθεί με επιτυχία, το τελικό διαθλαστικό σφάλμα και ο μετεγχειρητικός αστιγματισμός είναι αμελητέα λόγω μη αντικατάστασης της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας.

Σε κάθε περίπτωση, πριν την τελική επιλογή της κερατοπλαστικής μερικού πάχους, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη όλες οι υπόλοιπες διαθέσιμες τεχνικές και να ενημερωθεί ο ασθενής σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε επιλογής.

Τα πλεονεκτήματα της πρόσθιας μερικού πάχους κερατοπλαστικής είναι τα εξής:

- Δεν ενέχει καθόλου κίνδυνο απόρριψης του ενδοθηλίου.
- Είναι εξωβολβική επέμβαση.
- Ενέχει μικρότερο κίνδυνο ενδοφθαλμίτιδας.
- Ο χρόνος επώλωσης της τομής είναι μικρότερος από αυτόν της διαμπερούς κερατοπλαστικής.

Τα μειονεκτήματα της πρόσθιας μερικού πάχους κερατοπλαστικής είναι τα εξής:

- Τεχνική δυσκολία της επέμβασης.

- Αυξημένη πιθανότητα θόλωσης και νεοαγγείωσης στο σημείο επαφής δότη – λήπτη.

Το μοναδικό πλεονέκτημα της οπίσθιας μερικού πάχους κερατοπλαστικής είναι η διατήρηση του πρόσθιου κερατοειδούς και συνεκδοχικά η διατήρηση του διαθλαστικού χαρακτήρα του κερατοειδούς.

Τα μειονεκτήματα της οπίσθιας μερικού πάχους κερατοπλαστικής είναι τα εξής:

- Αυξημένη χειρουργική δυσκολία στη δημιουργία του μοσχεύματος.
- Αυξημένος κίνδυνος γενικά λόγω του ενδοβολβικού χαρακτήρα της.

Επιλογή του δότη

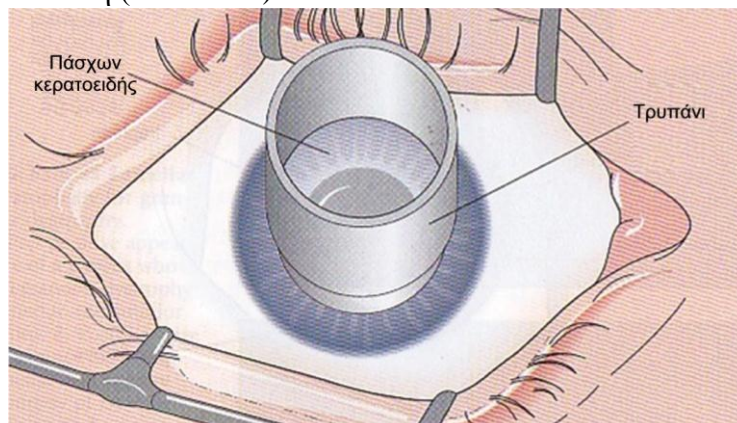
Σε γενικές γραμμές τα κριτήρια επιλογής μοσχεύματος στην πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική δεν είναι τόσο αυστηρά, όσο στη διαμπερή κερατοπλαστική, διότι δεν χρησιμοποιείται καθόλου ενδοθήλιο του δότη. Ο ιστός που μετέχει στο μόσχευμα είναι μόνο στρώμα, γι' αυτό δεν χρειάζεται να είναι τόσο πρόσφατος, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και μετά πάροδο επτά ημερών από τον θάνατο του δότη.

Αντίθετα, στην οπίσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική τα κριτήρια επιλογής του μοσχεύματος είναι εξ' ίσου αυστηρά με αυτά της διαμπερούς κερατοπλαστικής, διότι μεταμοσχεύεται και το ενδοθήλιο του δότη.

Χειρουργικές τεχνικές

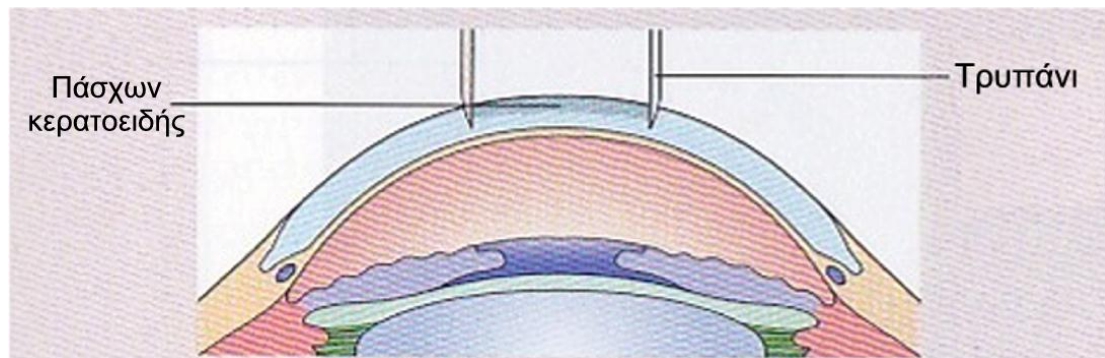
Το πρωτόκολλο το οποίο ακολουθείται στην **πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική** είναι σε γενικές γραμμές το εξής (Yanoff et al., 2004):

1. Σταθεροποιείται ο βολβός με δύο καθηλωτικά ράμματα, τα οποία διεκβάλονται κάτω από τους κάθετους ορθούς μύες.
2. Με ένα ειδικό τρυπάνι προσημειώνεται περιφερικά η έκταση που χρειάζεται κερατοπλαστική (Εικόνα 25).



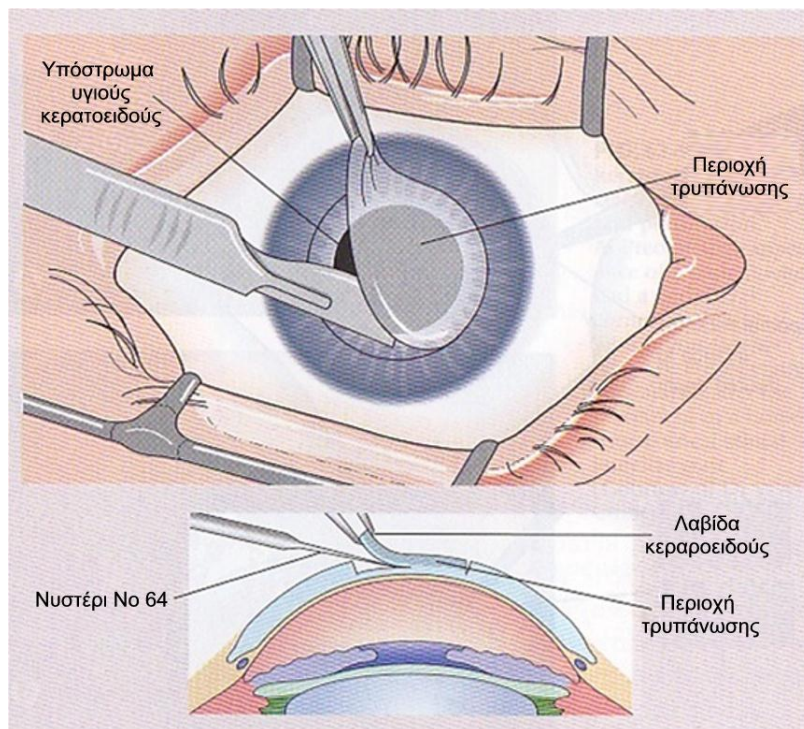
Εικόνα 25: Προσημείωση του πάσχοντος ιστού κατά την κερατοπλαστική μερικού πάχους

3. Με το ίδιο τρυπάνι εκτελείται η τομή στον πρόσθιο κερατοειδή μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό πάχος (Εικόνα 26).



Εικόνα 26: Τρυπάνωση κατά την κερατοπλαστική μερικού πάχους

4. Με νυστέρι ή μικροκερατόμο επεκτείνεται και ολοκληρώνεται η τομή καθ' όλο το μήκος του κερατοειδικού ιστού του λήπτη και αφαιρείται ο ιστός (Εικόνα 27). Σκοπός της εκτομής του ιστού είναι να δημιουργηθεί ένα λείο υπόστρωμα επάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί το μόσχευμα του δότη.



Εικόνα 27: Εκτομή με νυστέρι του πάσχωτος κερατοειδούς του λήπτη κατά την κερατοπλαστική μερικού πάχους

Προκειμένου να επιτευχθεί η τέλεια παράθεση (ταίριασμα) μεταξύ μόνιμου και υποστρώματος, στο χείλος του κερατοειδούς του λήπτη δημιουργείται μία αύλακα με ειδικό νυστέρι Raufique. Αν κατά το βήμα αυτό προκληθεί διάτρηση του κερατοειδούς του λήπτη, η εγχείρηση μετατρέπεται σε διαμπερή κερατοπλαστική.

5. Στη συνέχεια το μόσχευμα τοποθετείται στη θέση του και ράβεται με διακεκομμένα ράμματα 10,0 nylon. Προκειμένου να εξασφαλισθεί τέλεια στεγανότητα και επαφή στο σημείο της τομής, τα ράμματα πρέπει να φθάνουν περίπου στο 90% του βάθους του στρώματος.

Στην **οπίσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική** μπορούν να ακολουθηθούν δύο πρωτόκολλα: με μικροκερατόμο και με δημιουργία θήκης.

A. Με μικροκερατόμο.

1. Δημιουργείται στον πρόσθιο κερατοειδή ένας κρημνός παρόμοιος με αυτόν που δημιουργείται στην LASIK.
2. Εκτελείται τρυπάνωση του οπισθίου στρώματος, αφαίρεση του ιστού και αντικατάστασή του με το μόσχευμα.
3. Επανατοποθετείται ο κρημνός στη θέση του και ακολουθεί συρραφή με διακεκομμένα ράμματα 10,0 ή 11,0 nylon.

B. Με δημιουργία θήκης.

1. Μέσω σκληρικής τομής δημιουργείται αρχικά μία θήκη στο εν τω βάθει στρώμα.
2. Με ειδικό επίπεδο τρυπάνι αφαιρείται ένας δίσκος ιστού από το οπίσθιο στρώμα του λήπτη.
3. Συλλέγεται ο ιστός του δότη, του οποίου το σχήμα ποικίλει, ενώ το μέγεθος είναι κατά 0,25 -0,50 mm μεγαλύτερο από τον δίσκο ιστού ο οποίος αφαιρέθηκε από τον λήπτη.
4. Το μόσχευμα τοποθετείται στο ειδικά διαμορφωμένο υπόστρωμα μέσα στον κερατοειδή του λήπτη, ενώ δεν χρειάζεται συρραφή.

Επιπλοκές και θεραπευτική αγωγή

Γενικά η μερικού πάχους κερατοπλαστική συνοδεύεται από λιγότερες επιπλοκές συγκριτικά με την διαμπερή κερατοπλαστική. Πιθανές αναφερόμενες επιπλοκές είναι οι εξής (Yanoff et al., 2004):

- Διάτρηση του κερατοειδούς του λήπτη.

- Θόλωση και νεοαγγείωση στο σημείο επαφής μεταξύ του μοσχεύματος και του υποστρώματος.
- Εμμένουσα επιθηλιακή βλάβη.
- Φλεγμονώδης νέκρωση του μοσχεύματος.
- Εξέλκωση του μοσχεύματος.
- Μετεγχειρητικός αστιγματισμός.
- Απόρριψη του μοσχεύματος.

Η πιθανότητα να συμβεί κάποια από τις παραπάνω επιπλοκές μειώνεται σημαντικά, αν πριν την τοποθέτηση του μοσχεύματος προηγηθεί επιμελής καθαρισμός (πλύσιμο) του υποστρώματος. Όσον αφορά την απόρριψη του μοσχεύματος, συμβαίνει πολύ σπάνια στην πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική, διότι δεν μεταμοσχεύεται ενδοθήλιο. Αντίθετα τα ποσοστά απόρριψης του μοσχεύματος στην οπίσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική αγγίζουν τα αντίστοιχα ποσοστά της διαμπερούς κερατοπλαστικής.

IV. Πρόσθια εν τω βάθει μερικού πάχους κερατοπλαστική (Deep Anterior Lamellar Keratoplasty, DALK)

Ορισμός

Πρόκειται για μία τεχνικά εξελιγμένη παραλλαγή της πρόσθιας μερικού πάχους κερατοπλαστικής. Σε κατάλληλα επιλεγμένα περιστατικά επιτρέπει την αφαίρεση του αποδιοργανωμένου στρώματος με διατήρηση του ενδοθηλίου του λήπτη. Με τον νέα αυτή εξωβολβική τεχνική απαλείφεται ο κίνδυνος ανοσολογικής απόρριψης του μοσχεύματος, ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις στον αριθμό των ενδοθηλιακών κυττάρων και αποτρέπονται οι πιθανές ενδοφθάλμιες επιπλοκές της διαμπερούς κερατοπλαστικής (Kumar & Rootman, 2010).

Χειρουργικές τεχνικές

Διακρίνονται δύο τεχνικές:

- ★ Η πρόσθια DALK ή απλώς DALK, στην οποία δεν θίγεται η μεμβράνη του Descemet. Η συγκεκριμένη τεχνική δεν αφορά το πλήρες, αλλά μερικό πάχος του στρώματος, γι' αυτό και έχει αυξημένες πιθανότητες να καταλήξει σε θόλωση στο σημείο επαφής μοσχεύματος – υποστρώματος.
- ★ Η μέγιστη DALK ή MDALK (Maximum DAKL), η οποία αφορά το στρώμα σε όλο του το βάθος μέχρι πολύ κοντά στη μεμβράνη του Descemet.

Σε αμφότερες τις τεχνικές προκειμένου να προετοιμαστεί το στρώμα για εκτομή, γίνεται ένεση αέρα, υγρού, ιξωδοελαστικού υλικού, ή συνδυασμού αυτών. Η εκτομή του στρώματος, προκειμένου να δημιουργηθεί το κατάλληλο υπόστρωμα που θα δεχτεί το μόσχευμα, γίνεται με νυστέρι, με μικροκερατόμο ή με φωτοδιασπαστικό laser (femtosecond laser). Στα υπόλοιπα βήματά της η συγκεκριμένη τεχνική δεν διαφέρει από την κλασική πρόσθια μερικού πάχους κερατοπλαστική, όπως αυτή περιγράφηκε.

Επιπλοκές και θεραπευτική αγωγή

Η DALK συνοδεύεται γενικά από λιγότερες επιπλοκές συγκριτικά με την διαμερή κερατοπλαστική. Κατά κανόνα, στις εν τω βάθει τεχνικές, η επούλωση γίνεται ταχύτερα. Στη DALK η επούλωση της τομής επισπεύδεται και από τη μειωμένη χορήγηση κορτικοστεροειδών. Ως εκ τούτου τα ράμματα μπορούν να αφαιρεθούν νωρίτερα από την διαμερή κερατοπλαστική (στο εξάμηνο). Πάντως τόσο στη DALK όσο και στην MDALK, αν δεν έχει επέλθει πλήρης επούλωση πριν την αφαίρεση των ραμμάτων, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος συρρίκνωσης στο σημείο επαφής λήπτη – μοσχεύματος με αποτέλεσμα τη δημιουργία υψηλού μετεγχειρητικού αστιγματισμού. Σε γενικές γραμμές, η DALK είναι μία χρονοβόρα διαδικασία με πολλές τεχνικές προκλήσεις και αυξημένη δυσκολία εκμάθησης.

A. Διεγχειρητικές.

1. Διάτρηση της μεμβράνης του Descemet σε ποσοστά 10%-30%, που εξαρτάται από την ηλικία του ασθενούς και την αρχική πάθηση. Στους ασθενείς με κερατόκωνο παρατηρείται αυξημένη τάση ρήξης της μεμβράνης του Descemet. Οι μικροοπές θεραπεύονται με ένεση αέρα στον πρόσθιο θάλαμο, ο οποίος τις επιπωματίζει. Σε μεγάλες οπές η ασφαλέστερη λύση είναι η μετατροπή της επέμβασης σε διαμερή κερατοπλαστική.
2. Δημιουργία προσθίου ψευδοθαλάμου σε περίπτωση κρυφών ρήξεων της μεμβράνης του Descemet ή εγκλωβισμού ιξωδοελαστικού υλικού. Όταν αυτοί οι ψευδοθάλαμοι έχουν μικρό βάθος, απορροφώνται αυτόματα. Σε περίπτωση όμως που έχουν μεγάλο βάθος, χρειάζεται επέμβαση με ένεση αέρα ή αερίου SF₆ (εξαφθοριούχο θείο) διαλυμένου σε αέρα. Σε ασθενείς με κερατόκωνο η ένεση αερίου μπορεί να καταλήξει στη δημιουργία συνδρόμου Urrets – Zavalía (σταθερή μυδρίαση) στον πρόσθιο θάλαμο.

B. Μετεγχειρητικές.

1. Πτύχωση της μεμβράνης του Descemet, η οποία υποχωρεί αυτόματα με την τάση που ασκούν τα ράμματα.
2. Θόλωση στο σημείο επαφής δότη – λήπτη, η οποία μπορεί να συμβεί σε πολύ βαθιές τομές και περιορίζει τα οπτικά αποτελέσματα.
3. Πιθανή, ανοσολογικής αιτιολογίας, απόρριψη του στρώματος, η οποία εκδηλώνεται με θόλωση, οίδημα, περικεράτια ένεση και φλεγμονή του προσθίου θαλάμου σε βαθμό μικρότερο από αυτόν της απόρριψης του ενδοθηλίου στην διαμπερή κερατοπλαστική. Χρήζει άμεσης αντιμετώπισης με χορήγηση ανοσοκατασταλτικών φαρμάκων, ενώ αφήνει σημαντικού βαθμού θόλωση του στρώματος.

Αποτελέσματα πρόσθιας εν τω βάθει μερικού πάχους κερατοπλαστικής σε κερατόκωνο

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα αποτελέσματα της DALK είναι εφάμιλλα αυτών της διαμπερούς κερατοπλαστικής. Όσο βελτιώνονται οι τεχνικές, τόσο βελτιώνονται και τα αποτελέσματα της DALK και της MDALK, οι οποίες μπορούν να αντικαταστήσουν την διαμπερή κερατοπλαστική ως θεραπεία επιλογής σε ασθενείς με κερατόκωνο. Επίσης σε περιπτώσεις πτωχών διαθλαστικών αποτελεσμάτων ή επιπλοκών μετά από εμφύτευση ICRS, η DALK μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία ασφαλής εναλλακτική τεχνική αντί της διαμπερούς κερατοπλαστικής (Kumar et al., 2009).

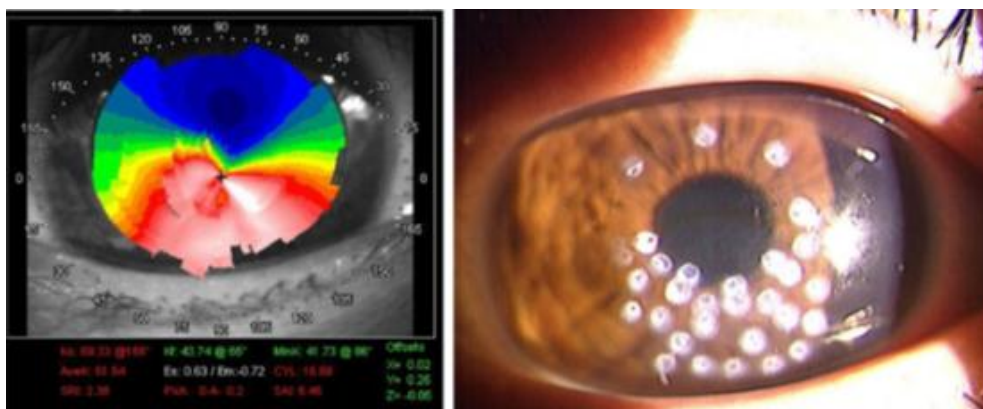
V. Κερατοπλαστική υποβοηθούμενη από femtosecond laser

Το femtosecond laser είναι μία σχετικά νέα τεχνική, η οποία έφερε επανάσταση στον τομέα της διαθλαστικής χειρουργικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στην διαμπερή και στην μερικού πάχους κερατοπλαστική, στη δημιουργία καναλιού για την εμφύτευση ICRS και στην εκτέλεση αστιγματικών κερατοτομών για διόρθωση υψηλού αστιγματισμού μετά από κερατοπλαστική. Με το femtosecond laser ο ιστός εξαχνώνεται με φωτοδιάσπαση σε προγραμματισμένο βάθος, ενώ η δημιουργούμενη φλεγμονή και η θερμική βλάβη τόσο στον κερατοειδή, όσο και στους υποκείμενους ιστούς είναι ελάχιστη. Το μοναδικό μειονέκτημα του femtosecond laser είναι το αυξημένο κόστος προμήθειας του εξοπλισμού που έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι διαθέσιμο σε όλα τα κέντρα μεταμόσχευσης κερατοειδούς.

VI. Κερατοπλαστική αγωγιμότητας (Conductive Keratoplasty, CK)

Η κερατοπλαστική αγωγιμότητας (conductive keratoplasty, CK) είναι μία σχετικά νέα μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες για την επαναδιαμόρφωση της επιφάνειας του κερατοειδούς (Kato, Toda, Kawakita, Sakai & Tsubota, 2010). Η αποτελεσματικότητά της αποδίδεται στις ιδιότητες ηλεκτρικής αγωγιμότητας που χαρακτηρίζουν το στρώμα του κερατοειδούς. Η ενέργεια υψηλής συχνότητας κατανέμεται στον κερατοειδή μέσω μίας λεπτής κεφαλής, η οποία διεισδύει στο 90% του πάχους του στρώματος. Η αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται μέσω του κερατοειδούς δημιουργεί θερμότητα, η οποία καταλήγει τελικά στη δημιουργία ομοιογενούς θερμικού αποτυπώματος με ελεγχόμενη συρρίκνωση των παρακείμενων ινών του κολλαγόνου. Για τη διόρθωση της υπερμετρωπίας ή της πρεσβυωπίας, οι θερμικές κηλίδες δημιουργούνται στη μέση περιφέρεια του κερατοειδούς προκαλώντας με αυτό τον τρόπο «περίσφιξη», η οποία αυξάνει την καμπυλότητα στο κέντρο του κερατοειδούς και προκαλεί μυωπία, η οποία εξουδετερώνει το υπερμετρωπικό στοιχείο.

Οι Kato et al. (2010) παρουσίασαν πρόσφατα μία ενδιαφέρουσα τροποποιημένη μορφή CK, η οποία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια τοπογραφίας. Οι συγγραφείς ονόμασαν την μέθοδο που εφάρμοσαν τοπογραφικά καθοδηγούμενη κερατοπλαστική αγωγιμότητας (topography – guided conductive keratoplasty, TGCK). Κατά την εφαρμογή της TGCK η άκρη της κεφαλής του διανομέα ενέργειας τοποθετείται πλησιέστερα προς το κορικό πεδίο (3-5 mm). Ο τρόπος δημιουργίας των θερμικών κηλίδων (αποτυπωμάτων) τροποποιούνταν σύμφωνα με την προεγχειρητική και την διεγχειρητική συμπεριφορά της τοπογραφίας του κερατοειδούς (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Τοπογραφικά καθοδηγούμενη κερατοπλαστική αγωγιμότητας σε κερατόκωνο σύμφωνα με την προεγχειρητική τοπογραφία του κερατοειδούς

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα θερμικά αποτυπώματα είχαν ομόκεντρη διάταξη στις κατώτερες ώρες του κερατοειδούς, όπου και εντοπίζεται συνηθέστερα ο κώνος. Αποτέλεσμα αυτών των αποτυπωμάτων ήταν η μείωση της καμπυλότητας και η τροποποίηση του σχήματος του κερατοειδούς ανάλογα με την περίπτωση.

Η TGCK εφαρμόστηκε σε 21 οφθαλμούς με προχωρημένο κερατόκωνο. Οι δείκτες που εκτιμήθηκαν ήταν: η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση, η καλύτερη δυνατή οπτική οξύτητα με γυαλιά, η διαθλαστική κατάσταση των οφθαλμών, η ενδοφθάλμια πίεση, αριθμός των ενδοθηλιακών κυττάρων και οι πιθανές επιπλοκές. Ο διεγχειρητικός έλεγχος του κερατοειδικού αστιγματισμού έγινε με τη βοήθεια χειρουργικού κερατόμετρου. Η μετεγχειρητική εκτίμηση των δεικτών που προαναφέρθηκαν έγινε κατά την 1^η ημέρα, την 1^η εβδομάδα και στη συνέχεια τον 1^ο, 3^ο, 6^ο και 12^ο μήνα. Τα αποτελέσματα είχαν ως εξής:

Η οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση βελτιώθηκε στο 60%-70% των περιπτώσεων.

Η καλύτερη οπτική οξύτητα με γυαλιά βελτιώθηκε στο 50%-70% των περιπτώσεων.

Η διαθλαστική κατάσταση και οι κερατομετρικές ενδείξεις κατά την 1^η μετεγχειρητική εβδομάδα και τον 1^ο μετεγχειρητικό μήνα ήταν σημαντικά βελτιωμένες συγκριτικά με τις αντίστοιχες προεγχειρητικές.

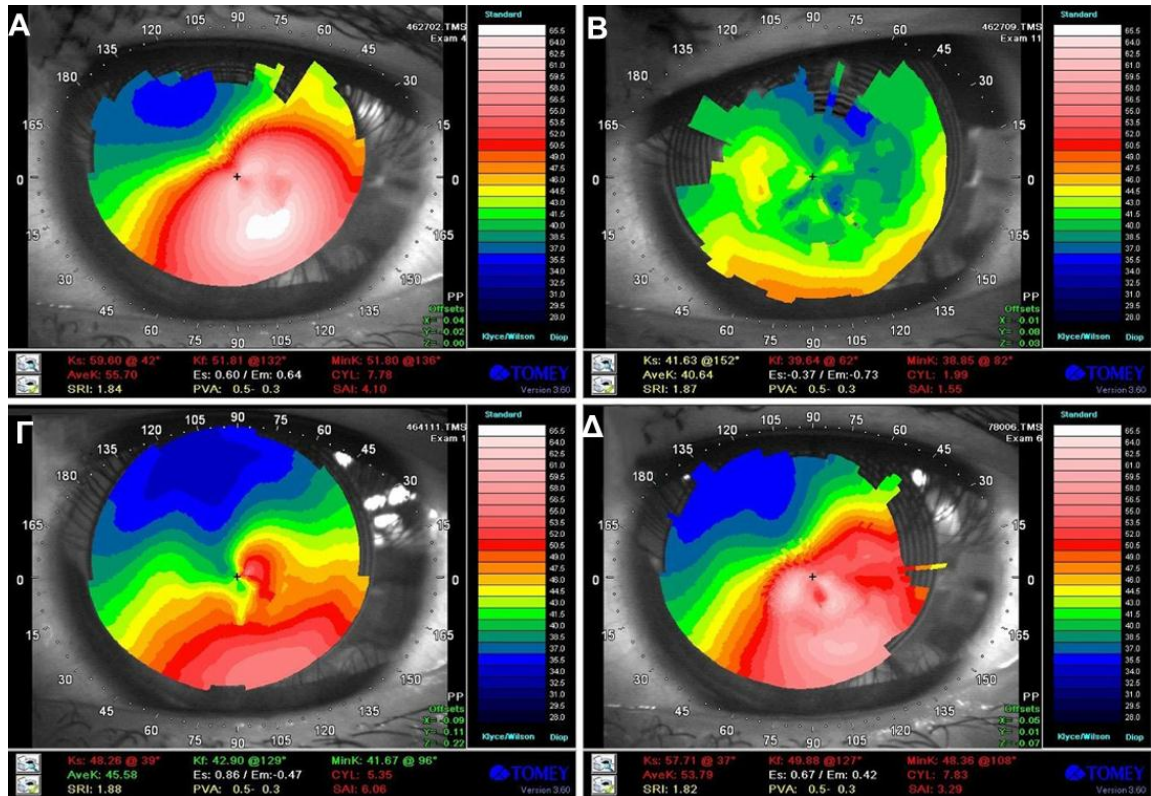
Ο αριθμός των ενδοθηλιακών κυττάρων μετρήθηκε μόνο σε 12 οφθαλμούς προεγχειρητικά και σε 6 οφθαλμούς κατά τον 1^ο μετεγχειρητικό μήνα και αυτό λόγω ανώμαλης κερατοειδικής αντανάκλασης ή θόλωσης του κερατοειδούς. Πάντως κατά την σύγκριση μεταξύ των μετρήσεων δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά.

Η ενδοφθάλμια πίεση δεν μετρήθηκε σωστά σε όλα τα περιστατικά εξ' αιτίας της ανωμαλίας του κερατοειδούς.

Τέλος δεν παρατηρήθηκαν σοβαρές μη αναστρέψιμες επιπλοκές, όπως διάτρηση του κερατοειδούς ή μικροβιακή λοίμωξη.

Οι Kato et al. (2010) παρατήρησαν ότι, μολονότι οι τοπογραφικές ενδείξεις και η οπτική οξύτητα με ή χωρίς διόρθωση επέστρεψαν στην προεγχειρητική τους κατάσταση αμέσως μετά τον 1^ο μετεγχειρητικό μήνα, τελικά σε 12 από τους 21 οφθαλμούς βελτιώθηκε η ανοχή στους φακούς επαφής (Εικόνα 29). Το γεγονός αυτό βοήθησε τους ασθενείς να φέρουν σε πέρας με μεγαλύτερη άνεση τις καθημερινές τους δραστηριότητες. Συνολικά 5 από τους ασθενείς δεν έμειναν ικανοποιημένοι από το τελικό αποτέλεσμα και προχώρησαν ή πρόκειται να προχωρήσουν σε διαμερή

κερατοπλαστική. Συμπερασματικά η TGCK μπορεί να έχει θετικό αποτέλεσμα στην εξομάλυνση της κερατοειδικής επιφάνειας οφθαλμών με προχωρημένο κερατόκωνο, χωρίς σοβαρές επιπλοκές, και είναι πιθανό να συμβάλλει στην αποφυγή ή την αναβολή της διαμπερούς κερατοπλαστικής.



Εικόνα 29: Υποστροφή κερατόκωνου μετά από τοπογραφικά καθοδηγούμενη κερατοπλαστική αγωγιμότητας.
 (Α) Τυπική κατώτερη πρόπτωση κερατοειδούς σε κερατόκωνο.
 (Β) Εντυπωσιακή βελτίωση της τοπογραφικής εικόνας στον ίδιο κερατοειδή την 1^η μετεγχειρητική ημέρα.
 (Γ) Υποτροπή της πρόπτωσης του κερατοειδούς 1 μήνα μετά την επέμβαση.
 (Δ) Επιστροφή στην προεγχειρητική εικόνα 3 μήνες μετά την επέμβαση.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο Κερατόκωνος είναι η πιο συχνή πρωτοπαθής εκτασία του κερατοειδούς. Όπως φανερώνει το όνομά του, κύριο χαρακτηριστικό του κερατόκωνου είναι η αλλαγή του σχήματος της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας, η οποία από σφαιρική γίνεται κωνική. Ο κύριος ρόλος του κερατοειδούς είναι διαθλαστικός, ευθύνεται δηλαδή σε μεγάλο ποσοστό για την ποιότητα της εικόνας που σχηματίζεται επάνω στον αμφιβληστροειδή. Η αλλαγή του σχήματος της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς στον κερατόκωνο καταλήγει τελικά σε τροποποίηση της διαθλαστικής του κατάστασης, με κύρια χαρακτηριστικά την μυωπία και τον ανώμαλο αστιγματισμό. Η συχνή αλλαγή της διάθλασης του ασθενή, λόγω αύξησης του αστιγματισμού, είναι ο κυριότερος λόγος που τον οδηγεί στον οπτικό – οπτομέτρη.

Η τυπική ηλικία εμφάνισης του κερατόκωνου είναι η εφηβική-νεανική (12-25 ετών), ενώ εξελίσσεται μέχρι την τρίτη ή τέταρτη δεκαετία της ζωής, οπότε και σταθεροποιείται συνήθως. Τα άτομα δηλαδή που προσβάλλονται από κερατόκωνο βρίσκονται κυρίως στην εφηβεία ή στην νεανική ηλικία και η μείωση της οπτικής τους ικανότητας μπορεί να αποτελέσει τροχοπέδη στις μαθησιακές ή επαγγελματικές τους δραστηριότητες. Η συχνότητα εμφάνισης του κερατόκωνου στο γενικό πληθυσμό κυμαίνεται από 50 έως 230 ανά 100.000, ανάλογα με τις κλινικές μορφές και τα διαγνωστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται.

Η διάγνωση του κερατόκωνου, καθώς και η διαφορική του διάγνωση παρουσιάζουν συχνά αυξημένη δυσκολία. Η ανίχνευση των παραμορφώσεων της κερατοειδικής επιφάνειας γίνεται με τις συσκευές τοπογραφίας. Καθώς η χρήση νέων τεχνικών στην τοπογραφία του κερατοειδούς γίνεται ευρύτερη, η συχνότητα της εμφάνισης του κερατόκωνου γίνεται όλο και μεγαλύτερη και συγκεκριμένα, ενώ πριν την χρήση της τοπογραφίας κερατοειδούς η συχνότητα των ετερόπλευρων περιπτώσεων ανερχόταν στο 14,3%, σήμερα είναι συνήθως αμφοτερόπλευρος (95% περιπτώσεων). Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επεκταθεί και στον τομέα της τοπογραφίας του κερατοειδούς και έχει συμβάλει τα μέγιστα στην πρόωμη διάγνωση και την έγκαιρη αντιμετώπιση του κερατόκωνου.

Η πρόωμη διάγνωση έχει καθοριστική σημασία στην επιλογή του κατάλληλου τρόπου θεραπείας του κερατόκωνου, η οποία με τη σειρά της θα συμβάλει στην ανακοπή της εξέλιξής του και στην έγκαιρη αποκατάσταση της οπτικής λειτουργίας. Η έγκαιρη αποκατάσταση της ακεραιότητας της οπτικής λειτουργίας, ειδικά σε ένα

νέο άνθρωπο, έχει τεράστια σημασία τόσο για τον ίδιο, όσο και για την κοινωνία. Το κόστος θεραπείας ενός προχωρημένου κερατόκωνου είναι πολλαπλά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος στην αρχόμενη μορφή του. Αλλά και τα αποτελέσματα στην έγκαιρη αντιμετώπιση είναι πολύ καλύτερα. Ως εκ τούτου η πρόωπη διάγνωση του κερατόκωνου θα βοηθήσει στην έγκαιρη θεραπεία, η οποία με τη σειρά της θα σταματήσει την εξέλιξη του και τις αρνητικές του επιπτώσεις στην οπτική λειτουργία του ασθενούς.

Ο οπτικός – οπτομέτρης κατά τη διάρκεια της επαγγελματικής του σταδιοδρομίας καλείται συχνά να αντιμετωπίσει περιπτώσεις ασθενών με διαταραχές της οπτικής οξύτητας που οφείλονται σε αστιγματισμό. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό γι' αυτόν να διαθέτει τόσο τις γνώσεις, όσο και τον εξοπλισμό που θα τον βοηθήσουν να διαγνώσει κάθε ύποπτο περιστατικό κερατόκωνου.

Οι γνώσεις σχετικά με τον κερατόκωνο που απέκτησε ο οπτικός – οπτομέτρης κατά τη διάρκεια της βασικής του εκπαίδευσης θα πρέπει να εμπλουτίζονται συνεχώς. Επομένως ο σύγχρονος οπτικός-οπτομέτρης οφείλει να ενημερώνεται συνεχώς και οι πλέον ενδεδειγμένοι τρόποι προς αυτή την κατεύθυνση είναι τρεις:

1. Αναζήτηση σε τακτά χρονικά διαστήματα δημοσιεύσεων σε έγκριτα περιοδικά αναρτημένα στο διαδίκτυο. Κατά την αναζήτηση στο διαδικτυακό χώρο ο οπτικός – οπτομέτρης θα πρέπει να εστιάζει κυρίως σε πρόσφατες δημοσιεύσεις, ώστε να ενημερώνεται σχετικά με τις νεώτερες εξελίξεις επάνω στη διάγνωση και τη θεραπεία του κερατόκωνου.
2. Παρακολούθηση σεμιναρίων σχετικών με το θέμα τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό. Λεπτομέρειες σχετικά με το χρόνο, τον τόπο διεξαγωγής των σεμιναρίων, αλλά και τους όρους συμμετοχής αναρτώνται συνεχώς στο διαδίκτυο.
3. Συμμετοχή στα πανελλήνια και διεθνή συνέδρια οφθαλμολογικού περιεχομένου, τα οποία είναι πλέον θεσμός και γίνονται κάθε χρόνο συνήθως την ίδια εποχή. Λεπτομέρειες σχετικά με το χρόνο, τον τόπο διεξαγωγής των συνεδρίων, αλλά και τους όρους συμμετοχής αναρτώνται συνεχώς στο διαδίκτυο.

Όσον αφορά τον εξοπλισμό, το εργαστήριο ενός σύγχρονου οπτικού-οπτομέτρη προτείνεται, εκτός από τα απολύτως αναγκαία (σχισμοειδή λυχνία, διαθλασίμετρο, κερατόμετρο, προβολέα οπτοτύπων ή ψηφιακό οπτότυπο κ.λπ.), να διαθέτει απαραίτητα και τοπογραφία κερατοειδούς. Κάθε νεαρό άτομο που

προσέρχεται στο εργαστήριό του αιτιώμενο συχνή αλλαγή των γυαλιών του από τα οποία τελικά δεν μένει ευχαριστημένο, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως περιστατικό «ύποπτου» κερατόκωνου και να εξετάζεται σχολαστικά. Αν μπορέσει να διαγνώσει έγκαιρα τον κερατόκωνο, θα είναι σε θέση να ενημερώσει σωστά τον ασθενή για την πάθησή του και να του προσφέρει σημαντική βελτίωση της οπτικής του οξύτητας εφαρμόζοντας τους κατάλληλους για την περίπτωση του φακούς επαφής ή να τον παραπέμψει σε εξειδικευμένο χειρουργό οφθαλμίατρο για περαιτέρω αντιμετώπιση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kanski, J.J. (2004) **Κλινική οφθαλμολογία**. Τέταρτη έκδοση Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου.
2. Abdalla, Y.F., Elsahn, A.F., Hammersmith, K.M., Cohen, E.J. (2010) **SynergEyes lenses for keratoconus. Cornea.29.**(1), 5-8
3. Ambrosio, S., Alonso, R.S., Luz, A., Coca Velarde, L.G. (2006) **Corneal-thickness spatial profile and corneal-volume distribution : tomographic indices to detect Keratoconus. J Cataract Refract Surg.32.** 1851-1859
4. Balasubramanian, S.A., Pye, D.C., Willcox, M.D.P. (2009) **Are proteinases the reason for keratoconus ?. Current Eye Research.35.**185-191.
5. Barequet, I.S., Hourvitz, D., Behrman, S. (2003) **Soft K.A new soft contact lens to correct irregular astigmatism. Poster presented at the American Academy of Ophthalmology**
6. Cairns, G., McGhee, C.N.J. (2005) **Orbscan computerized topography : Attributes, applications, and limitations. J Cataract Refract Surg.31.** 205-220
7. Chung, C.W., Santim, R., Heng, W.J. et al. (2001) **Use of SoftPerm contact lenses when rigid gas permeable lenses fail. CLAO J.27.** 202-208
8. Daxer, A., Mahmoud, H., Venkateswaran, R.S. (2010) **Intracorneal continuous ring implantation for Keratoconus : One-year follow-up. J Cataract Refract Surg.36.** 1296-1302
9. Ertan, A, Colin, J. (2007) **Intracorneal rings for Keratoconus and keratectasia. J Cataract Refract Surg.33.** 1303-1314
10. Gatinel, D., Malet, J., Hoang-Xuan, T., Azar, D.T. (2011) **Corneal elevation topography : best fit sphere, elevation distance, asphericity, toricity, and clinical implications. Cornea.30.** 508-515
11. González-Méijome, J.M., Jorge, J., de Almeida, J.B., Parafita, M.A. (2006) **Soft contact lenses for keratoconus : case report. Eye & Contact Lens.32.** (3), 143-147
12. Hafezi, F., Kanellopoulos, J., Wiltfang, R., Seiler, T. (2007) **Corneal collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet A to treat induced keratectasia after LASIK. J Cataract Refract Surg.33.**(12), 2035-2040
13. Hersh, P.S., Greenstein, S.A., Fry, K.L. (2011) **Corneal collagen crosslinking for Keratoconus and corneal ectasia : One - year results. J Cataract Refract Surg.37.** 149-160

14. Hwang, J.S., Lee, J.H., Wee, W.R., Kim, M.K. (2010) **Effects of multicurve RGP contact lens use on topographic changes in keratoconus. Korean J Ophthalmology.24.**(4), 201-206
15. Jinabhai, A., Radhakrishnan, H., O'Donnell, C. (2011) **Corneal changes after suspending contact lens wear in early pellucid marginal corneal degeneration and moderate keratoconus. Eye & Contact Lens.37.** 99-105
16. Kato, N., Toda, I., Kawakita, T., Sacai, C., Tsubota, K. (2010) **Topography-guided conductive keratoplasty: treatment for advanced Keratoconus. Am J Ophtalmol.150.** 481-489
17. Kozobolis, V., Labiris, G., Gkika, M., Sideroudi, H. (2011) **Additional applications of corneal cross – linking. The Open Ophthalmology Journal. 5.** 17-18
18. Krachmer, J.H., Mannis, M.J., Holland, E.J. (2005) **Cornea. 2nd** ed. I. London: Elsevier Mosby.
19. Kumar, N.L., Rootman, D.S. (2010) **Newer surgical techniques in the management of Keratoconus. International Ophthalmology Clinics.50.**(3), 77-88
20. Kymionis, G.D., Grentzelos, M.A., Diakonis, V.F., Pallikaris, A.I., Pallikaris, I.G. (2009) **Nine-year follow-up of intacs implantation for Keratoconus. The Open Ophthalmology Journal.3.** 77-81
21. Kymionis, G.D., Karavitaki, A.E., Kounis, G.A., Portaliou, D.M., Yoo, S.H., Pallikaris, I.G. (2009) **Management of pellucid corneal degeneration with simultaneous customized photorefractive keratometry and collagen crosslinking. J Cataract Refract Surg.35.**(7), 1298-1301
22. Lim, N., Vogdt, U. (2002) **Characteristics and functional outcomes of 130 patients with keratoconus attending a specialist contact lens clinic. Eye.16.** 54-59
23. Lowe, M.T., Keane, M.C., Coster, D.J., Williams, K.A. (2011) **The outcome of corneal transplantation in infants, children, and adolescents. Ophthalmology.118.** 492-497
24. Maeda, N., Klyce, S.D., Smolek, M.K., Thompson, H.W. (1994) **Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. Investigative Ophthalmology & Visual Science.35.**(6), 2749-2757

25. Maguen, E., Caroline, P., Rosner, I.R., Macey, J., Nesburn, A. (1992) **The use of SoftPerm lens for the correction of irregular astigmatism. CLAO J.18.** 173-176
26. Martins, S.A.R., Combs, J.C., Noguera, G., et al. (2008) **Antimicrobial efficacy of riboflavin/UVA combination (365 n). In vitro for bacterial and fungal isolates : a potential new treatment for infectious keratitis. Invest Ophthalmol Vis Sci.49.** 3402-3408
27. Özkurt, Y., Oral, Y., Karaman, A., Özgür, O., Doğan, O.K. (2007) **A retrospective case series : Use of SoftPerm contact lenses in patients with keratoconus. Eye & Contact Lens.33.(2),** 103-105
28. Piñero, D.P., Alio, J.L., Uceda-Montanes, A., et al. (2009) **Intracorneal ring segment implantation in corneas with postlaser in situ keratomileusis keratectasia. Ophthalmology.116.** 1665-1674
29. Piñero, D.P., Alio, J.L. (2010) **Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease – a review. Clinical & Experimental Ophthalmology.38.** 154-167
30. Pullum, K.W., Buckley, R.J. (1997) **A study of 530 patients referred for rigid gas permeable contact lens assessment. Cornea.16.** 612-622
31. Quisling, S., Sjoberg, S., Zimmerman, B., et al. (2006) **Comparison of Pentacam and Orbscan Ix on posterior curvature topography measurements in Keratoconus eyes. Ophthalmology.113.** 1629-1632
32. Rabinowitz, Y.S., McDonnell, P.J. (1989) **Computer-assisted corneal topography in keratoconus. Refract Corneal Surg.5.** 400-408
33. Rabinowitz, Y.S. (2010) **INTACS for Keratoconus. International Ophthalmology Clinics.50.(3),** 63-76
34. Rados, A. (1948) **Conical cornea and mongolism. Arch Ophthalmol.40.** 454-478
35. Romero-Jiménez, M., Santodomínguez-Rubido, J., Wolffsohn, J.S. (2010) **Keratoconus : A review. Contact Lens & Anterior Eye.33.**157-166
36. Samaras, K.E., Lake, D.B. (2010) **Corneal collagen cross linking (CXL) : A review. International Ophthalmology Clinics.50.(3),** 89-100
37. Schornack, M.M., Patel, S.V. (2010) **Scleral lenses in the management of keratoconus. Eye & Contact Lens.36.(1),** 39-44
38. Schornack, M.M., Patel, S.V. (2010) **Relationship between corneal topographic indices and scleral lens base curve. Eye & Contact Lens.36.** 330-333

39. Segal, O., Barkana, Y., Hourovitz, D., et al. (2003) **Scleral contact lens may help where other modalities fail. *Cornea*.22. 308-310**
40. Sengor, T., Kurna, S.A., Aki, S., Özkurt, Y. (2011) **High Dk piggyback contact lens-intolerant keratoconus patients. *Clinical Ophthalmology*.5. 331-335**
41. Sherwin, T., Brookers, N.H. (2004) **Morphological changes in keratoconus : pathology or pathogenesis. *Clinical and Experimental Ophthalmology*.32. 211-217**
42. Shetty, R., Kurian, M.,Anand, D., Mhaske, P., Narayana, K.M., Shetty, B.K., (2008) **Intacs in advanced Keratoconus. *Cornea*.27. 1022-1029**
43. Snibson, G.R. (2010) **Collagen cross-linking : a new treatment paradigm in corneal disease – a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*.38. 141-153**
44. Szczotka-Flynn, L.B., Patel, S. (2008) **Menicon Z rigid gas permeable lenses for keratoconus and irregular corneas : A Retrospective Case Series. *Eye & Contact Lens*.34.(5), 254-260**
45. Torquetti, L., Berbel R.F., Ferrara, P. (2009) **Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segments in Keratoconus. *J Cataract Refract Surg*.35. 1768-1773**
46. Ucakhan, O.O., Ozkan, M., Kanpolat, A. (2006) **Corneal thickness measurements in normal and keratoconic eyes : Pentacam comprehensive eye scanner versus noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg*.32. 970-977**
47. Yanoff, M., Duker, J.S. (2004) ***Ophthalmology*. 2nd ed. St. Louis: Mosby.**
48. Yildiz, E.H., Diehl, G.F., Cohen, E.J., Hammersmith, K.M., Laibson, P.R., Rapuano, C.J. (2009) **Demographics of patients older than 50 years with keratoconus. *Eye & Contact Lens*.35.309-311**
49. Zadnik, K., Barr, J.T., Steger-May, K., Edrington, T.B., McMahon, T.T., Gordon, M.O. (2005) **Comparison of flat and steep rigid contact lens fitting methods in keratoconus. *Optometry and Vision Science*.82.(12), 1014-1021**
50. Zhou, A.J., Kitamura, K., Weisman, B.A. (2003) **Contact lens care in keratoconus. *Contact Lens & Eye*.26.171-174**