

Οι τεχνικές μεταμόσχευσης του κερατοειδή: νεότερα δεδομένα

Δ. Αλμαλιώτης¹, Β. Κοζομπόλης², Γ. Λαμπίρης², Σ. Αλμπανίδου¹, Β. Καραμπατάκης¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μεταμόσχευση του κερατοειδή χιτώνα εφαρμόζεται εδώ και αρκετά χρόνια με σημαντική επιτυχία. Πρόκειται για την αντικατάσταση όλου ή και τμήματος του κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και ανάλογα με το τμήμα του κερατοειδή που μεταμοσχεύεται διακρίνεται σε ολική (διαμπερής κερατοπλαστική) και μερική (πρόσθια ή οπίσθια). Η διαμπερής κερατοπλαστική με κυριότερη ένδειξη τη θεραπεία του κερατοκόνου, υποβοηθείται σημαντικά με τη χρήση του femtosecond Laser καθώς φαίνεται να είναι ευχερέστερη η δημιουργία πλήρους πάχους τομών με μεγαλύτερη βιομηχανική ανθεκτικότητα, ενώ σε αρκετές μελέτες έχει παρατηρηθεί ταχύτερη επούλωση του τραύματος με καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα. Ταυτόχρονα, η χρήση του femtosecond Laser παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας προσαρμοσμένων προτύπων διάνοιξης που συνδέονται με ταχύτερη ανάκτηση της όρασης και μείωση του ποσοστού εμφάνισης μετεγχειρητικού αστιγματισμού. Αρκετές

μελέτες υποστηρίζουν την αξία του femtosecond Laser και κατά τη διενέργεια μεταμόσχευσης μερικού πάχους είτε με την τεχνική της επιφανειακής κερατοπλαστικής (DALK) είτε με την τεχνική της ενδοθηλιακής τμηματικής κερατοπλαστικής (DSEK). Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση έχει ως στόχο την παρουσίαση της συμβολής του femtosecond Laser στην πρόοδο των τεχνικών μεταμόσχευσης του κερατοειδή.

Λέξεις κλειδιά: Femtosecond Laser, Διαμπερής Κερατοπλαστική, Επιφανειακή Κερατοπλαστική, Ενδοθηλιακή Τμηματική Κερατοπλαστική.

Η ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΚΕΡΑΤΟΠΛΑΣΤΙΚΗ (F-PK)

Η διαμπερής κερατοπλαστική (PK) πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά, περίπου πριν έναν αιώνα. Η πρόοδος των εργαλείων της χειρουργικής είχε ως άμεση συνέπεια τη βελτίωση των αποτελεσμάτων. Ταυτόχρονα, η χειροκίνητη εκτομή έχει σημειώσει πρόοδο με τα ειδικά τρύπανα αναρρόφησης (όπως το Hanna της Moria), τα οποία με αξιοπιστία σχηματίζουν ομαλές κυκλικές τομές, μολονότι, μπορεί να προκύψουν πιθανά προβλήματα, όπως της καταστροφής των ενδοφθάλμιων δομών καθώς και των λοξών τομών. Τα τελικά οπτικά αποτελέσματα μπορεί να αλλοιωθούν, αφού η κανονικότητα της συρραφής δότη-δέκτη, είναι επισφαλής και μπορεί να προκαλέσει αστιγματισμό¹.

1. Εργαστήριο Πειραματικής Οφθαλμολογίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Α.Π.Θ.
2. Πανεπιστημιακή Οφθαλμολογική Κλινική του Α.Π.Θ.

Corresponding author: D. Almaliotis
e-mail: almaliotis_diamantis@yahoo.gr

Η μέθοδος της διαμπερούς κερατοπλαστικής περιλαμβάνει την απομάκρυνση του κερατοειδικού ιστού σε όλο το πάχος του και την αντικατάστασή του με το κερατοειδικό μόσχευμα. Ο κερατοειδής του δότη τοποθετείται σε ίδιου μεγέθους υποδοχή του δέκτη και στο επόμενο στάδιο στερεώνεται με τη χρήση ραμμάτων. Για την πλήρη αποκατάσταση της όρασης σε ικανοποιητικά επίπεδα, απαιτείται να μεσολαβήσει διάστημα περίπου ενός έτους μετά την επέμβαση. Εν συνεχεία, πραγματοποιείται αφαίρεση των ραμμάτων. Συχνά οι ασθενείς μετά από κερατοπλαστική ολικού πάχους χρειάζονται διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος, αφού η επέμβαση έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μετεγχειρητικού αστιγματισμού².

Οι ενδείξεις διαμπερούς κερατοπλαστικής κατηγοριοποιούνται σε ανατομικές, λειτουργικές και κλινικές³.

1) Οι **ανατομικές ενδείξεις** περιλαμβάνουν:

- α) Οπτικές ενδείξεις (υψηλός αστιγματισμός, ομαλός ή ανώμαλος, τραυματική παραμόρφωση του κερατοειδούς, κερατοειδείς μετά από διαθλαστική χειρουργική, κερατόκωνος).
- β) Αποκατάσταση του κερατοειδούς (π.χ. σε έλκος ή τραύμα).
- γ) Θεραπευτικές ενδείξεις (παρουσία οιδήματος, δυστροφίας, ουλής, έλκους, εκφύλισης και διαφόρων εναποθέσεων στον κερατοειδή).⁴
- δ) Κοσμητικές ενδείξεις (εναποθέσεις ή ουλές του κερατοειδούς).

2) Οι **λειτουργικές ενδείξεις** περιλαμβάνουν την ύπαρξη κακής οπτικής οξύτητας, π.χ. σε έδαφος κερατόκωνου, τον έλεγχο του άλγους σε φυσαλλιδώδη κερατοπάθεια και σπανιότερα, την αποκατάσταση διόφθальμης όρασης, τη βελτίωση της ευαισθησίας αντίθεσης και την ελάττωση του θάμβους.

3) Οι **κλινικές ενδείξεις** είναι στις παρακάτω παθήσεις:

- α) Ψευδοφακική φυσαλλιδώδης κερατοπάθεια
- β) Εκτασίες (πχ. Κερατόκωνος)
- γ) Ενδοθηλιοπάθειες
- δ) Επαναμεταμόσχευση λόγω απόρριψης του μοσχεύματος
- ε) Διάφοροι λόγοι

Η διαμπερής κερατοπλαστική είναι ο πιο κοινός τύπος μεταμόσχευσης κερατοειδούς, με τον κερατόκωνο να αποτελεί την πιο κοινή ένδειξη⁵. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής²:

Πλεονεκτήματα: Βασικό πλεονέκτημα θεωρείται η καθαρότητα του μοσχεύματος. +++

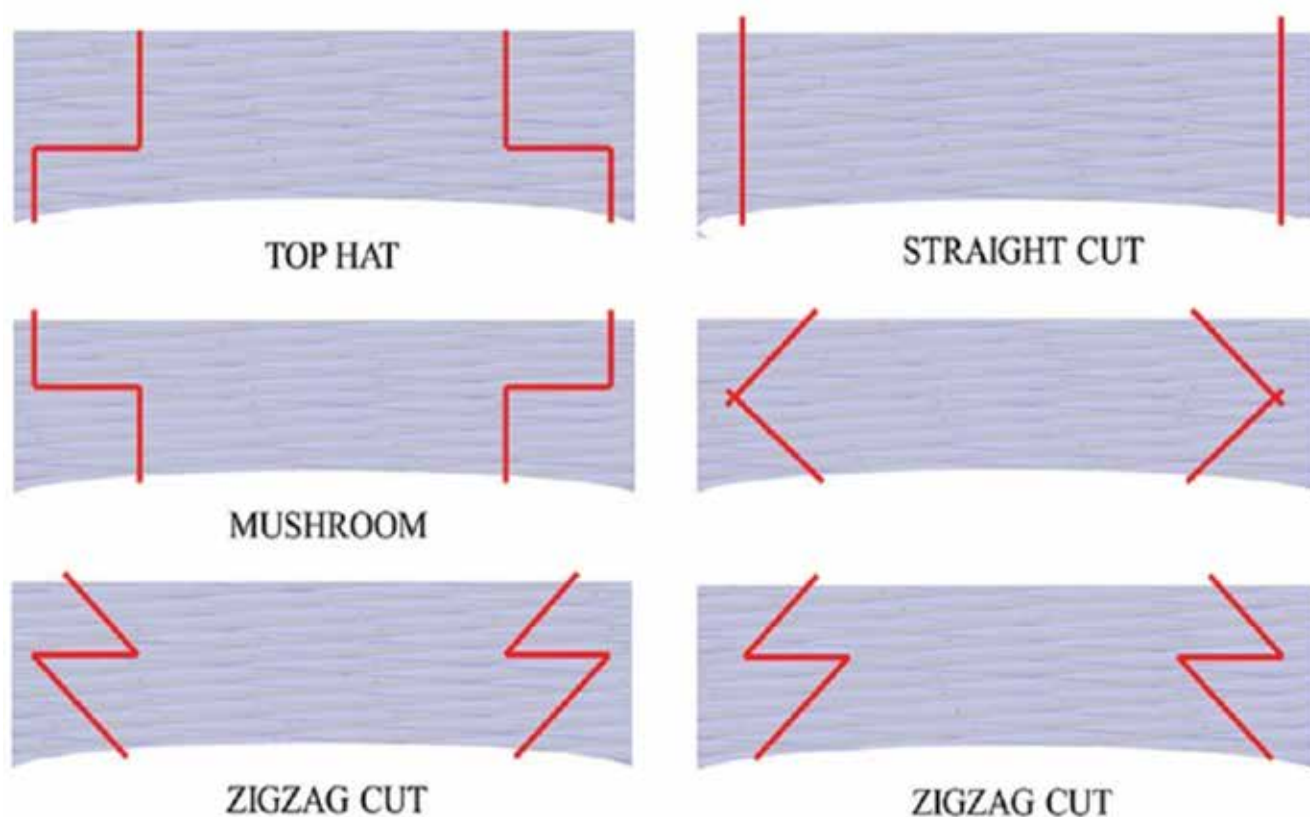
Μειονεκτήματα: Ο σημαντικότερος κίνδυνος είναι η απόρριψη του μοσχεύματος και συγκεκριμένα η ενδοθηλιακή απόρριψη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική απώλεια της όρασης. Ακόμη, είναι πιθανή η δημιουργία υψηλού αστιγματισμού από τη χρήση ραμμάτων. Επίσης, πάντοτε υπάρχει η πιθανότητα αιμορραγίας ή ακόμη και λοίμωξης.

Η εξέλιξη του femtosecond Laser παρέχει τη δυνατότητα για μεγαλύτερη ακρίβεια στη χειρουργική του κερατοειδούς. Με τη χρήση του κατάλληλου λογισμικού, το femtosecond Laser έχει τη δυνατότητα να προγραμματιστεί ώστε να επιτευχθούν ακριβείς τομές στον κερατοειδή χιτώνα σχεδόν σε κάθε επίπεδο με ελάχιστη παραμόρφωση του κερατοειδικού ιστού. Μολονότι, η τεχνολογία αυτή ήταν γνωστή και διαθέσιμη για κάποια χρόνια, η χρήση της έως σήμερα ήταν περιορισμένη σε ό,τι αφορά στη δημιουργία κερατοειδικών κρημνών¹.

Επιπλέον, το femtosecond Laser διαθέτει πολλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν σε σημαντικό βαθμό την εξέλιξη της κερατοπλαστικής ολικού πάχους. Είναι ευχερέστερη η δημιουργία πλήρους πάχους τομών με ιδιαίτερη ακρίβεια, δεδομένου ότι οι 1 μm μήκους κύματος παλμοί Laser μπορούν να εφαρμοσθούν σε οποιοδήποτε σημείο του κερατοειδή. Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι τομές μπορούν να συνδυαστούν, ώστε να σχηματίσουν ένα σχεδόν απεριόριστο αριθμό πολύπλοκων και σύνθετων διαμορφώσεων με ακριβή έλεγχο των τομών που δεν είναι εφικτό να επιτευχθεί με άλλες τεχνικές.

Σε in vitro έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε πρωματικό ανθρώπινο κερατοειδή αναδεικνύονται τα οφέλη αυτής της προσέγγισης με το femtosecond Laser στην μεταμόσχευση ολικού πάχους. Μελέτες που εκπονήθηκαν τόσο στο Πανεπιστήμιο Irvine της Καλιφόρνιας όσο και στο Πανεπιστήμιο John's Hopkins, συνέκριναν τους κρημνούς που δημιουργούνται με τη βοήθεια του femtosecond Laser έναντι των μοσχευμάτων που δημιουργούνται μηχανικά και έδειξαν ότι η διαμπερής κερατοπλαστική με τη χρήση femtosecond Laser για τη δημιουργία τομών συγκεκριμένου σχήματος χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ακεραιότητα στην τομή σε σχέση με την τομή που δημιουργείται με την κλασική μέθοδο. Η διαρροή του τραύματος στην περίπτωση της κλασικής κερατοπλαστικής πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες πίεσης 38 ± 11 mmHg, ενώ στους οφθαλμούς που εφαρμόστηκε femtosecond Laser σε 240 ± 69 mmHg⁶. Οι τομές ήταν πιο ανθεκτικές βιομηχανικά ενώ παρατηρήθηκε ταχύτερη επούλωση με καλύτερα οπτικά αποτελέσματα.

Σε έρευνα των For και συνεργατών του 2008, 8 οφθαλμοί υπεβλήθησαν σε διαμπερή κερατοπλαστική

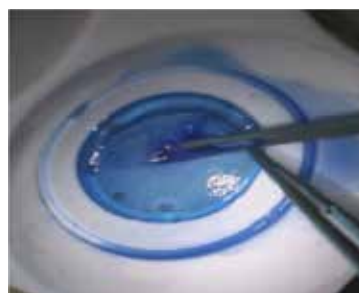


Εικ. 1 Διαφορετικά σχήματα με τη χρήση femtosecond Laser. (α) Διαμόρφωση καπέλου με μικρή πρόσθια και μεγάλη οπίσθια διάμετρο που συνδέονται με ένα κλιμακωτό στρωματικό κράσπεδο, (β) Σχήμα μανταριού με μεγάλη πρόσθια και μικρή οπίσθια διάμετρο που συνδέονται με ένα στρωματικό κράσπεδο, (γ) Σχήμα ζικ-ζακ με πρόσθια και οπίσθια πλευρική τομή σε γωνία 30° ως προς την περιφέρεια και με ένα παρεμβαλλόμενο δακτύλιο στρωματικής τομής, (δ) Ευθεία τομή (ε) Σχήμα κλειδιού-κλειδαριάς με πρόσθια και οπίσθια κατακόρυφη τομή που τέμνουν τις εγκάρσιες τομές στρωματικού δακτυλίου μεγαλύτερης διαμέτρου και (ζ) Σχήμα χριστουγεννιάτικου δέντρου που αποτελεί ανεστραμμένη διαμόρφωση ζικ-ζακ⁹.

κή υποβοηθούμενη με femtosecond Laser με στόχο τη θεραπεία παθολογικών καταστάσεων όπως η πομφολυγώδης κερατοειδοπάθεια καθώς και κερατοειδικές ουλές ερπητικής αιτιολογίας. Οι ασθενείς τέθηκαν υπό παρακολούθηση για περίπου 9,5 μήνες. Στο διάστημα αυτό, η οπτική οξύτητα των ασθενών χωρίς οφθαλμική συννοσηρότητα κυμάνθηκε από 20/20 έως 20/80. Κατά την τελευταία εξέταση το μέσο κυλινδρικό διαθλαστικό σφάλμα ήταν 2,56 διοπτρίες [D] (εύρος 0,50 - 4,00 D). Παρόλα αυτά, δεν παρατηρήθηκαν επιπλοκές που να σχετίζονται με τη χρήση του Laser Femtec. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι το Femtec προσφέρει τη δυνατότητα εκτέλεσης αξιόπιστων τομών τόσο του κερατοειδή του δότη όσο και του λήπτη, με εξαιρετικά οπτικά αποτελέσματα και επιπλέον χαμηλούς βαθμούς μετεγχειρητικού αστιγματισμού¹.

ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ

Υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθούν προσαρμοσμένα πρότυπα διάνοιξης, τα οποία συνοδεύονται από ταχύτερη ανάκτηση της όρασης και μειώνουν τον αστιγματισμό⁷ (Εικόνα 1,2).



Εικ. 2 Μόσχευμα Κερατοειδή

Πηγή: University of Iowa Ophthalmology, Created for EyeRounds by Drs. Jesse Vislisl and MArk A. Greiner.

Στην κλασική ολικού πάχους κερατοπλαστική, το τμήμα του κερατοειδούς του δότη με κάθετες ακμές συρράπτεται επί της αντίστοιχης υποδοχής του δέκτη με κάθετες ακμές, ώστε να επιτευχθεί η συνένωση των δύο ιστών σε ένα επίπεδο. Το 2003, ο Busin, με τη χρήση χειροκίνητων οργάνων, πρότεινε μια διαμόρφωση της τομής, η οποία επέτρεπε μεγαλύτερη περιοχή επαφής μοσχεύματος-δέκτη, καλύτερη επούλωση, μειωμένο αστιγματισμό λόγω της χρήσης λιγότερων ραμμάτων, ταχύτερη αφαίρεση ραμμάτων και αποκατάσταση της λειτουργίας της όρασης⁸.

Η δημιουργία σχήματος καπέλου με τη χρήση του femtosecond Laser σε σύγκριση με τη συμβατική διαμπερή κερατοπλαστική με κάθετες τομές, εμφάνισε μεγαλύτερη μηχανική και βιολογική σταθερότητα. Συγκεκριμένα, οδήγησε σε αυξημένη αντίσταση του τραύματος, αφαίρεση των ραμμάτων σε συντομότερο χρόνο, μικρότερου βαθμού αστιγματισμό και αύξηση του αριθμού των ενδοθηλιακών κυττάρων τον πρώτο χρόνο⁶. Σε μία άλλη έρευνα των Kook και συνεργατών, μελετήθηκαν τα ιστολογικά χαρακτηριστικά μοσχευμάτων με σχήμα καπέλου, τα οποία ελήφθησαν με τη χρήση femtosecond Laser και φάνηκε ότι η χρήση του δεν συνοδεύεται από οίδημα του κερατοειδή ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία αλλοίωση στους πυρήνες των κυττάρων του κερατοειδή που βρίσκονται σε άμεση γεινίαση με την περιοχή της αφαίρεσης¹⁰.

Επιπλέον, οι Bahar και συνεργάτες¹¹, παρατήρησαν ότι η διαμπερής κερατοπλαστική με femtosecond Laser συχνότητας 60 kHz οδήγησε σε μικρότερη απώλεια ενδοθηλιακών κυττάρων. Ταυτόχρονα, διαπιστώθηκε ταχύτερη αφαίρεση των ραμμάτων ενώ επιτεύχθηκε χαμηλότερου βαθμού αστιγματισμός και καλύτερη οπτική οξύτητα σε σύγκριση με την συμβατική κερατοπλαστική του ίδιου σχήματος. Σε άλλη έρευνα φάνηκε ότι τα σχήματα καπέλου και μανιταριού έχουν μεγαλύτερη σταθερότητα και μειωμένη διαρροή από το τραύμα σε σύγκριση με τις χειροκίνητες εκτομές, τις κατακόρυφες τομές και το σχήμα γλωσσίδας. Επίσης, η χρήση της κόλλας φμπρίνης θεωρήθηκε ευεργετική όσον αφορά στην ακεραιότητα του μετεγχειρητικού τραύματος^{12,13}.

Η διαμόρφωση ζικ-ζακ με την υποβοήθηση του femtosecond Laser οδηγεί σε ομοιόμορφη μετάβαση μεταξύ του ιστού του δότη και του δέκτη με ελάχιστη οπτική παραμόρφωση, η οποία ακολουθείται από ενίσχυση της σταθερότητας, ταχύτερη αφαίρεση ραμμάτων και μικρότερο αστιγματισμό στους 6 μήνες¹⁴.

Μια πρόσφατη μελέτη για την αξιολόγηση της επούλωσης του τραύματος του κερατοειδή μετά από κερατοπλαστική με femtosecond Laser σε σχήμα μανιταριού με τη χρήση της in-vivo συνεστιακής μικροσκοπίας, αναφέ-

ρει αυξημένη ενεργοποίηση των δενδριτικών κυττάρων και των κερατοκυττάρων κατά τον 1^ο μήνα μετεγχειρητικά που ακολουθείται από σταδιακή μείωσή της. Η επανανεύρωση του κερατοειδή εμφανίστηκε μετά τον 1^ο μήνα της επέμβασης¹⁵.

Σε άλλη μελέτη σύγκρισης των επιδράσεων της πίεσης και του σχήματος της τομής για τα σχήματα ζικ-ζακ, καπέλου, και μανιταριού αναφέρεται ότι η διαμόρφωση ζικ-ζακ παρέχει καλύτερη επούλωση των τραυμάτων, περισσότερη σταθερότητα και καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα¹⁶.

Επιπλέον, αναφέρεται ότι πιο σημαντικά σταθερά αναφέρεται ότι είναι η νεότερη διαμόρφωση σε σύγκριση με τη κλασική κάθετη διαμόρφωση σε οφθαλμούς χοίρων, καθώς συνδυάζει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των σχημάτων μανιταριού και καπέλου¹⁷.

Σε μελέτη των Παλλήκαρη και συνεργατών περιγράφηκε το αποτέλεσμα μίας νέας τομής για την διαμπερή κερατοπλαστική με femtosecond Laser, η κατακόρυφος Z, η οποία διενεργήθηκε σε τρεις ασθενείς, δύο με ιστορικό κερατόκωνου και ένας με φυσαλιδώδη κερατοπάθεια. Η κατακόρυφος Z αποτελείται από ένα πρόσθιο και ένα οπίσθιο κάθετο τμήμα, τα οποία ενώνονται με ένα λοξό πεταλοειδή, γωνιακό δακτύλιο στο εσωτερικό του κερατοειδικού στρώματος. Τα αποτελέσματα αυτής της διαμόρφωσης εξασφάλισαν άμεση μετεγχειρητικά σταθερότητα του μοσχεύματος και του λήπτη και του ιστού. Όλοι οι οφθαλμοί εμφάνισαν οπτική οξύτητα μεγαλύτερη του 1/10 σε κλίμακα Snellen την 1η μετεγχειρητική ημέρα¹⁸.

Όλες αυτές οι διαμορφώσεις εφαρμόζονται στο κυκλικό μόσχευμα. Πιθανές παραλλαγές με το femtosecond Laser, είναι η δημιουργία μη κυκλικού μοσχεύματος και η δυνατότητα για μεγαλύτερη σταθερότητα κατά την περιστροφή στην τοποθέτηση ραμμάτων, τα οποία προκαλούν παρόμοια οπτικά, διαθλαστικά και ενδοθηλιακά αποτελέσματα¹⁶.

Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΕΡΑΤΟΠΛΑΣΤΙΚΗ (F-DALK)

Με την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων μεταμόσχευσης του κερατοειδή έχει ελαττωθεί σημαντικά ο κίνδυνος ανοσολογικής απόρριψης ενώ με την εφαρμογή της αρχής της «κερατοπλαστικής συστατικού» ελαχιστοποιείται και το ιατρογενές τραύμα. Τα πλεονεκτήματα του «συστατικού» έναντι του πλήρους πάχους μοσχεύματος κερατοειδή περιλαμβάνουν μειωμένα ποσοστά απόρριψης του μοσχεύματος, αιμορραγίας, μετεγχειρητικού αστιγματισμού, ενδοφθαλμίτιδας, γλανκώματος και καταρράκτη⁸. Η τεχνική αυτή προσφέρει τη δυνατότητα αντικατά-

στασης των επιφανειακών δομών του κερατοειδή με αντίστοιχου πάχους μοσχεύματα, παρεμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη μεταμόσχευση του ενδοθηλίου του δότη, το οποίο θεωρείται ο κύριος παράγοντας απόρριψης του μοσχεύματος στη διαμπερή κερατοπλαστική³.

Επομένως, κατά την επιφανειακή κερατοπλαστική αντικαθίσταται το πρόσθιο μέρος του κερατοειδή σε βάθος 95% και η μέθοδος χρησιμοποιείται ως μία εναλλακτική επέμβαση της κερατοπλαστικής ολικού πάχους (PK), όπου πραγματοποιείται ολική αντικατάσταση του κερατοειδούς². Σε αντίθεση με την ολικού πάχους κερατοπλαστική, οι ασθενείς παρουσιάζουν καλύτερη και ταχύτερη επούλωση των τομών, λιγότερη ανάγκη για ανοσοκαταστολή και ταχύτερη αποκατάσταση όρασης. Αυτή η τεχνική μεταμόσχευσης συνοδεύεται από διαφύλαξη της ακεραιότητας του υγιούς τμήματος του κερατοειδή του δέκτη, με αποτέλεσμα να μειώνεται αισθητά ο κίνδυνος αιμορραγίας, μόλυνσης του εσωτερικού του οφθαλμού και απόρριψης του μοσχεύματος. Ο ιστός που διατηρείται στο οπίσθιο μέρος του κερατοειδή (το υπόλοιπο 5%), περικλείει και τη δεσκαμέτριο μεμβράνη. Τα ράμματα που συγκρατούν το επιφανειακό μόσχευμα στη θέση του παραμένουν περίπου για διάστημα 12-18 μηνών².

Η μερικού πάχους κερατοπλαστική (LK – Lamellar Keratoplasty) δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 19ου αιώνα, αλλά η έλλειψη ικανοποιητικής σταθερότητας της χειροκίνητης εκτομής και οι τεχνικές δυσκολίες περιόρισαν τη χρήση της. Ο VanHippel το 1888 υλοποίησε με επιτυχία την πρώτη επιφανειακή κερατοπλαστική την οποία ακολούθησαν κι άλλες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από τους Barraquer το 1951, Brown το 1965, Paufigue το 1955 και Henderson το 1968 με διάφορες τεχνικές, αλλά αυτή η μέθοδος μεταμόσχευσης εγκαταλείφθηκε, διότι συγκρινόμενη με τη διαμπερή κερατοπλαστική δεν φάνηκε να έχει την ίδια αποτελεσματικότητα στην οπτική οξύτητα (VA).

Η τεχνική της «air lamellar keratoplasty», εισήχθη το 1984 από τον E. Archila, και φαίνεται να μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο της εισόδου στον πρόσθιο θάλαμο ενώ διευκολύνει την αναγνώριση της προ-Δεσκαμέτριο περιοχής. Έτσι, η επιφανειακή κερατοπλαστική χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν είναι εφικτή η διαμπερή κερατοπλαστική, όπως για παράδειγμα σε περιφερικές λεπτύνσεις και διατρήσεις του κερατοειδή³.

Οι ραγδαίες εξελίξεις στην τεχνολογία Lasik κατά τη διάρκεια των 2 τελευταίων δεκαετιών έχουν επιφέρει θετικά αποτελέσματα στο πεδίο της μεταμόσχευσης του κερατοειδή. Η βελτίωση των μικροκερατόμων και ιδι-

αίτερα του μικροκερατόμου femtosecond, επιτρέπει την ακριβέστερη εκτομή του στρώματος του κερατοειδή, με συνέπεια η διαμπερή κερατοπλαστική να διενεργείται πιο σπάνια, ενώ η μερικού πάχους κερατοπλαστική αποτελεί την πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδο σε παθήσεις του κερατοειδή, οι οποίες περιορίζονται σε ένα ή σε μερικά από τα στρώματά του¹³.

Η βαθιά πρόσθια στρωματική κερατοπλαστική (DALK) περιλαμβάνει την αφαίρεση, με ή χωρίς την έκθεση της δεσκαμέτριο μεμβράνης, του μεγαλύτερου τμήματος του κερατοειδικού στρώματος, αφήνοντας ανέπαφο το ενδοθήλιο του κερατοειδή. Ως εκ τούτου, μειώνεται ο κίνδυνος απόρριψης του μοσχεύματος και ταυτόχρονα διατηρούνται τα ενδοθηλιακά κύτταρα. Το οπτικό και διαθλαστικό αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με της διεισδυτικής κερατοπλαστικής. Το 2009 η πρόσθια επιφανειακή κερατοπλαστική αποτέλεσε το 2% του συνόλου των μεταμοσχεύσεων κερατοειδούς στις ΗΠΑ, με τον κερατόκωνο να αποτελεί την πιο κοινή ένδειξη (39%)¹⁶.

Το femtosecond Laser ρυθμίζεται κατάλληλα ώστε να δημιουργηθεί στρωματική τομή σε προκαθορισμένο βάθος, η οποία ακολουθείται από την κοπή τρυπανισμού τοποθετώντας κηλίδες Laser σε κυκλικό σχήμα ξεκινώντας από το επίπεδο της στρωματικής τομής και προχωρώντας προσθίως. Με παρόμοιο τρόπο παρασκευάζεται ο κερατοειδής του δότη. Ένας φακός επαφής χρησιμοποιείται συμπληρωματικά στη χωρίς ράμματα επιφανειακή κερατοπλαστική (ALK) ώστε να αποτελεί μια ανεκτή εναλλακτική λύση έναντι της κερατοπλαστικής με ράμματα, με ευνοϊκά αποτελέσματα τόσο στην οπτική οξύτητα (BSCVA) όσο και στην ταχύτητα της οπτικής αποκατάστασης, η οποία διατηρήθηκε σταθερή για διάστημα μέσης παρακολούθησης 31 μηνών, χωρίς να προκληθεί σημαντικό βαθμό αστιγματισμού¹⁹.

Οι Mashor και συνεργάτες συνέκριναν την υποβοηθούμενη με IntraLase femtosecond Laser διαμπερή κερατοπλαστική σχήματος ζικ-ζακ και καπέλου με τη συμβατική DALK για κερατόκωνο και ανέφεραν ότι παρατηρήθηκε μικρότερος χρόνος αποκατάστασης στην αφαίρεση ραμμάτων (7 έναντι 12 μήνες), παρόμοιες επιπλοκές και οπτική οξύτητα, αλλά υψηλότερα ποσοστά μετεγχειρητικού αστιγματισμού και εκτροπών υψηλής τάξης στην πρώτη ομάδα²⁰. Το σχήμα ζικ-ζακ χρησιμοποιείται σήμερα για την επιφανειακή κερατοπλαστική και αναμένεται να συνοδεύεται από μεγαλύτερη σταθερότητα και χαμηλότερα ποσοστά μετεγχειρητικού αστιγματισμού σε σύγκριση με το ολικού πάχους μόσχευμα²¹. Η σχήματος μανιταριού DALK με χρήση femtosecond Laser βρέθηκε να είναι καλά ανεκτή και ταυτόχρονα απο-

τελεσματοκή σε παιδιατρικούς ασθενείς, όσον αφορά το διαθλαστικό αποτέλεσμα, το ποσοστό απόρριψης και την εμφάνιση αμβλυωπίας²².

Σε πρόσφατη μελέτη τους οι Reinhart και συνεργάτες αξιολόγησαν τα αποτελέσματα της επιφανειακής (481 μεταμοσχεύσεις) έναντι της διαμπερούς (501 μεταμοσχεύσεις) κερατοπλαστικής και κατέληξαν ότι η επιφανειακή κερατοπλαστική δεν οδηγεί σε απόρριψη του μοσχεύματος γεγονός που καθιστά ευχερέστερη μακροπρόθεσμη διαχείριση των οφθαλμών συγκριτικά με τους οφθαλμούς στους οποίους διενεργήθηκε διαμπερής κερατοπλαστική. Η DALK, αποτελώντας εξωφθάλμια διαδικασία, έχει σημαντικό πλεονέκτημα ασφάλειας στην αποκατάσταση παθήσεων του κερατοειδούς, ιδιαίτερα σε ασθενείς (με υγιές ενδοθήλιο)²³.

Η ΕΝΔΟΘΗΛΙΑΚΗ ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΚΕΡΑΤΟΠΛΑΣΤΙΚΗ (F-DSEK Η F-DSAEK)

Η ενδοθηλιακή στοιβάδα αποτελεί την οπίσθια επιφάνειά του κερατοειδή. Τα ενδοθηλιακά κύτταρα λειτουργούν σαν μικρές αντλίες νερού, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αφαιρούν την περίσσεια ποσότητα υγρού και κατά συνέπεια μειώνουν τον κίνδυνο δημιουργίας οιδήματος διαφυλάσσοντας την καθαρότητα του κερατοειδή.

Με την αύξηση της ηλικίας παρατηρείται απόπτωση ενδοθηλιακών κυττάρων, ενώ ο αριθμός τους διαφοροποιείται ανάλογα με τον ασθενή. Ταυτόχρονα, ελάττωση των ενδοθηλιακών κυττάρων παρατηρείται είτε στα πλαίσια παθολογικών καταστάσεων όπως λόγω κάποιας δυστροφίας είτε μετεγχειρητικά, και οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας του κερατοειδή σε νερό με συνέπεια την αύξηση του πάχους του και τη μείωση της διαύγειας του. Οι διαταραχές της όρασης τις περισσότερες φορές είναι εντονότερες τις πρώτες πρωινές ώρες ενώ βελτίωση παρατηρείται αργά το απόγευμα λόγω της μείωσης του οιδήματος κατά τη διάρκεια της ημέρας²⁴.

Η ενδοθηλιακή τμηματική κερατοπλαστική είναι μία νέα τεχνική, η οποία εφαρμόστηκε το 2009 στις ΗΠΑ στο 43% του συνόλου των μεταμοσχεύσεων κερατοειδούς, με συννηθέστερη ένδειξη την ενδοθηλιακή δυστροφία του Fuchs.

Σε ασθενείς με ενδοθηλιακή δυστροφία του Fuchs ή χρόνιο οίδημα του κερατοειδή (μετεγχειρητική φυσαλιδώδης κερατοπάθεια μετά από επέμβαση καταρράκτη), η διαμπερής κερατοπλαστική αποτελούσε μέχρι πρόσφατα τη συχνότερα εφαρμοζόμενη τεχνική. Σήμερα ενδεικνυόμενη θεραπεία θεωρείται η ενδοθηλιακή τμηματική κερατοπλαστική DSAEK

(Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty). Το μόσχευμα προέρχεται από πτωματικό δότη, όπως ακριβώς και στην πλήρους πάχους μεταμόσχευση κερατοειδή. Στην περίπτωση αυτή, το femtosecond Laser ρυθμίζεται σε υψηλότερα επίπεδα ενέργειας, ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική διείσδυση στον οιδηματώδη κερατοειδή. Αρχικά πραγματοποιείται η οπίσθια εκτομή, προχωρώντας προσθίως, η οποία ακολουθείται από την πρόσθια στρωματική επιφανειακή τομή περίπου 150-350 μm πρόσθια στην επιφάνεια του ενδοθηλίου. Αυτή η σειρά τομών, από πίσω προς τα εμπρός, δεν επιτρέπει στις ενδοστρωματικές φυσαλίδες σπηλαιώσης να εμποδίσουν τη δέσμη Laser να φτάσει τον οπίσθιο κερατοειδή. Τα οπίσθια τμήματα του κερατοειδή του δότη λαμβάνονται με παρόμοιο τρόπο²⁵.

Στη συγκεκριμένη τεχνική δε χρησιμοποιούνται πολλά ράμματα διότι το σύνολο σχεδόν των τομών λαμβάνει χώρα στο οπίσθιο τμήμα του κερατοειδή. Η είσοδος του ενδοθηλίου προς μεταμόσχευση στον κερατοειδή του δέκτη γίνεται διά μέσου μικρής τομής. Η μεταμοσχευμένη στιβάδα διατηρείται στη θέση της με μία φυσαλίδα αέρα και τα ράμματα που χρησιμοποιούνται τοποθετούνται στις βοηθητικές τομές, ώστε μέχρι την προσκόλληση του μοσχεύματος, ο αέρας να παραμείνει μέσα στον πρόσθιο θάλαμο. Με αυτόν τον τρόπο το σχήμα και η επιφάνεια του κερατοειδή παραμένει ανέπαφη και ανακάτται ταχύτερα η όραση. Μελέτες με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης δείχνουν ήπια υφή της στρωματικής επιφάνειας παρά την ομαλή εμφάνισή της με το οπτικό μικροσκόπιο, γεγονός που πιθανότατα σχετίζεται με τη σκέδαση του Laser στο βάθος που απαιτεί η ενδοθηλιακή κερατοπλαστική¹⁶.

Ο Cheng και οι συνεργάτες του²⁶ έδειξαν ότι η υποβοηθούμενη με femtosecond Laser ενδοθηλιακή κερατοπλαστική μειώνει τα επίπεδα του μετεγχειρητικού αστιγματισμού, αλλά και της οπτική οξύτητας σε σύγκριση με τη συμβατική διαμπερή κερατοπλαστική. Αυτή η διαπίστωση ερμηνεύεται από τη θολότητα της επιφάνειας σύνδεσης του μοσχεύματος με τον ιστό του δέκτη καθώς προκαλείται μειωμένη ευαισθησία αντίθεσης και αύξηση του σκεδαζόμενου φωτός. Πρόσφατη μελέτη των ίδιων ερευνητών, δεν αναφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ενδοθηλιακής κερατοπλαστικής με femtosecond Laser και της συμβατικής διαμπερούς κερατοπλαστικής στην ευαισθησία αντίθεσης και στη σκέδαση του φωτός. Επίσης, παρατηρήθηκε βελτίωση των δύο αυτών παραμέτρων, αλλά και της οπτικής οξύτητας μετά από 12 μήνες²⁷.

RECENT ADVANCEMENTS IN CORNEAL ENDOTHELIAL TRANSPLANTATIONS

D. Almaliotis, V. Kozompolis, G. Lampiris, S. Almpanidou, V. Karampatakis

1. *Laboratory of Experimental Ophthalmology, School of Medicine, Aristotle University of Thessaloniki.*
2. *University Eye Clinic, Democritus University of Thrace.*

ABSTRACT

Corneal transplantation (keratoplasty) has been successfully performed since decades. Keratoplasty is a surgical procedure for the replacement of all or a part of the cornea and can be subdivided into full-thickness and lamellar keratoplasty, respectively. Penetrating keratoplasty is commonly indicated in patients with keratoconus and the use of femtosecond Laser has contributed to a better outcome of this procedure, since corneal incisions are performed more precisely and are biomechanically more stable. Some studies suggest that femtosecond Laser is associated with faster wound healing and the visual outcome seems to be better. In addition, shaped corneal grafts that seem to result in quicker visual recovery and reduction of the postoperative astigmatism are available with the femtosecond Laser. Several studies also support the use of femtosecond Laser in order to assist lamellar keratoplasty techniques, such as Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK) and Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty (DSAEK). Our review article aims to point out the contribution of femtosecond Laser in the development of corneal transplantation surgical techniques.

Key words: femtosecond Laser, Penetrating Keratoplasty, DALK, DSAEK.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond Laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 2009; 25:1053-1060.
2. Σαμαράς Κ. (2010). Κερατοπλαστική ολικού πάχους (Διαμπερής). Retrieved on 26 January 2013, from <http://www.lasersight.gr/node/49103>
3. Kránitz K, Takacs A, Mihaltz K. Femtosecond Laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorrhexis parameters and their effects on intraocular

lens centration. *J Refract Surg* 2011; 27(8):558-563.

4. Lugo M, Donnenfeld ED, Arentsen JJ. Corneal wedge resection for high astigmatism following penetrating keratoplasty. *Ophthalmic Surgery* 1987; 18(9):650-653.

5. Eye Bank Association of America. Eye Banking Statistical Report. Washington DC EBAA 2010; 1-17.

6. Steinert RF, Ignacio TS, Sarayba MA. «Top hat»-shaped penetrating keratoplasty using the femtosecond laser. *Am J Ophthalmol* 2007; 143:689-691.

7. Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AI. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg* 2011; 27(8):564-569.

8. Masket S, Sarayba M, Ignacio T. Femtosecond Laser-assisted cataract incisions: Architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1048-1049.

9. Shah SU, Gritz DC. Application of the femtosecond laser LASIK microkeratome in eye banking. *Curr Opin Ophthalmol* 2012; 23(4):257-263.

10. Kook D, Derhartunian V, Bug R. et al. Top-hat shaped corneal trephination for penetrating keratoplasty using the femtosecond laser: a histomorphological study. *Cornea* 2009; 28:795-800.

11. Bahar I, Kaiserman I, Lange AP. Femtosecond laser versus manual dissection for top hat penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol* 2009; 93:73-78.

12. Malta JB, Soong HK, Shtein R. Femtosecond laser-assisted keratoplasty: laboratory studies in eye bank eyes. *Curr Eye Res* 2009; 34:18-25.

13. Blum M, Kunert K, Schroder M. Femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: preliminary 6-month results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010; 248(7):1019-1027.

14. Heur M, Tang M, Yiu S. Investigation of femtosecond laser-enabled keratoplasty wound geometry using optical coherence tomography. *Cornea* 2011; 30:889-894.

15. Shtenin RM, Kelley KH, Musch DC, Sugar A. In vivo confocal microscopic evaluation of corneal wound healing after femtosecond laser-assisted keratoplasty. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2012; 16:1-9.

16. Lee HP, Zhuang H. Biomechanical study on the edge shapes for penetrating keratoplasty. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2011; 1:1-9.

17. Fung SS, Iovieno A, Shanmuganathan VA. Femtosecond laser-assisted lock-and-key shaped penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol* 2012; 96:136-137.

18. Παλλήκαρης Ι, Κυμωνής Γ, Σιγανός Χ. Υποβοηθούμενη από το femtosecond laser Alcon Wave light FS200 διαμπερής κερατοπλαστική. 45^ο Πανελλήνιο Οφθαλμολογικό Συνέδριο. Οφθαλμολογική Εταιρεία Βορείου Ελλάδος 24-27 Μαΐου Χαλκιδική 2012; 71.

19. Shousha MA, Yoo SH, Kymionis GD. Long-term

results of femtosecond laser-assisted sutureless anterior lamellar keratoplasty. *Ophthalmology* 2011; 118:315-323.

20. Mashor RS, Rootman DB, Bahar I. Outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty versus intralase enabled penetrating keratoplasty in keratoconus. *Can J Ophthalmol* 2011; 46:403-407.

21. Farid M, Steinert RF, Gaster RN. Comparison of penetrating keratoplasty performed with a femtosecond laser zig-zag incision versus conventional blade trephination. *Ophthalmology* 2009; 116:1638-1643.

22. Buzzonetti L, Petrocelli G, Valente P. Big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty assisted by femtosecond laser in children. *Cornea* 2012; 31(9):1083-1086.

23. Reinhart WJ, Musch DC, Jacobs DS. Deep anterior lamellar keratoplasty as an alternative to penetrating keratoplasty. A Report by the American Academy of

Ophthalmology. *Ophthalmology* 2011; 118(1):209-218.

24. Σαμαράς Κ. Μεταμόσχευση ενδοθηλίου κερατοειδούς. Retrieved 2010; <http://www.lasersight.gr/node/52123>.

25. Apichon O, Reyes JM, Griffin NB. Microkeratome versus femtosecond laser predissection of corneal grafts for anterior and posterior lamellar keratoplasty. *Cornea* 2006; 25:966-968.

26. Cheng YY, Schouten JS, Tahzib NG. Efficacy and safety of femtosecond laser-assisted corneal endothelial keratoplasty: a randomized multicenter clinical trial. *Transplantation* 2009; 88:1294-1302.

27. Cheng YY, Van den Berg TJ, Schouten JS. Quality of vision after femtosecond laser-assisted descemet stripping endothelial keratoplasty and penetrating keratoplasty: a randomized, multicenter clinical trial. *Am J Ophthalmol* 2011; 152:556-566.