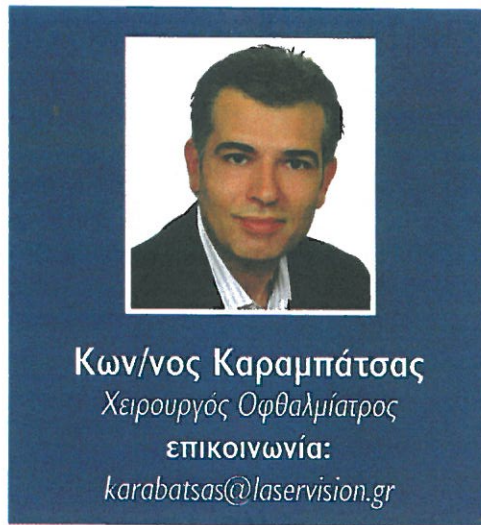


Προεγχειρητικός έλεγχος διαθλαστικής χειρουργικής

Μέρος 2ο

Τοπογραφικός προεγχειρητικός έλεγχος

Ο τοπογραφικός έλεγχος του ασθενούς που πρόκειται να υποβληθεί σε κάποια διαθλαστική επέμβαση αποτελεί σημαντικότατο μέρος του προεγχειρητικού ελέγχου. Απαιτείται προσεκτικός και αναλυτικός έλεγχος των τοπογραφικών και παχυμετρικών δεδομένων για τον καθορισμό της καταλληλότητας του υποψηφίου, όσο και του τύπου της επέμβασης στην οποία πρόκειται να υποβληθεί. Ο σύγχρονος «τοπογραφικός» έλεγχος δεν περιλαμβάνει τον έλεγχο μόνο της πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας και μια απλή παχυμετρία υπερήχων, αλλά απαιτεί πολλές περισσότερες πληροφορίες. Αυτές είναι: (α) έλεγχος τόσο της πρόσθιας όσο και της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, (β) αναλυτική παχυμετρία σε όλη την επιφάνεια του κερατοειδούς και όχι μόνο σε ένα σημείο, (γ) έλεγχος επιθηλίου του κερατοειδούς, (δ) Corneal και total wavefront.

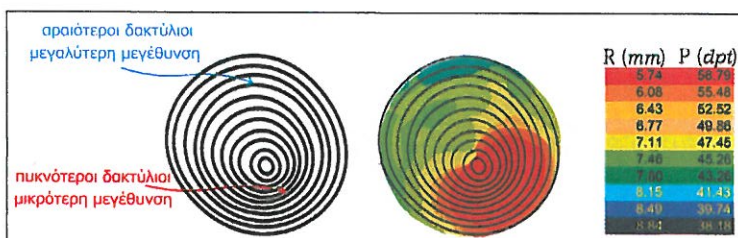


π.χ. 37 dpt (πιο επίπεδος – flat κερατοειδής).

- Οι αξονικοί χάρτες (axial ή sagittal) καμπυλότητας τονίζουν εύκολα την ύπαρξη αστιγματισμού. Με βάση αυτούς τους χάρτες παρέχονται και οι (πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι στην καθημερινή κλινική πράξη) χάρτες οπτικής ισχύος (power ή refractive) που καταγράφουν την κατανομή της διοπτρικής ισχύος του κερατοειδούς. Αυτή υπολογίζεται δευτερογενώς από τα καμπυλομετρικά δεδομένα, με βάση τη σχέση που συνδέει την ακτίνα καμπυλότητας (R) με την ισχύ (D) της επιφάνειας (Σχήμα 1).
- Οι εφαπτομενικοί χάρτες (tangential ή instantaneous ή local ή “true” map) καμπυλότητας απεικονίζουν τοπογραφικά το σχήμα του κερατοειδούς με διαφορετικό μαθηματικό μοντέλο, υπολογίζοντας την τοπική ακτίνα καμπυλότητας που αντιστοιχεί στην τοπική σφαιρικότητα,

Placido τοπογραφία

Οι τεχνολογίες αυτού του τύπου (reflection imaging), χρησιμοποιούν τη δακρυϊκή στοιβάδα ως ένα κυρτό κάτοπτρο αντανάκλασης ομόκεντρων δακτυλίων (δίσκος Placido). Από τον υπολογισμό της μεγέθυνσης των αντανάκλασεων σε διάφορα σημεία, υπολογίζεται η καμπυλότητα του κερατοειδούς. Η καμπυλότητα του κερατοειδούς απεικονίζεται τελικά με χρωματικούς χάρτες στους οποίους «θερμά» χρώματα αποδίδουν μεγαλύτερες τιμές καμπυλότητας ενώ «ψυχρά», μικρότερες. Οι τιμές αποδίδονται σε διοπτρίες, και έτσι μια μέση τιμή 42 dpt αντιστοιχεί σε κίτρινο-πράσινο χρώμα, ενώ με κόκκινο αποδίδονται μεγάλες τιμές καμπυλότητας π.χ. 46 dpt (πιο κυρτός - steep κερατοειδής) και με μπλε μικρές τιμές καμπυλότητας



Σχήμα 1: Σχηματισμός ανακλάσεων δακτυλίων Placido και ενδεικτικοί υπολογισμοί καμπυλότητων και οπτικής ισχύος σε αντιστοιχία με τη χρωματική κλίμακα (courtesy Dr G. Asimellis)

Πίνακας 1: Υποπτα τοπογραφικά κριτήρια πρόσθιας κερατοειδικής επιφάνειας (Placido)

Μορφολογικά κριτήρια

- οποιαδήποτε παρουσία ασύμμετρου (ασύμμετρες κλεψύδρες, asymmetric bow-tie) ή μη ορθογωνικού αστιγματισμού (μη ορθογωνική κλεψύδρα) είναι ύποπτη
- απώλεια εναντιομορφισμού ΔΟ / ΑΟ

Τοπο-μετρικά κριτήρια

- μέση κερατομετρία > 45.5D
- υψηλότερη τιμή κεντρικής διοπτρικής ισχύος (simk D) > 47.2D
- διαφορά simk > 3D (στη ζώνη των 3mm), με κυρτό (steep) τον κάθετο μεσημβρινό
- γωνία SRAX > 20°
- αύξηση της κυρτότητας στο κατώτερο μέρος του κερατοειδούς (inferior cornea steepening - superior cornea; I-S > 1.4D)
- διαφορά κυλίνδρου > 1.00D μεταξύ ΔΟ / ΑΟ
- κριτήρια irregularity index (Lindstrom)
Irregularity Index > 1.5D στα 3mm, ή > 2.00D στα 5mm

Πίνακας 2:

Υποπτα υψομετρικά κριτήρια πρόσθιας και οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας (Orbscan)

- Anterior Float:
διαφορά > 100μm ανάμεσα στο υψηλότερο / χαμηλότερο σημείο (μέχρι τη ζώνη των 8mm)
- Posterior float:
Posterior BFS > 55D
- Το υψηλότερο σημείο στην οπίσθια επιφάνεια > 40-50μm**
- R πρόσθια BFS / R οπίσθια BFS (mm)

< 1.21	φυσιολογικός
1.21 – 1.27	ύποπτος
> 1.27	απαγορευτικός
- **Έντονη αναρμονικότητα κερατοειδικών επιφανειών** (στο πρόσθιο και στο οπίσθιο elevation float)

ανεξάρτητα από τον κεντρικό οπτικό άξονα. Η εφαπτομενική τοπογραφία είναι πίο ευαίσθητη σε τοπικές, μικρές αλλαγές της καμπυλότητας του κερατοειδούς, όπως μετά από διαθλαστικές επεμβάσεις, για διάγνωση εκτασίας, κ.λπ. Είναι επίσης πίο ακριβής στην περιφέρεια του κερατοειδούς.

Οι συσκευές Placido μπορούν επίσης να αποδώσουν έμμεσα υψομετρικό χάρτη (elevation map) όχι με απευθείας μέτρηση, αλλά με βάση τις καμπυλομετρικές ενδείξεις. Ωστόσο, δεν παρέχουν καμιά πληροφορία για την παχυμετρική κατάσταση του κερατοειδούς, ούτε για την οπίσθια επιφάνειά του.

Ετσι ο ρόλος τους στην πλήρη προεγχειρητική εκτίμηση διαθλαστικών περιστατικών είναι πλέον κάπως περιορισμένος. Παρά ταύτα εξακολουθούν να αποτελούν το gold standard της εκτίμησης πληροφοριών για την πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια, υπερτερώντας στο συγκεκριμένο σημείο έναντι των νεότερων συσκευών. Επιπλέον, από τη μακροχρόνια εμπειρία χρήσης των τοπογραφιών τύπου Placido υπάρχει συσσωρευμένη εμπειρία και έχουν εντοπιστεί διάφορα κριτήρια ασφαλείας ή επικινδυνότητας μιας διαθλαστικής επέμβασης. Υπάρχουν κάποια ύποπτα τοπογραφικά κριτήρια υποκλινικού κερατόκωνου (όσον αφορά στην πρόσθια κερατοειδική επιφάνεια με βάση την Placido τοπογραφία) που συνοψίζονται στον Πίνακα 1. Τα δεδομένα αυτά είναι τόσο μορφολογικά όσο και τοπομετρικά και ισχύουν και για τα απεικονιστικά δεδομένα της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς με νεότερες τεχνολογίες. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συνδυαστικά με τις υπόλοιπες μετρήσεις και να εκτιμούνται ως προς την τελική απόφαση για τον τύπο της επέμβασης που απαιτείται ανά περίπτωση.

Πίνακας 3:

Υποπτα παχυμετρικά κριτήρια (Orbscan)

- Το λεπτότερο σημείο είναι > 30μm λεπτότερο από την κεντρική παχυμετρία
- Το λεπτότερο σημείο βρίσκεται έξω από τη ζώνη των 5mm
- Παχυμετρική διαφορά του λεπτότερου σημείου (thinnest) από την περιφερική παχυμετρία (οποιοδήποτε σημείο στη ζώνη των 7mm) > 100μm
- Παχυμετρική διαφορά > 30μm ανάμεσα στο πάχος στην κορυφή του κώνου και του αντιδιαμετρικά συμμετρικού σημείου, ως προς το κέντρο του χάρτη

Απεικόνιση με καταγραφή επιφανειών (elevation – based)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν η Scheimpflug τοπομετρία Pentacam και η σάρωση σχισμής (scanning slit) Orbscan. Και οι δυο τεχνολογίες παρέχουν πληροφορίες και για την πρόσθια και για την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, καθώς επίσης και πλήρη παχυμετρικά δεδομένα. Χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνολογίες, παρέχονται πρωτίστως υψομετρικά και παχυμετρικά δεδομένα με ταυτόχρονη απεικόνιση και της πρόσθιας αλλά και της οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας. Οι υψομετρικοί χάρτες (elevation maps) που προκύπτουν από τις μετρήσεις, δείχνουν τις διαφορές της επιφάνειας από μια ιδανικά σφαιρική επιφάνεια (βέλτιστης εφαρμογής, best-fit sphere BFS), όπως οι γεωφυσικοί χάρτες δείχνουν τις διαφορές της ξηράς από το επίπεδο της θάλασσας. Με θερμά χρώματα απεικονίζονται οι ανυψώσεις, δηλ. τα βουνά, με ψυχρά οι περιοχές όπου ο κερατοειδής βρίσκεται «κάτω» από την ιδανική σφαίρα, δηλ. οι ωκεανοί. Δευτερευόντως, από τις υψομετρικές πληροφορίες, μπορούν να υπολογιστούν η καμπυλότητα και η διοπτρική ισχύς του κερατοειδούς τόσο για την πρόσθια όσο και για την οπίσθια επιφάνεια (Pentacam). Στην περίπτωση του Orbscan, παρέχεται για την πρόσθια επιφάνεια συνδυαστική πληροφόρηση και από ενσωματωμένο Placido δίσκο.

ORBSCAN απεικόνιση πρόσθιας και οπίσθιας κερατοειδικής επιφάνειας

Καταγράφει «φωτογραφικά» (διπλή σάρωση του κερατοειδούς με κατακόρυφη λεπτή φωτεινή ζώνη φωτός – σε αναλογία με τη σχισμοειδή λυχνία, και γι' αυτό λέγεται τεχνολογία σάρωσης σχισμής – scanning slit) πολλαπλές μεσημβρινές τομές, και ανασκευάζει την αρχιτεκτονική όλου του πρόσθιου θαλάμου, από όπου υπολογίζει τοπικά την ανύψωση των επιφανειών του κερατοειδούς. Μειονέκτημά της η ανάγκη λήψης πολλαπλών διαδοχικών «τομών». Μπορεί να δώσει όλους τους καμπυλομετρικούς και υψομετρικούς χάρτες και επιπλέον παχυμετρικούς χάρτες. Ακόμη και σήμερα, παρότι η ίδια η συσκευή έχει βρει επάξιους αντικαταστάτες, η παρουσίαση με τους τέσσερις χάρτες σε χρωματικές κλίμακες (Σχήμα 2), αποτελεί το πρότυπο αναφοράς που εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα στην κλινική πράξη.

Από την ευρεία χρήση της συσκευής Orbscan στον προεγχειρητικό διαθλαστικό έλεγχο, και παρά τις καταγεγραμμένες αδυναμίες της όσον αφορά στην ακριβή μέτρηση της οπίσθιας επιφάνειας και της παχυμετρίας, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν θολερότητες στον κερατοειδή, έχουν προκύψει κάποια βιβλιογραφικά κριτήρια για την πρόληψη της κερατεκτασίας ή τη διάγνωση υποκλινικού κερατόκωνου. Τα κριτήρια αυτά είναι τόσο υψομετρικά (Πίνακας 2) όσο και παχυμετρικά (Πίνακας 3).

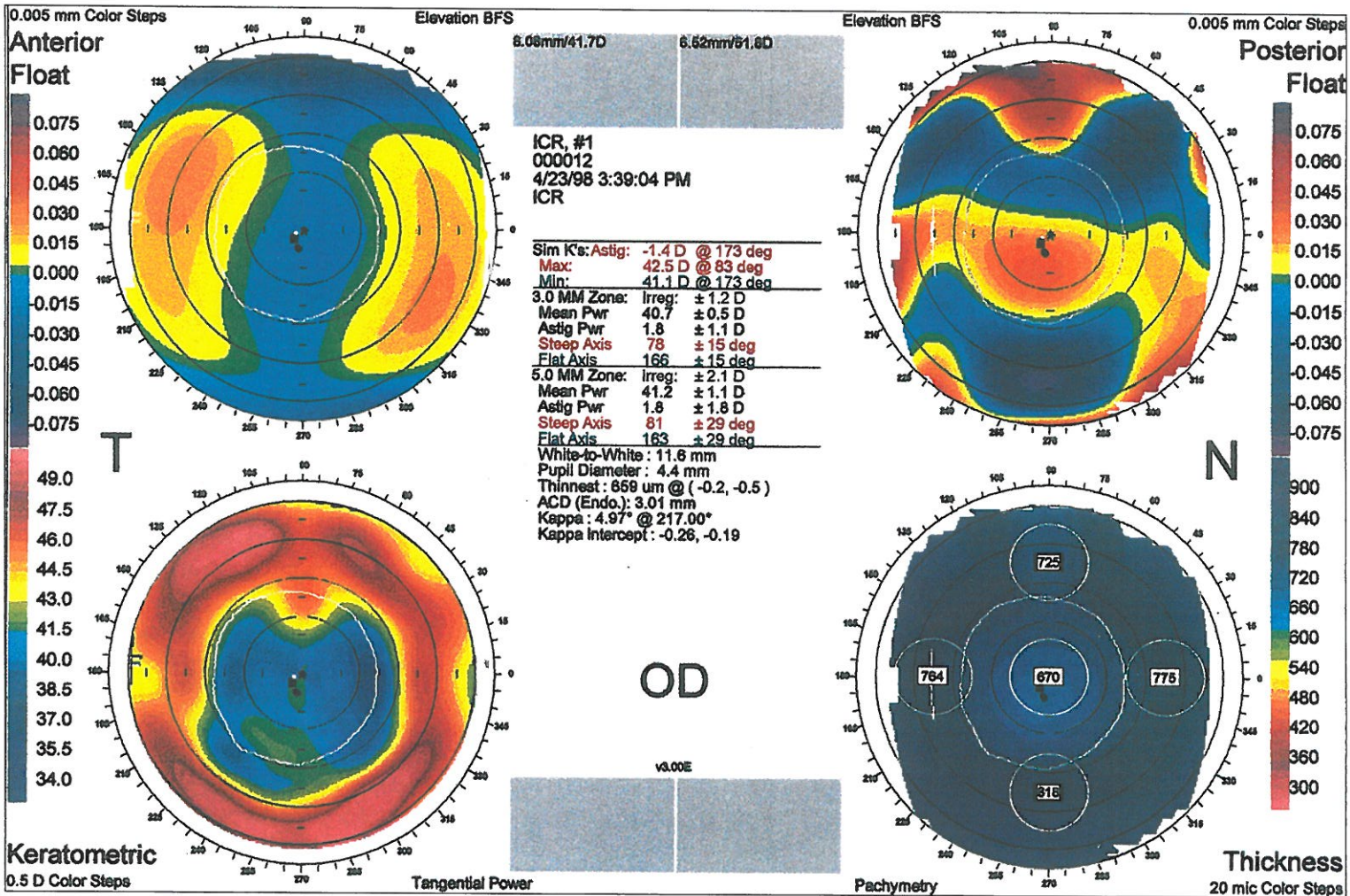
Pentacam

Η τεχνολογία Scheimpflug imaging, με κύριο (αλλά όχι πλέον μόνο) εκπρόσωπο τη συσκευή Pentacam, λαμβάνει εικόνες με πολύ μεγάλο βάθος πεδίου

Πίνακας 4: Προτεινόμενα κριτήρια για διαθλαστικό screening (Pentacam)

- Διαφορές στον χάρτη πρόσθιας ανύψωσης (Anterior Elevation) μικρότερες από +12μm θεωρούνται φυσιολογικές
- Διαφορές στον χάρτη πρόσθιας ανύψωσης > +15μm είναι τυπικά ενδεικτικές κερατόκωνου
- Διαφορές στον χάρτη πρόσθιας ανύψωσης μεταξύ + 12 – 15μm θεωρούνται ύποπτες

Ανάλογες μετρήσεις (αλλά περίπου 5μm υψηλότερες) ισχύουν για τον χάρτη οπίσθιας ανύψωσης (Posterior Elevation), αλλά η εμπειρία μας με αυτές είναι ακόμη περιορισμένη.



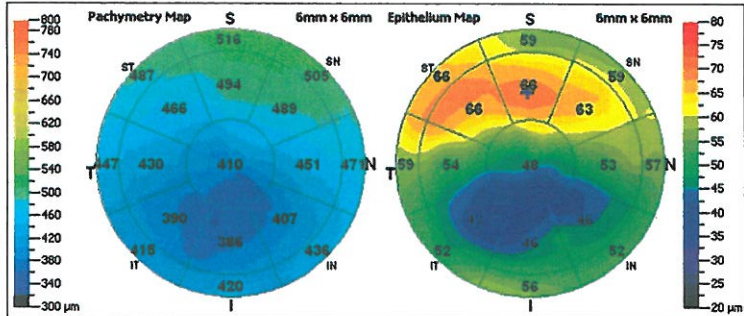
Σχήμα 2: Οι χάρτες αναφοράς όπως τους εισήγαγε η συσκευή Orbiscan. Επάνω αριστερά ανύψωση πρόσθιας επιφάνειας, πάνω δεξιά, ανύψωση οπίσθιας, κάτω αριστερά, εφραπτομενική καμπυλότητα πρόσθιας επιφάνειας, και κάτω δεξιά, παχυμετρία (courtesy Dr G.Asimellis)

από όλο τον πρόσθιο θάλαμο και αναπαριστά τον κερατοειδή με μεγάλη ακρίβεια. Η επεξεργασία όλων των στοιχείων αυτών επιτρέπει την τρισδιάστατη αναπαράσταση των επιφανειών του κερατοειδούς και του πρόσθιου θαλάμου, καθώς και εξειδικευμένους δισδιάστατους χάρτες με συγκεκριμένες πληροφορίες κωδικοποιημένες σε χρωματική κλίμακα διαβάθμισης. Σε αυτούς τους χάρτες, εκτός από την παχυμετρία, μπορούν να παρουσιαστεί μια μεγάλη ποικιλία πληροφοριών για τον κερατοειδή (ξεχωριστά για την πρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια) και τον πρόσθιο θάλαμο, όπως χάρτες ανύψωσης (elevation) που αποδίδουν τη διαφορά του σχήματος του κερατοειδούς από διάφορα πρότυπα σφαιρικής καμπυλότητας, χάρτες αξονικής και εφραπτομενικής

κάμψυλότητας, και αρκετοί ποιοτικοί και ποσοτικοί δείκτες της ομοιομορφίας του κερατοειδούς.

Ως μειονέκτημα της τεχνολογίας Scheimpflug θεωρείται ότι απαιτείται περιστροφή του οπτικού συστήματος για την καταγραφή των διαδοχικών μεσημβρινών τομών. Κίνηση του ματιού κατά τη διάρκεια της καταγραφής ίσως να επηρεάσει την ακρίβεια των μετρήσεων. Επίσης, είναι ενδεχόμενο να επηρεαστούν οι τιμές από μικρές αδιαφάνειες/συμπυκνώσεις ιστού του κερατοειδούς, μιας και το λογισμικό υποθέτει σταθερή τιμή του δείκτη διάθλασης μέσα στον κερατοειδή.

Στον Πίνακα 4, αναφέρονται τα προτεινόμενα κριτήρια διαθλαστικού screening, με βάση τις μετρήσεις πρόσθιας και οπίσθιας ανύψωσης στο Pentacam.



Σχήμα 3: Κατανομή πάχους του επιθηλίου (epithelium map) του κερατοειδούς με τη συσκευή RtVue-100 σε κερατοκωνικό οφθαλμό. Το επιθήλιο είναι γενικά πιο παχύ, αλλά λεπτότερο σε σημεία που το υποκείμενο στρώμα είναι υπερυψωμένο.

Τεχνολογία OCT

Η τεχνολογία OCT βασίζεται στη μερική συμβολομετρία. Η διακριτική ικανότητα ενός τέτοιου συστήματος είναι, με τα σημερινά δεδομένα, της τάξης του 1μm. Είναι θεωρητικά η πιο επακριβής τεχνική, και μπορεί να απεικονίσει με πολύ μεγάλη ακρίβεια ακόμη και τη δομή του κερατοειδούς (π.χ. το επιθήλιο) (RtVue-100, Ορτονue). Μειονέκτημά της είναι ο μεγάλος όγκος πρωτογενών δεδομένων, κάτι που αυξάνει τον χρόνο επεξεργασίας και απόκρισης (ένα OCT λαμβάνει 8 τομές (A-scans) στον ίδιο χρόνο που σήμερα ένα Pentacam λαμβάνει 25). Θεωρείται αναδυόμενη τεχνολογία στην απεικόνιση του πρόσθιου θαλάμου. Η μελέτη του πάχους του κερατοειδούς με το OCT (Σχήμα 3), θεωρείται ότι στο άμεσο μέλλον θα παίξει σπουδαίο ρόλο στη μελέτη του υποκλινικού κερατόκωνου.