

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΚΤΡΟΠΩΝ
ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΞΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ**

Τρισεύγενη Γιαννακοπούλου, MSc

Σωτήρης Πλαΐνης, MSc, PhD

Ιωάννης Παλλήκαρης, MD, PhD

Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης (ΙVO)

Σχολή Επιστημών Υγείας

Πανεπιστήμιο Κρήτης

Τ.Θ 2208 Τ.Κ 71003

Ηράκλειο Κρήτης

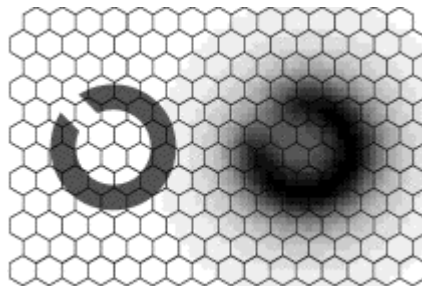
email: trisaki80@gmail.com

τηλ: 697.2263044

1. Εισαγωγή - Αξιολόγηση ποιότητας όρασης

Στην οφθαλμολογική / οπτομετρική εξέταση ρουτίνας, η ποιότητα της όρασης αξιολογείται με τη μέθοδο της οπτικής οξύτητας, η οποία αποτελεί την ικανότητα αναγνώρισης μαύρων γραμμάτων που προβάλλονται σε λευκό υπόβαθρο. Αν και η οπτική οξύτητα αποτελεί την αμεσότερη μέτρηση της διακριτικής ικανότητας του οφθαλμού, είναι εμφανές ότι δε μπορεί να αποτελέσει κριτήριο αξιολόγησης της ποιότητας όρασης γιατί δεν εξομοιώνει πραγματικές συνθήκες λειτουργικής όρασης (κατά την οδήγηση, πλοήγηση κλπ.), όπου παρουσιάζονται σημαντικές διακυμάνσεις όχι μόνο στο μέγεθος, αλλά στο σχήμα, το χρώμα, τη φωτεινότητα και το κόντραστ (φωτεινή αντίθεση) των αντικειμένων.

Επιπλέον, λόγω της ύπαρξης εκτροπών υψηλής τάξης και της σκέδασης του φωτός στις διαθλαστικές επιφάνειες του οφθαλμού (κερατοειδής, κρυσταλλοειδής φακός), η φωτεινή αντίθεση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου (κι επομένως η ποιότητά του) είναι αρκετά μειωμένη σε σχέση με το αντικείμενο (βλ., Σχ. 1). Κάτι ανάλογο παρατηρείται και με τα είδωλα των οπτικών φακών, οι οποίοι επίσης παρουσιάζουν εκτροπές υψηλής τάξης.



Σχήμα 1: Το «ιδανικό» αμφιβληστροειδικό είδωλο ενός συμβόλου Landolt-C (αριστερά), και όπως εστιάζεται στο μωσαικό των φωτοϋποδοχέων στην «πραγματικότητα» (με μειωμένη φωτεινή αντίθεση) λόγω της σκέδασης και της παρουσίας εκτροπών υψηλής τάξης από τις διαθλαστικές επιφάνειες του οφθαλμού (δεξιά).

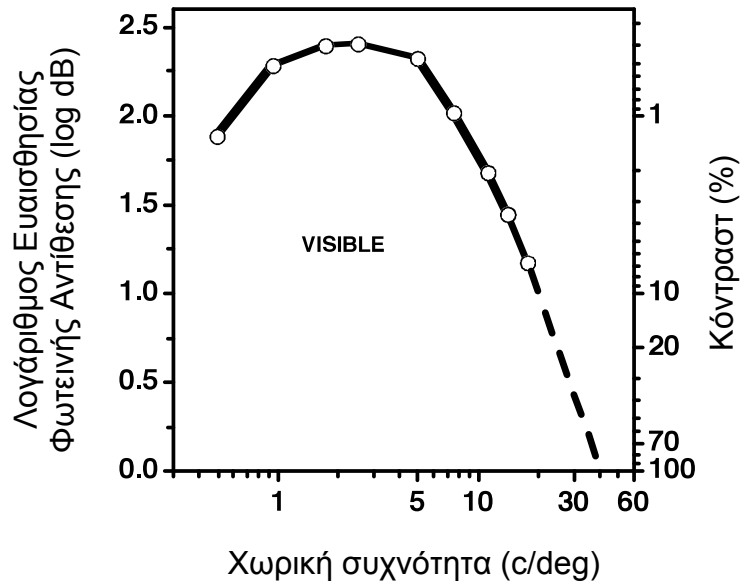
Επομένως είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση, ειδικά σε παθολογικές περιπτώσεις (π.χ. καταρράκτη, έκκεντρη διαθλαστική επέμβαση), πιο "απαιτητικών" δοκιμασιών όρασης, που θα έχουν τη δυνατότητα αξιολόγησης της διακριτικής ικανότητας, αλλά και της «ποιότητας» της όρασης σε συνθήκες που προσομοιάζουν αυτές που συναντώνται σε καθημερινές δραστηριότητες.

2. Ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης

Η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης αποτελεί μια ψυχοφυσική εξέταση της ποιότητας της όρασης. Βασίζεται στην προβολή ερεθισμάτων με περιοδική διαμόρφωση (όπως τα gratings), τα οποία συνήθως διαφέρουν σε χωρική συχνότητα. Κατά την δοκιμασία αυτή προβάλλεται ένα ερέθισμα συγκεκριμένης χωρικής συχνότητας του οποίου μεταβάλλεται το κόντραστ (φωτεινή αντίθεση) και ο εξεταζόμενος καλείται να ορίσει την ελάχιστη φωτεινή αντίθεση (C_{min}) για την οποία το grating είναι ορατό. Έτσι επιτυγχάνεται ο υπολογισμός της ευαισθησίας του εξεταζόμενου για την αντίληψη ενός ερεθίσματος. Η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης (CS) ορίζεται ως το αντίστροφο του ελάχιστου κόντραστ C_{min} , δηλαδή $CS=1/C_{min}$.

Μια δοκιμασία ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης περιέχει συνήθως μετρήσεις της ελάχιστης φωτεινής αντίθεσης (ουδός) για gratings ημιτονοειδούς διαμόρφωσης, για συχνότητες μεταξύ 0.5 και 20 c/deg. Το σχήμα 2 απεικονίζει μια τυπική καμπύλη ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης (Contrast Sensitivity Function, CSF) του ανθρώπου. Οι λεπτομέρειες και οι ακμές μιας εικόνας αποτελούνται από υψηλές χωρικές συχνότητες, ενώ τα αδρά χαρακτηριστικά της από χαμηλές χωρικές συχνότητες.

Η μέγιστη ευαισθησία παρουσιάζεται συνήθως για χωρικές συχνότητες μεταξύ 3 και 5 c/deg. Για χωρικές συχνότητες μικρότερες των 2 c/deg παρατηρείται μια βαθμιαία μείωση στην ευαισθησία, η οποία οφείλεται σε νευρωνικούς μηχανισμούς. Η μείωση της ευαισθησίας σε χωρικές συχνότητες μεγαλύτερες από 5 c/deg είναι σχεδόν γραμμική και οφείλεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό σε οπτικούς παράγοντες (π.χ οφθαλμικές εκτροπές υψηλής τάξης) και στο γεγονός ότι ο αριθμός νευρώνων συντονισμένων σε πολύ υψηλές συχνότητες είναι μικρός. Το σημείο στο οποίο η καμπύλη της ευαισθησίας αντίθεσης τέμνει τον άξονα x αποτελεί τη μέγιστη διακριτική ικανότητα του οφθαλμού, περίπου 45 c/deg (το οποίο αντιστοιχεί σε οπτική οξύτητα 15/10).



Σχήμα 2: Η τυπική καμπύλη ευαισθησίας στην φωτεινή αντίθεση (CSF). Η χωρική συχνότητα, η ευαισθησία αντίθεσης, καθώς και το κόντραστ παρίστανται σε λογαριθμικούς άξονες.

Γενικά, η μέτρηση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης συμπληρώνει αλλά και επεκτείνει την αξιολόγηση της οπτικής συμπεριφοράς που παρέχεται από μια απλή μέτρηση οπτικής οξύτητας. Αν και η εξέταση της απαιτεί περισσότερο χρόνο και "ιδιαίτερη" συνεργασία του εξεταζομένου, μας παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα όρασής του και την ικανότητά του να διακρίνει ερεθίσματα χαμηλού κόντραστ.

Δύο από τα σημαντικότερα μετεγχειρητικά προβλήματα που εμφανίζουν οι ασθενείς που υποβάλλονται σε διαθλαστική επέμβαση είναι: (1) το θάμβος οράσεως (λόγω κυρίως μερικής απώλειας της διαύγειας του κερατοειδή) που συνήθως επηρεάζει την ποιότητα όρασης σε συνθήκες έντονου φωτισμού, και (2) το αυξημένο ποσοστό εκτροπών υψηλής τάξης (π.χ. σφαιρική εκτροπή) που επηρεάζει την οπτική τους οξύτητα κυρίως όταν η κόρη έχει μεγάλη διάμετρο (π.χ. σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού).

Η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό να αξιολογήσει την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης μετά από διαθλαστική χειρουργική και να συγκρίνει παράλληλα τις δύο πιο διαδεδομένες τεχνικές διαθλαστικής χειρουργικής PRK και LASIK. Παράλληλα, στόχος ήταν να αξιολογηθεί η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και για διαφορετική διάμετρο κόρης, με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των εκτροπών υψηλής τάξης στην ποιότητα όρασης.

3. Μεθοδολογία

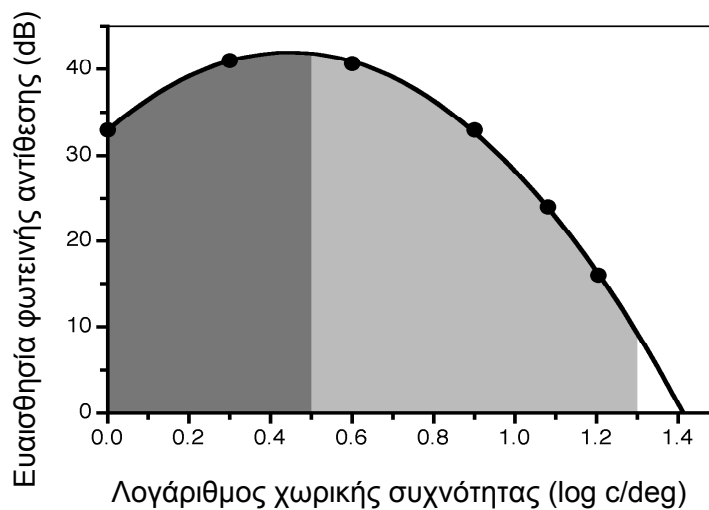
Στη μελέτη έλαβαν μέρος 23 συμμετέχοντες εκ των οποίων οι 15 ήταν άνδρες και οι 8 γυναίκες (μέση ηλικία: 25.4 έτη \pm 5.1). Δέκα από αυτούς υπεβλήθησαν σε ενδοστρωματική κερατοσμίλευση (LASIK), ενώ οι υπόλοιποι δεκατρείς σε επιφανειακή φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή (PRK).

Για την αξιολόγηση της διακριτικής ικανότητας της όρασης η οπτική οξύτητα ελέγχθηκε με το πρότυπο logMAR οπτότυπο της ETDRS, το οποίο στηρίζεται στην παράσταση logMAR (στο λογάριθμο της ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας). Οι μετρήσεις των εκτροπών υψηλής τάξης του μετώπου κύματος πραγματοποιήθηκε με το εκτροπόμετρο COAS (Wavefront Sciences Ltd). Οι εκτροπές υψηλής τάξης μετρήθηκαν για τον καθένα συμμετέχοντα πριν τη διαθλαστική επέμβαση, ένα και τρεις μήνες μετά από αυτήν. Για την επεξεργασία τους χρησιμοποιήθηκε μαθηματικό υπολογιστικό πρόγραμμα (MATLAB). Οι οφθαλμικές εκτροπές εκφράστηκαν με 15 Zernike πολυώνυμα κατά OSA Notation.

Η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας Gabor gratings κάθετου προσανατολισμού (με τυπική απόκλιση 1.2 deg σε απόσταση 2 μέτρων) που παρουσιάζονταν σε μια οθόνη Sony GDM F-520 CRT (με ρυθμό ανανέωσης 120 Hz) με τη βοήθεια κάρτας γραφικών VSG 2/5 (CRS, Rochester, UK). Έξι χωρικές συχνότητες 1, 2, 4, 8, 12, 16 c/deg εξετάστηκαν, ενώ καταγράφηκε η μέση τιμή τριών μετρήσεων (threshold). Οι συμμετέχοντες που έλαβαν μέρος στη συγκεκριμένη μελέτη δεν είχαν πρότερη εμπειρία σε ψυχοφυσικές μετρήσεις. Τα διαθλαστικά τους σφάλματα ήταν διορθωμένα για την απόσταση των δύο μέτρων στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, ενώ τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν από τον κυρίαρχο οφθαλμό τους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν προ-εγχειρητικά, ένα μήνα και τρεις μήνες μετά τη διαθλαστική επέμβαση. Τεχνητή κόρη 3mm και 6mm χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να απομονωθεί η επίδραση των οφθαλμικών εκτροπών στην ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης. Για να απομονωθεί η επίδραση της φωτεινότητας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και για 30 cd/m² στην περίπτωση των 3mm και 7.5 cd/m² στην περίπτωση των 6mm τεχνητής κόρης. Επίσης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για μέση φωτεινότητα

grating 30 cd/m² και για κόρη 6mm προκειμένου να γίνει αξιολόγηση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης σε συνθήκες διαφορετικού φωτισμού.

Η καμπύλη ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης (βλ. Σχ. 3) μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με δύο τρόπους: Από (1) τη μέγιστη διακριτική ικανότητα και (2) από το ολοκλήρωμα (εμβαδόν) του χωρίου κάτω από την καμπύλη. Και στις δύο περιπτώσεις, υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης. Επιπλέον, επειδή είναι γνωστό ότι διαφορετικές συνθήκες επηρεάζουν επιλεκτικά τις χαμηλές και τις υψηλές χωρικές συχνότητες, το «εμβαδόν» υπολογίστηκε για δύο χωρία: για χαμηλές (0.0 έως 0.5 log c/deg) και για υψηλές χωρικές συχνότητες (0.5 έως 1.3 c/deg).

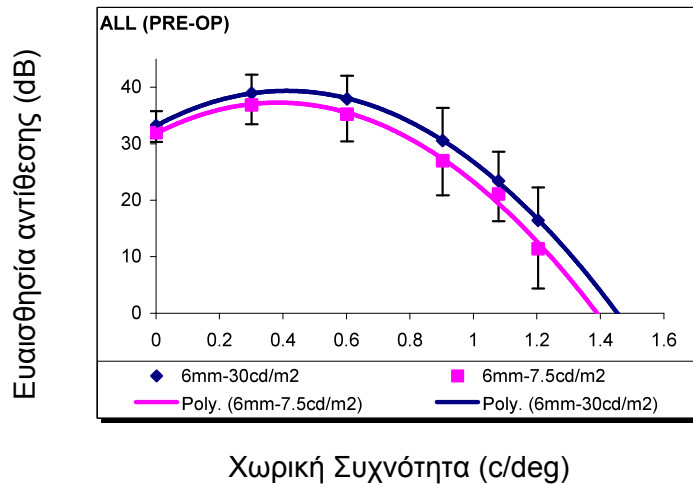


Σχήμα 3: Ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης συναρτήσεϊ του λογάριθμου της χωρικής συχνότητας. Η περιοχή που είναι χρωματισμένη με σκούρο γκρι αποτελεί το εμβαδόν των χαμηλών συχνοτήτων E_{low} , ενώ αυτή με το ανοιχτόχρωμο γκρι αποτελεί το εμβαδόν των υψηλών χωρικών συχνοτήτων E_{high} .

4. Αποτελέσματα

4.1 Ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης - Φωτεινότητα

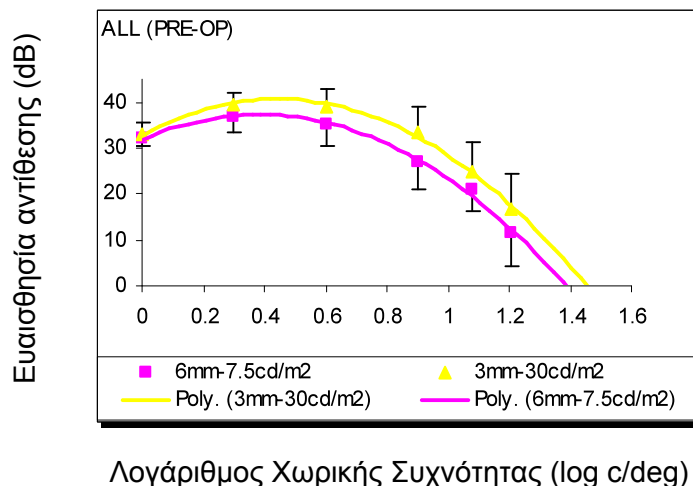
Το Σχ. 4 παρουσιάζει προεγκαιρητικά αποτελέσματα για την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης σε διαφορετική φωτεινότητα (διάμετρο κόρης ίση με 6 mm). Η μέγιστη διακριτική ικανότητα για φωτεινότητα 30 cd/m² ήταν 25.13 c/deg, ενώ για φωτεινότητα 7.5 cd/m² ήταν 22.14 c/deg. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι η χαμηλή φωτεινότητα δείχνει να επηρεάζει κυρίως τις μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Η μείωση της ευαισθησίας σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού επιβεβαιώνει προηγούμενες μελέτες.



Σχήμα 4: Καμπύλες ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης για τα δύο επίπεδα φωτισμού. Τα σημεία αποτελούν τις προ-εγχειρητικές μέσες τιμές μεταξύ των συμμετεχόντων, ενώ έχει παρασταθεί και το εύρος της τυπικής απόκλισης. Με μπλε χρώμα απεικονίζεται η φωτεινότητα των 30 cd/m², ενώ με ροζ η φωτεινότητα των 7.5 cd/m².

4.1 Ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης - Διάμετρος κόρης

Το Σχ. 5 παρουσιάζει καμπύλες φωτεινής ευαισθησίας για κόρη διαφορετικής διαμέτρου και ίδια φωτεινότητα. Είναι εμφανές ότι η μέγιστη διακριτική ικανότητα ήταν υψηλότερη για τη μικρότερη κόρη (25.15 έναντι 22.14 c/deg), ενώ οι χαμηλές συχνότητες δεν επηρεάζονται τόσο όσο οι μεσαίες και οι υψηλές. Αυτό είναι αναμενόμενο από τη στιγμή που είναι γνωστό ότι οι εκτροπές υψηλής τάξης επηρεάζουν περισσότερο την ποιότητα όρασης σε κόρη μεγάλης διαμέτρου.

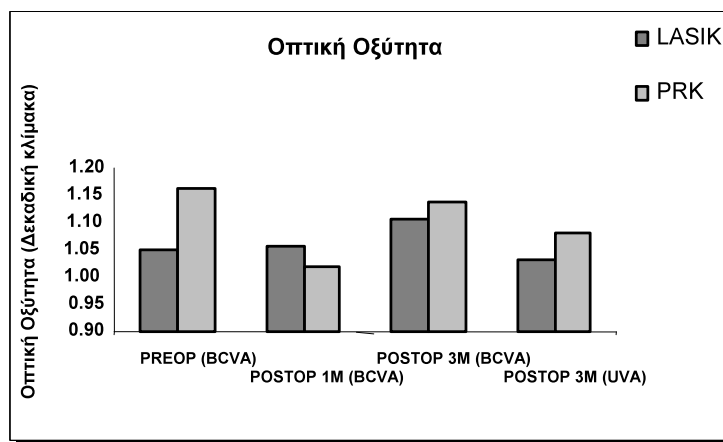


Σχήμα 5: Καμπύλες ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης για διαφορετικό μέγεθος κόρης. Η αμφιβληστροειδική φωτεινότητα ήταν ίση με 212 td και στις δύο συνθήκες. Τα σημεία αποτελούν τις προ-εγχειρητικές μέσες τιμές μεταξύ των συμμετεχόντων, ενώ έχει παρασταθεί και το εύρος της τυπικής απόκλισης. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η συνθήκη των 3mm διαμέτρου κόρης, ενώ με μπλε η συνθήκη των 6mm.

4.2 Διαθλαστική χειρουργική - Οπτική οξύτητα

Η οπτική οξύτητα (με την καλύτερη διόρθωση) για την ομάδα LASIK ένα μήνα μετά την επέμβαση ήταν κατά μέσο όρο ίση με 1.00 (σε δεκαδική κλίμακα) (προ-εγχειρητική οπτική οξύτητα 1.06), ενώ τρεις μήνες μετά ήταν 1.03 (βλ. Σχ. 6). Το διαθλαστικό τους σφάλμα (σφαίρωμα) κατά μέσο όρο μηδενίστηκε, ενώ παρέμεινε ένα μικρό ποσοστό αστιγματισμού. Τρεις μήνες μετά την επέμβαση το μέσο υπολειπόμενο σφαίρωμα ήταν ελαφρά υπερμετρωπικό, ενώ η τιμή του υπολειπόμενου αστιγματισμού μειώθηκε. Παρόλο αυτά η μετεγχειρητική οπτική οξύτητα χωρίς διόρθωση ήταν ελαφρώς μειωμένη σε σχέση με την προ-εγχειρητική.

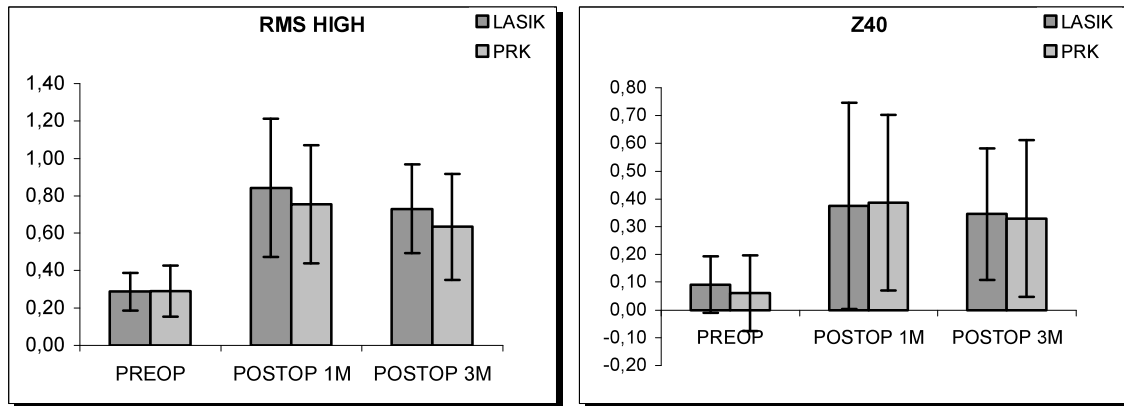
Οι 13 συμμετέχοντες της ομάδας PRK ένα μήνα μετά την επέμβαση παρουσίασαν (κατά μέσο όρο) οπτική οξύτητα ίση με 0.93 (προ-εγχειρητική οπτική οξύτητα 1.15). Το διαθλαστικό τους σφάλμα (σφαίρωμα) έγινε ελαφρά υπερμετρωπικό και παρέμεινε και ένα μικρό ποσοστό αστιγματισμού. Τρεις μήνες μετά την επέμβαση το υπολειπόμενο θετικό σφαίρωμα αυξήθηκε ελάχιστα, ενώ η τιμή του υπολειπόμενου αστιγματισμού μειώθηκε. Παρατηρήθηκε μια μικρή βελτίωση στην οπτική τους οξύτητα με σφαιροκυλινδρική διόρθωση σε σχέση με αυτήν που δεν έφερε διόρθωση. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι μεγαλύτερη βελτίωση οπτικής οξύτητας τρεις μήνες μετά τη διαθλαστική επέμβαση (σε σχέση με την οπτική οξύτητα του μήνα) και καλύτερη οπτική οξύτητα και με και χωρίς διόρθωση εμφάνισαν αυτοί που είχαν υποβληθεί σε PRK (βλ., Σχ. 6).



Σχήμα 6: Παρουσιάζονται σχηματικά οι μέσες τιμές που προέκυψαν στην οπτική οξύτητα όλων των συμμετεχόντων (ξεχωριστά για κάθε ομάδα) μετά τη διαθλαστική χειρουργική.

4.3 Διαθλαστική χειρουργική - Εκτροπές υψηλής τάξης

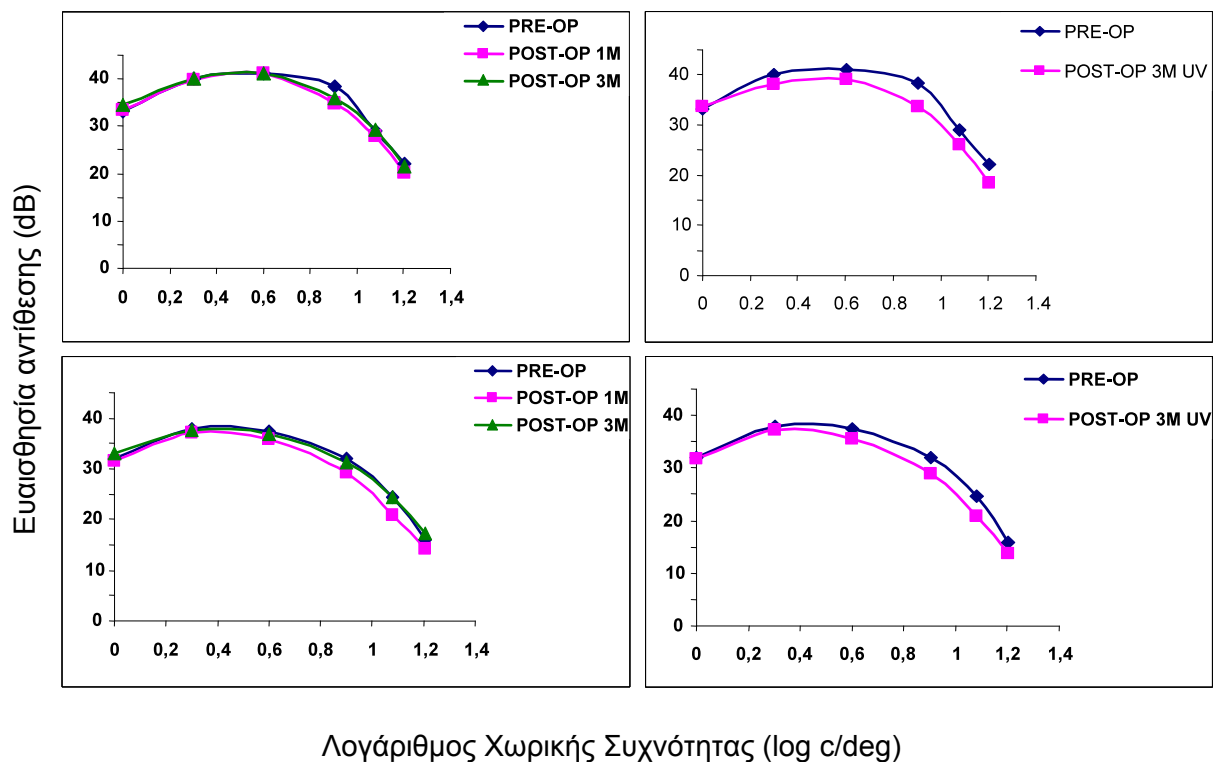
Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων (βλ., Σχ. 7) διαπιστώθηκε αύξηση των εκτροπών υψηλής τάξης και κυρίως της σφαιρικής εκτροπής ένα μήνα μετά την επέμβαση, ενώ τρεις μήνες μετά οι τιμές αυτών παρουσιάζουν μια μικρή μείωση, χωρίς όμως να πλησιάζουν τις προ-εγχειρητικές τιμές. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκτροπές υψηλής τάξης αυξήθηκαν ένα μήνα μετά την επέμβαση κατά 2.7 φορές (μικρότερη αύξηση για την ομάδα PRK), ενώ η σφαιρική εκτροπή κατά 4 φορές.



Σχήμα 7: Συνολικές εκτροπές υψηλής τάξης (RMS High, αριστερά) και σφαιρική εκτροπή (z40, δεξιά) για τους συμμετέχοντες που υπεβλήθησαν σε διαθλαστική χειρουργική προ-εγχειρητικά και μετεγχειρητικά (για τον 1^ο και τον 3^ο μήνα).

4.4 Διαθλαστική χειρουργική - Ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης

Ο μέσος όρος της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης ένα μήνα μετά τη διαθλαστική χειρουργική παρουσιάζει αισθητή μείωση (κυρίως για τα 6mm διάμετρο κόρης) σε σχέση με το μέσο όρο των προ-εγχειρητικών τιμών. Η αρνητική αυτή επίδραση έχει να κάνει προφανώς με την αύξηση των εκτροπών υψηλής τάξης και πιθανόν τη σκέδαση (ιδιαίτερα για την ομάδα PRK). Αν και η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης (με την καλύτερη διαθλαστική διόρθωση) αρχικά δείχνει να μειώνεται, επιστρέφει στα προ-εγχειρητικά της επίπεδα τρεις μήνες μετά τη διαθλαστική χειρουργική. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όταν οι μετρήσεις τρεις μήνες μετά την επέμβαση πραγματοποιήθηκαν χωρίς την καλύτερη διορθωμένη όραση (UVA) παρατηρείται μειωμένη ευαισθησία (σε σχέση με τις προ-εγχειρητικές τιμές) (Σχήμα: 8).



Σχήμα 8: Παρουσιάζονται σχηματικά οι μέσες τιμές για την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης μετά τη διαθλαστική χειρουργική για τις δύο συνθήκες. Πάνω απεικονίζονται τα αποτελέσματα για τα 3mm διάμετρο κόρης και για 30cd/m² φωτεινότητα grating, ενώ κάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα για 6mm διάμετρο κόρης και για 7.5 cd/m² φωτεινότητα grating. Αριστερά οι μετεγχειρητικές τιμές με την καλύτερη διορθωμένη όραση, ενώ δεξιά οι τιμές χωρίς διόρθωση (UV).

5. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων γίνεται εμφανές ότι:

- Παρατηρείται μείωση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης ένα μήνα μετά την επέμβαση (με το φαινόμενο να είναι ιδιαίτερα έντονο για 6 mm διάμετρο κόρης).
- Η καλύτερα διορθωμένη ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης επανέρχεται στα προεγχειρητικά επίπεδα τρεις μήνες μετά την επέμβαση.
- Χωρίς την καλύτερη διορθωμένη όραση, η ευαισθησία τρεις μήνες μετά την επέμβαση είναι χαμηλότερη. Αυτό είναι σημαντικό, αν λάβουμε υπόψιν ότι οι ασθενείς μετεγχειρητικά δε χρησιμοποιούν γυαλιά για διόρθωση χαμηλών διαθλαστικών σφαλμάτων.
- Σχεδόν καμία διαφορά δεν παρατηρείται μεταξύ των δύο τεχνικών διαθλαστικής χειρουργικής (όσον αφορά την οπτική οξύτητα και την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης).

- Αν και με τη διαθλαστική χειρουργική αυξάνονται σημαντικά οι εκτροπές υψηλής τάξης, μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για τη σφαιρική εκτροπή.
- Η αύξηση των εκτροπών υψηλής τάξης και η ταυτόχρονη μείωση της ποιότητας του αμφιβληστροειδικού ειδώλου (όπως υπολογίζεται με αντικειμενικές μεθόδους) δε συμβαδίζει με υποκειμενικές μετρήσεις, όπως η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη απετέλεσε τη μεταπτυχιακή εργασία της Τρισεύγενης Γιαννακοπούλου στα πλαίσια της απόκτησης του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης στο Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών "Οπτική και Όραση" της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Κρήτης. Η διεκπεραίωση της εργασίας έγινε με υποτροφία του Ιδρύματος Κρατικών Υποτροφιών (Ι. Κ. Υ).

Βιβλιογραφία

- Igor Kaiserman, Rossen Hazarbassnov, David Varssano, Aharon Grinbaum. Contrast sensitivity after wavefront-guided lasik. *Ophthalmology* 2004; 111:454-457.
- Yuan-Chieh Lee, Fung-Rong Hu, I-Jong Wang. Quality of vision after laser in situ keratomileusis. Influence of dioptric correction and pupil size on visual function. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:769-777.
- Jay W.W. Chan, Marion H. Edwards, George C.Woo, Victor C.P.Woo. Contrast sensitivity after laser in situ keratomileusis. One-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28:1774-1779.
- Laura Oliveira-Soto and W. Neil Charman. Some possible longer-term ocular changes following excimer laser refractive surgery. *Ophthal. Physiol. Opt.* 2002 22:274-288.
- Robert Montes-Mico, Jorge L. Alio, Gonzalo Munoz. Contrast sensitivity and spatial frequency spectrum after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003 - Vol. 29.
- Dulaney DD, Barnet RW, Perkins SA, Kezirian GM. Laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism: 6 month results. *J Cataract Refract Surg.* 1998 Jun; 24(6):758-64.

- Montes-Mico R, Charman WN. Mecopic contrast sensitivity function after excimer laser photorefractive keratectomy. J Refract Surg. 2002; 9-13.
- Russell L Woods, Joanne M Wood. The role of contrast sensitivity charts and contrast letter charts in clinical practice. Clinical and Experimental Optometry 1995.
- Richard S. Hoffman, Mark Packer, I. Howard Fine. Contrast sensitivity and laser in situ keratomileusis.
- Joseph Anthony J. Tumbocon, Palanisamy Suresh, Allan Slomovic, David S. Rootman. The effect of laser in situ keratomileusis in low contrast vision. J Refract Surg. 2004; Vol.20.
- Ninomiya S, Maeda N, Kuroda T, Fujikado T, Tano Y. Comparison of ocular high-order aberrations and visual performance between photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis for myopia. Ophthalmology 2003; 29-34.
- Bai-Chuan Jiang, Charles T. Scialfa, Richard A. Tyrrell, Philip M. Garvey, Herschel W. Leibowitz. Bandwidth of the contrast sensitivity function an index of spatial vision with application to refraction. Optometry and Vision Science. Vol.67, No. 4, pp. 260-267.