



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΗΣ ΩΧΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΣΗΛΩΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΣΕ
ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗ

ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΙΑΤΡΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Παλλήκαρης Ιωάννης, Καθηγητής Οφθαλμολογίας

Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Οφθαλμολογίας

Κυμιωνής Γεώργιος, Λέκτορας Οφθαλμολογίας

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΗΣ ΩΧΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΣΗΛΩΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΣΕ
ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗ

ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΙΑΤΡΟΣ

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Οπτική & Όραση», με Τριμελή Επιτροπή Επίβλεψης και Αξιολόγησης αποτελούμενη από τους :

Παλλήκαρης Ιωάννης

Τσιλιμπάρης Μιλτιάδης

Κυμιωνής Γεώργιος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Μέρος I Βασική Ανατομία και Φυσιολογία	10
1.1 Εισαγωγή - Γενικά ανατομικά χαρακτηριστικά Οφθαλμού	10
1.2 Ανατομικά χαρακτηριστικά Κρυσταλοειδούς Φακού	11
1.2.1 Προσαρμογή	13
1.2.2 Ηλικιακές αλλαγές	14
1.3 Αμφιβληστροειδής	15
1.3.1 Αισθητήριος Αμφιβληστροειδής	15
1.3.2 Μελάχρουν Επιθήλιο	16
1.3.3 Ωχρά Κηλίδα	16
1.3.4 Περιφερικός Αμφιβληστροειδής	18
1.3.5 Οπτικός Δίσκος	18
1.3.6 Φωτοϋποδοχείς	19
1.4 Ανώτερη μεταφορά της οπτικής πληροφορίας	22
Μέρος II Καταρράκτης	23
2.1 Εισαγωγή	23
2.2 Ηλικιακός Καταρράκτης	24
2.2.1 Πυρηνικός καταρράκτης	25
2.2.2 Φλοιώδης καταρράκτης	25
2.2.3 Οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης	26
2.3 Συστήματα Ποιοτικής σταδιοποίησης	27
2.3.1 Oxford Clinical Cataract Classification and Grading System	27
2.3.2 Μέθοδος Mehra & Minassian	28
2.3.3 Wilmer system	29
2.3.4 Lens Opacities Classification System III	29

2.4 Συστήματα Ποσοτικής Σταδιοποίησης	31
2.4.1 Scheimpflug απεικόνιση	31
2.4.2 Anterior Segment OCT	34
2.4.3 CAD (computer-aided diagnosis imaging program)	34
2.4.4 Συστήματα εκτίμησης εμπρόσθιας σκέδασης	35
Μέρος III Εκτίμησης της λειτουργικής όρασης	37
3.1 Οπτική Οξύτητα	37
3.1.1 Πίνακες Snellen	37
3.1.2 Πίνακες EDTRS	38
3.2 Περιμετρία	39
3.3 Μικροπεριμετρία	43
3.3.1 Μικροπερίμετρο Scanning Laser Ophthalmoscope 101	44
3.3.2 Μικροπερίμετρο Micro Perimeter 1	46
3.3.3 Μικροπερίμετρο MAIA	47
3.4 Συσχέτιση καταρράκτη με την λειτουργική όραση	51
3.4.1 Συσχέτιση οπτικής οξύτητας και ευαισθησίας φωτεινής αντίθεση και καταρράκτη	51
3.4.2 Εκτίμηση της επίδραση του καταρράκτη στη φωτεινή ευαισθησία του βυθού με τεχνικές περιμετρίας	52
3.4.3 Εκτίμηση της επίδραση του καταρράκτη στη φωτεινή ευαισθησία του βυθού με τεχνικές μικροπεριμετρίας	52
Μέρος IV Πειραματικό Μέρος	54
4.1 Σκοπός Μελέτης	54
4.2 Μέθοδος	54
4.3 Στατιστική Ανάλυση	57
4.4 Αποτελέσματα	57
4.4.1 Λειτουργικά αποτελέσματα μετά από επέμβαση καταρράκτη	57
4.4.2 Συσχέτιση μεταξύ των λειτουργικών αποτελεσμάτων	59

4.4.3 Συσχέτιση καταρράκτη με τα λειτουργικά αποτελέσματα	61
4.4.4 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της σταθερότητας προσήλωσης	69
4.5 Συμπεράσματα	71
Βιβλιογραφία – Πηγές	75

Περίληψη

Σκοπός: Η αξιολόγηση της φωτεινής ευαισθησίας της ωχράς και της σταθερότητας προσήλωσης σε ασθενείς με ηλικιακό καταρράκτη πριν και μετά την επέμβαση φακοθρυψίας καταρράκτη και επανατοποθέτησης τεχνητού ενδοφακού.

Μεθοδολογία: Στη παρούσα προοπτική επεμβατική μελέτη μετρήθηκαν 24 οφθαλμοί (23 ασθενείς, 14 άνδρες και 9 γυναίκες), προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά στις 2 και 4 εβδομάδες. Η οπτική οξύτητα μετρήθηκε με τροποποιημένο πίνακα EDTRS του Πανεπιστημίου Κρήτης, ο καταρράκτης σταδιοποιήθηκε προεγχειρητικά με το LOCS III σύστημα και με εμπειρικό σύστημα σταδιοποίησης του καταρράκτη, η φωτεινή ευαισθησία της ωχράς και η σταθερότητα προσήλωσης αξιολογήθηκαν με το μικροπερίμετρο Maia (Macular Integrity Assessment).

Αποτελέσματα: Η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα (BCVA) και ο μέσος ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης (Av. Threshold) που προεγχειρητικά ήταν 0.37 logMAR και 23.39 dB, αντίστοιχα, εμφάνισαν βελτίωση σε σχέση με προεγχειρητικά σε 0.09 logMAR ($p<.001$) και 27.58 dB ($p<0.001$) αντίστοιχα στις 2 εβδομάδες και 0.03 logMAR ($p<.001$) και 28.89 dB ($p<0.001$) αντίστοιχα στις 4 εβδομάδες μετά την επέμβαση. Οι δυο μεταβλητές BCVA και Av.Threshold εμφάνισαν σημαντική συσχέτιση σε όλα τα διαστήματα παρακολούθησης ($p=0.001$), παραμένοντας στατιστικά σημαντική συνυπολογίζοντας και τον παράγοντα της ηλικίας ($p=0.005$). Η μεταβλητή BCVA εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τον οπίσθιο υποκαφικό καταρράκτη με την ταξινόμηση κατά LOCS III στα προεγχειρητικά αποτελέσματα ($p= 0.003$) και στη βελτίωση της BCVA στις 2 και 4 εβδομάδες ($p=0.048$, $p=0.005$). Η μεταβλητή Av.Threshold εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με όλους τους τύπους καταρράκτη (LOCS III) προεγχειρητικά ($p=0.033$), αλλά η συσχέτιση παρέμεινε σημαντική για την παράμετρο NC του πυρηνικού ($p=0.019$, $p=0.006$) και τον οπίσθιο υποκαφικό ($p=0.007$, $p<0.001$) σε σχέση με την βελτίωση του Av.Threshold στις 2 και 4 εβδομάδες. Σύμφωνα με το εμπειρικό σύστημα ταξινόμησης του καταρράκτη στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στην προεγχειρητική BCVA μεταξύ

σταδίων I-III ($p=0.042$) και I-IV ($p=0.011$) του οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη, στην βελτίωση την BCVA στις 2 εβδομάδες μεταξύ των σταδίων I-II ($p=0.011$) του πυρηνικού καταρράκτη και στην βελτίωση της BCVA στις 4 εβδομάδες μεταξύ των σταδίων I-IV ($p=0.011$) του οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη. Σχετικά με τα προεγχειρητικά αποτελέσματα του Av.Threshold εφαρμόστηκε μοντέλο GLM που έδειξε να επιδρά ο πυρηνικός καταρράκτης με σημαντικές τις διαφορές μεταξύ σταδίου II-III ($p=0.012$) και ο οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης με σημαντικές τις διαφορές μεταξύ των σταδίων I-III ($p=0.004$), I-IV ($p=0.016$), II-IV ($p=0.046$) και II-III ($p=0.027$). Η βελτίωση του Av.Threshold στις 2 εβδομάδες έδειξε διαφορά μεταξύ των σταδίων I-IV ($p=0.011$), ενώ δεν φάνηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη βελτίωση του Av.Threshold για τα διαφορετικά στάδια στους τρεις τύπους καταρράκτη στις 4 εβδομάδες. Τέλος, σχετικά με την σταθερότητα προσήλωσης, η έλλειψη που περιλαμβάνει το 63% και το 95% των σημείων προσήλωσης εμφάνισαν αύξηση μετά την επέμβαση του καταρράκτη. Στις 2 εβδομάδες μετεγχειρητικά 6 ασθενείς εμφάνισαν σχετικά ασταθή προσήλωση, ενώ είχαν σταθερή προεγχειρητικά και στις 4 εβδομάδες 5 ασθενείς εμφάνισαν σχετικά ασταθή προσήλωση, ενώ είχαν σταθερή προεγχειρητικά.

Συμπεράσματα: Ο τύπος και η πυκνότητα του καταρράκτη δείχνουν να επηρεάζουν τη φωτεινή ευαισθησία αντίθεσης της ωχράς. Η BCVA εμφάνισε σημαντική συσχέτιση με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ενώ δεν φάνηκε το ίδιο για τον πυρηνικό και φλοιώδη καταρράκτη (LOCS III). Ο μέσος ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης της ωχράς φάνηκε να έχει σημαντική συσχέτιση με όλους τους τύπους καταρράκτη στις προεγχειρητικές εκτιμήσεις σημαντική συσχέτιση με την παράμετρο NO του πυρηνικού καταρράκτη (LOCS III) και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη (LOCS III), λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα ηλικία. Το εμπειρικό σύστημα βαθμονόμησης καταρράκτη εμφάνισε χαμηλή αξιοπιστία σε σχέση με BCVA και Average Threshold Sensitivity. Η σταθερότητα προσήλωσης εμφάνισε μη αναμενόμενη μείωση μετά την επέμβαση, αποτέλεσμα που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Abstract

Purpose: The evaluation of macular light sensitivity and fixation stability in patients with age-related cataract before and after phacoemulsification cataract surgery.

Patients and Methods: In a prospective, interventional design, 24 eyes (23 patients, 14 male and 9 female) were recruited. There was performed preoperative and postoperative evaluation of best corrected visual acuity using logMAR EDTRS UoC chart, macular light sensitivity and fixation stability using microperimeter MAIA (Macular Integrity Assessment, Centervue Inc., Padova, Italy). Cataract was categorized and graded using the Lens Opacities Classification System (LOCS III).

Results: The preoperative best corrected visual acuity (BCVA) and average threshold sensitivity (Av. Threshold) was 0.37 logMAR and 23.39 dB, respectively and improved to 0.09 logMAR ($p < .001$) and 27.58 dB ($p < .001$) respectively at 2 weeks and 0.03 logMAR ($p < .001$) and 28.89 dB ($p < .001$), respectively at 4 weeks postoperatively. The BCVA and Av.Threshold was significantly correlated at all time interval ($p = 0.001$). The BCVA showed a statistically significant correlation with posterior subcapsular cataract (LOCS III) in the preoperative results ($p = 0.003$) and with the improvement of BCVA at 2 and 4 weeks ($p = 0.048$, $p = 0.005$). The Av.Threshold sensitivity showed statistically significant correlation with all types of cataract (LOCS III) preoperatively ($p = 0.033$), but remained significant for the NC parameter of nuclear cataract ($p = 0.019$, $p = 0.006$) and the posterior subcapsular cataract ($p = 0.007$, $p < 0.001$) compared to the improvement of Av.Threshold at 2 and 4 weeks postoperatively. According to the empirical cataract classification system statistically significant differences found in the preoperative BCVA between stages I-III ($p = 0.042$) and I-IV ($p = 0.011$) posterior subcapsular cataract, in the improvement of the BCVA at 2 weeks between stages I -II ($p = 0.011$) of the nuclear cataract and at 4 weeks BCVA improvement between the stages I-IV ($p = 0.011$) of the posterior subcapsular cataract. GLM model applied on the results of preoperative Av.Threshold and showed the effect of

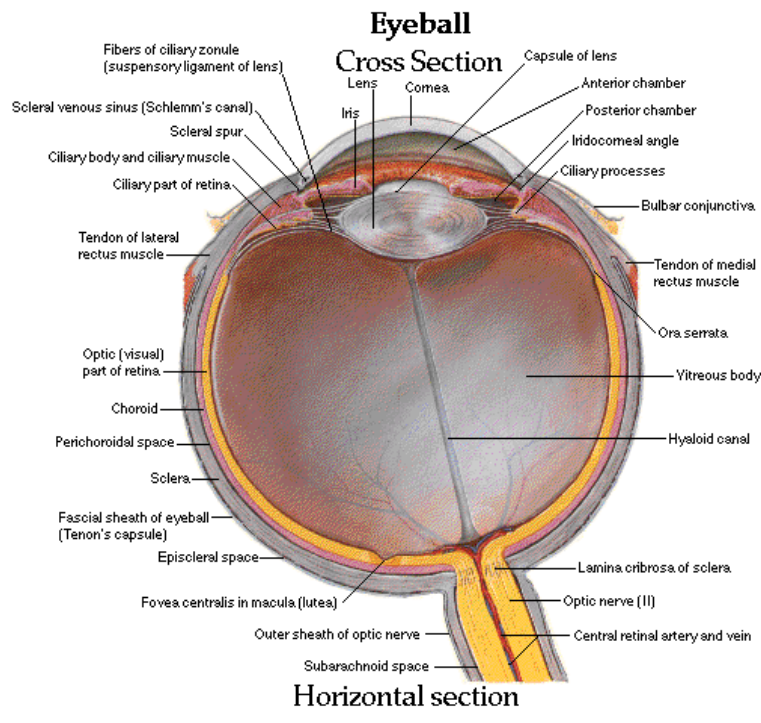
the nuclear cataract with significant differences between the stage II-III ($p = 0.012$) and the posterior subcapsular cataract with significant differences between stages I-III ($p = 0.004$), I-IV ($p = 0.016$), II-IV ($p = 0.046$) and II-III ($p = 0.027$). The improvement of Av.Threshold at 2 weeks showed a difference between the stages I-IV ($p = 0.011$), while no significant difference was shown at 4 weeks in the improvement of the Av.Threshold for the different stages in the three types of cataracts. As far as the fixation stability is concerned, the ellipse that includes the 63% and 95% of the fixation points increased after the cataract surgery. At 2 weeks postoperatively, 6 patients showed relatively unstable fixation although they had stable fixation preoperatively and at 4 weeks postoperatively, 5 patients showed relatively unstable fixation although they had stable preoperatively.

Conclusion: The type and density of cataracts seem to affect the macular light sensitivity. The BCVA showed significant correlation with posterior subcapsular cataract, but did not show the same for nuclear and cortical cataract (LOCS III). The Av.Threshold sensitivity seemed to have a significant correlation with all types of cataract in the preoperative evaluation, but significant correlation with the parameter NO of nuclear cataract (LOCS III) and posterior subcapsular cataract (LOCS III), taking into account the age factor. The empirical cataract classification system showed low reliability compared with BCVA and Average Thershold Sensitivity. The fixation stability showed unexpected decrease after surgery and this requires further research.

Μέρος I Βασική Ανατομία και Φυσιολογία

1.1 Εισαγωγή - Γενικά ανατομικά χαρακτηριστικά Οφθαλμού

Ο οφθαλμός είναι το αισθητήριο όργανο της όρασης μέσω του οποίου λαμβάνονται τα οπτικά ερεθίσματα. Βρίσκεται εντός μιας οστέινης κοιλότητας, τον κόγχο, που προστατεύει τον βολβό αφήνοντας ακάλυπτο μόνο το πρόσθιο τμήμα του. Ο βολβός διακρίνεται σε πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα, που το κάθε ένα έχει ιδιαίτερη σημασία για την οφθαλμική λειτουργία. Ο οφθαλμός αποτελείται από τρεις χιτώνες, το εξωτερικό στρώμα ινώδους συνδετικού ιστού που σχηματίζει τον κερατοειδή (cornea) και τον σκληρό χιτώνα (sclera), τον ενδιάμεσο αγγειοβριθές στρώμα που αποτελείται από την ίριδα (iris), το ακτινωτό σώμα (ciliary body) και τον χοριοειδή χιτώνα (choroid) και το εσωτερικό νευρωνικό στρώμα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (retina) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Οριζόντια διατομή του οφθαλμού, στην οποία απεικονίζονται οι βασικότερες ανατομικές δομές.^[1]

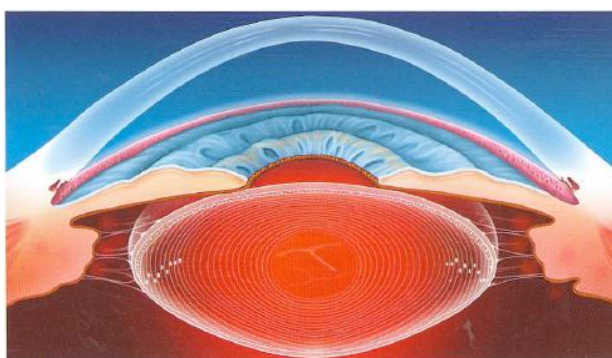
Στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού διακρίνεται αρχικά ο κερατοειδής, ο οποίος μαζί με την δακρυϊκή στιβάδα αποτελούν την κύρια διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού. Ακριβώς πίσω από τον κερατοειδή έως την ίριδα βρίσκεται ο πρόσθιος θάλαμος, που περιέχει το υδατοειδές υγρό. Η ίριδα είναι χρωματισμένη δομή που βρίσκεται στην πρόσθια επιφάνεια του κρυσταλοειδούς φακού, αντιπροσωπεύει το οπίσθιο όριο του προσθίου θαλάμου και λειτουργεί ως διάφραγμα που ρυθμίζει το ποσό του φωτός που εισέρχεται από την κόρη. Σε συνέχεια με την ίριδα βρίσκεται το ακτινωτό σώμα, το οποίο παράγει τα συστατικά του υδατοειδούς υγρού και αποτελείται από τον ακτινωτό μυ ο οποίος ελέγχει το σχήμα του φακού. Ο κρυσταλλοειδής φακός περιβάλλεται από κάψουλα, που ονομάζεται περιφάκιο και εξασφαλίζεται η θέση του από την υποστήριξη που του παρέχουν οι ίνες της ζιννείου ζώνης, μέσω των συνδέσεων τους στο περιφάκιο και το ακτινωτό σώμα.

Πίσω από τον φακό, ξεκινά το οπίσθιο τμήμα του οφθαλμού που διατηρεί το σχήμα του χάρη στο υαλώδες (vitreous), ένα διαφανές και ζελατινώδες υλικό, που είναι σταθερά προσκολλημένο στο εσωτερικό του οφθαλμού στα όρια της οπτικής θηλής, γύρω από την ωχρά, στην οπίσθια επιφάνεια του φακού και κυρίως στο οπίσθιο τμήμα της pars plana (περιοχή της πρόσθιας κατάληξης του αμφιβληστροειδούς). Το τοίχωμα του οφθαλμού, οπίσθια του κερατοειδούς, αποτελείται από τρεις χιτώνες: τον σκληρό, τον χοριοειδή και τον αμφιβληστροειδή. Ο σκληρός χιτώνας είναι ένα σκληρό στρώμα ινώδους συνδετικού ιστού που προστατεύει τις εσωτερικές δομές, δίνει σχήμα και είναι θέση προσάρτησης των εξοφθάλμιων μυών. Ο χοριοειδής είναι μια ιδιαίτερα αγγειοβριθής στιβάδα εσωτερικά του σκληρού, που συνδέεται χαλαρά με τον σκληρό και ισχυρότερα με το μελάχρουν επιθήλιο του αμφιβληστροειδούς. Ο αμφιβληστροειδής είναι ο εσωτερικός χιτώνας του βολβού και αποτελείται από φωτουποδοχείς και νευρικό ιστό. ^[2]

1.2 Ανατομικά χαρακτηριστικά Κρυσταλοειδούς Φακού

Ο κρυσταλοειδής φακός (crystalline lens) του ενήλικου είναι ένα ασύμμετρο πεπλατυσμένο σφαιροειδές που δεν διαθέτει νεύρα και αιμοφόρα αγγεία. Οι

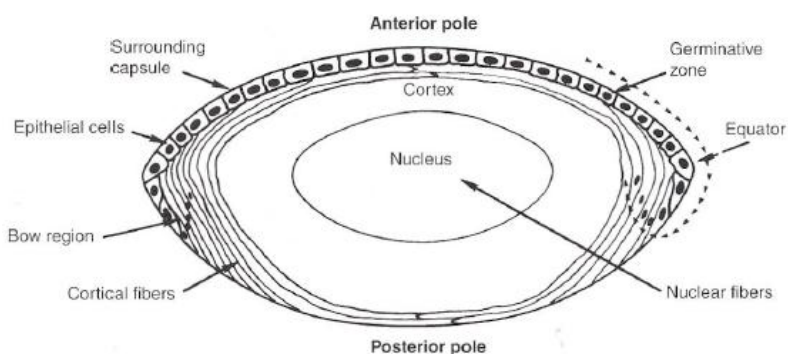
μεταβολικές του ανάγκες καλύπτονται πλήρως από το υδατοειδές υγρό. Ο φακός βρίσκεται πίσω από τη ίριδα και την κόρη, στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού. Η πρόσθια επιφάνεια είναι σε επαφή με το υδατοειδές και η οπίσθια σε επαφή με το υαλώδες. Ο φακός συγκρατείται στη θέση του από τις ίνες της ζιννείου ζώνης, οι οποίες εκκίνονται μεταξύ του φακού και του ακτινωτού σώματος. Οι ίνες αυτές εκφύονται από το επιθήλιο των ακτινοειδών προεκβολών του ακτινωτού σώματος, έχουν ως κύριο συστατικό την πρωτεΐνη ινιδίνη και διατάσσονται ακτινοειδώς καταλήγοντας στο περιφάκιο, όπου καταφύονται 1 - 2 mm εκατέρωθεν του ισημερινού (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Διατομή του κρυσταλοειδούς φακού που δείχνει την ανατομική σχέση με τις περιβάλλουσες οφθαλμικές δομές.^[4]

Ο φακός αποτελείται από το περιφάκιο, το επιθήλιο του φακού, τον φλοιό και τον πυρήνα. Ο φακός επενδύεται από το περιφάκιο (capsule), ένα ελαστικό ακυτταρικό φάκελο, ο οποίος συγκρατεί τα επιθηλιακά κύτταρα και τις ίνες σαν μια δομική μονάδα και επιτρέπει την διέλευση μικρών μορίων τόσο μέσα όσο και έξω από τον φακό. Το επιθήλιο (epithelium) του φακού βρίσκεται κάτω από το πρόσθιο περιφάκιο, είναι μονόστιβο κυβοειδές και επεκτείνεται έως τον ισημερινό του φακού. Η ιδίως ουσία του φακού (lens substance) αποτελεί τη κύρια μάζα του φακού και αποτελείται από πυκνά συσκευασμένες φακαίες ίνες και λίγο εξωκυττάριο χώρο. Ο φακός του ενηλίκου αποτελείται από τον πυρήνα (nucleus) και τον φλοιό (cortex), δύο περιοχές που συχνά είναι ιστολογικά ακαθόριστες. Φακαίες ίνες σχηματίζονται συνεχώς καθ'όλη την ζωή από την επιμήκυνση των επιθηλιακών κυττάρων των φακού στον ισημερινό (Εικόνα 3). Καθώς δεν χάνονται κύτταρα από τον φακό, οι νέες φακαίες ίνες που παράγονται, συναθροίζονται και συμπιέζουν τις παλαιότερες

φακαίες μάζες που μετακινούνται πιο κεντρικά. Οι φακαίες ίνες που παρήχθησαν στην εμβρυική ζωή παραμένουν στο κέντρο του φακού και προστίθενται ομόκεντρα δευτερογενής ίνες που παράγονται στα επόμενα στάδια της ανάπτυξης. Οι περιφερικότερες ίνες είναι αυτές που σχηματίζονται πιο πρόσφατα και συνθέτουν τον φλοιό του φακού.



Εικόνα 3. Σχηματική αναπαράσταση του φακού. Οι αιχμές των βελών υποδεικνύουν την κατεύθυνση μετανάστευσης των κυττάρων από το επιθήλιο στον φλοιό.^[4]

Ο δείκτης διάθλασης του φακού δεν είναι ομοιογενής, αυξάνεται από 1,386 στον περιφερικό φλοιό στο 1,41 στον κεντρικό πυρήνα του φακού. Επειδή τόσο η καμπυλότητα όσο και ο δείκτης διάθλασης του φακού αυξάνονται από την περιφέρεια προς το κέντρο, κάθε διαδοχική στιβάδα ινών έχει περισσότερη διαθλαστική δύναμη και μπορεί να εκτρέψει τις ακτίνες του φωτός σε μεγαλύτερο βαθμό.^[3]

1.2.1 Προσαρμογή

Ο φακός χάρη στην ικανότητά του να αλλάζει σχήμα, έχει τη δυνατότητα να αλλάζει την δυναμική εστίασης του οφθαλμού. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται προσαρμογή (accommodation) και δίνει τη δυνατότητα τόσο σε μακρινά όσο και κοντινά αντικείμενα να εστιαστούν στον αμφιβληστροειδή. Όταν ο ακτινωτός μυς είναι σε χάλαση, οι ίνες της ζινείου ζώνης είναι διατεταμένες και ασκούν έλξη στο περιφάκιο, το οποίο επιπεδώνει τον φακό, επιτρέποντας στον οφθαλμό να εστιάσει σε μακρινά αντικείμενα. Οι ακτίνες φωτός από τα κοντινά αντικείμενα είναι αποκλίνουσες και ως εκ τούτου εστιάζονται πίσω από τον αμφιβληστροειδή με τον φακό σε αυτό το σχήμα. Κατά την διαδικασία προσαρμογής του φακού, το ακτινωτό σώμα συσπάται και προκαλείται

χάλαση των ινών της ζινείου ζώνης, αυξάνοντας έτσι την καμπυλότητα της πρόσθιας επιφάνειας του φακού, με αποτέλεσμα την αύξηση της διαθλαστικής δύναμης, έτσι ώστε οι ακτίνες φωτός από κοντινά αντικείμενα να διαθλώνται σε μεγαλύτερο βαθμό και να συγκλίνουν στην ωχρά.^[3]

1.2.2 Ηλικιακές αλλαγές

Με την αύξηση της ηλικίας εμφανίζονται αυξήσεις τόσο στη μάζα, όσο και στις διαστάσεις του φακού, οι οποίες είναι μεγαλύτερες κατά τη διάρκεια των πρώτων δύο δεκαετιών. Αυτές οι αυξήσεις είναι αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού των επιθηλιακών κυττάρων του φακού και της διαφοροποίησή τους σε φακαίες ίνες. Το πρότυπο της ανάπτυξης του φακού είναι μοναδικό, περιέχοντας τα κύτταρα όλων των ηλικιών. Τα παλαιότερα επιθηλιακά κύτταρα βρίσκονται στη μέση της κεντρικής ζώνης κάτω από το πρόσθιο πόλο, ενώ οι πιο πρόσφατα σχηματιζόμενες ίνες εσωτερικεύονται καθώς περισσότερες ίνες προστίθενται στην περιφέρεια του φακού. Οι παλαιότερες ίνες βρίσκονται στο κέντρο του πυρήνα και οι νεότερες στο εξωτερικό φλοιό. Κάθε κέλυφος ανάπτυξης αποτελεί ένα στρώμα από ίνες που είναι νεότερες από εκείνες στο αμέσως προηγούμενο περίβλημα.

Αλλαγές παρατηρούνται επίσης στο χρωματισμό του φακού, ο οποίος αλλάζει από άχρωμο ή υποκίτρινο σε πιο σκούρο κίτρινο στην ενήλικη ζωή και καφέ ή μαύρο σε μεγάλη ηλικία. Αυτές οι αλλαγές στο χρωματισμό, που περιορίζονται στον πυρήνα, θεωρείται ότι προκύπτουν από την προσάρτηση του 3-υδροξυκυκλουρεϊνικού γλυκοζίτη (3-HKG) και των μεταβολικών παραγώγων του με τις πρωτεΐνες, για να παράγουν πρωτεΐνες κίτρινης χρώσης που επίσης απορροφούν φως. Η αυξημένη ικανότητα του φακού να απορροφά ορατό φως, σε συνδυασμό με τις αυξημένες ιδιότητες σκέδασής του, λόγω της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών του φακού, καταλήγει σε μία μείωση της διαφάνειας.

Το πλάτος της προσαρμογής μειώνεται σε όλη τη ζωή, από 13-14D στην ηλικία των 10 χρόνων, σε 6D στα 40 έτη και σχεδόν 0D από την ηλικία των 60 ετών. Ο οφθαλμός δεν είναι σε θέση να εστιάσει στα κοντινά αντικείμενα και γίνεται πρεσβυωπικός. Η αλλαγή στην προσαρμοστική δύναμη οφείλεται σε

έναν αριθμό παραγόντων όπως αναφέρονται στη συνέχεια. Η ελαστικότητα του περιφακίου μειώνεται, ενώ η δυσκαμψία του φακού αυξάνεται, λόγω της αύξησης της ουσίας του, καθιστώντας τον φακό λιγότερο παραμορφώσιμο. Η ακτίνα καμπυλότητας του πρόσθιου περιφακίου μειώνεται, καθιστώντας τον φακό πιο στρογγυλό. Η σύσπαση του ακτινωτού μυός, ως αποτέλεσμα, δεν μεταβάλλει σημαντικά το σχήμα του φακού. Επιπρόσθετα, η απόσταση μεταξύ της πρόσθιας επιφάνειας του φακού και του κερατοειδούς μειώνεται. Επιπλέον, η εσωτερική κορυφαία περιοχή του ακτινωτού σώματος κινείται προς τα εμπρός και μέσα με την ηλικία, οπότε οι ίνες της ζινείου ζώνης δεν είναι πλέον σε θέση ασκήσουν αρκετή τάση στο φακό, όταν βρίσκεται σε κατάσταση μη προσαρμογής.

Δεδομένου, της αύξησης της καμπυλότητας και του πάχους του φακού υποδηλώνεται ότι η διαθλαστική ισχύς θα έπρεπε να αυξηθεί με την ηλικία, με αποτέλεσμα ο οφθαλμός να γίνεται πιο μυωπικός. Αυτό, ωστόσο δεν συμβαίνει, επειδή οι μεταβολές αυτές συνοδεύονται από μικρές μεταβολές της διαβάθμισης του δείκτη διάθλασης του φακού. Αυτή η διαβάθμιση γίνεται πιο μικρή κοντά στο κέντρο του φακού και πιο απότομη κοντά στην επιφάνειά του, με αποτέλεσμα η διαθλαστική ισχύς του οφθαλμού να μειώνεται και ο οφθαλμός να γίνεται πιο υπερμετρωπικός.^[3]

1.3 Αμφιβληστροειδής

Ο αμφιβληστροειδής βρίσκεται στην εσωτερική επιφάνεια του οφθαλμού και συνδέεται νευρωνικά με το οπτικό νεύρο και με το κεντρικό νευρικό σύστημα. Συγκεκριμένα, διακρίνεται σε δύο πέταλα, το μελάγχρουν επιθήλιο εξωτερικά και τον αισθητήριο αμφιβληστροειδή εσωτερικά.

1.3.1 Αισθητήριος Αμφιβληστροειδής

Ο αισθητήριος αμφιβληστροειδής αποτελείται από εννέα στιβάδες (από έξω προς τα έσω): η στιβάδα των φωτούποδοχέων, η έξω αφοριστική μεμβράνη, η έξω πυρηνική στιβάδα, η έξω δικτυωτή στιβάδα, η έσω πυρηνική στιβάδα, η έσω δικτυωτή στιβάδα, η στιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων, η στιβάδα των νευρικών ινών. Ο αισθητήριος αμφιβληστροειδής είναι μια πολυεπίπεδη δομή

με νευρώνες και ενδιάμεσες συνάψεις με φωτοευαίσθητα κύτταρα, που βρίσκονται στην εξωτερική του στιβάδα, τη στιβάδα των φωτουποδοχέων, που περιέχει τα κωνία και τα ραβδία. Υπάρχουν περίπου 6 εκατομμύρια κωνία, πιο πυκνά στην ωχρά κηλίδα και 125.000.000 ραβδία που διατάσσονται κυρίως στον περιφερικό αμφιβληστροειδή. Ο αισθητήριος αμφιβληστροειδής εκτείνεται από το οπτικό νεύρο ως την προιονωπή περιφέρεια (*ora serrata*). Το πάχος του ανέρχεται στο 0.4 mm στον οπίσθιο πόλο και λεπτύνεται προς την περιφέρεια (0.2-0.1 mm). Η στιβάδα των νευρικών ινών αυξάνει στην άκρη του οπτικού δίσκου και είναι η μόνη δομή του αμφιβληστροειδούς που συνεχίζει στο δίσκο για να γίνει το οπτικό νεύρο. Οι στιβάδες συνδέονται μεταξύ τους με συνάψεις μεταξύ των αξόνων και των δενδριτών, στις εσωτερικές και εξωτερικές δικτυωτές στιβάδες και τα γαγγλιακά κύτταρα. Τα νευρικά κύτταρα υποστηρίζονται από ίνες των κυττάρων Muller και τα αστροκύτταρα από το εσωτερικό τμήμα του αμφιβληστροειδούς.^[3, 5]

1.3.2 Μελάγχρουν Επιθήλιο

Το μελάγχρουν επιθήλιο (*retinal pigment epithelium, RPE*) αποτελείται από μονή στιβάδα κυβοειδούς και εξαγωνικού σχήματος κυττάρων, που περιέχουν μελανίνη και των οποίων οι κορυφές φέρουν μικρολάχνες που περιβάλλουν τους φωτουποδοχείς του αμφιβληστροειδή. Τα κύτταρα αυτού εμφανίζονται ψηλότερα και πιο πυκνά διατεταγμένα στη περιοχή της ωχράς κηλίδας.^[5]

1.3.3 Ωχρά Κηλίδα

Η ωχρά κηλίδα (*macula lutea*) είναι η κεντρική κοίλανση στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς και αποτελείται από το βοθριόλιο, το βοθρίο, την παραβοθρική και περιβοθρική περιοχή. Η κεντρική περιοχή μπορεί να διαφοροποιηθεί από την έξω περιφέρεια λόγω της στιβάδας των γαγγλιακών κυττάρων. Στην ωχρά κηλίδα, η στιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων είναι πάχους μερικών κυττάρων, ενώ στην έξω περιφέρεια είναι πάχους μιας μονής στιβάδας κυττάρων. Τα όρια της ωχράς συμπίπτουν με την πορεία των μεγάλων κροταφικών αρκάδων και έχει διάμετρο κατά προσέγγιση 5.5 mm, η οποία περιλαμβάνει τη διάμετρο του βοθρίου (1.5 mm), δυο φορές το πλάτος

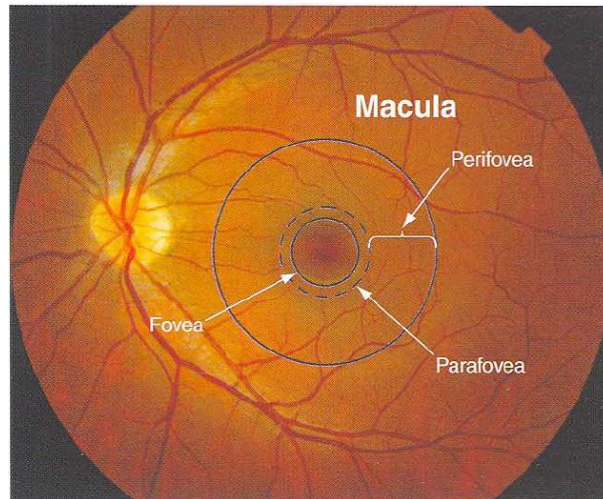
της παραβοθρικής περιοχής και δυο φορές το πλάτος της περιβοθρικής περιοχής.

Το βοθριόλιο (foveola) είναι η κεντρικότερη περιοχή της ωχράς και το κέντρο του καλείται ομφαλός. Ο ομφαλός (Umbo) αντιπροσωπεύει το ακριβές κέντρο της ωχράς και είναι η περιοχή του αμφιβληστροειδούς που έχει την υψηλότερη οπτική οξύτητα. Οι κυρίαρχοι φωτουποδοχείς στο βοθριόλιο και τον ομφαλό είναι τα κωνία και εμφανίζουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε μια περιοχή διαμέτρου 150-200 μm στον ομφαλό.

Το κεντρικό βοθρίο (fovea) είναι κοιλότητα στην έσω επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς στο κέντρο της ωχράς. Η διάμετρος του είναι ίδια με αυτή του οπτικού δίσκου (1.5 mm) και το πάχος του 0.55 mm. Στην οφθαλμοσκόπηση μπορεί να αναγνωρίζεται ως μια φωτεινή ωοειδής αντανάκλαση, από την έσω αφοριστικής μεμβράνης. Η ανάγγειος ζώνη της ωχράς, είναι σημαντικό κλινικό ορόσημο εντός της ωχράς, εντοπίζεται εντός του κεντρικού βοθρίου και εκτός του βοθριολίου. Η ακριβής διάμετρος της ποικίλλει και η θέση της μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια μόνο με φλουοροαγγειογραφία.

Η παραβοθρική περιοχή (parafoveal) είναι μια ζώνη πλάτους 0.5 mm, που περιβάλλει το κεντρικό βοθρίο. Σε αυτή την απόσταση από το κέντρο της ωχράς, ο αμφιβληστροειδής διαθέτει κανονική αρχιτεκτονική στιβάδων, η οποία περιλαμβάνει 4-6 στρώματα γαγγλιακών κυττάρων και 7-11 στρώματα των διπολικών κυττάρων.

Η περιβοθρική περιοχή (perifoveal) περιβάλλει την παραβοθρική ως μια ζώνη που μετρά πλάτους 1,5 mm. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από διάφορα στρώματα των γαγγλιακών κυττάρων και έξι στρώματα των διπολικών κυττάρων.^[3, 6]



Εικόνα 4. Ανατομική περιοχή της ωχράς που ονομάζεται και οπίσθιος πόλος. Το βοθρίδιο και το βοθρίο βρίσκονται στο κέντρο της ανατομικής περιοχής της ωχράς.^[4]

1.3.4 Περιφερικός Αμφιβληστροειδής

Ο περιφερικός αμφιβληστροειδής διαιρείται αυθαίρετα σε ζώνες εγγύς, μέση, μακρινή, και άκρα περιφέρεια. Η ζώνη της εγγύς περιφέρειας είναι πλάτους 1,5 mm, και η ζώνη της μέσης περιφέρειας, ή ισημερινός, είναι 3 mm. Η άκρα περιφέρεια εκτείνεται από τον ισημερινό έως την ora serrata. Το πλάτος αυτής της ζώνης ποικίλει, ανάλογα με το μέγεθος του οφθαλμού και το διαθλαστικό σφάλμα. Η ora serrata και η pars plana θεωρούνται ως ακραία περιφέρεια.^[3]

1.3.5 Οπτικός Δίσκος

Ο οπτικός δίσκος, ή κεφαλή του οπτικού νεύρου, είναι η θέση όπου οι νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων συσσωρεύονται και εξέρχονται από τον οφθαλμό. Η οριζόντια διάμετρος του δίσκου είναι περίπου 1.7 mm και η κάθετη διάμετρος περίπου 1.9 mm. Ο αριθμός των νευρικών ινών φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με το μέγεθος της κεφαλής του οπτικού νεύρου, καθώς μεγαλύτεροι δίσκοι έχουν σχετικά περισσότερες ίνες από τους μικρότερους σε μέγεθος δίσκους. Ο αριθμός των νευρικών ινών μειώνεται με την ηλικία. Ο οπτικός δίσκος στερείται όλων των στοιχείων του αμφιβληστροειδούς, εκτός από τη στιβάδα των νευρικών ινών και της εσωτερικής περιοριστικής μεμβράνης. Σε σχέση με τον περιβάλλοντα αμφιβληστροειδή είναι πιο ανοιχτόχρωμος, διότι δεν υπάρχει το μελάχρουν επιθήλιο. Ο οπτικός δίσκος

στερείται της στιβάδας των φωτοϋποδοχέων, το φώς που προσπίπτει επί του δίσκου δεν προκαλεί απόκριση, έτσι το σημείο αυτό του οπτικού δίσκου αντιπροσωπεύει το μόνο φυσιολογικό τυφλό σημείο. Η κοίλανση στην επιφάνεια του δίσκου, το φυσιολογικό κυπέλλιο (cup), ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό σε μέγεθος και βάθος, σύμφωνα με την εμβρυική ανάπτυξη.^[2]

1.3.6 Φωτοϋποδοχείς

Η λειτουργία του αμφιβληστροειδούς είναι τόσο η σύλληψη του φωτός και η επεξεργασία των ερεθισμάτων που προκύπτουν. Η σύλληψη ενός φωτονίου και η μετατροπή του σε ηλεκτρικό σήμα ονομάζεται φωτομετατροπή και επιτυγχάνεται εντός των εξωτερικών τμημάτων των φωτοϋποδοχέων - ραβδία και κωνία. Τα μόρια φωτοχρωστικής, τα οποία είναι η βιοχημική βάση της φωτομετατροπής, βρίσκονται στις μεμβράνες των δισκίων στα εξωτερικά τμήματα των φωτοϋποδοχέων. Στα ραβδία, η φωτοχρωστική είναι η ροδοψίνη, η οποία απορροφά καλύτερα τα φωτόνια με μήκος κύματος 500 nm (μπλε - πράσινο). Στα κωνία η φωτοχρωστική είναι η οψίνη, η οποία έχει τρία διαφορετικά ισομερή με κορυφές απορρόφησης στο μπλε (420 nm), πράσινο (531 nm) και κόκκινο (588 nm) τμήμα του φάσματος του ορατού φωτός. Κάθε κωνίο περιέχει μία από τις τρεις παραλλαγές μορίων χρωστικής. Διαφορετικοί διεγερτικοί συνδυασμοί αυτών των τριών τύπων χρωστικής είναι υπεύθυνοι για την αντίληψη της έγχρωμης όρασης.^[2, 3]

Τα ραβδία λειτουργούν στο αμυδρό φως και στο σκοτάδι, καθώς περιέχουν περισσότερη φωτοευαίσθητη οπτική χρωστική από τα κωνία που τα καθιστά ικανά να δεσμεύουν περισσότερο φως.^[8] Στη σκοτοπική όραση (συνθήκες χαμηλού φωτισμού), τα ραβδία επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων, ενώ η ικανότητα αναγνώρισης λεπτομερειών είναι μειωμένη, η έγχρωμη όραση απουσιάζει και τα αντικείμενα εμφανίζονται σε αποχρώσεις του γκρι.^[2] Αντιθέτως, τα κωνία είναι λιγότερο ευαίσθητα από τα ραβδία αλλά υπεύθυνα για την όραση στο φως.^[8] Έντονος φωτισμός είναι απαραίτητος για την υψηλή οπτική οξύτητα και την διάκριση των χρωμάτων στην φωτοπική όραση.^[2] Ένα μόνο φωτόνιο μπορεί να προκαλέσει ανιχνεύσιμη ηλεκτρική απόκριση σε ένα ραβδίο αντιθέτως, πρέπει να απορροφηθούν εκατοντάδες από ένα κωνίο για

να προκληθεί ανάλογη απόκριση. Οι διαφορές στις επιδόσεις οφείλονται εν μέρει στις ιδιότητες των ίδιων των ραβδίων και των κωνίων και εν μέρει στις συνδέσεις που πραγματοποιούν με άλλους νευρώνες στον αμφιβληστροειδή (στα συστήματα των ραβδίων και των κωνίων). Το σύστημα των ραβδίων είναι συγκλίνων καθώς πολλά ραβδία συνάπτονται με τον ίδιο διάμεσο νευρώνα, το δίπολο κύτταρο. Έτσι, τα σήματα από τα ραβδία συγκεντρώνονται στο δίπολο και αλληλοενισχύονται δυναμώνοντας την προκαλούμενη από το φως απόκριση του κυττάρου και αυξάνοντας την ικανότητα του εγκεφάλου να ανιχνεύει αμυδρό φως στο σκοτάδι. Λόγω της σύγκλισης το σύστημα των ραβδίων είναι λιγότερο ικανό να διαβιβάζει χωρικές μεταβολές της εικόνας με αποτέλεσμα η χωρική διακριτική τους ικανότητα να είναι σημαντικά μειωμένη. Τα κωνία εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση στο κεντρικό βοθρίο όπου η εικόνα υφίσταται ελάχιστη παραμόρφωση, καθώς κάθε δίπολο κύτταρο δέχεται πληροφορίες από ένα κωνίο. Έτσι, τα κωνία εξασφαλίζουν μεγαλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα.

Τα κωνία και τα ραβδία, σε αντίθεση με τους περισσότερους νευρώνες, δεν παράγουν δυναμικά ενέργειας, αλλά αποκρίνονται στο φως με διαβαθμισμένες αλλαγές του δυναμικού μεμβράνης. Τα ραβδία αποκρίνονται βραδέως με αποτέλεσμα οι δράσεις όλων των φωτονίων που απορροφήθηκαν κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος 100 ms να αθροίζονται. Το γεγονός αυτό βοηθά τα ραβδία να ανιχνεύουν μικρές ποσότητες φωτός, αλλά τα εμποδίζει να διακρίνουν φως που ταλαντώνεται ταχύτερα από περίπου 12Hz. Αντιθέτως, η απόκριση των κωνίων είναι πολύ ταχύτερη, έτσι ώστε να μπορούν να ανιχνεύσουν ταλαντώσεις μέχρι και 55Hz. Έτσι, τα κωνία εξασφαλίζουν μεγαλύτερη χρονική διακριτική ικανότητα.

Τα κωνία διεκπεραιώνουν την έγχρωμη όραση. Υπάρχουν τρεις τύποι κωνίων, που περιέχουν, ο καθένας, μια οπτική χρωστική ευαίσθητη σε ένα διαφορετικό τμήμα του φάσματος. Ο εγκέφαλος αποκτά πληροφορίες για τα χρώματα, συγκρίνοντας τις αποκρίσεις των τριών τύπων κωνίων. Αντιθέτως, τα ραβδία περιέχουν μόνο ένα είδος χρωστικής (ροδοψίνη), με αποτέλεσμα να απαντούν όλα με τον ίδιο τρόπο σε διαφορετικά μήκη κύματος. Για τον λόγο αυτό η όραση μέσω των ραβδίων είναι άγχρωμη.^[8]

Διαφορές μεταξύ ραβδίων και κωνίων	
Ραβδία	Κωνία
Μεγάλη ευαισθησία, εξειδικευμένα για όραση τη νύχτα	Μικρότερη ευαισθησία, εξειδικευμένα για όραση την ημέρα
Περισσότερη φωτοχρωστική, δεσμεύουν περισσότερο φως	Λιγότερη φωτοχρωστική
Μεγάλη ενίσχυση, ανίχνευση επιμέρους φωτονίων	Μικρότερη ενίσχυση
Μικρή χρονική διακριτική ικανότητα: βραδεία απόκριση, μεγάλος χρόνος ολοκλήρωσης	Μεγάλη χρονική διακριτική ικανότητα: ταχεία απόκριση, μικρός χρόνος ολοκλήρωσης
Περισσότερο ευαίσθητα στο διάχυτο φως	Πάρα πολύ ευαισθησία στις άμεσες αξονικές ακτίνες
Μικρή οπτική οξύτητα: μεγάλη σύγκλιση οδών αμφιβληστροειδούς, δεν υπάρχουν στο κεντρικό βοθρίο	Μεγάλη οπτική οξύτητα: μικρότερη σύγκλιση οδών αμφιβληστροειδούς, συγκεντρωμένα στο κεντρικό βοθρίο
Άχρωμη όραση: ένας τύπος χρωστικοφόρων ραβδίων	Έγχρωμη όραση: τρεις τύποι κωνίων, καθένας με χωριστή χρωστική η οποία είναι πιο ευαίσθητη σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του ορατού φωτός
Πηγή: Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T. M. Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά. 1997. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.	

Πίνακας 1. Διαφορές μεταξύ ραβδίων και κωνίων

Το σήμα που δημιουργείται στα κωνία και στα ραβδία μεταφέρεται κατά κύριο λόγο μέσα από τα δίπολα κύτταρα που συνδέουν τους φωτοϋποδοχείς με τα γαγγλιακά κύτταρα. Τα γαγγλιακά κύτταρα μπορούν να διακριθούν σε κύτταρα τύπου P (parvocellular, αντιπροσωπεύοντας το 80%) και κύτταρα τύπου M (magnocellular, περίπου 5% -10%). Τα κύτταρα τύπου P, τα οποία είναι υπεύθυνα για την αντίληψη των χρωμάτων και έχουν μικρά υποδεκτικά πεδία και χαμηλή ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης. Τα κύτταρα τύπου M έχουν μεγαλύτερα υποδεκτικά πεδία και έχουν αυξημένη ευαισθησία στη φωτεινή αντίθεση και την κίνηση. Πρόσφατα περιγράφηκε μια νέα κατηγορία γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς (RGCs), τα οποία έχουν πολύ μεγάλα υποδεκτικά πεδία και προβάλλουν στις εξωστριωτικές περιοχές (extrastriate areas).^[9]

1.4 Ανώτερη μεταφορά της οπτικής πληροφορίας

Τα γαγγλιακά κύτταρα προβάλλουν στον εγκέφαλο καθώς οι νευροάξονές τους σχηματίζουν το οπτικό νεύρο. Δυο είδη διαμέσων νευρώνων, τα οριζόντια και τα αμακρίνια κύτταρα μεταδίδουν πλάγιες πληροφορίες στα δίπολα και στα γαγγλιακά κύτταρα.^[8]

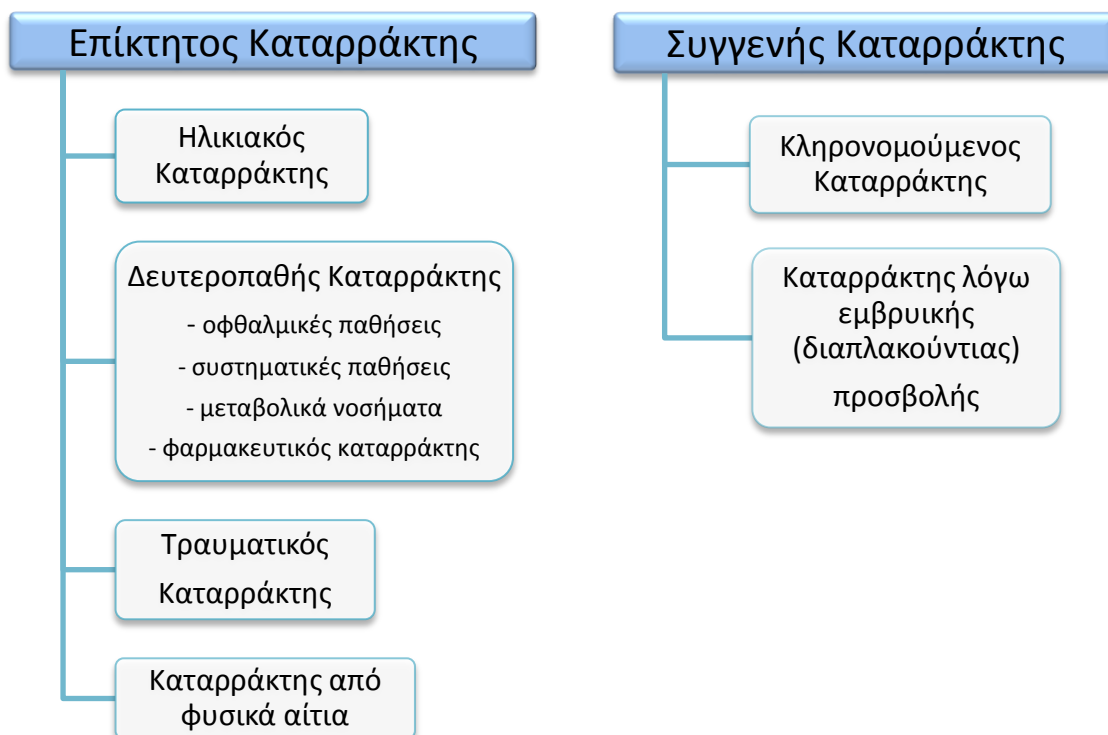
Ο έξω γονατώδης πυρήνας βρίσκεται στον οπίσθιο θάλαμο και διαιρείται σε έξι επίπεδα. Τα τέσσερα ανώτερα επίπεδα αποτελούν τη θέση απόληξης των νευραξόνων των τύπου P γαγγλιακών κυττάρων, τα οποία είναι τα κύτταρα με τα μικρότερα υποδεκτικά πεδία υπεύθυνα για τη μέγιστη χωρική ανάλυση και χρωματική αντίληψη. Τα δύο κατώτερα επίπεδα δέχονται πληροφορία από τα τύπου M γαγγλιακά κύτταρα, τα οποία με τα μεγαλύτερα υποδεκτικά πεδία και υπεύθυνα κυρίως για την ανίχνευση της κίνησης. Από τον έξω γονατώδη πυρήνα η πληροφορία μεταφέρεται μέσω της οπτικής ακτινοβολίας στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό. Ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός βρίσκεται στον ινιακό λοβό και οι ίνες τις οπτικής ακτινοβολίας καταλήγουν στη τέταρτη από τις έξι στιβάδες του. Η κεντρική δραστηριότητα του αμφιβληστροειδή αντιπροσωπεύεται έντονα στο φλοιό, καθώς το 50%-60% των αποκρίσεων του φλοιού αφορούν την δραστηριότητα των κυττάρων του αμφιβληστροειδή στις κεντρικές 10° και σχεδόν το 80% του φλοιού είναι αφιερωμένο στη δραστηριότητα της ωχράς (εντός των 30°).^[9]

Μέρος II Καταρράκτης

2.1 Εισαγωγή

Με την πάροδο της ηλικίας ο φακός του οφθαλμού αυξάνεται σε βάρος και σε πάχος και μειώνεται η δύναμη προσαρμογής. Νέες στιβάδες φακαίων ινών προστίθενται ομόκεντρα γύρω από το φλοιό του φακού, ο πυρήνας του φακού υφίσταται συμπίεση και σκλήρυνση. Η χημική τροποποίηση και η πρωτεολυτική διάσπαση των κρυσταλλινών του φακού, έχουν σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό υψηλού μοριακού βάρους πρωτεϊνικών συσσωματωμάτων, τα οποία μπορούν να γίνουν αρκετά μεγάλα ώστε να προκαλούν απότομες αλλαγές στον δείκτη διάθλασης του φακού, με αποτέλεσμα την σκέδαση του φωτός και τη μείωση της διαφάνειας του φακού. Η χημική τροποποίηση των πυρηνικών πρωτεϊνών του φακού αυξάνει επίσης την μελάχρωση, έτσι ο φακός παίρνει μια όλο και περισσότερο κιτρινωπή ή καφετή απόχρωση με την πάροδο της ηλικίας. Οι μεταβολές που συμβαίνουν στον φακό με την πάροδο της ηλικίας, μπορούν να επιδράσουν και στην ανάπτυξη του γεροντικού καταρράκτη, μια πολύ συχνή αιτία προβλημάτων όραση σε ηλικιωμένους, η παθογένεση του οποίου είναι πολυπαραγοντική και δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως.^[4]

Ο καταρράκτης είναι μια θόλωση του φακού, που συχνότερα συμβαίνει με την πάροδο της ηλικίας.^[10] Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας ο καταρράκτης ευθύνεται για το 48% της τύφλωσης παγκοσμίως επηρεάζοντας σχεδόν 18 εκατομμύρια ανθρώπους.^[11] Επειδή με τον όρο καταρράκτη εννοούμε οποιαδήποτε θόλωση του φακού, είτε είναι μικρή και εντοπισμένη είτε καταλαμβάνει ολόκληρο το φακό, στον ένα ή και τους δύο οφθαλμούς, είναι χρήσιμη μια ταξινόμηση του καταρράκτη όπως αυτή που ακολουθεί με βάση την αιτιολογία του καταρράκτη.



Διάγραμμα 1. Αιτιολογική ταξινόμηση του καταρράκτη.

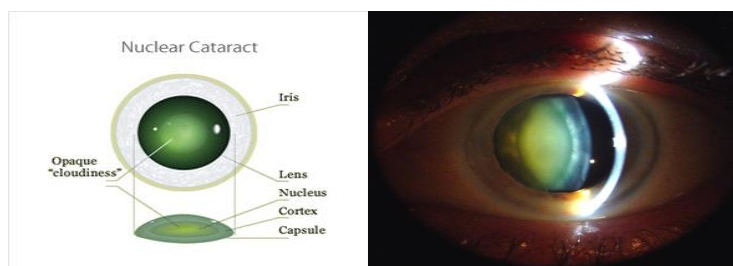
2.2 Ηλικιακός Καταρράκτης

Ο ηλικιακός καταρράκτης, ο οποίος είναι το πιο συχνό είδος καταρράκτη, διακρίνεται σε τρεις κύριους τύπους ανάλογα με την θέση που εντοπίζεται : πυρηνικό, φλοιώδη και οπίσθιο υποκαψικό. Σε πολλούς ασθενείς μπορεί να συνυπάρχουν στοιχεία από περισσότερους από έναν τύπους.^[4]

Πολλοί δυνητικοί παράγοντες κινδύνου έχουν συνδεθεί με την ανάπτυξη του ηλικιακού καταρράκτη, στους σημαντικότερους περιλαμβάνονται ο σακχαρώδης διαβήτης, η χρήση κορτικοστεροειδών, ενδοφθάλμια επέμβαση κατά το παρελθόν και έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία.^[10] Επίσης το φύλο, κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες, τρόπος ζωής (κάπνισμα, αλκοόλ), διατροφή και η υγεία του ατόμου (αφυδάτωση, διαρροϊκές κρίσεις).^[12,13] Μελέτες εκτιμούν ακόμα ότι ο ηλικιακός καταρράκτης εμφανίζει κληρονομικότητα μεταξύ 48% - 59%.^[14,15]

2.2.1 Πυρηνικός καταρράκτης

Ο πυρηνικός καταρράκτης αρχίζει σαν μια υπερβολή των φυσιολογικών μεταβολών του πυρήνα του φακού, λόγω γήρατος. Η πυρηνική σκλήρυνση αποκτά μια κίτρινη απόχρωση σε πρώιμο στάδιο, ενώ σε προχωρημένο εμφανίζεται καφέ.^[16]



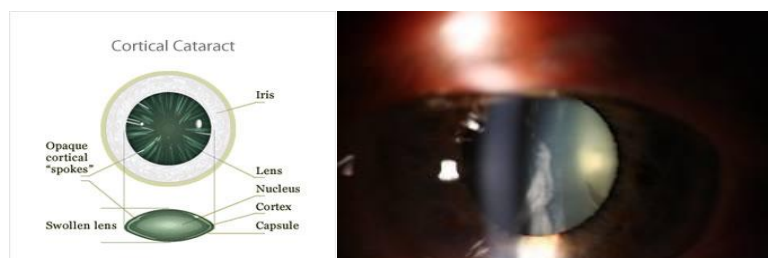
Εικόνα 5. Πυρηνικός Καταρράκτης, α) σχηματική απεικόνιση της εντόπισής του κεντρικά στον φακό και β) εικόνα πυρηνικού καταρράκτη σε ασθενή όπως φαίνεται στην σχισμοειδή λυχνία.

Αυτός ο τύπος καταρράκτη εξελίσσεται βραδέως, συνήθως είναι αμφοτερόπλευρος και μπορεί να είναι ασύμμετρος. Η προοδευτική σκλήρυνση του πυρήνα του φακού μπορεί να προκαλέσει αύξηση του δείκτη διάθλασης και μυωπική μετατόπιση στη διάθλαση και λόγω αυτού πρεσβύωπες μπορούν να διαβάσουν ξανά χωρίς γυαλιά, μια κατάσταση που ονομάζεται “δεύτερη όραση των ηλικιωμένων”. Η προοδευτική κίτρινη ή καφέ απόχρωση που αποκτά ο πυρήνας, οδηγεί σε δυσκολία στη διάκριση των αποχρώσεων ειδικότερα στο μπλε φάσμα. Τέλος η φωτοπική λειτουργία του αμφιβληστροειδούς μπορεί να μειωθεί σε προχωρημένο πυρηνικό καταρράκτη.^[4]

2.2.2 Φλοιώδης καταρράκτης

Ο φλοιώδης καταρράκτης αφορά τον πρόσθιο φλοιό, οπίσθιο φλοιό ή τον ισημερινό του φακού. Οι θολερότητες αρχίζουν σαν κενοτόπια και ρωγμές μεταξύ των φακαίων ινών, λόγω της ενυδάτωσης του φλοιού και δημιουργούν σφηνοειδείς ή ακτινωτές σκιάσεις, με συχνότερη αρχική εντόπιση το κάτω ρινικό τεταρτημόριο.^[16] Ο φλοιώδης καταρράκτης είναι συνήθως αμφοτερόπλευρος και συχνά ασύμμετρος. Η εξέλιξή του ποικίλει σημαντικά,

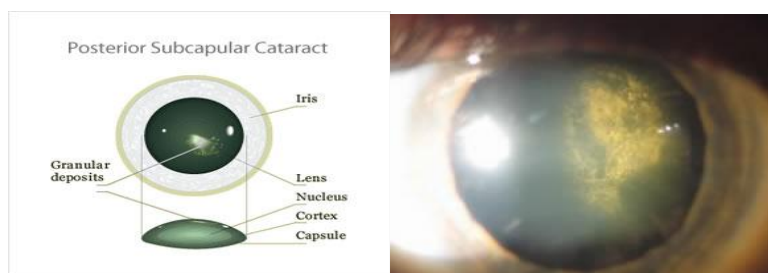
μερικές φλοιώδεις θολερότητες παραμένουν σταθερές για μεγάλη περίοδο, ενώ άλλες εξελίσσονται γρήγορα. Η επίδρασή του στη όραση ποικίλει ανάλογα με την θέση της θόλωσης σε σχέση με τον οπτικό άξονα. Σύνηθες σύμπτωμα αποτελεί το θάμβος της όρασης (glare) από την φωτεινή αντανάκλαση από πηγές φωτός, όπως τα φώτα των αυτοκινήτων.^[4]



Εικόνα 6. Φλοιώδης καταρράκτη, α) σχηματική απεικόνιση των σφηνοειδών – ακτινωτών σκιάσεων που δημιουργούνται και β) εικόνα φλοιώδους καταρράκτη σε ασθενή όπως φαίνεται στην σχισμοειδή λυχνία.

2.2.3 Οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης

Ο οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης εντοπίζεται μπροστά από το οπίσθιο περιφάκιο και έχει σχέση με την οπίσθια μετανάστευση των επιθηλιακών κυττάρων του φακού.^[16] Συχνά εμφανίζεται σε ασθενείς μικρότερης ηλικίας από ότι ο πυρηνικός και ο φλοιώδης καταρράκτης. Χαρακτηριστικό σύμπτωμα είναι το θάμβος της όρασης (glare) και η μειωμένη οπτική οξύτητα σε φωτεινές συνθήκες, διότι ο οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης παρεμβάλλεται στην διάθλαση του φωτός στον φακό, λόγω της θέσης του, ιδιαίτερα σε συνθήκες που προκαλούν μύση της ίριδας, όπως φωτεινές πηγές, προσαρμογή και φάρμακα που προκαλούν μύση. Η κοντινή οπτική οξύτητα μειώνεται περισσότερο σε σχέση με την μακρινή και συχνά οι ασθενείς παραπονιούνται για δυσκολία στην κοντινή ανάγνωση.^[4]



Εικόνα 7. Οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης, α) σχηματική απεικόνιση του κοκκώδους σχηματισμού που λαμβάνει και β) εικόνα οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη σε ασθενή όπως φαίνεται στην σχισμοειδή λυχνία.

Η αρχική εκτίμηση του καταρράκτη μπορεί να γίνει από τον εξεταστή με την βοήθεια της σχισμοειδούς λυχνίας. Ο πυρηνικός καταρράκτης προσδίδει στον πυρήνα του φακού μια κιτρινωπή χροιά και δημιουργεί σκέδαση του φωτός όταν παρατηρείται στη σχισμοειδή λυχνία. Οι σφηνοειδείς – ακτινωτοί σχηματισμοί του φλοιώδους καταρράκτη εμφανίζονται ως λευκές σκιάσεις όταν παρατηρούνται στη σχισμοειδή λυχνία και ως σκοτεινές σκιάσεις σε *retroillumination*. Ο οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης φαίνεται σε αρχικό στάδιο σαν μια λεπτή ιριδίζουσα γυαλάδα στα οπίσθια στρώματα του φλοιού, σε προχωρημένο στάδιο ως κοκκώδεις ή κενοτοπιώδεις σκιάσεις, ενώ σε *retroillumination* δημιουργεί μια μαύρη σκίαση.^[4]

2.3 Συστήματα Ποιοτικής σταδιοποίησης

Καθώς οι διαφορετικοί τύποι γεροντικού καταρράκτη εξελίσσονται προοδευτικά με τον χρόνο, είναι χρήσιμη η δημιουργία συστημάτων και οργάνων ταξινόμησης του καταρράκτη ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκεται. Διαβαθμίσεις και ταξινομήσεις του καταρράκτη είναι χρήσιμες για τον καθορισμό της δυσκολίας της επέμβασης του καταρράκτη και για την έρευνα σχετικά με τον καταρράκτη.

2.3.1 Oxford Clinical Cataract Classification and Grading System

Ένα από τα πρώτα συστήματα ταξινόμησης του καταρράκτη αποτελεί το Oxford Clinical Cataract Classification and Grading System (OCGS) το οποίο δημοσιεύθηκε το 1986. Το σύστημα της Οξφόρδης αποτελεί ένα σύστημα ταξινόμησης του καταρράκτη που χρησιμοποιεί τα OCGS πρότυπα διαγράμματα και δείγματα χρωμάτων του Munsell για την διαβάθμιση του πυρηνικού, φλοιώδους και οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη. Η παρατήρηση

γίνεται με σχισμοειδή λυχνία και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του καταρράκτη γίνεται σε μια κλίμακα από μηδέν έως πέντε.^[17]

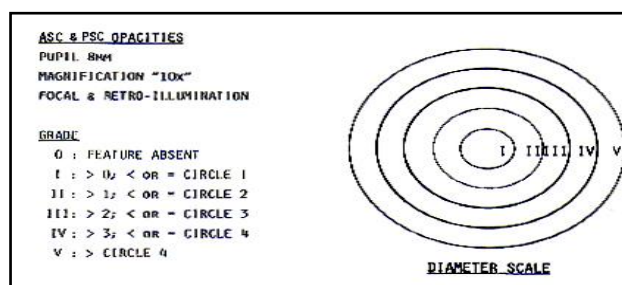


Figure 41-6. "Oxford" system: the diameter scale reference standards for anterior and posterior subcapsular opacities. (From Sparrow JM, Bron AJ, Brown NAP, et al: The Oxford clinical cataract classification and grading system. *Int Ophthalmol* 9:207, 1988. Reprinted by permission of Kluwer Academic Publishers.)

Εικόνα 8. Τα πρότυπα διαγράμματα του Oxford Clinical Cataract Classification and Grading System (OCGS).

2.3.2 Μέθοδος Mehra & Minassian

Μια άλλου είδους προσπάθεια ήταν η μέθοδος που δημιούργησαν οι Mehra και Minassian,^[18] που ήταν μια γρήγορη μέθοδος σταδιοποίησης του καταρράκτη σε επιδημιολογικές μελέτες και δημοσιεύτηκε το 1988. Η παρατήρηση γινόταν με άμεσο οφθαλμοσκόπιο και αφορούσε κεντρικές θολερότητες, διότι θεωρούσαν πως αυτές παρεμβαίνουν κυρίως την όραση, και η διαβάθμιση γινόταν σε μια κλίμακα από μηδέν έως πέντε.

Table 1 Rules for grading central lens opacities

Grade of central lens opacity	Criteria
0	Clear red reflex, no opacities
1	Few small dot opacities in the lens appearing as tiny scattered dark spots in the red reflex. Maximum area occupied by the dots 1 mm ²
2A	Lens opacity obscuring part of red reflex. Area obscured is smaller than area of clear red reflex
2B	As 2A but area obscured equal to or larger than area of clear red reflex
3	Lens opacity totally obscuring the red reflex
4	Aphakia or displaced lens
5	Unable to assess red reflex owing to corneal opacity etc.

Εικόνα 9. Οι κανόνες για την σταδιοποίηση του καταρράκτη σύμφωνα με τη μέθοδο των οι Mehra και Minassian.

2.3.3 Wilmer system

Το Wilmer system ήταν ένα σύστημα το οποίο προτάθηκε από τους Taylor HR και West SK ^[19] την ίδια περίοδο (1988). Οι πυρηνικές θολερότητες παρατηρούνται με σχισμοειδή λυχνία και ταξινομούνται με βάση ένα σύνολο πρότυπων φωτογραφιών. Στον φλοιώδη καταρράκτη γίνεται παρατήρηση των αλλοιώσεων σε retroillumination και εκτίμηση των τμημάτων που επηρεάζονται ως προς το σύνολο του φλοιού. Στον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη γίνεται παρατήρηση με retroillumination και μέτρηση του μεγέθους του με λεπτή δέσμη. Η μέθοδος αυτή φάνηκε να έχει σχετικά καλή αναπαραγωγιμότητα.

Table 1. Nuclear opacity grading definitions

Nuclear Grade 0	No opacity. Less dense or less extensive than standard photograph 1.
Nuclear Grade 1	Nuclear opacity. At least as dense and as extensive as standard photograph 1 but less dense or less extensive than standard photograph 2 (consistent with 6/6 vision).
Nuclear Grade 2	Nuclear opacity. At least as dense and as extensive as standard photograph 2 but less dense or less extensive than standard photograph 3 (consistent with vision in the range 6/7.5 to 6/12).
Nuclear Grade 3	Nuclear opacity. At least as dense and as extensive as standard photograph 3 but less dense or less extensive than standard photograph 4 (consistent with vision 6/12 to 6/36).
Nuclear Grade 4	Nuclear opacity. At least as dense and extensive as standard photograph 4 (consistent with visual acuity of less than 6/36).

In the presence of cortical opacities, which may cause intense light scatter, care must be taken not to overcall the density of the nuclear opacity. In these cases, particular attention must be directed to the uniformity and distribution of the nuclear opacity. The yellow/brown discoloration of the lens should be disregarded while grading.

Table 2. Cortical opacity grading definitions

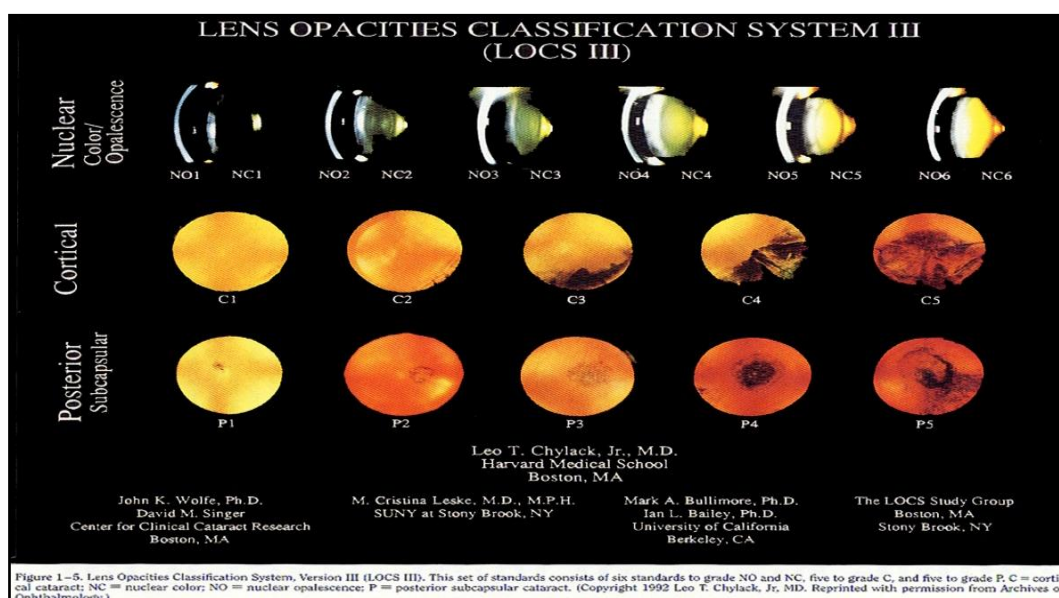
Cortical Grade 0	No opacities.
Cortical Grade 1	Opacities which when combined occupy less than one eighth of circumference.
Cortical Grade 2	Opacities which when combined occupy less than one quarter of circumference.
Cortical Grade 3	Opacities which when combined occupy less than half of circumference.
Cortical Grade 4	Opacities which when combined occupy more than half of circumference.

Εικόνα 10. Οι κανόνες σταδιοποίησης του συστήματος Wilmer για τον πυρηνικό και φλοιώδη καταρράκτη.

2.3.4 Lens Opacities Classification System III

Η πιο κοινή μέθοδος βαθμονόμησης του καταρράκτη τα τελευταία χρόνια είναι το Lens Opacities Classification System III (LOCS III) το οποίο αναπτύχθηκε από τον Chylack και συν.^[20] το 1993. Αποτελείται από έξι εικόνες σχισμοειδούς λυχνίας για την σταδιοποίηση του χρώματος (Nuclear Color) και του ιριδισμού (Nuclear Opalescence) του πυρηνικού καταρράκτη, από πέντε retroillumination εικόνες για την σταδιοποίηση του φλοιώδους καταρράκτη (C) και πέντε retroillumination εικόνες για την σταδιοποίηση του οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη (P). Στον πυρηνικό καταρράκτη, μια λεπτή δέσμη φωτός της σχισμοειδούς λυχνίας εστιάζεται στον πυρήνα του φακού και γίνεται σταδιοποίηση ως προς το χρώμα (NC) και τον ιριδισμό (NO) σε

σύγκριση με τις πρότυπες φωτογραφίες του πυρηνικού καταρράκτη. Στις πρότυπες φωτογραφίες ο ιριδισμός αυξάνεται και το χρώμα από άσπρο αποκτά κιτρινωπή-καφεοειδή χροιά καθώς ο καταρράκτης εξελίσσεται. Αν οι παράμετροι NC και NO είναι μικρότερες σε σχέση με την πρώτη φωτογραφία τότε βαθμονομούνται με μηδέν, ενώ εάν είναι ίσες με ένα. Αν μια παράμετρος όπως για παράδειγμα ο ιριδισμός (NC) είναι πιο λίγο έντονος σε σχέση με την πρότυπη εικόνα με NC 1 και αρκετά μικρότερος σε σχέση με την πρότυπη εικόνα NC 2 τότε μπορούμε να σταδιοποιήσουμε την εικόνα μας ως 1.2, καθώς το σύστημα επιτρέπει τη δεκαδική σταδιοποίηση με κλίμακα 0.1. Στον φλοιώδη καταρράκτη μια retroillumination προβολή χρησιμοποιείται για την παρατήρηση του φακού που εστιάζεται είτε στο πρόσθιο είτε στο οπίσθιο περιφάκιο. Η εικόνα συγκρίνεται με τις πρότυπες φωτογραφίες στις οποίες αυξάνεται η έκταση του φλοιώδους καταρράκτη καθώς αυξάνεται η διαβάθμιση. Στο οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη έχουμε retroillumination προβολή που εστιάζεται μόνο στο οπίσθιο περιφάκιο. Ο καταρράκτης διαβαθμίζεται με βάση τις πρότυπες φωτογραφίες 1 έως 5.^[3,20]



Εικόνα 11. Οι πρότυπες εικόνες του συστήματος LOCS III, με την διαβάθμιση σύμφωνα με την οποία γίνεται η σταδιοποίηση.

2.4 Συστήματα Ποσοτικής Σταδιοποίησης

Οι παραπάνω μέθοδοι ωστόσο είναι υποκειμενικοί και εμπεριέχουν το υποκειμενικό σφάλμα του εξεταστή. Για να τυποποιηθεί ένα σύστημα βαθμονόμησης του καταρράκτη χρειάζεται μια αντικειμενική και αναπαραγώγιμη μέθοδος. Απεικονιστικά συστήματα όπως η τεχνολογία Scheimpflug, που χρησιμοποιείται στο Pentacam (Oculus) και Gallilei (Ziemer) ή η οπτική τομογραφία συνοχής (OCT), θα μπορούσαν να ποσοτικοποιήσουν αντικειμενικά το είδος και την ένταση του καταρράκτη. Η τυποποίηση της αυτοματοποιημένης ποσοτικοποίησης του καταρράκτη μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Η ποσοτική σταδιοποίηση μπορεί να προσφέρει αντικειμενικές μετρήσεις της πυκνότητας του φακού χρήσιμα για την κλινική πρακτική και την έρευνα. Θα μπορούσε να επιταχυνθεί η διαδικασία κλινικής αξιολόγησης, να γίνει η καταλληλότερη επιλογή διαχείρισης, να προβλεφθούν καλύτερα οι παράμετροι δυναμικής του φακού και να προβλεφθούν τα αποτελέσματα διαχείρισης με ακόμα μεγαλύτερη ασφάλεια.

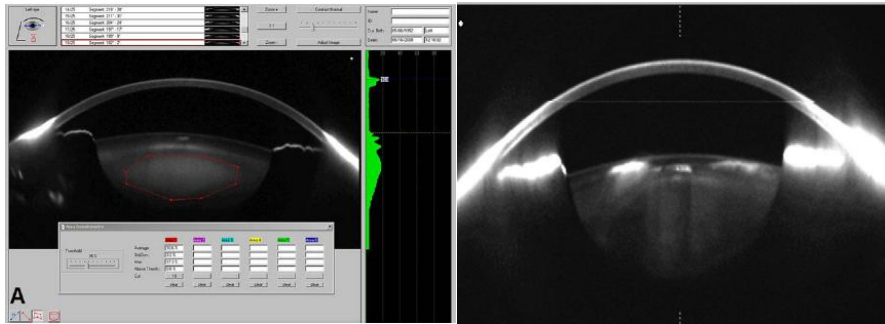
2.4.1 Scheimpflug απεικόνιση

Η μέθοδος Scheimpflug απεικόνισης του πρόσθιου ημιμορίου του οφθαλμού έχει γίνει πολύ δημοφιλής με την εξέλιξη της τεχνολογίας συστημάτων όπως είναι το Pentacam (Oculus). Η Scheimpflug απεικόνιση του φακού του οφθαλμού μελετάται εδώ και 30 έτη, με κύρια συστήματα το EAS-1000 (Nidek) και Topcon SL-45 (Topcon Medical Systems). Διάφορες μελέτες έχουν δημοσιευθεί, προτείνοντας πολυάριθμες μετρικές για τις θολερότητες του φακού και προσεγγίσεις για την ποιοτική σταδιοποίηση του καταρράκτη, με κάποιες από αυτές να έχουν καλύτερη συσχέτιση της σταδιοποίησης του καταρράκτη και της όρασης σε σχέση με άλλες. Το Pentacam χρησιμοποιεί την αρχή της Scheimpflug απεικόνισης λαμβάνοντας πολλαπλές εικόνες του πρόσθιου ημιμορίου του οφθαλμού. Είναι μη επεμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί μονοχρωματική πηγή φωτός και λαμβάνονται 25 εικόνες με 500 σημεία μέτρησης στη πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς σε μια περιστροφή 180° εντός 2 δευτερολέπτων.^[21]

Στη μελέτη του Grewal και συν.^[22] υπολόγισαν την μέση πυκνότητα του φακού και την πυκνότητα του πυρήνα του φακού σε ασθενείς με πυρηνικό καταρράκτη και τις συσχέτισαν με την διορθωμένη οπτική οξύτητα (CDVA) και την σταδιοποίηση με το σύστημα LOCS III. Οι συγγραφείς κατέληξαν πως η σταδιοποίηση της πυκνότητας του πυρήνα του φακού εμφανίζει καλύτερη συσχέτιση. Ακόμα οι Pei και συν.^[23] βρήκαν γραμμική αύξηση στη σχέση μεταξύ της τιμής της πυκνότητας του φακού και της τιμής σταδιοποίησης του πυρηνικού καταρράκτη, ενώ η σταδιοποίηση του φλοιώδη καταρράκτη δεν είχε καλή αντιστοίχιση και κατάληξαν πως η ποσοτική σταδιοποίηση με Pentacam θα έπρεπε να χρησιμοποιείται μόνο για πυρηνικό καταρράκτη.

Οι μελέτη των K. Ullrich και K. Pesudovs^[21] είχε σκοπό να προτείνει νέες μετρικές σχετικά με την χρήση της Scheimpflug απεικόνισης για την ποσοτική σταδιοποίηση του καταρράκτη. Με τη νέα μέθοδο εκτίμησης των Scheimpflug εικόνων για τον πυρηνικό και φλοιώδη καταρράκτη που χρησιμοποιούν και προτείνουν, καταλήγουν σε καλά αποτελέσματα συσχέτισης ποσοτικής σταδιοποίησης πυρηνικού και φλοιώδη καταρράκτη με το σύστημα LOCS III.

Οι Robman και συν.^[24] υπολόγισαν πως οι μετρικές του πρόσθιου τμήματος του πυρήνα του φακού κατά μήκος του οπτικού άξονα συσχετίζονταν πιο ισχυρά με το σκορ του NO (nuclear opalescence) του συστήματος LOCS III (για καταρράκτες με NO>2), ενώ οι τιμές του οπίσθιου τμήματος του πυρήνα συσχετίζονταν ασθενέστερα, γεγονός που πιθανόν να προέκυπτε ως αποτέλεσμα της υποτίμησης της θολερότητας λόγω της σκίασης από το πρόσθιο τμήμα του πυρήνα. Επίσης, ο Kim και συν.^[25] δηλώνουν πως παρά το γεγονός ότι με την Scheimpflug απεικόνιση μπορεί να μετρηθεί αποτελεσματικά η πυκνότητα του πυρήνα του φακού, η μέτρηση του οπίσθιου φλοιού και οπίσθιας κάψας είναι δύσκολη ακόμα και με πλήρως διεσταλμένες κόρες.



Εικόνα 12. Scheimpflug μέτρηση της πυκνότητας του πυρήνα του φακού (Αριστερά Kim et al.^[25]) και του φλοιώδη καταρράκτη (Δεξιά K. Ullrich και K. Pesudovs^[21]).

Στη μελέτη των Kim και συν.^[25] έγινε χρήση του μηχανήματος Pentacam Scheimpflug system (Oculus) για ποσοτική εκτίμηση της πυκνότητας του φακού με κατάλληλο πρόγραμμα σε κλίμακα από 0 έως 100 (0 = χωρίς θολερότητα, 100 = πλήρως αδιαφανής φακός) και ποιοτική εκτίμηση των NC και NO σκορ σύμφωνα με το LOCS III των 60 οφθαλμών σε 53 ασθενείς. Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε επέμβαση καταρράκτη και μετρήθηκε η μέση συσσωρευτικά διαχεόμενη ενέργεια (CDE) που αντικατοπτρίζει την σκληρότητα του φακού. Τα στατιστικά δείχνουν πως υπήρχε καλύτερη συσχέτιση των τιμών του Scheimpflug για την πυκνότητα του φακού σε σχέση με την CDE, από τη συσχέτιση των NC και NO σκορ με την CDE. Οι συγγραφείς δηλώνουν πως με βάση τα αποτελέσματα οι μετρήσεις Scheimpflug για την πυκνότητα του φακού μπορεί να είναι καλύτερες από το σύστημα LOCS III για τον προσδιορισμό του σταδίου του πυρηνικού καταρράκτη.

Η μελέτη των Kirkwood και συν.^[26] είχε σκοπό την αξιολόγηση της επαναληψιμότητας και εγκυρότητας της Scheimpflug απεικόνισης για την ποσοτική σταδιοποίηση του καταρράκτη. Οι ερευνητές στο τέλος της έρευνας κατέληξαν πως η επαναληψιμότητα για τον ίδιο παρατηρητή και μεταξύ των παρατηρητών ήταν καλή τόσο για την ομάδα ασθενών με καταρράκτη, όσο και για την ομάδα υγείων ατόμων. Αρκετές μελέτες έχουν προτείνει πως η χρήση της Scheimpflug απεικόνισης θα είχε θετική αξία για κλινική χρήση, και αν οι μελέτες επαναληψιμότητας που βρίσκονται σε εξέλιξη έχουν θετικά αποτελέσματα, θα συμβάλουν ώστε να χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή για την παρακολούθηση της εξέλιξης του καταρράκτη, όπως για παράδειγμα σε

επιδημιολογικές μελέτες.^[21] Οι Sasaki και συν.^[27] σχολίασαν τα πλεονεκτήματα της χρήσης της Scheimpflug απεικόνισης σε επιδημιολογικές μελέτες, όπως η κατηγοριοποίηση και ο επανέλεγχος που εμφανίζουν βελτίωση.

2.4.2 Anterior Segment OCT

Η οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) είναι μια άλλη απεικονιστική μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί για την ποσοτική σταδιοποίηση του καταρράκτη. Η συσκευή που χρησιμοποιείται είναι το anterior segment OCT, η οποία χρησιμοποιεί μήκος κύματος 1310 nm, επιτυγχάνοντας καλή διείσδυση που είναι απαραίτητη για την απεικόνιση του ολόκληρου φακού. Η μελέτη των Wong AL και συν., εξετάζει την συσχέτιση των μετρήσεων της πυκνότητας του πυρηνικού καταρράκτη που έγιναν με Anterior Segment OCT, σε σχέση με τα σκορ NC και NO με τη χρήση του συστήματος LOCS III. Οι μετρήσεις έγιναν σε 55 οφθαλμούς με το μηχάνημα Anterior Segment OCT (AS-OCT Model1000, Visante, Carl Zeiss Meditech AG, Germany) και υπήρχε το μειονέκτημα ότι η περιοχή που επιλέχτηκε για την εκτίμηση της πυκνότητας του φακού περιλάμβανε μόνο τον πυρήνα του φακού. Οι συγγραφείς παρουσίασαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των μετρήσεων του AS-OCT και των σκορ NC, NO του LOCS III, με στατιστική σημαντικότητα $p < .001$.^[28]

2.4.3 CAD (computer-aided diagnosis imaging program)

Διαφορετική προσέγγιση είχε η μελέτη του Cheung και συν., που έφτιαξαν το πρόγραμμα CAD (computer-aided diagnosis imaging program) για την εκτίμηση θολεροτήτων στον πυρήνα του φακού. Αρχικά το σχήμα του φακού και του πυρήνα ανιχνεύονται με ένα μοντέλο ενεργού σχήματος (SVM) του προγράμματος από την εικόνα της σχισμοειδούς λυχνίας. Στη συνέχεια, είκοσι ένα απεικονιστικά χαρακτηριστικά (όπως η ένταση του πυρήνα, το χρώμα του πυρήνα κ.α.) εξάγονται και κανονικοποιούνται για να γίνει προσδιορισμός της έντασης της θολερότητας του πυρήνα. Τέλος, χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος παλινδρόμησης για την πρόβλεψη της σταδιοποίησης της θολερότητας με τη χρήση ενός αρχείου εκατό φωτογραφιών. Συγκεκριμένα, όταν το πρόγραμμα ανοίξει την εικόνα στην οθόνη προβολής τότε

εμφανίζονται αυτόματα τόσο ο προβλεπόμενος βαθμός της θολερότητας όσο και η θέση της στον φακό. Αν η επικάλυψη της αυτοματοποιημένης ανίχνευσης και της πραγματικής δομής εκτιμάται σε βαθμό κάτω από 95%, τότε η εκτίμηση χαρακτηρίζεται ως αποτυχημένη και υπάρχει δυνατότητα να οριστούν χειροκίνητα τα όρια και η θέση της θολερότητας στον φακό. Το πρόγραμμα CAD αξιολογεί τις πυρηνικές θολερότητες με αποτελέσματα συγκρίσιμα με το υποκειμενικό σύστημα Winsconsin (υποκειμενικό σύστημα της κατηγορίας όπως το LOCS III). Όμως περισσότερη έρευνα χρειάζεται για να επαληθευτούν αυτά τα αποτελέσματα και με άλλα υποκειμενικά σύστημα για να έχει κλινική εφαρμογή.^[29]



Εικόνα 13. Το περιβάλλον του προγράμματος CAD (computer-aided diagnosis imaging program) για την εκτίμηση του πυρηνικού καταρράκτη. Το πρόγραμμα μετά το άνοιγμα της εικόνας εμφανίζει την πρόβλεψη του σταδίου του καταρράκτη και την θέση της θολερότητας στον φακό.^[29]

2.4.4 Συστήματα εκτίμησης εμπρόσθιας σκέδασης

Οι σταδιοποιήσεις του καταρράκτη με την σχισμοειδή λυχνία και οι τεχνικές απεικόνισης όπως το Scheimpflug και OCT αξιολογούν την οπίσθια σκέδαση του φωτός. Οι μέθοδοι αυτές εμφανίζουν μόνο ότι βλέπει ο παρατηρητής, αλλά δεν είναι αυτό που πραγματικά βλέπει ο ασθενής. Μετρήσεις της εμπρόσθιας σκέδασης θα μπορούσαν να μας δώσουν καλύτερη αντιστοιχία με τις μετρήσεις οπτικής ποιότητας, δηλαδή της ποιότητας όρασης του ασθενούς. Επί του παρόντος δεν υπάρχει κάποια άμεσα διαθέσιμη μέθοδος μέτρησης της εμπρόσθιας σκέδασης. Το σύστημα C-quant (Oculus GmbH,

Wetzlar-Dutenhofen, Germany) περιέχει μετρήσεις της εμπρόσθιας σκέδασης, ωστόσο είναι μια υποκειμενική μέθοδος καθώς ο ασθενής πατάει κουμπιά σε απόκριση στο φως.^[21] Η μελέτη του Artal και συν.^[30] είναι μια προσπάθεια ποιοτικής σταδιοποίησης του καταρράκτη με προσέγγιση της εμπρόσθιας σκέδασης. Πρότειναν ένα αντικειμενικό δείκτη διασποράς (OSI) βασιζόμενοι σε φωτογραφίες αμφιβληστροειδούς διπλής δίοδου από μια σημειακή πηγή για την σταδιοποίηση του καταρράκτη. Στη μελέτη υπήρχε μια ομάδα αναφοράς με φυσιολογικούς οφθαλμούς και μια ομάδα με οφθαλμούς που είχαν σταδιοποιηθεί σε NO2, NO3 και NO4 με βάση το LOCS III. Σε κάθε ασθενή υπολογίστηκε ο δείκτης OSI ως αναλογία της έντασης σε μια έκκεντρη θέση στη εικόνα σε σχέση με μια κεντρική θέση. Αυτός ο δείκτης παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εμπρόσθια σκέδαση που επηρεάζει την όραση. Κατέληξαν πως OSI μικρότερο από 1 αντιστοιχεί σε οφθαλμούς χωρίς καταρράκτη, OSI 2 αντιστοιχεί σε πρώιμο στάδιο καταρράκτη, ενώ OSI 3 και 4 σε ώριμο καταρράκτη. Ο δείκτης συμφωνούσε σημαντικά με τη σταδιοποίηση που έγινε με το σύστημα LOCS III και η εφαρμογή λοιπόν αυτού του δείκτη θα μπορούσε να συμβάλει στην απόφαση για τη σωστή χρονική στιγμή της επέμβασης του καταρράκτη. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα, όπως ότι η εικόνα διπλής δίοδου επηρεάζεται όχι μόνο από την εμπρόσθια αλλά και από την οπίσθια σκέδαση. Παρόλο που επηρεάζεται κυρίως από τον πυρηνικό καταρράκτη, δεν μπορεί να αποφευχθεί η συμμετοχή φλοιώδη και οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη, ούτε να εκτιμηθεί ο βαθμός συμμετοχής τους. Η σκέδαση επηρεάζεται από όλες τις δομές του οφθαλμού, οπότε ηλικιακές αλλαγές στον κερατοειδή και στο υαλώδες και περιπτώσεις παθολογίας έχουμε αλλαγή του δείκτη σκέδασης. Η δέσμη του laser περνά στην πρώτη δίοδο από μικρή διάμετρο (1.5 mm), ενώ στη δεύτερη δίοδο γεμίζει όλο τον χώρο της κόρης.

Μέρος III Εκτίμησης της λειτουργικής όρασης

3.1 Οπτική Οξύτητα

Η αξιολόγηση της διακριτικής ικανότητας του συστήματος όρασης πραγματοποιείται με τη μέθοδο της οπτικής οξύτητας, η οποία ορίζεται ως η ικανότητα αναγνώρισης συμβόλων ενός πρότυπου πίνακα εξέτασης σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Η οπτική οξύτητα αξιολογείται με τη χρήση πινάκων, που αποτελούνται από σειρές μαύρων συμβόλων, αριθμών ή γραμμάτων, που ονομάζονται οπτότυπα, σε λευκό υπόβαθρο που βαθμιαία ελαττώνονται σε μέγεθος. Κάθε οπτότυπο περικλείεται σε ένα τετραγωνικό πλαίσιο, με το μήκος της κάθε πλευράς του να είναι πενταπλάσιο του πάχους των γραμμών που το αποτελούν.^[31]

3.1.1 Πίνακες Snellen

Οι πρώτοι βαθμονομημένοι πίνακες για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας κατασκευάστηκαν και δημοσιεύτηκαν το 1862 από τον Herman Snellen (πίνακες Snellen). Ο ίδιος όρισε ως φυσιολογική οπτική οξύτητα, αυτή που απαιτείται για να αναγνωριστεί ένα γράμμα, που αποτελείται από πέντε σκέλη και έχει γωνία όρασης ίση με πέντε λεπτά, στα έξι μέτρα. Η οπτική οξύτητα ορίζεται από ένα κλάσμα του οποίου ο αριθμητής είναι η απόσταση του εξεταζόμενου από τον πίνακα μέτρησης και παρονομαστής η απόσταση στη οποία το οπτότυπο φαίνεται υπό γωνία πέντε λεπτών της μοίρας. Οι πίνακες του Snellen, έτσι όπως κατασκευάστηκαν αρχικά, αποτελούνται από γράμματα ειδικής γραμματοσειράς και έχουν τέτοια κατανομή, ώστε στην κορυφή υπάρχει ένα γράμμα που απαιτεί υποδεκαπλάσια οπτική οξύτητα (6/60) από τη φυσιολογική και φαίνεται υπό γωνία πέντε λεπτών της μοίρας στα εξήντα μέτρα. Η μείωση του μεγέθους των γραμμάτων στον πρότυπο πίνακα ακολουθεί γεωμετρική πρόοδο. Το κλάσμα του Snellen, μπορεί να εκφραστεί και σε δεκαδική παράσταση (το πηλίκο της παράστασης Snellen), η οποία έχει κυριαρχήσει στην Ελλάδα (τα 6/6 αντιστοιχούν σε 1.0 ή 10/10).^[31] Οι πρότυποι πίνακες Snellen, αν και είναι ευρέως αποδεκτοί, δεν είναι τέλειοι.

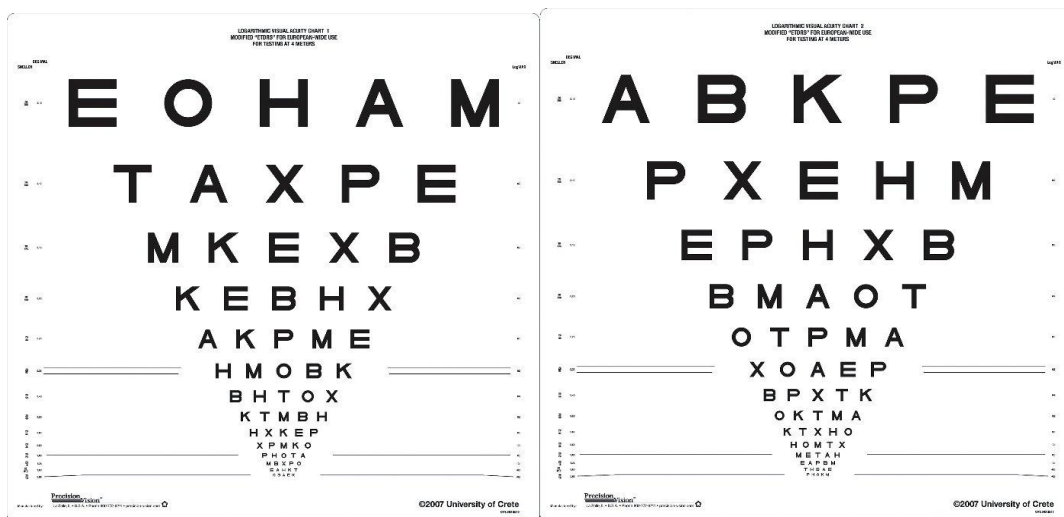
Τα γράμματα σε διαφορετικές γραμμές του πίνακα Snellen, δεν σχετίζονται μεταξύ τους στο μέγεθος με γεωμετρική ή αριθμητική πρόοδο. Επιπλέον, συγκεκριμένα γράμματα (όπως C, D, O, G) είναι πιο δύσκολο να αναγνωριστούν σε σχέση με άλλα (όπως A και J), διότι υπάρχουν περισσότερα γράμματα του αλφαβήτου με τα οποία μπορούν να συγχέονται. Για τους λόγους αυτούς, εναλλακτικά οπτότυπα έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται επίσης σε κλινικές δοκιμές (όπως EDTRS, Bailey-Lovie).^[32]

3.1.2 Πίνακες EDTRS

Ύστερα από την κατασκευή των πρότυπων πινάκων Snellen, ακολούθησε ένα μεσοδιάστημα, κατά τη διάρκεια του οποίου έγιναν πολλές προτάσεις όσο αφορά τους πίνακες εξέτασης και τον πρότυπο σύστημα μέτρησης της οπτικής οξύτητας, με σημαντικότερες αυτές της Sloan (1959), του Green (1968) και αργότερα των Bailey-Lovie (1976). Οι παραπάνω προτάσεις, οδήγησαν το Εθνικό Ινστιτούτο Οφθαλμού των ΗΠΑ (Ferris, 1982), στην υιοθέτηση και χρήση του πίνακα των Bailey-Lovie (Bailey, 1976) με κάποιες τροποποιήσεις, με σκοπό την εδραίωση μιας πρότυπης μεθόδου για τη μέτρησης της οπτικής οξύτητας για την πρόωρη θεραπεία της μελέτης διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study). Οι πίνακες αυτοί (logMAR ETDRS πίνακες) περιέχουν γράμματα της γραμματοσειράς Sloan (Sloan, 1952), παρουσιάζουν σταθερό αριθμό γραμμάτων (5) ανά σειρά, και γεωμετρική πρόοδο στην μεταβολή του μεγέθους τους (ο λόγος της μεταβολής είναι ίσος με 0.1 logMAR, δηλαδή 1.26), ενώ η «βαρύτητα» του κάθε γράμματος είναι 0.02 logMAR. Η μεταβολή του μεγέθους των γραμμάτων γίνεται από 1.0 μέχρι -0.3.^[31]

Αν και οι πρότυποι πίνακες EDTRS έχουν σχεδόν όλα τα κριτήρια για μια ακριβή και επαναλήψιμη μέτρηση, δεν περιλαμβάνουν ορισμένα γράμματα που δεν χρησιμοποιούνται στο ελληνικό, στο κυριλλικό και στο κεντρο-ευρωπαϊκό αλφάβητο, ως αποτέλεσμα αυτό καθιστά αρκετά δύσκολη την συμμετοχή ελληνικών διαγνωστικών κέντρων σε διεθνείς πολυκεντρικές μελέτες. Το Πανεπιστήμιο Κρήτης λοιπόν, προχώρησε στη δημιουργία τροποποιημένων πινάκων της EDTRS, οι οποίοι αποτελούνται από γράμματα

που περιέχονται όχι μόνο στο ελληνικό αλλά σε όλα τα ευρωπαϊκά αλφάβητα με σκοπό την πανευρωπαϊκή ισχύ. Στη νέα σειρά πινάκων, τα οπτότυπα C, D, N, R, S, V και Z αντικαταστάθηκαν με τα E, P, X, B, Τα, Μ και Α.^[31, 33, 34]

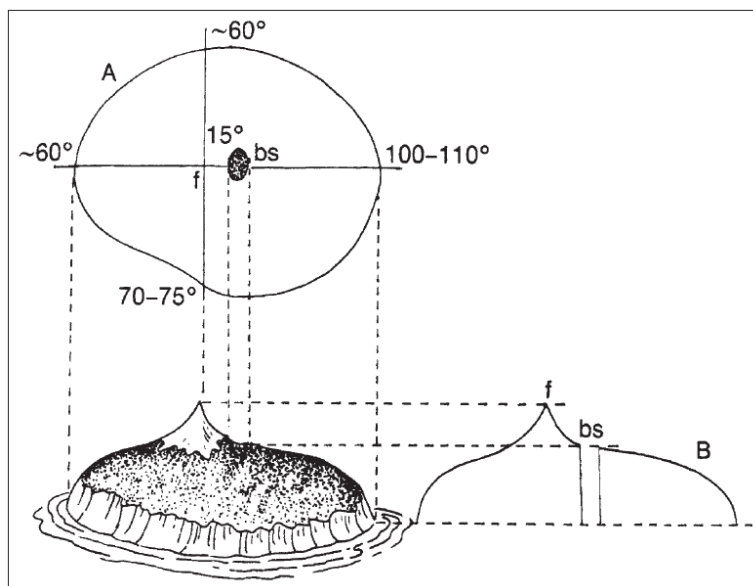


Εικόνα 14. Οι τροποποιημένοι ETDRS πίνακες οπτικής οξύτητας που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης.^[31, 34]

3.2 Περιμετρία

Η περιμετρία αποτελεί ποσοτικοποίηση του οπτικού πεδίου και αποτελεί μια σημαντική διαγνωστική εξέταση στην οφθαλμολογία.^[35] Η κλασική περιγραφή του οπτικού πεδίου δίνεται από τον Harry Moss Traquair (1875 - 1954), είναι «ένα νησί όρασης σε μια θάλασσα σκότους». Το “νησί της όρασης” περιγράφεται συνήθως ως μια τρισδιάστατη γραφική παράσταση της διαφορικής φωτεινής ευαισθησίας σε διαφορετικές θέσεις στο χώρο.^[6,36] Θα μπορούσε παρομοίως να οριστεί ως το σύνολο της οπτικής αντίληψης ενός οφθαλμού που είναι προσηλωμένος σε ένα σταθερό αντικείμενο αναφοράς, με το κεφάλι και το σώμα σε σταθερή θέση.^[37] Το φυσιολογικό οπτικό πεδίο έχει οβάλ σχήμα, κροταφικά εκτείνεται 100° - 110°, κατώτερα 70° - 75° και ανώτερα και ρινικά έως τις 60°. Μια περιοχή με απώλεια όρασης εντός του οπτικού πεδίου ονομάζεται σκότωμα, εάν η απώλεια της όρασης είναι καθολική το σκότωμα ονομάζεται απόλυτο, εάν είναι μερική, το σκότωμα

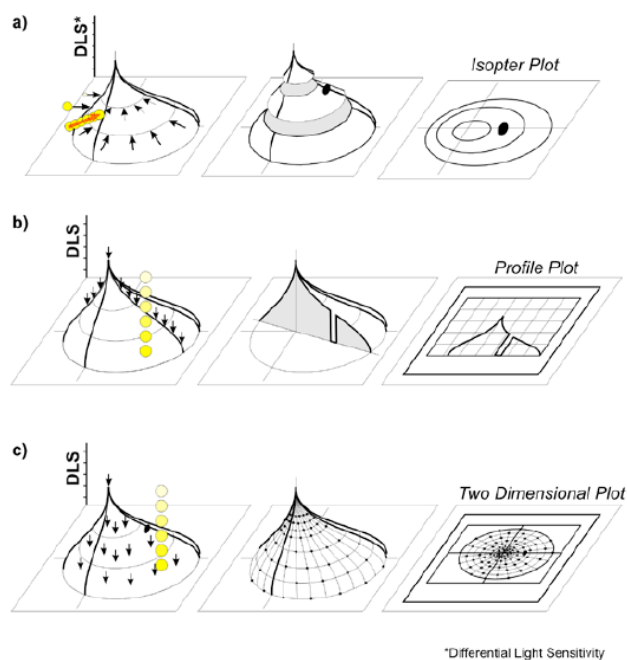
ονομάζεται σχετικό. Το τυφλό σημείο είναι ένα απόλυτο σκότωμα που αντιστοιχεί στην κεφαλή του οπτικού νεύρου και βρίσκεται περίπου 15° κροταφικά της ωχράς κηλίδας (Εικόνα 15).^[38]



Εικόνα 15. Το φυσιολογικό οπτικό πεδίο όπως περιγράφηκε από τον Traquair, ως «μια νήσος όρασης που περιβάλλεται από θάλασσα σκότους». Η «κορυφή του νησιού» αντιστοιχεί στο κέντρο της προσήλωσης - το βοθρίο fovea; f). Το τυφλό σημείο (blind spot; bs) αντιστοιχεί στην κεφαλή του οπτικού νεύρου και βρίσκεται 15° κροταφικά του βοθρίου. Οι διαστάσεις του κανονικού οπτικού πεδίου φαίνεται στο σχήμα A.^[38]

Η περιμετρία διακρίνεται σε δύο βασικά είδη: την κινητική και την στατική περιμετρία. Στην κινητική περιμετρία ο στόχος μετακινείται αλλά παραμένει σταθερός σε μέγεθος και φωτεινότητα. Ο στόχος μετακινείται από περιοχή όπου δεν είναι ορατός προς περιοχή του οπτικού πεδίου που είναι ορατός, καταγράφοντας την απόκριση του εξεταζόμενου στην περιοχή που μόλις άρχισε να γίνεται ορατός ο στόχος. Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου αναπαριστώνται γραφικά με σχήματα που ονομάζονται ισόπτερα και είναι γραμμές ίσης διαφοράς φωτεινής ευαισθησίας (Εικόνα 16a). Στην στατική περιμετρία το ερέθισμα είναι στάσιμο, ενώ αλλάζει σε μέγεθος ή/και φωτεινότητα. Εάν οι θέσεις προβολής των στόχων είναι οργανωμένες σε μια γραμμική ακολουθία, σχηματίζεται μια κάθετη φέτα της «νήσου όρασης» (Εικόνα 16b). Εάν το ερέθισμα προβάλλεται σε διάφορες θέσεις μιας περιοχής

του οπτικού πεδίου (συνήθως ένα ευθύγραμμο δίκτυο), οι οποίες ελέγχονται από έναν υπολογιστικό αλγόριθμο σχετικά με την ακολουθία προβολής τους, η εξέταση ονομάζεται στατική αυτοποιημένη περιμετρία (Εικόνα 16c). Η γραφική αναπαράσταση της “νήσου όρασης” είναι μια εικόνα που αποτελείται από πολυγωνικές πτυχές που συνθέτουν την επιφάνεια ενός γεωδαιτικού θόλου.^[37]



Εικόνα 16 (a, b, c). Συμβατικές μέθοδοι περιμετρίας. A: Κινητική περιμετρία, B: Στατική περιμετρία και C: Αυτοποιημένη στατική περιμετρία.^[37]

Η περιμετρία περιλαμβάνει τη μέτρηση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης ή την ικανότητα του παρατηρητή να διακρίνει το ερέθισμα από το υπόβαθρο. Η ένταση του φωτός ή φωτεινότητα (Luminance) μετράται σε apostilbs (asb), όπου ένα asb αντιστοιχεί σε 0.318 καντέλες ανά τετραγωνικό μέτρο (cd/m^2).^[38] Η φωτεινότητα του υποβάθρου στα νεότερα περίμετρα είναι στα 31.5 asb, ώστε να λειτουργούν σε φωτοπικές συνθήκες.^[39] Βασική αρχή της περιμετρίας είναι ο προσδιορισμός της έντασης του ερεθίσματος στην οποία αυτό είναι ορατό σχεδόν στο μισό του χρόνου. Η παράμετρος αυτή ονομάζεται ουδός (threshold) και ορίζεται ως η τιμή έντασης του ερεθίσματος στην οποία επιτυγχάνεται 50% πιθανότητα αντίληψης. Η σχέση που συνδέει την ένταση ερεθίσματος με την πιθανότητα αντίληψης είναι μια “ψυχομετρική εξίσωση”. Η

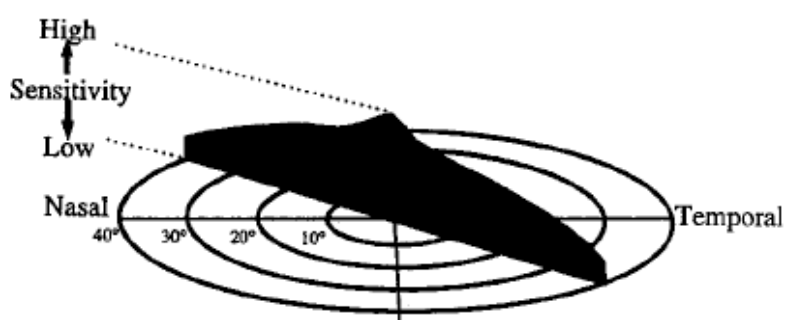
διαφορά στη φωτεινότητα μεταξύ ερεθίσματος και υποβάθρου ονομάζεται φωτεινή αντίθεση (contrast). Σύμφωνα με τον νόμο του Weber (1846) η φωτεινή αντίθεση εκφράζεται ως μια συνάρτηση της φωτεινότητας του υποβάθρου που είναι σταθερή. Η προέκταση του Fechner (1860) στον νόμο του Weber, εκφράζει την αύξηση της έντασης του ερεθίσματος σε σχέση με την ένταση υποβάθρου, χρησιμοποιώντας μια ένταση αναφοράς, σε λογαριθμική κλίμακα.^[37] Η μονάδα της λογαριθμικής κλίμακας είναι το Bel και το decibel (dB) είναι η μονάδα στην οποία εκφράζεται η διαφορά φωτεινότητας (dB = 0.1 Bel) και δηλώνει το βαθμό εξασθένησης από την μέγιστη ένταση ερεθίσματος που το μηχανήμα μπορεί να επιτύχει.^[37, 38]

Κατά το σχεδιασμό του ερεθίσματος για την περιμετρία, χρονικές και χωρικές παράμετροι άθροισης φωτεινής ευαισθησίας του αμφιβληστροειδή θα πρέπει να εξετάζονται. Μαθηματικά, δύο εξίσου εμφανή ερεθίσματα μπορεί να σχετίζονται με τον τύπο:

$$A^k \times I = C,$$

όπου A είναι η περιοχή προβολής του ερεθίσματος, I η ένταση φωτεινότητας, το C είναι μια σταθερά που αντιπροσωπεύει οπτική αντίληψη σε μια δεδομένη θέση του αμφιβληστροειδούς, και K είναι ο συντελεστής άθροισης). Η τιμή του K ποικίλει ανάλογα με την εκκεντρότητα στον αμφιβληστροειδή από 0,55 (στο κεντρικό βοθρίο) έως 0,9 (45° ρινικά). Τα νεότερα περίμετρα αυτοματοποιημένη περιμέτρους (Humphrey και Octopus), συνεπώς χρησιμοποιούν καθορισμένα ερεθίσματα με συγκεκριμένο μέγεθος που ονομάζονται Goldmann I, II, III, IV, και V, τα οποία αυξάνονται κατά τον παράγοντα 2, από 0,11° (I) έως 1,72° (V). Καθώς τα ερεθίσματα μειώνονται σε μέγεθος υπάρχει μια γενική μείωση στην ευαισθησία ανίχνευσης. Όσον αφορά τη χρονική άθροιση από ένα στόχο, αυτή επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων για διάρκειες περισσότερο από περίπου 0,5 δευτερόλεπτα, εξαλείφοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό την επίδραση της χρονικής άθροισης. Τα περίμετρα Octopus και Humphrey χρησιμοποιούν διάρκειες προβολής 0,1 και 0,2 δευτερόλεπτα, αντίστοιχα. Οι διάρκειες αυτές είναι αρκετές ώστε η χρονική άθροιση να ολοκληρωθεί σε μεγάλο βαθμό για κάθε προβολή ερεθίσματος, ενώ είναι λιγότερες από το χρόνο που χρειάζεται σε ένα παρατηρητή για να

σπάσει την προσήλωση και να εστιάσει σε ένα περιφερειακό στόχο. Η ανθρώπινη ευαισθησία στο φως σε όλη το οπτικό πεδίο επηρεάζει την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της περιμετρίας με δύο τρόπους. Πρώτον, η ευαισθησία σε μικρού μεγέθους ερεθίσματα φωτός μειώνεται όσο αυξάνεται η εκκεντρότητα. Δεύτερον η μεταβλητότητα του ουδού αυξάνεται με την εκκεντρικότητα. Το κεντρικό βοθρίο έχει την υψηλότερη ευαισθησία σε μικρά ερεθίσματα λευκού φωτός. Από το βοθρίο στις 3° έκκεντρα, μια ταχεία μείωση στην ευαισθησία του αμφιβληστροειδούς συμβαίνει με πιο σταδιακή απώλεια ευαισθησίας από τις 3° έως τις 30°, ενώ από τις 30° ευαισθησία μειώνεται και πάλι απότομα.^[39]



Εικόνα 17. Μια τομή της φυσιολογικού «νήσου όρασης» από το ανώτερο ρινικό έως το κατώτερο κροταφικό τεταρτημόριο των κεντρικών 40° του οπτικού πεδίου. Η ευαισθησία είναι υψηλότερη κοντά το σημείο προσήλωσης (το κέντρο των δακτυλίων) και μειώνεται με την αύξηση της απόστασης από το σημείο προσήλωσης.^[39]

3.3 Μικροπεριμετρία

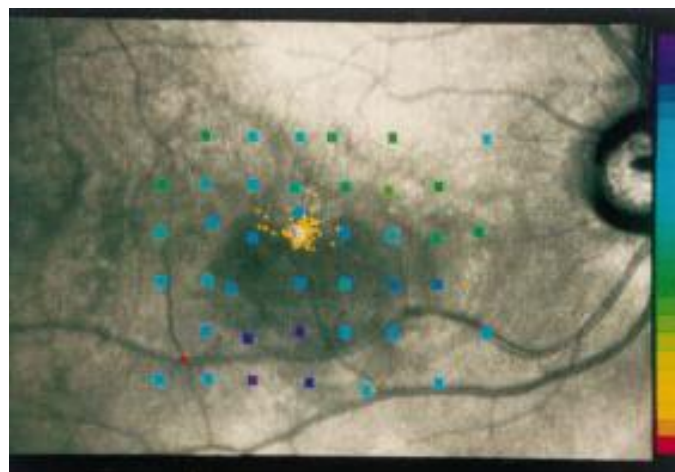
Η αυτοματοποιημένη στατική περιμετρία έχει καθιερωθεί στην κλινική πρακτική τις τελευταίες δεκαετίες και αποτελεί το χρυσό κανόνα στην εξέταση των οπτικών πεδίων μέχρι σήμερα. Ωστόσο, η ακριβής αξιολόγηση των διαταραχών της ωχράς κηλίδας, με τη συμβατική περιμετρία αποδεικνύεται συχνά ανεπαρκής, επειδή η ακρίβεια του συμβατικού οπτικού πεδίου βασίζεται στην παραδοχή ότι η προσήλωση κατά τη διάρκεια της εξέτασης είναι σταθερή και αντιστοιχεί στην κεντρική περιοχή της ωχράς. Λόγω της επιθυμίας μιας ακριβούς αντιστοιχίας μεταξύ παθολογιών του

αμφιβληστροειδούς και λειτουργικών αλλοιώσεων, διάφορα μέσα επινοήθηκαν για την εκτέλεση της περιμετρίας με ταυτόχρονο έλεγχο του βυθού. Το μείζον πρόβλημα των πολύ υψηλών επιπέδων έντασης φωτός που απαιτούνται για τον φωτισμό του αμφιβληστροειδούς και την παρατήρηση του βυθού θα μπορούσαν να ξεπεραστούν με τη χρήση υπέρυθρων πηγών φωτός. Με την εφεύρεση του οφθαλμοσκοπίου σάρωσης με LASER (scanning laser ophthalmoscope SLO), ήταν δυνατή η απεικόνιση του βυθού και η ταυτόχρονη λειτουργική εκτίμησή του.^[35,40,41] Ως αποτέλεσμα, οι τεχνικές της κινητικής και στατικής περιμετρίας να έχουν κλινική εφαρμογή ως περιμετρία βυθού ή μικροπεριμετρία, επιτρέποντας την ταυτόχρονη παρατήρηση του βυθού και την καταγραφή των κινήσεων των οφθαλμών κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Με τη χρήση λοιπόν, υπέρυθρης πηγής φωτός μπορεί να ξεπεραστεί το πρόβλημα των πολύ υψηλών επιπέδων φωτισμού που χρειάζονται για τον φωτισμό του αμφιβληστροειδή, ώστε να είναι δυνατή η ταυτόχρονη παρατήρηση, η οποία λόγω της υπέρυθρης πηγής είναι σε ασπρόμαυρη προβολή. Με τις παραπάνω παραμέτρους επιτυγχάνονται ακριβείς συνθήκες εξέτασης για ασθενείς με μικρές αμφιβληστροειδικές ή χοριοειδικές βλάβες και με φτωχή προσήλωση, ώστε να επιτυγχάνεται καλή συσχέτιση μεταξύ των αμφιβληστροειδικών παθολογιών και των λειτουργικών ελαττωμάτων. Η μικροπεριμετρία δίνει το πλεονέκτημα εντοπισμού μικρών κεντρικών σκοτωμάτων (< 5°), αξιολόγηση του μεγέθους, του σχήματός τους και αυτόματη διόρθωση των οφθαλμικών μικροκινήσεων προσήλωσης με κατάλληλο σύστημα παρακολούθησης (fundus movements tracking system) κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Η μικροπεριμετρία έχει κύρια εφαρμογή στο γλαύκωμα, αλλά και σε άλλες παθολογικές καταστάσεις όπως ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς, γεωγραφική ατροφία του μελάχρου επιθηλίου (PRE), χοριοειδική νεοαγγείωση στην ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς, διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια, οπή ωχράς, νόσος του Stargardt κ.α.^[35]

3.3.1 Μικροπερίμετρο Scanning Laser Ophthalmoscope 101

Το πρώτο μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε για μικροπεριμετρία είναι το Scanning Laser Ophthalmoscope 101 (SLO101, Rodenstock, Ottobrunn,

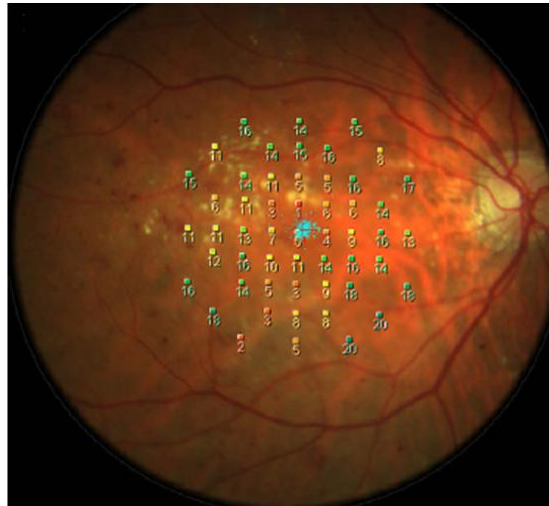
Germany) που χρησιμοποιεί Helium-Neon laser (632.8 nm) για προβολή των ερεθισμάτων και υπέρυθρο διοδικό laser (780 nm) για ταυτόχρονη απεικόνιση. Η εικόνα του αμφιβληστροειδούς προβάλλεται ταυτόχρονα και αποκτάται από φωτισμό με υπέρυθρη δέσμη LASER που διέρχεται μέσα από ένα σύνολο ομοεστιακό οπών. Αυτό επιτρέπει την προβολή οποιαδήποτε επιθυμητής εικόνας στον βυθό, ενώ ταυτόχρονα καταγράφεται η πραγματική εικόνα του αμφιβληστροειδούς. Κατά συνέπεια, αυτό επιτρέπει την εκτέλεση περιμετρίας βυθού, εκτίμηση σταθερότητας προσήλωσης και δοκιμασία ανάγνωσης. Το HeNe-laser που χρησιμοποιείται, προβάλλει μόνο κόκκινο φως και αυτό περιορίζει τις συγκρίσεις με συμβατικά περίμετρα ή άλλα μικροπερίμετρα. Αρχικά επέτρεπε μόνο την χειροκίνητη ανίχνευση κάθε ερεθίσματος για μια συγκεκριμένη θέση, στη συνέχεια όμως αναπτύχθηκε αναβαθμισμένο λογισμικό, το οποίο διευκολύνει την εξέταση με αυτοματοποιημένη στατική περιμετρία βυθού και χειροκίνητη ή αυτοματοποιημένη κινητική περιμετρία συγκρίσιμη με τις επιλογές της συμβατικής περιμετρίας. Το μηχάνημα αυτό δεν είναι πλέον εμπορικά διαθέσιμο, αλλά τη τελευταία περίπου δεκαετία αναπτύχθηκε ένα νεότερο μηχάνημα μικροπεριμετρίας το MP1.



Εικόνα 18. Τα αποτελέσματα στατικής περιμετρίας βυθού με SLO101 μικροπερίμετρο, στον δεξιό οφθαλμό ασθενούς με χοριοειδική νεοαγγείωση (CNV). Τυπική εικόνα με τις υψηλότερες τιμές φωτεινής αντίθεσης μεταξύ ερεθίσματος και υποβάθρου στην κορυφή της κλίμακας στα δεξιά. Οι κίτρινες κουκίδες είναι τα μονήρη σημεία προσήλωσης.^[42]

3.3.2 Μικροπερίμετρο Micro Perimeter 1

Το Micro Perimeter 1 (MP1, Nidek Instruments Inc., Padova, Italy) δεν είναι οφθαλμοσκόπιο σάρωσης με LASER, αλλά η εικόνα του βυθού λαμβάνεται χρησιμοποιώντας μια υπέρυθη κάμερα βυθού με 45° οπτικό πεδίο. Η περιμετρία εκτελείται χρησιμοποιώντας μία οθόνη υγρών κρυστάλλων που ελέγχεται από ειδικό λογισμικό. Το μεγάλο πλεονέκτημα σε σύγκριση με την Rodenstock SLO είναι η αυτόματη ανίχνευση των οφθαλμικών κινήσεων (eye tracking) που επιτρέπει σε πραγματικό χρόνο την αντιστάθμισή τους και ως εκ τούτου, την παρουσίαση του κάθε ερεθίσματος ακριβώς στην προκαθορισμένη θέση του αμφιβληστροειδούς. Κατά τη διάρκεια προβολής του ερεθίσματος ο ανιχνευτής κινήσεων (eye tracker) παρακολουθεί τη θέση των οφθαλμών με το συχνότητα 25 Hz, δηλαδή κάθε 40 ms. Εάν η περιοχή αναφοράς έχει μετακινηθεί και μπορεί να βρεθεί, το ερέθισμα μετατοπίζεται αναλόγως και προβάλλεται στη σωστή θέση. Εάν η περιοχή αναφοράς δεν μπορεί να βρεθεί, το ερέθισμα απενεργοποιείται. Το λογισμικό του μηχανήματος επιτρέπει την εκτέλεση αυτοματοποιημένης στατικής περιμετρίας βυθού, αυτοματοποιημένης κινητικής περιμετρίας βυθού, καθώς και εκτίμηση σταθερότητας προσήλωσης και δοκιμασία ανάγνωσης. Το μηχανήμα δίνει τη δυνατότητα λήψης έγχρωμης φωτογραφίας του βυθού και την επιλογή να γίνει επικάλυψη των περιμετρικών αποτελεσμάτων με εικόνες που λαμβάνονται με άλλα μέσα, όπως αγγειογραφίες με το Heidelberg Retina angiograph ή ψηφιακές φωτογραφίες βυθού.^[35]



Εικόνα 19. Μέτρηση φωτεινής ευαισθησίας, με το MP1 μικροπερίμετρο, του δεξιού οφθαλμού ασθενή με διαβητική ωχροπάθεια στο οποίο παρατηρείται διάχυτη μείωση της φωτεινής ευαισθησίας του αμφιβληστροειδούς. Με την παρουσίαση αριθμητικών τιμών, που αντιστοιχούν ποσοτικά στην μείωση της φωτεινής ευαισθησίας μπορεί να γίνει συσχέτιση εντοπισμένων αλλοιώσεων με παθολογία του αμφιβληστροειδούς.^[35]

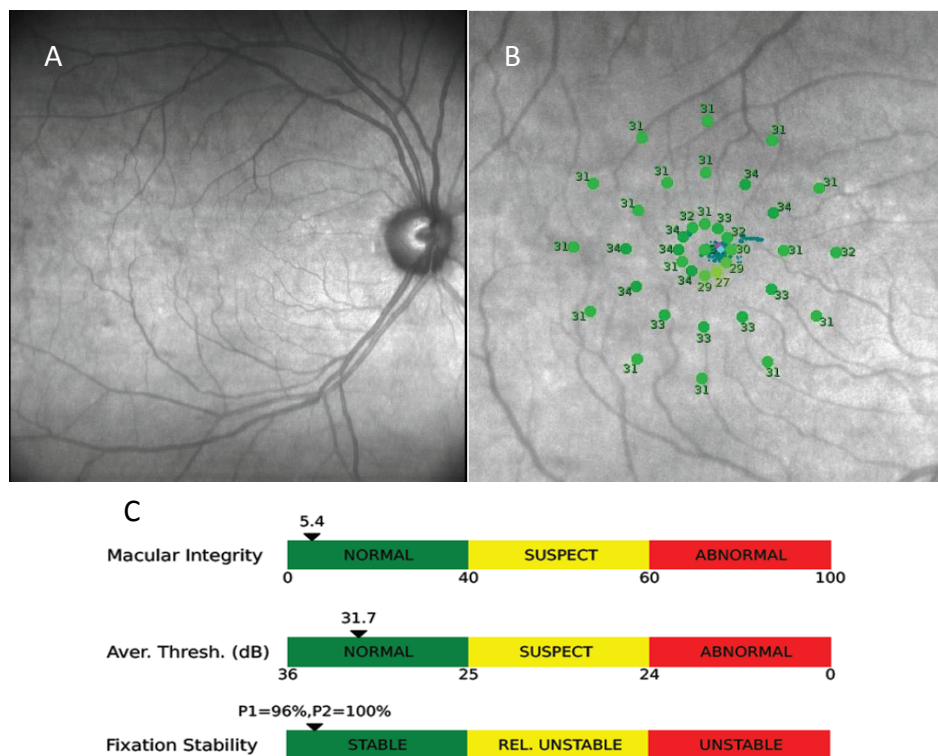
3.3.3 Μικροπερίμετρο MAIA

Το μικροπερίμετρο MAIA που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη μας, δίνει τη δυνατότητα συλλογής ανατομικών και λειτουργικών δεδομένων του αμφιβληστροειδούς. Το μηχάνημα αυτό είναι το νεότερο σύστημα μικροπεριμετρίας, χρησιμοποιεί συνεστιακό οφθαλμοσκόπιο σάρωσης με LASER, με οπτική πηγή υπέρυθρου υπέρλαμπρου διοδικού laser (850nm). Με τη χρήση του μπορεί να γίνει αξιολόγηση της φωτεινής ευαισθησίας του κεντρικού αμφιβληστροειδούς (γύρω από την ωχρά) και της σταθερότητας οφθαλμικής προσήλωσης. Ακόμα, μπορεί να γίνει ζωντανή απεικόνιση του αμφιβληστροειδούς με το συνεστιακό απεικονιστικό σύστημα και παρακολούθηση των οφθαλμικών κινήσεων με σύστημα Eye-tacking (με καταγραφή 25Hz) που εξασφαλίζει τη συνεχή προσήλωση του εξεταζόμενου, σε ένα προβαλλόμενο κεντρικό στόχο μεγέθους 1°, με διόρθωση των οφθαλμικών κινήσεων. Κατά τη διάρκεια της εξέτασης υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης πεδίου του αμφιβληστροειδούς 36°x36°, με ανάλυση 1024x1024 pixel. Η περιμετρίας βυθού (10° γύρω από την ωχρά) γίνεται σε πεδίο 20° x

20°. Η φωτεινότητα υποβάθρου είναι 4 asb, το ερέθισμα που προβάλλεται είναι άσπρο φώς από φωτεινή πηγή LED, το δυναμικό εύρος φωτεινών ερεθισμάτων 36 dB, το μέγεθος ερεθίσματος Goldman III και η μέγιστη φωτεινότητα 1000 asb. Για την απεικόνιση του αμφιβληστροειδούς γίνεται εστίαση από το μηχάνημα με δυναμικό εύρος -15 D έως +10 D, διορθώνοντας έτσι το διαθλαστικό σφάλμα που μπορεί να υπάρχει στον εξεταζόμενο οφθαλμό, αν αυτό βρίσκεται σε αυτό το εύρος. Τέλος παρέχει τη δυνατότητα λήψης μετρήσεων με ελάχιστη διάμετρο κόρης 2.5 mm, χάριν στο Scanning Laser Ophthalmoscope που διαθέτει, χωρίς να απαιτείται η μυδρίαση του εξεταζόμενου.

Το λογισμικό του μηχανήματος παρέχει τη δυνατότητα τεσσάρων δοκιμασιών, της γρήγορης εξέτασης (fast test), της εξειδικευμένης εξέτασης (expert test), της εξέτασης παρακολούθησης (follow-up test) και της εξέτασης σταθερότητας προσήλωσης (fixation stability test). Η εξέταση fast test είναι μια απλή και γρήγορη (περίπου τρία λεπτά ανα οφθαλμό) εκτίμηση της ακεραιότητας της ωχράς κηλίδας και το λογισμικό (EyedB) του συστήματος συγκρίνει τα αποτελέσματα με αποτελέσματα αναφοράς φυσιολογικών ατόμων από τη βάση δεδομένων και παρέχει μια κλίμακα κατάταξης των αποτελεσμάτων. Η εξέταση αυτή παρέχει δεδομένα μόνο για την ακεραιότητα της ωχράς και την σταθερότητα της προσήλωσης. Η εξειδικευμένη εξέταση (expert test) αξιολογεί τον ουδό φωτεινής ευαισθησίας της ωχράς κηλίδας και 10° γύρω από αυτή σε πολλαπλά σημεία μέτρησης (61 σημεία το πλήρες πλέγμα σημείων και 36 σημεία το αραιό πλέγμα) για μια πλήρη και λεπτομερή έλεγχο. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την εκτίμηση της ακεραιότητας της ωχράς, τον μέσο όρο ουδού φωτεινής ευαισθησίας και τη σταθερότητα της προσήλωσης σε σύγκριση με τις τιμές αναφοράς που λαμβάνονται σε φυσιολογικά άτομα. Η εξέταση παρακολούθησης (follow-up test) είναι μια εξέταση που γίνεται σε άτομα που έχουν ξανακάνει εξειδικευμένη εξέταση στον μηχάνημα στο παρελθόν και χρησιμοποιείται για την σύγκριση των αποτελεσμάτων κατά τον κλινικό επανέλεγχο των ατόμων αυτών. Το λογισμικό αναπαράγει την ίδια δοκιμασία, καθώς υπάρχουν τα ανατομικά στοιχεία στην μνήμη από την πρώτη εξέταση, προβάλλει τα ερεθίσματα στα

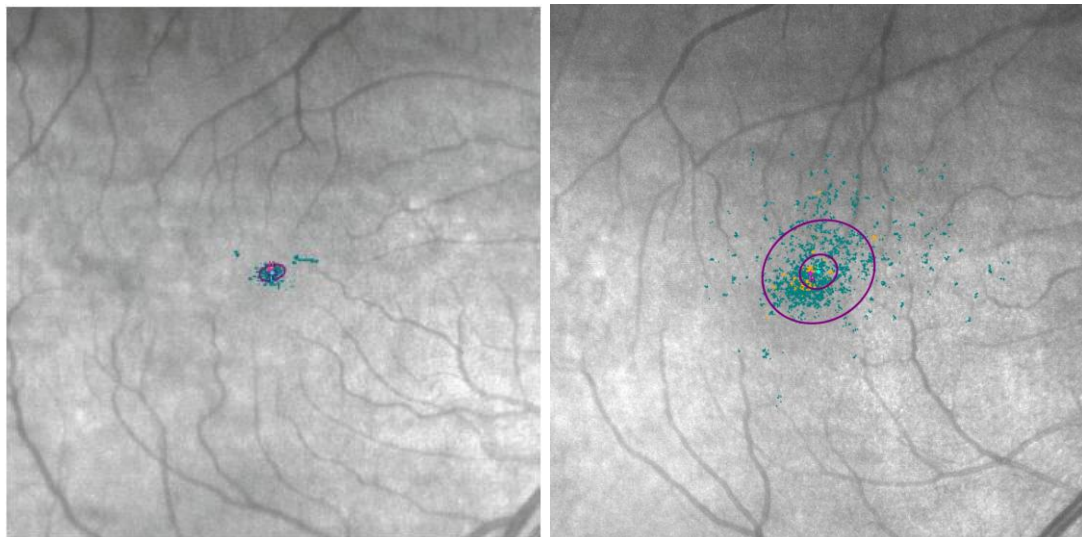
ίδια ανατομικά σημεία για να καταγραφεί τυχόν μεταβολή της φωτεινής ευαισθησίας σε αυτά. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την εκτίμηση της ακεραιότητας της ωχράς, τον μέσο όρο ουδού φωτεινής ευαισθησίας και τη σταθερότητα της προσήλωσης.



Εικόνα 20. Αποτελέσματα περιμετρίας βυθού με το MAIA μικροπερίμετρο σε δεξιό οφθαλμό χωρίς αλλοιώσεις. A: Φωτογραφία βυθού που λαμβάνεται με το μηχάνημα, σε πεδίο 36°x 36° με ανάλυση 1024x1024 pixel. B: Αξιολόγηση φωτεινής ευαισθησίας, με αραιό πλέγμα 36 σημείων σε ομόκεντρους κύκλους στις 1°, 3° και 5° και το κεντρικό σημείο προσήλωσης. C: Οι ποσοτικές εκτιμήσεις του συστήματος σχετικά με την ακεραιότητα της ωχράς, το μέσο ουδό φωτεινής ευαισθησίας και την σταθερότητα της προσήλωσης. (Εικόνα από το αρχείο της μελέτης).

Η εξέταση σταθερότητας προσήλωσης (fixation stability test) γίνεται ταυτόχρονα με την καταγραφή των μετρήσεων φωτεινής ευαισθησίας, καθώς ο eye-tracker καταγράφει το σημείο προσήλωσης και αντισταθμίζει τις οφθαλμικές κινήσεις, καταγράφοντας παράλληλα το σημείο προτιμώμενης προσήλωσης. Η πληροφορία που παρέχεται είναι το ποσοστό των σημείων προσήλωσης εντός των 2° και 4° κεντρικά καθώς επίσης και το εμβαδόν της έλλειψης (bivariate contour ellipse area) εντός της οποίας βρίσκονται το 63%

και 95% των σημείων προσήλωσης. Τα αποτελέσματα που παρέχονται από τις εξετάσεις αυτές είναι η εκτίμηση της ακεραιότητας της ωχράς (macular integrity) που προβάλλονται σε κλίμακα από 0-100, ο μέσος όρος ουδού φωτεινής ευαισθησίας αντίθεσης με μονάδα μέτρησης dB και εύρος από 36 dB έως 0 dB. Για τις παραπάνω μετρήσεις οι κλίμακες παρουσιάζονται με κατηγοριοποίηση σε φυσιολογικά (normal), ύποπτα (suspect) και παθολογικά (abnormal), σε σύγκριση με τιμές αναφοράς που έχουν ληφθεί από φυσιολογικά άτομα. Η σταθερότητα προσήλωσης παρουσιάζεται με εκτίμηση P1% για το ποσοστό των σημείων προσήλωσης που ήταν εντός των 2^ο κεντρικά και P2% για το ποσοστό που ήταν εντός των 4^ο κεντρικά. Για τη μέτρηση της σταθερότητας προσήλωσης η κλίμακα παρουσιάζεται με κατηγοριοποίηση σε σταθερή (stable), σχετικά ασταθή (relatively unstable) και ασταθής (unstable), σε σύγκριση με τιμές αναφοράς που έχουν ληφθεί από φυσιολογικά άτομα. Το λογισμικό κατατάσει σε σταθερή την προσήλωση, όταν το 75% των σημείων προσήλωσης βρίσκονται εντός των 2^ο κεντρικά. Σε σχετικά ασταθή όταν λιγότερο από το 75% βρίσκονται εντός των 2^ο κεντρικά, αλλά περισσότερο από το 75% εντός των 4^ο κεντρικά. Τέλος, σε ασταθή όταν λιγότερο από το 75% βρίσκονται εντός των 4^ο κεντρικά. ^[43,44]



Εικόνα 21. Αποτελέσματα εκτίμησης σταθερότητας προσήλωσης με το MAIA μικροπερίμετρο. Οι κουκίδες αντιπροσωπεύουν μονήρη σημεία προσήλωσης και οι δυο ελλείψεις ορίζουν το χώρο εντός του οποίου βρίσκονται το 63% και 95% των σημείων προσήλωσης, αντίστοιχα. (Εικόνα από το αρχείο της μελέτης).

3.4 Συσχέτιση καταρράκτη με την λειτουργική όραση

3.4.1 Συσχέτιση οπτικής οξύτητας και ευαισθησίας φωτεινής αντίθεση και καταρράκτη

Ο καταρράκτης αυξάνει την ενδοφθάλμια σκέδαση, μειώνοντας έτσι την ευαισθησία φωτεινής αντίθεση του αμφιβληστροειδούς.^[45,46] Η χειρουργική επέμβαση καταρράκτη ενδείκνυται όταν η οπτική λειτουργία μειωθεί σε επίπεδο που να παρεμβαίνει στις καθημερινές δραστηριότητες ενός ατόμου. Στη μελέτη των B.E. Chua και συν.^[47] (The Blue Mountains Eye Study) μελετήθηκε η επίδραση των διαφορετικών τύπων καταρράκτη (πυρηνικού, φλοιώδη και οπίσθιου υποκαψικού) στην οπτική οξύτητα και τη ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης. Στη μελέτη αυτή μετρήθηκε η μονόφθαλμη οπτική οξύτητα με τη χρήση logMAR πίνακα σε 2,4 μέτρα και η βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα ακολουθώντας τα πρωτόκολλα διάθλασης της μελέτης BDES που βασίζεται σε τροποποιήσεις της μελέτης EDTRS. Ακόμα μετρήθηκε η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης χρησιμοποιώντας τον πίνακα Vectorvision CSV-1000 (Vectorvision, Dayton, OH, USA). Τα τρία είδη καταρράκτη αξιολογήθηκαν σύμφωνα με το Wisconsin σύστημα ταξινόμησης ακολουθώντας το πρωτόκολλο της μελέτης BDES. Ακολούθως χωρίστηκαν σε δύο υποομάδες πρώιμο και ώριμο και οι τρεις τύποι καταρράκτη. Τα αποτελέσματα για την οπτική οξύτητα έδειξαν μείωση κατά 1,4 και 3,6 γράμματα σε άτομα με πρώιμο και την ώριμο πυρηνικό καταρράκτης, αντίστοιχα, μείωση 2,7 και 3,6 γράμματα σε άτομα με πρώιμο και ώριμο φλοιώδη καταρράκτη, αντίστοιχα και μείωση 3,9 και 9,5 γράμματα σε άτομα με πρώιμο και ώριμο οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη, αντίστοιχα. Κάθε τύπος καταρράκτη είχε αρνητική επίδραση στη βέλτιστα διορθωμένη οπτική οξύτητα, εκτός από τον πρώιμο πυρηνικό και τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση κατά 2,5 γράμματα για τον ώριμο πυρηνικό καταρράκτη, 3,3 και 4,4 γράμματα για πρώιμο και τον ώριμο φλοιώδη καταρράκτη, αντίστοιχα και 1,9 και 12,0 γράμματα, αντίστοιχα, για τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη, αντίστοιχα. Όσον αφορά την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης ο οπίσθιος υποκαψικός

καταρράκτης προκάλεσε τη μεγαλύτερη μείωση σε όλες τις χωρικές συχνότητες. Επίσης, μειώθηκε σημαντικά σε όλα τα είδη ώριμου καταρράκτη σε όλες τις χωρικές συχνότητες εκτός από τον ώριμο πυρηνικό καταρράκτη στους 3 cycles/degree. Ο πρώιμος οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης και ο φλοιώδης προκάλεσαν σημαντική μείωση στις χωρικές συχνότητες ≥ 6 cycles/degree, αλλά η πρώιμος πυρηνικός καταρράκτης προκάλεσε σημαντική μείωση της ευαισθησίας αντίθεσης μόνο στους 12 cycles/degree.

3.4.2 Εκτίμηση της επίδραση του καταρράκτη στη φωτεινή ευαισθησία του βυθού με τεχνικές περιμετρίας

Στη μελέτη των Kook και συν.^[48] εκτιμήθηκε η επίδραση της αφαίρεσης του καταρράκτη με μετρήσεις περιμετρίας με τεχνολογία διπλασιασμού συχνότητας (frequency doubling technology, FDT) σε ασθενείς με καταρράκτη, χωρίς άλλα παθολογικά οφθαλμολογικά ευρήματα. Τα αποτελέσματα της μελέτης, έδειξαν βελτίωση της μέσης απόκλισης (mean deviation) τόσο στο πρόγραμμα FDT threshold όσο και στο SITA-fast πρόγραμμα. Όσον αφορά όμως την σταθερή τυπική απόκλιση δεν φάνηκε διαφορά στα μεταγχειρητικά αποτελέσματα σε σχέση με τα προεγχειρητικά σε κανένα από τα δύο προγράμματα. Η μελέτη του Kim και συν.^[49], σύγκρινε επίσης, την επίδραση της αφαίρεσης καταρράκτη μεταξύ δυο διαφορετικών τεχνικών περιμετρίας blue-on-yellow και white-on-white σε ασθενείς χωρίς αλλά παθολογικά ευρήματα παρά μόνο καταρράκτη. τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση της μέσης απόκλισης (mean deviation) και στις δυο τεχνικές περιμετρίας και μάλιστα 2,4 φορές μεγαλύτερη στην blue-on-yellow περιμετρίας.

3.4.3 Εκτίμηση της επίδραση του καταρράκτη στη φωτεινή ευαισθησία του βυθού με τεχνικές μικροπεριμετρίας

Η μελέτη των Richter-Mueksch και συν.^[50], εκτίμησε την επίδραση του πυρηνικού, φλοιώδη, οπίσθιου υποκαψικού τύπου καταρράκτη στα αποτελέσματα φωτεινής ευαισθησίας της ωχράς με το μικροπερίμετρο MP1. Η ταξινόμησης των τύπων του καταρράκτη έγινε με το σύστημα LOCS III και

άτομα με συνυπάρχοντες πάνω από ένα τύπο καταρράκτη ανήκαν στην τέταρτη ομάδα του μεικτού καταρράκτη. στη μελέτη αυτή φάνηκε να υπάρχει υψηλή συσχέτιση της πυκνότητας του καταρράκτη και στις τέσσερις ομάδες με την φωτεινή ευαισθησία της ωχράς. Ενώ κατέληξαν ακόμα στην πρόβλεψη ότι σημειώνεται μείωση 1dB στη μέτρηση της ουδού με την μικροπεριμετρία για κάθε μοναδιαία αύξηση στο σκορ ταξινόμησης θόλωσης οπισθίου περιφακίου.

Μέρος IV Πειραματικό Μέρος

4.1 Σκοπός Μελέτης

Ο καταρράκτης αυξάνει την ενδοφθάλμια σκέδαση, μειώνοντας έτσι την αντίθεση φωτεινής ευαισθησίας στην εικόνα που σχηματίζεται από τον αμφιβληστροειδή. Δεδομένου ότι υπάρχουν διαφορετικοί τύποι καταρράκτη, αυτοί μπορούν να επηρεάσουν διαφορετικά την ποιότητα όρασης. Ο καταρράκτης έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει αρνητικά την οπτική ευαισθησία, όπως αυτή έχει αξιολογηθεί από διάφορες τεχνικές περιμετρίας.^[48] Η μικροπεριμετρία ειδικότερα είναι ένα χρήσιμο μέσο αξιολόγησης της φωτεινής ευαισθησίας της ώχρας, άρα οι διάφοροι τύποι καταρράκτη θα μπορούσαν να επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.^[50] Σε μια προηγούμενη μελέτη από τον Stifter και συν.^[51], διαπιστώθηκε ότι για πυκνό πυρηνικό και οπίσθιο υποκαψικό τύπο καταρράκτη, η μέγιστη ταχύτητα ανάγνωσης ήταν μειωμένη σημαντικά προεγχειρητικά, σε σχέση με ασθενείς με ήπιο πυρηνικό και μηκτό πυρηνικό - φλοιώδη καταρράκτη, όπου η μέγιστη ταχύτητα ανάγνωσης παρέμεινε ανεπηρέαστη. Καθώς ο καταρράκτης επηρεάζει την ποιότητα εικόνας, είναι σκόπιμη η αξιολόγηση της σταθερότητας προσήλωσης στους ασθενείς με καταρράκτη, εκτίμηση της οποίας παρέχεται με την μικροπεριμετρία. Ο σκοπός, λοιπόν της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση των διαφορετικών μορφών του καταρράκτη, ειδικότερα του πυρηνικού, του φλοιώδη και του οπίσθιου υποκαψικού, σε σχέση με την αξιολόγηση της μικροπεριμετρίας.

4.2 Μέθοδος

Συνολικά 24 οφθαλμοί (23 ασθενείς, 14 άνδρες και 9 γυναίκες) συμμετείχαν στη μελέτη που διεξήχθη από το Τμήμα Οφθαλμολογίας του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Κρήτης. Από τους ασθενείς του προγραμματισμένου προεγχειρητικού ελέγχου για επέμβαση καταρράκτη, συμμετείχαν μόνο ασθενείς που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής της μελέτης. Τα κριτήρια εισαγωγής στη μελέτη ήταν παθολογία ηλικιακού καταρράκτη σε άτομα οποιασδήποτε ηλικίας και φύλου με πτώση της οπτικής οξύτητας ώστε να

χρήζει χειρουργικής επέμβασης. Οι ασθενείς είχαν προγραμματισμένο χειρουργείο φακοθρυψίας και εισαγωγή τεχνητού μονοεστιακού ενδοφακού, σε σύντομο διάστημα (λιγότερο από επτά ημέρες) από την διεξαγωγή των προεγχειρητικών εξετάσεων της μελέτης. Όλα τα άτομα ήταν δίχως ευρήματα παθολογίας αμφιβληστροειδούς, όπως αυτό εκτιμήθηκε από εξέταση βυθοσκόπησης και οπτικής τομογραφίας συνοχής (optical coherence tomography, OCT). Τα κριτήρια αποκλεισμού ασθενών από τη μελέτη περιλάμβαναν προεγχειρητικά ευρήματα όπως αμβλυωπία, γλαύκωμα, παραγωγική διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, οίδημα της ωχράς κηλίδας, αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς, ραγοειδίτιδα, προηγούμενη ενδοφθάλμια επέμβαση ή χειρουργική επέμβαση κερατοειδούς, συμπεριλαμβανομένης διαθλαστικής χειρουργικής επέμβασης ή μεταμόσχευση κερατοειδούς. Ιστορικό άλλων παθολογιών που ενδεχομένως επηρεάζουν την οπτική οξύτητα, για παράδειγμα, εκφύλιση της ωχράς κηλίδας, και άλλες διαταραχές της ωχράς κηλίδας, αγγειακές παθήσεις του αμφιβληστροειδούς, συμπεριλαμβανόταν στα κριτήρια αποκλεισμού. Επίσης, συμπεριλαμβάνονταν παθολογίες του κερατοειδούς που ενδεχομένως επηρεάζουν την οπτική οξύτητα, όπως για παράδειγμα, κερατόκωνος ή δυστροφία του κερατοειδούς. Τέλος σε ασθενείς που εμφάνισαν επιπλοκή μετά το χειρουργείο και σε αδυναμία βυθοσκόπησης ή/και εξέτασης μικροπεριμετρίας προ- ή μετεγχειρητικά (όπως για παράδειγμα σε ασθενείς με υπερώριμο καταρράκτη, λόγω αδιαφάνειας του κρυσταλλοειδούς φακού) η μελέτη δεν είχε εφαρμογή.

Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε ένα πρωτόκολλο προεγχειρητικών εξετάσεων σε διάστημα λιγότερο από επτά ημερών από το προγραμματισμένο χειρουργείο, καθώς επίσης και μετεγχειρητικών εξετάσεων σε δύο προγραμματισμένες ημερομηνίες δεκαπέντε και τριάντα ημέρες από την επέμβαση. Στις προεγχειρητικές εξετάσεις περιλαμβάνονταν η μέτρηση του διαθλαστικού σφάλματος (με ψηφιακό διαθλασόμετρο, RK-F1 Canon Europe Ltd) και ο προσδιορισμός της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας σε κλίμακα LogMAR κατόπιν μυδρίασης, με τη χρήση ειδικά διαμορφωμένου πίνακα ETDRS από το Πανεπιστήμιο Κρήτης για ευρεία ευρωπαϊκή χρήση (logMAR

UoC charts; modified versions of the ETDRS chart). Πλήρης οφθαλμολογική εξέταση με σχισμοειδή λυχνία, βυθοσκόπηση και μέτρηση ενδοφθάλμιας πίεσης, όπως αυτό συμβαίνει σε ρουτίνα προεγχειρητικού ελέγχου ασθενών για χειρουργική επέμβαση καταρράκτη. Μετά από μυδρίαση της κόρης, ο καταρράκτης κατηγοριοποιήθηκε σε πυρηνικό, φλοιώδη και οπίσθιο υποκαψικό και ταξινομήθηκε αντίστοιχα για τον κάθε τύπο σύμφωνα με το σύστημα βαθμονόμησης LOCSIII και το εμπειρικό σύστημα βαθμονόμησης της οφθαλμολογικής κλινικής του ΠΑ.Γ.Ν.Η. με κλίμακα από 1 έως 4 για κάθε τύπο καταρράκτη. Τα βήματα που προηγήθηκαν της ταξινόμησης ήταν η εφαρμογή μυδριατικών κολλυρίων και η αναμονή για τουλάχιστον 20 λεπτά πριν από την εξέταση. Η διάμετρος της ικανοποιητικής μυδρίασης ήταν τουλάχιστον 6,5 χιλιοστά για μια πλήρη εξέταση. Τα μυδριατικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν tropical (τροπικαμίδη 0,5%) και phenylephrine (φαινουλεφρίνη 5-10%). Κατόπιν, η γινόταν εξέταση του φακού μέσω σχισμοειδούς λυχνίας με μεγέθυνση 10x και την κατάλληλη προσαρμογή του πλάτους, του ύψους και της γωνίωσης της φωτεινής δέσμης. Εξέταση οπτικής τομογραφίας συνοχής (Heidelberg Spectralis, Heidelberg Germany) έγινε για τον έλεγχο της μορφολογικής ακεραιότητας της ωχράς. Η εξέταση της μικροπεριμετρίας διεξήχθη με το μικροπερίμετρο Maia (Macular Integrity Assessment). Επανελέγχος των ασθενών έγινε μετεγχειρητικά στις δύο και τέσσερις εβδομάδες με επανάληψη όλων των μετρήσεων κατά τον ίδιο τρόπο, εκτός της οπτικής τομογραφίας συνοχής που επαναλήφθηκε μόνο στις δύο εβδομάδες και εξαιρουμένης βεβαίως της ταξινόμησης του καταρράκτη. Κατά τον επανέλεγχο διεξήχθη μέτρηση follow-up στην διαδικασία της μικροπεριμετρίας, ένας ειδικός τρόπος επανεξέτασης σε ασθενείς που υπάρχει καταγεγραμμένη η μέτρησή τους στο μηχάνημα.

Τα αποτελέσματα της μικροπεριμετρίας αναλύθηκαν για το βαθμό της φωτεινής ευαισθησίας του αμφιβληστροειδούς και τη δυναμική επίδραση στην σταθερότητα προσήλωσης και συσχετίστηκαν με τον τύπο και την πυκνότητα ταξινόμησης του καταρράκτη.

4.3 Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Τα δεδομένα ελέγχθηκαν για την κανονικότητα της κατανομής τους με Kolmogorov-Smirnov test και φάνηκε να μην εμφανίζουν κανονική κατανομή, εκτός της μεταβλητής του προεγχειρητικού μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης. Ως μέτρο της συσχέτισης, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman. Για τη σύγκριση προεγχειρητικών και μετεγχειρητικών τιμών των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test. Για τον έλεγχο στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των σταδίων ταξινόμησης του καταρράκτη με το εμπειρικό σύστημα ταξινόμησης έγινε Kruskal-Wallis test και μεταξύ των σταδίων έγινε έλεγχος Mann-Whitney U. Η ύπαρξη διαφορών στον μέσο ουδό ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης και στο στάδιο ταξινόμησης καταρράκτη με το εμπειρικό σύστημα έγινε με εφαρμογή μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης (GLM). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε στο 5%.

4.4 Αποτελέσματα

Στη μελέτη μετρήθηκαν 24 οφθαλμοί (23 ασθενείς, 14 άνδρες και 9 γυναίκες) που υποβλήθηκαν σε χειρουργική επέμβαση καταρράκτη. Η μέση ηλικία των ασθενών ήταν $70,58 \pm 5,39$ (εύρος: 56 έως 79).

4.4.1 Λειτουργικά αποτελέσματα μετά από επέμβαση καταρράκτη

Η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα (BCVA) με γυαλιά ήταν βελτιωμένη σε όλους τους ασθενείς μετά την επέμβαση καταρράκτη, όπως θα περιμέναμε άλλωστε, σε στατιστικά σημαντικό βαθμό και εμφάνισε μεγαλύτερη βελτίωση στη δεύτερη μετεγχειρητική εξέταση στις 4 εβδομάδες (Πίνακας 2). Προεγχειρητικά η μέση καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα ήταν 0.37 ± 0.21 (εύρος: 0.10 έως 0.90), στις 2 εβδομάδες μετεγχειρητικά ήταν 0.09 ± 0.10 (εύρος: -0.02 έως 0.30) ($p < .001$) και στις 4 εβδομάδες μετεγχειρητικά ήταν 0.03 ± 0.07 (εύρος: -0.04 έως 0.20) ($p < .001$) (Σχήμα 2).

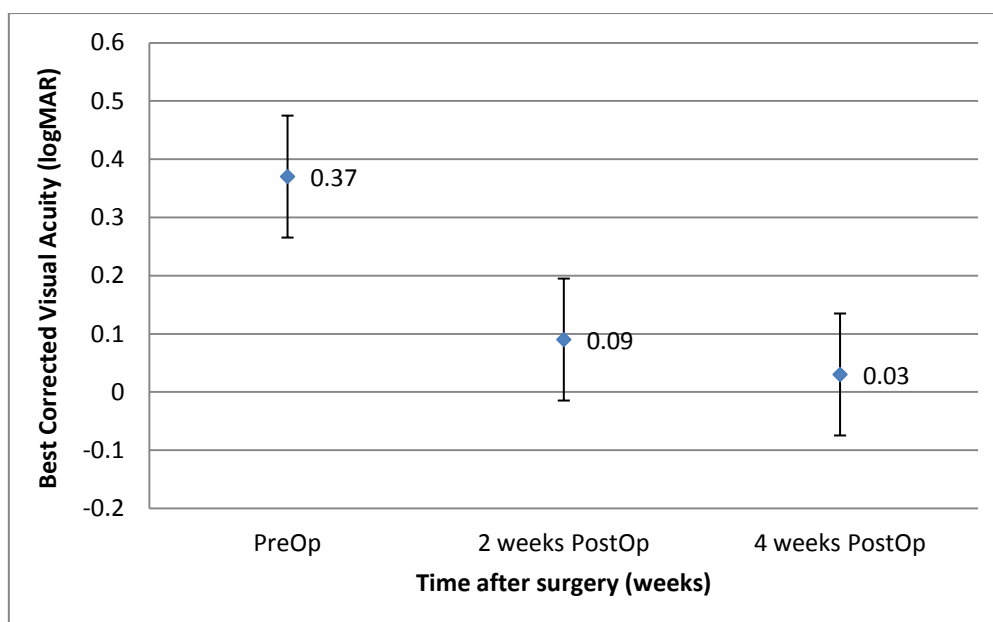
Ο μέσος ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης, όπως μετρήθηκε με το μικροπερίμετρο MAIA, ήταν επίσης βελτιωμένη σε όλους τους ασθενείς μετά

την επέμβαση καταρράκτη (Πίνακας 2). Προεγχειρητικά ήταν 23.39 ± 3.47 dB (εύρος: 14.80 έως 27.90 dB), στις 2 εβδομάδες μετεγχειρητικά ήταν 27.58 ± 1.74 dB (εύρος: 24.20 έως 29.80 dB) ($p < .001$) και στις 4 εβδομάδες μετεγχειρητικά ήταν 28.89 ± 1.82 dB (εύρος: 25.50 έως 31.70 dB) ($p < .001$) (Σχήμα 3).

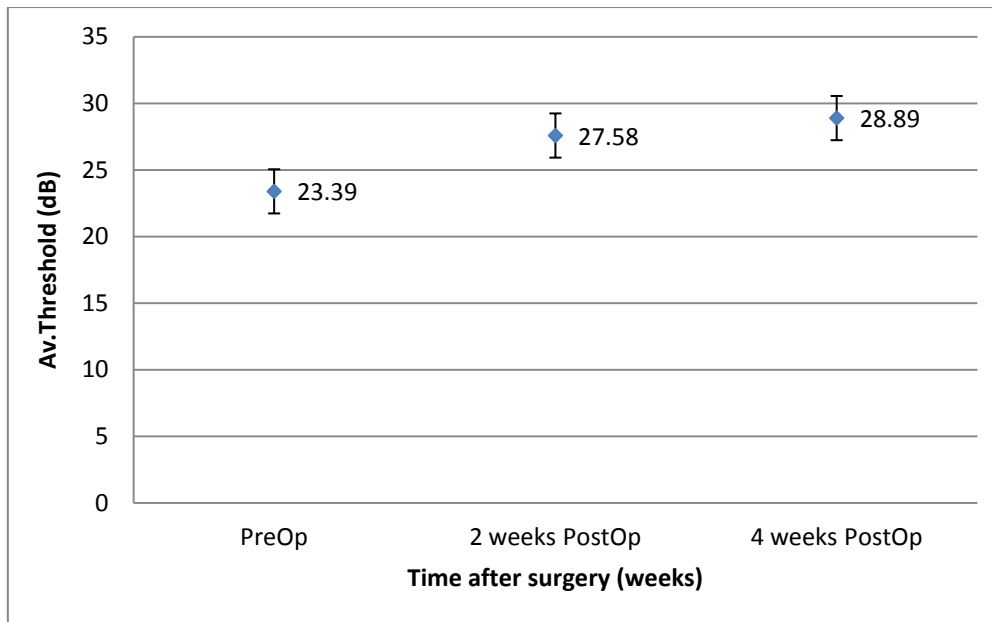
	PreOp	2 weeks PostOp	4 weeks PostOp
BCVA (logMAR)	0.37 ± 0.21	0.09 ± 0.10	0.03 ± 0.07
		$p < .001$	$p < .001$
Av.Threshold (dB)	23.39 ± 3.47	27.58 ± 1.74	28.89 ± 1.82
		$p < .001$	$p < .001$

BCVA = best-corrected visual acuity; logMAR = logarithm of the minimal angle of resolution ; Av.Threshold : average threshold; dB = decibell;
PreOp = Preoperative, PostOp = Postoperative

Πίνακας 2. Προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά δεδομένα της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) και του μέσου ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης στους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε χειρουργείο καταρράκτη.



Σχήμα 2. Βελτίωση της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) μετά από χειρουργείο καταρράκτη στις 2 και 4 εβδομάδες.



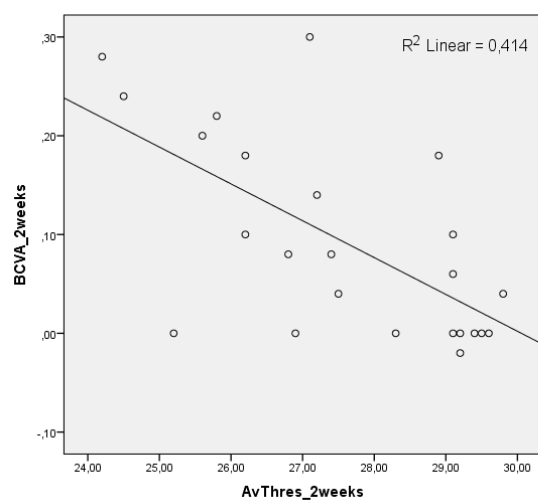
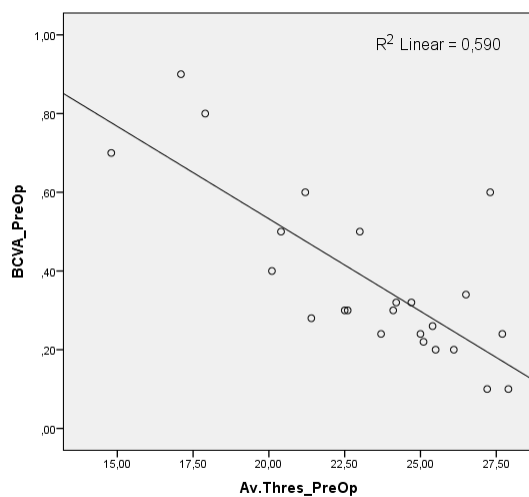
Σχήμα 3. Βελτίωση του μέσου ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης μετά από χειρουργείο καταρράκτη στις 2 και 4 εβδομάδες.

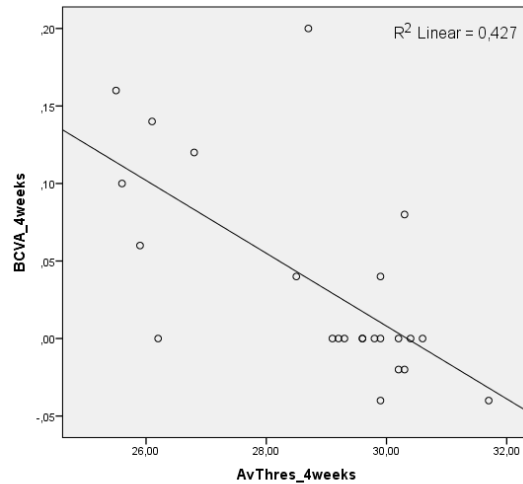
4.4.2 Συσχέτιση μεταξύ των λειτουργικών αποτελεσμάτων

Η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα (BCVA) βρέθηκε να έχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τα αποτελέσματα του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης. Προεγχειρητικά, ο συντελεστής του Spearman, ήταν $r = -0.688$ ($p < 0.001$), στις 2 εβδομάδες $r = -0.639$ ($p = 0.001$) και στις 4 εβδομάδες $r = -0.666$ ($p < 0.001$) (Σχήμα 4). Επίσης, οι μεταβολές των μεταβλητών αυτών είχαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους, όπου στη μεταβολή των 2 εβδομάδων ήταν $r = -0.694$ ($p < 0.001$) και στη μεταβολή των 4 εβδομάδων ήταν $r = -0.668$ ($p < 0.001$). Στη συνέχεια εξετάστηκε κατά πόσο ο παράγοντας της ηλικίας επηρεάζει τις παραπάνω συσχετίσεις και φάνηκε ότι προεγχειρητικά η συσχέτιση ενισχύθηκε $r = -0.777$ ($p < 0.001$), στις 2 εβδομάδες ήταν $r = -0.576$ ($p = 0.004$) και στις 4 εβδομάδες $r = -0.568$ ($p = 0.005$). Ενώ, για τις μεταβολές των μεταβλητών αυτών σε σχέση με τα προεγχειρητικά αποτελέσματα ισχύει ότι ενισχύθηκαν λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία, όπου η μεταβολή των 2 εβδομάδων ήταν $r = -0.775$ ($p < 0.001$) και η μεταβολή των 4 εβδομάδων $r = -0.783$ ($p < 0.001$) (Πίνακας 3).

	BCVA_PreOp	BCVA_2w	BCVA_4w	$\Delta(\text{BCVA})_{2w-\text{PreOp}}$	$\Delta(\text{BCVA})_{4w-\text{PreOp}}$
Av.Threshold_PreOp	$r = -0.688$ ($p < 0.001$)				
Av.Threshold_2w		$r = -0.639$ ($p = 0.001$)			
Av.Threshold_4w			$r = -0.666$ ($p < 0.001$)		
$\Delta(\text{Av.Threshold})_{2w-\text{PreOp}}$				$r = -0.694$ ($p < 0.001$)	
$\Delta(\text{Av.Threshold})_{4w-\text{PreOp}}$					$r = -0.668$ ($p < 0.001$)
Συνυπολογίζοντας τον παράγοντα ηλικία					
	BCVA_PreOp	BCVA_2w	BCVA_4w	$\Delta(\text{BCVA})_{2w-\text{PreOp}}$	$\Delta(\text{BCVA})_{4w-\text{PreOp}}$
Av.Threshold_PreOp	$r = -0.777$ ($p < 0.001$)				
Av.Threshold_2w		$r = -0.576$ ($p = 0.004$)			
Av.Threshold_4w			$r = -0.568$ ($p = 0.005$)		
$\Delta(\text{Av.Threshold})_{2w-\text{PreOp}}$				$r = -0.775$ ($p < 0.001$)	
$\Delta(\text{Av.Threshold})_{4w-\text{PreOp}}$					$r = -0.783$ ($p < 0.001$)

Πίνακας 3. Αποτελέσματα συσχέτισης καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας, καθώς και των μεταβολών τους στα διαστήματα παρακολούθησης, με τον μέσο ουδό ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης





Σχήμα 4. Διαγράμματα συσχέτισης καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα και του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης προεγχειρητικά (πάνω αριστερά), στις 2 εβδομάδες μετεγχειρητικά (πάνω δεξιά) και στις 4 εβδομάδες μετεγχειρητικά (κάτω κέντρο).

4.4.3 Συσχέτιση καταρράκτη με τα λειτουργικά αποτελέσματα

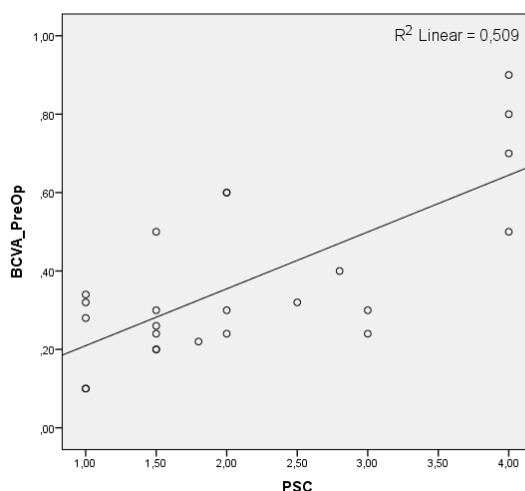
Αρχικά αξιολογήθηκε, η συσχέτιση των μεταβλητών ταξινόμησης του καταρράκτη σύμφωνα με το LOCS III, δηλαδή NO, NC, C, PSC, με την καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα και τον ουδό φωτεινής ευαισθησίας αντίθεσης. Ακόμα, εκτιμήθηκε η συσχέτιση της ταξινόμησης του καταρράκτη και με τη βελτίωση της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας και του ουδού φωτεινής ευαισθησίας αντίθεσης, δηλαδή της διαφοράς που εμφάνισαν μετεγχειρητικά στις 2 και στις 4 εβδομάδες σε σχέση με προεγχειρητικά. Στις παραπάνω συσχετίσεις μελετήθηκε επίσης, η επίδραση του παράγοντα της ηλικίας στον βαθμό συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών.

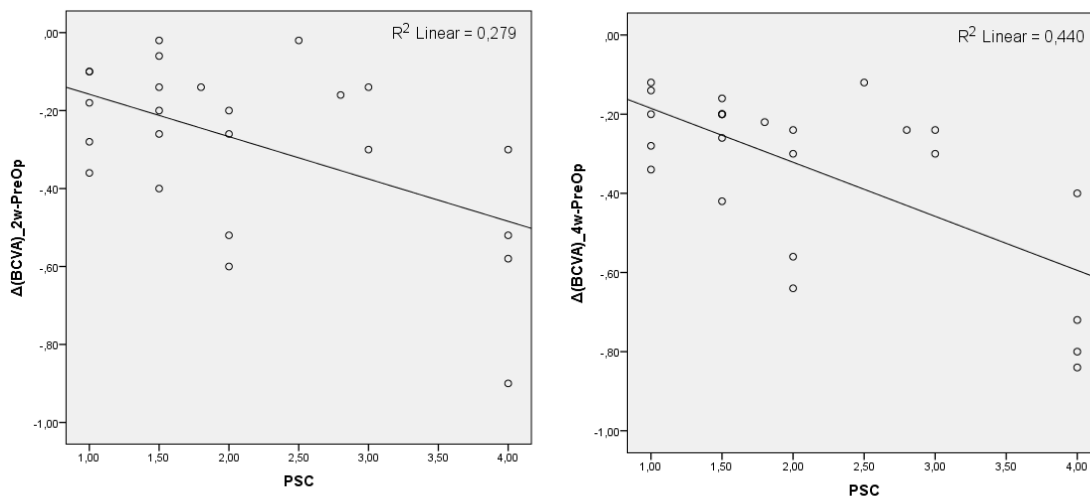
Η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα (BCVA) με γυαλιά εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την βαθμονόμηση (grading) του οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη ($r = 0.583$, $p = 0.003$, Σχήμα 5), αλλά ασθενή συσχέτιση, σε στατιστικά μη σημαντικό βαθμό, με τις παραμέτρους βαθμονόμησης NC και NO του πυρηνικού καταρράκτη και με την βαθμονόμηση του φλοιώδη (C) καταρράκτη (Πίνακας 4). Επίσης η βελτίωση της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας στις 2 και 4 εβδομάδες φάνηκε να εμφανίζει σημαντική συσχέτιση μόνο με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ($r = -0.408$, $p = 0.048$ και $r = -0.552$, $p = 0.005$, αντίστοιχα, Σχήμα

5). Ακόμα μελετήθηκε ο τρόπος που επηρεάζει η ηλικία τη συσχέτιση των παραπάνω μεταβλητών. Η ηλικία ενίσχυσε την συσχέτιση της BSCVA με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη, για τις τιμές προεγχειρητικά αλλά και για τις μεταβολές τους στις 2 και 4 εβδομάδες σε σχέση με προεγχειρητικά. Οι συσχέτιση με του υπόλοιπους τύπους καταρράκτη παρέμεινε στατιστικά μη σημαντική.

	BCVA_PreOp	Δ(BCVA)_2w-PreOp	Δ(BCVA)_4w-PreOp
NC	r = 0.236 (p = 0.268)	r = -0.344 (p = 0.100)	r = -0.381 (p = 0.066)
NO	r = 0.123 (p = 0.567)	r = -0.083 (p = 0.701)	r = -0.198 (p = 0.355)
C	r = 0.232 (p = 0.276)	r = 0.005 (p = 0.982)	r = -0.153 (p = 0.475)
PSC	r = 0.583 (p = 0.003)	r = -0.407 (p = 0.048)	r = -0.552 (p = 0.005)
Συνυπολογίζοντας τον παράγοντα ηλικία			
	BCVA_PreOp	Δ(BCVA)_2w-PreOp	Δ(BCVA)_4w-PreOp
NC	r = 0.174 (p=0.427)	r = -0.165 (p=0.452)	r = -0.181 (p=0.410)
NO	r = 0.111 (p=0.614)	r = -0.005 (p=0.981)	r = -0.086 (p=0.698)
C	r = 0.044 (p=0.841)	r = 0.047 (p=0.833)	r = 0.004 (p=0.985)
PSC	r = 0.718 (p<0.001)	r = -0.583 (p=0.003)	r = -0.715 (p<0.001)

Πίνακας 4. Αποτελέσματα συσχέτισης της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας με τις παραμέτρους σταδιοπποίησης του καταρράκτη με το LOCS III σύστημα και μελέτης της επίδρασης της ηλικίας στα αποτελέσματα.





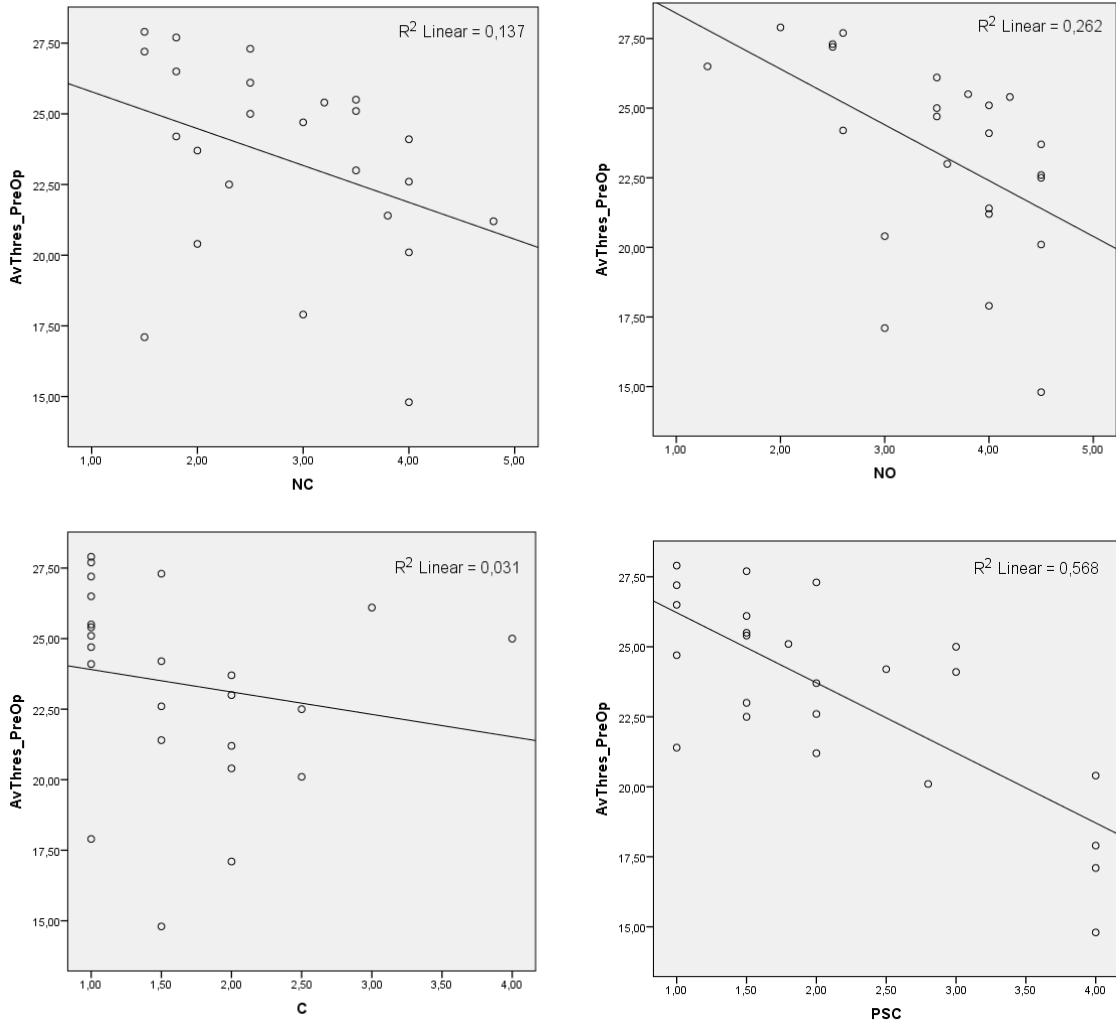
Σχήμα 5. Διαγράμματα συσχέτισης της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας (BCVA) προεγχειρητικά, στις 2 και 4 εβδομάδες σε σχέση με προεγχειρητικά, με την βαθμονόμηση του οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη.

Ο μέσος ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τους τρεις τύπους καταρράκτη. Για τις παραμέτρους του πυρηνικού καταρράκτη ο συντελεστής του Spearman ήταν NC $r = -0.437$ ($p = 0.033$) και NO $r = -0.610$ ($p = 0.002$). Για τον φλοιώδη καταρράκτη $r = -0.440$ ($p = 0.031$) και για τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη $r = -0.645$ ($p = 0.001$). Όσον αφορά την βελτίωση του μέσου ουδού ευαισθησίας ήταν στατιστικά μη σημαντική στις 2 εβδομάδες για την παράμετρο NC ($r = 0.403$, $p = 0.051$) και για τον φλοιώδη καταρράκτη ($r = 0.208$, $p = 0.330$), αλλά στατιστικά σημαντική για την παράμετρο NO ($r = 0.475$, $p = 0.019$) του πυρηνικού καταρράκτη και για τον οπίσθιο υποκαψικό ($r = 0.532$, $p = 0.007$). Η βελτίωση του μέσου ουδού ευαισθησίας στις 2 εβδομάδες σε σχέση τους τρεις τύπους καταρράκτη, ήταν στατιστικά σημαντική για την παράμετρο NO ($r = 0.475$, $p = 0.019$) του πυρηνικού καταρράκτη και για τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ($r = 0.532$, $p = 0.007$), αλλά στατιστικά μη σημαντική για την παράμετρο NC ($r = 0.403$, $p = 0.051$) και για τον φλοιώδη καταρράκτη ($r = 0.208$, $p = 0.330$). Η βελτίωση στις 4 εβδομάδες ήταν στατιστικά σημαντική σε σχέση με τις παραμέτρους NC ($r = 0.485$, $p = 0.016$) και NO ($r = 0.548$, $p = 0.006$) του πυρηνικού καταρράκτη, με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ($r = 0.645$, $p = 0.001$).

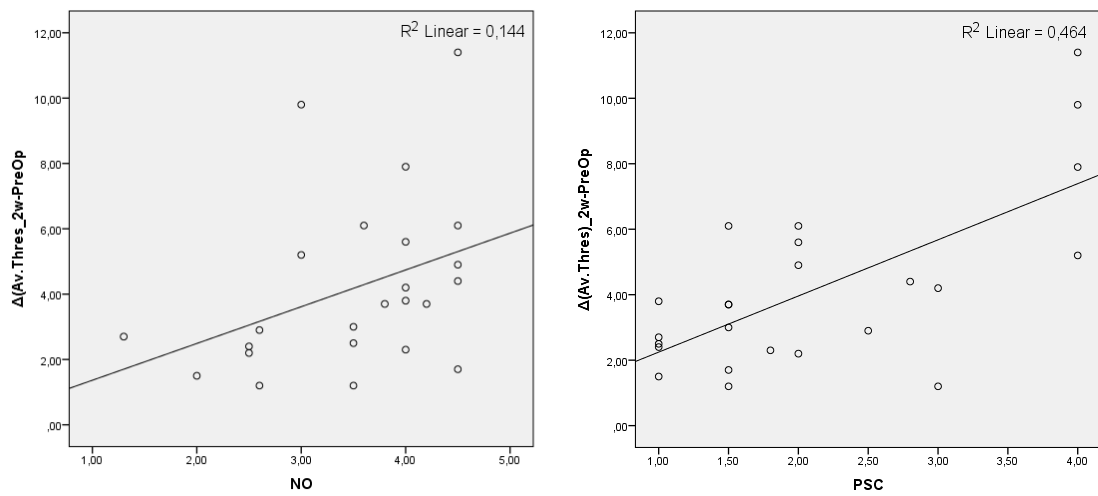
= 0.738, $p < 0.001$), αλλά στατιστικά μη σημαντική με τον φλοιώδη καταρράκτη ($r = 0.383$, $p = 0.065$). Τέλος μελετήθηκε η μεταβολή των παραπάνω συσχετίσεων λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα της ηλικίας. Οι προεγχειρητικές τιμές του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης εμφάνισαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την παράμετρο NO του πυρηνικού καταρράκτη ($r = -0.527$, $p = 0.010$) και με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ($r = -0.728$ $p < 0.001$), αλλά η συσχέτιση με την παράμετρο NC και τον φλοιώδη καταρράκτη δεν εμφάνισε πλέον στατιστική σημαντικότητα. Η βελτίωση του μέσου ουδού ευαισθησίας στις 2 εβδομάδες εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μόνο με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ($r = 0.674$ $p < 0.001$), ενώ στις 4 εβδομάδες με την παράμετρο NO του πυρηνικού καταρράκτη ($r = 0.477$, $p = 0.022$) και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη ($r = 0.717$, $p < 0.001$) (Πίνακας 5).

	Av.Threshold_PreOp	$\Delta(\text{Av.Threshold})_{2w-PreOp}$	$\Delta(\text{Av.Threshold})_{4w-PreOp}$
NC	$r = -0.437$ ($p = 0.033$)	$r = 0.403$ ($p = 0.051$)	$r = 0.485$ ($p = 0.016$)
NO	$r = -0.610$ ($p = 0.002$)	$r = 0.475$ ($p = 0.019$)	$r = 0.548$ ($p = 0.006$)
C	$r = -0.440$ ($p = 0.031$)	$r = 0.208$ ($p = 0.330$)	$r = 0.383$ ($p = 0.065$)
PSC	$r = -0.645$ ($p = 0.001$)	$r = 0.532$ ($p = 0.007$)	$r = 0.738$ ($p < 0.001$)
Συνυπολογίζοντας τον παράγοντα ηλικία			
	Av.Threshold_PreOp	$\Delta(\text{Av.Threshold})_{2w-PreOp}$	$\Delta(\text{Av.Threshold})_{4w-PreOp}$
NC	$r = -0.402$ ($p = 0.057$)	$r = 0.297$ ($p = 0.168$)	$r = 0.395$ ($p = 0.062$)
NO	$r = -0.527$ ($p = 0.010$)	$r = 0.378$ ($p = 0.075$)	$r = 0.477$ ($p = 0.022$)
C	$r = -0.141$ ($p = 0.522$)	$r = -0.038$ ($p = 0.865$)	$r = 0.057$ ($p = 0.795$)
PSC	$r = -0.728$ ($p < 0.001$)	$r = 0.674$ ($p < 0.001$)	$r = 0.717$ ($p < 0.001$)

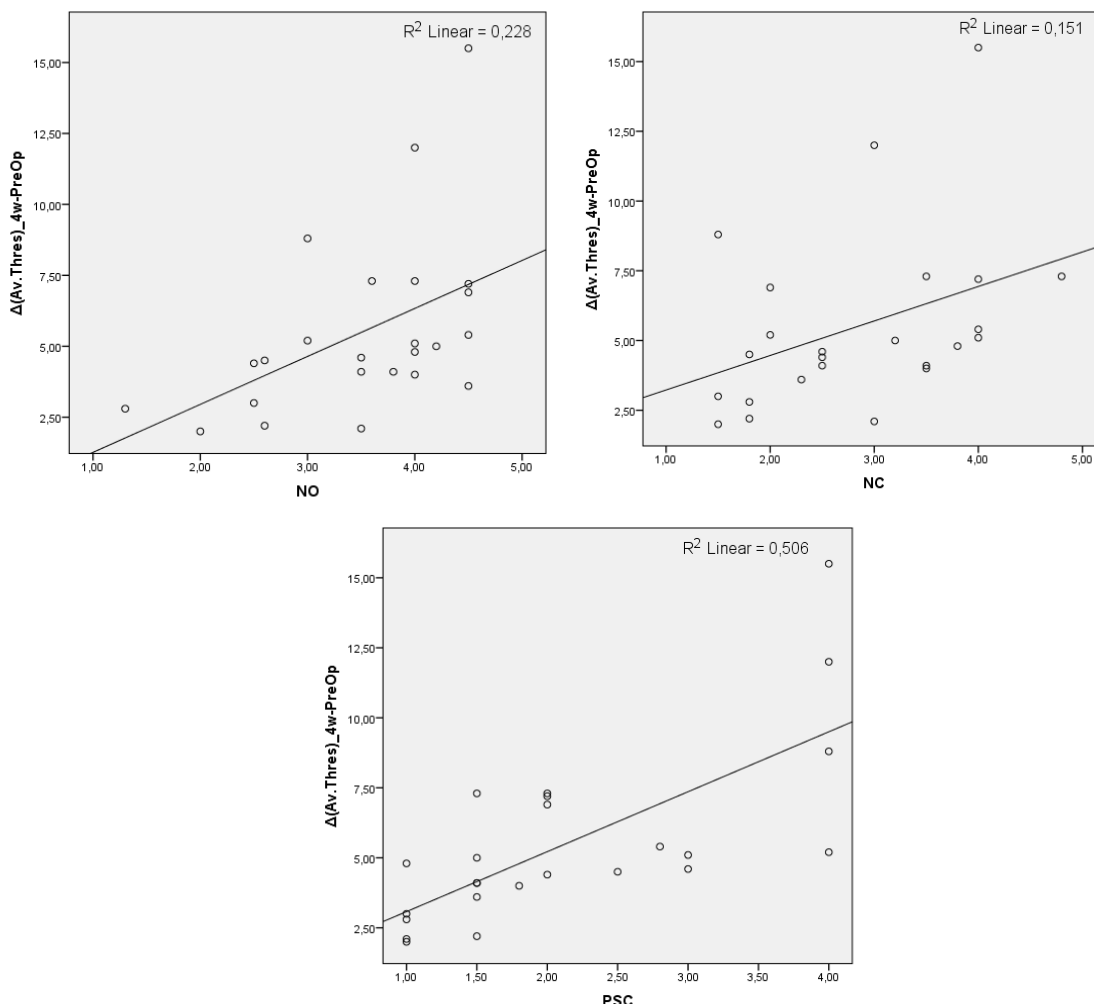
Πίνακας 5. Αποτελέσματα συσχέτισης του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης με τις παραμέτρους σταδιοποίησης του καταρράκτη με το LOCS III σύστημα και μελέτης της επίδρασης της ηλικίας στα αποτελέσματα.



Σχήμα 8. Διαγράμματα συσχέτισης μέσου όρου φωτεινής ευαισθησίας αντίθεσης προεχειριστικά με τους τρεις τύπους καταρράκτη.



Σχήμα 9. Διαγράμματα συσχέτισης της βελτίωσης του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης, στις 2 εβδομάδες σε σχέση με προεγχειρητικά, παράμετρο NO του πυρηνικού καταρράκτη και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη.



Σχήμα 10. Διαγράμματα συσχέτισης της βελτίωσης του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης, στις 4 εβδομάδες σε σχέση με προεγχειρητικά, με τις παραμέτρους NC, NO του πυρηνικού καταρράκτη και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη.

Στη συνέχεια μελετήθηκε η διαφορά της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας και του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης σε σχέση με την ταξινόμηση του καταρράκτη με το εμπειρικό σύστημα βαθμονόμησης της οφθαλμολογικής κλινικής του ΠΑ.Γ.Ν.Η. με κλίμακα από 1 έως 4 για κάθε τύπο καταρράκτη.

Για κάθε τύπο καταρράκτη εξετάστηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας και της μεταβολής της στις 2 και 4 εβδομάδες, με τον έλεγχο Kruskal-Wallis και όπου βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά έγινε έλεγχος Mann-Whitney U κατά ζεύγη στη κλίμακα ταξινόμησης του καταρράκτη (1 έως 4) για να εντοπιστεί μεταξύ ποιών ζευγαριών διαφορετικής κλίμακας ταξινόμησης υπήρχαν σημαντικές διαφορές (Πίνακας 6).

	Grade	BCVA_PreOp	$\Delta(\text{BCVA})_{2w-PreOp}$	$\Delta(\text{BCVA})_{4w-PreOp}$
Nuclear	I (n=8)	0.26±0.13	-0.15±0.12	-0.22±0.10
	II (n=9)	0.46±0.26	-0.40±0.25	-0.43±0.26
	III (n=6)	0.37±0.17	-0.24±0.17	-0.32±0.20
	IV (n=1)*	0.6	-0.52	-0.56
		p=0.221	p=0.045	p=0.110
		I-II:p=0.011/ II-III:p=0.272/ I-III:p=0.282**		
Cortical	I (n=19)	0.40±0.23	-0.32±0.22	-0.37±0.23
	II (n=4)	0.27±0.55	-0.14±0.11	-0.21±0.07
	III (n=1)*	0.24	-0.14	-0.24
		p=0.286**	p=0.097**	p=0.456**
PSC	I (n=18)	0.31±0.14	-0.22±0.16	-0.27±0.14
	II (n=2)	0.27±0.04	-0.22±0.11	-0.27±0.04
	III (n=2)	0.60±0.14	-0.41±0.16	-0.56±0.23
	IV (n=2)	0.85±0.07	0.74±0.23	-0.82±0.03
		p=0.033	p=0.072	p=0.032
		I-II:p=0.853/ II-III:p=0.333/ II-IV:p=0.333/ III-IV:p=0.333/ I-III:p=0.042/ I-IV:p=0.011**		I-II:p=0.516/ II-III:p=0.333/ II-IV:p=0.333/ III-IV:p=0.333/ I-III:p=0.063/ I-IV:p=0.011**

* Η κατηγορίες αυτές εξαιρέθηκαν από τον στατιστικό έλεγχο, καθώς αποτελούνταν από ένα μόνο άτομα του δείγματος

** Η διερεύνηση έγινε με τον έλεγχο Mann-Whitney U

Πίνακας 6. Αποτελέσματα ελέγχου στατιστικά σημαντικών διαφορών της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας και της μεταβολής της στις 2 και 4 εβδομάδες, για κάθε τύπο καταρράκτη.

Στη συνέχεια, για κάθε τύπο καταρράκτη εξετάστηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης και της μεταβολής της στις 2 και 4 εβδομάδες. Με την εφαρμογή μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης (GLM), εξετάστηκε η ύπαρξη σημαντικών διαφορών μεταξύ των σταδίων ταξινόμησης (με Bonferoni μεταανάλυση) για τους τρεις τύπους καταρράκτη, συμπεριλαμβάνοντας στο μοντέλο και την ηλικία. Στο τέταρτο στάδιο πυρηνικού καταρράκτη υπήρχε μόνο ένα άτομο οπότε το στάδιο αυτό εξαιρέθηκε από τις συγκρίσεις (Πίνακας 7).

		Av.Threshold_PreOp
	Nuclear	0.014
	Age	0.039
Grade	I-II	0.237
	I-III	0.012
	II-III	0.353

		Av.Threshold_PreOp
	Cortical	0.455
	Age	0.132

		Av.Threshold_PreOp
	PSC	0.001
	Age	0.180
Grade	I-II	1.00
	I-III	0.004
	I-IV	0.016
	II-IV	0.046
	II-III	0.027
	III-IV	1.00

Πίνακας 7. Αποτελέσματα ελέγχου στατιστικά σημαντικών διαφορών του μέσου ουδού ευαισθησίας, για κάθε τύπο καταρράκτη με εφαρμογή μοντέλου GLM και Bonferoni.

Για κάθε τύπο καταρράκτη εξετάστηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης και της μεταβολής του στις 2 και 4 εβδομάδες, με τον έλεγχο Kruskal-Wallis και όπου βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά έγινε έλεγχος Mann-Whitney U κατά

ζεύγη στη κλίμακα ταξινόμησης του καταρράκτη (1 έως 4) για να εντοπιστεί μεταξύ ποιών ζευγαριών διαφορετικής κλίμακας ταξινόμησης υπήρχαν σημαντικές διαφορές (Πίνακας 8).

	Grade	$\Delta(\text{Av.Threshold})_{2\text{w-PreOp}}$	$\Delta(\text{Av.Threshold})_{4\text{w-PreOp}}$
Nuclear	I (n=8)	2.51±1.32	3.55±1.20
	II (n=9)	4.71±2.68	5.87±3.01
	III (n=6)	5.38±3.29	7.23±4.26
	IV (n=1)*	5.6	7.3
		p=0.065	p=0.054
Cortical	I (n=19)	4.55±2.75	5.75±3.40
	II (n=4)	3.18±1.55	4.5±2.06
	III (n=1)*	1.2	4.6
		p=0.409**	p=0.557**
PSC	I (n=18)	3.37±1.53	4.48±1.78
	II (n=2)	2.7±2.12	4.85±0.35
	III (n=2)	8.3±4.38	10.35±7.28
	IV (n=2)	8.85±1.34	10.4±2.26
		p=0.036	p=0.050
		I-II:p=0.589/ II-III:p=0.333/ II-IV:p=0.333/ III-IV:p=0.333/ I-III:p=0.063/ I-IV:p=0.011**	

* Η κατηγορίες αυτές εξαιρέθηκαν από τον στατιστικό έλεγχο, καθώς αποτελούνταν από ένα μόνο άτομα του δείγματος

** Η διερεύνηση έγινε με τον έλεγχο Mann-Whitney U

Πίνακας 8. Αποτελέσματα ελέγχου στατιστικά σημαντικών της μεταβολής του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης στις 2 και 4 εβδομάδες, για κάθε τύπο καταρράκτη.

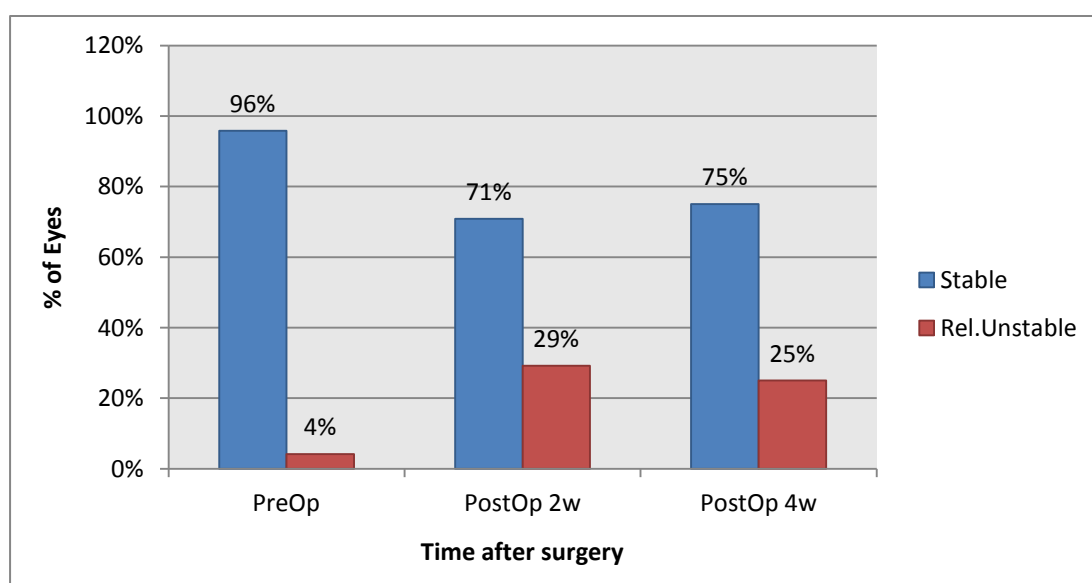
4.4.4 Αξιοόγηση των αποτελεσμάτων της σταθερότητας προσήλωσης

Αξιολογήθηκε ακόμα η μεταβολή της σταθερότητας προσήλωσης συγκρίνοντας, συγκρίνοντας τη μεταβολή του μεγέθους της έλλειψης (Bivariate Contour Ellipse Area) που περιλαμβάνει το 63% και αυτή που περιλαμβάνει το 95% των σημείων προσήλωσης προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά (Πίνακας 9). Τα αποτελέσματα της σταθερότητας προσήλωσης αξιολογήθηκαν επίσης ποιοτικά σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που δίνει

το μηχάνημα σε σταθερή, σχετικά ασταθή και ασταθή προσήλωση. Από τους οφθαλμούς που εξετάστηκαν προεγχειρητικά 23/24 (96%) είχαν σταθερή προσήλωση, ενώ 1/24 (4%) εμφάνισε σχετικά ασταθή προσήλωση. Στις 2 εβδομάδες, 17/24 (71%) οφθαλμοί είχαν σταθερή προσήλωση, ενώ 7/24 (29%) είχαν σχετικά ασταθή προσήλωση. Από τους 23 οφθαλμούς που είχαν σταθερή προσήλωση προεγχειρητικά, φάνηκε να χειροτερεύει η προσήλωση στους 6 (26%) από σταθερή σε σχετικά ασταθή, ενώ στον 1 οφθαλμό παρέμεινε σχετικά ασταθής. Στις 4 εβδομάδες, 18/24 (75%) οφθαλμούς είχαν σταθερή προσήλωση, ενώ 6/24 (25%) είχαν σχετικά ασταθή προσήλωση. Από τους 23 οφθαλμούς που είχαν σταθερή προσήλωση προεγχειρητικά, φάνηκε να χειροτερεύει στους 5 (22%) (Σχήμα 11).

	PreOp	2 weeks PostOp	4 weeks PostOp
63%BCEA (°²)	0.69±0.53	1.11±1.15	1.03±1.12
		p=0.49	p=0.247
95%BCEA (°²)	6.25±4.74	9.51±10.27	9.31±10.03
		p=0.084	p=0.310

Πίνακας 9. Αποτελέσματα σχετικά με την σταθερότητα προσήλωσης, όπου συγκρίνεται η έλλειψη (Bivariate Contour Ellipse Area) που περιλαμβάνει το 63% και το 95% των σημείων προσήλωσης σε μοίρες στο τετράγωνο, στα χρονικά διαστήματα παρακολούθησης των ασθενών (προεγχειρητικά, 2 και 4 εβδομάδες μεταγχειρητικά). Για την διερεύνηση στατιστικής σημαντικότητας έγινε έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test.



Σχήμα 11. Ποιοτική εκτίμηση της σταθερότητας προσήλωσης των ασθενών. Η κατανομή γίνεται με διάκριση των ασθενών με σταθερή και σχετικά ασταθή προσήλωση στα διαστήματα παρακολούθησης.

4.5 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη δείχνει ότι ο τύπος και η πυκνότητα του καταρράκτη επηρεάζουν την φωτεινή ευαισθησία αντίθεσης της ωχράς. Η καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα και ο μέσος ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης, έδειξαν βελτίωση στις 2 εβδομάδες μετά την επέμβαση και ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση στις 4 εβδομάδες μετά την επέμβαση. Οι δύο αυτές μεταβλητές φάνηκε να έχουν σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους, γεγονός που συμφωνεί και με τα αποτελέσματα των S. Richter-Mueksch και συν.^[50], που βρήκαν καλή συσχέτιση του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης που μετρήθηκε με μικροπερίμετρο MP1 και της καλύτερα διορθωμένης οπτικής οξύτητας σε ασθενείς με καταρράκτη. Η BCVA εμφάνισε στατιστικά μη σημαντική συσχέτιση με τον πυρηνικό και φλοιώδη καταρράκτη όπως αυτοί ταξινομήθηκαν με το LOCS III. Το μικρό μέγεθος του δείγματος και το γεγονός ότι οι περισσότεροι ασθενείς είχαν χαμηλού σταδίου καταρράκτες είναι δυο παράγοντες που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη στην ερμηνεία αυτών των αποτελεσμάτων. Η BCVA εμφάνισε σημαντική συσχέτιση, όμως με τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη. Από μελέτες έχει φανεί ο οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης να επηρεάζει περισσότερο την BCVA σε σχέση με τους δύο άλλους καταρράκτες.^[50-54]

Ο μέσος ουδός ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης φάνηκε να έχει σημαντική συσχέτιση με όλους τους τύπους καταρράκτη στις προεγχειρητικές εκτιμήσεις, αλλά η απόλυτη βελτίωση του μέσου ουδού ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης έδειξε σημαντική συσχέτιση με την παράμετρο NO του πυρηνικού καταρράκτη και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη. Συμπεριλαμβάνοντας τον παράγοντα της ηλικίας στις εκτιμήσεις καταλήξαμε επίσης στο συμπέρασμα ότι σημαντική συσχέτιση υπάρχει με την παράμετρο NO του πυρηνικού καταρράκτη και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη. Επίσης σε άλλες μελέτες

έχει διαπιστωθεί ο οπίσθιος υποκαψικός καταρράκτης να είναι αυτός που κυρίως επηρεάζει την φωτεινή ευαισθησία της ωχράς.^[50]

Αξιολογήθηκε ακόμα το εμπειρικό σύστημα βαθμονόμησης της οφθαλμολογικής κλινικής του ΠΑ.Γ.Ν.Η. με κλίμακα από 1 έως 4 για κάθε τύπο καταρράκτη, το οποίο όμως εμφάνισε χαμηλή αξιοπιστία σε σχέση με τα αποτελέσματα για την καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα και τον μέσο ουδό ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης. Στο σύστημα αυτό δεν φάνηκε να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα των δύο παραπάνω παραμέτρων για κάθε μια αλλαγή στην βαθμονόμηση, αλλά υπήρχαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα σε μεγάλης διαφοράς στάδια.

Τέλος εκτιμήθηκε η σταθερότητα προσήλωσης των ασθενών πριν και μετά το χειρουργείο καταρράκτη. Από μελέτες έχει αποδειχθεί η μείωση της σταθερότητας προσήλωσης με την πάροδο της ηλικίας.^[55,56] Στα αποτελέσματά της μελέτης φάνηκε να υπάρχει μια μείωση της σταθερότητας προσήλωσης μετά την επέμβαση, που δεν συμφωνεί με τα δεδομένα από άλλες μελέτες μέχρι τώρα αλλά και με αυτά που θα περιμέναμε. Ο μικρός αριθμός του δείγματος δεν μας επιτρέπει να καταλήξουμε σε σαφές συμπέρασμα για το λόγο που συμβαίνει αυτό. Η εισαγωγή ενός νέου διαθλαστικού μέσου, του τεχνητού ενδοφακού για την αντικατάσταση του φυσιολογικού φακού και η υπόθεση της αλλαγής του προσανατολισμού των κωνίων μετά από επέμβαση καταρράκτη, δημιουργούν την ανάγκη περαιτέρω μελέτης, σε μεγαλύτερο αριθμό δείγματος και για μεγαλύτερο διάστημα παρακολούθησης, ώστε να συλλεχθούν περισσότερα δεδομένα για την εξαγωγή συμπερασμάτων, σχετικά με την σταθερότητα προσήλωσης μετά από επέμβαση καταρράκτη.^[57]

Από τους τρεις τύπους καταρράκτη ο πυρηνικός και ιδιαίτερα ο οπίσθιος υποκαψικός φαίνεται να έχει σημαντική συσχέτιση με την φωτεινή ευαισθησία της ωχράς, όπως αυτή εκτιμήθηκε με το μικροπερίμετρο MAIA. Στη μελέτη των S. Richter-Mueksch και συν.^[50], διαπίστωσαν επίσης σημαντική συσχέτιση αυτών των μεταβλητών με τη χρήση του μικροπεριμέτρου MP1 και κατέληξαν στο μοντέλο πρόβλεψης, ότι για κάθε ένα στάδιο αύξησης της βαθμονόμησης

του οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη με το σύστημα LOCS III, συμβαίνει μείωση κατά 1 dB στην φωτεινή ευαισθησία της ωχράς.

Στην προσπάθεια ποσοτικοποίησης της πυκνότητας του καταρράκτη και συσχέτισης με την βαθμονόμησή του και την επίδραση που έχει στην ποιότητα όρασης έχουν χρησιμοποιηθεί συστήματα απεικόνισης του πρόσθιου ημιμορίου του οφθαλμού. Τα συστήματα απεικόνισης που λειτουργούν με βάση την αρχή του Scheimpflug είναι τα δημοφιλέστερα από αυτά και φαίνεται ότι μπορούν να παρέχουν καλή εκτίμηση για τον πυρηνικό καταρράκτη, αλλά υστερούν στην εκτίμηση του φλοιώδη και του οπίσθιου υποκαψικού, ιδιαίτερα για τον τελευταίο όταν υπάρχουν θολερότητες στο πρόσθιο τμήμα του φακού. Ένα άλλο σύστημα που διεκδικεί θέση στην ποσοτική σταδιοποίηση του καταρράκτη είναι το Anterior Segment OCT για το οποίο τα πρώτα αποτελέσματα είναι θετικά για την σταδιοποίηση του πυρηνικού καταρράκτη, αλλά χρειάζεται ακόμα έρευνα για την αναπαραγωγιμότητα του συστήματος και για την μελέτη της χρήσης του στην σταδιοποίηση του φλοιώδους και οπίσθιου υποκαψικού καταρράκτη. Μια άλλη κατηγορία συστημάτων που θα μπορούσε να δώσει καλά αποτελέσματα στην ποσοτική σταδιοποίηση του καταρράκτη, είναι τα συστήματα μέτρησης της εμπρόσθιας σκέδασης, καθώς έτσι μπορεί να γίνει καλύτερα συσχέτιση των μετρήσεων του καταρράκτη με την ποιότητα όρασης. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η διάταξη OQAS, που εμφάνισε καλή συσχέτιση με πυρηνικό καταρράκτη σταδίου NO1 – NO4 σύμφωνα με το σύστημα LOCS III.

Η μικροπεριμετρία όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της μελέτης εμφανίζει καλύτερη συσχέτιση με τον πυρηνικό και τον οπίσθιο υποκαψικό καταρράκτη, όπως ταξινομήθηκαν από το LOCSIII, σε σχέση με τη καλύτερα διορθωμένη οπτική οξύτητα. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στην άποψη πως η μέτρηση της ευαισθησίας της ωχράς είναι πιο ευαίσθητη τεχνική εκτίμησης της λειτουργικής όρασης σε σχέση με την οπτική οξύτητα. Αν και πιο χρονοβόρα μέθοδος η πρώτη, ανιχνεύει αλλαγές στην λειτουργική όραση μεταξύ των σταδίων του καταρράκτη με μεγαλύτερη ευαισθησία, συνεπώς μπορεί να μας δώσει καλύτερη εκτίμηση της επίπτωσης του καταρράκτη στην όραση του

ασθενούς. Μια ακόμα διαφορά μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων είναι ότι η μέτρηση της οπτικής οξύτητας είναι μια μέθοδος που γίνεται σε πίνακες που αποτελούνται από μαύρα γράμματα σε φωτεινό υπόβαθρο δηλαδή σε συνθήκες υψηλής φωτεινής αντίθεσης (contrast), ενώ η μικροπεριμετρία από την άλλη είναι μια μέθοδος που μετρά την ευαισθησία της ωχράς σε διαφορετικές τιμές φωτεινής αντίθεσης. Η μέθοδος της μικροπεριμετρίας λοιπόν έχει σημασία για την εκτίμηση της έκπτωσης που προκαλεί ο καταρράκτης στη ποιότητα όραση σε συνθήκες διαφορετικού contrast, χωρίς περιορισμό εκτίμησης μόνο στις συνθήκες υψηλού contrast. Αυτό έχει σημασία στην εκτίμηση της όρασης ενός ασθενή με καταρράκτη σε δραστηριότητες μεσοπτικής ή σκοτοπικής όρασης, όπως για παράδειγμα στην νυχτερινή οδήγηση. Τα απεικονιστικά συστήματα πρόσθιου ημιμορίου από την άλλη πλευρά, αξιολογούν την πυκνότητα της θολερότητας του φακού και παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση με την σταδιοποίηση του πυρηνικού καταρράκτη. Πέραν όμως της δυνατότητας απεικόνισης της θολερότητας δεν μπορούν να γίνει εκτίμηση της λειτουργικής όρασης του ασθενούς και αυτό αποτελεί μειονέκτημα σε σχέση με την μικροπεριμετρία, αν είναι σκόπιμη η εκτίμηση της έκπτωσης της όρασης που προκαλεί ο καταρράκτης. Τέλος, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα και περισσότερες μελέτες για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων της μικροπεριμετρίας με το MAIA για να είναι δυνατή η κλινική χρήση του στη ποσοτική εκτίμηση της έκπτωσης της λειτουργικής όρασης που προκαλείται από τον καταρράκτη.

Βιβλιογραφία – Πηγές

1. Frank H. Netter. Atlas of Human Anatomy, 3rd edition, 2003, Icon learning systems.
2. Remington L.A. Clinical anatomy and physiology of the visual system. Third edition. United States of America. 2012. Elsevier Inc.
3. Yanoff M., Duker J.S. Ophthalmology. Third edition. 2008. Mosby Elsevier.
4. American Academy of Ophthalmology. Lens and Cataract, Section 11. 2011.
5. Yannuzzi L.A. The Retinal Atlas. 2010. Saunders Elsevier Inc.
6. Kanski J.J. Κλινική Οφθαλμολογία. Τέταρτη έκδοση. Παρισίανου Α.Ε.
7. American Academy of Ophthalmology. Retina and Vitreous, Section 12. 2011.
8. Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T. M. Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά. 1997. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
9. American Academy of Ophthalmology. Neuro-Ophthalmology, Section 5. 2011.
10. American Academy of Ophthalmology Cataract and Anterior Segment Panel. Preferred Practice Pattern Guidelines. Cataract in the Adult Eye. San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology;2011. Available at: www.aao.org/ppp.
11. WHO 2011. World Health Organization. [accessed 22 November 2011] Magnitude and causes of visual impairment. Fact Sheet No 82. Oct.2011 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/index.htm>
!

12. Congdon N, Taylor H. Chapter 8: Age related cataract. Arnold Publishers, 2003
13. Dolin P. Chapter 5: Epidemiology of cataract. Chapman & Hall Medical, 1998
14. Hammond CJ, Duncan DD, Snieder H, de Lange M, West SK, Spector TD, Gilbert CE. The heritability of age-related cortical cataract: the twin eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42:601-5
15. Hammond CJ, Snieder H, Spector TD, Gilbert CE. Genetic and environmental factors in age-related nuclear cataracts in monozygotic and dizygotic twins. *N Engl J Med* 2000;342:1786-90.
16. Kanski *Clinical Ophthalmology a Systematic Approach 7th*, Elsevier 2011, pp 271-273
17. Sparrow JM, Bron AJ, Brown NA, Ayliffe W, Hill AR. The Oxford Clinical Cataract Classification and Grading System. *Int Ophthalmol* 1986 Dec;9(4):207-25
18. V Mehra, D C Minassian. A rapid method of grading cataract in epidemiological studies and eye surveys, *British Journal of Ophthalmology*, 1988, 72, 801-803
19. Hugh R. Taylor, Sheila K. West. The clinical grading of lens opacities, *Australian and New Zealand Journal of Ophthalmology* 1989; 17(1)
20. Chylack Jr LT, Wolf JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL et al. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993; 111: 831–836.
21. Katja Ullrich, Konrad Pesudovs. Comprehensive assessment of nuclear and cortical backscatter metrics derived from rotating Scheimpflug images. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:2100–2107
22. Grewal DS, Brar GS, Grewal SPS. Correlation of nuclear cataract lens density using Scheimpflug images with Lens Opacities Classification System III and visual function. *Ophthalmology* 2009; 116:1436–1443
23. Pei X, Bao Y, Chen Y, Li X. Correlation of lens density measured using the Pentacam Scheimpflug system with the Lens Opacities

- Classification System III grading score and visual acuity in age-related nuclear cataract. *Br J Ophthalmol* 2008; 92: 1471–1475
24. Robman LD, McCarty CA, Garrett SKM, Stephenson H, Thomas AP, McNeil JJ, Taylor HR. Comparison of clinical and digital assessment of nuclear optical density. *Ophthalmic Res* 1999; 31:119–126
25. Jung-Sub Kim, So-Hyang Chung, Choun-Ki Joo. Clinical application of a Scheimpflug system for lens density measurements in phacoemulsification, *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1204–1209
26. Bradley J. Kirkwood, Peter L. Hendicott, Scott A. Read, Konrad Pesudovs. Repeatability and validity of lens densitometry measured with Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1210–1215
27. Sasaki H, Hockwin O, Kasuga T, Nagai K, Sakamoto Y, Sasaki K. An index for human lens transparency related to age and lens layer: comparison between normal volunteers and diabetic patients with still clear lenses. *Ophthalmic Res* 1999; 31:93–103
28. AL Wong, CK Leung, RN Weinreb, AK Cheng, CY Cheung, PT Lam, CP Pang, DS Lam. Quantitative assessment of lens opacities with anterior segment optical coherence tomography, *Br J Ophthalmol* 2009;93:61-65 doi: 10.1136/bjo.137653
29. Carol Yim-lui Cheung, Huiqi Li, Ecosse L. Lamoureux, Paul Mitchell, Jie Jin Wang, Ava Grace Tan, Lily K. Johari, Jiang Liu, Joo Hwee Lim, Tin Aung and Tien Yin Wong. Validity of a New Computer-Aided Diagnosis Imaging Program to Quantify Nuclear Cataract from Slit-lamp Photographs, *IOVS*, March 2011, Vol. 52, No. 3, 1314:1319
30. Artal P, Benito A, Perez GM, Alcon E, De Casas A', et al. (2011) An Objective Scatter Index Based on Double-Pass Retinal Images of a Point Source to Classify Cataracts. *PLoS ONE* 6(2): e16823. doi:10.1371/journal.pone.0016823
31. Σ. Πλαΐνης, Τ. Γιαννακοπούλου, Μ. Τσιλιμπάρης, Ι. Παλλήκαρης. Οπτική οξύτητα: είναι ακριβής ο τρόπος αξιολόγησής της στην κλινική πράξη; *Οφθαλμολογικά Χρονικά* 2: 133-45,2009

32. American Academy of Ophthalmology. Clinical Optics, Section 3. 2011.
33. S. Plainis, P. Tzatzala, Y. Orphanos, M. K. Tsilimbaris. A Modified ETDRS Visual Acuity Chart for European-Wide Use. *Optometry and Vision Science* 2007; 1040-5488/07/8407-0647/0 VOL. 84, NO. 7, PP. 647–653
34. S. Plainis, J. Moschandreas, T. Giannakopoulou, V. Vitanova, P. Nikolitsa, J.J. Rozema, M.J. Tassignon, M.K. Tsilimbaris, I.G. Pallikaris. Validation of a modified ETDRS chart for European-wide use in populations that use the Cyrillic, Latin or Greek alphabet. *Journal of Optometry* (2013) 6, 18-24
35. K. Rohrschneider, S. Bültmann, C. Springer. Use of fundus perimetry (microperimetry) to quantify macular sensitivity. *Progress in Retinal and Eye Research* 27 (2008) 536–548.
36. American Academy of Ophthalmology. Glaucoma, Section 10. 2011.
37. U. Schiefer, J. Pätzold, F. Dannheim, P. Artes, W. Hart. Konventionelle Perimetrie. *Der Ophthalmologe* 2005, 102(6):627-646
38. Albert, Miller, Azar, Blodi. *Albert & Jacobiec's Principles and Practice of Ophthalmology*. Third edition. Canada. 2008. Elsevier.
39. C.F. Bosworth, P.A. Sample, C.A. Johnson, R.N. Weinreb. Current Practice with Standard Automated Perimetry. *Seminars in Ophthalmology*, 2000, 16(4):172-181
40. G.T. Timberlake, M.A. Mainster, R.H. Webb, G.W. Hughes, C.L. Trempe. Retinal localization of scotomata by scanning laser ophthalmoscopy. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1982, 22, 91–97.
41. R.H. Webb, G.W. Hughes. Scanning laser ophthalmoscope. *IEEE Trans. Biomed. Eng. BME* 1981, 28, 488–492.
42. K. Rohrschneider, R. Glück, M. Becker, F.G. Holz, F. E. Kruse, T. Fendrich, H. E. Völcker. Scanning laser fundus perimetry before laser

- photocoagulation of well defined choroidal neovascularisation. *British Journal of Ophthalmology* 1997;81:568–573
43. Macular Integrity Assessment, MAIA™ Operating Manual. CenterVue SpA, 2009.
 44. A.Pallikaris. Macular Light Sensitivity and Fixation Stability of Anisometric Amblyopic Patients by Microperimetry. *Aegean Retina XIII*, 2013, July 5-7, Santorini, Greece.
 45. Elliott DB, Bullimore MA, Patla AE, Whitaker D. Effect of a cataract simulation on clinical and real world vision. *Br JOphthalmol* 1996; 80: 799–804.
 46. Elliott DB, Hurst MA, Weatherill J. Comparing clinical tests of visual loss in cataract patients using a quantification of forward light scatter. *Eye* 1991; 5: 601–606.
 47. BE Chua, P Mitchell, RG Cumming. Effects of cataract type and location on visual function: The Blue Mountains Eye Study. *Eye* (2004) 18, 765–772.
 48. M.S. Kook, S.J. Yang, S. Kim, J. Chung, S.T. Kim, H. Tchahe. Effect of Cataract Extraction on Frequency Doubling Technology Perimetry. *Am J Ophthalmol* 2004;138:85–90
 49. Y.Y. Kim, J.S. Kim, D.H. Shin, C. Kim, H.R. Jung. Effect of Cataract Extraction on Blue-on-yellow Visual Field. *Am J Ophthalmol* 2001;132:217–220.
 50. S. Richter-Mueksch, S. Sacu, B. Weingessel, VP Vécsei-Marlovits, U. Schmidt-Erfurth. The influence of cortical, nuclear, subcortical posterior, and mixed cataract on the results of microperimetry. *Eye* (2011) 25, 1317–1321.
 51. Stifter E, Sacu S, Weghaupt H, König F, Richter-Müksch S, Thaler A et al. Reading performance depending on the type of cataract and its predictability on the visual outcome. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30(6): 1259–1267.
 52. Rouhiainen P, Rouhiainen H, Salonen JT. Contrast sensitivity in different types of early lens opacities. *Acta Ophthalmol Scand* 1996; 74(4): 379–383.

53. Elliott DB, Gilchrist J, Whitaker D. Contrast sensitivity and glare sensitivity changes with three types of cataract morphology: are these techniques necessary in a clinical evaluation of cataract? *Ophthalmic Physiol Opt* 1989; 9(1): 25–30.
54. Stifter E, Sacu S, Benesch T, Weghaupt H. Impairment of Visual Acuity and Reading Performance and the Relationship with Cataract Type and Density. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:2071–2075
55. Weingessel B, Sacu S, Većsei-Marlovits PV, Weingessel A, Richter-Mueksch S, Schmidt-Erfurth U. Interexaminer and intraexaminer reliability of the microperimeter MP-1. *Eye* 2009; 23(5): 1052–1058.
56. Rohrschneider K, Becker M, Schumacher N, Fendrich T, Volcker HE. Normal values for fundus perimetry with the scanning laser ophthalmoscope. *Am J Ophthalmol* 1998;126(1): 52–58.
57. Harvey S, Smallman, Donald I. A. MacLeod, Peter Doyle. Vision: Realignment of cones after cataract removal. *Nature* 2001 412, 604-605