



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΟΠΤΙΚΗ & ΌΡΑΣΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ
ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Χ. ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΧΑΡΙΛΑΟΣ ΓΚΙΝΗΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2007-2008



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ & ΟΡΑΣΗ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Χ. ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΧΑΡΙΛΑΟΣ ΓΚΙΝΗΣ

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη στις 27/10/2008 ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οπτική και Όραση» και παρουσιάστηκε στην Τριμελή Επιτροπή αποτελούμενη από τους:

- 1. ΓΚΙΝΗ ΧΑΡΙΛΑΟ**
- 2. ΣΩΤΗΡΗ ΠΛΑΪΝΗ**
- 3. ΤΣΙΛΙΜΠΑΡΗ ΜΙΛΤΙΑΔΗ**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2007-2008

Σκοπός: Σκοπός της μελέτης είναι η αξιολόγηση της σκέδασης φακών επαφής υδρογέλης και σιλικόνης υδρογέλης με προκαθορισμένη χρήση, η σύγκριση των δύο διαφορετικών υλικών φακών και η συσχέτιση της προκαθορισμένης χρήσης φακών επαφής με υποκειμενικές μετρήσεις της όρασης. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της **σκέδασης** (scatter) των φακών καθώς και μετρήσεις **οπτικής οξύτητας**(visual acuity) και **ευαισθησίας αντίθεσης**(contrast sensitivity) στους συμμετέχοντες σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.

Μέθοδος: 15 ενήλικες (11 το δεύτερο στάδιο της μελέτης) ,ηλικίας 22 έως 33 ετών(μέσος όρος ηλικίας 26,5 έτη),έλαβαν μέρος στην μελέτη, της οποίας η συνολική διάρκεια ορίστηκε στις δέκα εβδομάδες. Η μελέτη χωρίστηκε σε δύο στάδια, διάρκειας 5 εβδομάδων το καθένα. Κάθε εξεταζόμενος φόρεσε φακό υδρογελής στον αριστερό οφθαλμό (AQUALENS,Ciba Vision) και σιλικόνης υδρογέλης στον δεξιό οφθαλμό (AIR OPTIX,Ciba Vision) ,μηνιαίας αντικατάστασης. Οι δύο τύποι φακών επαφής επιλέχθηκαν με κριτήριο την άνετη εφαρμογή τους και την βέλτιστη οπτική διόρθωση που προσδίδουν. Μετρήσεις της σκέδασης των φακών επαφής πραγματοποιούνταν κάθε εβδομάδα, ενώ μετρήσεις ευαισθησίας αντίθεσης και οπτικής οξύτητας πραγματοποιούνταν κάθε πρώτη και πέμπτη εβδομάδα κάθε σταδίου της μελέτης. Παράλληλα μετρήσεις σκέδασης πραγματοποιήθηκαν σε μη χρησιμοποιημένους φακούς επαφής προκειμένου αυτές να λειτουργήσουν ως μέτρο σύγκρισης(**μάρτυρες,control**).Δέκα ζευγάρια φακών (ένας φακός AIR OPTIX και ένας AQUALENS σε κάθε ζευγάρι), μετρήθηκαν κάθε εβδομάδα. Ο προς μέτρηση φακός τοποθετούνταν σε μια διάταξη φακών.Το σύστημα φακού-διάταξης έπειτα μεταφέρονταν σε σιδερένιο στήριγμα μπροστά από το οποίο προβάλλονταν 14 διαδοχικοί δακτύλιοι σε οθόνη υπολογιστή. Η σκέδαση ποσοτικοποιήθηκε σαν μέσος όρος των τριών μετρήσεων των δακτυλίων μέγιστης διαμέτρου που αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση σκέδασης σε γωνίες 0-4 μοιρών. Ταυτόχρονα, πίσω από το σιδερένιο στήριγμα υπήρχε κάμερα που συνδεόταν με άλλο υπολογιστή όπου γίνονταν η καταγραφή των εικόνων. Η

ευαισθησία αντίθεσης αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας Gabor gratings και εξετάστηκαν επτά χωρικές συχνότητες: 1,2,4,8,12,16,24 c/deg. Η εξέταση της οπτικής οξύτητας πραγματοποιήθηκε με τροποποιημένους πίνακες EDTRS. Ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν στους συμμετέχοντες για την υποκειμενική αξιολόγηση των φακών επαφής τα οποία συμπληρώνονταν κάθε εβδομάδα.

Αποτελέσματα: Ο μέσος όρος της σκέδασης των φακών επαφής των συμμετεχόντων δεν αυξάνεται με την πάροδο των εβδομάδων ούτε και με τις ώρες χρήσης εβδομαδιαίως. Δεν παρατηρείται αύξηση της σκέδασης των φακών επαφής και στην ομάδα ελέγχου. Ωστόσο μια τάση σταθεροποίησης του μέσου όρου της σκέδασης στην ομάδα ελέγχου παρατηρείται στους φακούς AIR OPTIX σε σύγκριση με τους φακούς AQUALENS. Δεν φαίνεται να προκύπτει κάποια ισχυρή συσχέτιση της σκέδασης με τα δεδομένα των ερωτηματολογίων για τους φακούς AIR OPTIX και AQUALENS. Ο μέσος όρος ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης των εξεταζόμενων παραμένει σταθερός για κάθε οφθαλμό ενώ η διαφορά αριστερού-δεξιού οφθαλμού για το πρώτο στάδιο της μελέτης δεν παρουσιάζει σχεδόν καμία διαφορά σε αντίθεση με το δεύτερο στάδιο που παρατηρείται μείωση για τους φακούς AQUALENS. Η διαφορά των μέσων όρων ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης των εξεταζόμενων μεταξύ των μετρήσεων παρουσιάζει σταθερή πτώση του μέσου όρου στις 16 c/deg (εκτός από την διαφορά τρίτης με δεύτερης μέτρησης στις 12c/deg). Η οπτική οξύτητα αυξάνεται για τους φακούς AQUALENS σε όλες τις μετρήσεις της μελέτης ενώ για τους φακούς AIR OPTIX παρατηρείται μια πτωτική τάση στην τελευταία μέτρηση.

Συμπεράσματα: Η σκέδαση των φακών επαφής δεν φαίνεται να σχετίζεται με το διάστημα των 5 εβδομάδων εφαρμογής και τις ώρες χρήσης εβδομαδιαίως. Παράγοντες όπως η επίδραση της θέσης των φακών κατά την τοποθέτηση στην οπτική διάταξη και το διάστημα αφύπνισης- μέτρησης των εξεταζόμενων

ενδέχεται να επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα. Η πτώση της ευαισθησίας αντίθεσης των AQUALENS φακών στο δεύτερο στάδιο της μελέτης επιβεβαιώνει παλαιότερες μελέτες που παρατηρούν μείωση της ευαισθησίας αντίθεσης με μαλακούς φακούς επαφής, συμπεριλαμβανόμενων και φακών υδρογέλης. Η αλληλεπίδραση φακού-κερατοειδή φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην σκέδαση των φακών επαφής. Υπό την έννοια αυτή, ενδεχόμενη αύξηση της σκέδασης στον οφθαλμό κατά την διάρκεια χρήσης των φακών επαφής οφείλεται σε αλλαγές της επιθηλιακής στιβάδας και της δακρυϊκής στοιβάδας παρά σε αλλαγές του φακού. Η εκτεταμένη χρήση φακών επαφής επηρεάζει τον κερατοειδικό μεταβολισμό, ενώ μηχανικοί παράγοντες όπως το συνεχόμενο τρίψιμο των βλεφάρων μπορούν να επηρεάσουν την κερατοειδική επιφάνεια. Επιπλέον ο μεταβολισμός της επιθηλιακής επιφάνειας του κερατοειδούς υπόκειται σε ένα είδος συμβιβασμού που την καθιστά περισσότερο ευπαθή στην δημιουργία φλεγμονών. Οι βιοχημικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στον κερατοειδή μπορούν να επηρεάσουν την σκέδαση κατά τρόπο ανάλογο με αυτόν που αλλαγές στην ιστοχημεία του κρυσταλλοειδούς φακού σχετίζονται με αυξημένη σκέδαση.

Purpose: The purpose of the study is the evaluation of light scatter from hydrogel and silicone-hydrogel contact lenses after pre-determined use, the comparison between the two different lens materials and the correlation of pre-determined contact lenses' use with subjective measurements of vision. For this purpose, measurements of lenses' scattering as well as measurements of **visual acuity** and **contrast sensitivity** have been conducted to the participants in determined time intervals.

Method: 15 adults (11 in the second part), of age between 22 and 33 years old (age average 26,5 years), participated in the study, the total duration of which was decided on ten weeks. The study was divided in two parts each of which lasted 5 weeks. Each examinant wore the hydrogel lenses (AQUALENS, Ciba Vision) on the left eye and silicone-hydrogel lenses (AIR OPTIX, Ciba Vision) on the right eye, both types were of monthly replacement. The two types of contact lenses were selected with the criterion of their comfort fitting and the optimum optical correction they gave. Measurements of contact lenses' scattering were being conducted every week, while measurements of contrast sensitivity and visual acuity were being conducted every first and fifth week of each part of the study. In parallel, scattering measurements were conducted in non- used contact lenses so that these would be used as measure of comparison (**control**). Ten pairs of lenses (one AIR OPTIX and one AQUALENS in each pair), were measured every week. The lens to be measured was placed on a lenses' device. The lens-lenses' device system was then transferred on a metal mount in front of which 14 sequential rings were projected on a computer screen. The scattering was quantified as the average resulting from of the 3 rings of maximum diameter, which corresponds to the scattering concentration of 0 to 4 angles. Simultaneously, there was a camera behind the metal mount, which was plugged in another computer were luminance and projected ring position adjustments

were performed. The contrast sensitivity was evaluated using Gabor gratings and seven spatial frequencies were examined: 1,2,4,8,12,16 and 24 c/deg. The examination of visual acuity was conducted with modified EDTRS visual acuity charts. Questionnaires were distributed to the participants for the subjective evaluation of the contact lenses, which were filled in every week.

Results: The average scattering of the participants' contact lenses doesn't increase with the passage of 5 weeks, neither with the hour use per week. Increase in contact lenses' scattering is not observed in the control group, as well. Nevertheless, a stabilisation trend of the average scattering is observed in the control group of AIR OPTIX lenses in comparison to the AQUALENS. It doesn't seem to arise any strong correlation between scattering and questionnaire data, regarding the AIR OPTIX and AQUALENS. The examiners' average contrast sensitivity remains stable for each eye, while the difference between right and left eye, for the first part of the study, does not show almost any difference, in opposition to the second part, where there is observed a decrease referring to the AQUALENS. The difference between the measurements of the examiners' average contrast sensitivity shows a stable decrease of the average at 16 c/deg (except the difference between the third and second measurement at 12c/deg).The visual acuity increases in all measurements of the study regarding AQUALENS, while relative to AIR OPTIX lenses, a decreased trend is observed in the last measurement.

Conclusions: The contact lenses' scattering does not seem to relate to the weeks of application or the hours of use. Factors, such as the impact of the lenses' position during the placement on the optical device and the interval examiner's rousement-measurement, may affect the final results. The decrease in contrast sensitivity regarding the AQUALENS in the second part of the study, confirms older studies which observe a decrease in contrast sensitivity using soft contact lenses, including those made of hydrogel.The interaction between lens and cornea appears to play an important role in contact lenses' scattering.

Under this condition, potential increase in the eye's scattering during the usage of contact lenses would be due to epithelial and lacrimal changes, rather than lens alterations. The extended use of contact lenses affects the corneal metabolism, while the mechanical factors, such as the persistent rubbing of eyelids, could affect the corneal surface. Moreover, the corneal, epithelial surface metabolism undergoes a sort of compromise which renders it more sensitive to inflammation. The biochemical alterations that take place in the cornea could affect the scattering in a way similar to that where the alterations in the crystalloid lens' histochemistry relate to increased scattering.

«Πάντες ἄνθρωποι τοῦ εἰδέναι ὀρέγονται φύσει»

Ἀριστοτέλους, Μετὰ τῶν Φυσικῶν

*Αφιερώνεται στον Εισηγητή του Οφθαλμοκεντρισμού ,και Πατέρα της
Επιστήμης Αριστοτέλη.*

Θέλω να ευχαριστήσω:

Τους γονείς μου που με στήριξαν ηθικά, πρωτίστως, και οικονομικά καθόλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών

Τους φίλους μου και ιδιαίτερα τον Γιώργο Τ. Τσερεβελάκη και Μιχάλη Αποστολόπουλο για τις εποικοδομητικές συζητήσεις και την στήριξη τους.

Το διδακτικό προσωπικό του μεταπτυχιακού προγράμματος και ιδιαίτερα: τον επιβλέποντα Δρ Γκίνη Χαρίλαο ένα μεγάλο άνθρωπο και επιστήμονα που μια από τις ευφυείς ιδέες του απετέλεσε και το έναυσμα της μεταπτυχιακής μου εργασίας και τον συνεπιβλέποντα Δρ Σωτήρη Πλαϊνή παράδειγμα προς την νεότερη γενιά οπτικών-οπτομετρών που με την οργανωτικότητα του ,την μεθοδικότητα και τις εύστοχες παρατηρήσεις του συνέλαβε καταλυτικά στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες

Στον Δρ. Παναγιώτη Καλλίνικο επιστημονικό υπεύθυνο της AMVIS HELLAS που στήριξε την μελέτη με την προμήθεια των φακών επαφής καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την αρχική διάρθρωση της μελέτης.

Την υποψήφια Δρ Τρισεύγενη Γιαννακοπούλου που πραγματοποίησε τις μετρήσεις ευαισθησίας αντίθεσης με την υπομονή της και την ουσιαστική συμβολή για την λήψη των βέλτιστων αποτελεσμάτων.

Στους συμμετέχοντες που απετέλεσαν την βάση της μελέτης.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΟΦΘΑΛΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

1.1 Οφθαλμός.....	14
1.1.2 Προστατευτικά μόρια του οφθαλμού.....	14
1.1.3 Επικουρικά μόρια.....	14
1.1.4 Βολβός του ματιού.....	15
1.1.5 Φακός.....	16
1.6 Υαλώδες σώμα.....	16
1.1.7 Υδατοειδές υγρό.....	16
1.1.8 Πρόσθιος θάλαμος.....	16
1.1.9 Οπίσθιος θάλαμος.....	16
1.2 Ανατομικά στοιχεία κερατοειδούς.....	17
1.2.1 Επιθήλιο.....	17
1.2.2 Μέμβρανη του Bowman.....	18
1.2.3 Ίδια ουσία ή στρώμα.....	18
1.2.4 Μεμβράνη του Descemet.....	18
1.2.5 Ενδοθήλιο.....	18
1.3 Διαθλαστικές επιφάνειες οφθαλμού.....	19
1.3.1 Κερατοειδής.....	19
1.3.2 Ίριδα.....	20
1.3.3 Κρυσταλλοειδής φακός.....	20
1.4 Διαθλαστικές ανωμαλίες του οφθαλμού.....	21
1.4.1 Υπερμετρωπία.....	21
1.4.2 Μυωπία.....	22
1.4.3 Αστιγματισμός.....	22
1.5 Σκέδαση στον ανθρώπινο οφθαλμό.....	23
1.5.1 Ορισμός σκέδασης.....	23
1.5.2 Διάκριση σκέδασης.....	24
1.5.3 Μέθοδοι περιγραφής των σκεδαστών.....	26
1.5.4 Μέθοδοι μέτρησης της σκέδασης.....	26
1.5.5 Γωνιακή κατανομή σκέδασης.....	29
1.5.6 Σκέδαση στον οφθαλμό.....	30
1.5.7 Επίδραση της θέσης του φακού στην μετρούμενη σκέδαση.....	33
1.5.8. Θεωρία της ανώμαλης περίθλασης(Anomalous Diffraction Theory)...	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ

2.1 Ιστορική Εισαγωγή.....	35
2.2.1 Διάκριση φακών κλασικής κατασκευής.....	36
2.2.2 Μαλακοί φακοί επαφής.....	37
2.2.3 Διάκριση μαλακών φακών επαφής κατά FDA.....	39

2.2.4 Φυσικοχημικές ιδιότητες υδρόφιλων φακών επαφής.....	41
2.3. Φακοί ειδικής κατασκευής.....	42
2.3.1 Τορικοί φακοί.....	42
2.3.2 Ασφαιρικοί φακοί.....	43
2.3.3 Φακοί επαφής για παιδιατρικές εφαρμογές.....	43
2.3.4 Φακοί επαφής μετά από μεταμόσχευση κερατοειδούς.....	43
2.3.5 Φακοί επαφής μετά από οφθαλμικό τραύμα.....	44
2.3.6 Κοσμητικοί και προσθετικοί φακοί επαφής.....	45
2.3.7 Θεραπευτικοί φακοί επαφής.....	45
2.3.8 Φακοί επαφής συχνής αντικατάστασης και συνεχούς χρήσης	47
2.3.9 Ορθοκερατολογικοί φακοί επαφής.....	47
2.4. Μέθοδοι κατασκευής των φακών επαφής.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ-ΕΝΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

3.1 Μοντέλα οξυγόνωσης κερατοειδούς.....	50
3.2.Ορισμοί σχετιζόμενοι με την ενυδάτωση των φακών επαφής.....	51
3.3 Επιπλοκές.....	52
3.3.1Κυτταρική ανανέωση.....	52
3.3.2 Ομοιόσταση κερατοειδούς.....	52
3.3.3 Ρυθμός κυτταρικής απόπτωσης.....	53
3.3.4 Βαθμός λέπτυνσης.....	53
3.3.5 Σχηματισμός επιθηλιακών μικροκύστων.....	54
3.3.6 Δεκτικότητα βακτηριακής πρόσδεσης.....	54
3.3.7 Αλλαγές στο σκληροκερατοειδές όριο.....	55
3.3.8 Κερατοειδική αγγείωση και υποξία.....	55
3.3.9 Κερατοειδικές διηθήσεις.....	56
3.3.10 Οξεία οφθαλμική ερυθρότητα σχετιζόμενη με φακούς επαφής.....	56
3.3.11 Θηλακιάδης επιπεφυκίτιδα σχετιζόμενη με φακούς επαφής.....	57
3.3.12 Μικροβιακή Κερατίτιδα.....	58
3.3.13 Βλεννώδης μπάλες.....	58
3.3.14 Διαθλαστικές αλλαγές.....	59
3.3.15 Συμπτώματα ξηροφθαλμίας	60
3.3.16 Οίδημα προκαλούμενο από φακούς επαφής.....	60
3.4 Φακοί επαφής και δακρυϊκή στιβάδα.....	61
3.4.1 Προφακική δακρυϊκή στοιβάδα	61
3.4.2 Εξάτμιση δακρύων.....	62
3.4.3 Οπισθοφακική δακρυϊκή στοιβάδα και ανταλλαγή δακρύων.....	62
3.5 Εναποθέσεις των φακών επαφής.....	62

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1.Σκοπός και σχεδιασμός της μελέτης.....	67
--	----

4.2. Συμμετέχοντες.....	67
4.3. Μεθοδολογία – Διαδικασία εξέτασης.....	72
4.3.1. Μέτρηση σκέδασης	74
4.3.2. Μέτρηση Οπτικής οξύτητας.....	77
4.3.3 Μέτρηση Ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης.....	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Αποτελέσματα μετρήσεων.....	80
5.2 Εξεταζόμενοι.....	82
5.3 Γραφήματα ομάδας ελέγχου(control).....	84
5.4 Σύγκριση εξεταζόμενων με ομάδα ελέγχου.....	84
5.5 Συσχέτιση ωρών χρήσης και εβδομάδων με σκέδαση ανά στάδιο.....	85
5.6 Οπτική Οξύτητα.....	88
5.7 Μετρήσεις Ευαισθησίας Αντίθεσης.....	88
5.8 Σύγκριση μέσων όρων δεξιού -αριστερού οφθαλμού ως προς τα δεδομένα αξιολόγησης καθόλη την διάρκεια της μελέτης.....	90
5.9 Συσχέτιση σκέδασης με δεδομένα αξιολόγησης.....	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σκέδαση.....	99
6.1.1 Η επίδραση του τρόπου μέτρησης της μετρούμενης σκέδασης.....	100
6.1.2 Κερατοειδικός μεταβολισμός-σκέδαση.....	100
6.1.3 Εναποθέσεις φακών επαφής-σκέδαση.....	101
6.2 Επίδραση χειρισμού –σκέδασης.....	101
6.3 Ευαισθησία αντίθεσης και σκέδαση.....	102
6.4 Οπτική οξύτητα και σκέδαση.....	103
6.5 Περιορισμοί της παρούσας εργασίας.....	103
6.5.1 Ερωτηματολόγια-Οδηγίες χρήσεως.....	103
6.5.2 Συμμετέχοντες.....	104
6.5.3 Μέτρηση σκέδασης πριν την εφαρμογή.....	104
6.5.4 Σύγκριση.....	105
6.5.5 Χρονική Διάρκεια.....	105
6.5.6 Εκμάθηση.....	105
6.6 Μελλοντική εργασία.....	106

<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	107
----------------------------------	-----

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	113
-------------------------------	-----

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΟΦΘΑΛΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

1.1 ΟΦΘΑΛΜΟΣ

Ο οφθαλμός βρίσκεται μέσα στον σύστοιχο κόγχο από τον οποίο προστατεύεται από πάνω, πίσω, κάτω και από τα πλάγια. Ο κόγχος αποτελεί οστέινη κοίλη τετράπλευρη πυραμίδα της οποίας το τοίχωμα καλύπτεται από το περιόστεο.

1.1.2 Προστατευτικά Μόρια του οφθαλμού

Ο οφθαλμός προστατεύεται από εμπρός από το άνω και κάτω βλέφαρο που αποτελούν δύο κινητά δερματομυώδη πέταλα που ανοιγοκλείνουν αυτόματα ή βουλητικά.

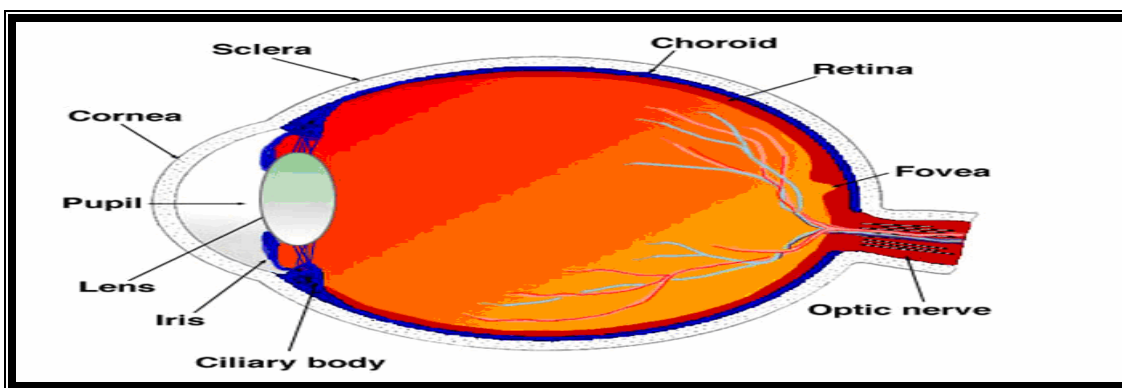
1.1.3 Επικουρικά Μόρια

Επικουρικά μόρια είναι το δακρυϊκό σύστημα, ο επιπεφυκότας και οι οφθαλμοκινητικοί μύες.

-Δακρυϊκό σύστημα. Το δακρυϊκό σύστημα περιλαμβάνει το εκκριτικό και αποχετευτικό τμήμα. Το εκκριτικό αποτελείται από το δακρυϊκό αδένα που εκκρίνει τα δάκρυα, με τα οποία διατηρείται υγρός ο επιπεφυκότας και ο κερατοειδής. Το αποχετευτικό σύστημα αποτελείται από τα δακρυϊκά σημεία, τα δακρυϊκά σωληνάκια, το δακρυϊκό ασκό και το ρινοδακρυϊκό πόρο, και αποχετεύει τα δάκρυα στην δακρυϊκή κοιλότητα.

-Επιπεφυκότας. Ο επιπεφυκότας είναι ένας βλεννογόνος υμένας που καλύπτει την οπίσθια επιφάνεια των βλεφάρων και την πρόσθια του βολβού, εκτός από τον κερατοειδή.

-Οι οφθαλμοκινητικοί μύες βρίσκονται μέσα στον κόγχο. Με τους μύες αυτούς επιτυγχάνεται η στροφή του ματιού προς διάφορες κατευθύνσεις. Υπάρχουν τέσσερις ορθοί και λοξοί μύες, καθώς και ο ανελκτήρας μυς του άνω βλεφάρου.



Εικόνα 1. Ανατομία του οφθαλμού

1.1.4 Βολβός του ματιού

Ο βολβός του ματιού είναι μια κοίλη σφαίρα με διάμετρο περίπου 24mm. Το τοίχωμα του βολβού αποτελείται από τρεις χιτώνες:

-Ινώδης χιτώνας. Όταν βρίσκεται προς τα πίσω είναι αδιαφανής και ονομάζεται σκληρός, ενώ προς τα εμπρός είναι διαφανής και ονομάζεται κερατοειδής

-Ο αγγειώδης χιτώνας διακρίνεται σε χοριοειδή προς τα πίσω, ακτινωτό σώμα στη μέση και ίριδα εμπρός.

-Ο νεύρινος ή αμφιβληστροειδής χιτώνας διακρίνεται σε οπτικό αμφιβληστροειδή, που βρίσκεται πίσω από την προιονωτή περιφέρεια, και σε τυφλό

αμφιβληστροειδή, που καλύπτει την εσωτερική επιφάνεια του ακτινωτού σώματος και την οπίσθια επιφάνεια της ίριδας.

1.1.5 Φακός

Ο φακός είναι κυρτός διαφανής και εύπλαστος και συγκεντρώνει τις φωτεινές ακτίνες στον αμφιβληστροειδή.

1.1.6 Υαλώδες σώμα

Το υαλώδες σώμα είναι μια διάφανης πηκτώδης ουσία που γεμίζει ολόκληρη την οπτική κοιλότητα πίσω από το φακό. Το υαλοειδές σώμα αποτελείται από δίκτυο κολλαγόνων ινών.

1.1.7 Υδατοειδές Υγρό

Το υδατοειδές υγρό εκκρίνεται από το επιθήλιο του ακτινωτού σώματος και μέσα από την κόρη περνάει από τον οπίσθιο στον πρόσθιο θάλαμο. Το υδατοειδές υγρό διατρέφει το φακό και τον κερατοειδή και αποχετεύεται από τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου.

1.1.8 Πρόσθιος Θάλαμος

Ο πρόσθιος θάλαμος βρίσκεται πίσω από τον κερατοειδή και ορίζεται από την πρόσθια επιφάνεια της ίριδας, την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς και από τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου.

1.1.9 Οπίσθιος Θάλαμος

Ο οπίσθιος θάλαμος καθορίζεται από την πρόσθια επιφάνεια του φακού, την οπίσθια επιφάνεια της ίριδας, το ακτινωτό σώμα και την Ζίνειο ζώνη. Οι ίνες του

Ζινη αποτελούνται από ένα σύνολο λεπτών, ακτινοειδώς διατεταγμένων, διαφοροποιημένων κολλαγόνων ινών. Είναι γεμάτος από το υδατοειδές υγρό, που περνά μέσα από την κόρη στον πρόσθιο θάλαμο και αποχετεύεται από την γωνία του πρόσθιου θαλάμου.

1.2 ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ

Ο κερατοειδής αποτελεί την βασική διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού. Αποτελεί πρόσθιο τμήμα του ινώδη χιτώνα. Έχει σχήμα στρογγυλό, με διάμετρο περίπου 11mm και είναι ιστός διαφανής. Περιγραφικά εμφανίζει δύο επιφάνειες, την πρόσθια που είναι κυρτή και την οπίσθια που είναι κοίλη και αποτελεί ένα συγκεντρωτικό φακό με ισχύ περίπου 42-45 διοπτρίες και παίζει τον κυριότερο ρόλο στο διαθλαστικό σύστημα του ματιού. Το πάχος του κερατοειδούς μεταβάλλεται καθ' όλη την έκτασή του. Είναι πιο λεπτός στο κέντρο, περίπου 0,5mm, ενώ προς την περιφέρεια αυξάνεται σε 0,70mm. Ο κερατοειδής φυσιολογικά στερείται αγγείων. Η διατροφή του εξασφαλίζεται από τα αγγεία του σκληροκερατοειδούς ορίου στην περιφέρεια, από το υδατοειδές υγρό του πρόσθιου θαλάμου που διαβρέχει την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς και από τα δάκρυα που διαβρέχουν την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς.

Ιστολογία του κερατοειδούς

1.2.1 Επιθήλιο

Το επιθήλιο του κερατοειδούς είναι πολύστιβο και πλακώδες. Αποτελείται από την βασική μεμβράνη πάνω στην οποία στηρίζεται ένας στοίχος κυλινδρικών κυττάρων που αποτελούν τη μητρική ή βασική στιβάδα του επιθηλίου. Το σύνολο των κυττάρων του επιθηλίου αναγεννάται κάθε 7 ημέρες. Ο πολλαπλασιασμός των επιθηλιακών κυττάρων πραγματοποιείται κυρίως στην περιφέρεια και πιο συγκεκριμένα στο σκληροκερατοειδές όριο.

1.2.2 Μεμβράνη του Bowman(ή πρόσθιο αφοριστικό πέταλο)

Είναι ένα ομοιόμορφο παχύ πέταλο (10-16μ) από σύμπλεγμα κολλαγόνων ινιδίων χωρίς καθόλου κύτταρα.

1.2.3 Ιδία ουσία ή στρώμα

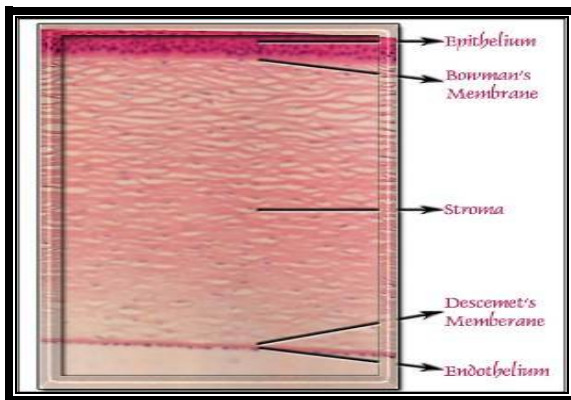
Το στρώμα αποτελεί το 90% του πάχους το κερατοειδούς και σχηματίζεται από κολλαγόνες ίνες και κερατοκύτταρα. Οι κολλαγόνες ίνες είναι διατεταγμένες σε στρώσεις οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετική κατεύθυνση. Οι κολλαγόνες ίνες έχουν χαρακτηριστική παράλληλη διάταξη μεταξύ τους και πολλές μαζί δημιουργούν ένα πέταλο. Το στρώμα του κερατοειδούς αποτελείται από 200-250 πέταλα τα οποία διατίθενται και αυτά παράλληλα προς την επιφάνειά του. Η συνολική περιεκτικότητα του στρώματος του κερατοειδή σε νερό είναι 80%. Μεταξύ των κυττάρων υπάρχει θεμέλια ουσία, που αποτελείται από βλεννοπολυσακχαρίτες. Το στρώμα του κερατοειδή είναι η στοιβάδα που πραγματοποιούνται οι διάφορες γεωμετρικές αλλαγές, προκειμένου να αλλάξει η διαθλαστική ισχύς του οφθαλμού, όπως στην περίπτωση εφαρμογής φακών επαφής.

1.2.4 Μεμβράνη του Descemet(ή οπίσθιο αφοριστικό πέταλο)

Η μεμβράνη του Descemet αποτελεί ένα πέταλο πάχους 6-10μ, χαρακτηρίζεται από μεγάλη ελαστικότητα και συνδέεται με χαλαρούς δεσμούς με το στρώμα. Αποτελείται από πλέγμα κολλαγόνων ινών και στερείται κυττάρων.

1.2.5 Ενδοθήλιο

Το ενδοθήλιο αποτελείται από μια μονοκυτταρική στρώση αποπλατυσμένων μονοκυτταρικών εξαγωνικών κυττάρων τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με προσεκβολές που υπάρχουν στην κυτταρική επιφάνεια. Τα ενδοθηλιακά κύτταρα δεν αναγεννώνται και παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση του κερατοειδούς μέσω της άντλησης του νερού από τον κερατοειδή προς τον πρόσθιο θάλαμο. Το ενδοθήλιο είναι το ρυθμιστικό στρώμα του κερατοειδούς που ρυθμίζει την περιεκτικότητα του κερατοειδή σε νερό σε σταθερά επίπεδα. Ο κερατοειδής φυσιολογικά περιέχει 65% νερό. Σε περίπτωση ανεπάρκειας του ενδοθηλίου να επιτελέσει την προαναφερόμενη λειτουργία, προκαλείται οίδημα με αποτέλεσμα τη σκέδαση και την απώλεια της διαύγειας του κερατοειδή.



Εικόνα 2. Τα στρώματα του κερατοειδούς

1.3 ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

Οι διαθλαστικές επιφάνειες οφθαλμού, σε μια απλοποιημένη μοντελοποίηση του οφθαλμού, αποτελούνται από τρεις διαθλαστικές επιφάνειες.

1.3.1 Κερατοειδής

Ο κερατοειδής αποτελεί την πρώτη διαθλαστική επιφάνεια και διακρίνεται σε: α) πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδή. Έχει σχήμα επιμήκους ελλειψοειδούς. β) οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή. Έχει σχήμα κατά προσέγγιση σφαιρικό. Έχει

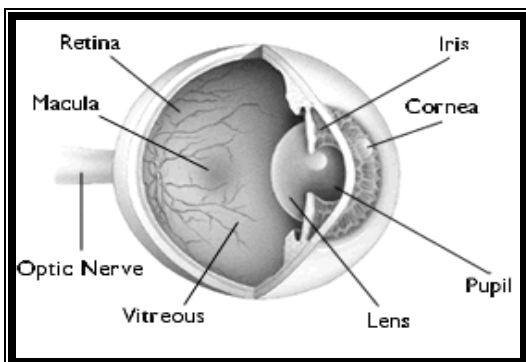
πάχος 550 μm και δείκτη διάθλασης 1.376. Στη συνέχεια, διακρίνεται ο πρόσθιος θάλαμος ο οποίος έχει δείκτη διάθλασης 1.376 και αξονικό μήκος περίπου 3mm.

1.3.2 Ίριδα

Αποτελεί το διάφραγμα του οπτικού συστήματος και ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που φθάνει στον αμφιβληστροειδή.

1.3.3 Κρυσταλλοειδής φακός

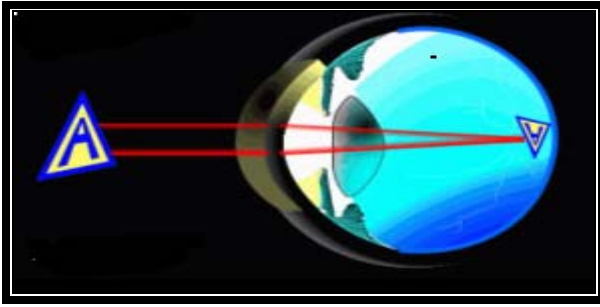
Βασική λειτουργία είναι η ρύθμιση της συνολικής διοπτρικής ισχύος του οφθαλμού. Έχει δείκτη διάθλασης 1.41. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κερατοειδής χαρακτηρίζεται από μια πολυστρωματική διάταξη, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα ο δείκτης διάθλασης να μεταβάλλεται από το κέντρο στην περιφέρεια. Εμφανίζει δύο επιφάνειες την πρόσθια και τη οπίσθια. Το κέντρο της πρόσθιας επιφάνειας καλείται «πρόσθιος πόλος» και το κέντρο της οπίσθιας επιφάνειας «οπίσθιος πόλος». Η νοητή γραμμή, που συνδέει τους δύο πόλους, καλείται *προσθοπίσθιος άξονας* και αντιστοιχεί στο πάχος αυτού. Η πρόσθια επιφάνεια είναι λιγότερη κυρτή από την οπίσθια. Ωστόσο, θεωρείται ο δείκτης διάθλασης του οφθαλμού σταθερός, μη λαμβάνοντας υπόψη τη βαθμιαία μεταβολή του οφθαλμού σε μια απλοποιημένη μοντελοποίηση. Ο χώρος πίσω από τον κρυσταλλοειδή φακό πληρούται από το υαλώδες σώμα και έχει δείκτη διάθλασης 1,337.



Εικόνα 3. Τα διαθλαστικά στοιχεία του οφθαλμού.

1.4 ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

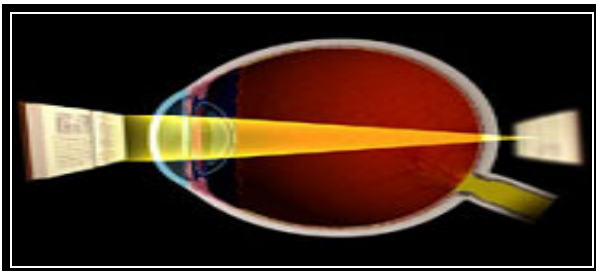
Σε ένα φυσιολογικό οφθαλμό, οι ακτίνες φωτός στο μάτι εστιάζονται στο βοθρίο του αμφιβληστροειδούς, όταν ο οφθαλμός δεν προσαρμόζει.



Εικόνα 4. Εμμετρωπικός οφθαλμός

1.4.1 Υπερμετρωπία

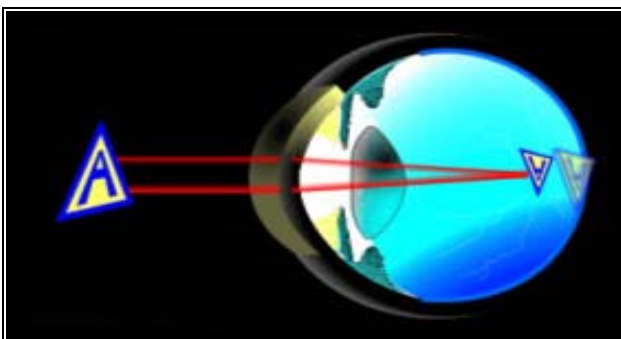
Στον οφθαλμό που παρουσιάζει υπερμετρωπία ο οφθαλμικός βολβός είναι μικρός και οι ακτίνες φωτός στο μάτι εστιάζονται πίσω από το βοθρίο. Η υπερμετρωπία που εξουδετερώνεται με τον μηχανισμό της προσαρμογής ονομάζεται λανθάνουσα υπερμετρωπία. Συμπτώματα της υπερμετρωπίας είναι έλλειψη ενδιαφέροντος για ανάγνωση, τρίψιμο των οφθαλμών, πονοκέφαλος, ζαλάδα και ναυτία.



Εικόνα 5. Υπερμετρωπικός οφθαλμός

1.4.2 Μυωπία

Στον οφθαλμό που παρουσιάζει μυωπία, ο οφθαλμικός βολβός είναι μακρύς και οι ακτίνες εστιάζονται πριν το βολβό. Η εκφυλιστική μυωπία προκαλεί εκφυλιστικές αλλαγές στον οπτικό δίσκο, στον χοριοειδή, στον αμφιβληστροειδή, στον σκληρό και στο υαλώδες σώμα. Παρατηρούνται τέτοιου είδους εκφυλίσεις σε υψηλές μυωπίες (>6.00D), αλλά πολλές φορές δεν έχουν σχέση με το βαθμό της μυωπίας. Συμπτώματα της μυωπίας είναι η συνοφρύωση των ματιών και ο αλληθωρισμός.

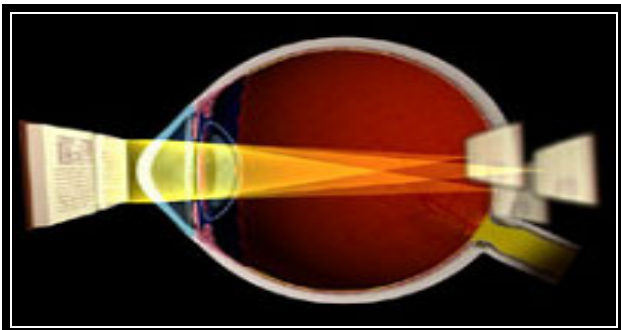


Εικόνα 6. Μυωπικός οφθαλμός

1.4.3 Αστιγματισμός

Αστιγματισμός καλείται η ανώμαλη καμπυλότητα σε ένα από τους μεσημβρινούς του κερατοειδούς. Ο αστιγματισμός μπορεί να οφείλεται και στο κρυσταλλοειδή φακό. Ο αστιγματισμός μπορεί να είναι απλός ή σύνθετος. Απλός αστιγματισμός καλείται ο αστιγματισμός που δεν εμφανίζεται με υπερμετρωπία ή μυωπία, ειδώλως καλείται σύνθετος. Επίσης, ο αστιγματισμός μπορεί να είναι μεικτός, όπως στην περίπτωση που η μυωπία συνδυάζεται με υπερμετρωπικό αστιγματισμό ή υπερμετρωπία που συνδυάζεται με μυωπικό αστιγματισμό.

Ακόμη, διακρίνεται σε συμφωνία με τον κανόνα και παρά τον κανόνα. Συμπτώματα του αστιγματισμού μπορεί να είναι κούραση στην όραση, πονοκέφαλος, αλληθώρισμα και συνοφρύωση των οφθαλμών.



Εικόνα 7. Αστιγματισμός.

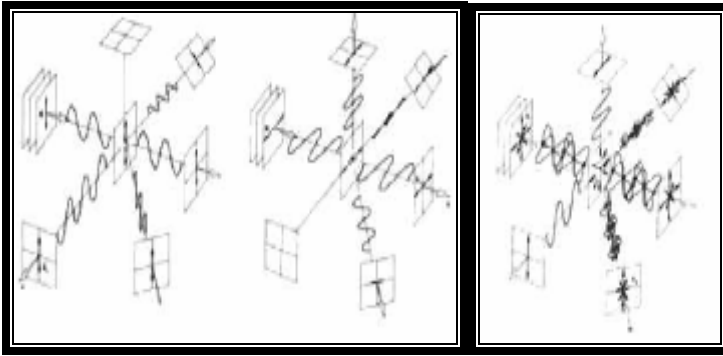
1.5 ΣΚΕΔΑΣΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΦΘΑΛΜΟ

1.5.1.1 Ορισμός σκέδασης

Η πρώτη προσπάθεια εξήγησης του φαινομένου οφείλεται στον John Tyndall στα 1859. Ο Tyndall παρατήρησε ότι, όταν το φως διαδίδεται μέσα από ένα διαφανές υγρό στο οποίο αιωρούνται μικρά σωματίδια, το φως διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε σκέδαση (**scattering**). Ο μηχανισμός της σκέδασης, ως φυσικό φαινόμενο, συνοψίζεται ως εξής: ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσπίπτει σε αέρια μάζα και προκαλεί μετατοπίσεις του ηλεκτρικού νέφους. Οι μετατοπίσεις ακολουθούν τις διακυμάνσεις του ηλεκτρικού πεδίου και με αυτόν τον τρόπο το ηλεκτρικό νέφος ταλαντώνεται. Αυτή η μετάδοση ενέργειας οδηγεί σε μη συντονισμένη απορρόφηση ενέργειας. Δημιουργείται έτσι ένα ταλαντούμενο δίπολο, το οποίο αποτελεί μια στοιχειώδης μονάδα εκπομπής ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Συγκεκριμένα, επανεκπέμπει την ενέργεια που απορρόφησε προς όλες τις κατευθύνσεις, στην ίδια ακριβώς

συχνότητα ταλάντωσης. Το παρατηρούμενο φως δε φθάνει άμεσα αλλά έμμεσα, μέσω μιας πορείας από δίπολο σε δίπολο.

Η σκέδαση προκύπτει από τις ποικίλες μεταβολές στο δείκτη διάθλασης και αποτελεί συνδυασμό της ανάκλασης, της περίθλασης και της διάθλασης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σκέδασης αποτελεί η προσπίπτουσα ακτίνα σε διαφανές μέσο ενσωματωμένο σε μέσο με διαφορετικό δείκτη διάθλασης. Η προσπίπτουσα ακτίνα σκεδάζεται, καθώς κάποιο από το μέρος της ανακλάται από την προσπίπτουσα επιφάνεια, κάποιο μέρος της περνάει διαμέσου της επιφάνειας και διαθλάται σε πρόσθια κατεύθυνση και κάποιο μέρος ανακλάται και τελικά διαθλάται, είτε μπροστά είτε πίσω. Το φως φεύγει από το αντικείμενο και περιθλάται κοντά στην άκρη του.



Εικόνα 8. Σκέδαση

1.5.2 Διάκριση σκέδασης

1.5.2.1 Ελαστική και δυναμική σκέδαση

Η σκέδαση διακρίνεται σε ελαστική σκέδαση και ανελαστική σκέδαση. **Ελαστική σκέδαση** καλείται η σκέδαση κατά την οποία η συχνότητα του σκεδαζόμενου φωτός είναι ίδια με αυτήν του εισερχόμενου φωτός. Παρατηρείται,

όταν ένα κύμα ταξιδεύει σε ένα μέσο με μη ομοιογενή δείκτη διάθλασης. Τα είδη των ανομοιογενειών, που μπορούν να προκαλέσουν σκέδαση, ονομάζονται **σκεδαστές ή κέντρα σκέδασης**. Οι ανομοιογένειες που προκαλούν σκέδαση είναι πάρα πολλές και είναι δύσκολο να κατηγοριοποιηθούν. Κύτταρα σε ιστούς, σταγονίδια, ατελείς κρυσταλλικές δομές σε στερεά αποτελούν κάποια παραδείγματα σκεδαστών. Στην ελαστική σκέδαση παρατηρείται μηδενική μεταβολή ενέργειας και η σκέδαση πραγματοποιείται σε χωρικό επίπεδο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν η σκέδαση Rayleigh και Mie. Η τελευταία προσεγγίζει την **οφθαλμική σκέδαση**. **Ημι-ελαστική ή δυναμική σκέδαση** καλείται η σκέδαση, όπου η συχνότητα του σκεδαζόμενου φωτός είναι ελαφρώς μικρότερη από την αυτήν του εισερχόμενου φωτός και η σκέδαση πραγματοποιείται σε χρονικό επίπεδο. Η ημι-ελαστική σκέδαση που καλείται και **μη ελαστική σκέδαση** εκπορεύεται από ατομικές ή μοριακές αλληλεπιδράσεις, που προκύπτουν μεταξύ του φωτός και των σκεδαζόμενων μορίων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν η σκέδαση Raman, η σκέδαση Brillouin, η σκέδαση Compton, η σκέδαση ακτινών Χ.

1.5.2.2 Σκέδαση πολωμένου και μη πολωμένου φωτός

Στην **σκέδαση πολωμένου φωτός (V_v)** ο πολωτής ευθυγραμμίζει την εισερχόμενη ακτίνα φωτός κάθετα και το σκεδαζόμενο φως συνεχίζει μέσω ενός αναλυτή, που επίσης είναι ευθυγραμμισμένος κάθετα. Σε αυτήν την μορφή της σκέδασης, και πιο συγκεκριμένα όταν είναι ελαστική, αντικατοπτρίζονται διακυμάνσεις στην πυκνότητα. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζονται τα μεγέθη των εναποθέσεων, καθώς και οι διαφορές στον δείκτη διάθλασης. Στην **σκέδαση μη πολωμένου φωτός (V_H)** ο αναλυτής βρίσκεται σε ορθογώνια διάταξη σε σχέση με τον πολωτή και συνήθως αντικατοπτρίζονται διακυμάνσεις στον προσανατολισμό.

1.5.2.3 Πρόσθια και οπίσθια σκέδαση φωτός

Ακόμη μια διάκριση της σκέδασης είναι ο διαχωρισμός σε **πρόσθια σκέδαση φωτός** και **οπίσθια σκέδαση φωτός**. Το φως που σκεδάζεται σε γωνία μεγαλύτερη από 90 μοίρες από την ακτίνα πρόσπτωσης ονομάζεται *οπισθοσκεδαζόμενο φως*. Το οπισθοσκεδαζόμενο φως δεν φθάνει στον αμφιβληστροειδή. Οπισθοσκεδαζόμενο φως παρατηρείται σε διάφορα οπτικά μικροσκόπια, όπως στην σχισμοειδή λυχνία. Αντίθετα, το εμπρόσθια σκεδαζόμενο φως, που σκεδάζεται σε γωνία μικρότερη των 90 μοιρών, φθάνει στον αμφιβληστροειδή.

1.5.3 Μέθοδοι περιγραφής των σκεδαστών

Οι μέθοδοι περιγραφής των σκεδαστών διακρίνονται δύο κατηγορίες: άμεση μέθοδος και ανάστροφη μέθοδος.

Άμεση μέθοδος

Με την μέθοδο αυτή μετράται η ένταση της σκέδασης, χρησιμοποιώντας θεωρίες σκέδασης του φωτός και προσεγγίσεις, οπότε και περιγράφεται το μέγεθος και το σχήμα των σκεδαζόμενων σωματιδίων.

Ανάστροφη μέθοδος

Στην μέθοδο αυτή μοντελοποιείται το σχήμα του σκεδαζόμενου σφαιριδίου και η χωρική κατανομή, και υπολογίζεται η ένταση της σκέδασης που η μοντελοποίηση δύναται να προβάλλει.

1.5.4 Μέθοδοι μέτρησης της σκέδασης

Οι μέθοδοι μέτρησης της σκέδασης στον ανθρώπινο οφθαλμό χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: **τις οπτικές και τις ψυχοφυσικές**. Οι οπτικές μέθοδοι αφορούν την άμεση μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που σκεδάζεται, με

κάμερες ή άλλους αισθητήρες φωτός επί παραδείγματι. Στις ψυχοφυσικές, η μέτρηση επιτυγχάνεται έμμεσα με την ποσοτικοποίηση της παρουσίας διάχυτου σκεδαζόμενου φωτός (**veiling glare**), το οποίο μειώνει την αντίθεση (**contrast**) του αμφιβληστροειδικού ειδώλου.

1.5.4.1 Οπτικές μέθοδοι

1) **Αρχή της διπλής διέλευσης (P.Artal, J Santamaria)**. Δέσμη laser φιλτράρεται χωρικά και με τη βοήθεια ενός συστήματος φακών και του οπτικού συστήματος του οφθαλμού και εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή. Η εστιασμένη αυτή κατανομή λειτουργεί ως δευτερογενής πηγή ακτινοβολίας και έτσι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύει, έχει διέλθει – αλληλεπιδράσει με τις δομές του οφθαλμού δύο φορές από το οπτικό σύστημα του οφθαλμού. Η ένταση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας εκτιμάται αναλύοντας περιφερικά τμήματα της Συνάρτησης Διασποράς Σημείου (**Point Spread Function, PSF**), ώστε οι εκτροπές να μην έχουν συμμετοχή, όπως για γωνίες μεγαλύτερες από μια μοίρα, και συγκρίνοντας τη φωτεινότητα στις περιοχές αυτές σε σχέση με το κέντρο της PSF.

2) **Τεχνική πολωσιμετρίας (J. Bueno et al)**. Στην τεχνική αυτή χρησιμοποιείται πολωμένη ακτινοβολία, ως παράμετρος για την εκτίμηση της σκέδασης. Αλλαγές στην κατάσταση της πόλωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του μέσου που σκεδάζει. Καθώς η μείωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας συνδέεται με την πόλωση, με τη βοήθεια πειραματικής διάταξης που στηρίζεται στην αρχή της διπλής διέλευσης, εκτιμάται η δυνατότητα του βαθμού πόλωσης του φωτός που περνάει από ένα οπτικό σύστημα. Ο βαθμός πόλωσης χρησιμοποιείται ως παράμετρος για την ποσοτικοποίηση της σκέδασης.

3) **Η αρχή της διπλής διέλευσης ως πειραματική διάταξη για την εκτίμηση της διάχυσης του φωτός στον ανθρώπινο οφθαλμό (Gerald**

Westheimer, Jonzhing Liang). Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για τη αξιολόγηση της διάχυσης του φωτός στον οφθαλμό in vivo, ορίζοντας ως δείκτη έντασης διάχυσης των εντάσεων, στο κέντρο και στην περιφέρεια του προφίλ της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας.

4) **Χρήση πολλαπλών δεσμών για την μέτρηση της σκέδασης(D.De Brouwere, Χαρίλαος Γκίνης et al)**. Σύμφωνα με αυτήν την αρχή, που στηρίζεται στην εκτροπομετρία Tscherning, ένα διάφραγμα πολλών οπών τοποθετείται μπροστά από ένα τηλεσκόπιο που κάνει την δέσμη του laser παράλληλη, δημιουργώντας ένα αριθμό παράλληλων δεσμών που εισέρχονται στο υπό εξέταση σύστημα. Για να είναι σαφής η αντιστοιχία των σημείων τομής των δεσμών εισόδου με τις κηλίδες στον αμφιβληστροειδή, οι δέσμες εστιάζονται στον αμφιβληστροειδή με την χρήση ενός φακού. Το σύνολο των κηλίδων στον αμφιβληστροειδή απεικονίζεται σε μια κάμερα υψηλής ευαισθησίας.

1.5.4.2 Ψυχοφυσικές μέθοδοι

1) **Μέθοδος της άμεσης αντιστάθμισης(Tom J.T.P van de berg,Jan Kees IJspeert)**. Η συσκευή αποτελείται από ένα σωλήνα διαμέτρου 5 cm, στον οποίο ο εξεταζόμενος καλείται να κοιτάξει με το ένα μάτι, όπου βλέπει μια ομόκεντρη διάταξη φωτεινών πεδίων. Δακτύλιοι που φέρουν φωτεινές πηγές από την λειτουργία φωτοδιόδων είναι τοποθετημένοι στην βάση του σωλήνα. Το πεδίο εξέτασης και η πηγή σκέδασης διαμορφώνονται σε αντίθετη βάση σε συχνότητα 8 Hz. Η πηγή σκέδασης είναι ένας δακτύλιος ακτίνας 28 μοιρών. Το πεδίο εξέτασης είναι το κέντρο της βάσης του σωλήνα και ο εξεταζόμενος εστιάζει σε αυτό. Όταν το πεδίο εξέτασης είναι σκοτεινό, εμφανίζεται να αναβοσβήνει λόγω σκέδασης από τον οφθαλμό του εξεταζόμενου και πιο συγκεκριμένα λόγω του φωτός, που προέρχεται από την πηγή σκέδασης, που αναβοσβήνει. Διαμορφώνοντας το πεδίο εξέτασης με φωτεινότητα αντίθεσης φάσης ο

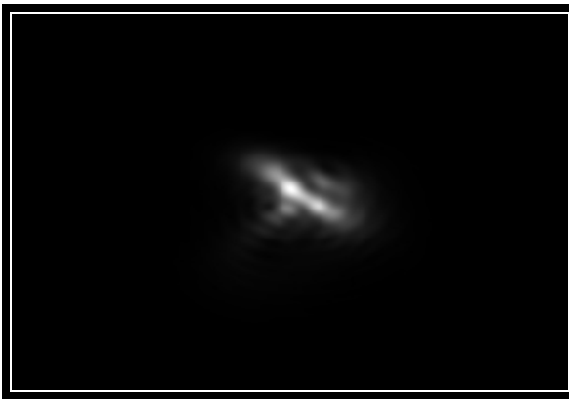
εξεταζόμενος δεν αντιλαμβάνεται πλέον το πεδίο εξέτασης να αναβοσβήνει. Με αυτόν τον τρόπο, η διαμόρφωση που προκαλείται λόγω σκέδασης από τον φωτεινό δακτύλιο αντισταθμίζεται άμεσα. Ωστόσο, η μέγιστη ακρίβεια στις μετρήσεις επιτυγχάνεται, όταν το φως από το δακτύλιο που περιβάλλει το πεδίο εξέτασης, δίνει ποσοστό σκέδασης στο κέντρο του οπτικού πεδίου, ίδιο με αυτό της πηγής σκέδασης.

2) **Μέθοδος εκτίμησης της φωτεινότητας ενός ομοιογενούς φωτισμένου στόχου.** Αποτελεί συμβατική μέθοδος μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που σκεδάζεται στον ανθρώπινο οφθαλμό. Βασίζεται στην εκτίμηση της φωτεινότητας ενός ομοιογενώς φωτισμένου στόχου παρουσία φωτεινής πηγής σε συγκεκριμένη γωνία ως προς τη γραμμή όρασης. Η φωτεινή πηγή, λόγω της σκέδασης, δημιουργεί μια κατανομή έντασης στον αμφιβληστροειδή. Παρουσία της φωτεινής πηγής, η ένταση της φωτεινότητας του στόχου αυξάνεται έτσι, ώστε μόλις να γίνεται αντιληπτός από τον εξεταζόμενο (μέτρηση ουδός φωτεινότητας). Στη συνέχεια, σβήνοντας την φωτεινή πηγή και μεταβάλλοντας την φωτεινότητα στο φόντο του στόχου (στο οποίο προσηλώνει ο εξεταζόμενος), ελέγχεται για ποια τιμή φωτεινότητας του φόντου, ο φωτεινός στόχος έχει την κατάλληλη ουδό φωτεινότητας έτσι ώστε να γίνει ξανά αντιληπτός από τον εξεταζόμενο.

1.5.5 Γωνιακή κατανομή σκέδασης

Η γωνιακή κατανομή της σκέδασης εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: 1) την ανομοιογένεια στον δείκτη διάθλασης 2) το μέγεθος και το σχήμα των σκεδαζόμενων μορίων 3) την ανομοιογένεια των δεικτών διάθλασης σε σύγκριση με το μήκος κύματος και 4) την όποια ομαλότητα μεταξύ των ανομοιογενειών. Η γωνιακή κατανομή αποτελεί ένα πολύπλοκο φαινόμενο και γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκο, εάν το φως σκεδάζεται περισσότερο από μια φορά. Η κατανομή του φωτός της εικόνας μιας σημειακής πηγής ονομάζεται συνάρτηση διασποράς

σημείου (**Point Spread Function, P.S.F**) .Με τον τρόπο αυτό μετράται η γωνιακή κατανομή του σκεδαζόμενου φωτός. Το μέγεθος και το πλάτος της συνάρτησης διασποράς σημείου εξαρτάται από τα επίπεδα περίθλασης, εκτροπών, σκέδασης, καθώς επίσης και από το σχήμα της κόρης του οφθαλμού. Για τον προσδιορισμό της σκέδασης μετράται η γωνιακή κατανομή σε γωνίες μεγαλύτερες της μιας μοίρας, καθώς στο κέντρο είναι δύσκολο να προσδιορισθεί το σκεδαζόμενο μέρος του φωτός λόγω εκτροπών και περιθλάσεων. Αντίθετα, το σκεδαζόμενο φως εντοπίζεται εύκολα στην περιφέρεια.



Εικόνα 9. Εικόνα συνάρτησης διασποράς σημείου στον οφθαλμό

1.5.6 Σκέδαση στον οφθαλμό

Σε νέους και υγιείς οφθαλμούς τα οπτικά στοιχεία είναι διάφανα στην ορατή ακτινοβολία. Όταν τα οπτικά μέσα είναι διαυγή, οπότε απουσιάζουν συσσωματώματα, η σκέδαση γίνεται κατ' ευθείαν από τα μόρια του κερατοειδή, του υδατοειδούς, του κρυσταλλοειδούς φακού και του υαλώδους σώματος.

1.5.6.1 Κερατοειδής

Στον κερατοειδή, η θεωρητική περιγραφή του μοντέλου στηρίζεται σε μια διάταξη κυλινδρικών δομών με βαθμό ομοιότητας αντίστοιχων αυτών που έχουν βρεθεί σε ανθρώπινο κερατοειδή (Hart and Farrell, 1969). Η θεωρία αυτή

στηρίζεται στην συμβολή και περίθλαση, που συμβαίνει από κανονικές διατάξεις κυλινδρικών δομών. Σύμφωνα με αυτήν την θεωρία, για μια ατέλειωτη διάταξη τοποθετημένων σε ίσα διαστήματα σκεδαζόμενων σημειακά μορίων, με διαχωρισμό διαστημάτων ασήμαντων συγκρινόμενο με το μήκος κύματος, το σκεδαζόμενο φως συμβάλλει καταστρεπτικά σε όλες τις κατευθύνσεις σε όλα τα μήκη κύματος, εκτός από την κατεύθυνση της προσπίπτουσας ακτίνας. Ωστόσο, λόγω του ότι η διάταξη των κυλινδρικών δομών έχει περιορισμένο μήκος και τα διαστήματα δεν είναι αμελητέα συγκρινόμενα με το μήκος κύματος, υπάρχει ένα ποσοστό εναπομένουσας σκέδασης που εξαρτάται από το μήκος κύματος. Μετέπειτα έρευνες έδειξαν ότι το εύρος της διάταξης των ινιδίων στον κερατοειδή επηρεάζει τη σκέδαση (McCally and Farrell, 1988). Τα μικρά αυτά μόρια δεν επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα της όρασης γιατί εκπέμπουν σε σκέδαση Rayleigh. Στην σκέδαση **Rayleigh** τα σκεδάζοντα σωματίδια είναι πολύ μικρά. Η γωνιακή κατανομή της σκέδασης είναι συμμετρική προς το επίπεδο που είναι κάθετο στο επίπεδο πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. Αντίθετα, η σκέδαση **Mie** δεν έχει περιορισμούς για το μέγεθος του σωματιδίου, οπότε ισχύει και για μεγάλους σκεδαστές, ενώ η γωνιακή κατανομή της διερχόμενης φωτεινής δέσμης γίνεται προς τυχαίες γωνίες (**stray light**). Η γωνιακή κατανομή της έντασης εξαρτάται από: α) το μέγεθος και το σχήμα των σκεδαστών, β) τη διαφορά μεταξύ των δεικτών διάθλασης, μεταξύ των σκεδαστών και των μέσων των οποίων σκεδάζονται, και γ) το μήκος κύματος. Στον υγιή κερατοειδή υφίσταται σκέδαση περίπου το 10% του προσπίπτοντος φωτός, ενώ στον υγιή κρυσταλλοειδή το 20%.

1.5.6.2 Κρυσταλλοειδής Φακός

Το πάχος του κρυσταλλοειδούς φακού είναι μεγαλύτερο από αυτό του κερατοειδούς και το προσπίπτον φως σκεδάζεται περισσότερο από ό,τι στον φακό. Το ποσοστό της σκέδασης από τον κρυσταλλοειδή διπλασιάζεται στα 60 έτη. Η σκέδαση στον κρυσταλλοειδή οφείλεται στην διάταξη των ινών του φακού,

ενώ η προκύπτουσα πρόσθια σκέδαση είναι μεγαλύτερη από την οπίσθια σκέδαση.

Ο κερατοειδής και ο κρυσταλλοειδής φακός αποτελούν τις κύριες πηγές σκέδασης στον οφθαλμό. Εκτός από την ηλικία άλλοι παράγοντες που οδηγούν στην αύξηση της σκέδασης είναι πιθανοί τραυματισμοί στις δομές των οπτικών στοιχείων. Η ενεργοποίηση ινοβλαστικών κερατοκυττάρων, η αλλαγή της διάταξης των στρώσεων στο κερατοειδή και η εμφάνιση ανομοιομορφιών τόσο στον κερατοειδή όσο και στο κρυσταλλοειδή φακό είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απώλεια της διαύγειας.

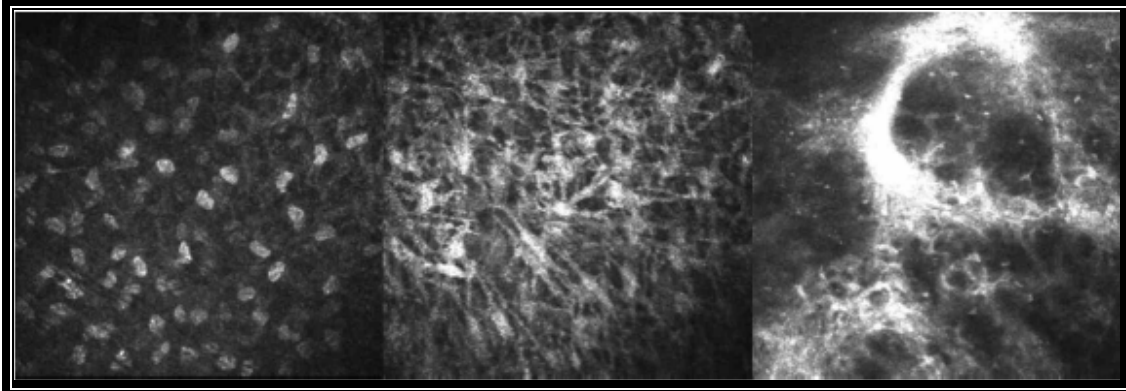
1.5.6.3 Υδατοειδές υγρό και υαλώδες σώμα

Σκέδαση στο υδατοειδές υγρό εμφανίζεται σε όχι σημαντικά ποσοστά, ενώ, αντίθετα, στο υαλώδες σώμα φαίνεται να εμφανίζεται σκέδαση με μετρήσιμα ποσοστά που είναι ανεξάρτητη του μήκους κύματος.

1.5.6.4 Αμφιβληστροειδής

Το μελάγχρουν επιθήλιο, καθώς και ο χοριοειδής, συμβάλλουν σημαντικά στην σκέδαση του αμφιβληστροειδή. Το εμπρόσθια σκεδαζόμενο φως που φθάνει στον αμφιβληστροειδή, είναι πιο επιζήμιο για την αμφιβληστροειδική εικόνα από ό,τι το οπίσθια σκεδαζόμενο φως, που δεν φθάνει στον αμφιβληστροειδή.

Η σκέδαση προκαλεί συμμετρική ανακατανομή του φωτός σε ένα μεγάλο εύρος από γωνίες με συνακόλουθη μείωση της αίσθησης αντίθεσης σε μια εικόνα. Επίσης, εμφανίζεται θολερότητα (**haze**) και θάμπωμα (**glare**). Οι μικρές γωνίες σκέδασης επηρεάζουν κυρίως τη διακριτική ικανότητα, ενώ οι σκεδάσεις μεγάλης γωνίας κυρίως την αντίληψη ευαισθησίας αντίθεσης (**contrast sensitivity**).



Εικόνα 10. Εικόνες, *in vivo*, κερατοειδούς με ομοεστιακό μικροσκόπιο. Οι εικόνες απεικονίζουν σκεδαζόμενες δομές στο υποεπιθηλιακό στρώμα που σχετίζονται με αυξανόμενη κερατοειδική σκέδαση μετά από φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή.

1.5.7 Επίδραση της θέσης του φακού στην μετρούμενη σκέδαση.

Το σκεδαζόμενο κέντρο που μετράται, εξαρτάται από την θέση στην οποία βρίσκεται. Το γεγονός αυτό έχει πολύ σημαντικό ρόλο κλινικά, αφού η θέση που εμφανίζεται ο καταρράκτης, που προκαλεί σκέδαση στον οφθαλμό, έχει διαφορετικές επιπτώσεις στην όραση.

1.5.8. Θεωρία της ανώμαλης περίθλασης (Anomalous Diffraction Theory)

Η θεωρία της ανώμαλης περίθλασης ανήκει στην κατηγορία της σκέδασης Mie. Το μοντέλο, που αναπτύσσει αυτή η θεωρία, προσεγγίζει ικανοποιητικά την σκέδαση του φωτός στον κερατοειδή. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, κατά την σκέδαση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από σωματίδια πολύ μεγάλα σε σχέση με το μήκος κύματος ($d \gg \lambda$), το προσπίπτον επίπεδο μέτωπο κύματος μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από οπτικές ακτίνες, που κάθε μια διανύει το δικό της μονοπάτι. Όταν οι ακτίνες πέφτουν στο σωματίδιο και περνούν κατά μήκος αυτού, δημιουργούν δύο διαφορετικά φαινόμενα: α) Ανάκλαση και Διάθλαση και β) Περίθλαση.

Ανάκλαση και Διάθλαση

Κατά την ανάκλαση και διάθλαση οι ακτίνες προσπίπτουν στην επιφάνεια του σωματιδίου και ανακλώνται και διαθλώνται μερικώς. Το φως που διαθλάται μπορεί να εξέλθει από το σωματίο μετά από μία ακόμα διάθλαση και ίσως πολλές εσωτερικές ανακλάσεις. Έτσι το φως που ανακλάται από την επιφάνεια του σωματιδίου και αυτό που εξέρχεται έχοντας διέλθει από το εσωτερικό του, συνεισφέρουν στην συνολική σκέδαση από το κέντρο σκέδασης. Η ενέργεια που δεν εξέρχεται από το σωματίδιο του σκεδαστή, χάνεται λόγω απορρόφησης. Η μορφή και η σύνθεση του σωματιδίου και η κατάσταση της επιφάνειας του καθορίζει την απορρόφηση, τη σκέδαση, την γωνιακή κατανομή και πόλωση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας.

Περίθλαση

Κατά το φαινόμενο της περίθλασης, οι ακτίνες που περνούν κατά μήκος του σωματιδίου σχηματίζουν ένα ημιτελές επίπεδο μέτωπο κύματος, το οποίο δημιουργεί φαινόμενα περίθλασης, της οποίας η κατανομή εξαρτάται από το μέγεθος και τη μορφή του σκεδαστή. Η κατανομή της περίθλασης, εξαρτάται από το μέγεθος του σκεδαστή, αλλά είναι ανεξάρτητη της σύνθεσής του, όπως και από την επιφάνεια της φύσης του.

Κρατώντας σταθερό το μέγεθος του σωματιδίου και μειώνοντας το μήκος κύματος, η συνολική κατανομή της έντασης θα αποτελείται από δύο μέρη, ένα πολύ στενό και έντονα λοβό, λόγω περίθλασης, και μία λιγότερη έντονη ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις, που εξαρτάται από τις ιδιότητες του σκεδαστή. Ωστόσο, αυξάνοντας το μήκος κύματος προκύπτει ένα στάδιο, όπου οι δύο κατανομές είναι συγκρίσιμες σε ένταση και γωνιακή έκταση. Η 'θεωρία της ανώμαλης περίθλασης' περιγράφει το εύρος των μεγεθών, όπου οι δύο κατανομές έχουν συγκρίσιμη ένταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ

2.1 Ιστορική εισαγωγή

Οι φακοί επαφής αποτελούν ένα μέσο για τη διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών για πάνω από 100 χρόνια. Εμπνευστές της ιδέας εφαρμογής φακών επαφής θεωρούνται οι Leonardo Da Vinci (1508) και R. Descartes (1632), Philip De La Hire (1640-1718) and Tomas Young (1773-1829). Πρωτοπόρος οραματιστής, ο αστρονόμος Frederick William Herschel αναπτύσσει σε δημοσίευσή του την ιδέα εφαρμογής φακού με προστατευτικό στρώμα από ζωική γέλη στον κερατοειδή (Light, 1827, Encyclopaedia Metropolitana 1845). Από τους πρώτους φακούς επαφής που φτιάχτηκαν κοντά στα 1888 από τον Γάλλο γιατρό Adolph E. Fick, τον Γάλλο γιατρό Eugene Kalt και τον Γερμανό γιατρό August Muller, έως τους φακούς σιλικόνης υδρογέλης, που πρωτοεφαρμόστηκαν το 1998, πραγματοποιήθηκαν εκατοντάδες έρευνες για τη βελτίωση και εφαρμογή των φακών επαφής στον ανθρώπινο οφθαλμό. Οι πρώτοι φακοί επαφής ήταν σκληροί και το υλικό τους αποτελείτο από γυαλί. Ο οπτομέτρης William Feinbloom στα τέλη της δεκαετίας του 1930 κατασκευάζει τον πρώτο σκληρό φακό με γυαλί κατάλληλο για οπτικές εφαρμογές.

Το 1945 η Αμερικάνικη Εταιρεία Οπτομετρίας (American Optometric Association) καθιερώνει την εφαρμογή φακών επαφής, ως αναπόσπαστο τμήμα του επαγγέλματος της Οπτομετρίας. Στα 1947 αναπτύσσονται οι πρώτοι εφαρμόσιμοι σκληρικοί φακοί επαφής από τον Kevin Tuohy. Στην δεκαετία του 1950 ο Dr George Butterfield κατασκευάζει τον πρώτο φακό επαφής, ο οποίος ακολουθεί το σχήμα του κερατοειδή, χωρίς να στέκεται επίπεδος. Στα 1960 ο Otto Wichterle και ο Drahoslav Lim κατασκευάζουν τον πρώτο φακό επαφής από υδρογέλη. Στην δεκαετία του 1970 διανέμεται ο πρώτος μαλακός φακός επαφής υψηλής υδροφιλίας, με την διανομή από την Bausch&Lomb μαλακών φακών επαφής στα 1972 (N series). Στην δεκαετία του 1980, πραγματοποιούνται μια

σειρά από μεγάλες καινοτομίες στον χώρο των φακών επαφής, όπως η διανομή μαλακών φακών επαφής για παρατεταμένη χρήση, στα 1981 αρχικά για την διόρθωση της αφακίας, και διπλεσσιακών φακών επαφής καθημερινής χρήσης στην αγορά, καθώς και οι πρώτοι ημίσκληροι αεροδιαπερατοί. Στην δεκαετία του 1990 διατίθενται στην αγορά οι πρώτοι φακοί ημερησίας χρήσης (1994) και οι πρώτοι φακοί σιλικόνης υδρογέλης (1998). Οι φακοί επαφής αποτέλεσαν σημαντικό αρωγό στην βελτίωση της όρασης με αισθητά κλινικά αποτελέσματα τις τελευταίες δεκαετίες. Αποτελεί το πιο διαδεδομένο και άμεσα προσβάσιμο μέσο διανομής στο τομέα παροχής υπηρεσιών στο χώρο της όρασης. Εκτιμάται ότι οι χρήστες παγκοσμίως είναι 125 εκατομμύρια, ενώ πριν μια δεκαετία περίπου ήταν 40 εκατομμύρια, ποσοστό σχεδόν που δείχνει το αυξανόμενο ενδιαφέρον παγκοσμίως για τους φακούς επαφής.

2.2 ΕΙΔΗ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΚΛΑΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.2.1 Διάκριση φακών κλασικής κατασκευής

Οι φακοί επαφής μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους **υδρόφιλους ή μαλακούς** και τους **αεροδιαπερατούς ή ημίσκληρους**. Οι μαλακοί φακοί επαφής αποτελούν την πρώτη επιλογή για την πλειοψηφία των ανθρώπων που φοράνε φακούς επαφής, υπερτερούν σε άνεση έναντι των ημίσκληρων αλλά δεν έχουν την μεταδοτικότητα τους και δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής. Οι αεροδιαπερατοί αποτελούν την βέλτιστη οπτική λύση, καθώς μπορούν με επιτυχία να διορθώσουν καταστάσεις όπου οι άλλες λύσεις (γυαλιά όρασης, διαθλαστική χειρουργική) δεν αποδίδουν ή δεν έχουν εφαρμογή. Τα ονόματα των μαλακών φακών επαφής τελειώνουν με την κατάληξη **filcon**, ενώ τα ονόματα των σκληρών φακών επαφής σε **folcon**.

2.2.2 Μαλακοί φακοί επαφής.

Οι μαλακοί φακοί επαφής διακρίνονται σε:

α) λεπτούς υδρόφιλους

Οι λεπτοί υδρόφιλοι φακοί αποτελούνται από HEMA (δι-υδροξυ-εθυλ-μεθακρυλικό) έχουν περιεκτικότητα σε νερό 38-43%, με κεντρικό πάχος κάτω από 0,1 χιλιοστά, ενώ χρησιμοποιούνται ως κοινοί φακοί καθημερινής χρήσης.

β) λεπτούς μέσης περιεκτικότητας σε νερό:

Οι λεπτοί μέσης περιεκτικότητας αποτελούνται από HEMA με άλλες πολυμερείς ενώσεις, έχουν περιεκτικότητα σε νερό 55-58% και χρησιμοποιούνται ως φακοί παρατεταμένης συνεχούς χρήσης και ως κοινοί φακοί.

γ) φακούς μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό.

Οι φακοί μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό αποτελούνται από HEMA και άλλες πολυμερείς ενώσεις, έχουν περιεκτικότητα σε νερό 70-85%, έχουν πάχος κεντρικό σχετικά μεγάλο και χρησιμοποιούνται ως φακοί συνεχούς χρήσης.

Από πλευράς υλικών οι μαλακοί φακοί διακρίνονται σε:

α) Φακοί από σιλικόνη.

Αποτελούνται από υλικό εύκαμπτο, ανθεκτικό και συμβατό με τους ανθρώπινους ιστούς. Αν και έχει μεγάλη διαπερατότητα από το O_2 , παράλληλα έχει το μεγάλο μειονέκτημα ότι είναι υδρόφοβο υλικό. Στους φακούς σιλικόνης

παρατηρούνται εναποθέσεις πρωτεϊνών σε αυξημένο βαθμό. Για την εξουδετέρωση της υδροφοβίας της σιλικόνης οι φακοί καλύπτονται εξωτερικά με την υδρόφιλη πολυμερή ένωση PVP (poly vinyl pyrrolidone).

β) φακοί υδρογέλης

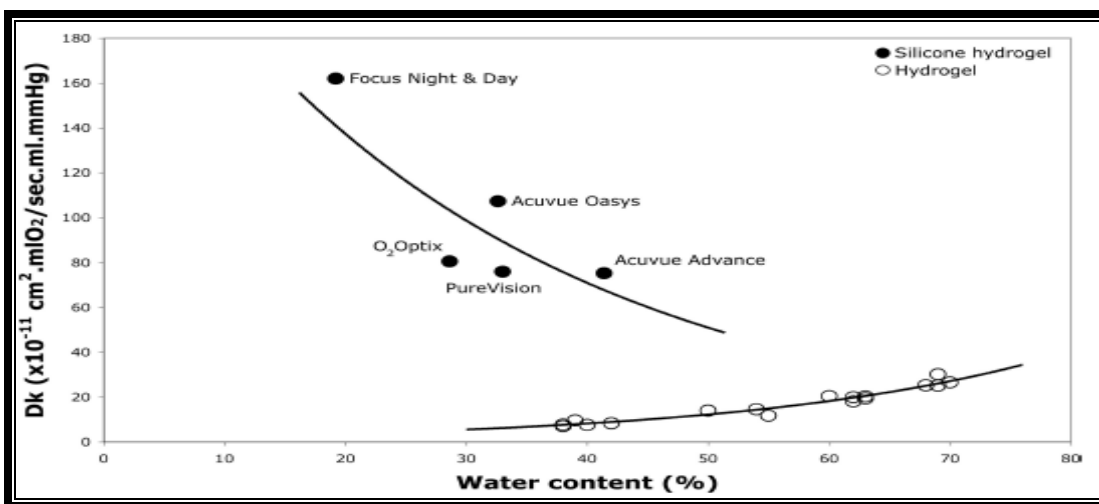
Οι υδρογέλες είναι υδρόφιλες πολυμερείς χημικές ενώσεις, οι οποίες με την προσρόφηση ύδατος, σχηματίζουν μαλακές και ελαστικές ουσίες. Παρασκευάζονται με πολυμερισμό διαφορών μονομερών ουσιών. Οι μονομερείς ουσίες διακρίνονται σε:

- Παράγωγα πολυμερισμού του HEMA
- Παράγωγα πολυμερισμού του HEMA με άλλες ενώσεις
- Παράγωγα πολυμερισμού μονομερών ενώσεων διαφόρων του HEMA.

β) φακοί σιλικόνης-υδρογέλης

Αποτελούνται από μια νεότερη κατηγορία των φακών σιλικόνης. Προκύπτουν από τον συνδυασμό σιλικόνης και υλικών υδρογέλης. Πιο συγκεκριμένα, συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα ενός μαλακού φακού με την εξαιρετική διαλυτότητα του οξυγόνου στην σιλικόνη. Το κύριο υλικό της υδρογέλης είναι το HEMA και άλλα μονομερή που προστίθενται για να αλλάξουν την ιοντικότητα και την περιεκτικότητα σε νερό, προκειμένου ο φακός επαφής να έχει την κατάλληλη διαβροχή. Επίσης, με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και η κατάλληλη ελαστικότητα και η διαπερατότητα σε οξυγόνο. Η διαπερατότητα του οξυγόνου της υδρογέλης καθορίζεται από την περιεκτικότητα σε νερό και περιορίζεται από την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό. Σχεδόν σε όλα τα υλικά σιλικόνης υδρογέλης με την μείωση του Dk παρατηρείται αύξηση της περιεκτικότητας του νερού. Λόγω της υδρόφοβης φύσης τους, οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης, εάν δεν τροποποιηθούν καταλλήλως, δεν θα είναι συμβατοί με την οφθαλμική επιφάνεια.

Οι επιφάνειες των υδρόφοβων φακών προκαλούν δυσανεξία, αστάθεια του δακρυϊκού φιλμ και συσσωρευμένες εναποθέσεις. Η υδροφιλία των υδρόφοβων φακών επαφής ενδυναμώνεται με ενίσχυση διαλυτών πολυμερών στο ακατέργαστο κυρίως υλικό (εσωτερικοί παράγοντες διαλυτότητας) με τρόπο τέτοιο ώστε να σχηματίζουν μια διεπιφάνεια μεταξύ του φακού και του δακρυϊκού φιλμ. Οι σύγχρονοι φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης χαρακτηρίζονται από διαπερατότητα οξυγόνου μεταξύ 60-175 Dk. Άλλη τεχνική για την ενίσχυση της υδροφιλίας είναι ενίσχυση της επιφάνειας του φακού κατά τη διάρκεια της κατεργασίας με πλάσμα.



Εικόνα 11. Σχέση περιεκτικότητας σε νερό και διαπερατότητας σε οξυγόνο σε φακούς υδρογέλης και σιλικόνης υδρογέλης (Efron et al, 2007).

2.2.3 Διάκριση μαλακών φακών επαφής κατά FDA

Οι μαλακοί φακοί επαφής διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες βάσει **FDA (Food and Drug Administration)**, με κριτήριο την διεισδυτικότητα σε οξυγόνο και την αντίδραση της επιφάνειας των φακών σε εναποθέσεις. Προτού τη διάρθρωση της κατηγοριοποίησης παρουσιάζονται οι κυριότεροι διεθνείς

συντελεστές της διεισδυτικότητας των φακών επαφής σχετικά με την διαπερατότητα του οξυγόνου.

-**Συντελεστής Dk**: ο συντελεστής **Dk** καθορίζει την ικανότητα διείσδυσης οξυγόνου σε συγκεκριμένο πολυμερές υλικό, που αποτελείται ο φακός.

-**Συντελεστής Dk/L**: ο συντελεστής **Dk/L** εκφράζει την ικανότητα διείσδυσης οξυγόνου σε συγκεκριμένο φακό.

Οι τιμές του **Dk** θεωρητικά είναι απόλυτες για κάθε τιμή του υλικού αλλά πρακτικά παρουσιάζουν μια ποικιλομορφία (Efron et al, 2007). Οι τιμές του **Dk/L** εξαρτώνται από την διάταξη του πάχους του φακού επαφής

Η κατάταξη των μαλακών φακών επαφής κατά FDA είναι η ακόλουθη:

ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 4
<50% H ₂ O	>50% H ₂ O	<50% H ₂ O	>50% H ₂ O
ΜΗ ΙΟΝΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΜΗ ΙΟΝΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΟΝΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΟΝΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Πίνακας 1. Φακοί επαφής με περιεκτικότητα σε νερό κάτω από 50% θεωρούνται φακοί επαφής χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό, ενώ φακοί επαφής με περιεκτικότητα σε νερό πάνω από 50% θεωρούνται φακοί επαφής υψηλής περιεκτικότητας σε νερό. Επιφάνειες των φακών επαφής, που εμφανίζουν μικρότερη αντίδραση σε εναποθέσεις, χαρακτηρίζονται ως μη ιονικά πολυμερή, ενώ επιφάνειες με μεγαλύτερη αντίδραση σε εναποθέσεις χαρακτηρίζονται ως ιονικά πολυμερή.

2.2.4 Φυσικοχημικές ιδιότητες υδρόφιλων φακών επαφής

α) Πορώδης σύσταση

Το μέγεθος των πόρων των υδρόφιλων φακών επαφής είναι τόσο λεπτό ώστε η διέλευση μέσα από αυτούς πρωτεϊνών, βακτηριδίων και ιών είναι αδύνατη.

β) Διαπερατότητα του οξυγόνου

Η διέλευση του οξυγόνου μέσα από την μάζα του φακού γίνεται με διάλυση και διάχυση. Η διαπερατότητα του οξυγόνου αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση της περιεκτικότητας του φακού σε νερό και λιγότερο με τη μείωση του πάχους αυτού.

γ) Περιεκτικότητα σε νερό

Οι υδρόφιλοι φακοί είναι διαπερατοί από νερό. Η διαπερατότητα αυξάνει με την αύξηση της περιεκτικότητας του φακού σε νερό.

δ) Δείκτης διάθλασης

Εξαρτάται από το είδος της υδρογέλης και από την περιεκτικότητα του νερού σε φακό. Σε απόλυτα ενυδατωμένη κατάσταση διατηρείται ο δείκτης διάθλασης σε σταθερό σχετικά επίπεδο. Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρούνται μεταβολές του δείκτη διάθλασης που μπορεί να οφείλονται σε:

-μεταβολές της θερμοκρασίας από την έκθεση της πρόσθιας επιφάνειας του φακού στον ατμοσφαιρικό αέρα

-εξάτμιση του φακού

-Η αδυναμία των δακρύων να δημιουργήσουν συνθήκες πλήρους εμβάπτισης σε φυσιολογικό όρο.

ε) Επίδραση της πυκνότητας και των διαλυμάτων και του pH

Φυσιολογικά οι υδρόφιλοι φακοί πρέπει να είναι εμβαπτισμένοι σε διάλυμα NaCl 0,9% πυκνότητα αντίστοιχη αυτής των δακρύων, με αποτέλεσμα πυκνότερα ή αραιότερα διαλύματα να έχουν επίδραση στις διαστάσεις, τη διάμετρο και το δείκτη διάθλασης των φακών επαφής.

ζ) Απορρόφηση και αποδέσμευση χημικών ουσιών

Οι υδρόφιλοι φακοί επαφής έχουν τη ικανότητα, μετά από εμβάπτιση σε διάλυμα που περιέχει ουσίες μικρού μοριακού βάρους και ιόντα, να απορροφούν ορισμένες από αυτές τις οποίες και αποδεσμεύουν βαθμιαία. Η ικανότητα αυτή των φακών επαφής μπορεί να είναι επικίνδυνη για το μάτι, εάν η ουσία είναι τοξική ή χρήσιμη εάν η ουσία αυτή είναι θεραπευτική.

2.3. Φακοί ειδικής κατασκευής

2.3.1 Τορικοί Φακοί.

Οι τορικοί φακοί χρησιμοποιούνται για την διόρθωση του αστιγματισμού. Στην αγορά διατίθενται οι υδρόφιλοι που είναι πιο εύκολοι στην εφαρμογή. Ωστόσο, διατίθενται και ημίσκληροι τορικοί, αλλά η εφαρμογή απαιτεί εμπειρία στον τρόπο χρήσης και εφαρμογής φακών επαφής. Διακρίνονται σε:

- Τορικής πρόσθιας επιφάνειας
- Τορικής οπίσθιας επιφάνειας
- Αμφιτορικούς.

Συνήθως χρησιμοποιούνται οι τορικοί οπίσθιας διαμόρφωσης. Οι τορικοί χρησιμοποιούνται για την περίπτωση του υπολειπόμενου αστιγματισμού, αλλά έχουν περιορισμένο ρόλο σε κλινικό επίπεδο. Οι αμφιτορικοί είναι εξαιρετικά

αποτελεσματικοί στις περιπτώσεις του ομαλού ή του ανώμαλου κερατοειδικού αστιγματισμού.

2.3.2 Ασφαιρικοί Φακοί

Είναι φακοί που η οπίσθια επιφάνεια είναι ελλειπτική αντί σφαιρική. Διατίθενται μαλακοί (HEMA), αεροδιαπερατοί (C.A.B), σκληροί (PMMA). Στην αγορά διατίθενται επίσης και ασφαιρικοί φακοί επαφής με πρόσθια ασφαιρική επιφάνεια, με τρόπο τέτοιο ώστε να μειωθεί η σφαιρική εκτροπή του συστήματος οφθαλμός-φακός. Οι ασφαιρικοί φακοί επαφής έχουν το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης δακρυϊκής στιβάδας, δεν πιέζουν το κερατοειδή τον κερατοειδή από την περιφέρεια του φακού και δεν προκαλούν νεοαγγείωση.

2.3.3 Φακοί επαφής για παιδιατρικές εφαρμογές.

Οι εφαρμογή τους συνίσταται στην αποφυγή της αμβλυωπίας, κατά κύριο λόγο στα παιδιά. Ακόμη δρουν θετικά στην μείωση του φωτός, που εισέρχεται στον αμφιβληστροειδή, στα παιδιά που πάσχουν από φωτοφοβία ή στην μείωση του νυσταγμού, καθώς και για αισθητικούς λόγους. Διατίθενται σε μαλακούς και ημίσκληρους, συνήθως όμως προτιμώνται οι μαλακοί.

2.3.4 Φακοί Επαφής Μετά Από Μεταμόσχευση Κερατοειδούς.

Οι κυριότερες ενδείξεις εφαρμογής φακών επαφής μετά από μεταμόσχευση κερατοειδούς είναι οι ακόλουθες:

- Υψηλός ομαλός ή ανώμαλος αστιγματισμός
- Ανισομετρωπία
- Ισχνή όραση με γυαλιά

- Μη ικανοποιητική αποκατάσταση της κερατοειδικής επιφάνειας, οπότε χρησιμοποιείται θεραπευτικός φακός επαφής.
- Υπολειπόμενο διαθλαστικό σφάλμα.

Οι φακοί που ενδείκνυνται είναι όλων των τύπων. Υδρόφιλοι φακοί επαφής εφαρμόζονται στην περίπτωση που η κερατοειδική επιφάνεια μετεγχειρητικά είναι όσο το δυνατόν ομαλή, εφ' όσον δεν είναι δυνατή η εφαρμογή ημίσκληρων. Γενικότερα, οι ημίσκληροι προτιμώνται, καθώς οι υδρόφιλοι προκαλούν κερατοειδικό οίδημα ή νεοαγγείωση.

2.3.5 Φακοί επαφής μετά από οφθαλμικό τραύμα

Φακοί επαφής εφαρμόζονται στις ακόλουθες περιπτώσεις μετά από οφθαλμικό τραύμα:

- Αφακία
- Ανισομετρωπία
- Ανώμαλη διάμετρο κόρης
- Ιριδοδιάλυση
- Ανεισοεικονία
- Ανάγκη κερατοειδικής επιδιόρθωσης
- Ομαλός ή ανώμαλος κερατοειδικός αστιγματισμός
- Αδυναμία χρησιμοποίησης γυαλιών, λόγω κρανιοεγκεφαλικών ανωμαλιών ή τραυμάτων
- Λεπτές αδιαφάνειες εντοπισμένες στον επιφανειακό κερατοειδή, περιορισμένες στο υποεπιθηλιακό στρώμα ή στο εσωτέρο στρώμα.

Οι **αεροδιαπερατοί** φακοί επαφής εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους μαλακούς φακούς επαφής σε περιπτώσεις οφθαλμικών τραυμάτων. Σε περιπτώσεις κερατοειδικών σχισμών, επί παραδείγματι, αποτελούν την πρώτη επιλογή. Οι αεροδιαπερατοί φακοί με υψηλό Dk εξασφαλίζουν καλύτερη εφαρμογή, κίνηση, οπτική οξύτητα και κυκλοφορία

δακρύων. Ωστόσο, οι φακοί υδρογέλης και σιλικόνης υδρογέλης μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά. Οι φακοί αυτοί μπορούν να δράσουν θεραπευτικά ως ένας εναλλακτικός τρόπος προστασίας των επιθηλιακών εκδορών. Φακοί υδρογέλης υψηλής περιεκτικότητας σε νερό προστατεύουν το επιθήλιο, ενώ χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό δρουν αποτελεσματικά για άτομα με βλάβες που σχετίζονται με ξηροφθαλμία.

2.3.6 Κοσμητικοί και Προσθετικοί Φακοί Επαφής.

Ο κοσμητικός φακός επαφής αποτελεί ένα φακό επαφής με απόχρωση ή χρωματισμένος που χρησιμοποιείται για την ενίσχυση ή αλλαγή της εμφάνισης ενός φυσιολογικού οφθαλμού. Προσθετικός φακός επαφής καλείται ο φακός επαφής με απόχρωση ή έγχρωμος και που χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της όρασης ενός οφθαλμού, που δεν λειτουργεί φυσιολογικά ή για να ενισχύσει την εικόνα ενός παραμορφωμένου ματιού. Ο όρος *έγχρωμοι φακοί επαφής* μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τους προσθετικούς όσο και για τους κοσμητικούς φακούς επαφής. Οι κοσμητικοί φακοί επαφής είναι σχεδόν πάντα μαλακοί φακοί επαφής, καθώς οι αεροδιαπερατοί φακοί είναι αρκετά μικροί για να καλύψουν την ίριδα. Εμφανίζουν ημιδιαφανή και αδιαφανή απόχρωση. Αντίθετα, οι προσθετικοί φακοί επαφής μπορούν να είναι σκληροί, αεροδιαπερατοί, σκληρικοί και μαλακοί φακοί επαφής.

2.3.7 Θεραπευτικοί φακοί επαφής

Οι θεραπευτικοί φακοί επαφής ενδείκνυνται για:

- Μείωση του πόνου από ελαττώματα ή βλάβες του κερατοειδικού επιθηλίου
- Γρηγορότερη αποκατάσταση και διατήρηση του συνόλου του κερατοειδικού επιθηλίου

- Προστασία του κερατοειδή σε περιπτώσεις ξηρότητας του κερατοειδούς, πρωτίστως, ή μηχανικών βλαβών, δευτερεύοντος, σε περιπτώσεις εντροπίου ή τριχίασης
- Αποκατάσταση του οπίσθιου θαλάμου μετά από μικρές επιθηλιακές διατρήσεις
- Για φαρμακευτική παροχή στην οφθαλμική επιφάνεια
- Νηματοειδής, νευροπαραλυτική, νευροτροφική, σύνθετη ερπητική κερατίτιδα
- Σύνδρομα ξηροφθαλμίας
- Εκτατικές και κερατοειδικές δυστροφίες
- Κερατοειδικές αμυχές με μικρές διατρήσεις
- Μετά από ραφή του κερατοειδούς ή χειρουργική διόρθωση βλεφαρικών βλαβών
- Μετεγχειρητικής δυσφορίας.
- Κερατοειδικές αμυχές, διαβρώσεις και έλκη

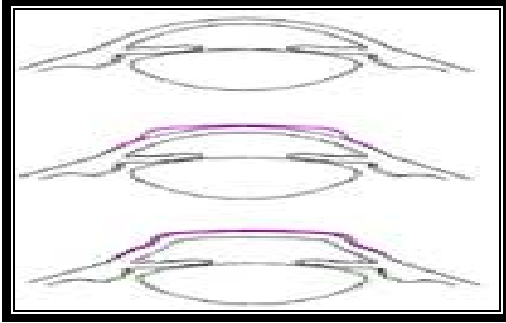
Η επιλογή του θεραπευτικού φακού επαφής είναι υποκειμενική. Η περιεκτικότητα σε νερό, το πάχος, η διαπερατότητα σε οξυγόνο, η διάμετρος, η καμπυλότητα και η διαθλαστική δύναμη πρέπει να είναι συμβατή με την περίπτωση που πρόκειται να θεραπευθεί. **Φακοί επαφής κολλαγόνου** μπορούν να εφαρμοσθούν σε περίπτωση που ο φακός πρέπει να εμποτισθεί σε φαρμακευτικό διάλυμα προτού εφαρμοσθεί. Εάν ο φακός πρόκειται να εφαρμοσθεί για παρατεταμένη χρονική περίοδο, οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης αποτελούν την καλύτερη επιλογή. Γενικότερα, οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης, αν και δεν έχουν εγκριθεί από το FDA για αυτές τις περιπτώσεις, αποτελούν πολύ καλή επιλογή συνεχόμενης χρήσης τους για πληθώρα περιπτώσεων, όπως έλκη, αμυχές διατρήσεις, χημικά εγκαύματα κ.ά. Το FDA έχει εγκρίνει έναν μικρό αριθμό φακών επαφής για θεραπευτική χρήση, αν και πολλοί φακοί επαφής προτείνονται για θεραπευτικούς σκοπούς. Επίσης, προτιμώνται και οι φακοί ημερήσιας αντικατάστασης.

2.3.8 Φακοί Επαφής Συχνής Αντικατάστασης και Συνεχούς Χρήσης

Φακοί επαφής συνεχούς χρήσης καλούνται οι φακοί επαφής που αποτελούνται από υλικά υδρογέλης (μαλακοί φακοί επαφής, οι οποίοι μπορούν να αντικατασταθούν μετά από 1 μέρα, 1 εβδομάδα ή 2 εβδομάδες ή φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης για εκτεταμένη χρήση που αντικαθίστανται μηνιαία. Φακοί υδρογέλης, που αντικαθίστανται σε διαστήματα κάθε 3 ή 6 μηνών, καλούνται **φακοί προγραμματισμένης ή χρήσης συχνής αντικατάστασης**. Όλοι οι φακοί επαφής είναι συχνής αντικατάστασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο όρος **εκτεταμένη χρήση (extended wear)** χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει παρατεταμένες περιόδους εφαρμογής φακών επαφής, περιλαμβάνοντας και την εφαρμογή κατά τον ύπνο για πάνω από 7 ημέρες, χωρίς την αφαίρεσή τους. Ο όρος **συνεχής χρήση (continuous wear)** χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει παρατεταμένες περιόδους χρήσης φακών επαφής, περιλαμβάνοντας και την εφαρμογή τους στον ύπνο για πάνω από 30 ημέρες, κατά προτίμηση χωρίς αφαίρεσή τους.

2.3.9 Ορθοκερατολογικοί Φακοί Επαφής

Οι ορθοκερατολογικοί φακοί επαφής χρησιμοποιούνται για την διόρθωση της μυωπία και του αστιγματικού σφάλματος. Εφαρμόζονται στον μύωπα ειδικοί φακοί επαφής κατά τη διάρκεια του ύπνου και σταδιακά επιπεδώνεται ο κερατοειδής με συνακόλουθη μείωση του μυωπικού και του αστιγματικού σφάλματος (μέχρι -4.50 μυωπία και μέχρι -1.50 αστιγματισμό, σύμφωνα με τον κανόνα). Με τη διακοπή της καθημερινής εφαρμογής των φακών επαφής, ο κερατοειδής επανέρχεται σταδιακά στην αρχική του κατάσταση μετά από 90 ημέρες. Οι φακοί επαφής που διατίθενται είναι ημίσκληροι με υψηλό δείκτη διαπερατότητας σε οξυγόνο.



Εικόνα 12. Εφαρμογή ορθοκερατολογικού φακού επαφής

2.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

2.4.1 Καθορισμός των φακών επαφής ως ιατρικό είδος

Οι φακοί επαφής, καθώς και τα είδη φροντίδας των φακών επαφής, όπως υγρά φακών επαφής και θήκες, χρησιμοποιούνται για ιατρικό σκοπό και για τον σκοπό αυτό η κατασκευή των φακών επαφής οφείλει να διακρίνεται από σημαντικό βαθμό ποιότητας. Στο γεγονός αυτό συνέτεινε καταλυτικά ο χαρακτηρισμός των φακών επαφής ως ιατρικό είδος, με απόφαση της Οδηγίας Ευρωπαϊκών Ιατρικών Συσκευών (European Medical Device Directive). Από το 1998 η αγορά-πώληση των φακών επαφής είναι έννομη, εφ' όσον φέρει το πιστοποιητικό σήμανσης CE.

2.4.2 Κατασκευή μαλακών φακών επαφής

Ο τρόπος κατασκευής των μαλακών φακών επαφής γίνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

1. Τόρνευση (lathing). Οι φακοί κατασκευάζονται σε ξηρή κατάσταση και στην συνέχεια ακολουθεί ενυδάτωσή τους με φυσιολογικό ορό .

2. Φυγοκέντρωση (spin-casting). Οι φακοί κατασκευάζονται με πολυμερισμό των μονομερών και των διαλυτικών ουσιών μέσα σε ανοιχτά κοίλα καλούπια (θηλυκά, όπως συνήθως ονομάζονται) . Χρησιμοποιούνται κλειστά καλούπια συχνής αντικατάστασης, που αποτελούνται από δύο μέρη.

3. Κατασκευαζόμενοι με έκχυση σε καλούπι (cast moulding). Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται πολυμερισμός δια μέσου θερμότητας . Δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται με αυτόν τον τρόπο κατασκευής: η ξηρή έκχυση και η υγρή έκχυση. Στην πρώτη περίπτωση, οι φακοί κατασκευάζονται σε ξηρή κατάσταση και η μορφοποίηση των φακών επιτυγχάνεται δια μέσου της στίλβωσης. Στην δεύτερη περίπτωση, το υλικό είναι ήδη ενυδατωμένο.

4.Κατασκευαζόμενοι σε καλούπι με τεχνική liquid edge (liquid edge moulding).Οι φακοί τοποθετούνται σε καλούπια με πολυπροπυλένιο (polypropylene) σε ξηρή κατάσταση. Το σχήμα του φακού (contact lens edge) δημιουργείται με κατάλληλη πίεση πάνω στο καλούπι, λαμβάνοντας υπόψη και τον όγκο του πολυμερούς που χρησιμοποιήθηκε, με τρόπο τέτοιο ώστε το σχήμα του φακού να παραμένει άθικτο, όταν περιττό πολυμερές συμπιέζεται προς τα έξω. Με τη μέθοδο αυτή δεν χρειάζεται στίλβωση.

5.Κατασκευή φακών με τεχνολογία lightstream (Lightstream Technology™). Αναπτύχθηκε από το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης της εταιρείας CIBA Vision. Καλούπια σκληρού χαλαζία χρησιμοποιούνται με τρόπο τέτοιο ώστε τα καλούπια (πάνω και κάτω, <<αρσενικό και θηλυκό>>) δεν έρχονται σε επαφή, αλλά διατηρούνται σε απόσταση μικρών του χιλιοστού. Μια κυκλική μάσκα εμποδίζει την υπεριώδη ακτινοβολία στα όρια του καλουπιού έτσι ώστε να μην αναπτυχθεί αλληλεπίδραση μεταξύ υγρού υλικού και του σχήματος του καλουπιού. Με τη μέθοδο αυτή ελαχιστοποιείται η ανάγκη για διαλύτες και άλλες διαδικασίες για την εξαγωγή τοξικών εναποθέσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ-ΕΝΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

3.1 Μοντέλα οξυγόνωσης κερατοειδούς

Το πρώτο μοντέλο της κατανομής οξυγόνου κάτω από φακούς επαφής, προκείμενου να αποφευχθεί οίδημα, προσδιορίστηκε από τους Hill and Fatt στα 1964. Το μοντέλο αυτό προσδιόριζε την κατανομή του οξυγόνου χρησιμοποιώντας το επί τοις εκατό αντίστοιχο σε οξυγόνο, που βρίσκεται κάτω από τον φακό επαφής, που αντιστοιχεί στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας. (**Equivalent Oxygen Percentage, E.O.P**). Το αντίστοιχο αυτό παρουσίασε διάφορες διακυμάνσεις τα επόμενα χρόνια βάσει διαφόρων ερευνών . Ωστόσο, το κλασικό κριτήριο παροχής οξυγόνου για την αποφυγή οιδήματος μελετήθηκε από τους Holden και Mertz στα 1984. Σύμφωνα με αυτό, στο κριτήριο για την μείωση του κερατοειδικού οιδήματος στα 4% το E.O.P προσδιορίζεται στα 18%. Φακός που πληροί το κριτήριο αυτό είναι ο φακός με διαβιβασιμότητα οξυγόνου, Dk/t στα 87×10^{-9} Barrer/cm(cm \times mL oxygen)/(s \times mL \times mmHg) για εκτεταμένη χρήση και 24 Barrer/cm για ημερήσια χρήση. Μονολότι υπήρξε κριτήριο για χρόνια, η κατηγοριοποίηση των Dk/t των φακών επαφής σε πέντε κατηγορίες (Benjamin,1993) αποτέλεσε σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση της διαπερατότητας των φακών σε κλινικό επίπεδο. Σύμφωνα με τη διάκριση αυτή, οι φακοί επαφής διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες βάσει της διαπερατότητάς τους:

1.Χαμηλό (Dk/t<12): οξυγόνωση του κερατοειδούς χαμηλότερη από αυτήν του φυσιολογικού κλειστού οφθαλμού.

2. Μέτριο ($Dk/t=12-25$): οξυγόνωση κερατοειδούς, παρόμοια με αυτήν του φυσιολογικού κλειστού οφθαλμού.

3. Υψηλή ($Dk/t=26-50$): οξυγόνωση του κερατοειδούς σημαντικότερα υψηλή από αυτήν του φυσιολογικού οφθαλμού, αν και μπορεί να επηρεαστεί από σχεδιασμό του φακού επαφής.

4. Υπερυψηλή ($Dk/t=51-80$): οξυγόνωση του κερατοειδούς σημαντικά πιο υψηλή από την αντίστοιχη του φυσιολογικού κλειστού οφθαλμού και σημαντικά πιο χαμηλή από αυτήν, που προσλαμβάνεται από το ανοιχτό μάτι, με μειωμένη επίδραση του φακού επαφής

5. Υψηλότερη ($Dk/t>80$): οξυγόνωση του κερατοειδούς οριακά πιο χαμηλή από αυτήν κεντρικού κερατοειδή σε ανοιχτό οφθαλμό, με ελάχιστη επίδραση από το σχεδιασμό του φακού.

Η μέτρηση του Dk/t σε όλη την επιφάνεια του κερατοειδή εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Βάσει των παραπάνω δεδομένων, εισήχθη ο ορισμός του τοπικού Dk/t (**local Dk/t** , Fatt, 1996). Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, η εστιασμένη κερατοειδική υποξία επηρεάζεται από το Dk/t του φακού που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό.

3.2. Ορισμοί σχετιζόμενοι με την ενυδάτωση των φακών επαφής.

1. Περιεκτικότητα σε νερό (% ,water content) = $\frac{H_2O \text{ πλήρως ενυδατωμένου φακού} - H_2O \text{ πλήρως αφυδατωμένου φακού}}{H_2O \text{ πλήρως ενυδατωμένου φακού}} \times 100$

2. Υδάτινη Αναρρόφηση (% ,water uptake) = $\frac{H_2O \text{ πλήρως ενυδατωμένου φακού} - H_2O \text{ πλήρως αφυδατωμένου φακού}}{H_2O \text{ πλήρως αφυδατωμένου φακού}} \times 100$

3. Λόγος υδάτινης ισορροπίας (water balance ratio)=χρόνος πλήρους αφυδάτωσης του φακού 10 %/χρόνος πλήρους ενυδάτωσης του φακού από το 90% σημείο ενυδάτωσης.

3.3 Επιπλοκές

3.3.1 Κυτταρική Ανανέωση

Η ικανότητα του κερατοειδή στο να ανανεώνει το επιθήλιο και να επιδιορθώνει γρήγορα τις επιφανειακές βλάβες εξαρτάται από την ικανότητα ανανέωσης των επιθηλιακών κυττάρων (αρχέγονων επιθηλιακών κυττάρων, Stem Cells), που βρίσκονται δίπλα στο σκληροκερατοειδές όριο. Απώλεια των κυττάρων αυτών ή βλάβη τους σε ποσοστό πάνω από 10%, καθιστά τον κερατοειδή ευπαθή σε χρόνιες κερατίτιδες, νεοαγγειώσεις, επανεμφανιζόμενες βλάβες, και γενικότερα η επιθηλιοποίηση καθίσταται ανεπαρκής. Μηχανικό τραύμα που προκαλείται από τους φακούς επαφής προκαλεί βλάβη των κυττάρων. Κατά την κερατοειδική ανανέωση τα κύτταρα που βρίσκονται κοντά στο σκληροκερατοειδικό βασικό επιθήλιο αναπαράγουν αντίστοιχα θυγατρικά κύτταρα με μεγαλύτερη δυνατότητα πολλαπλασιασμού στον περιφερικό κερατοειδή, που κείται δίπλα στο σκληροκερατοειδές όριο. Η ικανότητα του κερατοειδούς στο να κρατήσει μια ισορροπία μεταξύ πολλαπλασιασμού, διαφοροποίησης και απόπτωσης κατά την διάρκεια των φακών επαφής καταδεικνύεται από μετρήσεις του επιθηλιακού πάχους, του μεγέθους των κυττάρων και του βαθμού απόπτωσης. Οι φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης παρουσιάζουν την μικρότερη επίδραση συγκρινόμενοι με άλλους φακούς επαφής σε αυτήν την βιολογική ισορροπία

3.3.2 Ομοιόσταση κερατοειδούς

Γενικότερα όλοι οι τύποι φακών επαφής επιβραδύνουν την ανανέωση του επιθηλίου του κερατοειδούς, γεγονός που οφείλεται στην υποξία που προκαλείται από την παρουσία των φακών και την παρουσία των φακών καθαυτών.

3.3.3 Ρυθμός Κυτταρικής απόπτωσης

Παρατεταμένη χρήση όλων των τύπων φακών επαφής οδηγεί σε λέπτυνση του κεντρικού κερατοειδικού επιθηλίου, αύξηση της επιφάνειας των κυττάρων και μείωση του ρυθμού απόπτωσης. Η επίδραση του φακού επαφής στον ρυθμό κυτταρικής απόπτωσης επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι όλοι οι φακοί επαφής καταστέλλουν την κυτταρική απόπτωση στον κεντρικό επιθήλιο με ρυθμό όμοιο με αυτόν, όταν οι οφθαλμοί είναι κλειστοί. Η αύξηση του μεγέθους των κυττάρων στη κερατοειδική επιφάνεια κατά την εφαρμογή των φακών επαφής είναι αποτέλεσμα μικρότερης κυτταρικής απόπτωσης. Ωστόσο, με φακούς σιλικόνης υδρογέλης φαίνεται ο ρυθμός κυτταρικής απόπτωσης να είναι ίδιος με αυτόν που παρατηρείται όταν το μάτι είναι κλειστό, σε διάστημα 3 μηνών, και αυξάνεται πάνω από τα βασικά επίπεδα μετά από 6 με 9 μήνες. Επίσης, προκαταρκτικές μελέτες δείχνουν ότι για μακροχρόνια χρήση των φακών αυτών το κυτταρικό μέγεθος είναι ίδιο με αυτό πριν την εφαρμογή των φακών.

3.3.4 Βαθμός Λέπτυνσης

Ο βαθμός λέπτυνσης επηρεάζεται από τον τύπο φακού επαφής και την διαπερατότητα σε οξυγόνο. Φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης υψηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο παρουσιάζουν λιγότερες επιπτώσεις εν συγκρίσει με φακούς υδρογέλης χαμηλής διαπερατότητας ή ημίσκληρους αντίστοιχης διαπερατότητας σε οξυγόνο. Η μείωση στον ρυθμό απόπτωσης των επιφανειακών κυττάρων φαντάζει φαινομενικά αντίθετη με την συνακόλουθη λέπτυνση του κερατοειδικού επιθηλίου. Κατά τις πρώτες 48 ώρες όλοι οι τύποι φακών επαφής καταστέλλουν την κυτταρική ανανέωση στο βασικό επιθήλιο, αν και οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης φαίνεται να πλεονεκτούν και εδώ, καθώς εμφανίζουν μικρότερη επίδραση στον ρυθμό πολλαπλασιασμού των κυττάρων σε σύγκριση με άλλους τύπους φακών επαφής. Ανεπαρκής κύκλος κυτταρικής

ανανέωσης και πολλαπλασιασμού των επιθηλιακών κυττάρων δύναται να οδηγήσει σε λέπτυνση του επιθηλίου.

3.3.5 Σχηματισμός επιθηλιακών μικροκύστων

Οι επιθηλιακές μικροκύστες αποτελούν το πιο έγκυρο κλινικό σύμπτωμα χρόνιας υποξίας σχετιζόμενης με εκτεταμένη χρήση φακών επαφής. Πάνω από 50 μικροκύστες αποτελούν ένδειξη χρόνιας υποξίας, ενώ λιγότερες από 10 μικροκύστες σχετίζονται με μη χρήση φακών ή ημερήσια χρήση των φακών αυτών. Οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης φαίνεται να εμφανίζουν μικρό αριθμό μικροκυστών ακόμα και μετά από εκτεταμένη χρήση (πάνω από 3 χρόνια). Η εφήμερη αύξηση των μικροκυστών μετά από επαρκή επίπεδα οξυγόνου στο μάτι, μετά από αφαίρεση φακών υδρογέλης ή αντικατάστασή τους με φακούς σιλικόνης υδρογέλης, φαίνεται να συμβαίνει λόγω της κυτταρικής ανανέωσης στον μεταβολισμό του κερατοειδούς. Οι μικροκύστες προέρχονται από εκφυλισμένο κυτταρικό υλικό και σχηματίζονται στον βασικό επιθήλιο, οπότε μετακινούνται προς την επιφάνεια κατά την κυτταρική ανανέωση.

3.3.6 Δεκτικότητα Βακτηριακής Πρόσδεσης

Υποξία οφειλόμενη στην χρήση φακών επαφής προδιαθέτει τον χρήστη για μεγαλύτερη πιθανότητα μόλυνσης και φλεγμονή. Το γεγονός αυτό ενισχύεται από την εξασθενημένη κερατοειδική επιφάνεια και ικανότητα θεραπείας τραυμάτων που αυξάνει την δεκτικότητα των επιφανειακών κερατοειδικών κυττάρων σε βακτηριακή πρόσδεση. Επί παραδείγματι, το βακτήριο *Pseudomonas Aerginosa*, με σημαντική παθογόνο δράση εμφανίζει μεγαλύτερη δράση σε όλους τους μαλακούς τύπους φακών επαφής συγκρινόμενοι με τους αεροδιαπερατούς ανεξάρτητα από τον τρόπο εφαρμογής, καθώς και στους φακούς υδρογέλης συγκρινόμενη με τους φακούς σιλικόνης υδρογέλης. Γενικότερα, πιο κεντρικές φλεγμονές φαίνεται να εμφανίζονται με συμβατικούς

φακούς επαφής, ενώ πιο περιφερικές με φακούς συχνής αντικατάστασης. Επίσης, ο κίνδυνος δράσης παθογόνων βακτηρίων αυξάνεται με την εφαρμογή τους το βράδυ σε όλους τους τύπους μαλακών φακών επαφής ανεξαρτήτως.

3.3.7 Αλλαγές στο σκληροκερατοειδές όριο

Διόγκωση στα τριχοειδή του Σ.Κ.Ο. (ΣκληροΚερατοειδές Όριο), με φακούς υδρογέλης ημερήσιας και εκτεταμένης χρήσης, παρατηρείται μετά από 4 ώρες εφαρμογής. Η υποξία είναι ο κυρίαρχος ρόλος αυτών των συμπτωμάτων. Χρήση μαλακών φακών επαφής διάφορης διαπερατότητας σε οξυγόνο έδειξε μια υπεραιμική συμπτωματολογία, μεγέθους σχετιζόμενου με την διαπερατότητα του οξυγόνου στην περιοχή αυτή (Paras, 1998, 2003). Με την εφαρμογή των φακών επαφής σιλικόνης υδρογέλης αναιρείται μια τέτοια αντίδραση, όπως έχει δειχθεί από διάφορες έρευνες. Υπεραιμία ΣΚΟ παρατηρείται αισθητά λιγότερη με φακούς σιλικόνης υδρογέλης συγκρινόμενη με τους φακούς υδρογέλης, ενώ είναι ίδια με αυτήν που παρατηρείται με μη χρήστες φακών επαφής.

3.3.8 Κερατοειδική αγγείωση και υποξία

Οι λόγοι πρόκλησης της κερατοειδικής νεοαγγείωσης σχετιζόμενης με την εφαρμογή φακών επαφής, δεν έχουν πλήρως κατανοηθεί. Ωστόσο, η υποξία είναι ένας ουσιώδης κλινικός παράγοντας, όπως έχει διαπιστωθεί κλινικά. Απόδειξη του γεγονότος αυτού είναι ότι η κερατοειδική νεοαγγείωση διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με τους τύπους φακών επαφής. Στην περίπτωση που ο κερατοειδής καλύπτεται πλήρως, όπως στους μαλακούς φακούς επαφής, ο ρυθμός κερατοειδικής αγγείωσης είναι αισθητά υψηλότερος εν συγκρίσει με περιπτώσεις που ο κερατοειδής είναι εκτεθειμένος στην ατμόσφαιρα, όπως στους ημίσκληρους. Μελέτη έδειξε ότι 18% των χρηστών με μαλακούς φακούς επαφής εμφάνισε κερατοειδική αγγείωση σε σύγκριση με μόλις 1% των χρηστών ημίσκληρων φακών επαφής (Cavanagh, 2003). Φακοί σιλικόνης υδρογέλης είναι πιο αποτελεσματικοί στην πρόληψη της ανάπτυξης νεοαγγείωσης, όπως

προκύπτει από την εκτεταμένη εφαρμογή των φακών αυτών. Επίσης, η νεοαγγείωση μειώνεται και σε μακροχρόνιους χρήστες χρήστες φακών υδρογέλης που χρησιμοποίησαν φακούς σιλικόνης υδρογέλης.

3.3.9 Κερατοειδικές διηθήσεις

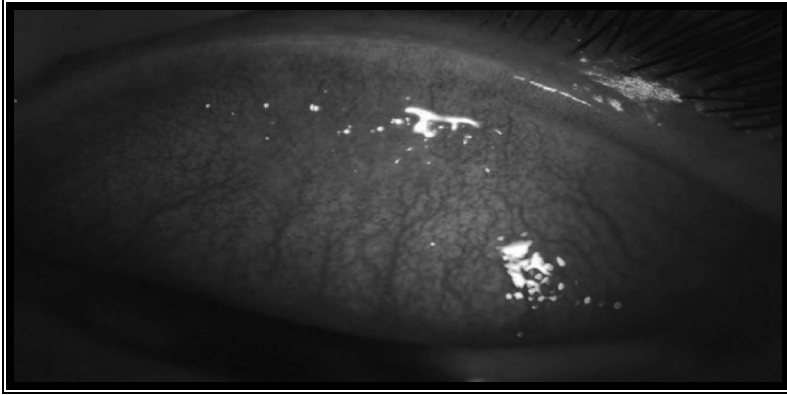
Οι κερατοειδικές διηθήσεις αποτελούν μη φλεγμονώδεις αντιδράσεις που συνήθως προκύπτουν με φακούς επαφής παρατεταμένης χρήσης, ενώ εμφανίζονται ακόμη και με φακούς σιλικόνης υδρογέλης. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (Sweeney et al,2003): 1) σοβαρές και συμπτωματικές (μικροβιακή κερατίτιδα), 2) κλινικά σημαντικές και συμπτωματικές (οξεία οφθαλμική ερυθρότητα σχετιζόμενη με φακούς επαφής), και 3) μη σημαντικές κλινικά και ασυμπτωματικές (ασυμπτωματική διηθητική κερατίτιδα). Παράγοντες, που σχετίζονται με την εμφάνιση κερατοειδικών διηθήσεων, είναι ιστορικό κερατοειδικών φλεγμονών, ολονύχτια χρήση συμβατικών φακών υδρογέλης, κάπνισμα, διαθλαστικό σφάλμα μεγαλύτερο από ± 5 διοπτρίες, η ηλικία και το γένος (συνήθως μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης στους άντρες).

3.3.10 Οξεία οφθαλμική ερυθρότητα σχετιζόμενη με φακούς επαφής(Contact-Lens-induced Acute Red Eye)

Εκδηλώνεται συνήθως κατά την αφύπνιση ξαφνικά και αυξάνονται τα ποσοστά εμφάνισης με τους φακούς επαφής υδρογέλης. Συνήθη συμπτώματα είναι η ερυθρότητα, πόνος, αίσθημα ξένου σώματος, δακρύρροια και μικρές βλεφαρικές διηθήσεις. Μετά από εξέταση μπορούν να αποκαλυφθούν περιφερικές χημώσεις και διηθήσεις του επιπεφυκότα. Πιθανή αίτια εκδήλωσης αυτής της επιπλοκής αυτής είναι μη φλεγμονώδης αντίδραση σε παγιδευμένες εναποθέσεις και τοξίνες ανάμεσα στον φακό και στον οφθαλμό, καθώς και σε εναποθέσεις επάνω στον φακό.

3.3.11 Θηλακιώδης επιπεφυκίτιδα σχετιζόμενη με φακούς επαφής (Contact Lenses-induced Papillary Conjunctivitis)

Πρόκειται για φλεγμονώδης αντίδραση του ανώτερου βλεφαρικού επιπεφυκότα που μπορεί να προκύπτει είτε από μηχανικό τραύμα είτε λόγω αλλεργικής αντίδρασης στα υλικά των φακών επαφής ή λόγω επιπλοκών που συσσωρεύονται πάνω στην επιφάνεια των φακών επαφής. Αποτελεί σημαντική επιπλοκή, γιατί αποτελεί σημαντικό αίτιο δυσανεξίας και διακοπής των φακών αυτών. Παρατηρείται περισσότερο σε υλικά σχετιζόμενα με μαλακούς φακούς επαφής, παρά σε υλικά για ημίσκληρους. Επίσης, σχετίζεται με την εκτεταμένη χρήση φακών επαφής. Πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι περιστατικά θηλακιώδους επιπεφυκίτιδας, αν και είναι ίδια τόσο στους χρήστες φακών σιλικόνης όσο και σ' αυτούς σιλικόνης υδρογέλης, μεγαλύτερη αναλογία ποσοστών θηλακιώδους επιπεφυκίτιδας σε εστιασμένη έκταση επίπεδο φαίνεται να προκύπτει με τους φακούς σιλικόνης υδρογέλης, σε σύγκριση με ποσοστά εμφάνισης σε μεγαλύτερη έκταση (Skotnitsky et al, 2005). Χαρακτηριστική μορφή επιπεφυκίτιδας είναι η **γιγαντιαία θηλακιώδης επιπεφυκίτιδα (Giant Papillary Conjunctivitis)**. Χαρακτηριστικές σε αυτή την μορφή επιπεφυκίτιδας είναι οι γιγαντιαίες θηλές, οι οποίες ιστολογικά μπορούν να πιστοποιηθούν με χρώση της κορυφής της θηλής. Εμφανίζεται σε μεγαλύτερα ποσοστά σε φακούς επαφής μικρής περιεκτικότητας σε νερό από ότι σε φακούς μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό. Οι εναποθέσεις και αλλεργικές αντιδράσεις σε χρήστες μαλακών φακών επαφής κατά την περίοδο αλλεργικής ρινίτιδας αποτελούν την αίτια εκδήλωσης αυτού του φαινομένου. Εμφανίζεται και με φακούς σιλικόνης υδρογέλης πιθανά λόγω μηχανικού ερεθισμού.



Εικόνα 13. Θηλακιδώδης επιπεφυκίτιδα σχετιζόμενη με φακούς επαφής σιλικόνης υδρογέλης.

3.3.12 Μικροβιακή Κερατίτιδα

Αποτελεί φλεγμονώδης αντίδραση του κερατοειδούς και δεν συναντάται σε μεγάλα ποσοστά. Οι χρήστες φακών επαφής παρατεταμένης χρήσης φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερες πιθανότητες εμφάνισης, ιδίως οι χρήστες φακών επαφής σιλικόνης. Συμπτώματα μικροβιακής κερατίτιδας είναι η φωτοφοβία, έντονος οφθαλμικός πόνος και κοκκίνισμα των ματιών. Επίσης, συνοδεύεται από αντίδραση του πρόσθιου θαλάμου, εκκρίσεις στον επιπεφυκότα, βλεφαρικό εξόγκωμα. Σε περίπτωση που εμφανίζονται κάποια από τα παραπάνω συμπτώματα η διακοπή των φακών επαφής είναι επιβεβλημένη.

3.3.13 Βλεννώδης Μπάλες (Mucin Balls-Lipid Plugs)

Πρόκειται για ιριδίζοντες σφαιροειδείς σχηματισμούς μεταξύ της επιφάνειας του οπίσθιου φακού και του κερατοειδικού επιθήλιου. Αποτελούν μοναδικό σχηματισμό εναποθέσεων του δακρυϊκού φιλμ. Σχηματίζονται συνήθως μετά από ολονύκτια χρήση μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας του φακούς επαφής και του κερατοειδικού επιθηλίου. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 20-200 μm . Σημαντικά

κλινικά συμπτώματα δεν έχουν αναφερθεί, αν και σε μερικές περιπτώσεις λόγω του μεγάλου αριθμού τους έχουν καταγραφεί παράπονα για την όραση του ασθενή, ενώ διαπιστώνεται μια μικρή αύξηση περιφερικού έλκους σχετιζόμενου με φακούς επαφής. Συναντάται ως επί το πλείστον στους φακούς επαφής σιλικόνης υδρογέλης, ενώ γενικότερα στους μαλακούς φακούς επαφής.



Εικόνα 14. Mucin Balls.

3.3.14 Διαθλαστικές αλλαγές.

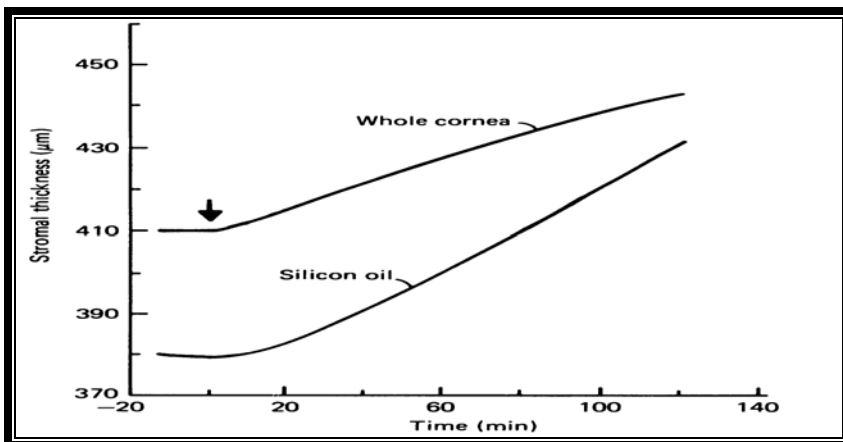
Με την εφαρμογή φακών επαφής έχει παρατηρηθεί αύξηση της μυωπίας και πιο συγκεκριμένα σε μαλακούς φακούς μικρής περιεκτικότητας σε οξυγόνο ημερήσιας χρήσης και φακούς υδρογέλης χαμηλού Dk εκτεταμένης χρήσης. Η αύξηση στην μυωπία οφείλεται σε χρόνια κερατοειδική υποξία που προκύπτει σε χρήστες φακών χαμηλού Dk. Η εφαρμογή φακών επαφής σιλικόνης υδρογέλης υψηλού Dk περιορίζει σε βαθμό τέτοιο την υποξία, που τα συμπτώματα υποξίας να είναι παρόμοια με αυτά που παρατηρούνται με τη διακοπή της χρήσης φακών επαφής . Επίσης, έχει αναφερθεί και μείωση του αστιγματισμού σε χρήστες φακών επαφής.

3.3.15 Συμπτώματα ξηροφθαλμίας

Η χρήση φακών επαφής σχετίζεται με την εμφάνιση ή επιδείνωση συμπτωμάτων ξηροφθαλμίας. Το υλικό των φακών που χρησιμοποιεί ο κάθε χρήστης παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς οι ασθενείς ανέχονται καλύτερα τους αεροδιαπερατούς φακούς από ό,τι τους φακούς υδρογέλης για μακρά περίοδο, αν και φακοί υδρογέλης μεγάλου πάχους σχετίζονται με λιγότερα συμπτώματα ξηροφθαλμίας. Οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης στο μεγαλύτερο ποσοστό τους μειώνουν τα συμπτώματα ξηροφθαλμίας.

3.3.16 Οίδημα προκαλούμενο από φακούς επαφής

Το οίδημα του κερατοειδούς εκδηλώνεται όταν ο κερατοειδής δεν οξυγονώνεται καλά. Συγκεκριμένα, ο φακός επαφής περιορίζει την οξυγόνωση του επιθηλίου, με αποτέλεσμα ο επιθηλιακός μεταβολισμός από αερόβιος να μετατρέπεται σε αναερόβιος, με συνέπεια περίσσεια γαλακτικού οξέος, που στη συνέχεια διαχέεται στο στρώμα (Klyce 1981, εικόνα 15). Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η οσμωτική πίεση στο στρώμα, οπότε το στρώμα απορροφά νερό από το υδατοειδές μέσω του ενδοθηλίου, με αποτέλεσμα οίδημα του στρώματος και αύξηση του πάχους του κερατοειδούς. Κλινικά ορατό οίδημα είναι το οίδημα που υπερβαίνει το 5% του συνολικού πάχους του στρώματος. Σε χρήστες φακών επαφής παρατεταμένης χρήσης είναι αναμενόμενος τέτοιος βαθμός οιδήματος. Εάν υπερβεί το 10% θεωρείται σοβαρό, ενώ άνω του 15% θεωρείται παθολογικό. Το οίδημα από σκληρούς φακούς επαφής είναι εντοπισμένο και πρόκειται για ενδοκυττάριο οίδημα των επιθηλιακών κυττάρων. Το οίδημα από μαλακούς φακούς επαφής είναι πιο διάχυτο και εμφανίζεται ως σύνολο ραβδώσεων ή πτυχώσεων της μεμβράνης του Descemet και είναι εξωκυττάριο οίδημα των επιθηλιακών κυττάρων και του στρώματος.



Εικόνα 15. Αύξηση του πάχους του στρώματος λόγω επιθηλιακής υποξίας σε σύγκριση με κερατοειδή που η εσωτερική επιφάνεια του έχει καλυφθεί με πετρέλαιο σιλικόνης. Η αύξηση του γαλακτικού οξέος ξεκινάει στο σημείο που δείχνει το βέλος (Klyce, 1981)

3.4 Φακοί επαφής και δακρυϊκή στιβάδα

Η επιτυχημένη εφαρμογή των φακών προϋποθέτει σταθερή δακρυϊκή στιβάδα έτσι ώστε να διατηρηθούν σε φυσιολογικά επίπεδα οι οπτικές και αμυντικές λειτουργίες. Γενικότερα, κάθε τύπος φακός επαφής έχει αρνητικό αποτέλεσμα στην φυσιολογία των δακρύων. Συγκεκριμένα, προκαλείται αύξηση της εξάτμισης των δακρύων, της λέπτυνσης των δακρύων και μείωση του χρόνου διάκρισης της δακρυϊκής στοιβάδας.

3.4.1 Προφακική δακρυϊκή Στοιβάδα

Η προφακική δακρυϊκή στοιβάδα αποτελεί μια δυναμική δομή. Ο τύπος των φακών δεν επηρεάζει σε γενικές γραμμές την προφακική δακρυϊκή στοιβάδα. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι οι φακοί υδρογέλης με μεγαλύτερο πάχος εμφανίζουν παχύτερη προφακική δακρυϊκή στοιβάδα, συγκρινόμενοι με λεπτότερους φακούς σιλικόνης υδρογέλης και ότι οι φακοί υδρογέλης υψηλής

περιεκτικότητας σε νερό σχετίζονται με παχύτερη προφακική δακρυϊκή στοιβάδα, αλλά χαμηλότερο χρόνο λέπτυνσης των δακρύων (Young 1991, Patel 1991).

3.4.2 Εξάτμιση δακρύων.

Ο ρυθμός εξάτμισης δακρύων όταν εφαρμόζονται φακοί επαφής είναι μεγαλύτερος, εν συγκρίσει με τους οφθαλμούς που δεν εφαρμόζονται φακοί επαφής. Ο τύπος των φακών επαφής και η διαπερατότητα σε οξυγόνο δεν φαίνεται να επηρεάζει την εξάτμιση των δακρύων.

3.4.3 Οπισθοφακική Δακρυϊκή Στοιβάδα και Ανταλλαγή δακρύων

Οι φακοί επαφής διαταράσσουν την διαδικασία βλεφαρισμού και ανανέωσης των δακρύων, που συμβαίνει φυσιολογικά σε έναν οφθαλμό χωρίς φακούς επαφής και μειώνει την ανταλλαγή δακρύων στην οπισθοφακική δακρυϊκή στοιβάδα. Οι ημίσκληροι φακοί επαφής εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό ανανέωσης των δακρύων συγκρινόμενο με τους μαλακούς φακούς επαφής. Οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης εμφανίζουν μεγαλύτερη ανταλλαγή δακρύων συγκρινόμενη με τους φακούς υδρογέλης.

3.5 Εναποθέσεις των φακών επαφής

Απαντώνται τρεις τύποι εναποθέσεων: οργανικές, ανόργανες και περιβαλλοντικές εναποθέσεις.

3.5.1 Οργανικές Εναποθέσεις

Οι οργανικές εναποθέσεις είναι πρωτεΐνες, λιπίδια, οργανικές χρωστικές, εναποθέσεις περιέχουσες άμυλο και εναποθέσεις, που αποτελούνται από μικροοργανισμούς με διαφορετική ουσία. Η επικάλυψη των φακών επαφής από ένα λιπιδοπρωτεϊνικό στρώμα ξεκινάει αμέσως μετά την εφαρμογή των φακών

επαφής. Οι πρωτεΐνες των δακρύων, που ενισχύουν την δημιουργία οργανικών εναποθέσεων, είναι η λυσοζύμη, η λακτοφερίνη και η αλβουμίνη. Η λυσοζύμη εμφανίζεται σε φακούς επαφής της ομάδας IV και III κατά FDA. Ενώ η αλβουμίνη και η λακτοφερίνη σε φακούς επαφής της ομάδας II. Οι πρωτεΐνες φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερη εναπόθεση στην ομάδα IV των φακών επαφής και την μικρότερη στην ομάδα I. Λιπίδια εμφανίζονται σε μικρές ποσότητες γενικότερα σε υδρόφιλους φακούς επαφής, αλλά μπορούν να αντιπροσωπεύουν σημαντικές εναποθέσεις σε ημίσκληρους φακούς επαφής, ειδικότερα αυτοί που περιέχουν σιλικόνη και καθιστούν τους φακούς υδρόφοβους. Οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης εμφανίζουν την ελάχιστη εναπόθεση πρωτεϊνών και την μέγιστη εναπόθεση λιπιδίων. Οι εναποθέσεις λιπιδίων εμφανίζονται ως πρασινωπές περιοχές ή ελαιώδη στίγματα και οι μεγαλύτερες εναποθέσεις φαίνονται να εμφανίζονται στην ομάδα II. Μελέτες έδειξαν ότι οι εναποθέσεις πρωτεϊνών πρώτιστα εξαρτάται από το υλικό και την περιεκτικότητα του νερού ενώ οι εναποθέσεις λιπιδίων εξαρτώνται από εξατομικευμένα χαρακτηριστικά (τρόπος ζωής), ενώ μεταβάλλονται από οφθαλμό σε οφθαλμό (Tighe et al, 1998). Τα υγρά καθαρισμού επηρεάζουν, επίσης, τις εναποθέσεις λιπιδίων. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι τα επιφανειακά υγρά καθαρισμού είναι πιο αποτελεσματικά στο να απομακρύνουν πρωτεΐνες και λιπίδια σε σύγκριση με κάποια άλλα. Οι Bontempo & Hart (1994, 1997, 2001) σε έρευνές τους έδειξαν με φακούς υδρογέλης ότι στην ομάδα II των φακών επαφής εναποτίθενται τα περισσότερα λιπίδια, ενώ στην ομάδα III παρατηρούνται οι λιγότερες εναποθέσεις λιπιδίων. Επίσης, παρατήρησαν ότι στα μη ιονικά υλικά εναποτίθενται περισσότερα λιπίδια σε σύγκριση με τα ιονικά υλικά, όπως επίσης και το γεγονός ότι σε φακούς υψηλής περιεκτικότητας σε νερό εναποτίθενται περισσότερα λιπίδια από ό,τι σε φακούς χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό. Τα δεδομένα αυτά οδήγησαν στην ανάπτυξη της θεωρίας της έλξης/ώθησης των λιπιδίων στους φακούς επαφής (**pull/push theory of lipid deposition**). Η έλξη αναφέρεται στο πολυμερές του φακού που προσκολλάται το λιπίδιο, ενώ η ώθηση αναφέρεται στην περιεκτικότητα του νερού που <<οδηγεί>> τα λιπίδια μέσα στο υλικό. Η ύπαρξη μικροοργανισμών έχει αναφερθεί σε φακούς επαφής υψηλής περιεκτικότητας σε

νερό, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε επιφανειακές ανωμαλίες του φακού (Hosaka,1983), ενώ και ο χειρισμός του φακού από τον χρήστη μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση εναποθέσεων φυτρώων που αποτελούν την βάση για την δημιουργία μικροοργανισμών. Ωστόσο, άλλες έρευνες δεν παρατηρούν ανάπτυξη μικροοργανισμών σε εναποθέσεις (Hart et al,1986).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Πρωτεϊνικές εναποθέσεις σε τρεις φακούς των ομάδων II και IV αντίστοιχα. Είναι εμφανής η ποσοστιαία υπεροχή της λυσοζύμης σε φακούς της ομάδας IV και της αλβουμίνης και λακτοφερίνης σε φακό της ομάδας II (Maissa et al.,1998).

ΦΑΚΟΣ	ΟΜΑΔΑ(F.D.A)	ΕΝΑΠΟΘΕΣΕΙΣ
Netrafilcon A	II	20% λυσοζύμη,
		50% αλβουμίνη,
		30% λακτοφερίνη
Etafilcon A/Vifilcon A	IV	85% λυσοζύμη,
		5% αλβουμίνη,
		10% λακτοφερίνη

3.5.2 Ανόργανες Εναποθέσεις

Οι ανόργανες εναποθέσεις είναι άλατα ασβεστίου, φωσφορικά άλατα και υδατάνθρακες του ασβεστίου, οξειδία του σιδήρου και χρωστικές που προέρχονται από ανόργανα συστατικά. Οι πιο γνωστές ανόργανες εναποθέσεις είναι τα καλούμενα **jelly jumps** που προκύπτουν πιο συχνά σε φακούς επαφής εκτεταμένης χρήσης. Μορφολογικά χαρακτηρίζονται ως στρογγυλές εναποθέσεις που αποτελούνται από ασβέστιο, χοληστερόλες και λιπίδια. Ενώ αναπτύσσονται σε μέγεθος και ποσότητα, μπορεί να επηρεάσουν την όραση του ασθενή και να προκαλέσουν δυσανεξία. Χρωστικές εναποθέσεις και αποχρωματισμός του φακού μπορεί να προκύψει ως αποτέλεσμα διάφορων παραγόντων, όπως νικοτίνη, αδρεναλίνη, αγγειοσυσταλτικά διαλύματα και συστατικά φλουορεσεΐνης. Σε κάποιες περιπτώσεις συντηρητικά, όπως αυτά που περιέχουν χλορεξιδίνη και βιταμίνη C, αυξάνουν τον αποχρωματισμό των φακών επαφής. Υπάρχει βιοχημικός μηχανισμός με τον οποίο η υδρογέλη λειτουργεί σαν αδρανές

καλούπι, για αυτές τις αντιδράσεις που σπάνια εισάγουν τα πολυμερή του φακού επαφής.

3.5.3 Περιβαλλοντικές εναποθέσεις

Οι πιο συχνές περιβαλλοντικές εναποθέσεις είναι φαιοκόκκινες βούλες και μικρά μόρια από διάφορα καλλυντικά. Φαιοκόκκινες βούλες μπορεί να οφείλονται στην χρήση νερού της βρύσης ή από ξένα υλικά του περιβάλλοντος. Εναποθέσεις από καλλυντικά έχουν μια ιριδίζουσα, πρασινωπή εμφάνιση. Επίσης, μικροοργανισμοί μπορεί να παρατηρηθούν στην επιφάνεια του φακού επαφής. Πολλά είδη από μύκητες έχουν βρεθεί σε υδρόφιλους φακούς επαφής. Τα πιο κοινά βακτήρια που μπορούν να οδηγήσουν σε μολύνσεις είναι οι *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Acanthamoeba*.

3.5.4 Επιπλοκές από διαλύματα φακών επαφής

Τα διαλύματα φακών επαφής δημιουργήθηκαν για την εξυπηρέτηση τριών στόχων: καθαρισμό, έκπλυση και απολύμανση. Το διάλυμα πρέπει να είναι συμβατό με το υλικό των φακών επαφής, τη δακρυϊκή στιβάδα και τον οφθαλμικό ιστό. Οφθαλμικό διάλυμα με pH μεταξύ 6.6 και 7.4 θεωρείται ουδέτερο και είναι άνετο στον χρήστη. Γενικότερα, διάλυμα με pH μεταξύ 6 και 8.5 θεωρείται άνετο για τον χρήστη. Το pH του δακρυϊκού φιλμ κυμαίνεται μεταξύ 7 και 8.5 σε κανονικά επίπεδα. Όταν το pH του διαλύματος είναι πέρα από τα αποδεκτά όρια μπορεί να προκληθεί δυσανεξία, αίσθημα καψίματος, διάστικτη κερατίτιδα και έκκριση δακρύων. Τα διαλύματα περιέχουν χημικές ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν αλλεργικές ή τοξικές αντιδράσεις. Τοξικές αντιδράσεις μπορεί να προκύψουν μετά από μερικές ώρες ή λεπτά, προκαλώντας υπεραιμία του επιπεφυκότα, επιπολής διάστικτη κερατίτιδα και συμπτώματα καψίματος και πόνου. Οι αλλεργικές αντιδράσεις μπορούν να προκύψουν μέρες ή και εβδομάδες μετά και σχετίζονται με διαφορετικά συμπτώματα: κάψιμο, κνησμό,

φωτοφοβία, υπεραιμία του επιπεφυκότα, επιφανειακή διάστικτη κερατίτιδα, κερατοειδικές διηθήσεις, επιπολής διάστικτη κερατοεπιπεφυκίτιδα του σκληροκερατοειδούς ορίου, ωειδής κερατίτιδα και κερατοειδική αγγείωση.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Σκοπός και σχεδιασμός της μελέτης

Σκοπός της μελέτης είναι η αξιολόγηση της σκέδασης φακών επαφής υδρογέλης και σιλικόνης υδρογέλης με προκαθορισμένη χρήση, και η συσχέτιση της προκαθορισμένης χρήσης φακών επαφής με υποκειμενικές και αντικειμενικές μετρήσεις της όρασης. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στους συμμετέχοντες σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα της σκέδασης (**scatter**) των φακών, καθώς και μετρήσεις οπτικής οξύτητας (**visual acuity**) και ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης (**contrast sensitivity**). Παράλληλα, μετρήσεις σκέδασης πραγματοποιήθηκαν σε φακούς επαφής που δεν εφαρμόστηκαν, προκειμένου οι μετρήσεις αυτές να λειτουργήσουν ως μέτρο σύγκρισης(μάρτυρες, **control**). Ακόμη, διανεμήθηκαν ερωτηματολόγια στους εξεταζόμενους που συμπληρώνονταν κάθε εβδομάδα, καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Η συνολική διάρθρωση της μελέτης και ο τρόπος περάτωσης της (**μεθοδολογία**) αναπτύσσονται στις επόμενες παραγράφους.

4.2. Συμμετέχοντες

Στην μελέτη συμμετείχαν 15 άτομα από 22 ετών μέχρι 33 ετών με μέσο όρο ηλικίας 26,5 έτη. Ως κριτήρια επιλογής ορίστηκαν τα παρακάτω:

- Να μην έχουν μυωπία πάνω από 8 διοπτρίες και μυωπικό αστιγματισμό πάνω από μια διοπτρία
- Να μην χρησιμοποιούν και να μην απαιτείται να χρησιμοποιούν τορικούς (αστιγματικούς) φακούς
- Να μην έχουν έλκη κερατίτιδες ή κερατόκωνο.

	KERATOMETRY(mm)		SPHEROCYLINDRICAL	REFRACTION
SUBJECTS	RE	LE	RE	LE
E.S	7,51	7,44		
T. L	7,64	7,63	-1.25	-1.25
I. P	7,81	7,71	-4,5	-3.00
A.D	7,72	7,78	-2.75	-2.75
A.T	7,98	8	-4.00	-4.00
P.S	7,92	7,94	-8.75	-9.00
P.T	8,1	7,97	-2.50/-0.75×180°	-2.75/-1.75×180°
A.X	7,73	7,67	-3.25	-4.25
R.P	7,52	7,49	-3.75	-3.50
M.X	7,73	7,8	-6.75/-0.75×150°	-5.75/-0.50×80°
I.E	7,81	7,79	-1.00	-1.25/-0.50×133°
M.Z	7,03	7,07	-3.75/-0.75×175°	-3.00/-0.50×25°
M.E	7,32	7,47	-1.75/-1.25×166°	-3.50/-0.50×5°
S.P	7,65	7,68	-6.00/-1.00×180°	-6.75/-0.50×90°
D.P	7,65	7,72	-3.25	-2.25

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Κερατομετρία και διαθλαστικά στοιχεία των εξεταζομένων.

Σε κάθε εξεταζόμενο έγινε υποχρεωτικός έλεγχος της διάθλασής του, προκειμένου οι φακοί επαφής, που θα εφαρμοσθούν να έχουν την επιθυμητή διόρθωση, καθώς και μέτρηση της κερατοειδικής καμπυλότητας. Οι καμπυλότητες των προς μελέτη φακών ήταν 8,6mm για τους AIR OPTIX και 8,6 και 8,9 mm για τους AQUALENS φακούς. Ο έλεγχος της κερατοειδικής καμπυλότητας έγινε έτσι ώστε να παραγγελθούν οι φακοί επαφής με την κατάλληλη καμπυλότητα. Σε κάθε εξεταζόμενο δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο που περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη, ενώ παράλληλα σε αυτό συμπληρώνονταν και οι ώρες εφαρμογές των φακών. Επίσης, πριν την έναρξη της μελέτης έγινε συνάντηση των συμμετεχόντων και της ερευνητικής ομάδας για απορίες σχετικά με τη διάρθρωση της μελέτης και

τυχόν προκύψασες απορίες των συμμετεχόντων. Οι χρήστες εξακολουθούσαν να φοράνε τους φακούς τους με τον ίδιο τρόπο που φορούσαν φακούς, πριν την έναρξη της μελέτης. Σε κάθε συμμετέχοντα είχαν σταλεί μέσω e-mail ενημερωτικά κείμενα σχετικά με τους φακούς προς μελέτη. Στον πίνακα 4 και 5 αναγράφονται τα στοιχεία των συμμετεχόντων. Οι συμμετέχοντες συναίνεσαν στα διαδικαστικά της μελέτης, κατόπιν προφορικής συγκατάθεσης.

SUBJECTS	LogMAR	VISUAL	ACUITY		DOMINANT
	RE(L)	LE(L)	Decimal	RE(D)	LE(D)
E.S					
T.L	-0,08	-0,1	1,2	1,25	RIGHT
I.P	-0,08	-0,08	1,2	1,2	RIGHT
A.D	-0,14	-0,14	1,4	1,4	RIGHT
A.T	-0,04	-0,04	1,1	1,1	LEFT
P.S	0,02	0,04	0,95	0,9	RIGHT
P.T	-0,08	0	1,2	1	RIGHT
A.X	-0,08	-0,14	1,2	1,4	LEFT
R.P	-0,16	-0,18	1,5	1,4	RIGHT
M.X	-0,02	0	1	1	LEFT
I.E	-0,1	-0,06	1,25	1,15	LEFT
M.Z	-0,06	-0,06	1,15	1,15	LEFT
M.E	-0,02	0	1	1	LEFT
S.P	-0,08	0	1,2	1	RIGHT
D.P	-0,14	-0,14	1,4	1,4	RIGHT

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Οπτική οξύτητα των συμμετεχόντων

Οι συμμετεχόντες έκαναν χρήση φακών από 6 μήνες έως 16 χρόνια με μέσο όρο χρήσης τα 8 χρόνια περίπου. Επίσης, ο μέσος όρος καθημερινής εφαρμογής των συμμετεχόντων ήταν 9,92 ώρες με διακύμανση από 6 έως 15 ώρες ημερησίως. Ο μέσος όρος οπτικής οξύτητας (κλίμακα logMAR) ήταν $-0,076 \pm 0,0503$ mm και $-0,064 \pm 0,068$ mm για το δεξιό και αριστερό οφθαλμό αντίστοιχα (πίνακας 4). Παράλληλα, έγινε έλεγχος του κυρίαρχου οφθαλμού. Το 53,3% των εξεταζόμενων είχε κυρίαρχο οφθαλμό τον δεξιό και το 46,7% το

αριστερό. Ο μέσος όρος κερατοειδικής καμπυλότητας ήταν $7,67 \pm 0,26\text{mm}$ και $7,67 \pm 0,24\text{mm}$ για το δεξί και αριστερό μάτι αντίστοιχα (βλέπε εικόνα 16). Όλοι οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν εντός 3 ημερών για την παραγγελία των φακών επαφής. Πριν την έναρξη της μελέτης, καθορίστηκε από τους συμμετέχοντες να μην χρησιμοποιήσουν φακούς επαφής για 48 ώρες. Οι φακοί που χορηγήθηκαν σε κάθε συμμετέχοντα φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 6.

SUBJECTS	SPHERE		CONTACT LENSES CURVATURE		YEARS OF USE
	RE	LE	RE (AIR OPTIX)	LE (Aqualens)	
E.S.	-7	-8	8.6	8,6	16
T.L.	-1,25	-1,5	8.6	8,6	6
I.P.	-4,25	-3	8.6	8,6	15
A.D.	-2,75	-2,75	8.6	8,6	9
A.T.	-3,75	-3,75	8.6	8,9	6
P.S.	-8	-8	8.6	8,9	8
P.T.	-2,75	-3,25	8.6	8,9	6
A.X.	-3,25	-4	8.6	8,6	1
R.P.	-3,75	-3,5	8.6	8,6	6
M.X.	-6,5	-6	8.6	8,6	14
I.E.	-1,25	-1,25	8.6	8,6	1
M.Z.	-4	-3,25	8.6	8,6	12
M.E.	-2,25	-3,75	8.6	8,6	0,5
S.P.	-6	-6,5	8.6	8,6	10
D.P.	-3,25	-2,25	8.6	8,6	10

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Χαρακτηριστικά των φακών επαφής των συμμετεχόντων

Κατά τη διάρκεια της μελέτης κάθε εβδομάδα πραγματοποιούνταν μετρήσεις της ομάδας ελέγχου (control). Χρησιμοποιήθηκαν 10 ζευγάρια με ένα φακό σιλικόνης υδρογέλης και ένα φακό υδρογέλης. Οι φακοί επιλέχθηκαν τυχαία,

καθώς και οι καμπυλότητες. Στον πίνακα 7 φαίνονται αναλυτικά οι φακοί που χρησιμοποιήθηκαν ως ομάδα ελέγχου. Οι μετρήσεις γίνονταν κάθε εβδομάδα περίπου την ίδια ημέρα και ώρα (απόκλιση ± 1 ημέρα).

PAIRS	L.E(AQUALENS)	CURVATURE	R.E(AIR OPTIX)	CURVATURE
1	-1,25	8,6mm	-0,75	8,6mm
2	-2	8,6mm	-1,5	8,6mm
3	-2,75	8,6mm	-2	8,6mm
4	-3,25	8,6mm	-2,75	8,6mm
5	-3,75	8,6mm	-3,25	8,6mm
6	-4,25	8,6mm	-3,5	8,6mm
7	-6	8,6mm	-3,75	8,6mm
8	-6,5	8,6mm	-4	8,6mm
9	-7	8,6mm	-6,5	8,6mm
10	-8	8,9mm	-8	8,6mm

ΠΙΝΑΚΑΣ 6



Εικόνα 16. *Canon RK – F1 Full Auto Ref – keratometer, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των καμπυλοτήτων των εξεταζόμενων.*



Εικόνα 17. Χώρος εξέτασης της οπτικής οξύτητας των εξεταζόμενων

4.3.Μεθοδολογία – Διαδικασία εξέτασης

Στη διάρκεια της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη φακών επαφής με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

AIR OPTIX (silicone hydrogel, Ciba Vision)

- Διάμετρος: 14.2
- Ακτίνα Καμπυλότητας: 8.6 mm
- Περιεκτικότητα σε νερό: 33%
- Αξία Dk:110
- Διαπερατότητα οξυγόνου DK/t: 138
- Υλικό: Lotrafilcon B
- Απόχρωση: πρασινωπή

Aqualens (hydrogel, Ciba Vision)

- Διάμετρος: 14.0
- Ακτίνα Καμπυλότητας: 8.6 - 8.9mm
- Περιεκτικότητα σε νερό: 55%
- Αξία Dk: 20×10^{-11} (Fatt 35°)
- Διαπερατότητα οξυγόνου DK/t: 20×10^{-9} (3,50 dpt, Fatt 35°)
- Υλικό: Vifilcon A
- Απόχρωση: ελαφρώς γαλάζια

Η εφαρμογή των φακών επαφής έγινε με τον ακόλουθο τρόπο:

ΔΟ: καθημερινή χρήση AIR OPTIX (7 φορές την εβδομάδα)

ΑΟ: καθημερινή χρήση Aqualens (7 φορές την εβδομάδα)

Το υγρό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Novasoft Aqua. Η χρονική διάρκεια της μελέτης ήταν 10 εβδομάδες και χωρίστηκε σε δύο στάδια των 5 εβδομάδων. Στο δεύτερο στάδιο της μελέτης οι συμμετέχοντες ήταν 11. Με το πέρας του πρώτου σταδίου, χορηγήθηκαν καινούργιοι φακοί για το δεύτερο στάδιο. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν μια εβδομάδα μετά την εφαρμογή των φακών επαφής. Η έναρξη της μελέτης έγινε στις 20/05/2008 και η λήξη στις 31/07/2008. Κάθε εβδομάδα πραγματοποιούνταν μετρήσεις της σκέδασης των φακών επαφής, ενώ την πρώτη και πέμπτη εβδομάδα κάθε σταδίου γίνονται μετρήσεις της οπτικής οξύτητας και ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης. Οι μετρήσεις της σκέδασης πραγματοποιούνταν 2 φορές την εβδομάδα περίπου την ίδια μέρα και την ίδια ώρα, με απόκλιση ± 1 ημέρας.



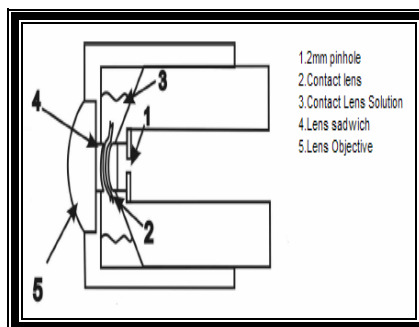
Εικόνα 18. Στην εικόνα διακρίνεται από τα αριστερά φακός Aqualens και Air Optix αντίστοιχα, ενώ δεξιά το υγρό που διανεμήθηκε στους εξεταζόμενους (Novasoft aqua).

4.3.1. Μέτρηση σκέδασης

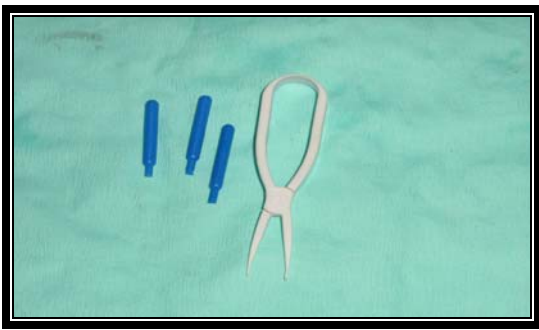
Η μέτρηση της σκέδασης των φακών επαφής των εξεταζόμενων γινόταν κάθε εβδομάδα και περίπου την ίδια ώρα. Οι μέρες μετρήσεις προκαθορίστηκαν από την πρώτη μέτρηση. Η μέθοδος μέτρησης που χρησιμοποιείται είναι οπτική. Συγκεκριμένα, ο φακός τοποθετείται μεταξύ μιας διάταξης φακών, που κλείνει τον φακό με τη βοήθεια ενός ειδικού κάλυπτρου. Μπροστά από την διάταξη των φακών υπάρχει ένας αντικειμενικός φακός. Το κάτω μέρος του καλύπτρου έχει μια οπή διαμέτρου 2mm, ενώ παράλληλα βιδώνεται η διάταξη. Η εφαρμογή γίνεται προσεκτικά, προκειμένου να μην σκιστεί ο φακός, ενώ ο φακός τοποθετείται με τη βοήθεια μιας πλαστικής λαβίδας (εικόνα 21). Πριν την μέτρηση κάθε φακού, οι φακοί καθώς και το κάλυπτρο καθαρίζονται προσεκτικά, ενώ στην διάταξη των φακών εγχύεται σταγόνα του υγρού των φακών που χρησιμοποιούνται, προκειμένου να εφαρμοσθεί καλύτερα ο φακός. Στην εικόνα 19 απεικονίζονται τα κάλυπτρα και η διάταξη των φακών, ενώ στην εικόνα 20 απεικονίζεται η εγκάρσια διατομή της διάταξης.



Εικόνα 19.



Εικόνα 20.



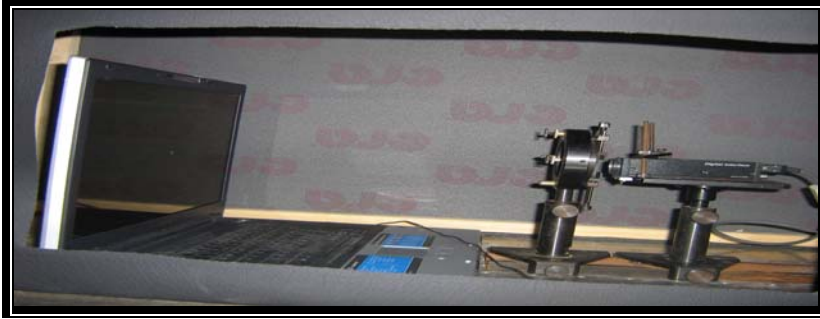
Εικόνα 21. Το σετ που χρησιμοποιήθηκε για την τοποθέτηση των φακών επαφής στην διάταξη φακών της εικόνας 19.

Στη συνέχεια, η διάταξη αυτή, η οποία έχει συνολική διοπτρική ισχύ 30 διοπτριών, χρησιμοποιείται ως φακός για τον σχηματισμό ειδώλου σε μια κάμερα κατάλληλα διαμορφωμένη που συνδέεται σε υπολογιστή (εικόνα 22). Η διάταξη των φακών τοποθετείται πάνω σε ένα σιδερένιο στήριγμα.(εικόνα 23). Με τον τρόπο αυτό η κάμερα καταγράφει εικόνες του φακού επαφής που πρόκειται να μετρηθεί. Η μέτρηση της σκέδασης πραγματοποιείται μέσω της ανάλυσης κατάλληλων εικόνων (φωτεινών δίσκων) που λαμβάνονται. Μπροστά από την διάταξη με την κάμερα τοποθετείται ένας άλλος υπολογιστής (εικόνα 23) στον οποίον προβάλλονται 14 διαδοχικοί δακτύλιοι (εικόνα 24). Η διάταξη αυτή καλύπτεται με ένα μαύρο κουβούκλιο, προκειμένου να μην επηρεαστούν οι μετρήσεις της σκέδασης (εικόνα 22). Για κάθε εικόνα αποθηκεύονται 2 εικόνες στον υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος η κάμερα. Η διαδικασία μέτρησης ενός ζεύγους φακών διαρκεί 15-20 λεπτά. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατάλληλη εστίαση και το κεντράρισμα της εικόνας. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Measurement & Automation Explorer (Copyright© 1999-2007 National Instruments). Η οθόνη βρίσκεται σε απόσταση 33,4 cm από την διάταξη. Η ανάλυση για την μέτρηση της έντασης συναρτήσεως της γωνιακής κατανομής (Cumulative $I_g(\theta)$) της σκέδασης γίνεται στο λογισμικό MATLAB (The MathWorks Inc). Η μέτρηση της σκέδασης γίνεται χρησιμοποιώντας, περίπου, 4 μοίρες του πεδίου εξέτασης. Στο κέντρο του πεδίου εξέτασης βρίσκεται ένας φωτεινός δίσκος γωνιακού μεγέθους θ με μια κεντρική σκοτεινή κυκλική περιοχή μεγέθους

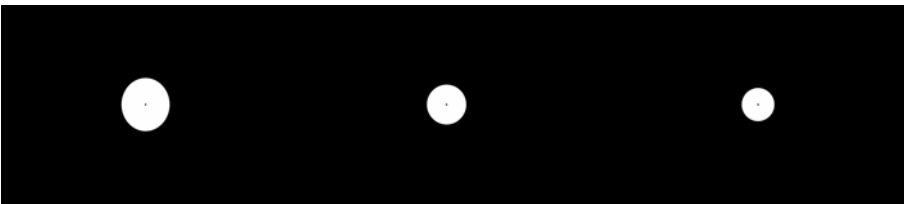
θ_0 . Η ένταση στο κέντρο της σκοτεινής περιοχής (η οποία μετράται με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού) ισούται με $I = \int_{\theta_0}^{\theta} PSF(\phi) 2\pi\phi d\phi$ όπου $PSF(\phi)$ η γωνιακή κατανομή του σκεδαζόμενου φωτός. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, ο λόγος της φωτεινότητας στο κέντρο προς τη φωτεινότητα του δακτυλίου ισούται με το κλάσμα ισχύος της ακτινοβολίας που σκεδάζεται μεταξύ των γωνιών θ_0 και θ . Οι εικόνες που λαμβάνονται με την εν λόγω διάταξη ήταν κατάλληλα διαμορφωμένες έτσι ώστε η γωνία θ_0 να είναι πρακτικά 0 και η γωνία θ αρκετά μεγάλη, ώστε η μέτρηση να περιλαμβάνει πρακτικά το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας που σκεδάζεται στην πρόσθια κατεύθυνση (**forward scatter**). Πρακτικά οι μετρήσεις που λαμβάνονται, αντιπροσωπεύουν τη σκέδαση μεταξύ 0 και 4 μοιρών από τον άξονα διάδοσης. Καθώς οι μετρήσεις παρουσιάζουν ασυμπτωτική μορφή, καθώς η γωνία θ προσεγγίζει τις 4 μοίρες, θεωρείται ότι η μετρούμενη σκέδαση αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο μέρος της συνολικής σκέδασης. Από κάθε 2 εικόνες που αποθηκεύονται για κάθε προβολή του δακτυλίου προκύπτει η ένταση της σκέδασης. Έπειτα η ένταση της σκέδασης απεικονίζεται γραφικά συναρτήσει των μοιρών (εικόνα 25). Η εκτιμητέα σκέδαση σε κάθε περίπτωση είναι ο μέσος όρος της μέτρησης των τριών τελευταίων μετρήσεων (απώτατη σκέδαση). Σε κάθε περίπτωση η γραφική απεικόνιση γίνεται στο πρόγραμμα excel (MICROSOFT 2003).



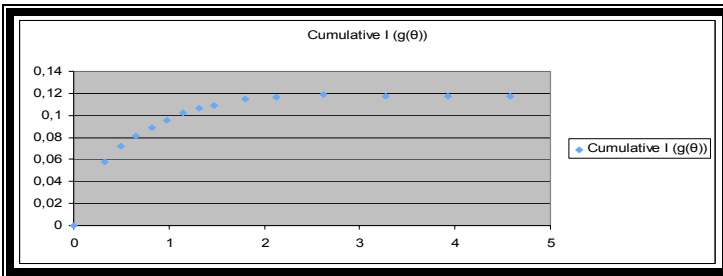
Εικόνα 22. Στην εικόνα διακρίνεται το μαύρο κουβούκλιο που σκεπάζει την πειραματική διάταξη, όπως και ο υπολογιστής όπου γίνονται οι ρυθμίσεις των εικόνων των δακτυλίων.



Εικόνα 23. Πειραματική διάταξη. Στην οθόνη προβάλλονται οι δακτύλιοι, ενώ δίπλα στον υπολογιστή διακρίνεται το στήριγμα που τοποθετούνται οι φακοί.



Εικόνα 24. Δακτύλιοι που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

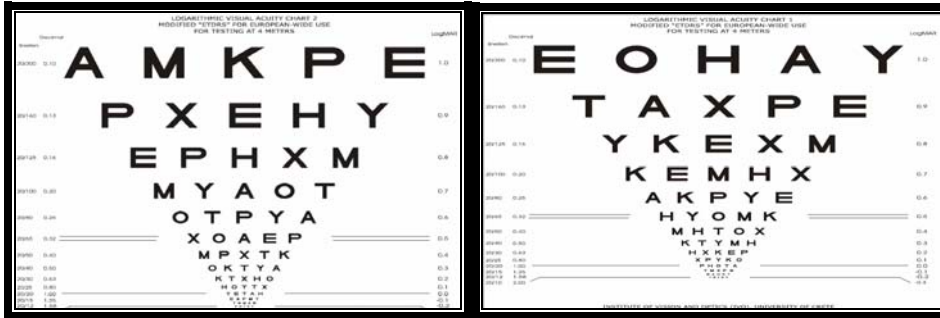


Εικόνα 25. Γραφική παράσταση της σκέδασης συναρτήσε των μοιρών.

4.3.2.Μέτρηση Οπτικής οξύτητας

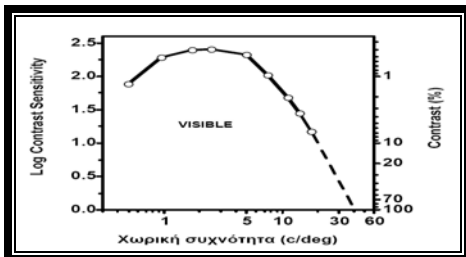
Οι μετρήσεις οπτικής οξύτητας πραγματοποιήθηκαν την πρώτη και πέμπτη εβδομάδα κάθε σταδίου, με logMAR πίνακες EDTRS. Για κάθε οφθαλμό χρησιμοποιείται διαφορετικός πίνακας, όπως φαίνεται και στην εικόνα 26. Σε κάθε μέτρηση υπολογίζεται ο μέσος όρος οπτικής οξύτητας των εξεταζόμενων. Η μέτρηση διαρκεί 5 λεπτά και η απόσταση εξέτασης τα 4 μέτρα . Οι μετρήσεις που προέκυψαν είναι σε logMAR (Minimum Angle of Resolution). Η μέτρηση της

οπτικής οξύτητας πραγματοποιήθηκε την ίδια μέρα με την διαδικασία μέτρησης ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης.



Εικόνα 26. Πίνακες EDTRS. Ο αριστερός πίνακας χρησιμοποιείται για τον αριστερό οφθαλμό και ο δεξιός πίνακας χρησιμοποιείται για τον δεξιό οφθαλμό αντίστοιχα.

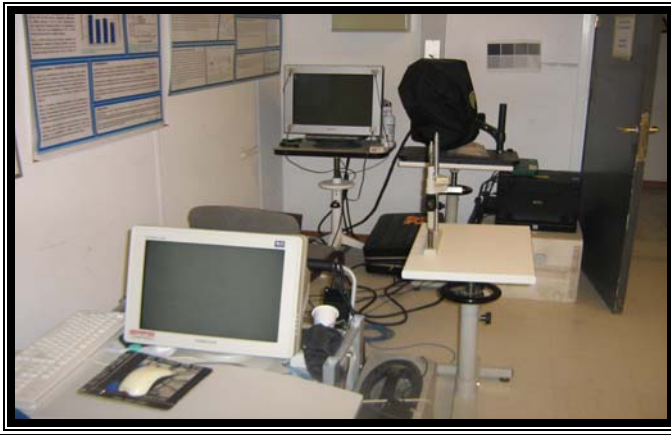
4.3.3 Μέτρηση Ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης



Εικόνα 27. Τυπική καμπύλη ευαισθησίας στην φωτεινή αντίθεση.

Η μέτρηση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης (Contrast Sensitivity, CS) αποτελεί διαδικασία που επεκτείνει την αξιολόγηση οπτικής οξύτητας και μετρά την **λειτουργική όραση**, σε αντίθεση με την μέτρηση οπτικής οξύτητας που μετρά την **διακριτική ικανότητα** του οφθαλμού. Η δοκιμασία CSF, που αποτελεί μια ψυχοφυσική μέθοδο εξέτασης, βασίζεται στην προβολή ερεθισμάτων (gratings με περιοδική διαμόρφωση). Περιέχει, συνήθως, μετρήσεις ουδούς (threshold) για ημιτονοειδή grating μιας σειράς συχνοτήτων μεταξύ 0,5 και 20 c/deg. Στην παρούσα μελέτη, οι εξεταζόμενες χωρικές συχνότητες ήταν οι

7:1,2,4,8,12,16,24 c/deg. Ο εξεταζόμενος καλείται να βρει το ελάχιστο contrast σε μια οθόνη που προβάλλεται ένα ερέθισμα συγκεκριμένης χωρικής συχνότητας, του οποίου μεταβάλλεται το contrast και ο εξεταζόμενος καλείται να βρει το ελάχιστο contrast (C_{min}) για το οποίο το grating είναι ορατό. Η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης ορίζεται ως το αντίστροφο του ελάχιστου contrast C_{min} ($CS=1/ C_{min}$). Η μέτρηση διαρκεί περίπου 20-30 λεπτά. Η διακριτική ικανότητα του οπτικού συστήματος ελέγχεται με τις υψηλές χωρικές συχνότητες και η ικανότητα αντίληψης αδρών στοιχείων ελέγχεται με τις χαμηλές χωρικές συχνότητες.



Εικόνα 28. Συσκευές μέτρησης της ευαισθησίας αντίθεσης. Ο εξεταζόμενος κάθεται μπροστά από την οθόνη υψηλής ανάλυσης Sony GDM F-520 CRT (με ρυθμό ανανέωσης 120 Hz) όπου και προβάλλονται τα ερεθίσματα με χρήση κατάλληλης κάρτας γραφικών (VSG 2/5, CRS Rochester, UK).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Αποτελέσματα μετρήσεων

Στον πίνακα 8 παρατίθενται οι μετρήσεις της σκέδασης των συμμετεχόντων καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Τα κελιά του πίνακα με κίτρινο χρώμα αποτελούν μετρήσεις που αφαιρέθηκαν, καθώς τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων μετρήσεων θεωρήθηκαν λανθασμένα. Λάθος κεντράρισμα των προβαλλόμενων δακτυλίων στην οθόνη, αμυχές στον φακό ή μη σωστή τοποθέτηση του φακού επαφής στην διάταξη των φακών, επηρεάζουν τα αποτελέσματα αρνητικά. Τα κελιά με κόκκινο χρώμα αναφέρονται σε μετρήσεις που δεν πραγματοποιήθηκαν, λόγω του ότι οι συμμετέχοντες στην μελέτη δεν έλαβαν μέρος στο δεύτερο στάδιο της μελέτης. Επίσης, παρατίθεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση της σκέδασης κάθε εβδομάδας μέτρησης. Βάσει των δεδομένων του πίνακα 8, προέκυψαν τα γραφήματα που σχετίζονται με την σκέδαση. Επίσης, στον πίνακα 7 φαίνεται η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της σκέδασης για τους εξεταζόμενους και την ομάδα ελέγχου. **Με τον όρο τιμή σκέδασης, εννοείται το κλάσμα της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας στις προαναφερθείσες γωνίες. Επί παραδείγματι, η τιμή 0,13 αναφέρεται σε σκέδαση 13%.**

MINIMUM AND MAXIMUM SCATTER VALUE		
SUBJECTS	AV	ST DEV
MAX	0,130	0,08
MIN	0,006	0,0001
CONTROLS	AV	ST DEV
MAX	0,162	0,04
MIN	0,007	0,0001

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Πίνακας με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή της μετρούμενης σκέδασης στην ομάδα των εξεταζόμενων και στην ομάδα ελέγχου.

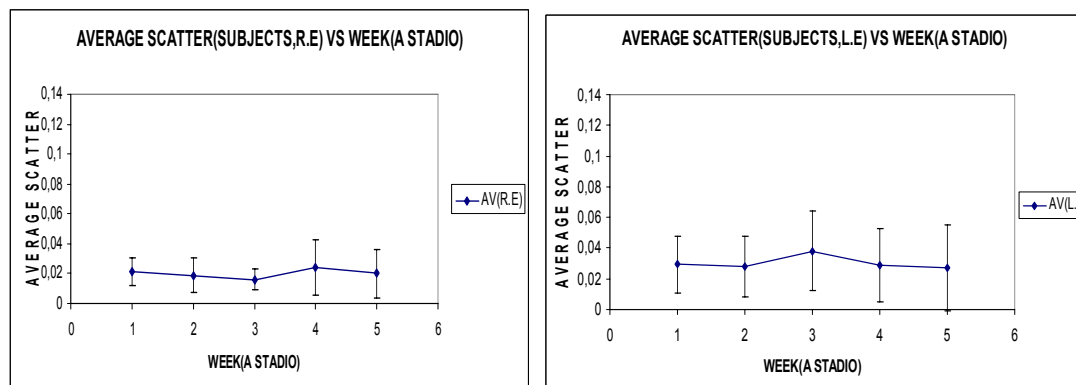
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

	A STADIO	(R.E)				B STADIO	(R.E)			
SUBJECTS	1 WEEK	2 WEEK	3 WEEK	4 WEEK	5 WEEK	1 WEEK	2 WEEK	3 WEEK	4 WEEK	5 WEEK
E.S	0,04	0,01		0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,08	0,05
T.L	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
I.P		0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,06	0,04
A.D	0,01	0,04	0,02	0,04	0,01	0,05	0,09	0,10	0,01	0,07
A.T	0,04	0,01	0,01	0,01	0,06					
P.S		0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,11	0,04	0,13	0,04
P.T	0,01	0,01	0,03	0,05	0,02	0,01	0,08	0,05		0,02
A.X	0,01	0,01	0,03	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04
R.P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
M.X	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,11	0,01
I.E	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01					
M.Z	0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,04	0,08	0,03	0,07	0,01
M.E	0,02	0,03	0,01	0,06	0,03					
S.P	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	0,12	0,03	0,08	0,04
D.P	0,02	0,03	0,02			0,02	0,03		0,05	0,03
AVERAGE	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,06	0,03
ST DEV	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02
	A STADIO	(L.E)				B STADIO	(L.E)			
SUBJECTS	1 WEEK	2 WEEK	3 WEEK	4 WEEK	5 WEEK	1 WEEK	2 WEEK	3 WEEK	4 WEEK	5 WEEK
E.S	0,05	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,05	0,01	0,04	0,05
T.L	0,04	0,08	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,09
I.P	0,08	0,01	0,01	0,09		0,07	0,11	0,01	0,06	0,07
A.D	0,02	0,04	0,02	0,03	0,07	0,08	0,07	0,01	0,01	0,02
A.T	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02					
P.S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02		0,05	0,03
P.T	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04		0,01
A.X	0,03	0,01	0,08	0,04	0,01	0,04	0,10	0,01	0,02	0,02
R.P	0,01	0,06	0,04	0,01	0,01					
M.X	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03
I.E	0,03	0,02	0,07	0,07	0,09					
M.Z	0,02	0,04	0,05	0,03	0,01	0,05	0,01	0,02	0,08	0,04
M.E		0,02	0,02	0,01	0,01					
S.P	0,03	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,01	0,03	0,02	0,01
D.P	0,02	0,04	0,09	0,01	0,07	0,01	0,06	0,05	0,03	0,08
AVERAGE	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04
ST DEV	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03

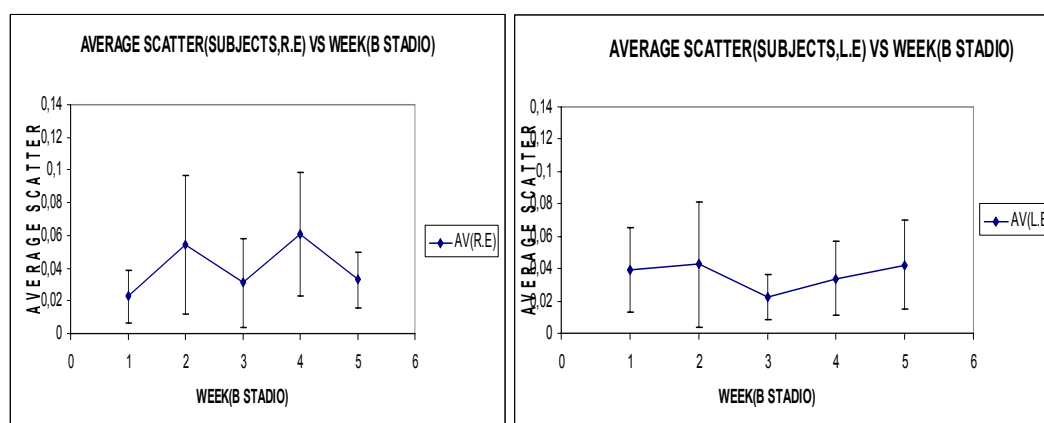
ΠΙΝΑΚΑΣ 8

5.2 Εξεταζόμενοι

5.2.1 Σκέδαση συναρτήσεων των εβδομάδων

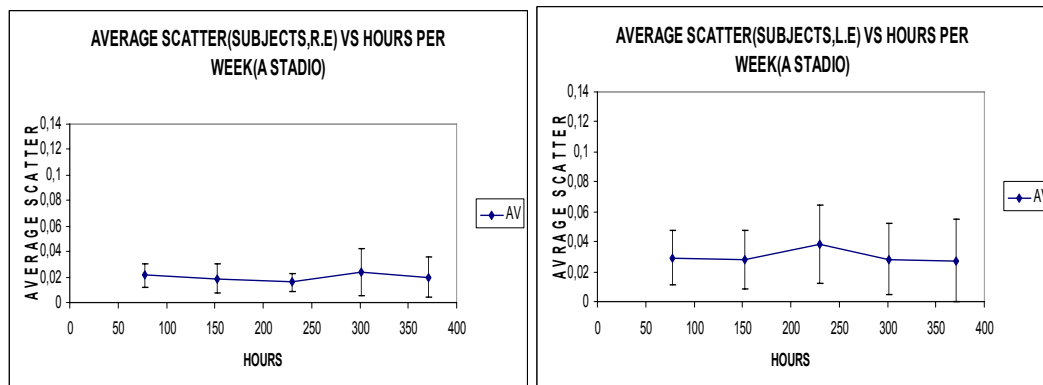


Γράφημα 1. Ο μέσος όρος σκέδασης των εξεταζόμενων εβδομαδιαίως για τον δεξιό οφθαλμό (AIR OPTIX) και αριστερό οφθαλμό (AQUALENS) αντίστοιχα κατά την διάρκεια του πρώτου σταδίου και του δεύτερου σταδίου αντίστοιχα. Κάθε αριθμός στον οριζόντιο άξονα αντιστοιχεί σε μια εβδομάδα του κάθε σταδίου (1,2,3,4,5). Οι τιμές της σκέδασης κυμαίνονται από 0,02 έως 0,04 και απεικονίζονται στον κατακόρυφο άξονα.

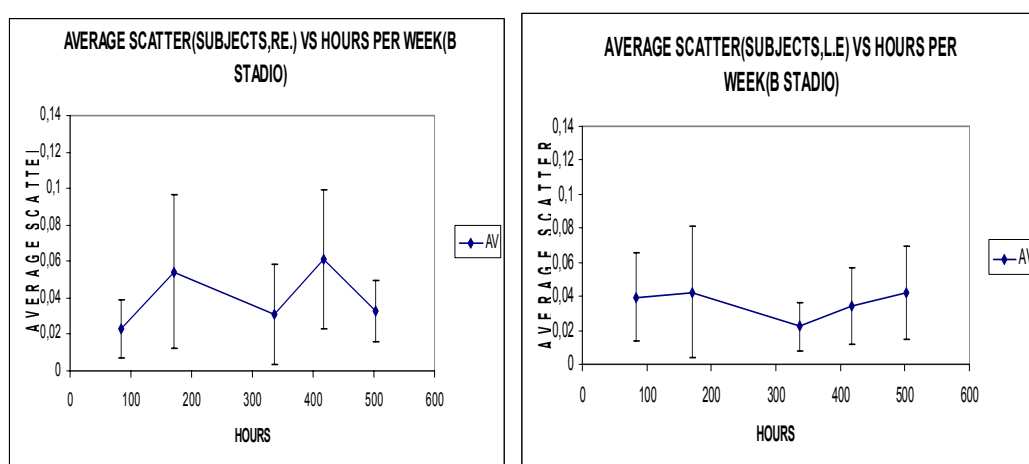


Γράφημα 2. Ο μέσος όρος σκέδασης των εξεταζόμενων εβδομαδιαίως για τον δεξιό οφθαλμό (AIR OPTIX) και αριστερό οφθαλμό (AQUALENS) αντίστοιχα για το δεύτερο στάδιο. Οι τιμές της σκέδασης κυμαίνονται από 0,02 έως 0,06.

5.2.2 Γραφήματα σκέδασης συναρτήσεσι των ωρών χρήσεως εβδομαδιαίως

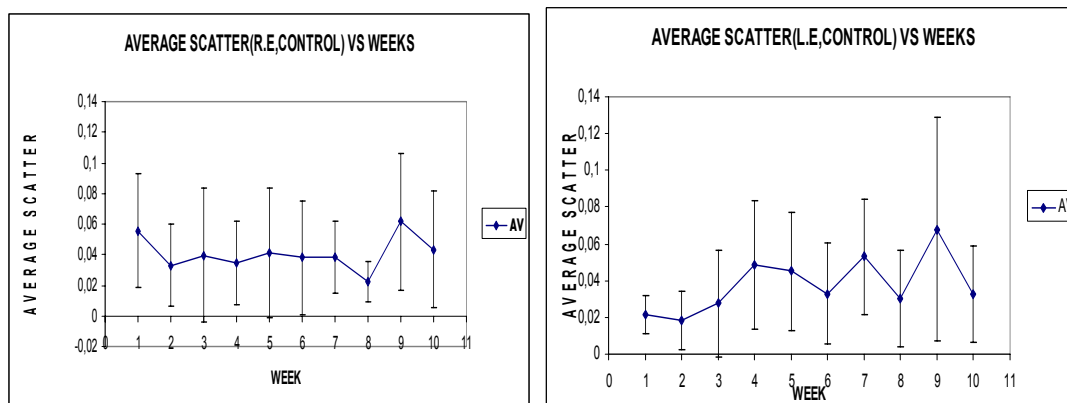


Γράφημα 3. Μέσος όρος σκέδασης των εξεταζόμενων, συναρτήσεσι του μέσου όρου χρήσεσι για τον δεξιό οφθαλμό και αριστερό οφθαλμό την πρώτη περίοδο μετρήσεων. Οι εβδομαδιαίεσ ώρεσ χρήσεσι προστίθενται ανά εβδομάδα σε κάθε γράφημα κατά αύξοντα ρυθμό, δηλαδή ο μέσος όρος των ωρών της πρώτης εβδομάδας προστίθεται στις ώρεσ της δεύτερης εβδομάδας κ.ο.κ.



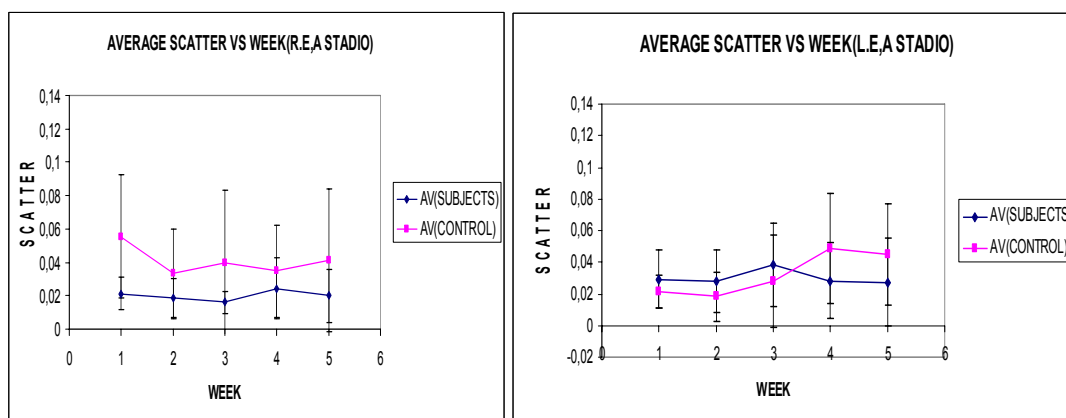
Γράφημα 4. Μέσος όρος σκέδασης εξεταζόμενων, συναρτήσεσι του μέσου όρου χρήσεσι εβδομαδιαίωσ για τον δεξιό και αριστερό οφθαλμό για το δεύτερο στάδιο μετρήσεων.

5.3. Γραφήματα ομάδας ελέγχου (control)

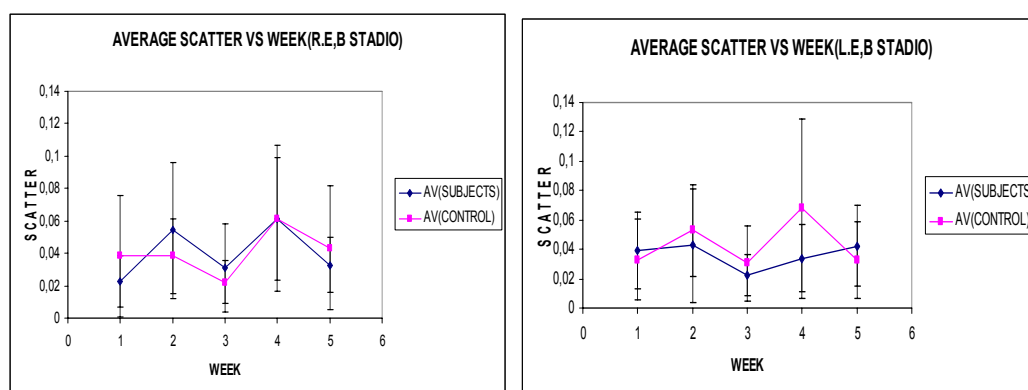


Γράφημα 5. Γράφημα των μέσων όρων σκέδασης των φακών AIR OPTIX, που αντιστοιχούν στο δεξιό οφθαλμό και αριστερό οφθαλμό για τις δέκα εβδομάδες, που διήρκεσε η μελέτη. Οι εβδομάδες από την πρώτη έως την πέμπτη αντιστοιχούν στο πρώτο στάδιο της μελέτης, ενώ οι εβδομάδες από την έκτη έως την δέκατη αντιστοιχούν στο δεύτερο στάδιο μελέτης. Η σκέδαση των φακών επαφής της ομάδας ελέγχου είναι μεγαλύτερη από την σκέδαση των εξεταζόμενων, συγκρίνοντας τα γραφήματα της σκέδασης της ομάδας ελέγχου και τα γραφήματα των εξεταζόμενων, καθώς κυμαίνεται από 0,02 έως 0,08.

5.4 Σύγκριση εξεταζόμενων με ομάδα ελέγχου



Γράφημα 6. Σύγκριση της ομάδας ελέγχου με τους εξεταζόμενους, για το πρώτο στάδιο μελέτης για τον δεξιό οφθαλμό και αριστερό οφθαλμό αντίστοιχα.

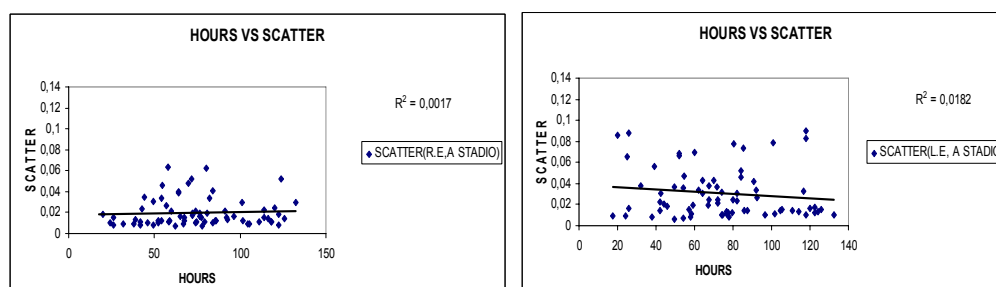


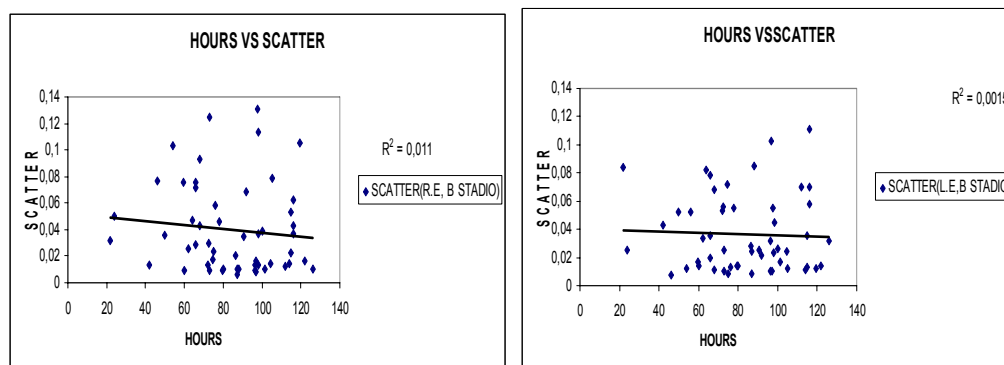
Γράφημα 7. Σύγκριση της ομάδας ελέγχου με τους εξεταζόμενους, για το δεύτερο στάδιο στάδιο μελέτης για τον δεξιό οφθαλμό και αριστερό οφθαλμό αντίστοιχα.

Εκτελώντας t-test με άνισες διακυμάνσεις δεν βρέθηκε κάποια στατιστική διαφορά μεταξύ της ομάδας ελέγχου και των εξεταζόμενων για κάθε οφθαλμό ανά εβδομάδα και στάδιο, ορίζοντας επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, πλην της πρώτης εβδομάδας σύγκρισης του δεξιού οφθαλμού εξεταζόμενων και control της πρώτης εβδομάδας.

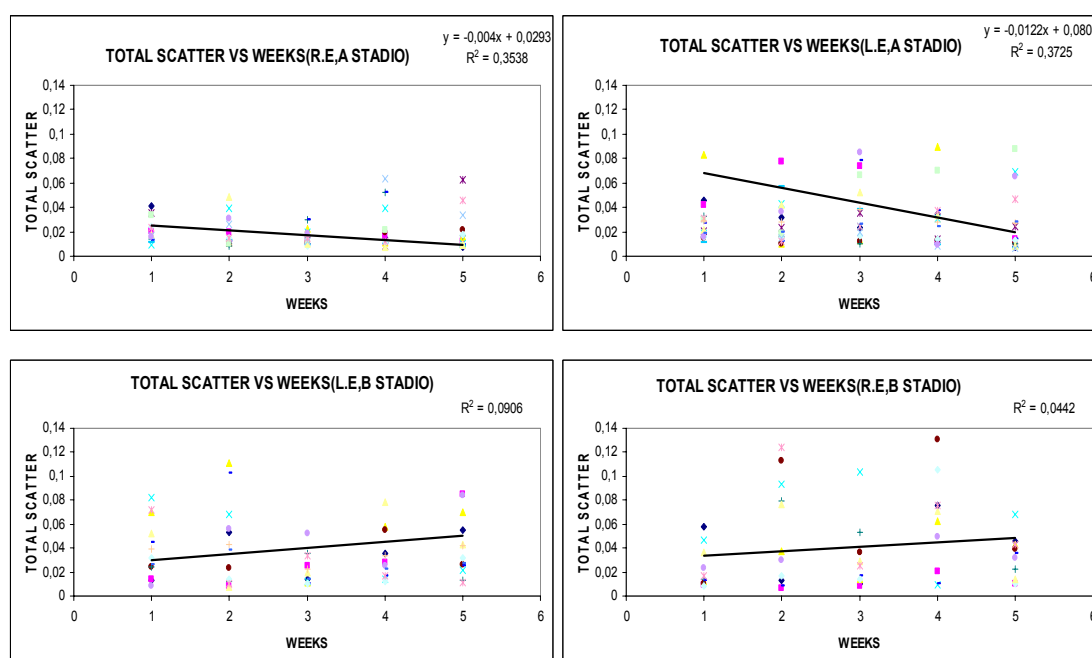
WEEKS		1 WEEK	2 WEEK	3 WEEK	4 WEEK	5 WEEK
R.E	t	-2,845225191	-1,570798324	-1,69838455	-1,02835455	1,5054021
A	P value	0,017391882	0,144529788	0,12365955	0,320081117	0,1603836
L.E	t	1,362016732	1,372557284	0,927618544	-1,58405202	1,4054184
	P value	0,187625198	0,183722014	0,365877803	0,134034183	0,1769222
R.E	t	-1,209166734	1,059231106	0,900067109	-0,02360828	0,7993405
B	P value	0,249883688	0,306254092	0,38445477	0,98142482	0,439629
L.E	t	1,418571923	-0,722019882	-0,784033323	-0,6388531	0,5443145
	P value	0,175208841	0,47955787	0,446083759	0,532553037	0,5932935

5.5 Συσχέτιση ωρών χρήσης και εβδομάδων με σκέδαση ανά στάδιο



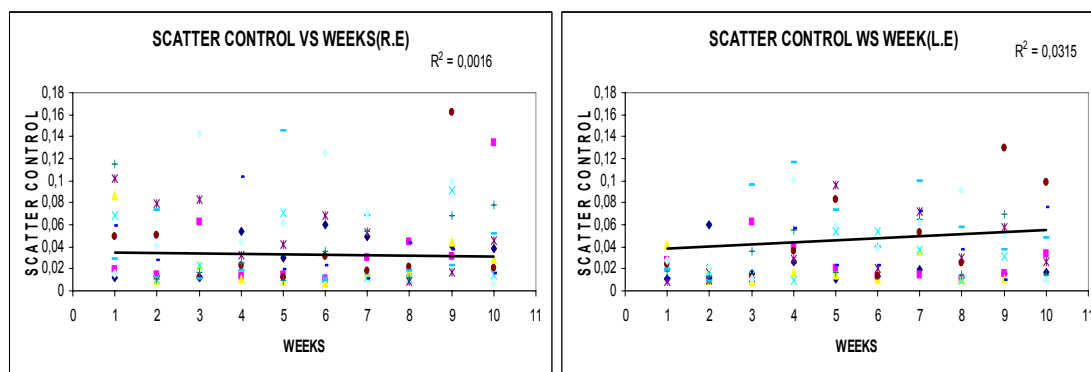


Γράφημα 8. Από τις εικόνες προκύπτει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της σκέδασης των ωρών (ο συντελεστής Pearson είναι 0,041 -0,10493,-0,13497,-0,03831 για κάθε γράφημα αντίστοιχα).



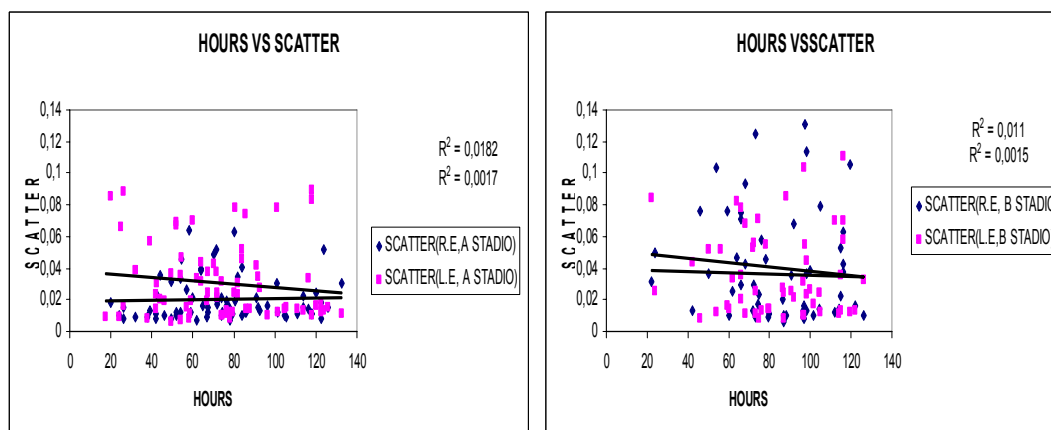
Γράφημα 9. Συσχέτιση της συνολικής σκέδασης με τις εβδομάδες χρήσης για τον αριστερό οφθαλμό και δεξιό οφθαλμό ανά στάδιο(χρήστες)

Στα παραπάνω γραφήματα φαίνεται το σύνολο της σκέδασης των συμμετεχόντων κατά στάδιο και οφθαλμό, ανά εβδομάδα μέτρησης. Στο πρώτο στάδιο φαίνεται να υπάρχει μια μέτρια αρνητική συσχέτιση ,αλλά όχι ισχυρή, των ωρών με τη σκέδαση, ενώ στο δεύτερο στάδιο δεν υπάρχει συσχέτιση (είναι πολύ ασθενής) .



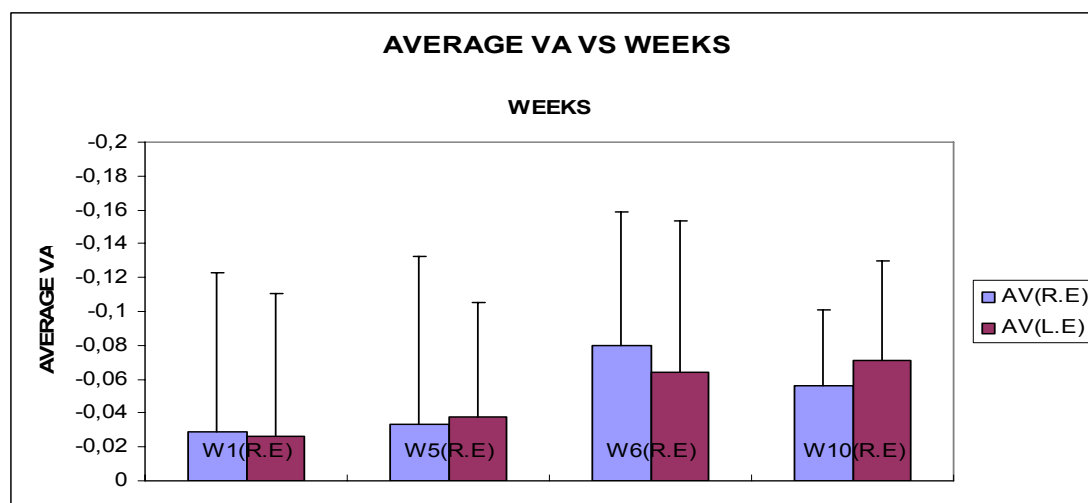
Γράφημα 10. Συσχέτιση της συνολικής σκέδασης με τις εβδομάδες μέτρησης για την ομάδα control(δεξιός και αριστερός οφθαλμός)

Στα παραπάνω γραφήματα απεικονίζεται το σύνολο της σκέδασης των φακών επαφής της ομάδας ελέγχου, συναρτήσεϊ των εβδομάδων μέτρησης. Δεν προκύπτει, όπως φαίνεται από τα γραφήματα, κάποια συσχέτιση των αποτελεσμάτων της σκέδασης με τις εβδομάδες εφαρμογής.



Γράφημα 11 Συσχέτιση ωρών και σκέδασης δεξιού-αριστερού οφθαλμού ανά στάδιο.

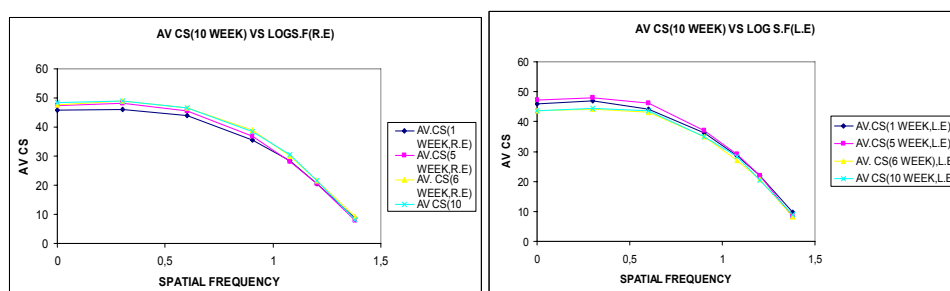
5.6.Οπτική Οξύτητα



Γράφημα 12. Μέσος όρος οπτικής οξύτητας των εξεταζόμενων και για τους δύο οφθαλμούς για όλη τη διάρκεια της μελέτης. Οι μετρήσεις της οπτικής οξύτητας είναι σε logMAR. Η αριστερή στήλη για κάθε εβδομάδα είναι ο μέσος όρος για AIR OPTIX φακούς, ενώ η δεξιά στήλη είναι για τους AQUALENS φακούς.

5.7Μετρήσεις Ευαισθησίας Αντίθεσης

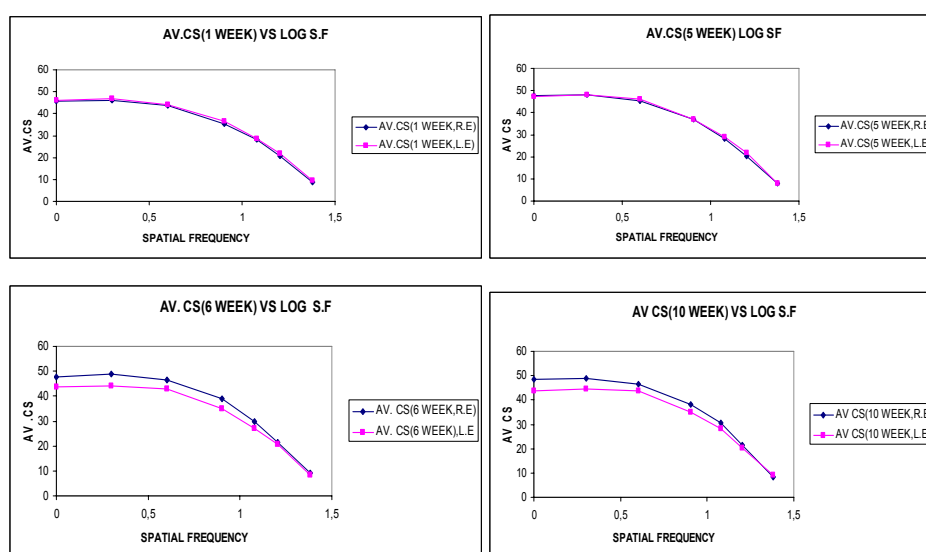
5.7.1Γραφήματα μέσου όρου ευαισθησίας αντίθεσης ανά οφθαλμό για όλες τις εβδομάδες μετρήσεων



Γράφημα 13. Μέσος όρος ευαισθησίας αντίθεσης των εξεταζόμενων για τον δεξιό και αριστερό οφθαλμό και για τις τέσσερις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης, την πρώτη, την πέμπτη,

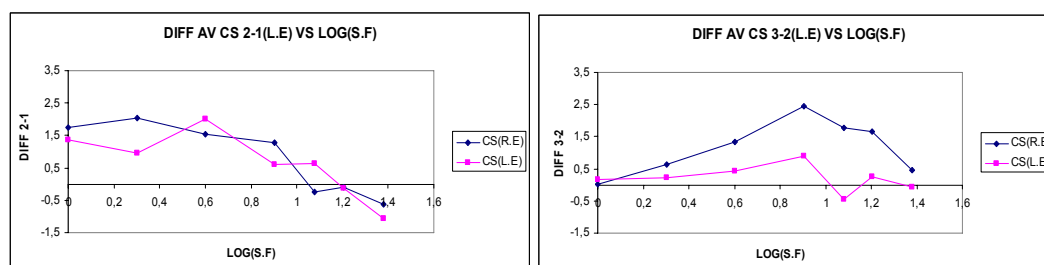
την έκτη εβδομάδα και τη δέκατη εβδομάδα. Παρατηρείται πτώση της ευαισθησίας αντίθεσης για τον αριστερό οφθαλμό στο δεύτερο στάδιο της μελέτης (έκτη και δέκατη εβδομάδα μετρήσεων). Οι τιμές των μέσων όρων ευαισθησίας είναι περίπου ίδιες, με μια μικρή πτωτική διαφορά την πρώτη εβδομάδα για το δεξιό οφθαλμό.

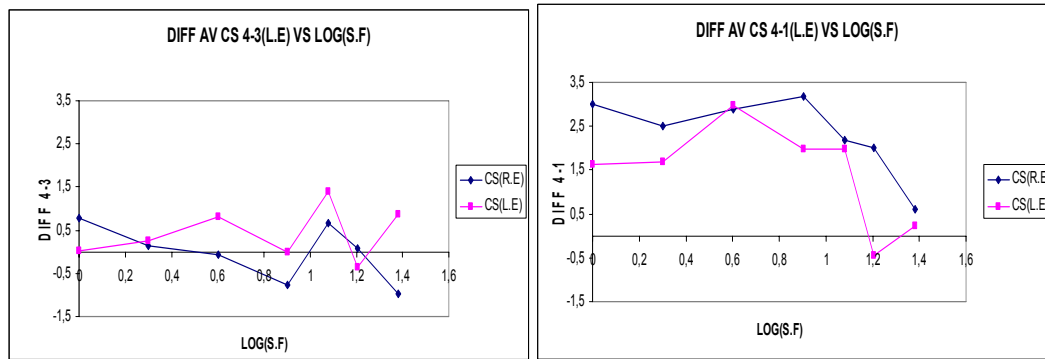
5.7.2 Σύγκριση δεξιού-αριστερού οφθαλμού ανά εβδομάδα



Γράφημα 14. Σύγκριση μέσου όρου ευαισθησίας αντίθεσης των εξεταζόμενων ανά εβδομάδα μέτρησης.

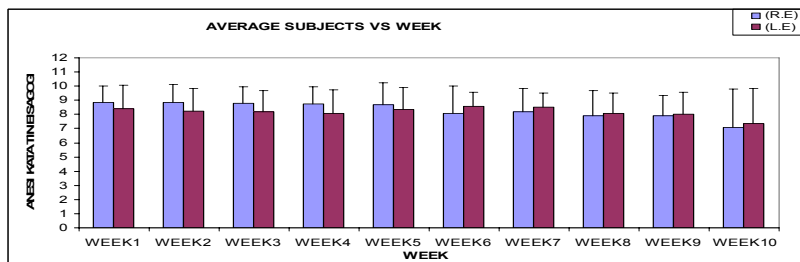
5.7.3 Σύγκριση διαφορών μέσων όρων ευαισθησίας αντίθεσης μεταξύ σταδίων μελέτης για τους δύο οφθαλμούς



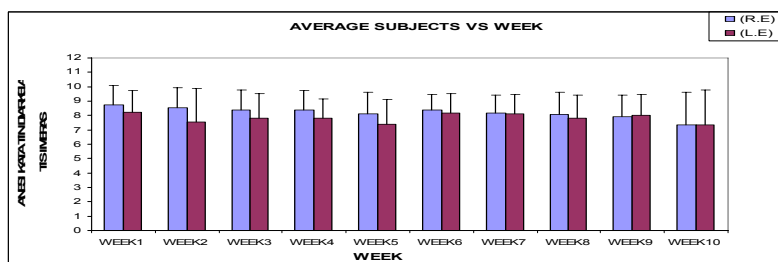


Γράφημα 15. Γραφήματα διαφορών ευαισθησίας αντίθεσης των εξεταζόμενων, μεταξύ των εβδομάδων μετρήσεων για τους δύο οφθαλμούς. Στον αριστερό οφθαλμό παρατηρείται πτώση της ευαισθησίας αντίθεσης στους 16 c/deg (1,2 σε λογαριθμική κλίμακα πλην της διαφοράς τρίτου με δεύτερου σταδίου που παρατηρείται στους 12 c/deg μεταξύ 1 και 1,2 στην λογαριθμική κλίμακα).

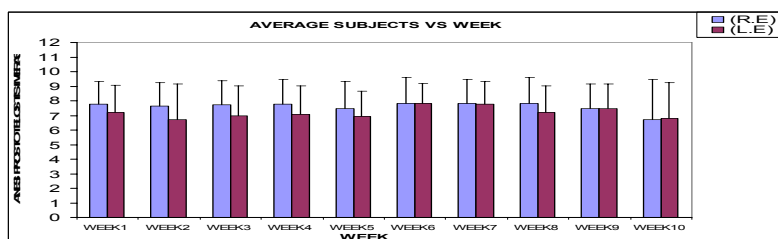
5.8. Σύγκριση μέσων όρων δεξιού-αριστερού οφθαλμού ως προς τα δεδομένα αξιολόγησης καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.



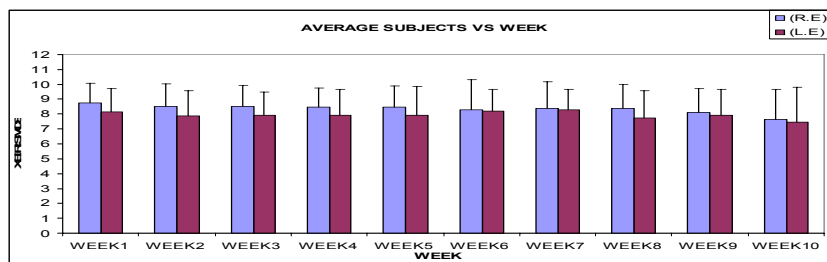
Γράφημα 16. Άνεση κατά την εισαγωγή



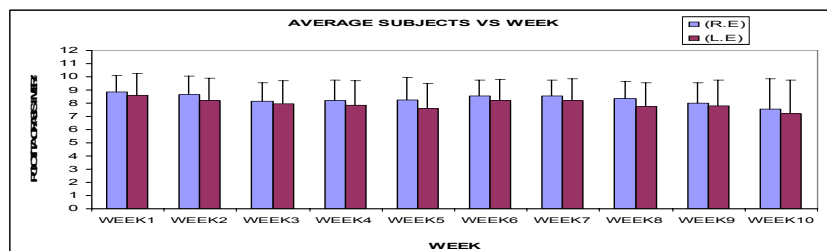
Γράφημα 17. Άνεση κατά τη διάρκεια της ημέρας



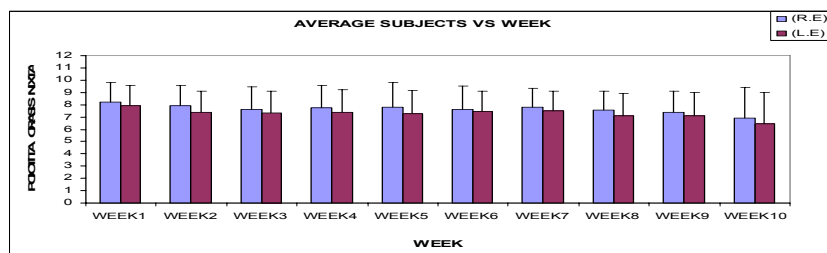
Γράφημα 18. Άνεση προς το τέλος της ημέρας.



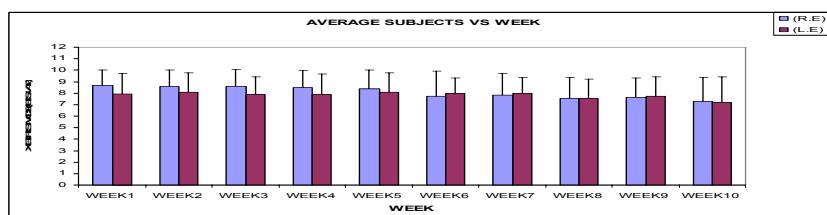
Γράφημα 19. Άνεση ως προς τον χειρισμό.



Γράφημα 20. Άνεση ως προς την ποιότητα όρασης την ημέρα



Γράφημα 21. Άνεση ως προς την ποιότητα όρασης την νύχτα.



Γράφημα 22. Άνεση ως προς τον χειρισμό (εισαγωγή/αφαίρεση)

Εκτελώντας paired t-test με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ μεταξύ δεξιού(AIR OPTIX) και αριστερού οφθαλμού(AQUALENS) παρατηρείται ισχυρή στατιστική σημαντική διαφορά **ως προς το χειρισμό, ως προς την ποιότητα άνεσης την ημέρα και ως προς την ποιότητα όρασης την νύχτα** με τον AIR OPTIX φακό να **πλεονεκτεί** ενώ δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την άνεση κατά την εισαγωγή, την άνεση κατά την διάρκεια της ημέρας, την άνεση προς το τέλος της ημέρας και τον χειρισμό

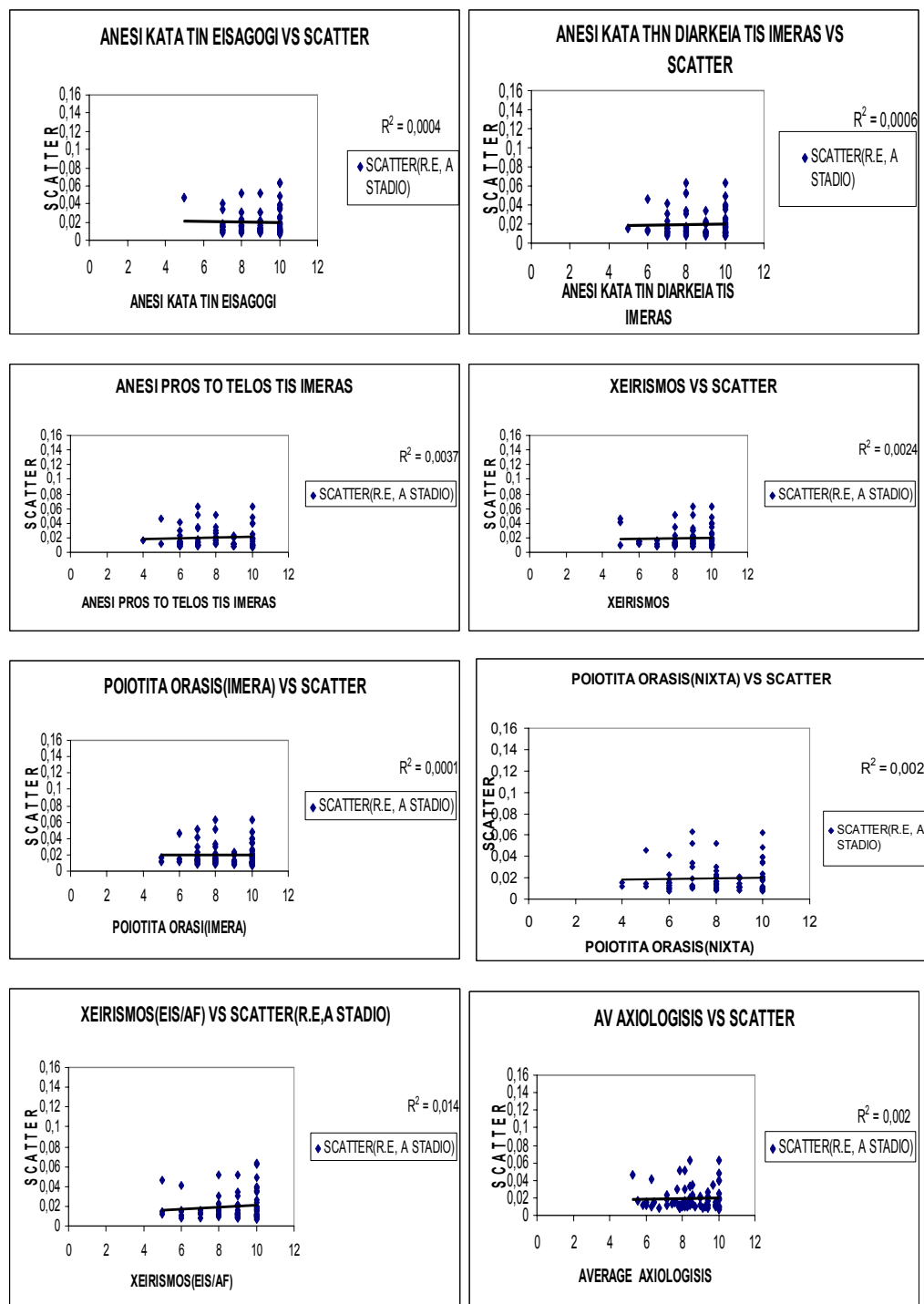
κατά την εισαγωγή και αφαίρεση, καθόλη την διάρκεια της μελέτης. Ο φακός AIR OPTIX όπως φαίνεται από τα γραφήματα, και επιβεβαιώνοντας στατιστικά με paired t-test μεταξύ δεξιού και αριστερού οφθαλμού ανά στάδιο υπερτερεί σε σχέση με τον AQUALENS στο πρώτο στάδιο, **ως προς την άνεση κατά την εισαγωγή** εν αντιθέσει με το δεύτερο στάδιο που υπερτερεί ο AQUALENS. Ο AIR OPTIX επίσης φαίνεται να υπερτερεί στο πρώτο στάδιο ως προς την άνεση κατά την διάρκεια της ημέρας, την άνεση προς το τέλος της ημέρας ,στον χειρισμό και την άνεση στο χειρισμό (εισαγωγή/αφαίρεση) αλλά αυτή η διαφορά δεν παρατηρείται για τον AIR OPTIX στο Β στάδιο. Στον πίνακα σύγκρισης των δεδομένων αριστερού δεξιού κατά στάδιο συνοψίζονται τα παραπάνω. Με χρώμα μπλε σημειώνεται στο πίνακα η υπεροχή του AIR OPTIX με κίτρινο του AQUALENS και με γκρι καμία στατιστικά σημαντική διαφορά.

R.E VS L.E(10 WEEK)	T	P value
ANESI KATA TIN EISAGOGI	0,97120708	0,356821378
ANESI KATA TIN DIARKEIA TIS IMERAS	3,484964593	0,006884515
ANESI PROS TO TELOS TIS IMERAS	3,317829888	0,008971277
XEIRISMOS	5,250051839	0,000527661
POIOTITA ORASIS IMERAS	7,347980193	0,000043
POIOTITA ORASIS NIXTA	9,259444783	0,00000676
XEIRISMOS (EIS/AF)	2,030975455	0,072819572

R.E(AIR OPTIX) VS L.E(AQUALENS) A STADIO	T	P Value
ANESI KATA TIN EISAGOGI	8,94427191	0,000864211
ANESI KATA TIN DIARKEIA TIS IMERAS	8,326663998	0,001136634
ANESI PROS TO TELOS TIS IMERAS	10,29563014	0,000502004
XEIRISMOS	23,51898929	0,000019
POIOTITA ORASIS IMERAS	4,673773191	0,009491602
POIOTITA ORASIS NIXTA	6,328318817	0,003191178
XEIRISMOS(EIS/AF)	7,902633289	0,001386977
R.E(AIR OPTIX) VS L.E(AQUALENS) B STADIO	T	P value
ANESI KATA TIN EISAGOGI	-4,275816728	0,012890406
ANESI KATA TIN DIARKEIA TIS IMERAS	1,385375252	0,238183019
ANESI PROS TO TELOS TIS IMERAS	0,797661543	0,469738523
XEIRISMOS	2,217854302	0,090828735
POIOTITA ORASIS IMERAS	5,177398217	0,006618163
POIOTITA ORASIS NIXTA	6,34544765	0,003159448
XEIRISMOS(EIS/AF)	-1,414213562	0,23019964

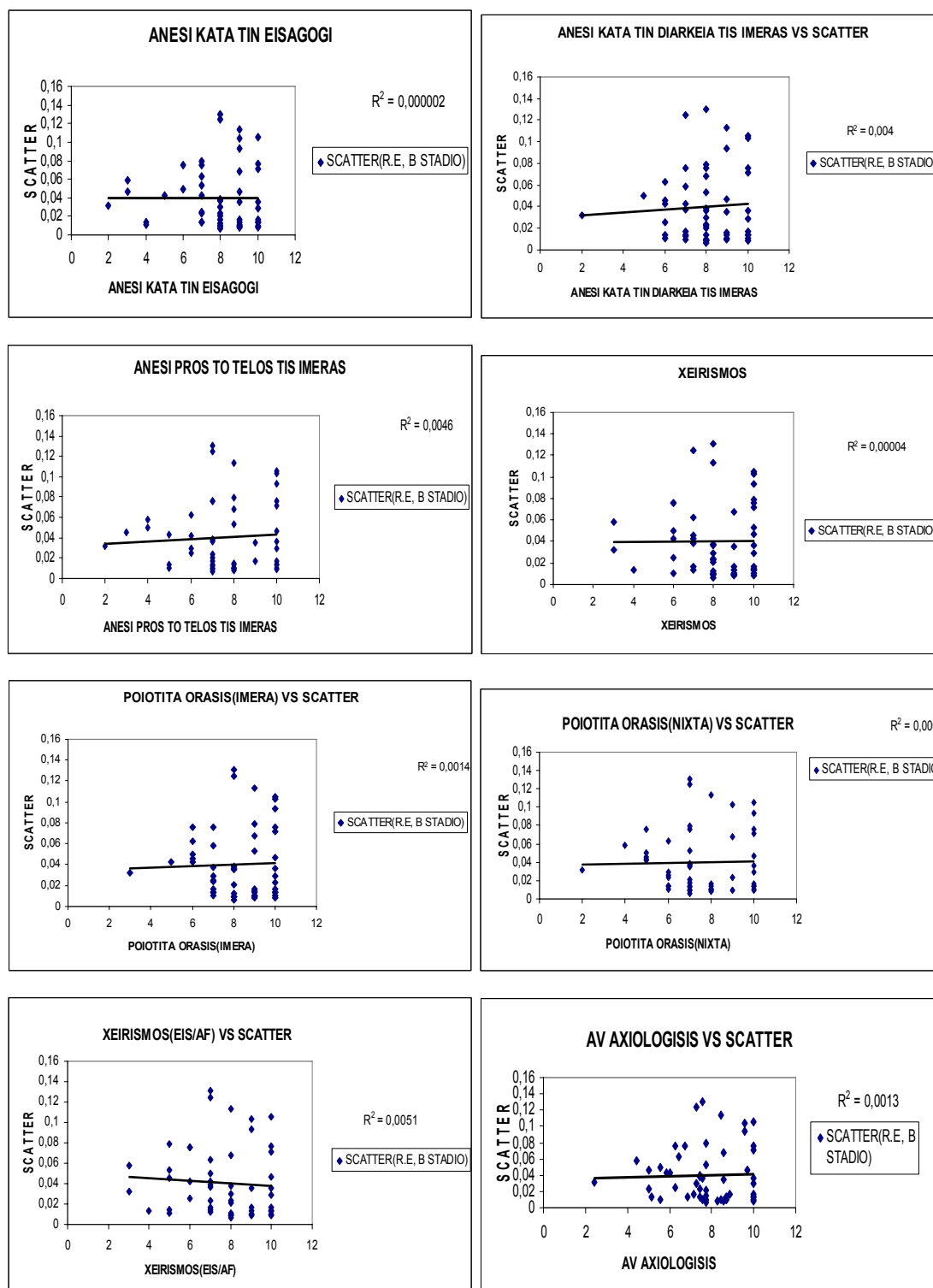
5.9 Συσχέτιση σκέδασης με δεδομένα αξιολόγησης

5.9.1 Δεξιός οφθαλμός, Πρώτο στάδιο



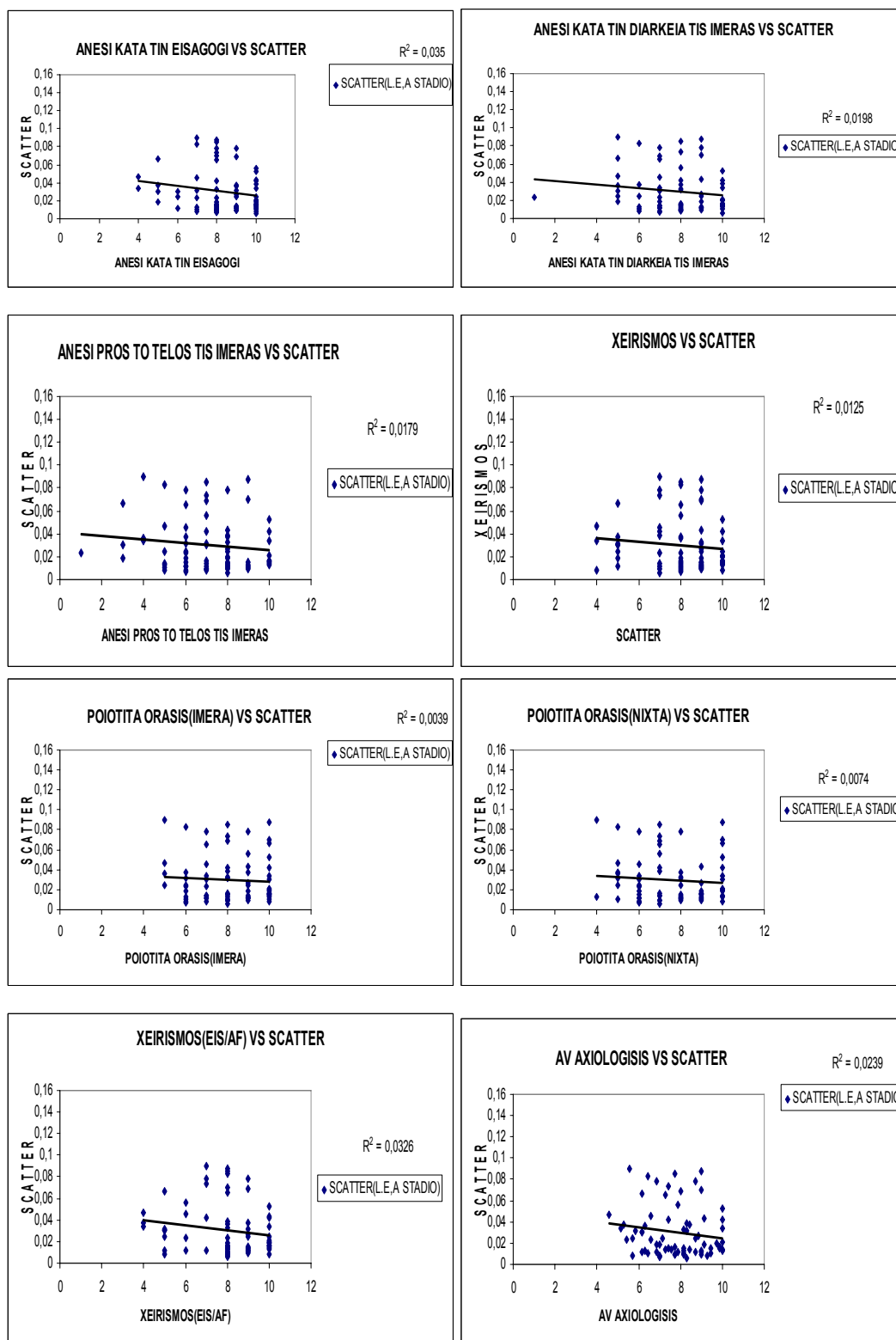
Γράφημα 23. Το σύνολο της σκέδασης των εξεταζόμενων, συναρτήσει των βαθμών αξιολόγησης ανά κριτήριο για το πρώτο στάδιο.

5.9.2 Δεξιός Οφθαλμός, Δεύτερο στάδιο



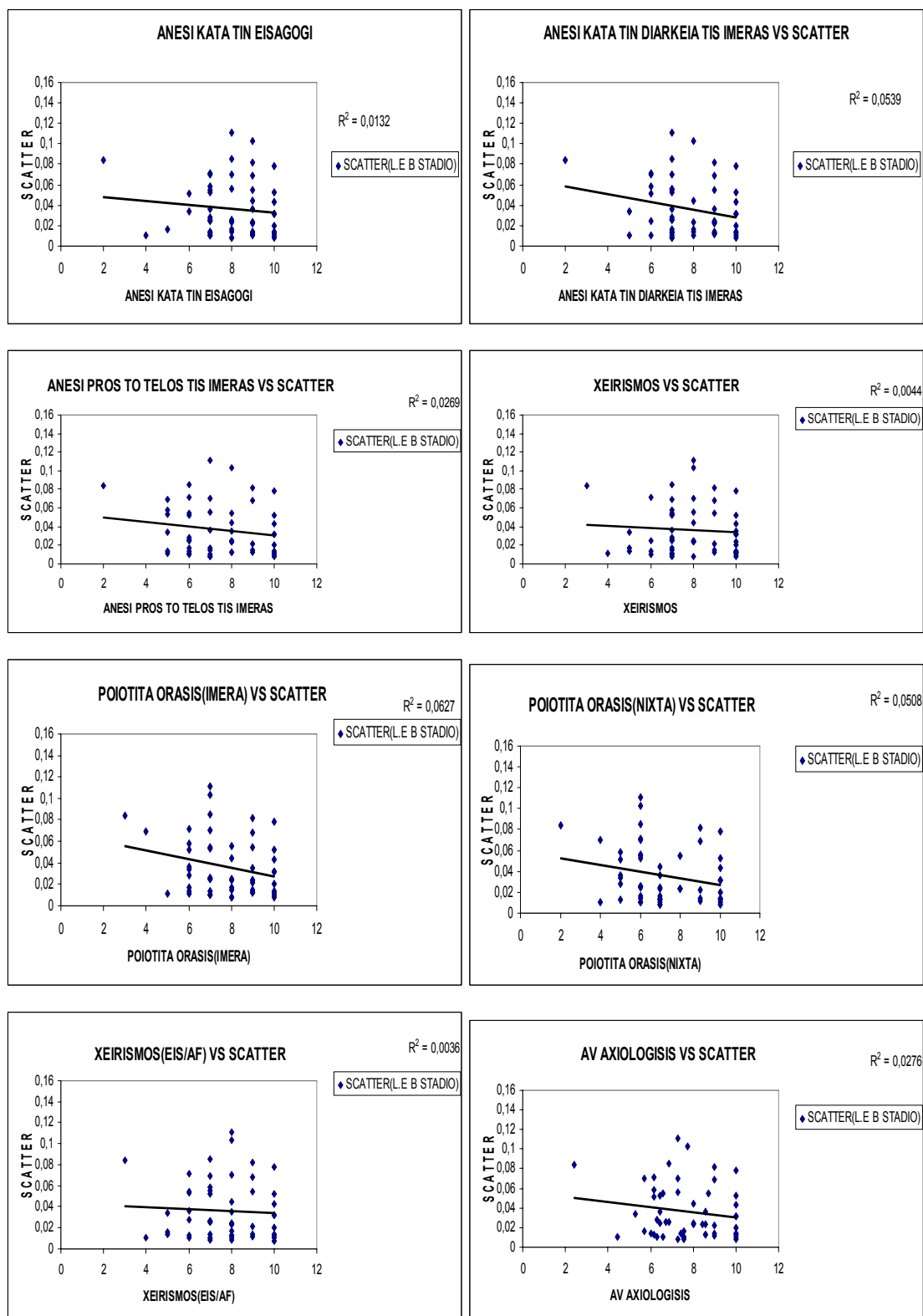
Γράφημα 24. Το σύνολο της σκέδασης των εξεταζόμενων συναρτήσει των βαθμών αξιολόγησης ανά κριτήριο για το πρώτο στάδιο.

5.9.3 Αριστερός Οφθαλμός ,Πρώτο Στάδιο



Γράφημα 25.

5.9.4 Αριστερός Οφθαλμός , Δεύτερο στάδιο



Γράφημα 26

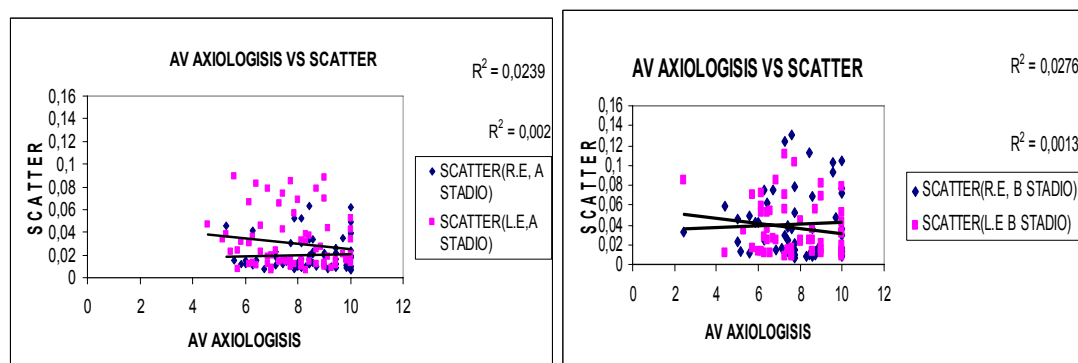
Από τα γραφήματα προκύπτει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση με τα υποκειμενικά δεδομένα αξιολόγησης για τον AIR OPTIX φακό (δεξιός οφθαλμός) και για τον AQUALENS φακό (αριστερό οφθαλμό). Το σύνολο των δεδομένων αξιολόγησης δίδει τον μέσο όρο αξιολόγησης (τελευταίο γράφημα δεξιά για κάθε οφθαλμό). Εκτελώντας ANOVA μεταξύ των δεδομένων ερωτηματολογίων και της σκέδασης για κάθε οφθαλμό και κάθε στάδιο, δεν προκύπτει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά ($\alpha=0,05$).

ANOVA	τιμή-P	F
R.E(A STADIO)	5,19167	388,3532
R.E(B STADIO)	1,113638	530,2495
L.E(A STADIO)	3,7001	393,4781
L.E(B STADIO)	1,06069	534,3357

Εκτελώντας ANOVA μεταξύ των δεδομένων των ερωτηματολογίων, προκύπτει στατιστική σημαντική διαφορά για το πρώτο στάδιο για το δεξιό οφθαλμό (AIR OPTIX), ενώ για τον αριστερό οφθαλμό προκύπτει στατιστική σημαντική διαφορά και για τα δύο στάδια (AQUALENS).

ANOVA	τιμή-P	F
R.E(A STADIO)	0,000014	5,539438
R.E(B STADIO)	0,16255502	1,544203
L.E(A STADIO)	0,000120871	4,67441
L.E(B STADIO)	0,04344331	2,188226

5.9.5 Συσχετίσεις συνολικής αξιολόγησης-σκέδασης αναφορικά με το πρώτο και δεύτερο στάδιο



Γράφημα 27

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιολόγηση των φακών επαφής απετέλεσε στόχο πληθώρας ερευνητικών ομάδων σχεδόν από την αρχή της διάθεσης φακών επαφής σε μαζική κλίμακα. Με την αξιολόγηση των φακών επαφής, τόσο σε υποκειμενικό όσο και σε αντικειμενικό επίπεδο, καταγράφονται και αναλύονται αδυναμίες και εξατομικευμένες ιδιαιτερότητες των χρηστών αποσκοπώντας στην βελτιστοποίηση της εφαρμογής των φακών επαφής. Η μελέτη της σκέδασης των φακών επαφής *in vitro*, ως αντικείμενο της παρούσας εργασίας, αποτελεί μια καινούργια μέθοδο αντικειμενικής αξιολόγησης των φακών. Η δυναμική αυτής της αξιολόγησης οφείλεται στο γεγονός ότι με άμεσο τρόπο εκτιμά την διαφάνεια των φακών με συμβατό τρόπο για τον χρήστη και με ελάχιστες αποκλίσεις από τα πραγματικά δεδομένα μετρήσεων (ελάχιστος θόρυβος μετρήσεων). Επίσης, μπορεί να αποτελέσει μέτρο συσχέτισης με άλλα τρόπους της αντικειμενικής αξιολόγησης φακών επαφής (π.χ. ομοεστιακή μικροσκοπία).

Σημαντική είναι η συνεισφορά των Hart& Farrell (Light scattering in the cornea,1969) και Bettelheim (Light scattering on normal human lens I,1979) στην κατανόηση του φαινομένου της οφθαλμικής σκέδασης. Η μελέτη της σκέδασης στον χώρο των επιστημών της όρασης έχει μελετηθεί στην διαθλαστική χειρουργική από διάφορες ερευνητικές ομάδες σε παγκόσμια κλίμακα, σε οφθαλμικούς φακούς (Van de berg et al,1992,1997,1999), καθώς και στον ανθρώπινο φακό (Mellerio, 1971).

Αξιόλογη είναι η μελέτη της Isidore Finkelstein (The Biophysics of corneal scatter and diffraction of light by contact lenses,1952), όπου ερευνάται η κερατοειδική σκέδαση σε σχέση με την εφαρμογή σκληρικών φακών επαφής. Στην συγκεκριμένη μελέτη, που απετέλεσε μέρος διδακτορικής διατριβής, η κερατοειδική σκέδαση σε ανθρώπους ποικίλλει, χωρίς να διαπιστώνεται αύξηση της σκέδασης, ενώ αύξηση της σκέδασης παρατηρείται σε πειραματόζωα στα οποία εφαρμόστηκαν πειραματικοί σκληρικοί φακοί επαφής 6 ώρες μετά την εφαρμογή φακών εμποτισμένων με διάλυμα

0,5%NaHCO₃. Μελέτη της σκέδασης σε χρήστες φακών επαφής έχει πραγματοποιηθεί με ψυχοφυσική μέθοδος (Elliot et al,1991). Στην μελέτη αυτή που μετράται η εμπρόσθια σκέδαση παρατηρείται αύξηση της σκέδασης συναρτήσει της ηλικίας και αύξηση της σκέδασης σε χρήστες υδρόφιλων φακών επαφής σε σχέση με αυτούς που φορούσαν ημίσκληρους μετά από αφαίρεση των φακών αυτών. **Ωστόσο πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι παραπάνω μελέτες ερεύνησαν την σκέδαση στον οφθαλμό με φακούς επαφής ή μετά από αφαίρεση τους και όχι την σκέδαση των φακών επαφής μετά από αφαίρεση τους από τον οφθαλμό, που αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης.** Μελέτη του θάμβους σε φακούς επαφής υδρογέλης έχει μελετηθεί από τους Applegate & Wolf (Disability glare increased by hydrogel wear, 1987).

6.1 Σκέδαση

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η σκέδαση των φακών επαφής δεν σχετίζεται με τις ώρες χρήσης των φακών επαφής, ενώ δεν προκύπτει καμία αύξηση της σκέδασης ανά εβδομάδα. Παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν και από την ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, οι φακοί AIR OPTIX εμφανίζουν μια τάση σταθεροποίησης του μέσου όρου σκέδασης, μεταξύ των εβδομάδων 3-7 κατά τις δέκα εβδομάδες της μέτρησης, σε σύγκριση με τους φακούς επαφής AQUALENS. *Το γεγονός αυτό ίσως να αποδοθεί στο ότι οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης εμφανίζουν περισσότερες εναποθέσεις λιπιδίων, που δεν εξαρτώνται τόσο από το υλικό του φακού όσο οι εναποθέσεις των πρωτεϊνών που είναι περισσότερες σε φακούς υδρογέλης, όπως οι AQUALENS, σε σύγκριση με τους φακούς επαφής σιλικόνης υδρογέλης, όπως οι AIR OPTIX.* Από την σύγκριση των φακών της ομάδας ελέγχου και των φακών των εξεταζόμενων δεν προκύπτει κάποια στατιστική σημαντική διαφορά ($p < 0,05$).

6.1.1 Η επίδραση του τρόπου μέτρησης της μετρούμενης σκέδασης

Οι προκύπτουσες μετρήσεις μπορεί να επηρεάζονται από την τοποθέτηση του φακού στην διάταξη των φακών (όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.1). Η μέτρηση της σκέδασης αφορά τις κεντρικές 2 μοίρες του φακού. Ενδεχόμενη μετακίνηση του προς μέτρηση φακού μπορεί να οδηγήσει σε μετρήσεις διαφορετικές από την επιθυμητή. Ακόμη, μικρές αμυχές στον φακό ή προκληθείσες κατά τη διάρκεια της μέτρησης επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα, καθώς μπορεί να βρίσκονται στο τμήμα του φακού που μετράται. Η παραμικρή επαφή του προς μέτρηση φακού με διάφορα αντικείμενα μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα της σκέδασης. Η έγχυση σταγόνας υγρού στην διάταξη φακών πέρα από μια πολύ μικρή δόση, φαίνεται να επηρεάζει τις μετρήσεις. Σε περίπτωση που φακός παραμείνει για μεγαλύτερο διάστημα από τον μέσο χρονικό διάστημα μέτρησης, δηλαδή πάνω από 5-10 λεπτά, αυτό υποκρύπτει το ενδεχόμενο να επηρεάζονται τα αποτελέσματα. Επίσης, η μέτρηση ενδεχόμενα να επηρεάζεται και από το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την ώρα αφύπνισης, έως την ώρα μέτρησης της σκέδασης των φακών. Για τους λόγους αυτούς, η διαδικασία μέτρησης ήταν τυποποιημένη.

6.1.2 Κερατοειδικός μεταβολισμός-σκέδαση

Η εκτεταμένη χρήση φακών επαφής επηρεάζει τον κερατοειδικό μεταβολισμό, προκαλώντας αύξηση του γαλακτικού οξέος, υποξία, ενώ μηχανικοί παράγοντες, όπως το συνεχόμενο τρίψιμο των βλεφάρων, μπορούν να επηρεάσουν την κερατοειδική επιφάνεια. Ο μεταβολισμός της επιθηλιακής επιφάνειας του κερατοειδούς που έρχεται σε άμεση επαφή με το φακό επαφής, με την εκτεταμένη χρήση των φακών επαφής, φαίνεται να υπόκειται σε ένα είδος <<συμβιβασμού>>, οπότε και είναι δεκτικότερη στην δημιουργία φλεγμονών (Holden et al, 1985). Οι βιοχημικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στον κερατοειδή μπορεί να επηρεάζουν την σκέδαση, καθώς οι αλλαγές στην ιστοχημεία του φακού σχετίζονται με αυξημένη σκέδαση.

6.1.3 Εναποθέσεις φακών επαφής –σκέδαση

Οι εναποθέσεις φακών επαφής δεν φαίνεται να επηρεάζουν την σκέδαση στους φακούς επαφής (Gellantly et al 1988, Mc Clure et al 1977). Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι σημαντικό ποσοστό σκέδασης προκύπτει, εφ' όσον οι εναποθέσεις των φακών έχουν φτάσει σε μια κρίσιμη συγκέντρωση (Elliot et al, 1991). Οι φακοί υδρογέλης τείνουν να εμφανίζουν τις μέγιστες εναποθέσεις πρωτεϊνών, ενώ οι φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης τις μέγιστες εναποθέσεις λιπιδίων. Οι πρωτεϊνικές εναποθέσεις δείχνουν να αυξάνονται σε ιοντικά υλικά (ομάδες II, IV κατά FDA), με την πάροδο του χρόνου, ενώ στα μη ιοντικά υλικά φαίνεται να μην αυξάνονται, (Maissa et al, 1998). Ο φακός υδρογέλης που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στην ομάδα IV. Σημαντικό γεγονός που επηρεάζει τις εναποθέσεις είναι και ο τρόπος χρήσης (παρατεταμένος ή μη), καθώς και τα υγρά φακών επαφής (Nichols, 2006). Παλιότερη μελέτη έδειξε ότι στους δύο οφθαλμούς εμφανίζονται ίδιες πρωτεϊνικές εναποθέσεις (Yan et al., 1993).

6.2. Επίδραση χειρισμού-σκέδασης

Από τις αναλύσεις των ερωτηματολογίων προκύπτει ότι υπάρχει ισχυρή στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ AIR OPTIX και AQUALENS ως προς το χειρισμό, ως προς την ποιότητα όρασης την ημέρα και ως προς την ποιότητα όρασης την νύχτα. Τόσο για τον AIR OPTIX φακό όσο και για AQUALENS, δεν προκύπτει κάποια συσχέτιση της σκέδασης με τα δεδομένα των ερωτηματολογίων και στα δύο στάδια μελέτης. Από την ανάλυση διασποράς κατά ένα παράγοντα για τον αριστερό και δεξιό οφθαλμό και για τα δύο στάδια μεταξύ των υποκειμενικών δεδομένων αξιολόγησης και της μετρούμενης σκέδασης, δεν προκύπτει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά. Η συσχέτιση χειρισμού– σκέδασης δεν έχει μελετηθεί προηγουμένως. Η σκέδαση δεν είναι στατιστικά σημαντική, καθώς οι μετρούμενες σκέδασης είναι πολύ μικρές ποσοτικά.

6.3.Ευαισθησία αντίθεσης και σκέδαση

Η ευαισθησία αντίθεσης δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τους AIR OPTIX φακούς επαφή στο πρώτο στάδιο, ενώ στο δεύτερο στάδιο εμφανίζεται μια πτωτική τάση για τους AQUALENS φακούς στο δεύτερο στάδιο. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην δυσανεξία που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό των εξεταζόμενων με τους φακούς επαφής AQUALENS. Έχει βρεθεί ότι με την χρήση μαλακών συμβατικών φακών επαφής παρατηρείται κάποιος βαθμός πτώσης της ευαισθησίας αντίθεσης (Applegate & Massof 1975, Tomlinson & Mann 1985, Wachler et al, 1999). Επίσης, σε κάθε μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την 1,5,6,10 εβδομάδα, ο μέσος όρος ευαισθησίας αντίθεσης, όπως προκύπτει και από τα γραφήματα, παρουσιάζει μια χαρακτηριστική σταθερότητα και για τους δύο φακούς. Στην σύγκριση διαφόρων σταδίων μεταξύ δεξιού-αριστερού οφθαλμού ως προς το μέσο όρο των διαφορών φαίνεται να υπάρχει μια μικρότερη διαφορά ως προς τον AQUALENS φακό στην διαφορά έκτη από πέμπτη εβδομάδα και δέκατης εβδομάδα από πρώτη εβδομάδα, αν και στις διαφορές μεταξύ μέτρησης δέκατης εβδομάδας και έκτης εβδομάδας της μελέτης ο AIR OPTIX παρουσιάζει μικρότερη διαφορά. Χαρακτηριστική πτώση της διαφοράς ευαισθησίας αντίθεσης παρατηρείται στους φακούς AQUALENS στα 16 c/deg (εκτός της διαφοράς ευαισθησίας αντίθεσης μεταξύ μέτρησης έκτης εβδομάδας και πέμπτης εβδομάδας που παρατηρείται στα 12 c/deg). Τα παραπάνω συμπεράσματα δεν φαίνεται να σχετίζονται με μεταβολές τις σκέδασης καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, αλλά αντίθετα με την εφαρμογή αυτή. Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής ενός φακού επαφής, προστίθενται τρεις αντανακλαστικές επιφάνειες (η πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια της οπισθοφακικής δακρυϊκής στοιβάδας, και η πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του φακού επαφής, η οπίσθια επιφάνεια του φακού επαφής και η πρόσθια της οπισθοφακικής δακρυϊκής στοιβάδας είναι ίδια). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα περισσότερο σκεδαζόμενο φως να φθάνει στον αμφιβληστροειδή, οπότε μειώνεται η αντίθεση των αμφιβληστροειδικών εικόνων. Ωστόσο, πρόσφατη μελέτη συσχετίζει την ευαισθησία αντίθεσης σε νυχτερινές συνθήκες με την σκέδαση (Hohberger et al, 2007).

6.4 Οπτική οξύτητα και σκέδαση

Ο μέσος όρος οπτικής οξύτητας των AIR OPTIX (δεξιός οφθαλμός) φακών αυξάνεται σταδιακά για τις μετρήσεις της πρώτης της πέμπτης και της έκτης εβδομάδας και μειώνεται την δέκατη εβδομάδα μετρήσεων. Ο μέσος όρος οπτικής οξύτητας των AQUALENS φακών αυξάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Δεν παρατηρείται πτώση της οπτικής οξύτητας μεταξύ της πέμπτης και έκτης εβδομάδας, όπου η πέμπτη εβδομάδα αποτελεί το τέλος του πρώτου σταδίου και η έκτη εβδομάδα αποτελεί την αρχή της μελέτης του δευτέρου σταδίου. Κάτι τέτοιο θα ήταν αναμενόμενο, καθώς οι συμμετέχοντες εφαρμόζουν καινούργιους φακούς, και πτώση της οπτικής οξύτητας μπορεί να αποδοθεί σε προσαρμογή του οφθαλμού στους νέους φακούς. Παρ' όλα αυτά δεν παρατηρείται κάτι τέτοιο. Στα αποτελέσματα της οπτικής οξύτητας πρέπει να ληφθεί υπόψη το διάστημα από την ώρα αφύπνισης έως το χρόνο εξέτασης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τροποποιημένους πίνακες EDTRS. Μετρήσεις με διαφορετικά οπτότυπα θα επηρέαζαν τα τελικά αποτελέσματα (Bailey et al, 2001), καθώς οπτότυπα που χρησιμοποιούνται προς εξέταση διαφέρουν ως προς τον αριθμό γραμμάτων ανά σειρά, τον τρόπο κατασκευής των γραμμάτων, την απόσταση των γραμμάτων, την απόσταση εξέτασης. Ενδεχόμενη πιθανή συσχέτιση των αποτελεσμάτων της οπτικής οξύτητας με τη σκέδαση μπορεί να ερμηνευθεί, όπως και στις μετρήσεις ευαισθησίας αντίθεσης. Με συμβατικούς μαλακούς φακούς επαφής έχει βρεθεί ότι παρατηρείται πτώση της οπτικής οξύτητας σε χαμηλή ευαισθησίας αντίθεσης, όπως και οι συνθήκες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις της οπτικής οξύτητας.

6.5.ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

6.5.1 Ερωτηματολογία-Οδηγίες χρήσεως

Μια βασική αδυναμία της μελέτης είναι το μέρος της υποκειμενικής αξιολόγησης των φακών επαφής. Η υποκειμενική αξιολόγηση γίνεται μέσω ερωτηματολογίων που μοιράστηκαν κατά την έναρξη της μελέτης. Τα

παραπάνω αποτελούν αντικείμενο προβληματισμού σε πολλές μελέτες που περιλαμβάνουν υποκειμενικά στοιχεία αξιολόγησης. Ωστόσο, ο βαθμός συνέπειας είναι δύσκολο να καθορισθεί. Η τήρηση των οδηγιών χρήσεως από τους συμμετέχοντες συμβάλλει καταλυτικά στα αποτελέσματα της μετρούμενης σκέδασης. Σε κάποιες περιπτώσεις εξεταζόμενοι έδιναν τους προς μέτρηση φακούς σε άλλη θήκη από αυτή που έχει δοθεί ή ανέφεραν τη χρήση καλλυντικών. Ακόμη, λόγω του γεγονότος ότι η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά την θερινή περίοδο του έτους, ενδέχεται μέρος των συμμετεχόντων να χρησιμοποίησε τους φακούς του κατά τη διάρκεια της κολύμβησης. Παράγοντες σαν τους παραπάνω μεταβάλλουν τα αποτελέσματα μιας μέτρησης κατά τρόπο σημαντικό.

6.5.2 Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες στην συγκεκριμένη μελέτη ήταν συμπτωματικά μόνο γυναίκες. Η συμμετοχή ανδρών στην μελέτη ανδρών ενδέχεται να οδηγούσε σε διαφορετικά αποτελέσματα. Η σύγκριση της συνολικής σκέδασης στους άντρες συμμετέχοντες σε σύγκριση με τους συνολική σκέδαση ως προς τις γυναίκες συμμετέχοντες ενδέχεται να αποκαλύπτει διαφορές ως την συσχέτιση του φύλου με την σκέδαση. Επίσης, ενδεχόμενος μεγαλύτερος αριθμός συμμετεχόντων θα συνέβαλε θετικά στην βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων. Ακόμη, στο δεύτερο στάδιο της μελέτης οι συμμετέχοντες ήταν 11 από τους 15 που συμμετείχαν αρχικά στην μελέτη. Η συμμετοχή και των δεκαπέντε στο δεύτερο στάδιο θα είχε ως αποτέλεσμα τα αποτελέσματα να ήταν απόλυτα συγκρίσιμα.

6.5.3 Μέτρηση σκέδασης πριν την εφαρμογή

Ενδιαφέρουσα θα ήταν η μέτρηση των προς χρήση φακών πριν την εφαρμογή τους, έτσι ώστε οι μετρήσεις αυτές να αποτελούν σημείο αναφοράς ως προς την εξέλιξη της σκέδασης κατά τη διάρκεια της μελέτης. Η συσχέτιση των αρχικών αυτών μετρήσεων με τις μετέπειτα μετρήσεις θα μπορούσε να

ερμηνεύσει την επίδραση του κερατοειδικού μεταβολισμού και των εναποθέσεων στην σκέδαση με καλύτερο τρόπο.

6.5.4 Σύγκριση

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με σύγκριση μελετών με παρόμοιο ερευνητικό ενδιαφέρον.

6.5.5 Χρονική διάρκεια

Κατά τη διάρκεια της μελέτης δεν παρεμβλήθηκε κανένα χρονικό διάστημα (1 εβδομάδα) μεταξύ των σταδίων. Επίσης, πριν την έναρξη της μελέτης, δεν παρεμβλήθηκε το διάστημα των 48 ωρών, για όλους τους συμμετέχοντες, όπου οι συμμετέχοντες δεν θα φορούσαν φακούς επαφής.

6.5.6 Εκμάθηση

Η σημασία της εκμάθησης επηρεάζει τις μετρήσεις ευαισθησίας αντίθεσης, κυρίως, και στις μετρήσεις οπτικής οξύτητας κατά ένα μικρότερο ποσοστό. Άτομα που είναι εξοικειωμένα με μετρήσεις ευαισθησίας αντίθεσης, εμφανίζουν βελτίωση σε σχέση με αυτούς που δεν εξοικειωμένοι με τέτοιου είδους μετρήσεις. Ακόμη, ο παράγοντας εκμάθησης ενδέχεται να επηρεάζει τις μετρήσεις οπτικής οξύτητας, καθώς εξεταζόμενοι που εξετάζονται με τον ίδιο οπτότυπο ενδέχεται μετά από ένα αριθμό μετρήσεων να απομνημονεύουν τα γράμματα. Για την ελαχιστοποίηση τέτοιων παραγόντων προβαλλόταν ένα διαφορετικός πίνακας για κάθε οφθαλμό, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

6.6 Μελλοντική Εργασία

Η μελέτη της σκέδασης στους φακούς επαφής δύναται να ανοίξει ένα καινούργιο πεδίο έρευνας. Η επέκταση της μελέτης σε μεγαλύτερες πληθυσμιακές ομάδες και για περισσότερα είδη φακών επαφής θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα και θα πιστοποιήσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Ακόμη, αλλαγές στον τρόπο μέτρησης της σκέδασης με την συγκεκριμένη οπτική διάταξη μπορούν να συμβάλουν στην βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η προοπτική της μέτρησης της σκέδασης, in vivo όπως στην παρούσα μελέτη, φακών επαφής κλασικής και ειδικής κατασκευής από διάφορες κατασκευαστικές εταιρίες, όπως σε χρήστες κερατοκωνικών φακών επαφής. Η ποσοτικοποίηση των δεδομένων και η σύγκριση μεταξύ τους ίσως μπορέσει να λειτουργήσει ως δυνατότητα διάγνωσης. Έτσι στην περίπτωση των κερατοκωνικών φακών επαφής, επί παραδείγματι, το ποσοστό της σκέδασης που εμφανίζεται σε χρήστες ασθενείς από κερατόκωνο μπορεί να λειτουργήσει διαγνωστικά παράλληλα με την τοπογραφία κερατοειδούς. Παρόμοιες εφαρμογές θα είχαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για χρήστες φακών επαφής μετά από μεταμόσχευση κερατοειδούς ή μετά από διαθλαστική χειρουργική, όπου η σκέδαση είναι υψηλή αρκετό διάστημα μετά την εγχείρηση. Σε επίπεδο κατασκευαστικό θα μπορούσε να πιστοποιηθεί η διαφάνεια των φακών επαφής και η αντοχή τους στις εναποθέσεις καταδεικνύοντας την αντοχή τους στην πάροδο του χρόνου, με τρόπο παρόμοιο, όπως μετρήθηκαν οι φακοί της ομάδας ελέγχου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γεώργιος Ασημέλλης (2006), *Οπτική και Υπερόραση (Από την κλασική στις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις)*.
2. Γεώργιος Θεοδοσιάδης (1996), *Επίτομη Οφθαλμολογία*, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.
3. Ιωάννης Ξ. Κολιόπουλος (1997), *Φακοί επαφής, Σύγχρονη Θεώρηση*, Επιστημονικές εκδόσεις 'ΓΡ ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΣ'.
4. Atchinson David, Smith George (2000), *Optics of the human eye*, Elsevier Health Sciences.
5. Andrew Gasson, Judith Morris (2003), *The Contact Lens Manual, a practical guide to fitting*, 3rd edition, Butterworth-Heinemann.
6. Mark.J. Mannis, Karla Zadnik, Cleusa Coral-Ghanem, Newton Kara-Jose(2003), *Contact Lenses In Ophthalmic Practice*, Springer.
7. *Optometric Clinical Practice Guideline Care Of The Contact Lens Patient*, 2nd Edition (2006), American Optometric Association.

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- 1.WWW.CIPLADOC.COM
- 2.WWW.CLSPECTRUM.COM
- 3_ WWW.DRKAPUST.COM.
- 4.WW.IATOR.GR

5.WWW.LASERVISION.GR

6.WWW.TRANOUDIS.GR

7.WWW.UNITEFORSIGHT.ORG

ΑΡΘΡΑ

1. Bailey Melissa D. et al 'Visual acuity in contact lens wearers', Optom Vis Sci 2001;78:726-731.
2. Bettelheim, A.B, 'Light scattering in lens research: an essay on accomplishments and promises' .Exp Eye Res, 2004, 79, p. 747-752.
3. Brennan, N.A et al, 'Proposed practice guideline for continuous contact lens wear', Clin Expl Optom,2001Vol 84,p.71-77.
4. Bruce, A 'Local oxygen transmissibility of disposable contact lenses', Contact Lens & Anterior Eye, 2003, Vol 26, p.189-196.
5. Donshik, C Peter, 'Extented wear contact lenses', Ophthalmol Clin N Am 16 (2003) 79-87.
6. Dumbleton Kathy, 'Adverse events with silicone hydrogel continuous wear', Contact Lens & Anterior Eye 25 (2002) 137-146.
7. Efron Nathan et al 'The size, location, and clinical severity of corneal infiltrative events associated with contact lens wear', Optom Vis Sci 2005;82 :519-527.
8. Efron Nathan et al., 'The oxygen permeability and water content of silicone hydrogel contact lens materials', Optom Vis Sci 2007;84:E328-E337.

9. Elliot D.B et al., 'Factors affecting light scatter in contact lens wearers', *Optom Vis Sci* 1991;68: 629-633.

10. Finkelstein Isidore, 'The biophysics of corneal scatter and diffraction of light induced by contact lenses', *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry* 1952; 5:231-259.

11. Guoying Yan et al., 'Quantitation of total protein deposits on contact lenses by means of amino acid analysis', *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34:1804-1813.

12. Hazel , A. Charlotte and Elliot B. David, 'The dependency of LogMAR visual acuity measurements on chart design and scoring rule', *Optom Vis Sci* 2002;79:788-792.

13. Hohberger Bettina et al 'Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC® 6500: influence of age and glare', *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* (2007) 245:1805–1814.

14. Hongjun Jiang et al., 'A comparison of wavefront aberrations in eyes wearing different types of contact lenses', *Optom Vis Sci* 2006;83:769-774.

15. Friederich, J.D, 'Continuous wear: The long and winding road'.
Submission to the American Optometric Association Contact Lens and Cornea Section Student Research Awards Committee.

16. Key, E. James, 'Development of contact lenses and their worldwide use', *Eye & Contact Lens* 33(6):343-345, 2007.

17. Klyce, SD, 'Rabbit oedema osmotically following epithelial hypoxia in the Stromal lactate accumulation can account for corneal', *J. Physiol.* 1981;321 ;49-64.

18. Lorentz, H. and Jones L, 'Lipid deposition on hydrogel contact lenses:How history can help us today', *Optom Vis Sci*,2007,Vol 84,p.286-295.

19. Loretta Szczotka-Flynn et al., 'Predictive factors for corneal infiltrates with continuous wear of silicone hydrogel contact lenses', *Arch Ophthalmol*, 2007;125:488-492.

20. Maissa,Cecille et al., 'Influence of contact lens material surface characteristics and replacement frequency on protein and lipid deposition' *Optom Vis Sci* 1998 ;75:697-705.

21. Mariarz, E.Peter et al., 'Lipid deposition on silicone hydrogels lenses, Part I: Quantification of oleic acid,oleid acid methyl ester,and cholesterol', *Eye & Contact Lens* 32(6):300-3007,2006.

22. Nichols, J. Jason, 'Deposition rates and lens care influence on Garyfilcon A silicone hydrogel lenses', *Optom Vis Sci* 2006 ;83:751-757.

23. Pritchard Nicola et al., 'Epithelial inclusions in association with mucin ball development in high-oxygen permeability hydrogel lenses', *Optom Vis Sci* 2000; 77:68-72.

24. Stapleton F. et al., 'Silicone hydrogels contact lenses and the ocular surface', *The Ocular Surface* 2006,Vol 4, p.24-43.

25. Tighe J. Brian et al., ' The patient-dependent and material-dependent factors in contact lens deposition process', *Advances in experimental medicine and biology* 1998,Vol 438,p 745-751.

ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ-ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

1.Γεωργιάδου Στέλλα, *Αποκατάσταση κερατοειδούς μετά από τη διακοπή χρήσης φακών επαφής*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2005-2006.

2. Γκίνης Χαρίλαος , 'Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού, Μέρους Πρώτο, γενικά ανατομικά χαρακτηριστικά.' Σημειώσεις του μαθήματος Φυσιολογική Οπτική, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Οπτική και Όραση, ακαδημαϊκό έτος 2006-2007.

3. Γκίνης Χαρίλαος, 'Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού, Μέρους Δεύτερο, φακός, κόρη και άξονες οφθαλμού.' Σημειώσεις του μαθήματος Φυσιολογική Οπτική, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Οπτική και Όραση, ακαδημαϊκό έτος 2006-2007.

4. Κυμιωνής Γεώργιος, 'Κρυσταλλοειδής φακός (ανατομία, ιστολογία, φυσιολογία, οπτική, καταρράκτης). Σημειώσεις του μαθήματος Φυσιολογική Οπτική, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Οπτική και Όραση, ακαδημαϊκό έτος 2006-2007.

5. Καλλίνικος Παναγιώτης, 'Φακοί Επαφής' Σημειώσεις του μαθήματος Φυσιολογική Οπτική & Εφαρμογές I, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Οπτική και Όραση, ακαδημαϊκό έτος 2006-2007.

6. Πλαίνης Σωτήρης, 'Οφθαλμικοί Φακοί-Φακοί Επαφής', Σημειώσεις του μαθήματος Φυσιολογική Οπτική & Εφαρμογές I, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Οπτική και Όραση, ακαδημαϊκό έτος 2006-2007.

7. Καβρουλάκη Δήμητρα, "Ένθεση Περιθλαστικών Πολυεστιακών Ενδοφακών Μετά Από Επέμβαση Καταρράκτη. Ασφάλεια Και Αποτελεσματικότητα.' Μεταπτυχιακή Εργασία, Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2005.

8. Πεντάρη Ηρώ (Επιβλέπων Γκίνης Χαρίλαος) 'Οφθαλμική Σκέδαση' Σημειώσεις του μαθήματος Ποιότητα Ειδώλου & Επεξεργασία Οπτικού Σήματος, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Οπτική και Όραση, ακαδημαϊκό έτος 2007-2008.

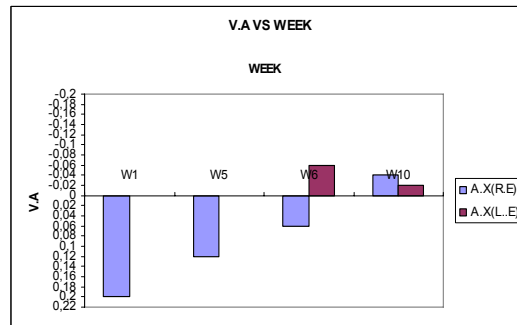
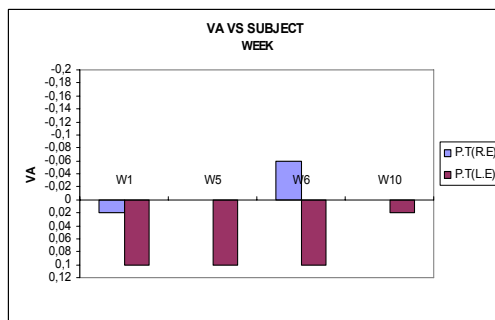
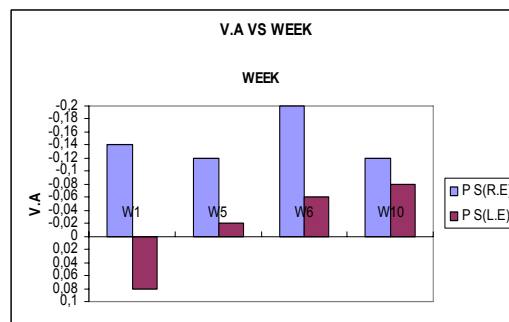
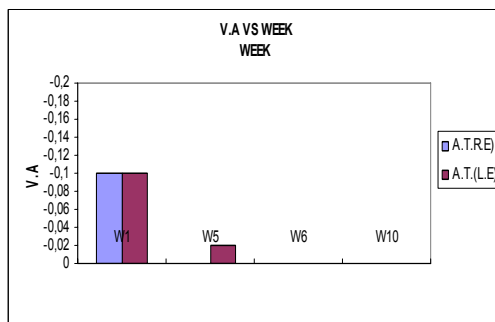
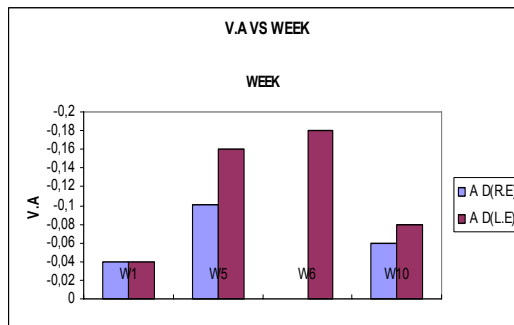
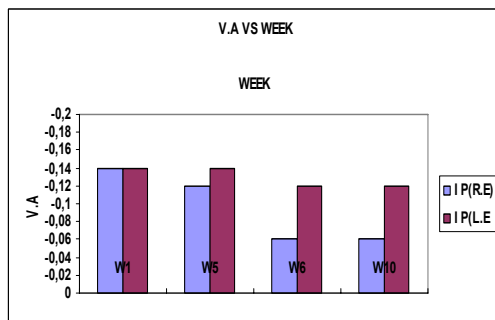
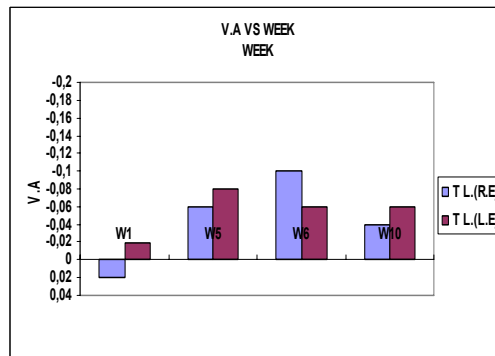
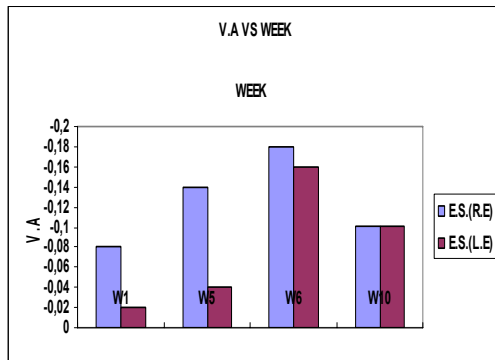
9. Σγουρός Ιωάννης, 'Ένα φυσικό μοντέλο που προσομοιώνει την σκέδαση στον κερατοειδή μετά από επεμβάσεις διαθλαστικής χειρουργικής βασισμένο σε μικροσφαιρίδια γυαλιού εμποτισμένα σε διάλυμα κολλαγόνου.' Μεταπτυχιακή Εργασία, Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2005-2006.

10. Τρισεύγενη Γιαννακοπούλου, 'Αξιολόγηση Ευαισθησίας Φωτεινής αντίθεσης μετά από Διαθλαστική Χειρουργική' Μεταπτυχιακή Εργασία, Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2006.

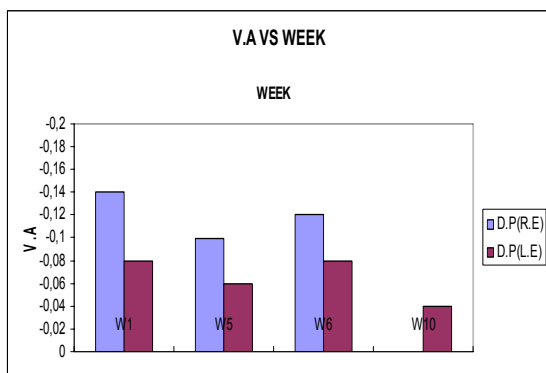
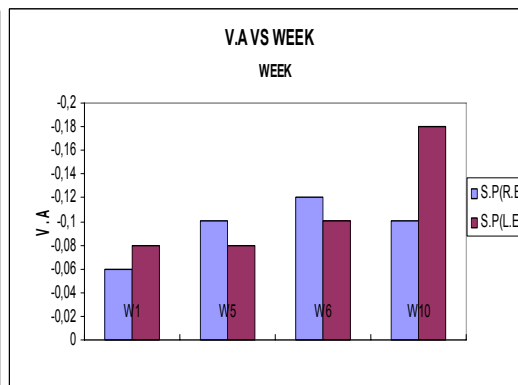
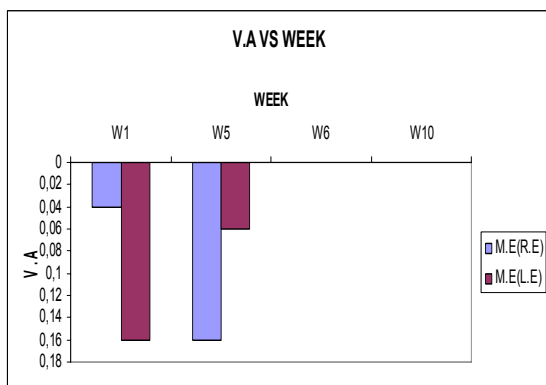
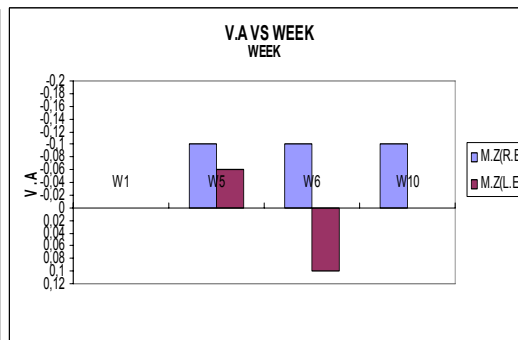
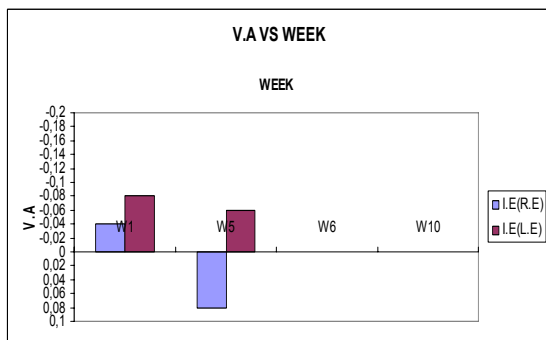
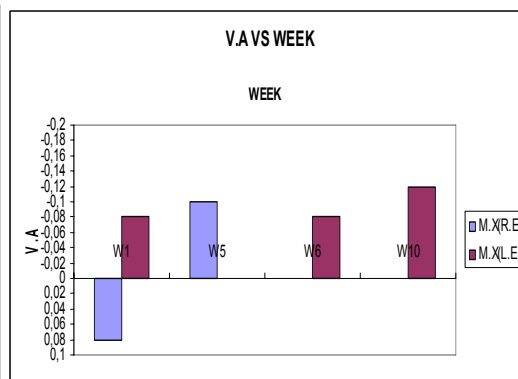
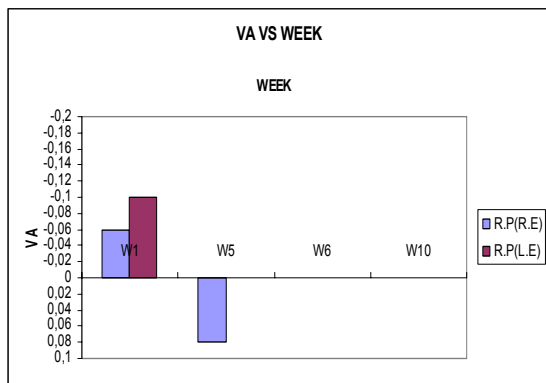
11. De Brouwere Dirk 'Corneal Light Scattering Following Excimer Laser Surgery', Διδακτορική Διατριβή, Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2008

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

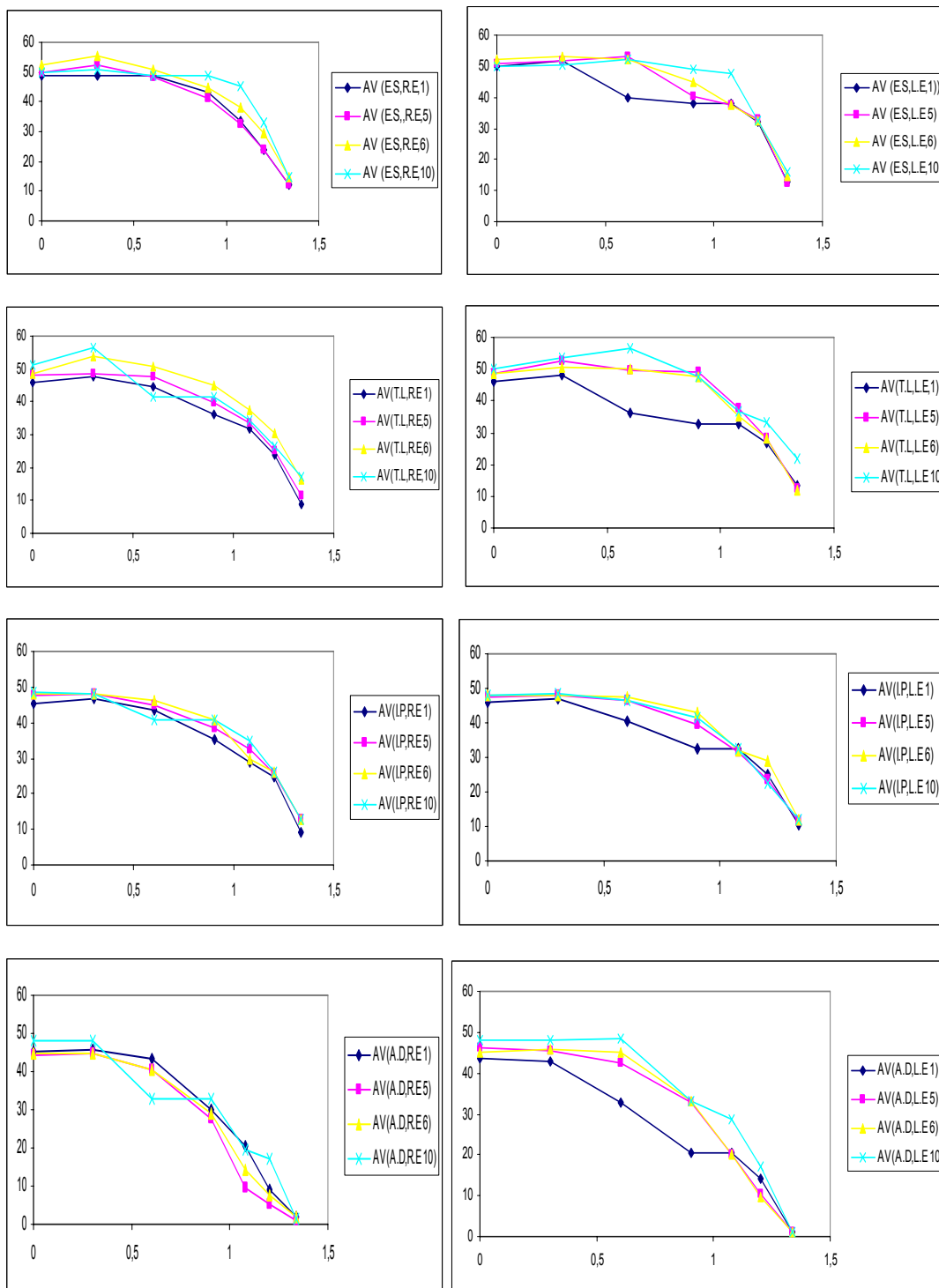
1. ΕΞΕΛΙΞΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΑΤΟΜΟ



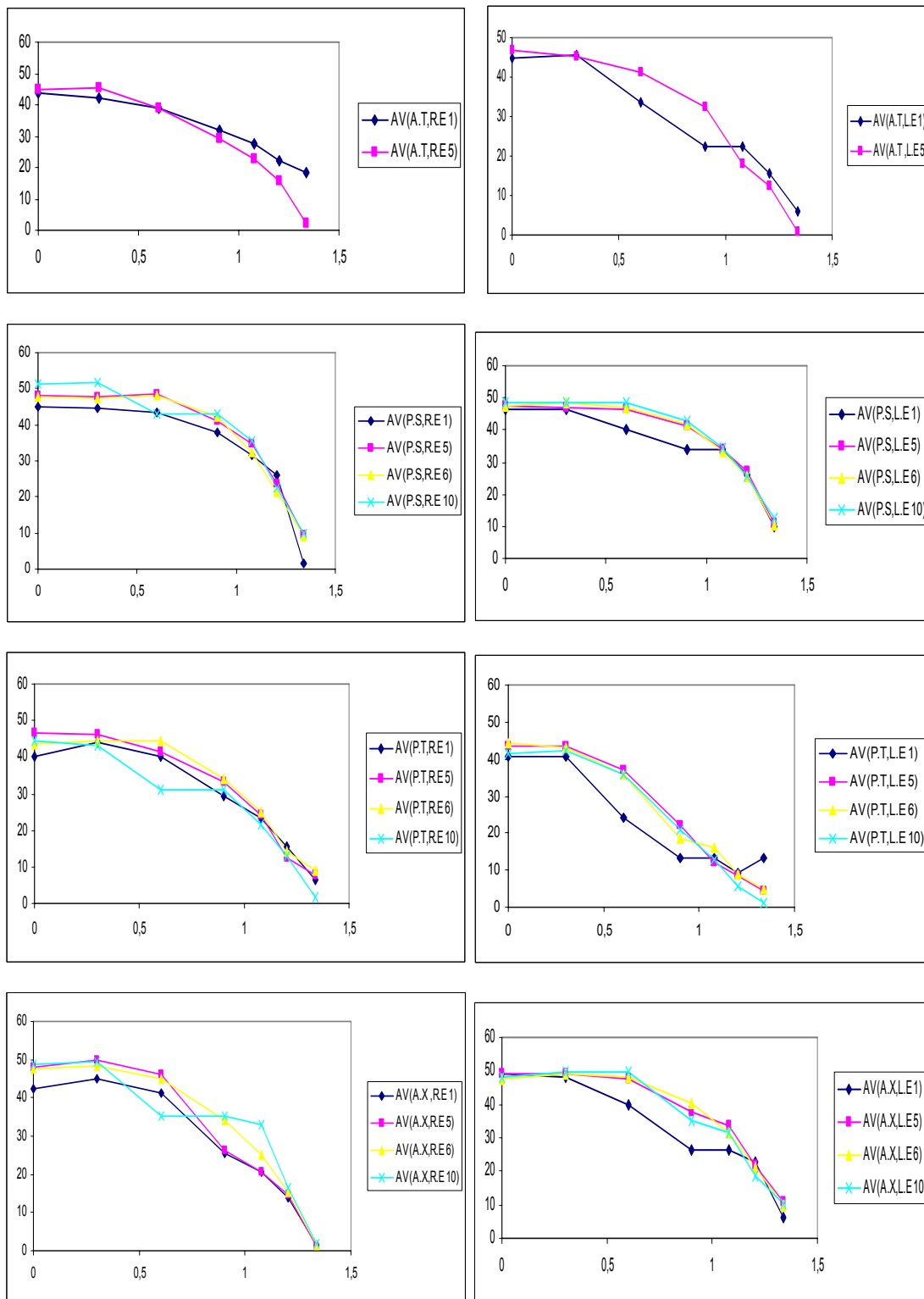
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ



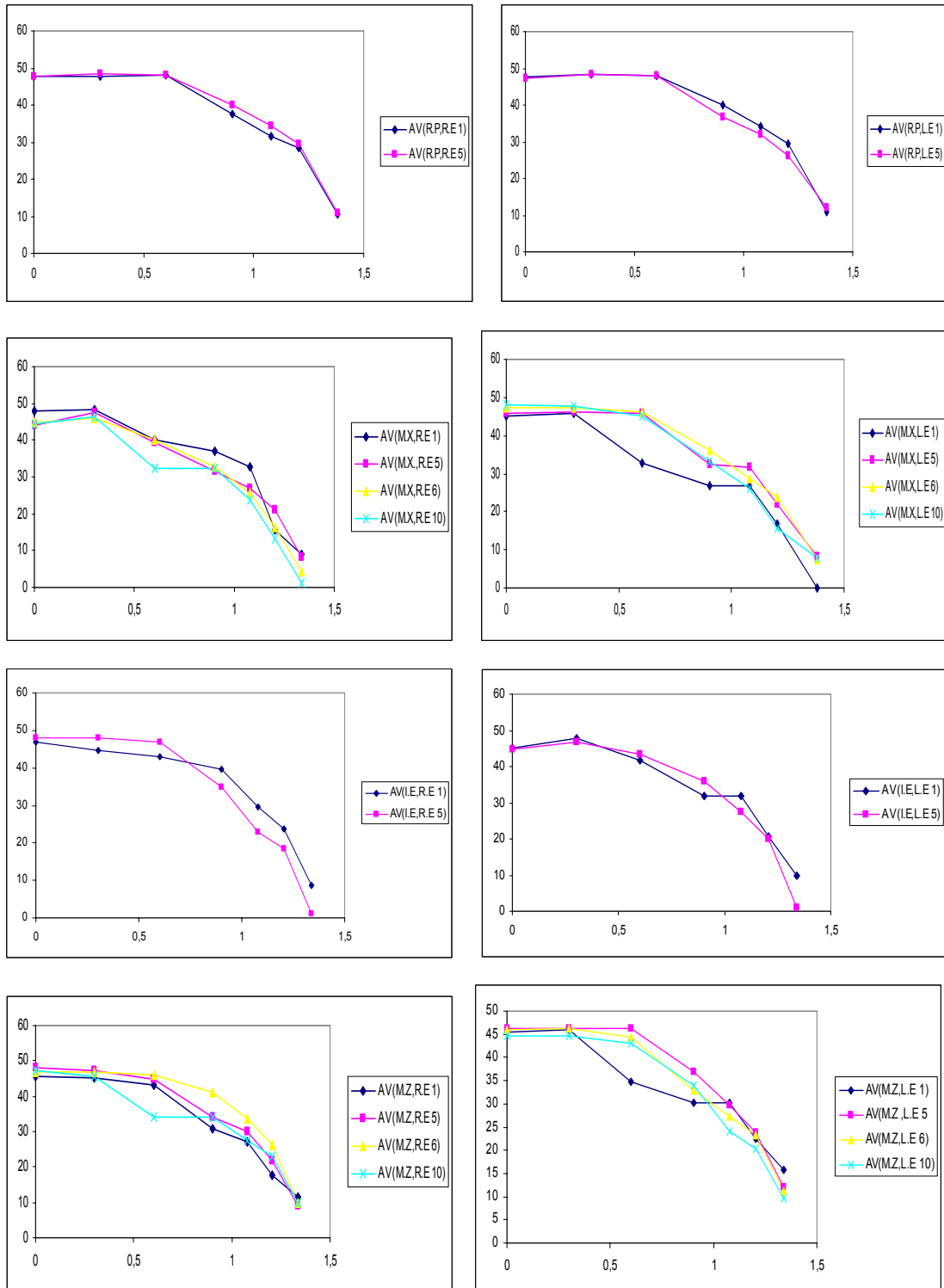
2. ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ ΚΑΤΑ ΑΤΟΜΟ ΓΙΑ ΔΕΞΙΟ ΚΑΙ ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΦΘΑΛΜΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ



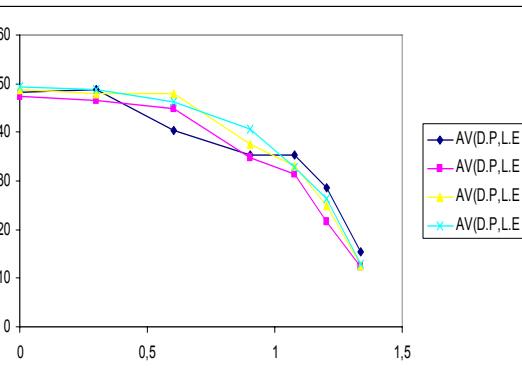
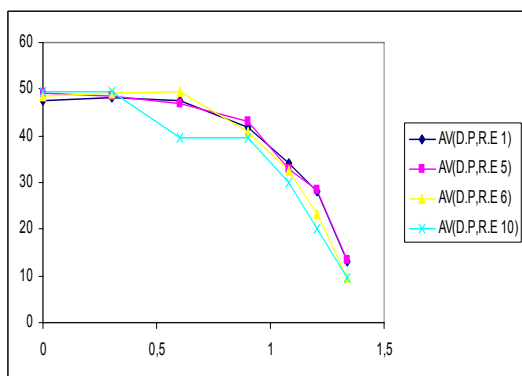
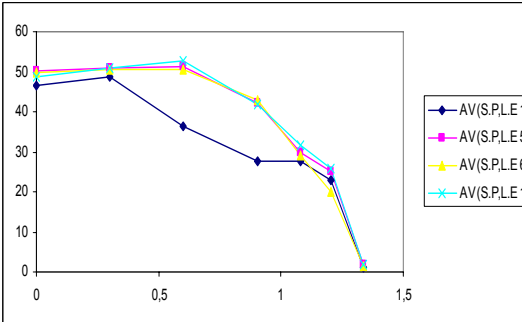
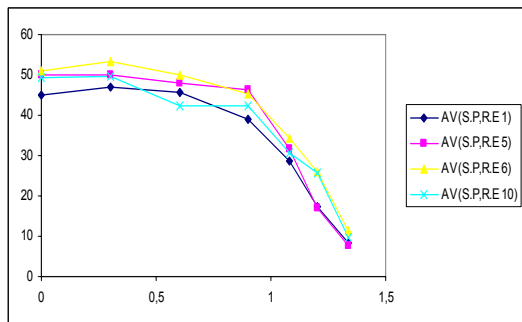
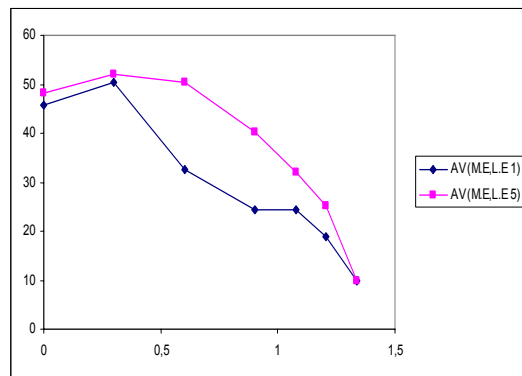
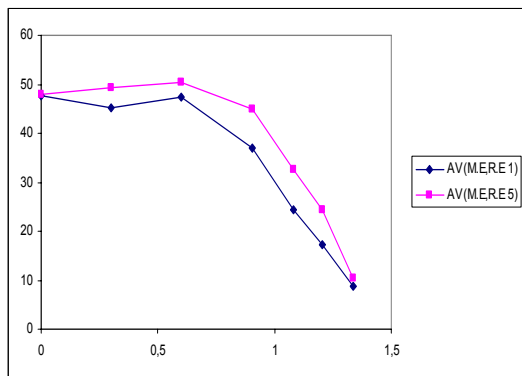
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ



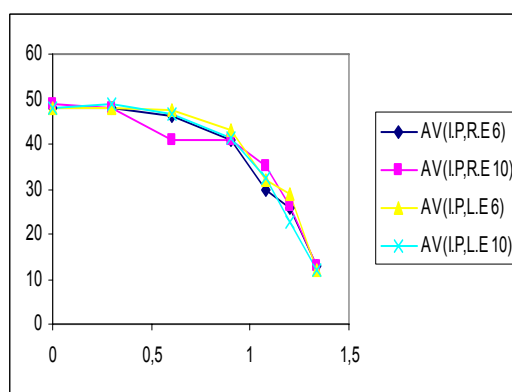
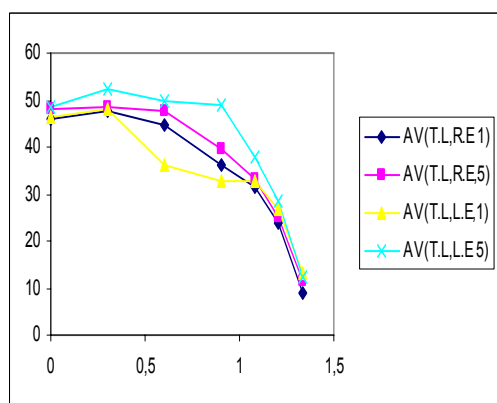
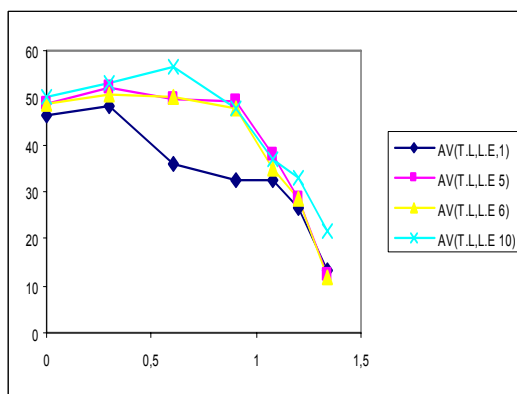
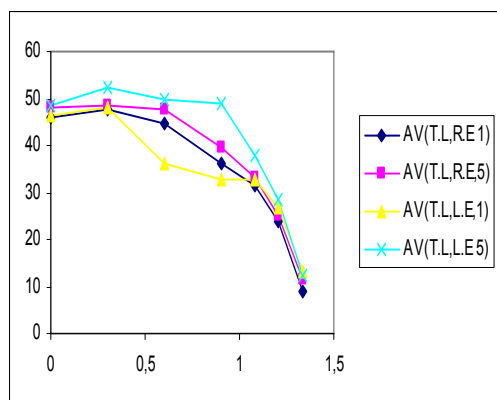
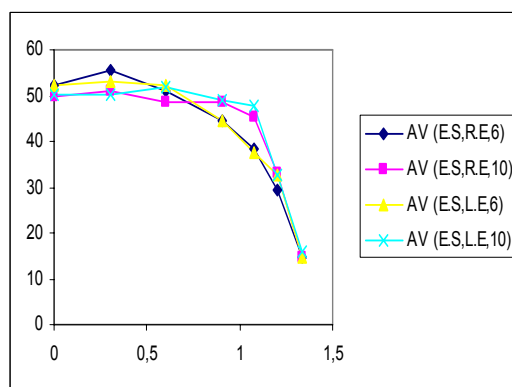
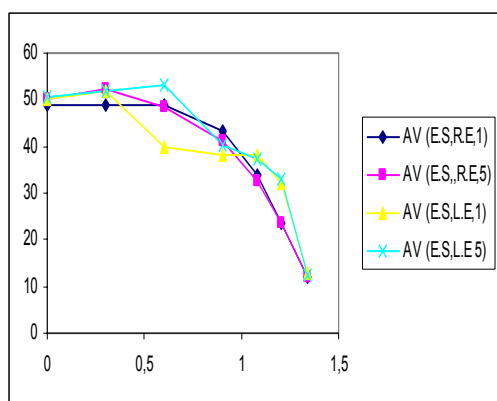
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ



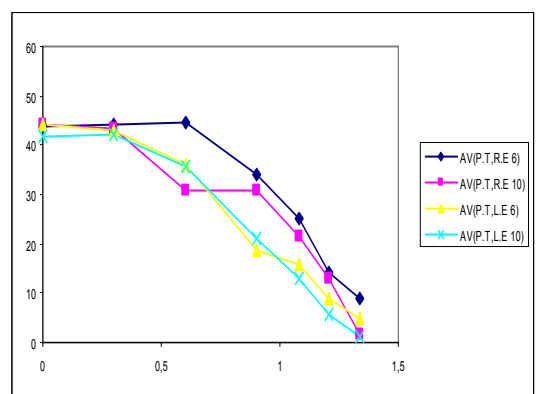
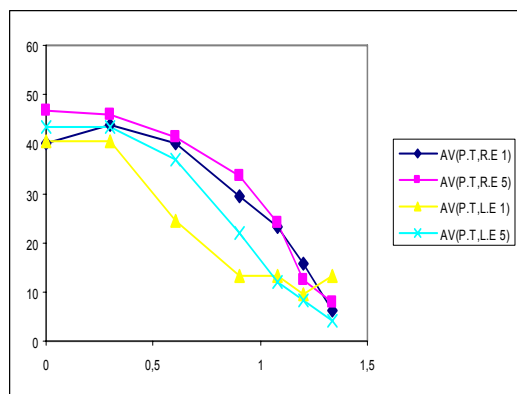
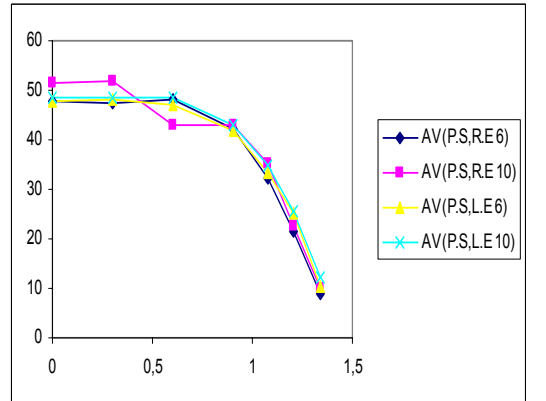
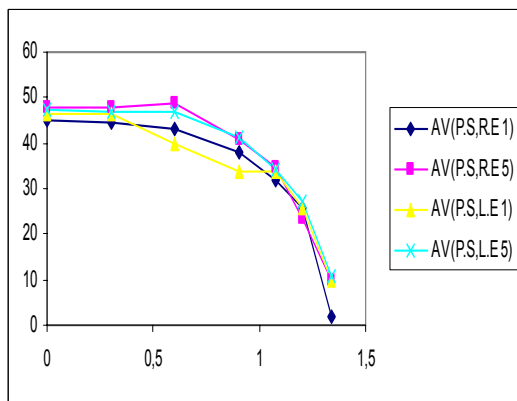
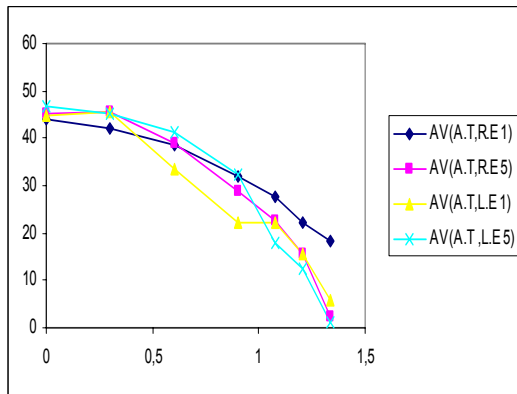
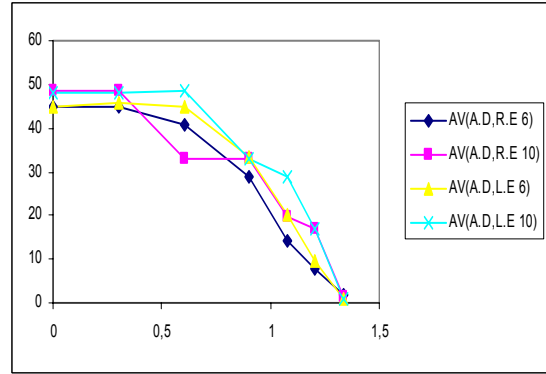
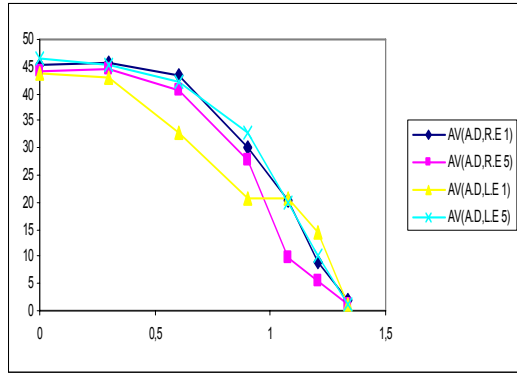
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ



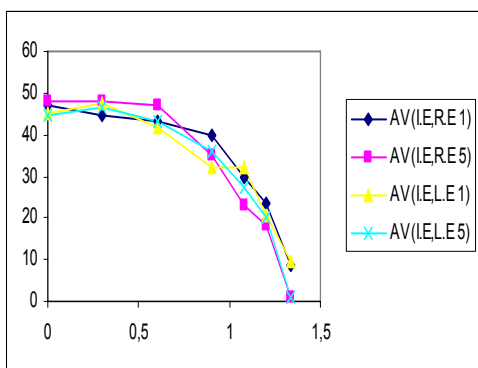
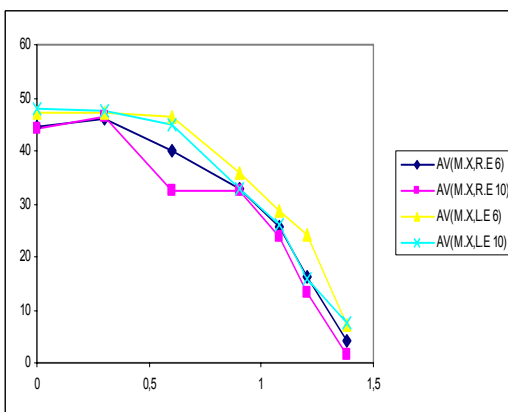
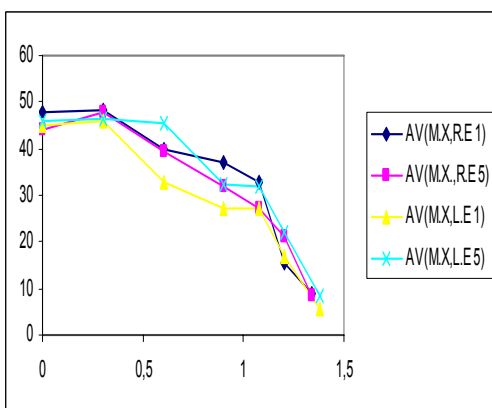
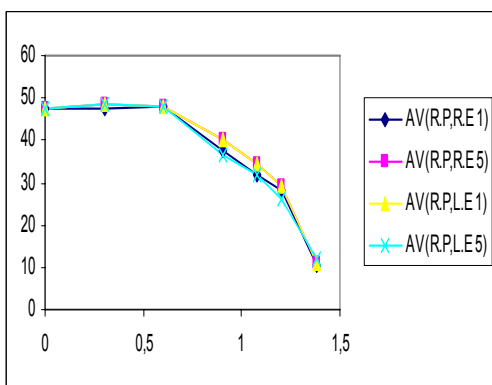
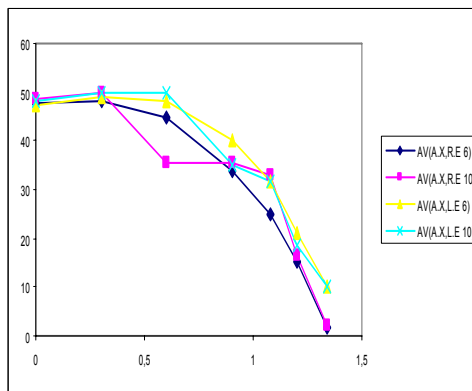
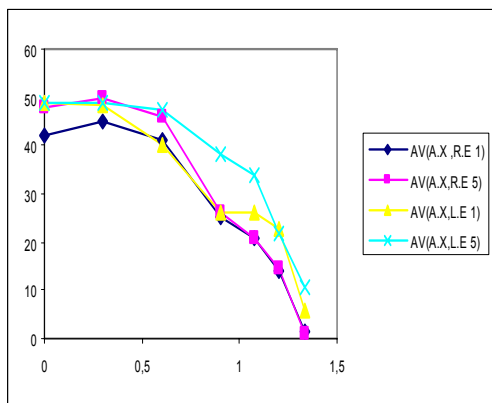
3.ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ ΔΕΞΙΟΥ-ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΑΤΟΜΟ



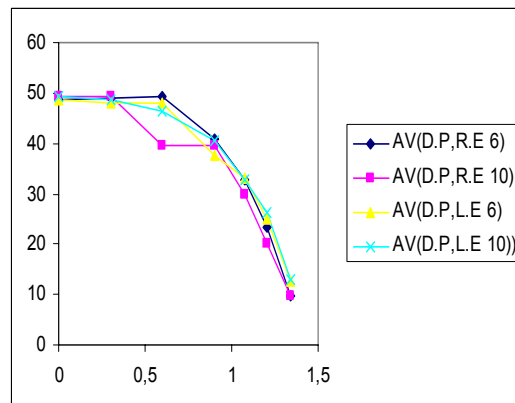
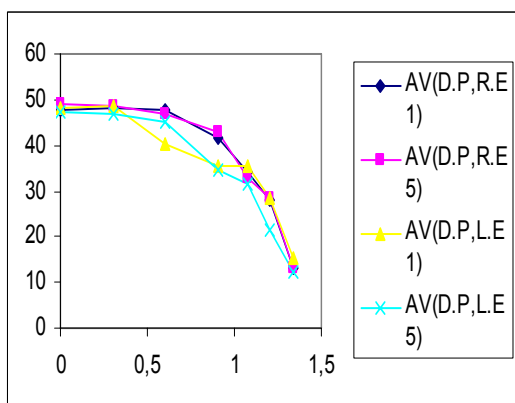
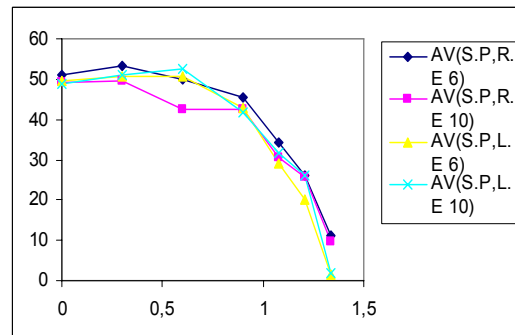
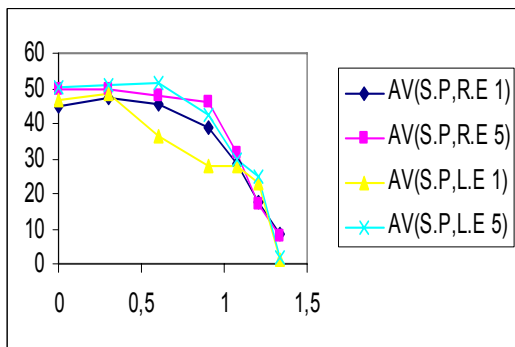
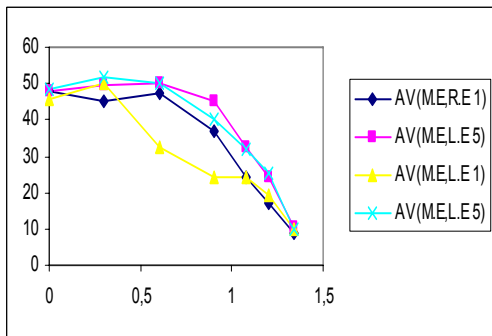
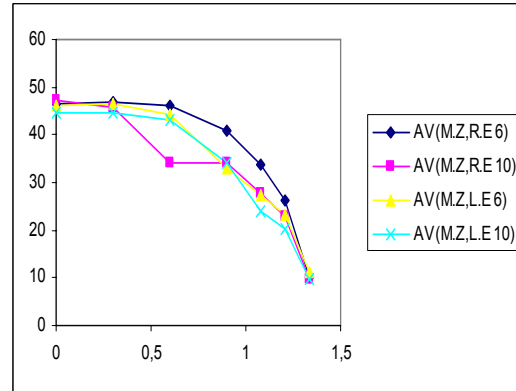
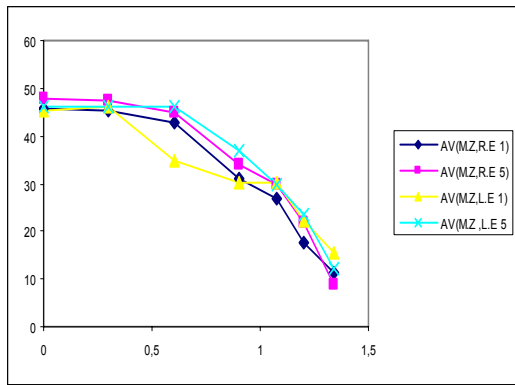
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ



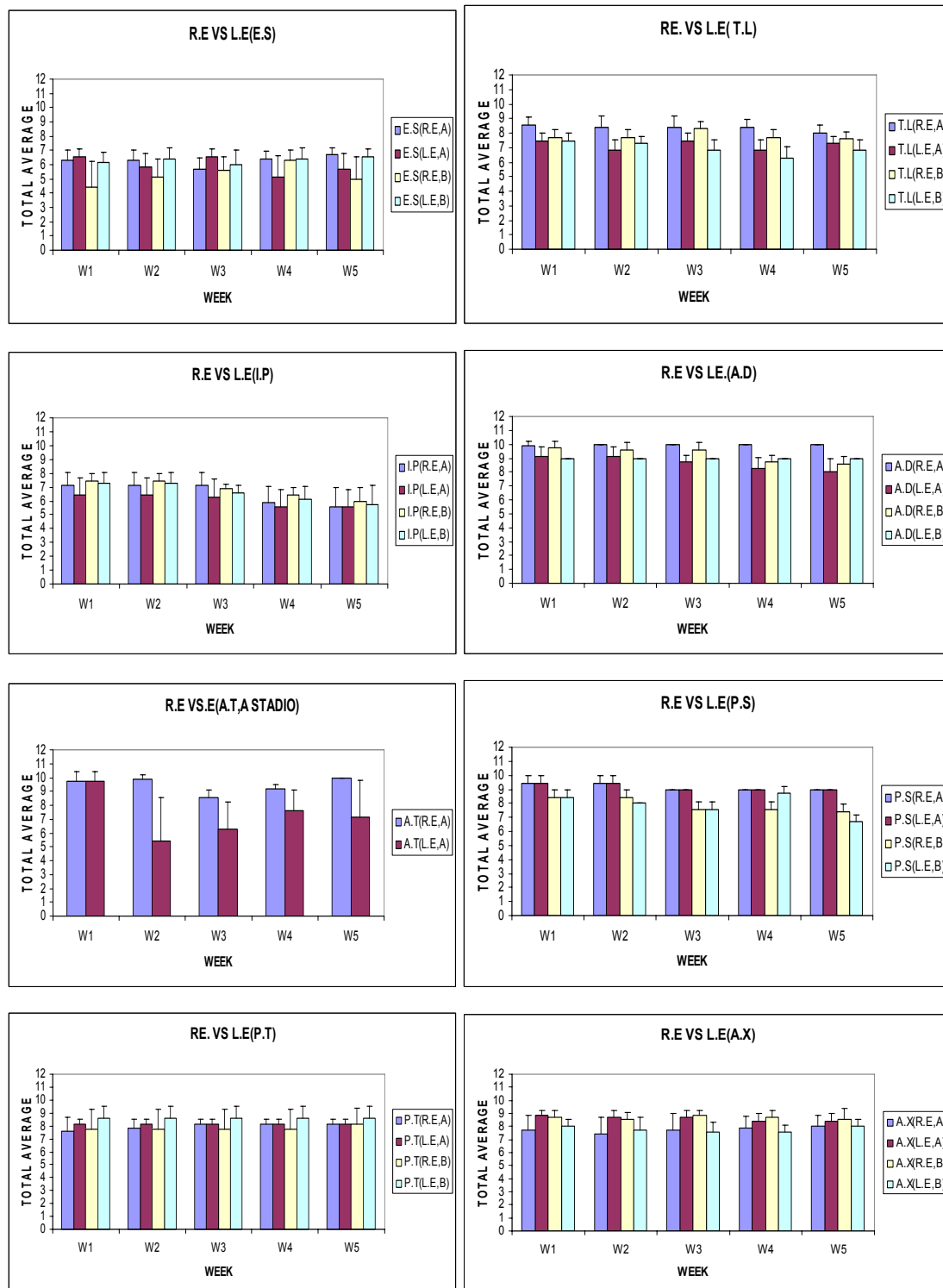
ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

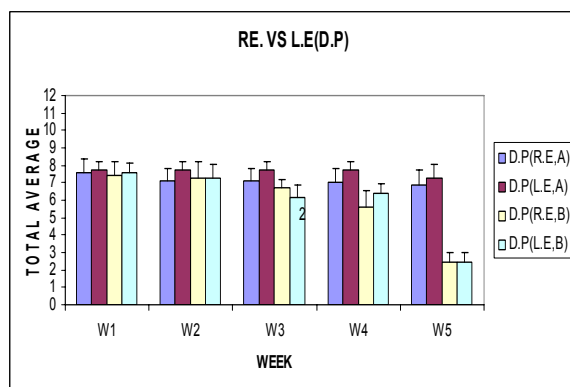
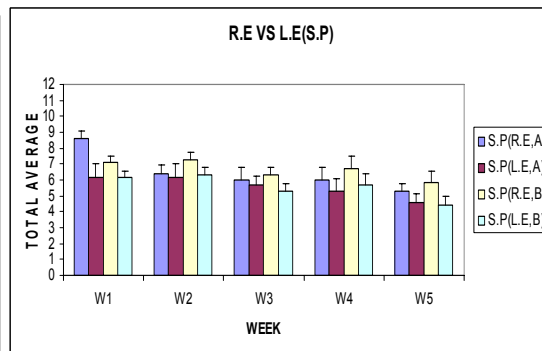
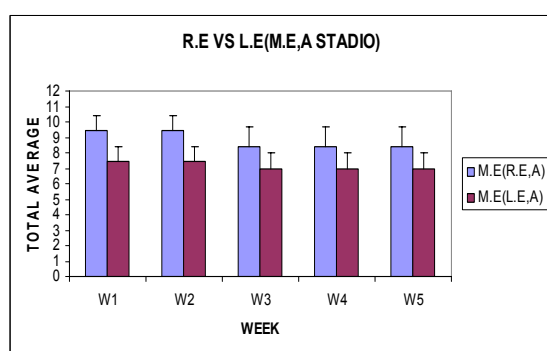
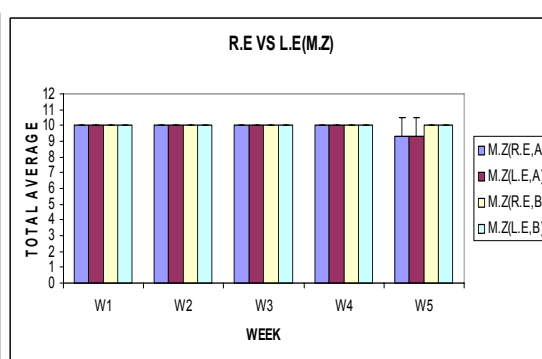
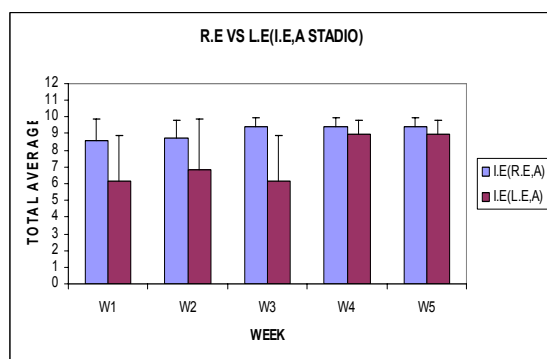
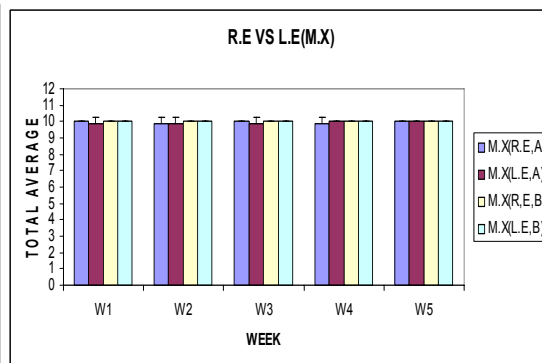
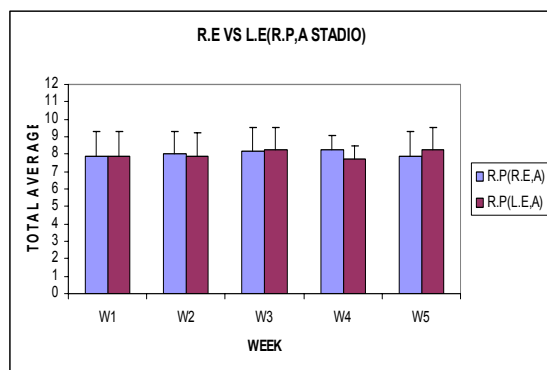


ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑΣ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ



4. ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΘΕ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ





5. ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΚΕΔΑΣΗΣ, ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

5.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΙ

ΠΡΩΤΟ ΣΤΑΔΙΟ (1-5 ΕΒΔΟΜΑΔΑ)–AIR OPTIX ΦΑΚΟΣ (ΔΕΞΙΑ ΕΙΚΟΝΑ)- AQUALENS ΦΑΚΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΕΙΚΟΝΑ)

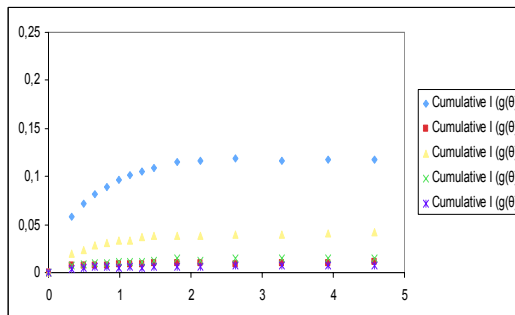
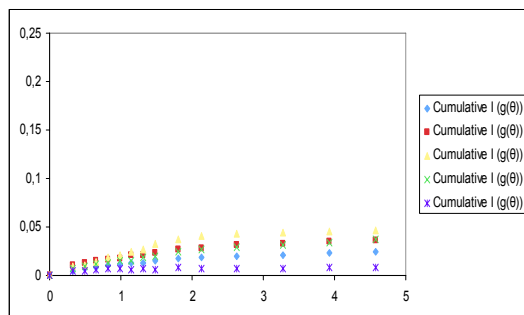
Κίτρινη Κουκκίδα-1η εβδομάδα

Κόκκινη κουκκίδα-2η εβδομάδα

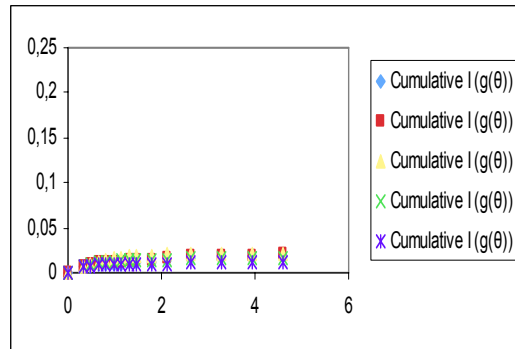
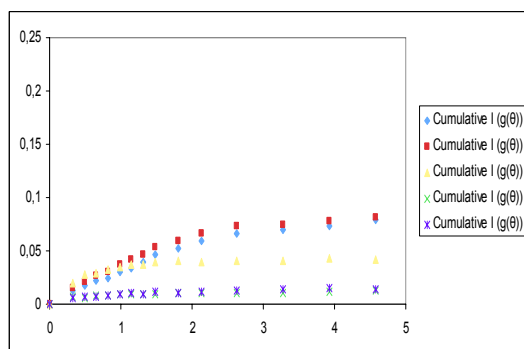
Μπλε κουκκίδα-3^η εβδομάδα

Πράσινο Χ-4η εβδομάδα

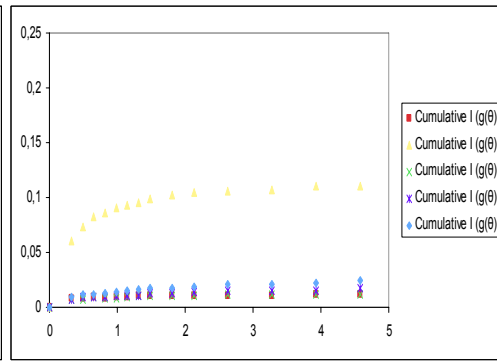
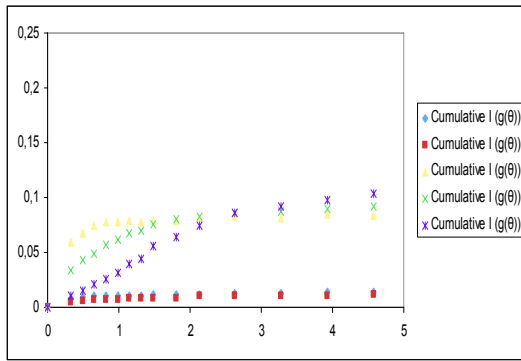
Μπλε Χ-5η εβδομάδα



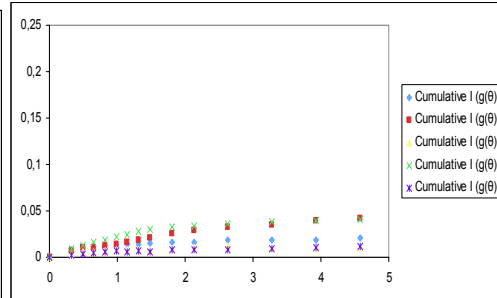
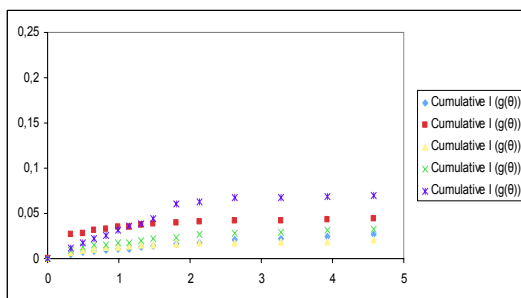
1.E.S



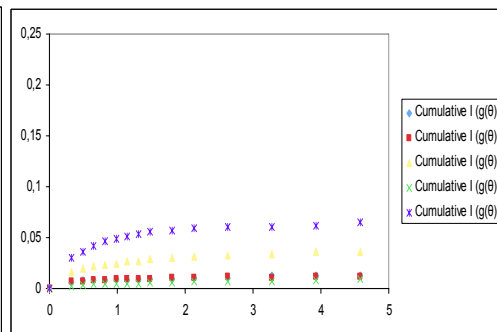
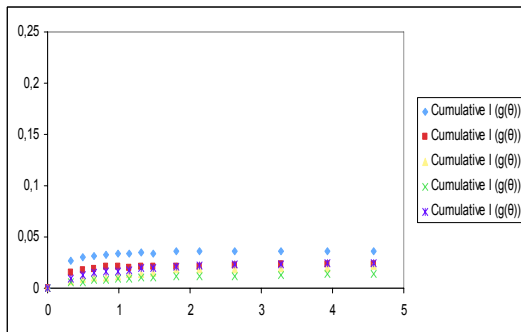
2.T.L



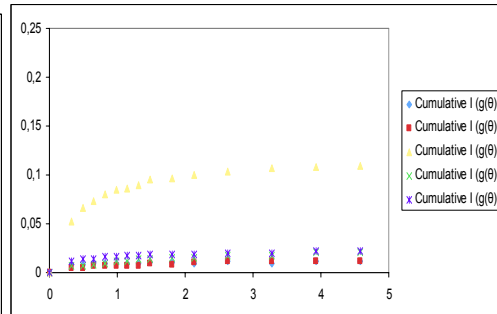
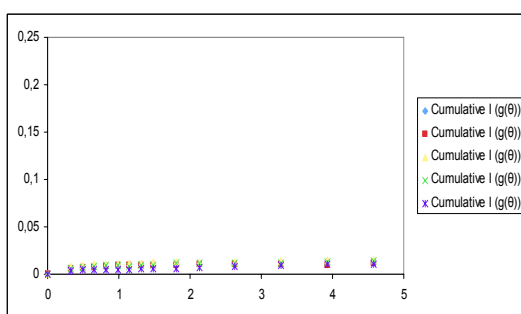
3 I.P



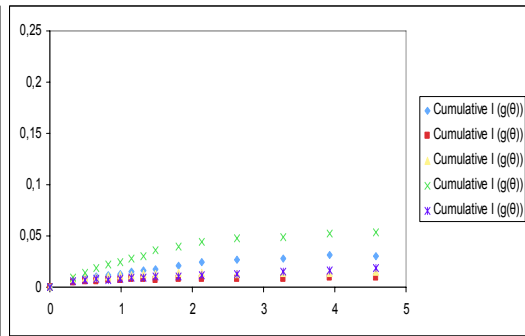
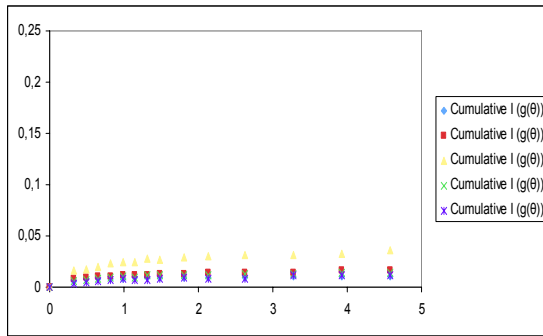
4 A.D



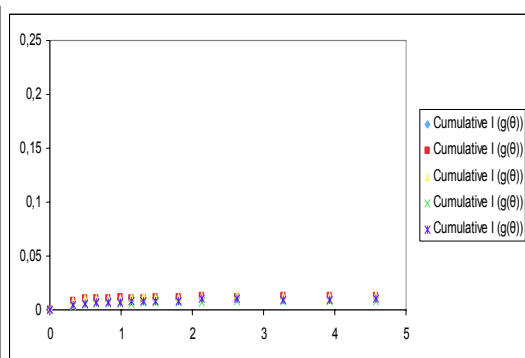
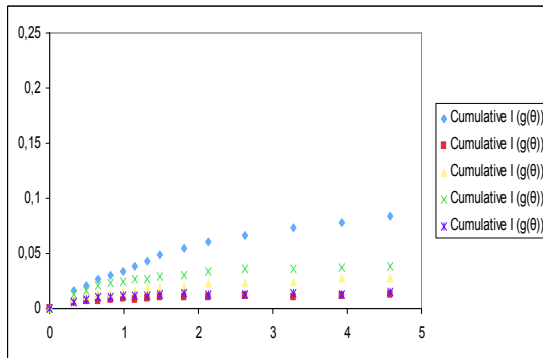
5 A.T



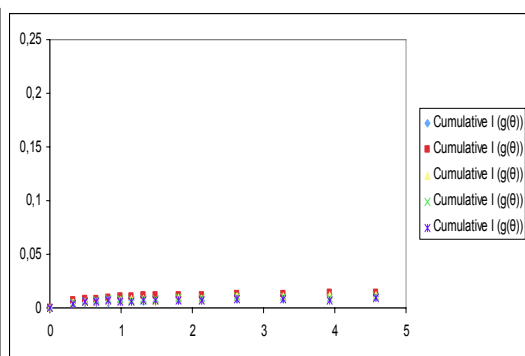
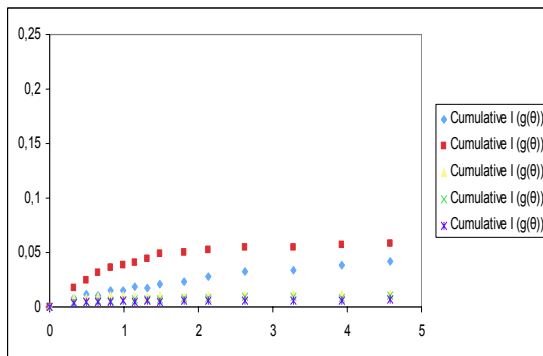
6 P.S



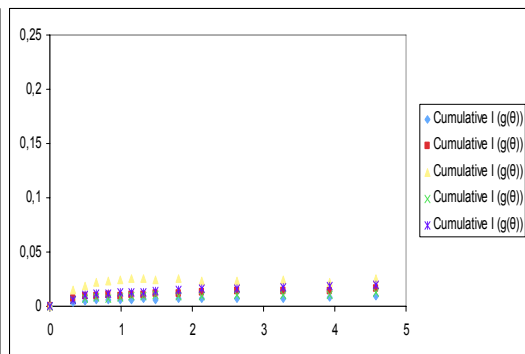
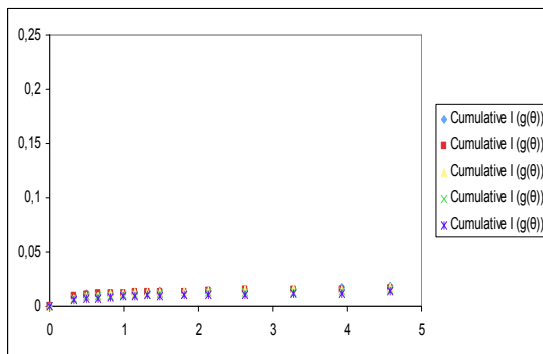
7.P.T



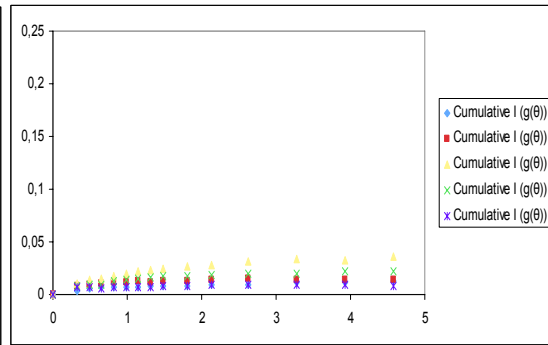
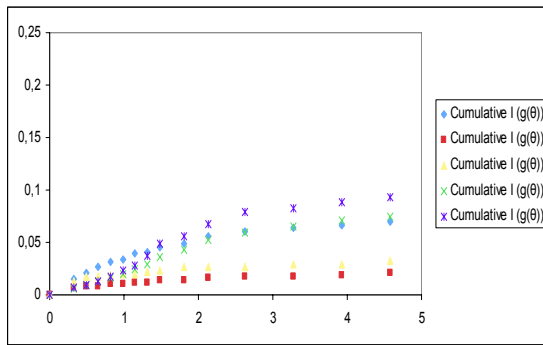
8.A.X



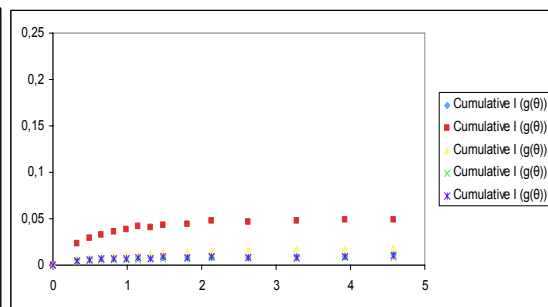
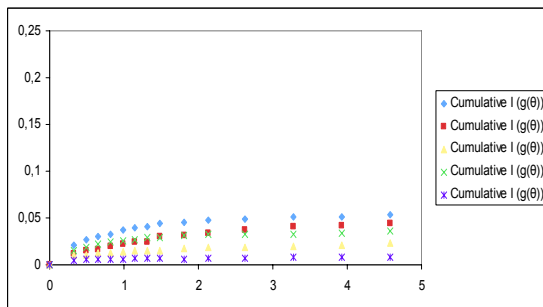
9.R.P



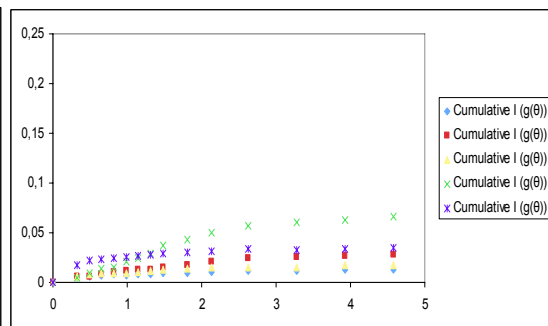
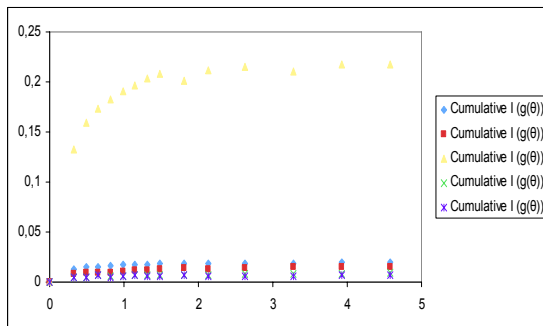
10.M.X



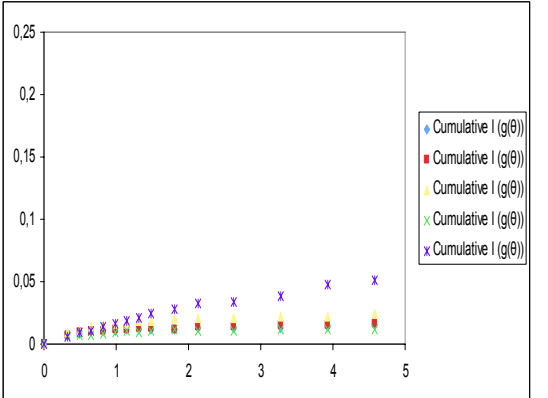
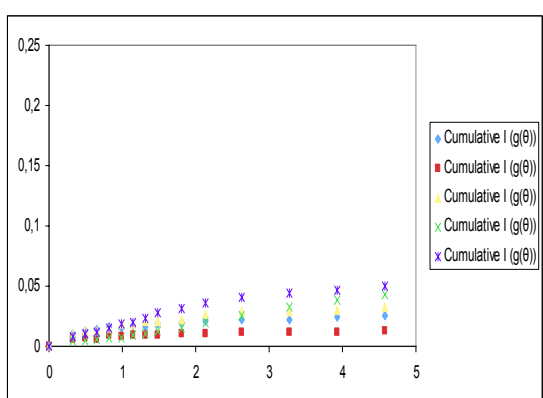
11.I.E



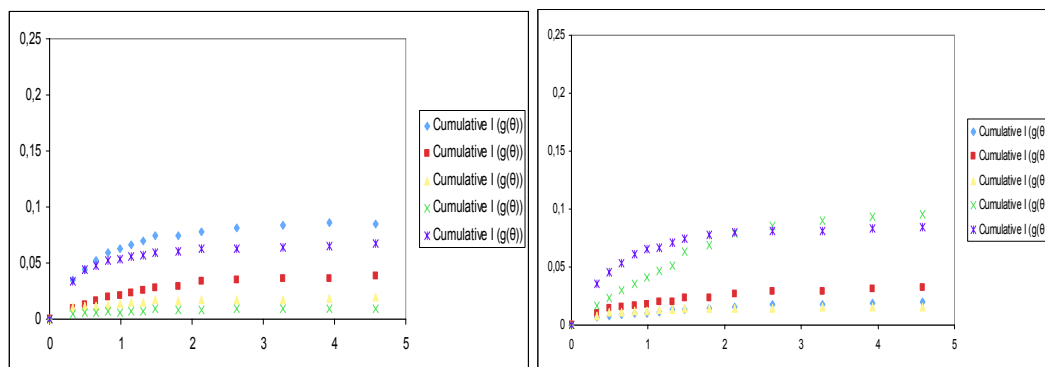
12.M.Z



13.M.E



14.S.P



15 D.P

ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ (6-10 ΕΒΔΟΜΑΔΑ)–ΑΙΡ ΟΡΤΙΧ ΦΑΚΟΣ (ΔΕΞΙΑ ΕΙΚΟΝΑ)-AQUALENS ΦΑΚΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΕΙΚΟΝΑ)

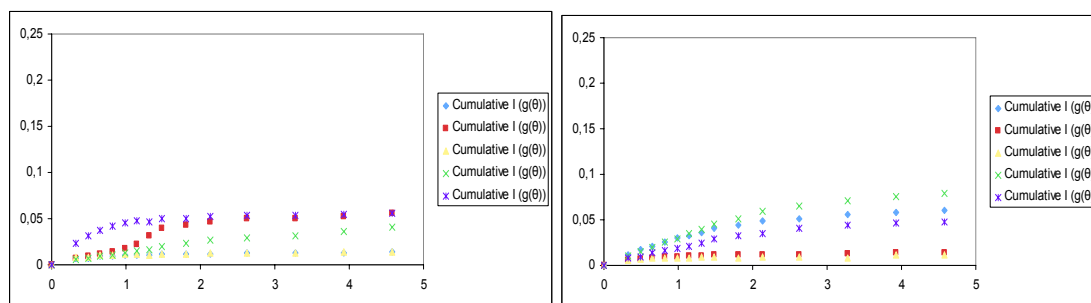
Μπλε κουκκίδα-1^η εβδομάδα

Κόκκινη κουκκίδα- 2η εβδομάδα

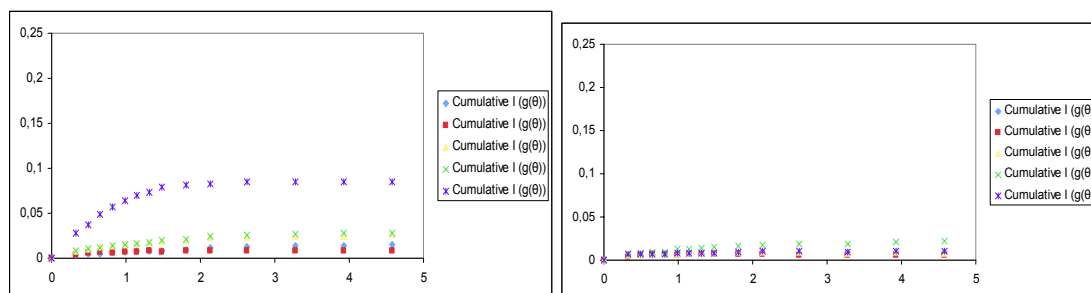
Κίτρινη Κουκκίδα-3η εβδομάδα

Πράσινο Χ-4η εβδομάδα

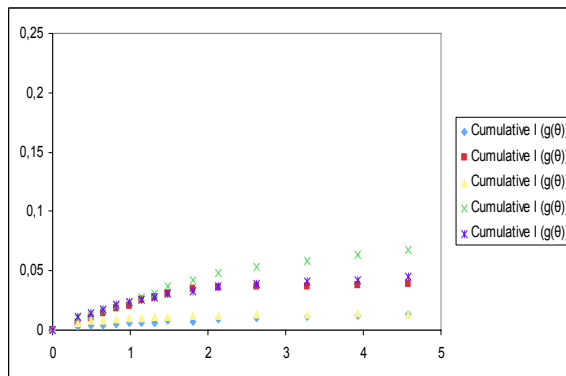
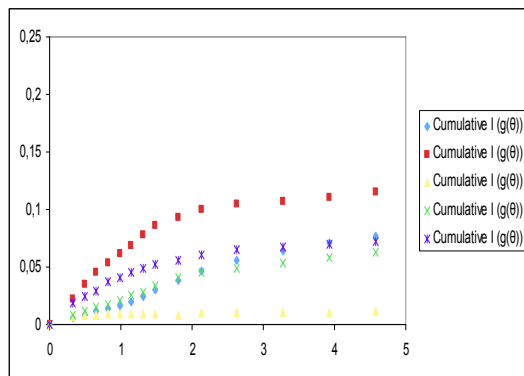
Μπλε Χ-5η εβδομάδα



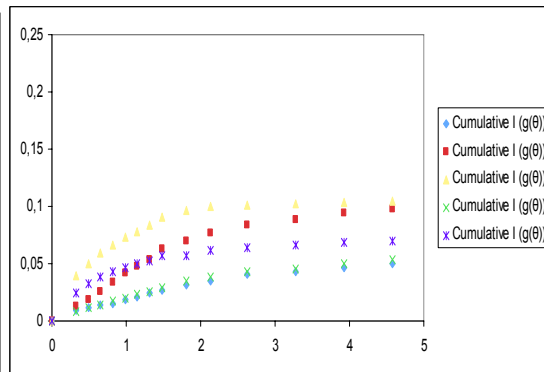
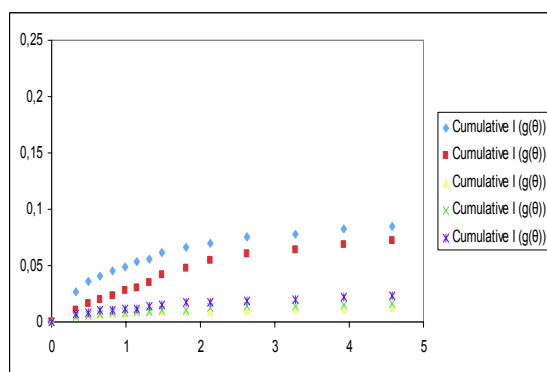
1.E.S



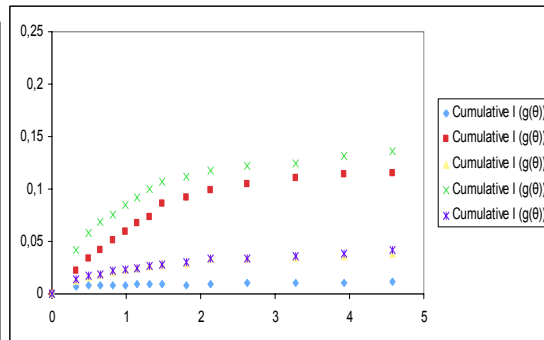
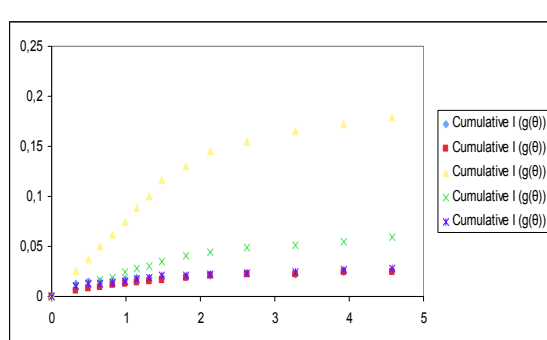
2 T.L



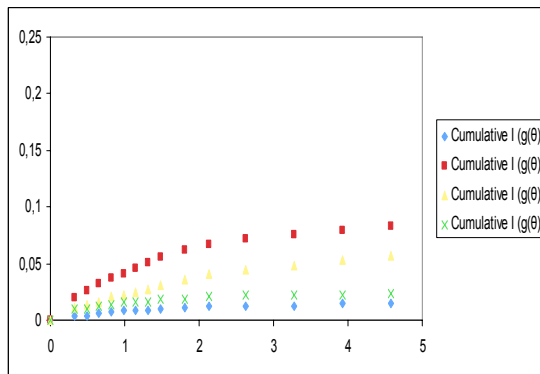
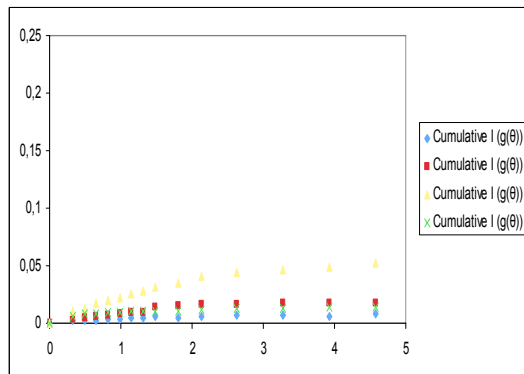
3. I.P



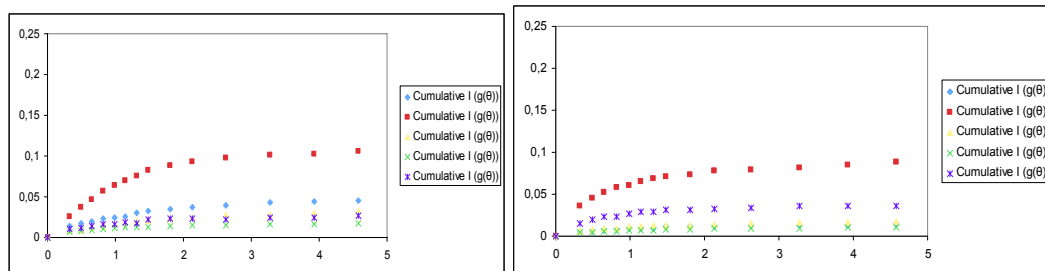
4.A.D



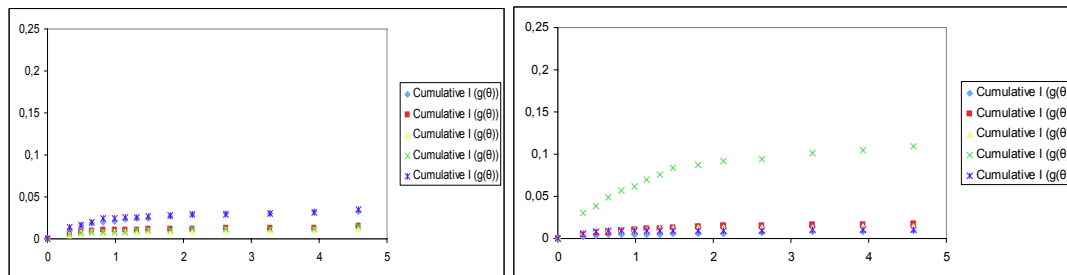
6.P.S



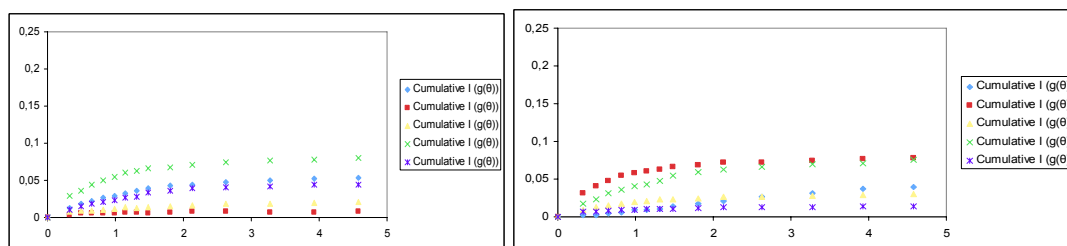
7. Ρ.Τ (Το πράσινο Χ αντιστοιχεί στην πέμπτη εβδομάδα)



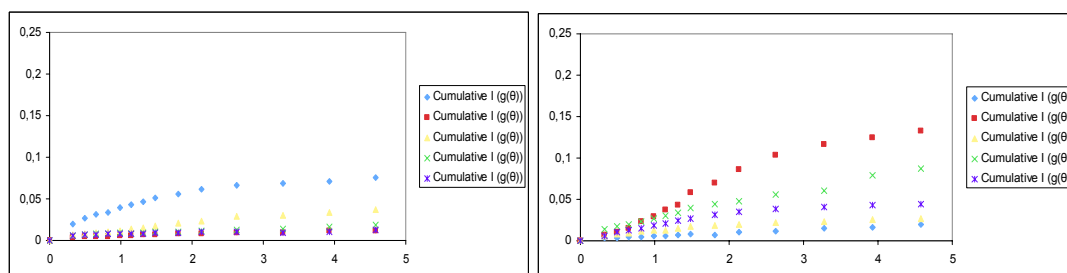
8.A.X



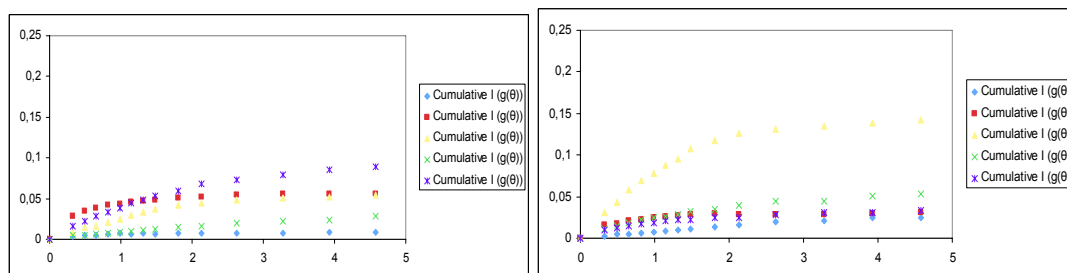
10 M.X



12.M.Z



14.S.P



15 D.P

5.2 ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (CONTROL)

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΦΑΚΩΝ AIR OPTIX (ΔΕΞΙΑ ΕΙΚΟΝΑ) AQUALENS ΦΑΚΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΕΙΚΟΝΑ) ΓΙΑ ΟΛΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (1-10 ΕΒΔΟΜΑΔΑ)

Κίτρινη Κουκκίδα- 1η εβδομάδα

Κόκκινη Κουκκίδα-2η εβδομάδα

Μπλε Κουκκίδα-3η εβδομάδα

Πράσινο Χ-4η εβδομάδα

Μπλε Χ- 5η εβδομάδα

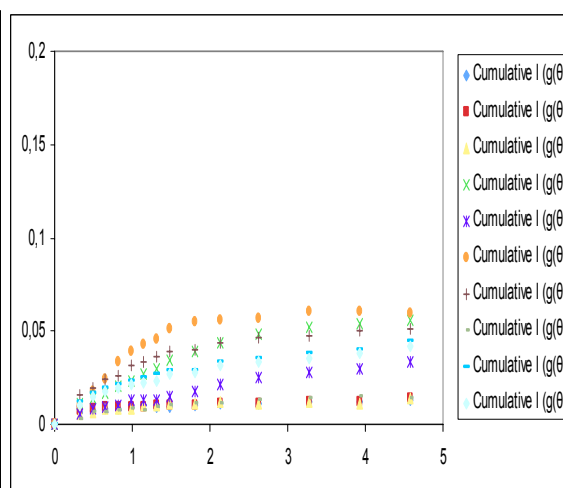
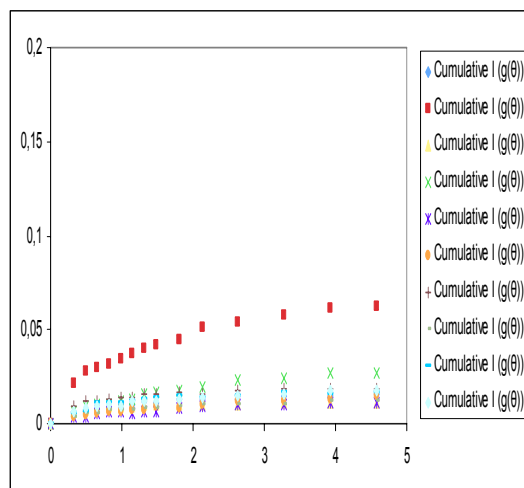
Πορτοκαλί Κουκκίδα-6η εβδομάδα

Μωβ Σταυρός-7η εβδομάδα

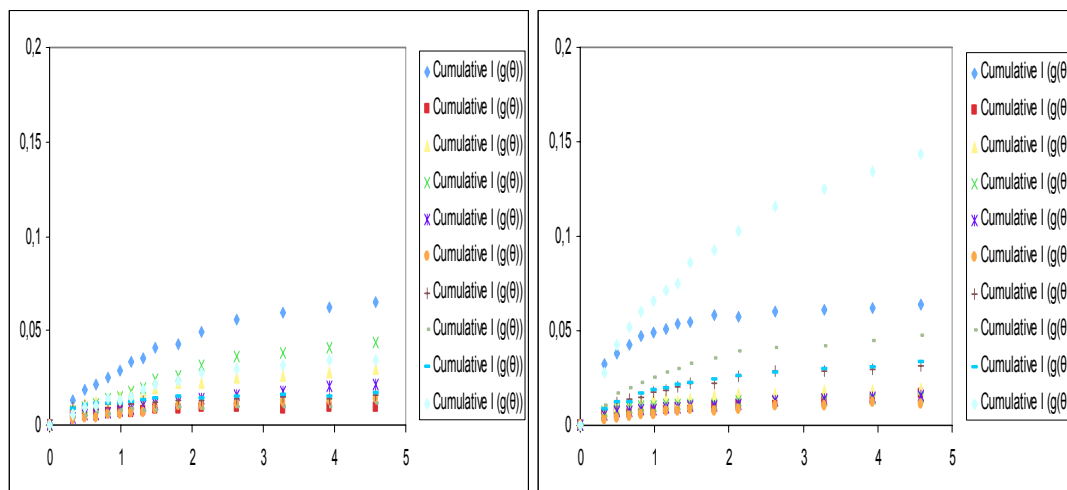
Γκρίζα γραμμή-8η εβδομάδα

Μπλε γραμμή-9η εβδομάδα

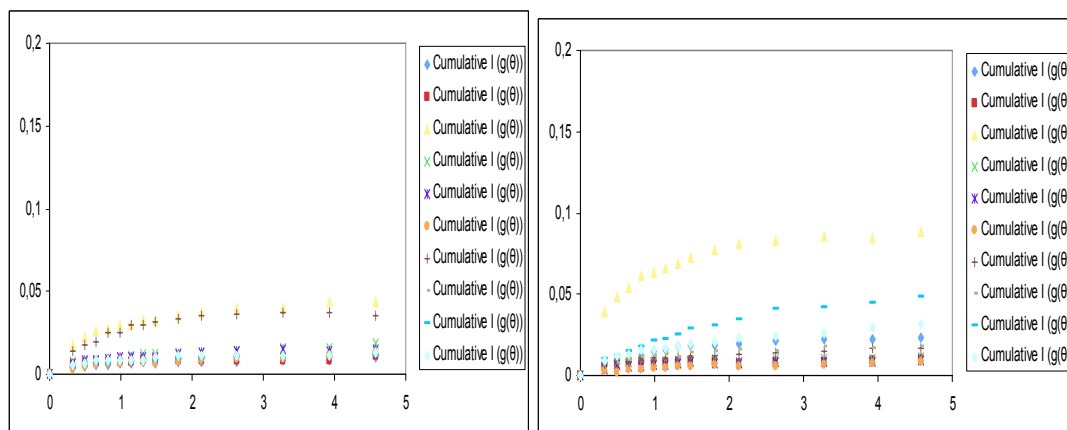
Γαλάζιος ρόμβος-10η εβδομάδα



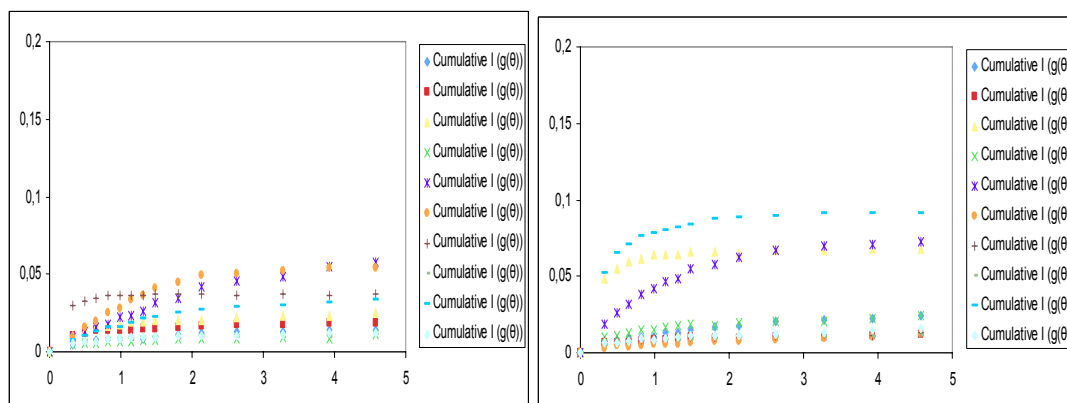
1. ΠΡΩΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ



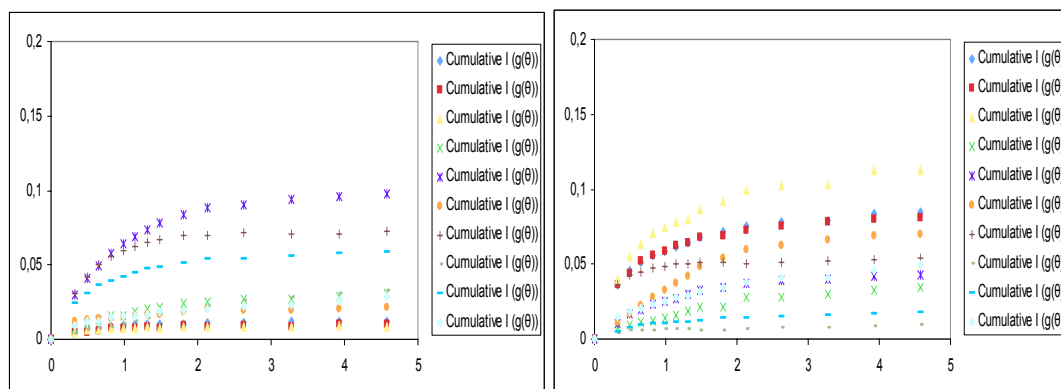
2. ΔΕΥΤΕΡΟ ΖΕΥΓΑΡΙ



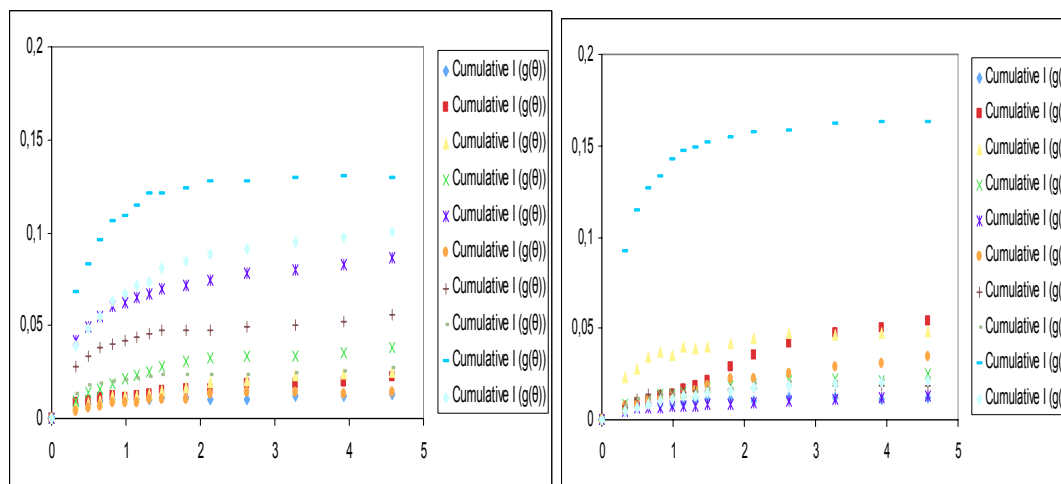
3. ΤΡΙΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ



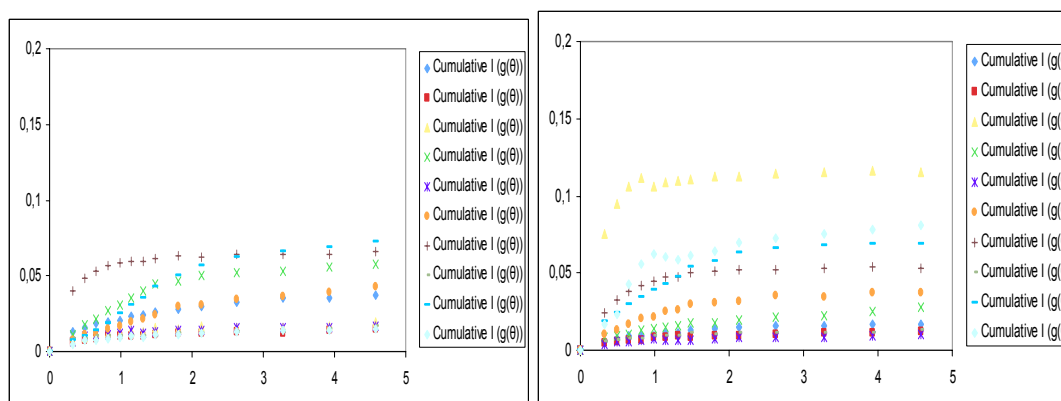
4. ΤΕΤΑΡΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ



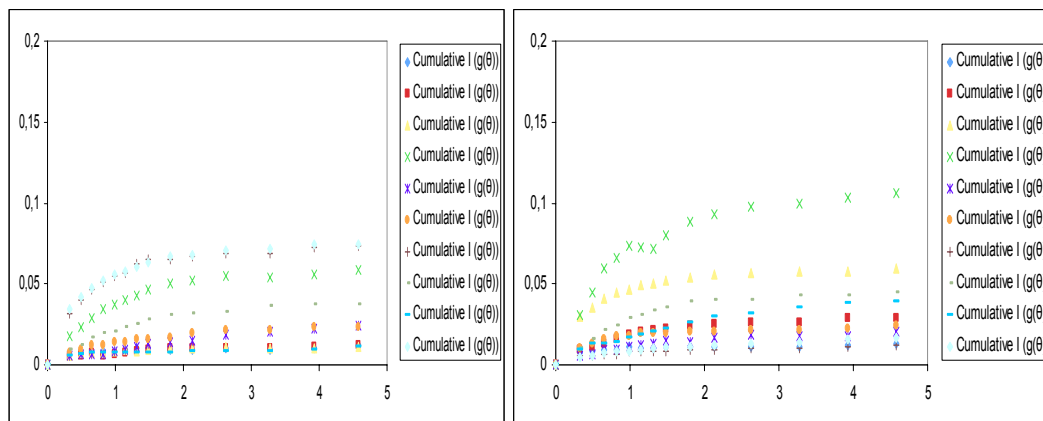
5. ΠΕΜΠΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ



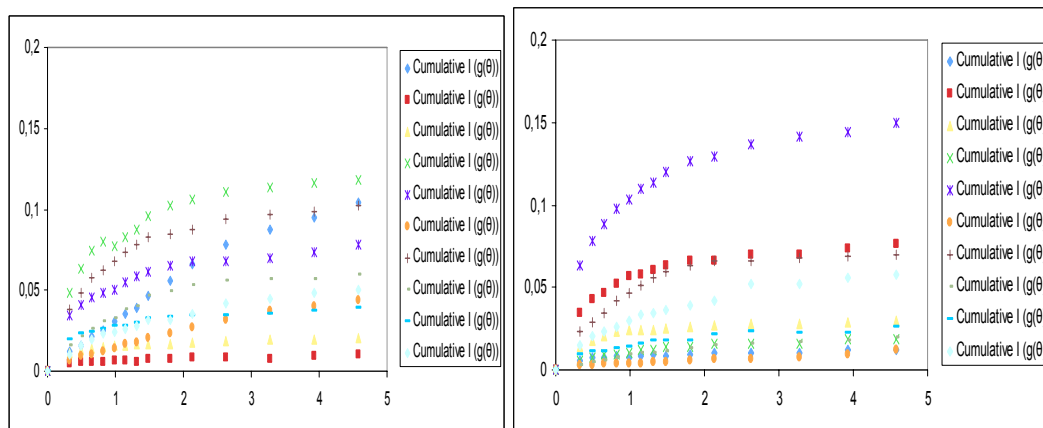
6. ΕΚΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ ΦΑΚΩΝ



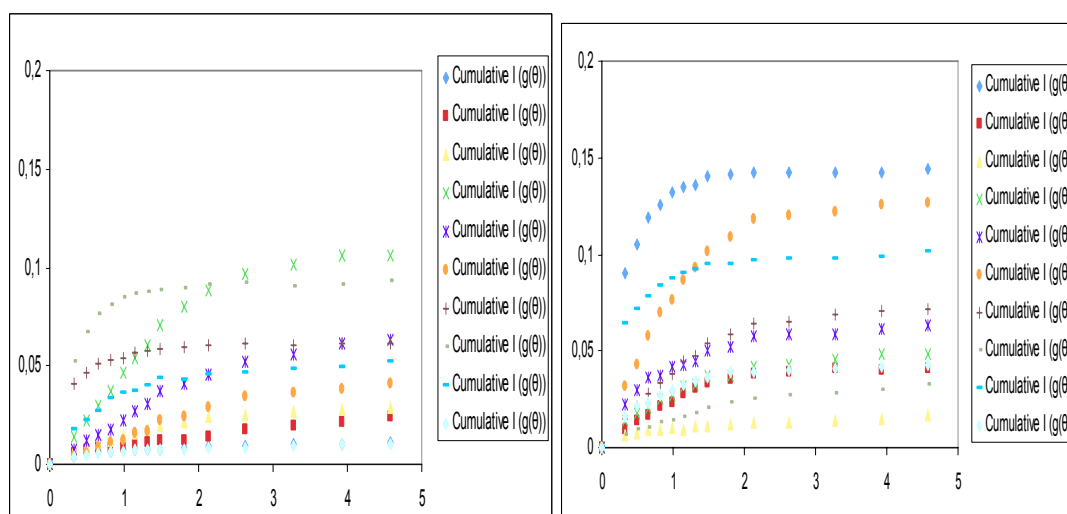
7. ΔΕΞΙΟ ΖΕΥΓΑΡΙ ΕΒΔΟΜΟ ΖΕΥΓΑΡΙ ΦΑΚΩΝ



8. ΟΓΔΟΟ ΖΕΥΓΑΡΙ ΦΑΚΩΝ



9. ΕΝΑΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ ΦΑΚΩΝ



10. ΔΕΚΑΤΟ ΖΕΥΓΑΡΙ ΦΑΚΩΝ

