



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΗ: ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑ

ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΙΔΗ ΕΛΕΝΗ

Επιβλέπων καθηγητής

Δρ. ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αίγιο, Ιούνιος 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγκεκριμένη εργασία εκπονήθηκε στον τομέα της Οπτικής της σχολής Οπτικής και Οπτομετρίας. Υπεύθυνος καθηγητής ήταν ο κ. Γεώργιος Βλαχόπουλος.

Υπάρχουν κάποια άτομα που θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε για την πολύτιμη βοήθεια τους και την υποστήριξή τους, είτε σε πρακτικό είτε σε ψυχολογικό επίπεδο.

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Γεώργιο Βλαχόπουλο, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και μας έδωσε την δυνατότητα να εκπονήσουμε μαζί του την πτυχιακή μας εργασία.

Την καθηγήτρια Τούτση Αθηνά, για όλη τη βοήθεια που μας πρόσφερε στα κείμενα ξένων γλωσσών και για τα χρήσιμα σχόλια και επισημάνσεις στη μετάφραση αυτών. Όπως επίσης και τον οπτικό-οπτομέτρη Κωλέτη Θεόδωρο για την παραχώρηση υλικού σχετικά με την οπτομετρική εξέταση.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε και τον φίλο μας Σταυλά Βασίλη για την βοήθεια του κατά τη συγγραφή της πτυχιακής μας εργασίας και για την παραχώρηση υλικού σχετικά με τη γεωμετρική οπτική.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας, για την υπομονή και την αγάπη τους όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο γενικότερος σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση της διάθλασης, ως προς τη φυσική της άποψη, καθώς και η σύνδεση της με την οπτομετρία. Την σημερινή εποχή με την πρόοδο της επιστήμης έχουν αναπτυχθεί διάφορα μέσα και τρόποι για την βελτίωση της ανθρώπινης όρασης αλλά και τον προσδιορισμό του συνόλου των εκτροπών που υπάρχουν σε ένα ανθρώπινο οφθαλμό.

Η φυσική και συγκεκριμένα η οπτική έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στην προσέγγιση των εκτροπών, καθώς και η οφθαλμολογία έχοντας αφιερώσει ένα μέρος της στην οπτομετρία, προσεγγίζοντας τα διαθλαστικά μέσα του ανθρώπινου οφθαλμού, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη τεχνικών και μέσων για την βελτίωση της όρασης.

Από αρχαιοτάτων χρόνων αρκετοί ήταν εκείνοι οι οποίοι ασχολήθηκαν με την φύση του φωτός, καθώς και με τη λειτουργία του, τα οποία αποτέλεσαν σημαντικό ερέθισμα απασχόλησης, με αποτέλεσμα να διατυπωθούν θεωρίες [Πυθαγόρας, Αριστοτέλης κ.α.], οι οποίες με το πέρασμα του χρόνου αναπτύχθηκαν και από άλλους ενδιαφερόμενους [Newton κ.α.].

Σχετικά με τη διάθλαση και τις εφαρμογές της στην οπτομετρία, αξίζει να αναφερθεί πως εδώ και πάρα πολλά χρόνια έχει καταγραφεί η ανάπτυξη διάφορων μέσων και μεθόδων για την βελτίωση της όρασης. Η εφαρμογή της υποκειμενικής διάθλασης αποτέλεσε και συνεχίζει να αποτελεί σημαντικό παράγοντα εύρεσης σφαλμάτων του ανθρώπινου οφθαλμού (μυωπία, υπερμετρωπία, αστιγματισμός, ανισομετρωπία), συνήθως με τη χρήση δοκιμαστικών φακών και οπτοτύπων. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας όμως βελτιώθηκαν οι ήδη υπάρχουσες μέθοδοι. Πλέον, δίνεται η δυνατότητα εύρεσης του διαθλαστικού σφάλματος χωρίς την απόλυτη συνεργασία του ασθενή. Η αντικειμενική διάθλαση έχει ως σκοπό αφενός την προσέγγιση των σφαλμάτων του οφθαλμού με τη χρήση μηχανημάτων (αυτόματο διαθλασίμετρο, σκιασκοπία) και αφετέρου την προσέγγιση κάποιας παθολογικής αιτίας με τη χρήση της σχισμοειδούς λυχνίας.

Εν κατακλείδι, στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται μία ανάλυση της διάθλασης του φωτός ως προς τη φυσική του άποψη, καθώς και της διάθλασης ως προς την οπτομετρία. Τέλος πραγματοποιείται ανάλυση των σύγχρονων μέσων και τρόπων για την εύρεση των διαθλαστικών ανωμαλιών του ανθρώπινου οφθαλμού.

ABSTRACT

The aim of this thesis paper is to analyse refraction in relation to Physics and connect it to Optometry. Nowadays, due to scientific progress, we have developed various means which allow us to improve human eyesight as well as define the aberrations which can be found in the human eye.

The development of means and techniques for the improvement of eyesight has been achieved with the contribution of Physics and Ophthalmology. The former, through Optics, has played a defining role in the approach of aberrations while the latter has used the field of Optometry to define the refractive means of the human eye.

Since ancient times, quite a few people have been concerned with the nature and the function of light, which were an important incentive leading to the formulation of theories by Pythagoras, Aristotle and others. As time went by, these theories were further developed by other scientists, such as Newton.

As far as refraction and its applications are concerned, it is worth mentioning at this point that the development of various means and methods for the improvement of eyesight has been recorded for years. The application of subjective refraction has always been an important factor in the process of locating faults in the human eye (myopia, hyperopia, astigmatism, anisometropia) usually through the use of test lenses and eye charts. However, the already existing methods have been improved due to scientific developments. Now we are able to find refractive faults without the patient's full cooperation. Objective refraction aims on the one hand to approach the faults of the eye with the use of machines (automatic refractometre, skiascopy) and on the other hand to approach any pathological cause with the use of slit lamps.

In conclusion, this paper analyses the refraction of light in terms of Physics as well as in terms of Optometry. Finally, it includes an analysis of the modern means and ways of locating refractive faults in the human eye.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΩΣ	12
1.1 Τι είναι φως;.....	12
1.2 Θεωρίες για τη φύση του φωτός.....	13
1.2.1 Θεωρία Newton	13
1.2.2 Θεωρία Huygens	13
1.2.3 Θεωρία του Maxwell (κυματική φύση).....	14
1.2.4 Κβαντική θεωρία (σωματιδιακή φύση)	15
1.2.5 Σχέση φωτονίων και ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.....	16
1.2.6 Περίθλαση.....	16
1.3 Γεωμετρική οπτική του φωτός	16
1.3.1 Ανάκλαση φωτός	17
1.3.2 Κάτοπτρα.....	18
1.3.3 Διαγράμματα ακτινών για τα κάτοπτρα.....	20
1.3.4 Δείκτης διάθλασης.....	21
1.3.5 Νόμος του Snell.....	24
1.4 Διαθλαστικά μέσα	25
1.4.1 ΠΡΙΣΜΑ	25
1.4.2 Δίοπτρο	26
1.4.3 Είδη δίοπτρων	26
1.4.4 Σχέση καμπυλότητας και ακτίνας καμπυλότητας	26
1.4.5 Φακός.....	27
1.4.6 Τύποι κατασκευαστών των φακών	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΟΠΤΙΚΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ	32
2.1 Η διάθλαση του φωτός στον οφθαλμό και η λειτουργία της όρασης	32
2.2 Η μετάδοση εικόνας από οφθαλμό σε εγκέφαλο	36
2.3 Ανατομία του οφθαλμού	38
2.3.1 Ινώδης χιτώνας.....	40

2.3.2 Επιπεφυκότας.....	40
2.3.3 Κερατοειδής χιτώνας.....	41
2.3.4 Χοριοειδής χιτώνας	42
2.3.5 Αμφιβληστροειδής χιτώνας.....	43
2.3.6 Μύες υπεύθυνοι για τις κινήσεις του οφθαλμικού βολβού	45
2.3.7 Επικουρικά μέρη.....	46
2.3.7.1 Βλέφαρα	46
2.3.7.2 Δακρυϊκή συσκευή	46
2.4 Διαδικασία προσαρμογής κρυσταλλοειδή φακού	47
2.4.1 Μηχανισμός προσαρμογής.....	47
2.4.2 Εύρος, ακρίβεια και σταθερότητα της προσαρμοστικής ικανότητας.....	49
2.4.3 Πρεσβυωπία.....	51
2.4.3.1 Βασικά συμπτώματα πρεσβυωπίας.....	51
2.4.3.2 Διόρθωση πρεσβυωπίας	52
2.5 Οι διαθλαστικές ανωμαλίες της όρασης	53
2.5.1 Εμμετροπία.....	53
2.5.2 Αμετροπία-Εκτροπές χαμηλής τάξης	53
2.5.3 Εκτροπές υψηλής τάξης.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	79
3.1 Οπτική οξύτητα	79
3.2 Οπτότυπα	81
3.2.1 Πίνακας Snellen.....	81
3.2.2 Δακτύλιοι του Landolt.....	83
3.2.3 Πίνακες Bailey-Lovie.....	84
3.3 Ευαισθησία στην οπτική αντίθεση.....	85
3.3.1 Πίνακας Pelli-Robson.....	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ	87
4.1 Αυτόματο διαθλασίμετρο	87
4.1.1 Τρόπος εξέτασης.....	87
4.1.2 Αρχή λειτουργίας	88
4.1.3 Αξιοπιστία οργάνου.....	88
4.2 Σκιασκοπία.....	89
4.3 Σχισμοειδής λυχνία/Βιομικροσκόπιο.....	92

4.3.1 Σύστημα παρατήρησης	92
4.3.2 Σύστημα φωτισμού.....	93
4.3.2.1 Φίλτρα	93
4.3.2.2 Τρόποι φωτισμού	94
Τεχνικές έμμεσου φωτισμού	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ	98
5.1 Ιστορικό	98
5.2 Υποκειμενική διάθλαση.....	99
5.2.1 Εξοπλισμός υποκειμενικής διάθλασης.....	100
5.2.2 Πρωταρχικές εξετάσεις	101
5.2.3 Βήματα υποκειμενικής διάθλασης.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	117

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. 1: Φως και διάθλαση (Δημάρας, 2014)	12
Εικόνα 1. 2: Απεικόνιση των μεγεθών της ανάκλασης (Young, 1992).....	18
Εικόνα 1. 3: Ανάκλαση δέσμης παράλληλων ακτίνων σε λεία και σε μη λεία και στιλπνή επιφάνεια (Κωνσταντακόπουλος, n.d.).....	18
Εικόνα 1. 4: Δημιουργία ειδώλου από επίπεδο κάτοπτρο (Young, 1992)	19
Εικόνα 1. 5: Κύριες ακτίνες χρησιμοποιούμενες στη γραφική μέθοδο προσδιορισμού του ειδώλου που σχηματίζεται από κοίλο κάτοπτρο (Young, 1992).....	21
Εικόνα 1. 6: Η ανάκλαση και η διάθλαση σε μία επιφάνεια (Pendrotti, 2003).....	22
Εικόνα 1. 7: Σχηματική αναπαράσταση της διάθλασης ακτίνας για το νόμο του Snell (Pendrotti, 2003)	24
Εικόνα 1. 8: Τα χαρακτηριστικά του πρίσματος στην οπτική (Ζευγώλης, 2007).....	25
Εικόνα 1. 9: Συγκλίνοντες φακοί (Young, 1992)	28
Εικόνα 1. 10: Αποκλίνοντες φακοί (Young, 1992).....	28
Εικόνα 1. 11 Απλοί κανόνες για γραφικό προσδιορισμό της θέσης ειδώλου. (Ασημέλλης, 2005)	31
Εικόνα 2. 1 Απεικόνιση λειτουργίας οφθαλμού κατά τη μύση-μυδρίαση (Walters, 2009)	34
Εικόνα 2. 2: Σχετική φασματική ευαισθησία για τα τρία είδη κωνίων. Στο σχήμα η ευαισθησία για το μπλε (S-κωνία) παρουσιάζεται μεγεθυμένη. (Ασημέλλης, et al., 2007)	35
Εικόνα 2. 3 Η πυκνότητα των κωνίων και των ραβδίων από το κέντρο προς την περιφέρεια (Ασημέλλης, et al., 2007)	36
Εικόνα 2. 4 Σχηματική αναπαράσταση της πορείας του φωτός και της μετατροπής του σε εικόνα στον εγκέφαλο (Walters, 2009).....	37
Εικόνα 2. 5 Οριζόντια διατομή της δεξιάς πλευράς του οφθαλμού (Ασημέλλης, et al., 2007)	38
Εικόνα 2. 6 Άξονας θέασης του οφθαλμού (Ασημέλλης, et al., 2007).....	39
Εικόνα 2. 7 Οριζόντια τομή κερατοειδή και προσθίου θαλάμου (Ασημέλλης, et al., 2007)	41
Εικόνα 2. 8: Ανατομία του αμφιβληστροειδή (Ασημέλλης, et al., 2007).....	44
Εικόνα 2. 9 Απεικόνιση των οφθαλμικών μυών (Walters, 2009).....	45
Εικόνα 2. 10 Δακρυϊκή συσκευή (Ντούζγος, 2013).....	47
Εικόνα 2. 11: Μεταβολή των θέσεων των κύριων σημείων του οφθαλμού κατά την προσαρμογή (Ασημέλλης, et al., 2007)	48
Εικόνα 2.12: Μείωση του εύρους προσαρμογής με την ηλικία (Ασημέλλης, et al., 2007)	50
Εικόνα 2. 13: Εμμετρωπικός (α) και αμετρωπικός (β) οφθαλμός (Ασημέλλης, et al., 2007)	53
Εικόνα 2.14: Μυωπικός οφθαλμός (Ασημέλλης, et al., 2007).....	54
Εικόνα 2. 15 Αξονική (α) και διαθλαστική (β) μυωπία. Εκτός από το διαφορετικό μέγεθος του οφθαλμού, διαφέρουν και οι καμπυλότητες του κερατοειδή. (Ασημέλλης, et al., 2007).....	56
Εικόνα 2. 16: Υπερμετρωπικός οφθαλμός (Ασημέλλης, et al., 2007).....	60
Εικόνα 2.17 Το κωνοειδές του Sturm (Yoon, n.d.).....	69

Εικόνα 2. 18: Σφαιρική εκτροπή. Ο κύκλος ελάχιστης σύγχυσης σημειώνεται με το C. (Young, 1992)	77
Εικόνα 2. 19: (α) Το φαινόμενο της χρωματικής εκτροπής. Όταν ερυθρές και κυανές φωτεινές ακτίνες διέλθουν ενός φακού, τότε οι κυανές ακτίνες διαθλώνται εντονότερα και εστιάζονται πλησιέστερα του φακού (β) Αχρωματικός φακός. Η χρωματική εκτροπή περιορίζεται με τη χρήση αχρωματικών φακών, οι οποίοι κατασκευάζονται από τη συνένωση δύο ή περισσότερων φακών. (Ζευγώλης, 2007)	79
Εικόνα 3. 1: Πίνακας οπτικής οξύτητας κατά Snellen. Δεξιά ορίζονται οι ανάλογες βαθμίδες οπτικής οξύτητας υπολογισμένες σε πόδια σύμφωνα με το αμερικάνικο σύστημα. (Πατέρας, 2010)	82
Εικόνα 3. 2: Δακτύλιοι Landolt με κενά σε κάθετη και εγκάρσια διεύθυνση (Πατέρας, 2010)	83
Εικόνα 3. 3: Πίνακας Bailey-Lovie για μακριά (Πατέρας, 2010).....	85
Εικόνα 3. 4: Οπτότυπο τύπου contrast sensitivity (Πατέρας, 2010).....	86
Εικόνα 3. 5: Πίνακας Pelli-Robson (Lennie & Van Hemel, 2002)	87
Εικόνα 4. 2 Συστήματα παρατήρησης: οδός φωτός από την κόρη του ασθενή διαμέσου του κατόπτρου προς τον αμφιβληστροειδή του παρατηρητή. (Ophthalmology, 1993-1994).....	89
Εικόνα 4. 3 Αντανακλαστικό εξουδετέρωσης (Ophthalmology, 1993-1994)	90
Εικόνα 4. 4 Κίνηση του αντανακλαστικού του αμφιβληστροειδή. Η κίνηση της φωτεινής γραμμής εξετάζεται από την πρόσθια όψη και από τον αμφιβληστροειδή σύμφωνα και αντίθετα προς την κίνηση. (Ophthalmology, 1993-1994).....	91
Εικόνα 5. 1 Ο στενοπικός δίσκος, ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία της υποκειμενικής (Ασημέλλης, et al., 2007)	104
Εικόνα 5. 2 Η ουδέτερη θέση του διχρωματικού τεστ (Ασημέλλης, et al., 2007)	104
Εικόνα 5. 3 Αριστερά , η δοκιμασία του διχρωματικού υποδεικνύει ότι πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό σφαίρωμα. Δεξιά πρέπει να προσθέσουμε θετικό σφαίρωμα (Ασημέλλης, et al., 2007)	104
Εικόνα 5. 4 Σταυροκύλινδροι και το σταυροκυλινδρικό πλέγμα (Ασημέλλης, et al., 2007)	104
Εικόνα 5. 5 (α) Αστεροειδής κύκλος χωρίς θόλωση, (β) όπως φαίνεται όταν πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό κύλινδρο με άξονα στις 180°, και (γ) πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό κύλινδρο με άξονα στις 90° (Ασημέλλης, et al., 2007).....	104

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως κεντρικό θέμα τη διάθλαση του φωτός, τις φυσικές του αρχές καθώς και την εφαρμογή του στην οπτομετρία. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται η ανάλυσή τους σε θεωρητικό επίπεδο. Γίνεται ουσιαστικά μια παρουσίαση της διάθλασης του φωτός, και ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται με την οπτομετρία.

Η πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια προσέγγιση της διάθλασης του φωτός, αναλύοντας τις φυσικές του ιδιότητες, καθώς και την γεωμετρική του άποψη. Ακριβέστερα αναλύεται τι είναι φως, καθώς και θεωρίες που αναφέρονται σε αυτό, όπως του Newton, του Huygens, του Maxwell, καθώς και η κβαντική θεωρία. Αναλύσεις απαραίτητες για την κατανόηση της συγκεκριμένης εργασίας. Επιπλέον, διερευνάται η ανάκλαση του φωτός, τα κάτοπτρα, καθώς και διαγράμματα ακτίνων σε αυτά, η έννοια του δείκτη διάθλασης καθώς και ο νόμος του Snell. Εν συνεχεία αναπτύσσονται τα διαθλαστικά μέσα, το πρίσμα, το δίοπτρο και τα είδη του, η σχέση καμπυλότητας και ακτίνας καμπυλότητας. Επιπρόσθετα, εξετάζεται και ο φακός, τα είδη των οφθαλμικών φακών ως προς την κατασκευή τους, και οι βασικές κατηγορίες αυτών. Τέλος, αναπτύσσεται η έννοια του κύριου άξονα-οπτικού άξονα και αναπαρίστανται ο σχηματισμός ειδώλων με σφαιρικούς φακούς, καθώς και τα μεγέθη των φακών.

Το δεύτερο κεφάλαιο εμβαθύνει στον ανθρώπινο οφθαλμό. Αναλύεται η διάθλαση του φωτός στον οφθαλμό και η λειτουργία της όρασης, η μετάδοση εικόνας από οφθαλμό σε εγκέφαλο. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η ανατομία του οφθαλμού αναλύοντας τους εξής χιτώνες: ινώδη, κερατοειδή, χοριοειδή και αμφιβληστροειδή, καθώς και τα επικουρικά μέρη του οφθαλμού όπως βλέφαρα και δακρυϊκή συσκευή. Επιπλέον στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύονται οι εκτροπές χαμηλής τάξης που παρουσιάζονται στον ανθρώπινο οφθαλμό όπως μυωπία, υπερμετρωπία, αστιγματισμός. Επίσης στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η πρεσβυωπία ως προς τον ορισμό, τα συμπτώματα και η διόρθωση αυτής. Τέλος αναλύεται η ανισομετρωπία ως διαθλαστική πάθηση, τα αίτια αυτής, καθώς και ο ενδεδειγμένος τρόπος εξέτασης του ασθενούς οι τρόποι διόρθωσης της.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η σύνδεση διάθλασης και οπτομετρίας. Αναλύεται η Οπτική Οξύτητα ως προς το τι ακριβώς είναι, αλλά και η μέτρηση της με τη βοήθεια συγκεκριμένων οπτοτύπων. Παρουσιάζεται ανάλυση οπτοτύπων όπως πίνακας Snellen, δακτύλιοι του Landolt, πίνακας Bailey-Lovie. Επιπλέον αναλύεται η ευαισθησία στην οπτική αντίθεση και ο πίνακας για την συγκεκριμένη εξέταση Pelli-Robson.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της διάθλασης, προσεγγίζοντας περισσότερο την οπτομετρία. Παρουσιάζονται οι αντικειμενικές μέθοδοι, που χρησιμεύουν στην εξέταση του ανθρώπινου οφθαλμού. Αναλύονται τεχνικές όπως αυτόματη διαθλασιμετρία, ο τρόπος εξέτασης, η αρχή λειτουργίας, και η αξιοπιστία του οργάνου. Επίσης αναλύεται η σκιασκοπία, και όργανα όπως η σχισμοειδή λυχνία, που δεν απαιτούν τη συνεργασία του ασθενούς. Όσον αφορά τη σχισμοειδή λυχνία αναλύεται το σύστημα παρατήρησης της, τα φίλτρα, οι τρόποι φωτισμού, καθώς και οι άμεσες και οι έμμεσες τεχνικές φωτισμού του συγκεκριμένου οργάνου.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της υποκειμενικής διάθλασης η οποία είναι αρχή της οπτομετρίας. Αναλύεται ο ρόλος του ιστορικού, το οποίο αποτελεί χρήσιμο και κρίσιμο στοιχείο πριν την αρχή της εξέτασης, καθώς και τα βήματα της υποκειμενικής διάθλασης για μία ολοκληρωμένη οπτομετρική εξέταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΩΣ

1.1 Τι είναι φως;

Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες, σημαντικές και οικείες αισθήσεις για τον κάθε άνθρωπο είναι η όραση, καθώς αποτελεί το μέσο με το οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα μεγάλο μέρος πληροφοριών από τον γύρω κόσμο. Το φως είναι ένα φυσικό φαινόμενο που κανονίζει όλες τις δραστηριότητες στη Γη. Άλλωστε την ημέρα η μόνη πηγή φωτός είναι ο ήλιος και τη νύχτα το φως της σελήνης. Επομένως δεν πρέπει να φανεί παράδοξο ότι από αρχαιοτάτων χρόνων οι άνθρωποι προσπάθησαν να παράγουν φως με τεχνητό τρόπο (φωτιά ξύλων, κεριά, λαμπτήρες). Οι αρχαίοι Έλληνες, όπως για όλα τα πράγματα ασχολήθηκαν και με το φως. (Τσακίρη, 2004)

Ο Πυθαγόρας θεωρούσε ότι τα αντικείμενα που υπάρχουν στο περιβάλλον μας εκπέμπουν μικρά σωματίδια τα οποία εισέρχονται στον οφθαλμό. Ο Πλάτων όριζε το φως «θείον πυρ» το οποίο εν συνεχεία αντέδρασε με το αντικείμενο και με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός δημιουργούνταν μία καινούργια εκπομπή που διέγειρε την όραση. Ένα είδος ενέργειας χαρακτήρισε το φως ο Αριστοτέλης χωρίς να προσδιορίσει με ακρίβεια τη φύση του. Άλλοι φυσικοί φιλόσοφοι όπως ο Ήρων, ο Αλεξανδρινός, ο Πτολεμαίωv κ.λπ. δεν ασχολήθηκαν τόσο με τη φύση του φωτός αλλά με τις ιδιότητές του, αυτές κυρίως που αφορούσαν τη διάδοση του στο χώρο, από ένα μέσο στο άλλο. (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)



Εικόνα 1. 1: Φως και διάθλαση (Δημάρας, 2014)

Η ταχύτητα του φωτός παρά το γεγονός ότι είναι πολύ γρήγορο δεν είναι άπειρο αλλά ύστερα από πολύχρονη έρευνα πιθανολογείται ότι είναι ίση με $2,99792458 \times 10^8 \text{m/s}$. Το φως ταξιδεύει στο κενό με σταθερή ταχύτητα, η οποία θεωρείται παγκόσμια σταθερά, μεταφέροντας ενέργεια από το ένα σημείο στο άλλο. Οι μεταβολές της ταχύτητας του φωτός αφορούν την κίνηση του φωτός σε διαφορετικά μέσα όπως στο γυαλί ή στον αέρα. (Young, 1992) (Ασημέλλης, Κατσούλος, Καραγεωργιάδης, Μακρυνιώτη, Βασιλείου, Μουσαφειρόπουλος, Μπαχάρης, 2007)

1.2 Θεωρίες για τη φύση του φωτός

1.2.1 Θεωρία Newton

Η πρώτη θεωρία που εξηγούσε σχετικά ικανοποιητικά ορισμένα από τα φαινόμενα που έχουν σχέση με το φως διατυπώθηκε από τον Isaac Newton. Ο Newton δημοσίευσε το 1704 το βιβλίο του *Opticks, or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, υποστηρίζοντας ότι το φως αποτελείται από μικρά σωματίδια ή σφαιρίδια. Για να δικαιολογήσει αυτήν την άποψη ισχυρίστηκε πως μια οριζόντια δέσμη φωτός κοντά στη γη κινείται με τον ίδιο τρόπο που κινείται ένα βλήμα και κατά συνέπεια, σχηματίζει παραβολική τροχιά. Στην περίπτωση της δέσμης του φωτός όμως η τροχιά που παρατηρείται για το φως είναι ευθύγραμμη γεγονός που αποδίδεται στην πολύ μεγάλη ταχύτητα των σωματιδίων που το αποτελούν. (Virginia, 2004) (Ασημέλλης, et al., 2007) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)

Η υιοθέτηση του συγκεκριμένου μοντέλου μπορεί να εξηγήσει ικανοποιητικά πολλές από τις γνωστές ιδιότητες του φωτός. Για παράδειγμα το γεγονός πως όταν το φως ανακλάται η γωνία πρόσπτωσης ισούται με τη γωνία ανάκλασης είναι παρόμοιο με το πώς μια ελαστική λεία μπάλα αναπηδάει από μια επίπεδη επιφάνεια. (Virginia, 2004)

1.2.2 Θεωρία Huygens

Σε μεγάλη αντιπαράθεση της προηγούμενης θεωρίας την ίδια εποχή υπήρξε αυτή του Huygens. Η αρχή του Huygens διατυπώθηκε από τον Ολλανδό φυσικό, αστρονόμο και μαθηματικό Christian Huygens το 1678 (δημοσιεύθηκε όμως το 1690, στο βιβλίο του *Traité de la Lumière*), ως ερμηνευτική αρχή για τη διάδοση του φωτός. Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε εδώ ότι εκείνη την εποχή η ηλεκτρομαγνητική φύση του φωτός δεν ήταν γνωστή (αφού η ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell εμφανίστηκε περίπου δύο αιώνες αργότερα!). Η αρχή του Huygens είναι ανεξάρτητη από την ειδικότερη φύση (τη δυναμική) του κυματικού φαινομένου, και ισχύει σχεδόν για όλα τα κυματικά φαινόμενα. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή το φως αποστέλλεται από κύματα κατά περιοδικές "διαταραχές" κάποιου υποθετικού μέσου. Εστίες των περιοδικών αυτών μεταβολών είναι οι φωτεινές πηγές των οποίων τα μόρια βρίσκονται σε "ταχύτατη κραδασμική κίνηση" ενώ το

υποθετικό μέσον δια του οποίου μεταδίδονται οι παλμικές κινήσεις είναι ο "αιθέρας", ένα ελαστικό ακίνητο και αβαρές ρευστό με το οποίο πληρείται το σύμπαν. (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ασημέλλης, et al., 2007) (Ophthalmology, 1993-1994)

Ο αιθέρας αυτός φέρεται διάχυτος στο μεταξύ των ουρανίων σωμάτων διάστημα, προκειμένου έτσι να εξηγηθεί η εις το "κενό" διάδοση του φωτός αυτών των ουρανίων σωμάτων. Και ο Fresnel (όπως και ο Huygens) αναφερόταν στη μελέτη της διάδοσης του φωτός στα πλαίσια της υπόθεσης του αιθέρα. Λόγω της συμβολής του Fresnel, η αρχή ονομάζεται συχνά και αρχή των Huygens-Fresnel.

1.2.3 Θεωρία του Maxwell (κυματική φύση)

Η πιο σημαντική εξέλιξη του 19ου αιώνα στη μελέτη παραγωγής και διάδοσης του φωτός υπήρξε το έργο του Maxwell, ο οποίος το 1873 διατύπωσε τη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία ξεκινούν από τη φωτεινή πηγή και διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. (Yoon, n.d.)

Ο Maxwell απέδειξε ότι, όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο ταλαντώνεται, παράγει ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό κύμα. Δηλαδή είναι ένα πεδίο με δύο χαρακτηριστικά, την ένταση ϵ του ηλεκτρικού πεδίου και την ένταση B του μαγνητικού πεδίου, των οποίων τα διανύσματα είναι κάθετα μεταξύ τους και μεταβάλλονται από θέση σε θέση και από στιγμή σε στιγμή. Γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται ως δύο τοπικά και χρονικά μεταβαλλόμενα μεγέθη (ϵ και B). Οι εντάσεις των πεδίων ϵ και B παίρνουν ταυτόχρονα τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή, δηλαδή έχουν την ίδια φάση και διαδίδονται με την ίδια ταχύτητα c . (Yoon, n.d.)

Οι συνηθισμένες πηγές ορατού φωτός δίνουν τέτοιες συχνότητες (ή μήκη κύματος) ηλεκτρομαγνητικοί κυμάτων, ώστε να γίνονται αντιληπτά από το μάτι. Το μήκος κύματος των κυμάτων αυτών κυμαίνεται από 400nm έως και 700nm περίπου. (Yoon, n.d.)

Επίσης εύκολα διαπιστώνουμε ότι το φως μεταφέρει ενέργεια (π.χ. ένα οποιοδήποτε σώμα, όταν εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία, θερμαίνεται). Η ενέργεια αυτή είναι ενέργεια ηλεκτρικού και ενέργεια μαγνητικού πεδίου, η οποία παράγεται από τις πηγές και μεταφέρεται ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα. (Yoon, n.d.)

Την ορθότητα της θεωρίας του Maxwell απέδειξε πειραματικά ο Hertz (Χερτς) το 1887, ο οποίος παρήγαγε, μέσω ταχέων ηλεκτρικών ταλαντώσεων, κύματα της ίδιας φύσης με αυτήν του φωτός αλλά με μικρότερη συχνότητα. (Yoon, n.d.)

Η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (c), η συχνότητα (f) και το μήκος κύματος (λ) συνδέονται με τη σχέση: $c = \lambda \times f$, η οποία ονομάζεται θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής. (Yoon, n.d.)

1.2.4 Κβαντική θεωρία (σωματιδιακή φύση)

Παρ' όλο που η κλασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού ερμήνευσε ορισμένα φαινόμενα του φωτός δεν κατόρθωσε να ερμηνεύσει κάποια άλλα φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση της φωτεινής ακτινοβολίας με την ύλη. (Young, 1992)

Πολλά πειραματικά δεδομένα δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν με την παραδοχή ότι το φως είναι μόνο κύμα. Το πιο σημαντικό από τα πειράματα αυτά ήταν εκείνο της μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Για την ερμηνεία της εκπομπής και της απορρόφησης του φωτός δεν αρκούσαν μόνο κάποιες επεκτάσεις της κλασικής θεωρίας. Στην πραγματικότητα χρειάστηκε κάτι πιο ριζικό από μια απλή επέκταση. (Young, 1992)

Το 1900 ο Planck, για να ερμηνεύσει την ακτινοβολία που παράγει ένα θερμαινόμενο σώμα, εισήγαγε τη θεωρία των κβάντα φωτός, την οποία εφάρμοσε αργότερα ο Einstein, για να ερμηνεύσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. (Ophthalmology, 1993-1994) (Ασημέλλης, et al., 2007)

Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία του Planck, το φως (και γενικότερα κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα της ύλης όχι κατά συνεχή τρόπο αλλά ασυνεχώς. Δηλαδή κάθε άτομο εκπέμπει ή απορροφά στοιχειώδη ποσά ενέργειας, που ονομάζονται κβάντα φωτός ή φωτόνια. Από το άτομο λοιπόν δεν εκπέμπονται συνεχώς κύματα αλλά φωτόνια, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη συχνότητα και έχει συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας E . (Ασημέλλης, et al., 2007)

Όταν το φως προσπίπτει πάνω στην ύλη, τα άτομα της ύλης απορροφούν την ακτινοβολία ασυνεχώς, που σημαίνει ότι κάθε άτομο απορροφά μεμονωμένα φωτόνια. Κάθε φωτόνιο μιας ακτινοβολίας έχει ενέργεια που δίνεται από τη σχέση $E = h \times f$

Το h είναι μια σταθερά, που ονομάζεται *σταθερά του Planck*, και έχει τιμή $h=6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s και f η συχνότητα. (Ophthalmology, 1993-1994)

Όταν προσπίπτει φως πάνω στα μέταλλα, τότε μεταφέρεται ενέργεια από ένα φωτόνιο σε ένα από τα ηλεκτρόνια του ατόμου του μετάλλου. Δηλαδή το ηλεκτρόνιο αλληλεπιδρά με ένα από τα φωτόνια του φωτός σαν να είναι το φωτόνιο σωματίδιο. (Ophthalmology, 1993-1994)

Η θεωρία των κβάντα δεν αναιρεί την κυματική φύση του φωτός. Το φωτόνιο έχει και κυματικές ιδιότητες, για παράδειγμα η ενέργειά του εξαρτάται

από τη συχνότητα του, που είναι κατ' εξοχήν κυματική ιδιότητα. (Ασημέλλης, et al., 2007) (Ophthalmology, 1993-1994)

1.2.5 Σχέση φωτονίων και ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Σήμερα πιστεύουμε στη διπλή φύση του φωτός, δηλαδή ότι το φως συμπεριφέρεται ως κύμα και ως σωματίδιο που ονομάζεται φωτόνιο. Σε φαινόμενα όπως η συμβολή, η περίθλαση και η πόλωση εκδηλώνεται η κυματική φύση του φωτός (ηλεκτρομαγνητικό κύμα), ενώ σε φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη (απορρόφηση - εκπομπή), όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός. (Ασημέλλης, et al., 2007)

1.2.6 Περίθλαση

Η περίθλαση είναι φαινόμενο της διάδοσης των κυμάτων. Είναι μία από τις περιπτώσεις στις οποίες το φως εκτρέπεται από την ευθεία πορεία του. Όταν το φως διέρχεται μέσα από μία λεπτή σχισμή ή οπή δεν εμφανίζεται ένα απλό φωτεινό αποτύπωμα σε μία οθόνη τοποθετημένη πίσω από την σχισμή που αντιστοιχεί στην εικόνα της οπής ή της σχισμής αλλά μία εικόνα που περιλαμβάνει φωτεινές και σκοτεινές περιοχές σε μία μεγάλη περιοχή γύρω από την θέση που θα έπρεπε να εμφανίζεται το φωτεινό αποτύπωμα. Το αντίστοιχο φαινόμενο εκτροπής του φωτός συμβαίνει όταν φως πέσει πάνω σε ιδιαίτερα λεπτό αντικείμενο. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αποτέλεσμα του φαινομένου της περίθλασης. Η περίθλαση επομένως είναι το φαινόμενο της διάχυσης των κυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις όταν αυτά συναντάνε ένα εμπόδιο ή μία οπή με διαστάσεις παραπλήσιες του μήκους κύματος. Η περίθλαση είναι αποτέλεσμα δύο κυματικών φαινομένων, της αρχής του Χόιχενς και της συμβολής. (Young, 1992) (Ζευγώλης, 2007)

1.3 Γεωμετρική οπτική του φωτός

Η γεωμετρική οπτική που θα αναλυθεί στο παρόν κεφάλαιο καλύπτει ως θέματα την ανάκλαση και τη διάθλαση του φωτός. Η γεωμετρική οπτική εστιάζει στα διάφορα οπτικά φαινόμενα όπως είναι η ανάκλαση, η διάθλαση, που δημιουργούνται όταν σε επίπεδα και σφαιρικά κάτοπτρα ή φακούς και πρίσματα προσπέσουν ή διέλθουν φωτεινές ακτίνες αντίστοιχα. Στη φυσική οπτική τα φαινόμενα εξηγούνται με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής και της κβαντικής θεωρίας. Άρα στη γεωμετρική οπτική αγνοείται η κυματική φύση του φωτός, δηλαδή δεχόμαστε ότι το μήκος κύματος $\lambda \gg 0$ είναι αμελητέο σε σύγκριση με τις διαστάσεις του οπτικού συστήματος, και τα οπτικά φαινόμενα μπορούν να αναλυθούν γεωμετρικά. Αν οι διαστάσεις του εμποδίου ή του ανοίγματος μπορούν να συγκριθούν με το μήκος κύματος τότε δεν μπορούμε

να χρησιμοποιήσουμε την παραπάνω προσέγγιση καθώς έχουμε πιο έντονα το φαινόμενο της περίθλασης. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν η κυματική φύση του φωτός επικρατεί, καθορίζοντας τη διάδοσή του, και τότε κάποια στοιχεία της γεωμετρικής οπτικής θα πρέπει να επανεξεταστούν. (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ophthalmology, 1993-1994) (Ζευγώλης, 2007)

Η γεωμετρική οπτική στηρίζεται σε τρεις θεμελιώδεις εμπειρικούς νόμους (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)

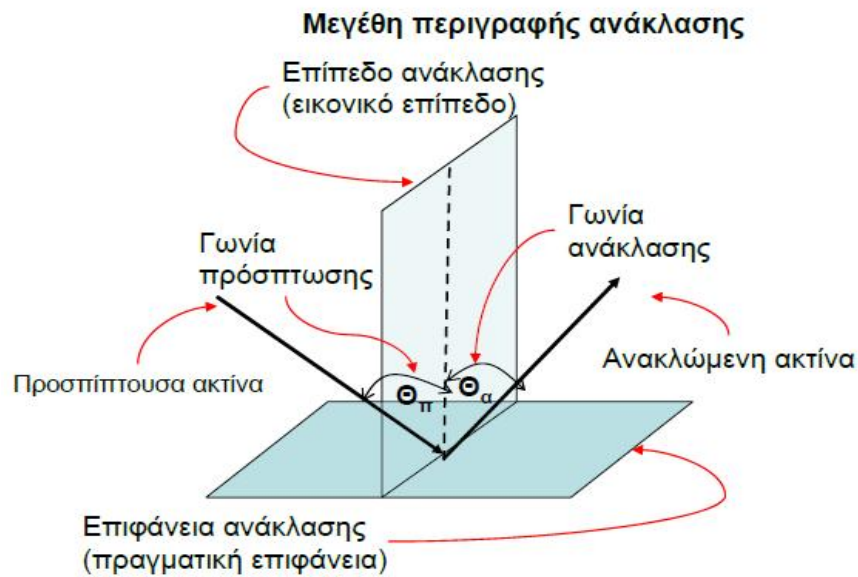
A) Η φωτεινή ενέργεια διαδίδεται ευθύγραμμα σε ομογενές οπτικό μέσο.

B) Η ευθύγραμμη πορεία αποκλίνει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων.

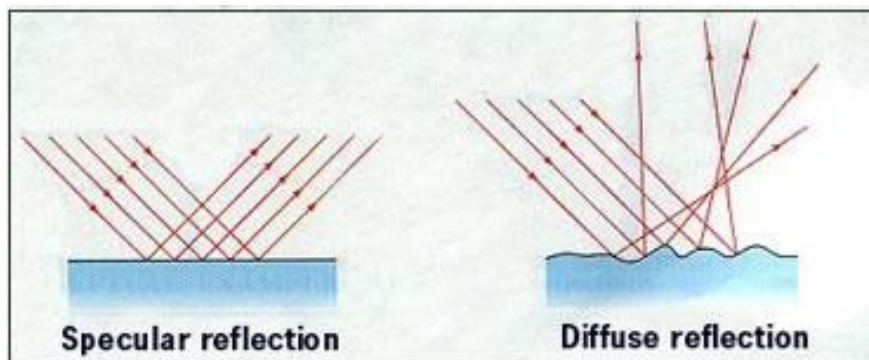
Γ) Η γεωμετρική πορεία του φωτός είναι αντιστρεπτή.

1.3.1 Ανάκλαση φωτός

Όταν μια φωτεινή ακτίνα που διαδίδεται σε ένα μέσο συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο αρχικό μέσο διάδοσης με ένα άλλο, τότε ένα μέρος της αρχικής ακτίνας ανακλάται πίσω στο αρχικό μέσο διάδοσης. Στο σχήμα 1.2 βλέπουμε να ανακλώνται οι ακτίνες φωτός που προσπίπτουν πάνω σε μια λεία και στιλπνή επιφάνεια η οποία μοιάζει με κάτοπτρο. Οι ανακλώμενες ακτίνες εξακολουθούν να είναι παράλληλες μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτό η ανάκλαση αυτή ονομάζεται κατοπτρική ανάκλαση. Εάν όμως η επιφάνεια πάνω στην οποία προσπίπτουν οι ακτίνες είναι τραχιά και ανώμαλη τότε οι ακτίνες ανακλώνται προς διαφορετικές κατευθύνσεις και διασκορπίζονται στον γύρω χώρο (σχήμα 1.3). Η ανάκλαση αυτή, κατά την οποία οι ακτίνες κατευθύνονται ακανόνιστα προς όλες τις κατευθύνσεις, ονομάζεται διάχυση. Θεωρούμε μια φωτεινή ακτίνα που διαδίδεται στον αέρα και προσπίπτει υπό γωνία πάνω σε μια λεία επιφάνεια όπως στο σχήμα 1.2. Η προσπίπτουσα και η ανακλώμενη ακτίνα σχηματίζουν γωνίες $\theta_{\text{π}}$ και $\theta_{\text{α}}$, αντίστοιχα, με την κάθετο προς την ανακλώσα επιφάνεια στο σημείο ανάκλασης. Γνωρίζουμε πειραματικά ότι η γωνία ανακλάσεως ισούται με την γωνία προσπτώσεως, δηλαδή $\theta_{\text{α}} = \theta_{\text{π}}$. (Ασημέλλης, 2005) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Young, 1992)



Εικόνα 1. 2: Απεικόνιση των μεγεθών της ανάκλασης (Young, 1992)



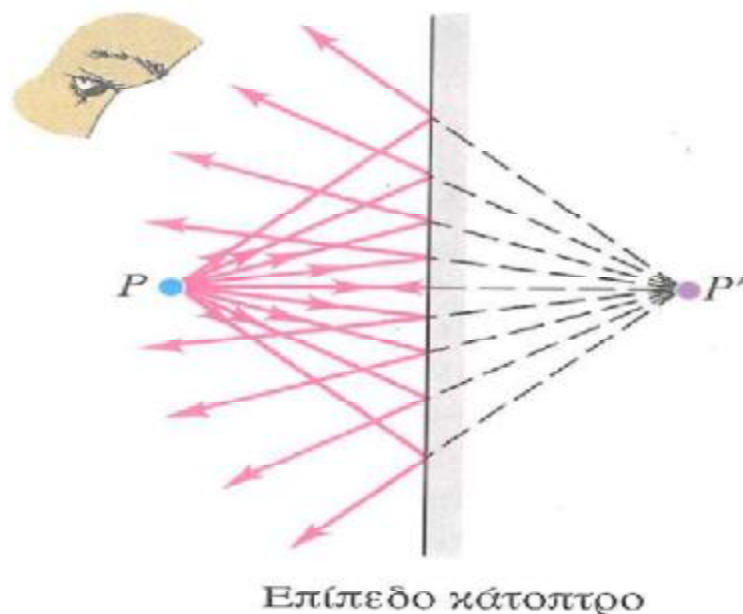
Εικόνα 1. 3: Ανάκλαση δέσμης παράλληλων ακτίνων σε λεία και σε μη λεία και σιλιπνή επιφάνεια (Κωνσταντακόπουλος, n.d.)

1.3.2 Κάτοπτρα

Οι εικόνες σχηματίζονται από την ανάκλαση του φωτός μέσω της χρήσης κατόπτρων. Τα κάτοπτρα είναι λείες και σιλιπνές επιφάνειες οι οποίες μπορεί να είναι είτε κάθετες είτε παράλληλες. (Ασημέλλης, et al., 2007)

Η απεικόνιση αντικειμένων με τη βοήθεια των κατόπτρων ονομάζονται είδωλα. Τα είδωλα σχηματίζονται στο σημείο όπου οι ακτίνες του φωτός τέμνονται ή στο σημείο από το οποίο προέρχονται. Τα είδωλα μπορεί να είναι πραγματικά ή εικονικά. Πραγματικά χαρακτηρίζονται τα είδωλα στα οποία το φως τέμνεται στην πραγματικότητα με την εικόνα ενώ, εικονικά χαρακτηρίζονται τα είδωλα στα οποία το φως δεν περνάει μέσα από το είδωλο αλλά απλά εμφανίζεται να έρχεται από αυτό το σημείο. Όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1.5, από το σημείο P πηγάζουν αρκετές ακτίνες που ανακλώνται σε ένα επίπεδο κάτοπτρο, σύμφωνα με το νόμο της ανάκλασης. Αφού ανακλασθούν, οι τελικές κατευθύνσεις τους είναι σαν να έχουν προέλθει από το σημείο P'. Ονομάζουμε το σημείο P σημειακό αντικείμενο, το σημείο

P' αντίστοιχο σημειακό είδωλο, και ορίζουμε ότι το κάτοπτρο σχηματίζει ένα είδωλο του σημείου P . Οι εξερχόμενες ακτίνες (εκείνες που απομακρύνονται από το κάτοπτρο) δεν προέρχονται πραγματικά από το σημείο P' , αλλά οι κατευθύνσεις τους συμπίπτουν με τις κατευθύνσεις που θα είχαν αν προέρχονταν από αυτό το σημείο. (Young, 1992)



Εικόνα 1. 4: Δημιουργία ειδώλου από επίπεδο κάτοπτρο (Young, 1992)

Εικονικά είναι συνήθως τα είδωλα που προέρχονται από τα επίπεδα κάτοπτρα. Όταν ένα είδωλο σχηματίζεται με την τοποθέτηση ενός αντικειμένου μπροστά από ένα επίπεδο κάτοπτρο τότε αυτό θα έχει τόση απόσταση από το κάτοπτρο όση και το αντικείμενο από το κάτοπτρο. Επιπλέον το είδωλο θα έχει το ίδιο μέγεθος με το αντικείμενο ή αλλιώς η μεγέθυνση του κατόπτρου που ορίζεται ως το πηλίκο του ύψους του ειδώλου προς το ύψος του αντικειμένου, θα ισούται με τη μονάδα. (Young, 1992)

Εκτός από τα επίπεδα κάτοπτρα υπάρχουν και τα παραβολικά κάτοπτρα τα οποία έχουν το σχήμα σφαίρας. Ανάλογα με το αν το φως ανακλάται από την κοίλη ή την κυρτή επιφάνεια του σφαιρικού κατόπτρου αυτό χαρακτηρίζεται ως κοίλο ή κυρτό κάτοπτρο αντίστοιχα. (Young, 1992)

Η απόσταση του ειδώλου από το αντικείμενο και η ακτίνα καμπυλότητας του κατόπτρου μπορούν να προσδιοριστούν με τη χρήση της γεωμετρίας. Συγκεκριμένα έχει οριστεί οι αποστάσεις αυτές να μετριοούνται από το μέσο του κατόπτρου και θεωρούνται θετικές όταν αναφέρονται σε αποστάσεις μπροστά από το κάτοπτρο και αρνητικές όταν αναφέρονται σε αποστάσεις πίσω από το κάτοπτρο. Ο κύριος άξονας του κατόπτρου είναι η γραμμή που ενώνει το μέσο του κατόπτρου με το κέντρο της καμπυλότητας του.

Στην περίπτωση των πραγματικών ειδώλων το είδωλο είναι αντεστραμμένο και η μεγέθυνση είναι αρνητική ενώ στην περίπτωση των εικονικών ειδώλων η μεγέθυνση είναι θετική και το είδωλο είναι όρθιο. Τα σφαιρικά κάτοπτρα χαρακτηρίζονται από την εξίσωση των κατόπτρων (Young, 1992):

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

Όπου s είναι η απόσταση του αντικείμενου, s' είναι η απόσταση του ειδώλου και R η καμπυλότητα του κατόπτρου. (Young, 1992)

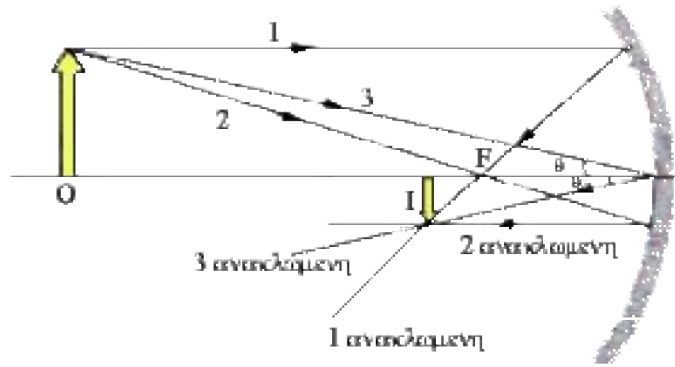
Στην ειδική περίπτωση που το αντικείμενο βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση από το κάτοπτρο τότε $s \gg R$ και $1/s \approx 0$ οπότε $s' \approx R/2$. Το σημείο του ειδώλου σε αυτήν την περίπτωση είναι το σημείο εστίασης και η απόσταση του ειδώλου ονομάζεται μήκος εστίασης. (Young, 1992)

Στα κυρτά κάτοπτρα το είδωλο είναι συνήθως εικονικό και όρθιο δηλαδή η μεγέθυνση του κατόπτρου είναι θετική. Το μήκος εστίασης σε αυτήν την περίπτωση είναι αρνητικό δηλαδή το σημείο εστίασης είναι πίσω από το κάτοπτρο. (Young, 1992)

1.3.3 Διαγράμματα ακτινών για τα κάτοπτρα

Η θέση και το μέγεθος των ειδώλων που σχηματίζονται από τα κάτοπτρα μπορούν να καθοριστούν μέσω των ακτινικών διαγραμμάτων. Από την κατασκευή των συγκεκριμένων διαγραμμάτων μπορεί να προκύψουν χρήσιμα αποτελέσματα για τη φύση των ειδώλων.

Για να δημιουργηθεί ένα ακτινικό διάγραμμα Εικόνα 1.5 πρέπει να είναι γνωστή η θέση του αντικείμενου Q και η θέση του κέντρου της καμπύλης C . Αρχικά σχεδιάζεται μια ακτίνα παράλληλη στον κύριο άξονα και ανακλάται πίσω στο σημείο εστίασης. Στην συνέχεια μια δεύτερη ακτίνα σχεδιάζεται μέσω του σημείου εστίασης που ανακλάται παράλληλα προς τον κύριο άξονα και τέλος μια τρίτη ακτίνα που συναντά το κάτοπτρο στη κορυφή ανακλάται υπό γωνία (ως προς τον οπτικό άξονα) ίση με τη γωνία πρόσπτωσης. Η θέση του ειδώλου Q' προσδιορίζεται στο σημείο τομής των τριών αυτών ακτινών.



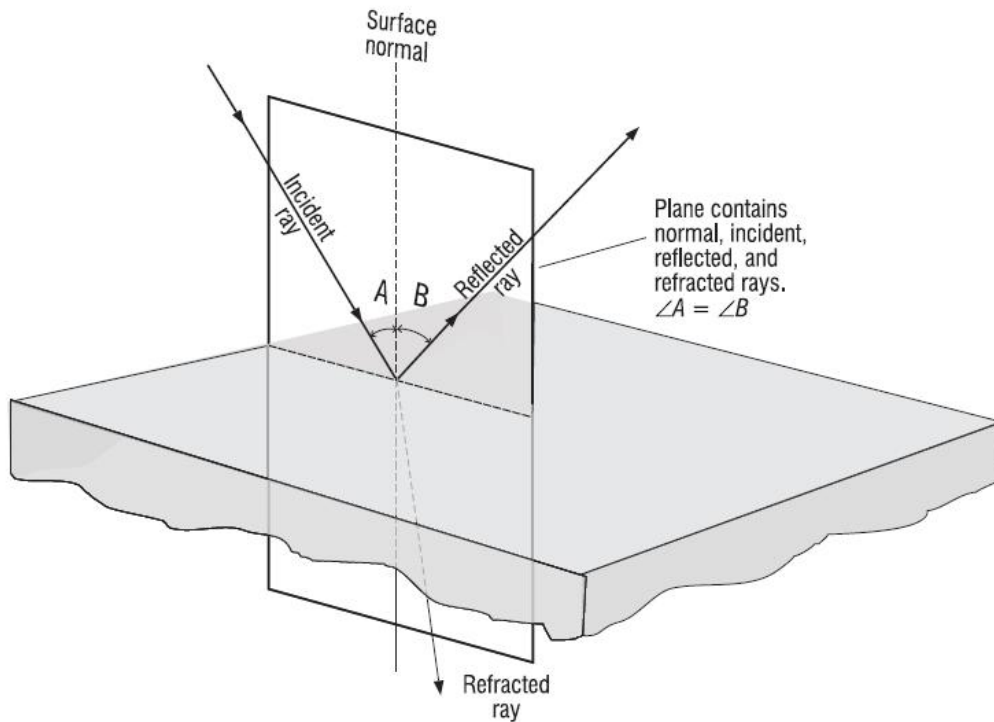
Εικόνα 1. 5: Κύριες ακτίνες χρησιμοποιούμενες στη γραφική μέθοδο προσδιορισμού του ειδώλου που σχηματίζεται από κοίλο κάτοπτρο (Young, 1992)

Στην περίπτωση των κυρτών κατόπτρων τα είδωλα είναι πραγματικά και ορθά όταν το αντικείμενο βρίσκεται ανάμεσα στο σημείο εστίασης και στο κάτοπτρο ενώ στην περίπτωση των κοίλων κατόπτρων τα είδωλα είναι εικονικά και πλησιάζουν το σημείο εστίασης καθώς η απόσταση του αντικειμένου αυξάνεται από το κάτοπτρο. (Young, 1992)

Τα παραβολικά κάτοπτρα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για δύο σημαντικούς λόγους. Πρώτον όταν στην επιφάνεια ενός παραβολικού κατόπτρου προσπίπτουν παράλληλες ακτίνες οι οποίες ανακλώνται αυτές διέρχονται όλες από την εστία του κατόπτρου και δεύτερον οι ακτίνες που εκπέμπονται από την εστία του κατόπτρου όταν ανακλώνται στην επιφάνεια απομακρύνονται παράλληλα. Οι δύο αυτές ιδιότητες κάνουν εφικτή τη χρήση των παραβολικών κατόπτρων σε εφαρμογές όπου σημασία έχει η συγκέντρωση και η κατεύθυνση του σήματος. (Ζευγώλης, 2007)

1.3.4 Δείκτης διάθλασης

Όταν το φως προσπίπτει πάνω σε μια διεπιφάνεια, δηλαδή στο γεωμετρικό επίπεδο που διαχωρίζει το ένα οπτικό μέσο από το άλλο, κατά ένα μέρος θα ανακλαστεί και κατά ένα άλλο μέρος θα διαχυθεί όπως φαίνεται στην εικόνα 1.6.



Εικόνα 1. 6: Η ανάκλαση και η διάθλαση σε μία επιφάνεια (Pendrott, 2003)

Δυο διαφανή οπτικά μέσα που σχηματίζουν μια διεπιφάνεια διαχωρίζονται από ένα σταθερό επίπεδο που ονομάζεται δείκτης διάθλασης και συνήθως συμβολίζεται με n . Ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός στο μέσο δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{c}{v}$$

Όπου c είναι η ταχύτητα του φωτός στο κενό και v η ταχύτητα του φωτός στο μέσο. Για το κενό ο δείκτης διάθλασης είναι ακριβώς ίσος με 1 ενώ για τα περισσότερα αέρια είναι πολύ κοντά στη μονάδα. Οι τιμές του δείκτη διάθλασης για τα περισσότερα μέσα φαίνεται στον πίνακα 1 που ακολουθεί (Pendrott, 2003). Γενικά όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης διάθλασης τόσο περισσότερο φως διαθλάται από τον αέρα στο μέσο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Δείκτης διάθλασης $\lambda=589\text{nm}$ (Young, 1992)

Υλικό	Δείκτης διάθλασης, n
Στερεά	
Πάγος	1,309
Φθορίτης	1,434
Πολυστυρόλιο	1,49
Ορυκτό άλας	1,544
Χαλαζίας	1,544
Ορυκτό Ζιρκόνιο	1,923
Αδάμας	2,417
Φαβουλίτης	2,409
Ρουτίλιο	2,62
Ύαλοι(γυαλιά, τυπικές τιμές)	
Στεφανύαλος	1,52
Μολυβδύαλος (μικρής οπτικής πυκνότητας)	1,58
Μολυβδύαλος (μέσης οπτικής πυκνότητας)	1,62
Μολυβδύαλος (μεγάλης οπτικής πυκνότητας)	1,66
Μολυβδύαλος λανθανίου	1,80
Υγρά σε θερμοκρασία 20°C	
Μεθανόλη	1,329
Νερό	1,333
Αιθανόλη	1,36
Τετραχλωράνθρακας	1,460
Ρητίνη πεύκης	1,472
Γλυκερίνη	1,473
Βενζόλιο	1,501
Διθειάνθρακας	1,628

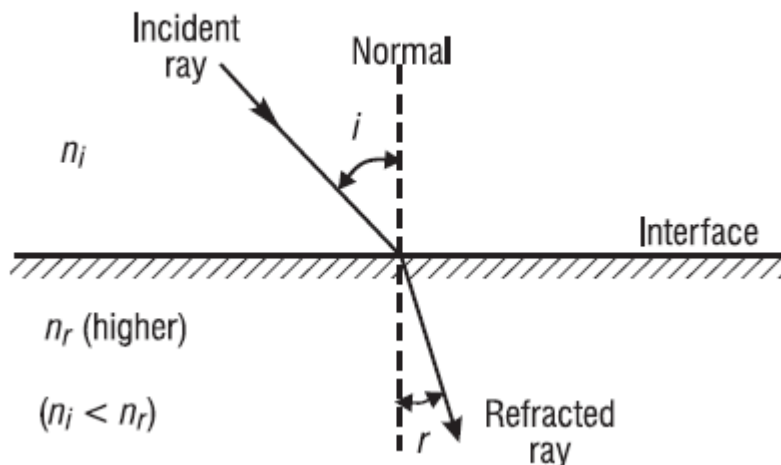
Υπάρχουν δυο περιπτώσεις διάθλασης του φωτός. Η μία είναι το φως να περνάει από το μέσο με το χαμηλότερο δείκτη στο μέσο με τον μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης και η άλλη είναι το αντίστροφο δηλαδή το φως να περνάει από το μέσο με το μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης στο μέσο με το μικρότερο δείκτη. (Ασημέλλης, 2005)

1.3.5 Νόμος του Snell

Οι δείκτες διάθλασης σε δύο μέσα σχετίζονται με τα ημίτονα των γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης του φωτός σε μια διεπιφάνεια συσχετίζονται με το νόμο του Snell ο οποίος πήρε το όνομα του από τον Willebord Snell που τον εισήγαγε τον 17^ο αιώνα. Με το νόμο του Snell μπορεί να υπολογιστεί η κατεύθυνση της διαθλώμενης ακτίνας αν είναι γνωστοί οι δείκτες διάθλασης των δύο μέσων και η κατεύθυνση της προσπίπτουσας δέσμης. Η μαθηματική έκφραση του νόμου είναι:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_r}{n_i}$$

Όπου με i συμβολίζεται η γωνία πρόσπτωσης, r η ακτίνα διάθλασης, n_i ο δείκτης πρόσπτωσης στο μέσο και n_r ο δείκτης ανάκλασης του μέσου. Το σχήμα 1.7 παριστάνει μία οπτική ακτίνα η οποία προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφορετικών ομογενών και ισότροπων μέσων με δείκτες διάθλασης n_i , n_r . Γενικά ένα μέρος της προσπίπτουσας δέσμης ανακλάται και η υπόλοιπη διαδίδεται στο δεύτερο μέσο και ονομάζεται διαθλώμενη δέσμη. Αυτή σχηματίζει με την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης τη γωνία διάθλασης r η οποία είναι διαφορετική από τη γωνία πρόσπτωσης (και ανάκλασης) i . (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ophthalmology, 1993-1994)

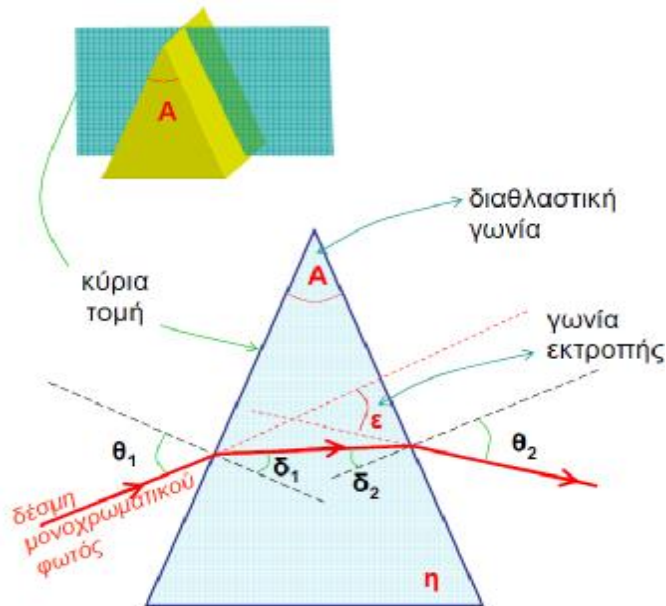


Εικόνα 1. 7: Σχηματική αναπαράσταση της διάθλασης ακτίνας για το νόμο του Snell (Pendrott, 2003)

1.4 Διαθλαστικά μέσα

1.4.1 ΠΡΙΣΜΑ

Ορίζουμε το οπτικό μέσο σε σχήμα τριγώνου στο οποίο όταν προσπέσει μία ακτίνα δέσμης φωτός, αυτό θα την στρέψει όταν περάσει, προς τη βάση του ευθύγραμμο. Όταν κοιτάζουμε ένα αντικείμενο μέσα από ένα πρίσμα το αντικείμενο φαίνεται παρεκτοπισμένο προς τη βάση του. Η μονάδα που χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε τη διαθλαστική δύναμη των πρισμάτων είναι η πρισματική διοπτρία. (Ζευγώλης, 2007)



Εικόνα 1. 8: Τα χαρακτηριστικά του πρίσματος στην οπτική (Ζευγώλης, 2007)

Όταν μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει σε ένα σημείο της μιας έδρας του πρίσματος υπό γωνία θ_1 θα αναδύεται από ένα άλλο σημείο της έδρας του πρίσματος υπό γωνία θ_2 και θεωρείται πως η πορεία της δέσμης γίνεται στο ίδιο επίπεδο της κύριας τομής του πρίσματος. Για να συμβαίνει αυτό πρέπει να υπάρχουν δυο διαδοχικές διαθλάσεις. Αν η γωνία εκτροπής της δέσμης συμβολίζεται με ϵ για το πρίσμα και ο δείκτης διάθλασης του με n τότε ισχύει:

$$A = \delta_1 + \delta_2 \text{ και } \epsilon = \theta_1 + \theta_2 - A \text{ και επίσης } \sin\theta_1 = n \sin\delta_1 \text{ και } \sin\theta_2 = n \sin\delta_2$$

Η γωνία εκτροπής ϵ είναι συνάρτηση του δείκτη διάθλασης n του υλικού, της γωνίας πρόσπτωσης θ_1 και της θλαστικής γωνίας A του πρίσματος. Η γωνία εκτροπής είναι ελάχιστη όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάδυσης. Με βάση αυτό ο απόλυτος δείκτης διάθλασης n του πρίσματος δίνεται από τη σχέση:

$$n = \sin[(\epsilon_{\min} + A)/2] / \sin(A/2) \text{ (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)}$$

1.4.2 Δίοπτρο

Το σύστημα δύο οπτικών μέσων που διαχωρίζεται από μία επιφάνεια, την επιφάνεια διάθλασης. Ειδικότερα όμως δίοπτρο χαρακτηρίζεται αυτή ακριβώς η επιφάνεια. Έτσι, αν η επιφάνεια διάθλασης είναι επίπεδη ονομάζεται επίπεδο δίοπτρο και αν η επιφάνεια είναι σφαιρική σφαιρικό δίοπτρο. Προϋπόθεση για να υπάρχει δίοπτρο είναι να έχουμε διαφορετικούς δείκτες διάθλασης οπτικών μέσων $n_1 \neq n_2$.

Κάθε καμπύλη επιφάνεια αποτελεί τμήμα σφαιρικής επιφάνειας, έτσι λοιπόν κάθε καμπύλη επιφάνεια διαγράφεται από μία ακτίνα r που ξεκινά από ένα κέντρο C . Το r ονομάζεται ακτίνα καμπυλότητας του δίοπτρου. Η ακτίνα καμπυλότητας είναι θετική αν το δίοπτρο είναι κυρτό και το κέντρο ακτίνας καμπυλότητας βρίσκεται στα δεξιά της επιφάνειας. Η ακτίνα καμπυλότητας είναι αρνητική σε ένα κοίλο κάτοπτρο και το κέντρο καμπυλότητας βρίσκεται στα αριστερά.

1.4.3 Είδη δίοπτρων

Τα δίοπτρα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: θετικά και αρνητικά.

Ένα θετικό δίοπτρο έχει την ικανότητα να συγκλίνει το φως ενώ ένα αρνητικό έχει την ιδιότητα να το αποκλίνει. Σε ένα θετικό δίοπτρο όλες οι ακτίνες που προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του συγκλίνουν σε ένα σημείο που ονομάζεται εστία του δίοπτρου F . Σε ένα αρνητικό δίοπτρο οι ακτίνες που πέφτουν κάθετα στην επιφάνεια (παράλληλες μεταξύ τους), αποκλίνουν όλες έτσι ώστε οι προεκτάσεις τους να συμπίπτουν στο σημείο F του δίοπτρου. Το F του θετικού δίοπτρου είναι πραγματικό ενώ του αρνητικού δίοπτρου φανταστικό. (Ασημέλλης, et al., 2007)

1.4.4 Σχέση καμπυλότητας και ακτίνας καμπυλότητας

Σε ένα δίοπτρο όσο το r μεγαλώνει η καμπύλη του δίοπτρου γίνεται πιο επίπεδη και το αντίστροφο δηλαδή όσο μικραίνει το r η καμπύλη του δίοπτρου γίνεται πιο καμπύλη.

$$c = \frac{1}{r}$$

Η καμπυλότητα εκφράζεται σε διοπτρίες όπως και η οπτική ισχύς

1.4.5 Φακός

Ως φακό ορίζουμε το οπτικό μέσο στο οποίο όταν παράλληλες φωτεινές ακτίνες προσπίπτουν σε αυτό, μεταβάλλει την κλίση τους χωρίς όμως να επηρεάζεται η κατεύθυνση τους. Το διαθλαστικό αυτό μέσο καλείται να είναι διαφανές, ισότροπο και ομογενές. Αποτελείται από δύο σφαιρικές επιφάνειες, μία σφαιρική και μία επίπεδη. (Πατέρας, 2010)

Διαφανές ορίζουμε το σώμα μέσω του οποίου μπορεί να διέλθει το φως και που μας επιτρέπει να διακρίνουμε ευκρινώς τα αντικείμενα που βρίσκονται πίσω από αυτό. (Πατέρας, 2010)

Ομογενές ονομάζουμε το σώμα που έχει τις ίδιες φυσικοχημικές ιδιότητες σε όλη του την μάζα. (Πατέρας, 2010)

Ισότροπο ονομάζουμε το σώμα το οποίο συμπεριφέρεται διαθλαστικά με τον ίδιο τρόπο για μία συγκεκριμένη κατεύθυνση του φωτός που προσπίπτει πάνω του. (Πατέρας, 2010)

Οι φακοί, ανάλογα με τη διαθλαστική ισχύ τους, μπορούν να διακριθούν σε: θετικούς, αρνητικούς και Plano. (Πατέρας, 2010)

Θετικός είναι ένας φακός που κάμπτεται μια παράλληλη δέσμη και την κάνει συγκλίνουσα. Αν είναι αποκλίνουσα η αρχική δέσμη, μπορεί να της μειώσει την απόκλιση, να την κάνει παράλληλη ή ακόμα και να την κάνει συγκλίνουσα. (Πατέρας, 2010)

Αρνητικός είναι ένας φακός που κάμπτεται μια παράλληλη δέσμη και την κάνει αποκλίνουσα. Αν είναι ήδη αποκλίνουσα η αρχική δέσμη, της αυξάνει την απόκλιση. (Πατέρας, 2010)

Οι παράλληλες ακτίνες που διαπερνούν ένα φακό θα μεταβάλλουν την κλίση τους κατά ένα συγκεκριμένο ποσό το οποίο θα είναι ανάλογο με την διαθλαστική δύναμη του φακού. (Πατέρας, 2010)

1.4.5.1 Είδη οφθαλμικών φακών ως προς την κατασκευή τους

Οι φακοί ταξινομούνται σε έξι κατά σχήμα βασικά είδη. Ανάλογα με την εκτροπή που υφίστανται οι ακτίνες όταν διέρχονται από τους φακούς, αυτοί διακρίνονται σε θετικούς και αρνητικούς. Οι φακοί μπορούν να ταξινομηθούν σε κοίλους και κυρτούς ανάλογα με τη μορφή της καμπυλότητας που τους ορίζουν. (Πατέρας, 2010) (Δαμανάκις, 1999)



Εικόνα 1. 9: Συγκλίνοντες φακοί (Young, 1992)

Οι συγκλίνοντες φακοί διακρίνονται με τη σειρά τους σε αμφίκυρτους, επιπεδόκυρτους και μηνίσκους. Αποκλίνοντες ή κοίλοι φακοί λέγονται οι φακοί που όταν η δέσμη φωτός περνάει από αυτούς αποκλίνει. Οι συγκεκριμένοι φακοί είναι λεπτοί στη μέση και παχύτεροι στα άκρα και διακρίνονται σε αμφίκοιλους, επιπεδόκοιλους και αποκλίνοντες μηνίσκοι ανάλογα με το αν το οπτικό μέσο που τους περιβάλλει είναι οπτικά αραιότερο από το οπτικό μέσο που είναι κατασκευασμένος ο φακός. (Πατέρας, 2010) (Δαμανάκης, 1999)



Εικόνα 1. 10: Αποκλίνοντες φακοί (Young, 1992)

Τόσο οι αποκλίνοντες όσο και οι συγκλίνοντες φακοί είναι λεπτοί φακοί δηλαδή έχουν μικρότερο πάχος από τις ακτίνες καμπυλότητας τους. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι οι ακτίνες καμπυλότητας τους, ο κύριος άξονας τους, το οπτικό τους κέντρο και η εστία του φακού. Με τον όρο καμπυλότητα ορίζονται οι ακτίνες των σφαιρικών επιφανειών του φακού. Η

ακτίνα καμπυλότητας για επίπεδες επιφάνειες είναι άπειρη. (Πατέρας, 2010)
(Δαμανάκης, 1999)

1.4.5.2 Βασικές κατηγορίες οφθαλμικών φακών

Διακρίνουμε τις εξής βασικές κατηγορίες:

1) Σφαιρικοί φακοί

Ως σφαιρικός φακός μπορεί να οριστεί ένα σύστημα δύο οπτικών μέσων που διαχωρίζονται από μία σφαιρική διαθλαστική επιφάνεια. Λεπτός σφαιρικός φακός ορίζεται ο σφαιρικός φακός που τα σημεία στα οποία τέμνει ο κύριος άξονας τις επιφάνειες του φακού ταυτίζονται με το οπτικό του κέντρο, οπότε και οι ακτίνες που διέρχονται απ' αυτόν περνούν αδιάθλαστες. (Πατέρας, 2010)

2) Κυλινδρικοί φακοί

Κυλινδρικός φακός ονομάζεται εκείνος που αποτελείται από μία κυλινδρική και μία επίπεδη επιφάνεια. Οι κυλινδρικοί φακοί έχουν δύο άξονες εκ των οποίων ο ένας έχει έναν άξονα χωρίς διαθλαστική δύναμη και έναν άξονα που είναι κάθετος σ αυτόν που φέρει τη μέγιστη διαθλαστική δύναμη του φακού. Ως κύριος άξονας του κυλινδρικού φακού λογίζεται ο άξονας με τη μέγιστη διαθλαστική δύναμη. Όταν παράλληλη δέσμη φωτεινών ακτινών <<ταξιδέψει>> μέσα απ ένα κυλινδρικό φακό δεν θα συγκεντρωθεί σ ένα σημείο όπως θα συνέβαινε αν είχαμε σφαιρικό φακό, αλλά κατά μήκος μίας ευθείας γραμμής η οποία είναι παράλληλη προς τον κύριο άξονα του κυλινδρικού φακού. Η διαθλαστική δύναμη του κυλινδρικού φακού ορίζεται από τη διαθλαστική δύναμη του περισσότερου διαθλαστικού άξονα. Οι κυλινδρικοί φακοί μπορεί να είναι θετικοί η αρνητικοί (επιπεδόκυρτος, επιπεδόκοιλος). (Πατέρας, 2010)

3) Σφαιροκυλινδρικοί φακοί

Ονομάζονται αυτοί που αποτελούνται από το συνδυασμό σφαιρικού και κυλινδρικού φακού. Ο σφαιροκυλινδρικός φακός αποτελείται από δύο άξονες κάθετοι μεταξύ τους οι οποίοι έχουν τη μέγιστη και την ελάχιστη διαθλαστική δύναμη. Αν αναλυθεί ένας σφαιροκυλινδρικός φακός σ' ένα σύστημα ενός σφαιρικού ενός κυλινδρικού φακού τότε η διαθλαστική δύναμη του λιγότερου διαθλαστικού άξονα θα είναι ίση με τη διαθλαστική δύναμη του σφαιρικού φακού, ενώ η δύναμη του κυλινδρικού φακού θα ισούται με τη διαφορά των δυνάμεων των δύο αξόνων. Ο λιγότερος διαθλαστικός άξονας θα ορίσει και τον άξονα του κυλινδρικού φακού. Η κλίση μίας φωτεινής δέσμης δεν μεταβάλλεται ομοιόμορφα σ' ένα σφαιροκυλινδρικό φακό, όπως σ' ένα

σφαιρικό φακό, αλλά της δίνεται μία χαρακτηριστική μορφή που ονομάζεται κωνοειδές του Sturm. Σ' αυτή την περίπτωση το φώς δεν εστιάζεται σ' ένα σημείο αλλά σχηματίζονται δύο εστιακές γραμμές που είναι κάθετες μεταξύ τους. (Πατέρας, 2010)

1.4.5.3 Κύριος άξονας-οπτικός άξονας

Όλες οι ακτίνες που προσπίπτουν παράλληλα σε ένα θετικό ή αρνητικό φακό συγκλίνουν ή αποκλίνουν αντίστοιχα εκτός από μία η οποία ονομάζεται οπτικός ή κύριος άξονας. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ένας θετικός φακός μοιάζει με δύο πρίσματα ενωμένα στις βάσεις τους, ενώ οι αρνητικοί φακοί μοιάζουν με δύο πρίσματα ενωμένα στις κορυφές τους. Όπως προαναφέρθηκε ένα πρίσμα έχει την ικανότητα να εκτρέπει μια δέσμη φωτός προς τη βάση του. Με αυτό ως δεδομένο μπορεί να εξηγηθεί και η συμπεριφορά των φακών. (Πατέρας, 2010)

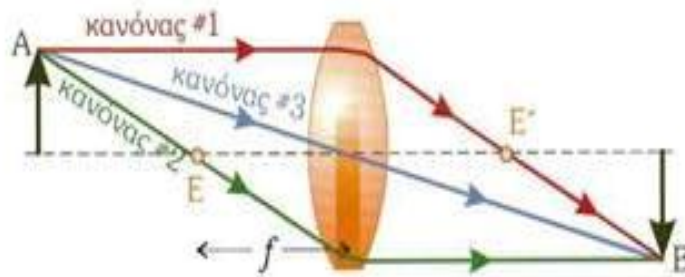
Το σημείο εκείνο όπου ο κύριος άξονας τέμνει τον φακό ονομάζεται οπτικό κέντρο του φακού. (Πατέρας, 2010)

Ως κύριος άξονας ενός φακού ορίζεται ο άξονας που συνδέει τα κέντρα καμπυλότητας του φακού ενώ, σαν οπτικό κέντρο του φακού ορίζεται το σημείο στο οποίο περνάει ο κύριος άξονας. Κάθε ευθεία που διέρχεται από το οπτικό κέντρο και δεν είναι παράλληλη στον κύριο άξονα αποτελεί το δευτερεύοντα άξονα του φακού. Το σημείο από το οποίο διέρχονται οι ακτίνες που διαθλώνται από το πέρασμα τους μέσα στο φακό αποτελεί την κύρια εστία του φακού. Η απόσταση της εστίας από το οπτικό κέντρο αποτελεί την εστιακή απόφαση του φακού και σε κάθε φακό υπάρχουν δύο κύριες εστίες που ισαπέχουν από το οπτικό κέντρο. Οι δέσμες ακτινών που είναι παράλληλες στο δευτερεύοντα άξονα του φακού εστιάζουν στη δευτερεύουσα εστία του φακού. (Πατέρας, 2010)

1.4.5.4 Σχηματισμός ειδώλων σε σφαιρικούς φακούς

Η πιο χρήσιμη ιδιότητα ενός φακού είναι η δυνατότητα απεικόνισης, η δημιουργία ενός ειδώλου από ένα αντικείμενο. Αν και δεν υπάρχει απόλυτος διαχωρισμός στο ρόλο τους, δεχόμαστε ότι από ένα αντικείμενο ξεκινούν ακτίνες για να συναντηθούν ξανά στο είδωλο. Αν γνωρίζουμε την εστιακή απόσταση του φακού f και την απόσταση του αντικειμένου s , μπορούμε να βρούμε τη θέση που σχηματίζεται το είδωλο από την απόσταση φακού-ειδώλου s' . Έτσι, με τρεις απλούς κανόνες οι οποίοι βασίζονται στις ιδιότητες ενός λεπτού συγκλίνοντος φακού, μπορούμε να βρούμε τη θέση του ειδώλου γραφικά (Σχήμα 1.11). (Ασημέλλης, 2005)

1. Ακτίνα παράλληλη με τον οπτικό άξονα διέρχεται από την άλλη πλευρά του φακού περνώντας από την εστία που αντιστοιχεί στη δεύτερη πλευρά (E_2).
2. Ακτίνα που διέρχεται από την εστία στην πρώτη πλευρά (E_1) περνά από την άλλη πλευρά του φακού παράλληλα στον κύριο οπτικό άξονα.
3. Ακτίνα που περνά από δευτερεύοντα οπτικό άξονα αντιμετωπίζει το φακό ως επίπεδο και διέρχεται από την άλλη πλευρά χωρίς εκτροπή ή μετατόπιση.



Εικόνα 1. 11 Απλοί κανόνες για γραφικό προσδιορισμό της θέσης ειδώλου. (Ασημέλλης, 2005)

1.4.5.5 Μεγέθη των φακών

Ισχύς των φακών

Ως οπτική ισχύ ορίζεται η ικανότητα ενός οπτικού συστήματος ή στοιχείου να συγκλίνει ή να αποκλίνει μια προσπίπτουσα σε αυτό δέσμη. Ως ισχύς των φακών ορίζεται το αντίστροφο της εστιακής απόστασης $P=1/f$. Ως μηδενική ισχύ οπτικού στοιχείου ορίζουμε όταν μία παράλληλη δέσμη μπορεί να παραμείνει παράλληλη ακόμα και αν στραφεί, ενώ αν συγκλίνει σε ένα σημείο μετά την μονάδα λέμε ότι έχει θετική ισχύ, ενώ αν αποκλίνει τότε έχουμε αρνητική ισχύ. Η μονάδα μέτρησης της οπτικής-διαθλαστικής ισχύος είναι η διοπτρία (dioptré, D, $dpt=m^{-1}$) η οποία ορίστηκε από τον Γάλλο οφθαλμίατρο Ferdinand Monoyer το 1872. Γενικά ισχύει ότι όσο πιο κοντά συγκλίνει η δέσμη τόσο μεγαλύτερη είναι η οπτική ισχύς. Για να βρούμε την συνολική οπτική ισχύ διαφόρων οπτικών συστημάτων απλά θα πρέπει να υπολογίσουμε το αλγεβρικό άθροισμα των οπτικών ισχύων του εκάστοτε οπτικού συστήματος.

1.4.6 Τύποι κατασκευαστών των φακών

Η εστιακή απόσταση κατά την κατασκευή ενός φακού εξαρτάται από τις ακτίνες καμπυλότητας των επιφανειών του και το δείκτη διάθλασης του υλικού από το οποίο θα κατασκευαστεί. Αυτά τα τρία μεγέθη συνδέονται με τη σχέση: (Ζευγώλης, 2007)

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Όπου f η εστιακή απόσταση, n ο δείκτης διάθλασης και r_1 , r_2 οι ακτίνες καμπυλότητας της πρώτης επιφάνειας και της πίσω επιφάνειας αντίστοιχα. Τα πρόσημα των ακτινών r_1 και r_2 διαμορφώνονται ως εξής: (Ζευγώλης, 2007)

1. Οι φωτεινές ακτίνες προσπίπτουν στο φακό από αριστερά
2. Όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε κυρτή επιφάνεια η ακτίνα καμπυλότητας έχει θετικό πρόσημο και
3. Όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε κοίλη επιφάνεια η ακτίνα καμπυλότητας είναι αρνητική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΟΠΤΙΚΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

2.1 Η διάθλαση του φωτός στον οφθαλμό και η λειτουργία της όρασης

Το πιο εξελιγμένο οπτικό όργανο στη φύση μπορεί να θεωρηθεί ο ανθρώπινος οφθαλμός. Όραση είναι μια αισθητηριακή λειτουργία του οφθαλμού. Αποτελεί μάλλον την πλέον ανώτερη αισθητηριακή λειτουργία, όπως είναι η αντίληψη του φωτός, των αντικειμένων και των χρωμάτων. Χάρη στην αίσθηση της όρασης ερχόμαστε σε επαφή με το γύρω κόσμο και συνειδητοποιούμε την θέση μας και την κίνηση μας μέσα στο χώρο. (Στάγκος, 2002) (Walters, 2009)

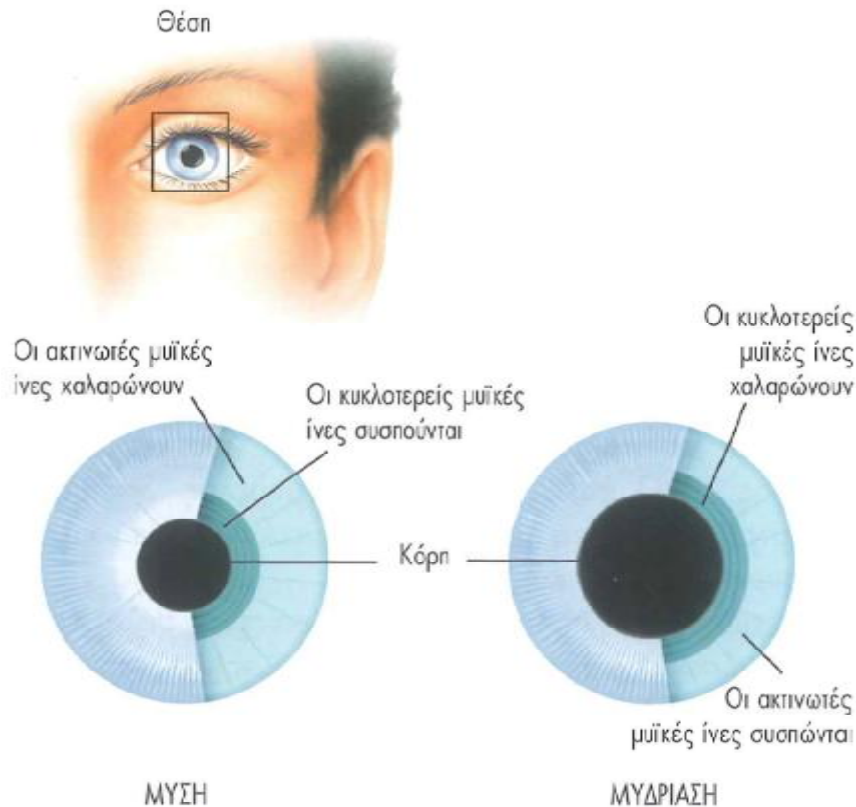
Το σύστημα της όρασης μπορεί να παρομοιαστεί με δύο φωτογραφικές μηχανές (τα μάτια μας) συνδεδεμένες σε έναν υπολογιστή (τον εγκέφαλό μας), μέσω ηλεκτρικών καλωδίων (τα οπτικά νεύρα). Βέβαια, μια τέτοιου είδους ταύτιση δεν θα μπορούσε να μην έχει σημαντικές διαφορές. Μία από αυτές είναι το μέσο που υπάρχει ανάμεσα στα βασικά μέρη της φωτογραφικής μηχανής και του οφθαλμού. Στην φωτογραφική μηχανή μεταξύ του φακού και του φιλμ είναι ο αέρας ενώ ο χώρος του οφθαλμού καλύπτεται κυρίως πλήρως από υγρό. Ο κερατοειδής και ο φακός σχηματίζουν το σύστημα φακού της φωτογραφικής μηχανής. Εστιάζουν το φως για το σχηματισμό ενός ειδώλου πάνω στον αμφιβληστροειδή, στο πίσω μέρος του οφθαλμού. (Στάγκος, 2002) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Ασημέλλης, et al., 2007)

Οι φωτεινές ακτίνες υπόκεινται σε ουσιαστική διάθλαση μόνο στην πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς και στο φακό. Η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς μπορεί να αγνοηθεί γιατί χωρίζει δύο οπτικά μέσα με σχεδόν ίδιο δείκτη διάθλασης. Το διαθλαστικότερο στοιχείο του ματιού είναι η πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς αφού προσφέρει τα δύο τρίτα της συνολικής διαθλαστικής του δύναμης. Η μεγάλη διαθλαστική δύναμη του κερατοειδούς οφείλεται σε δύο λόγους: α) στη μεγάλη κυρτότητα της κεντρικής του περιοχής και β) στο γεγονός ότι η επιφάνεια αυτή χωρίζει δύο μέσα με μεγάλη διαφορά στο δείκτη διάθλασης (ο αέρας έχει δείκτη διάθλασης ίσο με 1 ενώ ο κερατοειδής ίσο με 1,376). (Στάγκος, 2002)

Στη συνέχεια, οι ακτίνες πλησιάζουν μεταξύ τους εξαιτίας της μεγάλης κάμψης που έχουν υποστεί. Έτσι, συγκλίνοντας συναντούν το υδατοειδές υγρό που έχει περίπου τον ίδιο δείκτη διάθλασης με τον ίδιο κερατοειδή 1,336, ώστε οι ακτίνες να συνεχίζουν την ευθύγραμμη πορεία τους.

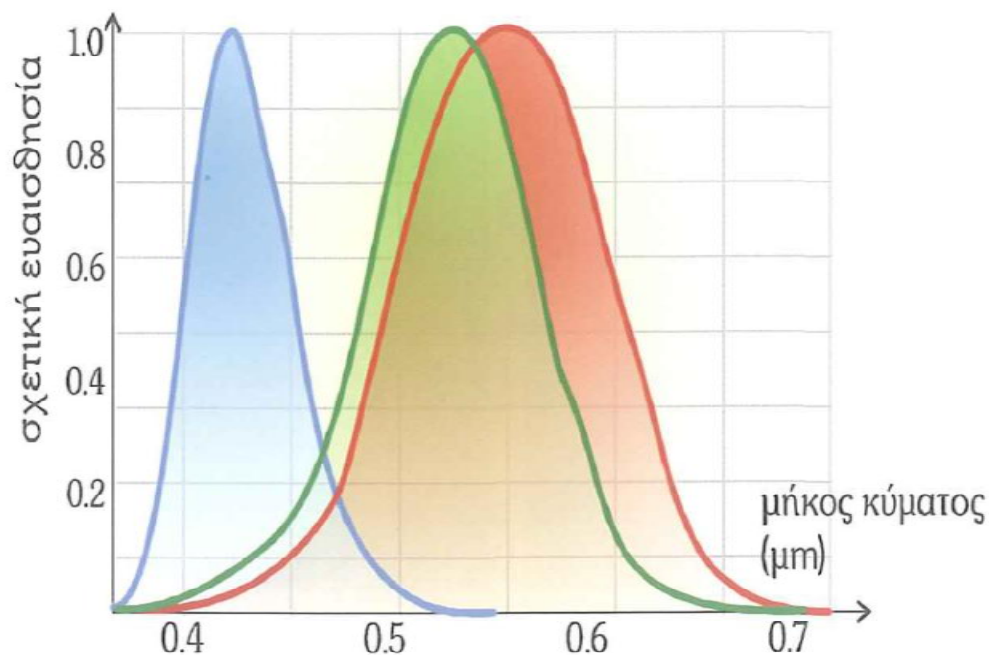
Ακριβώς πίσω από τον κερατοειδή, βρίσκεται η ίριδα η οποία αποτελείται από λεπτές στιβάδες χρωματισμένων μυϊκών ινών με την κόρη ως κεντρική οπή. Η ίριδα λειτουργεί ως διάφραγμα αυξάνοντας ή μειώνοντας το φως που μέσω της κόρης πέφτει στον αμφιβληστροειδή. Η λειτουργία της ίριδας είναι τόσο τέλεια που σπάνια ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τη σπουδαιότητά της. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Στη συνέχεια, το φως από την κόρη ταξιδεύει από ένα διαφανές σώμα τον κρυσταλλοειδή φακό, οποίος δεν έχει ομοιογενή δομή και είναι ελαστικός. (Στάγκος, 2002) Ο κρυσταλλοειδής φακός αιωρείται με τη βοήθεια μιας ομάδας πολύ λεπτών ινών (ίνες του Zinn) οι οποίες έχουν την ιδιότητα να συστέλλονται ή να χαλαρώνουν υπό τον έλεγχο του ακτινωτού μυ, στον οποίο προσφύονται, επιτρέποντας έτσι στο φακό να μεταβάλλει την δύναμη του. Όταν οι ακτίνες χαλαρώνουν μειώνεται η ακτίνα καμπυλότητας του φακού άρα αυξάνεται η δύναμη εστίασης του. Η διεργασία αυτή ονομάζεται προσαρμογή και επιτρέπει στον οφθαλμό να μεταβάλλει την εστίαση του από ένα αντικείμενο που βρίσκεται μακριά σε ένα που βρίσκεται κοντύτερα. Αφού οι ακτίνες συγκεντρωθούν πίσω από το φακό, περνούν στο υαλώδες σώμα το οποίο έχει περίπου ίδιο δείκτη διάθλασης και συνεπώς διατηρεί την πορεία των ακτινών που καθορίζει ο φακός. (Φωτεινάκης, et al., 2000)



Εικόνα 2. 1 Απεικόνιση λειτουργίας οφθαλμού κατά τη μύση-μυδρίαση (Walters, 2009)

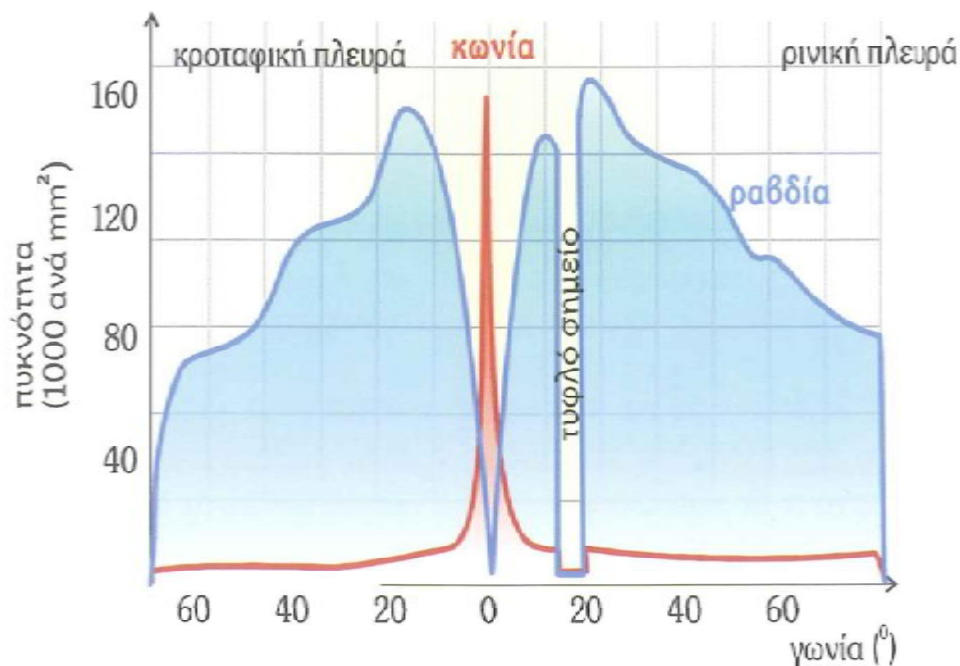
Το τελικό στάδιο της λειτουργίας της όρασης επιτελείται στον αμφιβληστροειδή ο οποίος είναι υπεύθυνος για την όραση, αφού οι φωτοϋποδοχείς (ραβδία και κωνία) που υπάρχουν στην επιφάνεια του μεταφράζουν την ενέργεια του φωτός σε ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μεταδίδεται κατά μήκος των οπτικών νεύρων, προς τα ειδικά σημεία του εγκεφάλου, τους οπτικούς φλοιούς. Τα κωνία είναι υπεύθυνα για την όραση υψηλής ευκρίνειας καθώς είναι συγκεντρωμένα στο μεγαλύτερο μέρος τους στην κροταφική πλευρά των οφθαλμών, στο κέντρο της όρασης δηλαδή στην ωχρά κηλίδα. Η αντίληψη των χρωμάτων διεκπεραιώνεται από τα κωνία τα οποία είναι λιγότερα σε αριθμό σε σχέση με τα ραβδία και λειτουργούν καλύτερα σε φως υψηλής έντασης. Διακρίνονται τρεις τύποι κωνίων κάθε ένας από τους οποίους ευθύνεται για την όραση ενός από τα τρία πρωταρχικά χρώματα: κόκκινο, μπλε, πράσινο. Οι τάξεις κωνίων ονομάζονται, τα S- (short-wave), M- (medium wave) και L- (long-wave). Τα S- παρουσιάζουν μέγιστο ευαισθησίας στο μπλε (440nm) και τα M- στο πράσινο (545nm). Τα L- κωνία έχουν μέγιστο κοντά στο πορτοκαλί, κοντά στο κόκκινο (565nm). (Ασημέλλης, et al., 2007)



Εικόνα 2. 2: Σχετική φασματική ευαισθησία για τα τρία είδη κωνίων. Στο σχήμα η ευαισθησία για το μπλε (S-κωνία) παρουσιάζεται μεγεθυμένη. (Ασημέλλης, et al., 2007)

Η ευαισθησία των κωνίων σε διαφορετικά μήκη κύματος οφείλεται σε φωτοευαίσθητες χρωστικές ουσίες τις φωτοψίνες οι οποίες περιέχουν κάποιες πρωτεΐνες που ονομάζονται οψίνες. Κάθε είδος κωνίου περιέχει διαφορετικές φωτοψίνες. Το φως, καθώς προσπίπτει στα κωνικά κύτταρα, τα διεγείρει ανάλογα με τα μήκη κύματος που περιλαμβάνει. Τα κωνικά κύτταρα στέλνουν σήματα που φιλτράρονται μέσα από το οπτικό νεύρο και οδηγούνται στον εγκέφαλο. Η όλη διαδικασία δημιουργεί την τελική αντίληψη των χρωμάτων από τον άνθρωπο. Κάθε χρώμα που αντιλαμβανόμαστε οφείλεται στους συνδυασμούς των σημάτων που δίνουν οι φωτοϋποδοχείς. Έτσι, τα βασικά στοιχεία τα οποία αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι, είναι εντάσεις των Κόκκινο Πράσινο και Μπλε, σε μία πολύπλοκη διαδικασία σύνθεσης. (Ασημέλλης, et al., 2007)

Τα ραβδία βρίσκονται στο περιφερειακό τμήμα του αμφιβληστροειδούς και είναι υπεύθυνα για την ασπρόμαυρη όραση. Τα ραβδία είναι ευαίσθητα στο φως χαμηλής έντασης, αλλά δεν μπορούν να διακρίνουν χρώματα. Για τον λόγο αυτό, τα αντικείμενα <<αποχρωματίζονται>> τη νύχτα. (Ασημέλλης, et al., 2007)



Εικόνα 2. 3 Η πυκνότητα των κωνίων και των ραβδίων από το κέντρο προς την περιφέρεια (Ασημέλλης, et al., 2007)

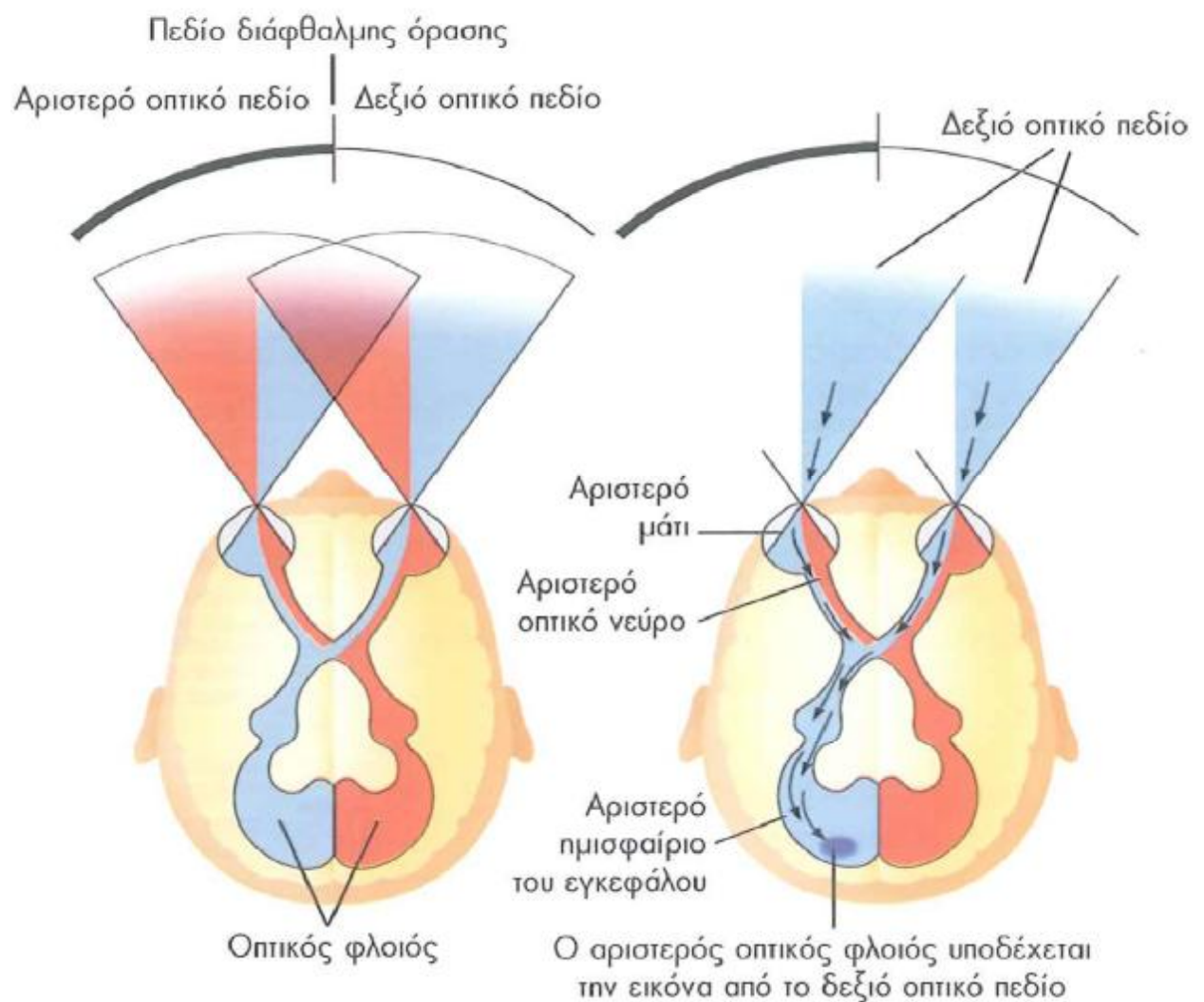
Ο συνολικός αριθμός των ραβδίων στον αμφιβληστροειδή έχει υπολογιστεί περίπου 110-125 εκατομμύρια, ενώ αυτός των κωνίων 6,3-6,8 εκατομμύρια. Η πυκνότητα των ραβδίων και των κωνίων ποικίλει στις διάφορες περιοχές του αμφιβληστροειδή. Έχει υπολογιστεί ότι στην άκρα περιφέρεια απαντώνται περίπου 30.000 ραβδία/mm² ενώ στην περιοχή της ωχράς κηλίδας συναντάμε την υψηλότερη συγκέντρωση κωνίων 147.000/mm². (Snell & Lemp, 2006)

2.2 Η μετάδοση εικόνας από οφθαλμό σε εγκέφαλο

Νευρικές ίνες συνδέουν τους φωτοϋποδοχείς με τον εγκέφαλο. Τα εκατομμύρια των νευρικών συνάψεων από τον αμφιβληστροειδή συναθροίζονται στο οπτικό νεύρο, ένα για κάθε μάτι. Στη βάση του εγκεφάλου, τα δύο οπτικά νεύρα συνδέονται και στη συνέχεια διαχωρίζονται πάλι σε διαφορετικά κανάλια, τις οπτικές ταινίες. Αργότερα, τα νεύρα φτάνουν στον ινιακό φλοιό, σε ένα ειδικό τμήμα του στο πίσω μέρος του εγκεφάλου που ερμηνεύει το οπτικό σήμα ως εικόνα. Η εικόνα που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή είναι ανεστραμμένη και με αντίστροφη τη διάσταση του βάθους. Ωστόσο, ο εγκέφαλος μαθαίνει και προγραμματίζεται από τη γέννηση να ερμηνεύει αυτό το είδωλο στη σωστή του διάσταση. Ο οπτικός φλοιός ερμηνεύει τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνουν από τα μάτια και τα μεταφράζουν σε εικόνες. Η πολυπλοκότερη αυτή διεργασία, είναι ελάχιστα

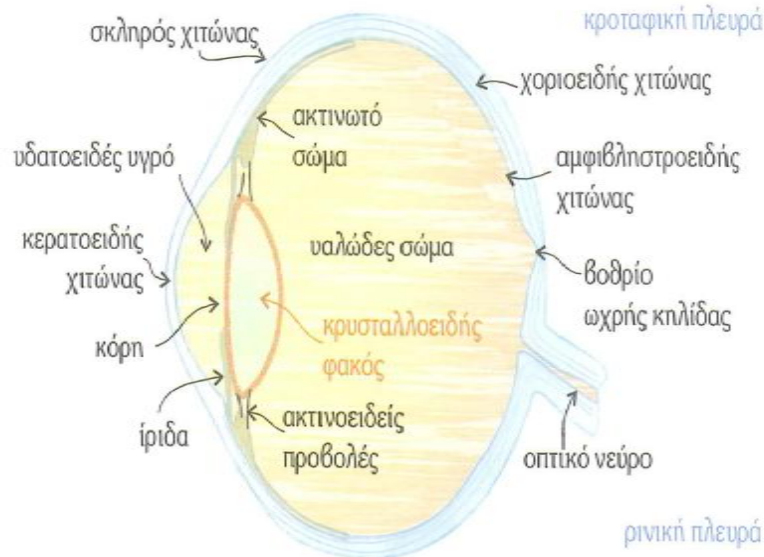
μόνο κατανοητή. (Snell & Lemp, 2006) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Μόσχος, 1998)

Η όραση είναι τόσο σημαντική αίσθηση, που ένα μεγάλο μέρος του εγκεφάλου είναι αφιερωμένο στην ερμηνεία αυτών που βλέπουμε. Ιδιαίτερο και αξιοσημείωτο είναι ότι το αριστερό μέρος του εγκεφάλου επεξεργάζεται τις εικόνες του δεξιού οπτικού πεδίου (και από τα δύο μάτια) και το δεξί μέρος αυτές του αριστερού. Έτσι, τα άτομα που έχουν υποστεί αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο που επηρεάζει τον οπτικό φλοιό στο ένα ημισφαίριο του εγκεφάλου, έχουν χάσει το αντίθετο από την πλευρά του εγκεφαλικού οπτικού πεδίου και στα δύο μάτια. (Walters, 2009)



Εικόνα 2. 4 Σχηματική αναπαράσταση της πορείας του φωτός και της μετατροπής του σε εικόνα στον εγκέφαλο (Walters, 2009)

2.3 Ανατομία του οφθαλμού



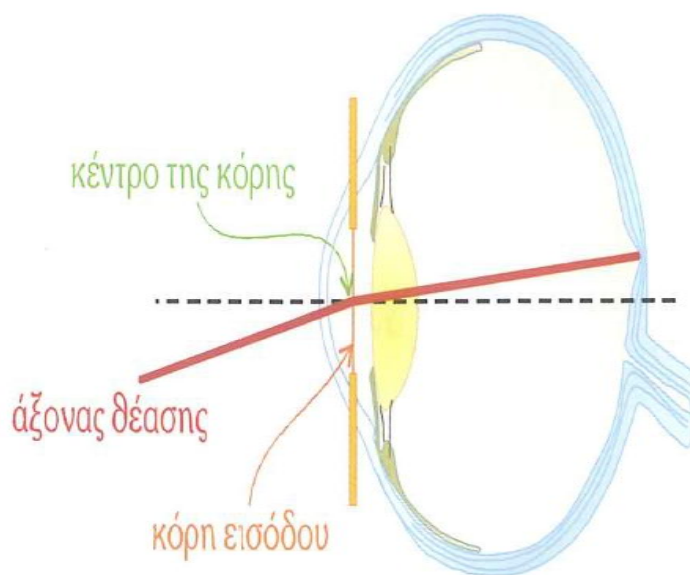
Εικόνα 2. 5 Οριζόντια διατομή της δεξιάς πλευράς του οφθαλμού (Ασημέλλης, et al., 2007)

Αρχικά πριν την ανάλυση της ανατομίας του οφθαλμού αξίζει να αναφερθούν λίγα λόγια για το πώς λειτουργούν οι οφθαλμοί. Συγκαταλέγονται μεταξύ των πιο εξειδικευμένων και ευαίσθητων οργάνων του σώματος. Οι οφθαλμοί τα οπτικά νεύρα και ο εγκέφαλος συνεργάζονται για την παραγωγή ενός ειδώλου. Για την αίσθηση της όρασης, το φως πρέπει να περάσει μέσα από τον κερατοειδή χιτώνα, την κόρη και το φακό του ματιού, για να εστιάσει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Στον αμφιβληστροειδή δημιουργείται ένα ηλεκτρικό σήμα, το οποίο διά του οπτικού νεύρου φτάνει σε ειδικά σημεία του εγκεφάλου, όπου η εικόνα ερμηνεύεται. Η όραση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αισθήσεις. (Δαμανάκης, 1999)

Ο οφθαλμός είναι ένας μηχανισμός, σχηματίζεται από εξώδερμα και μεσέγχυμα (μεσόδερμα). Το εξώδερμα προέρχεται από το νευρικό σωλήνα δίνοντας <ζωή> στον αμφιβληστροειδή, στις ίνες του οπτικού νεύρου καθώς και στο λείο μυ της ίριδας. Το επιφανειακό εκτόδερμα σχηματίζει το κερατικό και το επιπεφυκοτικό επιθήλιο, τον φακό αλλά και τους δακρυϊκούς και ταρσικούς αδένες. Το μεσέγχυμα είναι υπεύθυνο για τον σχηματισμό του στρώματος του κερατοειδούς, τον σκληρό, τον χοριοειδή, την ίριδα, τον ακτινωτό μυ, μέρος του υαλοειδούς σώματος, καθώς και κύτταρα που επενδύουν τον πρόσθιο θάλαμο. (Snell & Lemp, 2006)

Εν συνεχεία ο οφθαλμός αποτελείται από δύο τμήματα συνολικής διαμέτρου 22-24mm. Το πρόσθιο τμήμα είναι διαφανές, καταλαμβάνει το 1/6 του βολβού έχοντας ακτίνα καμπυλότητας 7-8mm. Το οπίσθιο τμήμα είναι αδιαφανές σχηματίζοντας τον υπόλοιπο οφθαλμικό βολβό. Η ένωση των δύο τμημάτων ονομάζεται γεωμετρικός ή προσθιοπίσθιος άξονας. Ο γεωμετρικός άξονας με τον οπτικό άξονα δεν συμπίπτουν. Η προσθιοπίσθια διάμετρος του οφθαλμικού κόγχου είναι περίπου 24mm. Ο οφθαλμικός βολβός βρίσκεται μέσα στον οφθαλμικό κόγχο στο πρόσθιο τμήμα του κρανίου. (Πατέρας, 2010)

Ο οπτικός άξονας είναι η γραμμή που ενώνει το κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας του αμφιβληστροειδή με το ουδέτερο σημείο του οφθαλμού και συνεχίζεται προς τα εμπρός διαμέσου του κερατοειδούς προς το σημείο παρατήρησης. (Ασημέλλης, et al., 2007)



Εικόνα 2. 6 Άξονας θέασης του οφθαλμού (Ασημέλλης, et al., 2007)

Ο οφθαλμός είναι τοποθετημένος σε μία εσοχή του κρανίου κωνικού σχήματος, τον οφθαλμικό κόγχο. Μεταξύ του κόγχου και του οφθαλμικού βολβού υπάρχει μία λιπώδης ουσία χρήσιμη για τον βολβό. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κραδασμών απορροφάται από αυτόν.

Στον οφθαλμικό βολβό από έξω προς τα μέσα συναντάμε τους τρεις χιτώνες:

- 1) Τον έξω ή ινώδη (σκληρός, κερατοειδής)
- 2) Τον μέσο ή αγγειώδη
- 3) Τον έσω ή νεύρινο (αμφιβληστροειδής) (Πατέρας, 2010)

2.3.1 Ινώδης χιτώνας

Είναι ινώδης υπόλευκος χιτώνας. Σκοπός του είναι να προστατεύει τις εσωτερικές δομές του βολβού και λειτουργεί ως αντίσταση στην ενδοφθάλμια πίεση. Είναι λεπτότερος στο πίσω και παχύτερος στο εμπρός μέρος του βολβού (σκληροκερατοειδές όριο). Μέρος αυτού είναι και ο κερατοειδής με πάχος 1mm στην περιφέρεια και 0.5mm στο κέντρο. Έχει δύο κύρια χαρακτηριστικά:

- 1) δεν έχει αγγεία
- 2) φέρει σχεδόν τη ολική διαθλαστική δύναμη του ματιού περίπου 47-48 διοπτρίες (dpt).

Το σημείο μετάβασης από τον επιπεφυκότα στον κερατοειδή ονομάζεται σκληροκερατοειδές όριο (limbus) ή (ΣΚΟ) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.3.2 Επιπεφυκότας

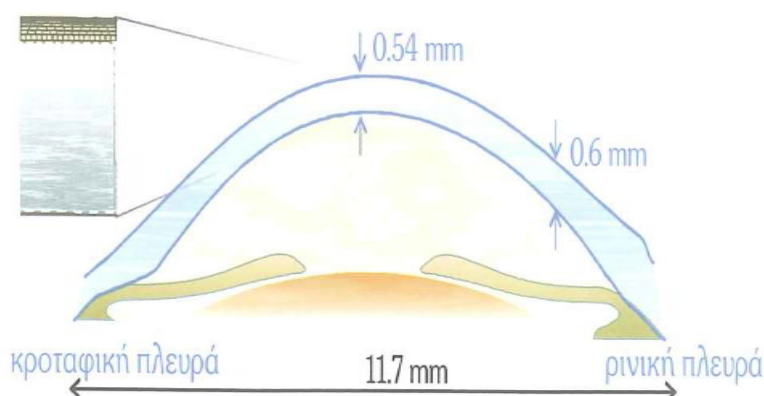
Ο επιπεφυκότας είναι ένας λεπτός βλεννογόνος χιτώνας, ο οποίος καλύπτει την οπίσθια επιφάνεια των βλεφάρων, καθώς και την πρόσθια επιφάνεια του βολβού εκτός από τον κερατοειδή. (Δαμανάκης, 1999)

Ο ρόλος του επιπεφυκότα είναι η παροχή βλεννογόνους στιβάδας δακρύων, καθώς και η παραγωγή υδάτινης στιβάδας δακρύων. Προσφέρει θρεπτικά συστατικά για τον κερατοειδή μέσω των αγγείων του σκληροκερατοειδούς ορίου (ΣΚΟ). Επιτυγχάνεται αναγέννηση επιθηλίου του κερατοειδή που οφείλεται από αρχέγονα κύτταρα στο ΣΚΟ. Προσφέρει ανοσολογική απάντηση σε φλεγμονές του οφθαλμού, και πραγματοποιεί λεμφική αποχέτευση. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Snell & Lemp, 2006)

Ο επιπεφυκότας χωρίζεται σε δύο κατηγορίες τον βλεφαρικό και τον βολβικό επιπεφυκότα. Ο βλεφαρικός επιπεφυκότας συμφύεται στερεά αντίστοιχα προς τον ταρσό. Στα κολπώματα η σύμφυση του επιπεφυκότα είναι χαλαρή με τους υποκείμενους ιστούς και φέρει εγκάρσιες πτυχές, ώστε να αυξάνεται η επιφάνεια του και να διευκολύνονται οι κινήσεις των βλεφάρων. Ο βολβικός επιπεφυκότας είναι λεπτός και διαφανής, συνδέεται με τους υποκείμενους ιστούς (τενώνιο κάψα και επισκλήριο) και δύναται να μετακινείται σχεδόν ανεξάρτητα από το βολβό. Στα τελευταία 3mm, πριν από τον κερατοειδή, ο επιπεφυκότας καθώς και οι κάτω από αυτόν ευρισκόμενοι ιστοί (τενώνιος κάψα και επισκλήριο) συμφύονται στερεά με το σκληρό. (Snell & Lemp, 2006)

2.3.3 Κερατοειδής χιτώνας

Είναι υπεύθυνος για τη διάθλαση του εισερχόμενου φωτός. Αποτελείται από πέντε στρώματα από έξω προς τα έσω: επιθήλιο, μεμβράνη του Bowman, στρώμα, δεσκεμέτιος μεμβράνη (Descemet), ενδοθήλιο. Αποτελείται από 78% νερό, και 15% ίνες κολλαγόνου. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)



Εικόνα 2. 7 Οριζόντια τομή κερατοειδή και προσθίου θαλάμου (Ασημέλλης, et al., 2007)

Επιθήλιο: Εξωτερική στιβάδα του κερατοειδή. Έχει πάχος **περίπου 60μm**, και αντιστοιχεί περίπου στο 10% του συνολικού πάχους του κερατοειδή. Αποτελείται από τρία είδη κυττάρων, τα επιφανειακά, τα πτερυγοειδή πολυγωνικά, και τα βασικά επιθηλιακά κύτταρα. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Τα βασικά επιθηλιακά κύτταρα αποτελούν τη βασική στιβάδα του επιθηλίου. Η βασική στιβάδα είναι η σημαντικότερη στιβάδα του επιθηλίου αφού από αυτήν παράγονται τα νέα επιθηλιακά κύτταρα. Ο πολλαπλασιασμός των επιθηλιακών κυττάρων πραγματοποιείται κυρίως στην περιφέρεια του κερατοειδή. Τα επιφανειακά κύτταρα είναι τοποθετημένα στις τρεις πρώτες στιβάδες του επιθηλίου έχοντας πεπλατυνθεί σημαντικά. Συντελούν στην συγκράτηση της δακρυϊκής στιβάδας. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Μεμβράνη του Bowman: Είναι καθαρά κερατοειδικό στοιχείο. Η μεμβράνη αυτή δεν περιέχει κύτταρα, αλλά αποτελείται τυχαία από ίνες κολλαγόνου. Η στιβάδα του Bowman θεωρείται ότι αποτελεί ένα από τα δομικά χαρακτηριστικά του κερατοειδή που του προσδίδουν σταθερότητα. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Στρώμα: Το στρώμα αποτελεί περίπου το 90% του συνολικού πάχος του κερατοειδή στον άνθρωπο. Αποτελείται από ίνες κολλαγόνου. Το κολλαγόνο σχηματίζει ινώδη πέταλα που διατάσσονται παράλληλα τόσο μεταξύ τους όσο και προς την επιφάνεια του κερατοειδούς. Το κολλαγόνο μαζί με τις γκυλοζαμινογλυκάνες, τις γλυκοπρωτεΐνες και τους ινοβλάστες, αποτελούν το στερεό τμήμα του στρώματος ενώ το υπόλοιπο 80% είναι νερό. Το στρώμα είναι η στιβάδα εκείνη στην οποία πρέπει να πραγματοποιήσουμε αλλαγές, στην περίπτωση που θέλουμε να αλλάξουμε τη διαθλαστική ισχύ του οφθαλμού. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Δεσκεμέτιος μεμβράνη: Είναι η βασική μεμβράνη του ενδοθηλίου του κερατοειδή. Αυτή αποτελείται από πολύ λεπτές ίνες κολλαγόνου ομοιόμορφα κατανομημένες, διαφορετικές όμως από αυτές του στρώματος. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Ενδοθήλιο: Αποτελείται από μια στιβάδα εξαγωνικών κυττάρων που καλύπτουν την οπίσθια επιφάνεια της δεσκεμέτιος μεμβράνης. Τα ενδοθηλιακά κύτταρα δεν αναπαράγονται με αποτέλεσμα τραυματισμού να μην είναι δυνατή η επούλωση των νεκρών κυττάρων. Για να επιτελέσει σωστά το ρόλο του ο κερατοειδής θα πρέπει να διατηρείται διαφανής. Τα εν λόγω κύτταρα παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της διαύγειας του κερατοειδή, αρχικά δρώντας σαν φραγμός εμποδίζοντας την υπερβολική διέλευση υδατοειδούς υγρού και έπειτα σαν αντλία ύδατος από τον κερατοειδή προς τον πρόσθιο θάλαμο. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

2.3.4 Χοριοειδής χιτώνας

Μέρος του χοριοειδή είναι η ίριδα και ο ακτινωτός μυς. Σκοπός του χοριοειδή είναι να παρέχει και να αποχετεύει αίμα (μέσω αρτηριών – φλεβών) στον αμφιβληστροειδή. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Ίριδα: Η ίριδα λειτουργεί ως διάφραγμα αυξάνοντας ή μειώνοντας το φως που μέσω της κόρης πέφτει στον αμφιβληστροειδή. Η διάμετρος κυμαίνεται από 2-8mm. Παρουσία μεγάλης ποσότητας φωτός η διάμετρος μειώνεται (μύση) ενώ αντίθετα σε λίγο φως αυξάνεται η διάμετρος(μυδρίαση). Η ίριδα στο εξωτερικό της στρώμα αποτελείται από μελανοκύτταρα τα οποία και δίνουν το χρώμα της. Λίγα μελανοκύτταρα σημαίνει, μικρή απορρόφηση φωτός από την ίριδα, οπότε προκαλείται μεγάλη αντανάκλαση (μπλε χρώμα, γαλάζιο). Στην αντίθετη περίπτωση όπου έχουμε πολλά μελανοκύτταρα

έχουμε μεγάλη απορρόφηση φωτός(καφέ ίριδα). (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Ακτινωτός μυς: Βρίσκεται σχεδόν σε συνέχεια της ίριδας, έχει σαν σκοπό του με τη σύσπαση του ή μη να ελέγχει τη διαδικασία της προσαρμογής ή εστίασης για κοντά. Αυτό γίνεται μέσω των ινών του Zinn οι οποίες συνδέονται στο σημείο που ο κρυσταλλοειδής φακός παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διάμετρό του(στον ισημερινό). Ο ακτινωτός μυς παρουσιάζει μικρά εξογκώματα από τα οποία ξεκινούν οι ίνες του Zinn(λάχνες). Κατά τη διαδικασία της προσαρμογής δηλαδή εστίασης για κοντά, ο ακτινωτός μυς που βρίσκεται περιμετρικά του κρυσταλλοειδή συσπάται, μειώνοντας τη διάμετρο του με αποτέλεσμα οι ίνες του Zinn να χαλαρώσουν, αλλάζοντας έτσι καμπύλη ο κρυσταλλοειδής προκειμένου να γίνει διαθλαστικά πιο δυνατός και έτσι να εστιάσουμε κοντά. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Η αλλαγή δύναμης του κρυσταλλοειδή είναι περίπου σε ηλικία 10 ετών 12dpt μειούμενη με την αύξηση της ηλικίας έως 0.75dpt περίπου στα 60-65 χρόνια. Ο κρυσταλλοειδής φακός σε κατάσταση ηρεμίας(όχι προσαρμογή, δηλαδή όραση για μακριά) έχει περίπου διαθλαστική ισχύ 12dpt, ο δε δείκτης διάθλασης ισούται με 1.41. Ο κρυσταλλοειδής χωρίζει ουσιαστικά το εσωτερικό του βολβού σε δύο μέρη, τον εμπρόσθιο και οπίσθιο θάλαμο. Ο εμπρόσθιος θάλαμος βρίσκεται στο πίσω μέρος του κερατοειδή και στο εμπρόσθιο μέρος του κρυσταλλοειδή. Είναι γεμάτος με ένα υγρό με παρόμοια σύσταση με αυτή των δακρύων και ονομάζεται υδατοειδές υγρό. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Το υδατοειδές υγρό παράγεται από τις λάχνες του ακτινωτού μυ για να περάσει μέσω της ίριδας – κόρης στο πρόσθιο θάλαμο και να αποχετευτεί από το σκληροκερατοειδές όριο. Ο σκοπός του είναι να θρέψει το πίσω μέρος του κερατοειδή και να κρατάει σταθερή την ενδοφθάλμια πίεση. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

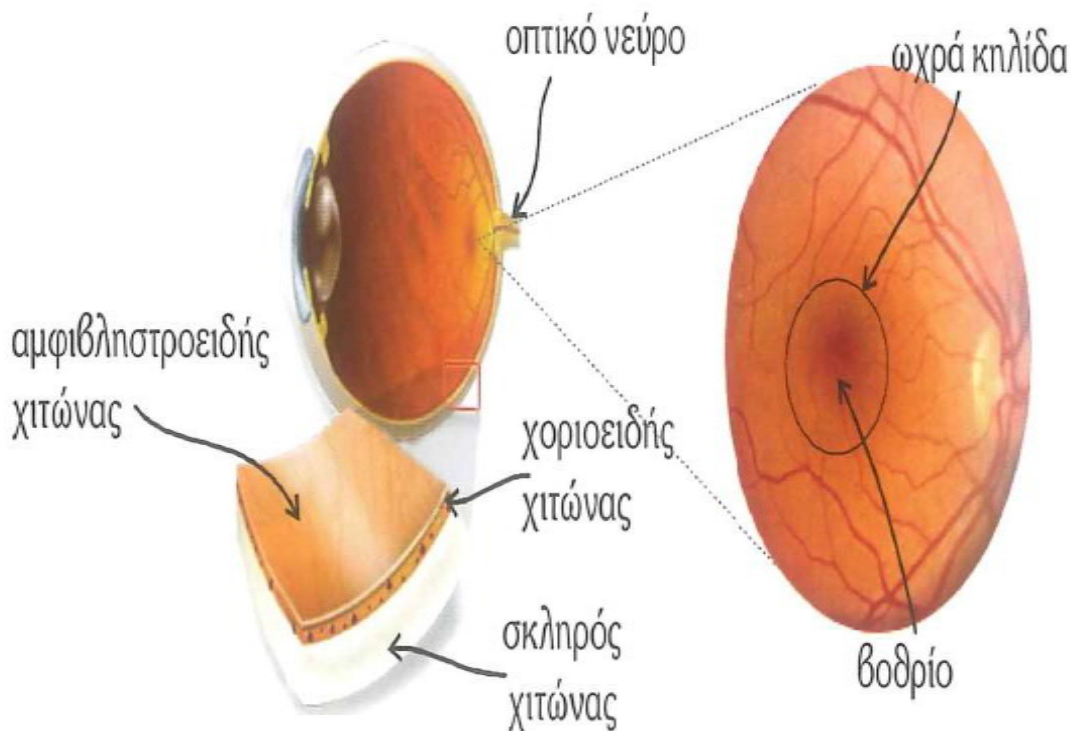
Πίσω από τον αμφιβληστροειδή και μέχρι αυτών ο χώρος γεμίζει με το υαλώδες σώμα ζελατινώδους φύσεως, που ως σκοπό έχει να δώσει σχήμα στον οφθαλμικό βολβό. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

2.3.5 Αμφιβληστροειδής χιτώνας

Ο αμφιβληστροειδής είναι ο εσωτερικός αισθητηριακός χιτώνας του βολβού του οφθαλμού και βρίσκεται μεταξύ του χοριοειδούς και του υαλώδους σώματος. Ο αμφιβληστροειδής είναι διαφανής δεν έχει χρώμα, και παίρνει ρόδινη χροιά από τον χοριοειδή που βρίσκεται εξώτερα. Εκτείνεται από τη θηλή του οπτικού νεύρου μέχρι την προιονωτή περιφέρεια, όπου μεταπίπτει στις επιθηλιακές στοιβάδες του ακτινωτού σώματος. Εμφανίζει μία εξωτερική μελαγχρωματική μοίρα, το μελάγχρουν επιθήλιο και μία εσωτερική, τον ιδίως ή νευροαισθητηριακό αμφιβληστροειδή. Στον αμφιβληστροειδή υπάρχουν οι τρεις πρώτοι νευρώνες της οπτικής οδού που είναι οι φωτουποδοχείς (ραβδία και κωνία), τα δίπολα και τα γαγγλιακά κύτταρα. Στο χιτώνα αυτό τα οπτικά

ερεθίσματα μετατρέπονται σε νευρικές ώσεις, υφίστανται επεξεργασία και στη συνέχεια μεταβιβάζονται στο κεντρικό νευρικό σύστημα. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)

Οι νευρικές ίνες του αμφιβληστροειδή συγκεντρώνονται στην οπτική θηλή και εξέρχονται από το βολβό του οφθαλμού σχηματίζοντας το οπτικό νεύρο. Η οπτική θηλή ή οπτικός δίσκος είναι η μοίρα του οπτικού νεύρου που βρίσκεται μέσα στο σκληρό χιτώνα. Σχηματίζεται από τους νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς. Στην κεντρική περιοχή της οπτικής θηλής παρατηρείται ελαφρά εμβάθυνση, η οποία ονομάζεται κοίλανση. Σε φωτογραφία του οπτικού βυθού έχει σχήδιο οβάλ με κάθετη τη μεγαλύτερη διάσταση, έχει χρώμα κιτρινωπό ενώ βρίσκεται ρινικά με βάση του οπτικού βυθού. Εν αντιθέσει το οπτικό βοθρίο βρίσκεται κροταφικά. Το εύρος και η μορφή της κοίλανσης αυτής μπορεί να μεταβληθεί από παθολογικά αίτια, όπως πχ. γλαύκωμα. Διαμέσου της οπτικής θηλής εισέρχεται στον οφθαλμό η κεντρική αρτηρία και εξέρχεται η κεντρική φλέβα του αμφιβληστροειδούς. (Snell & Lemp, 2006) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)



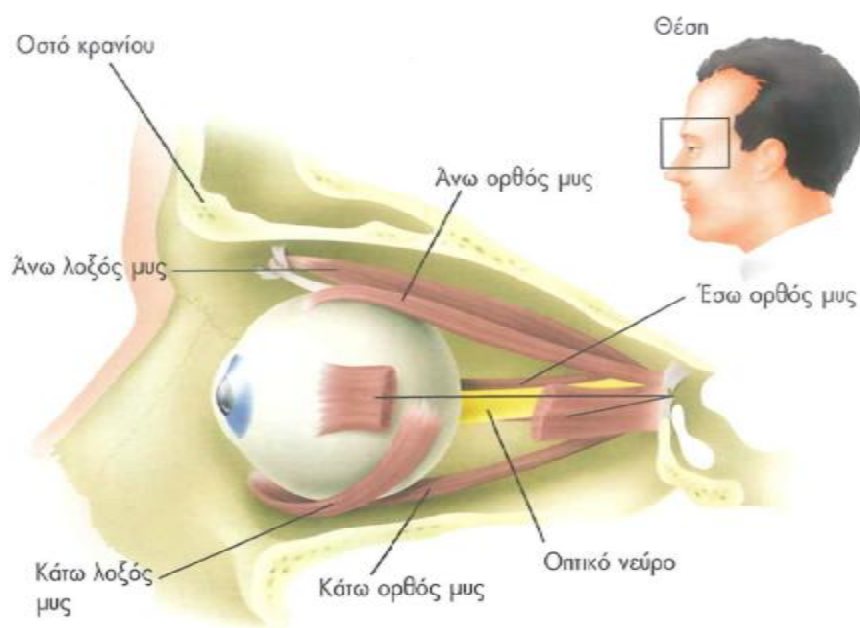
Εικόνα 2. 8: Ανατομία του αμφιβληστροειδή (Ασημέλλης, et al., 2007)

2.3.6 Μύες υπεύθυνοι για τις κινήσεις του οφθαλμικού βολβού

Οι έξι εκούσιοι (γραμμωτοί) εξοφθάλμιοι μύες οι οποίοι παράγουν τις οφθαλμικές κινήσεις είναι οι άνω, κάτω, έσω, έξω ορθοί μύες και ο άνω και ο κάτω λοξοί μύες. (Snell & Lemp, 2006)

Οι τέσσερις ορθοί μύες εκφύονται από έναν ινώδη δακτύλιο, τον κοινό τενόντιο δακτύλιο (δακτύλιος του Zinn). Από την κοινή αυτή έκφυση οι ορθοί μύες φέρονται πρόσθια σαν ένας μυϊκός κώνος, για να εισχωρήσουν καταφυόμενοι στον σκληρό χιτώνα του βολβού. Μεγαλύτερος σε μήκος είναι ο άνω ορθός, ακολουθεί ο έσω και στη συνέχεια ο έξω ορθός, ο κάτω ορθός είναι ο βραχύτερος. Όλοι οι μύες νευρώνονται από τον κοινό κινητικό νεύρο εκτός από τον έξω ορθό που νευρώνεται από το απαγωγό και τον άνω λοξό από το τροχιακό νεύρο. (Snell & Lemp, 2006)

Οι μύες αυτοί ελέγχουν τη θέση των βολβών με ακρίβεια που όταν διαβάζουμε ένα βιβλίο, μπορούν να μετακινηθούν στις διαδοχικές γραμμές κειμένου σε λιγότερο από ένα εκατοστό του δευτερολέπτου. Ο άνω ορθός και ο κάτω λοξός είναι υπεύθυνοι για την άνω στροφή ή ανάσπαση του οφθαλμού. Πρόκειται για την κάθετα προς τα πάνω στροφή του βολβού (περί τον εγκάρσιο άξονα). Ο κάτω ορθός και ο άνω λοξός ευθύνονται για την κάτω στροφή ή κατάσπαση του οφθαλμού, την ευθεία δηλαδή προς τα κάτω στροφή του βολβού. Ο έσω και ο έξω ορθός είναι υπεύθυνοι για την έσω και έξω στροφή του βολβού περί τον κατακόρυφο άξονα αντίστοιχα. (Snell & Lemp, 2006) (Δαμανάκης, 1999)



Εικόνα 2. 9 Απεικόνιση των οφθαλμικών μυών (Walters, 2009)

2.3.7 Επικουρικά μέρη

2.3.7.1 Βλέφαρα

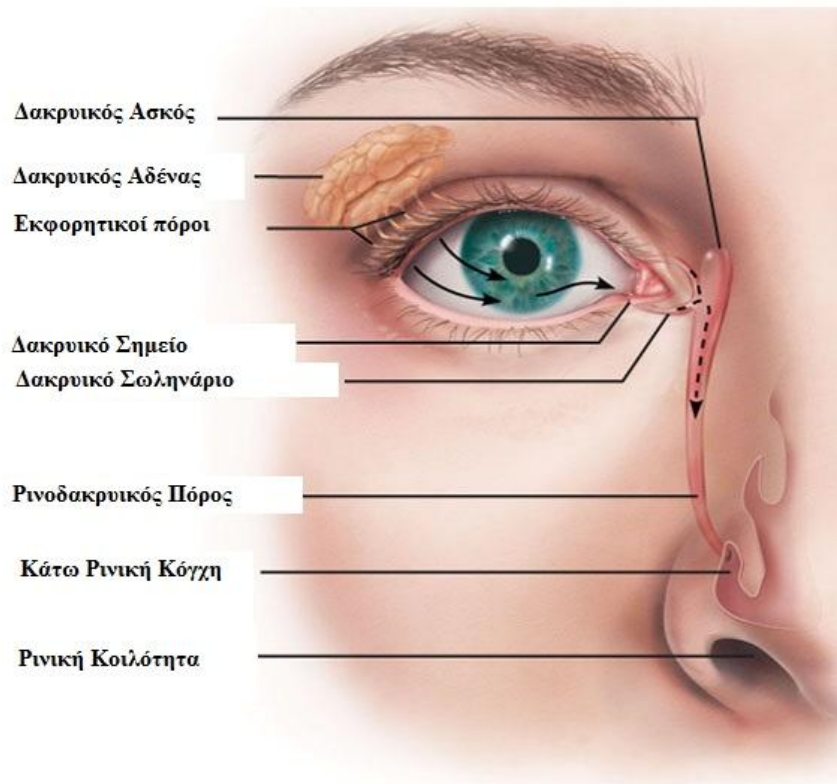
Τα βλέφαρα του οφθαλμού είναι αποτελούμενα από δύο στρώματα, το εξωτερικό και το εσωτερικό. Το εξωτερικό είναι καλυμμένο από δέρμα, και εμπεριέχει τους γραμμωτούς μυς για εκούσια ανύψωση, καθώς και τη σύγκλειση των βλεφάρων. Το εσωτερικό περιέχει τον ταρσό, τον επιπεφυκότα καθώς και το λείο μυ του Muller, ο οποίος παρέχει τη σφριγηλότητα και τον τόνο στο άνω βλέφαρο, δείχνοντας με αυτό τον τρόπο το εύρος της μεσοβλεφάριας σχισμής. (Snell & Lemp, 2006)

Τα βλέφαρα αποτελούνται και από άλλους μηχανισμούς, όπως τις βλεφαρίδες οι οποίες βοηθούν στην άμυνα σχηματισμού του οφθαλμού. Επίσης στο χείλος του άνω και κάτω βλεφάρου υπάρχουν οι εκβολές των λιπαντικών αδένων του οφθαλμού, οι μείβομιανοί αδένες. Οι λιπαντικοί αδένες ή διαφορετικά αδένες του Zeiss βρίσκονται στο άνω βλέφαρο, όπως και οι ιδρωτοποιοί αδένες ή αλλιώς αδένες του Moll. (Snell & Lemp, 2006) (Πατέρας, 2010)

Τα βλέφαρα λόγω της μορφής και του σχήματος τους έχουν προστατευτικό χαρακτήρα. Ο οφθαλμός προστατεύεται όταν τα βλέφαρα είναι κλειστά, ενώ όταν είναι ανοιχτά μένουν ακάλυπτα μόνο τα τμήματα του βολβού που είναι σημαντικά για την όραση. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.3.7.2 Δακρυϊκή συσκευή

Με την δακρυϊκή συσκευή, παράγονται τα δάκρυα, διοχετεύονται στην επιφάνεια του επιπεφυκότα και του κερατοειδούς και αποχετεύονται. Τα δάκρυα χρησιμεύουν στην πλύση και εφύγρανση τόσο του επιπεφυκότα και του κερατοειδούς και αποχετεύονται. Ο δακρυϊκός αδένας παράγει τα δάκρυα, τα οποία μεταφέρονται με τους δύο δακρυϊκούς πόρους, οι οποίοι εκβάλλουν στον επιπεφυκότα των βλεφάρων. Τα δάκρυα αποχετεύονται από τον ρινοδακρυϊκό πόρο, ο οποίος ξεκινάει από τον έσω κανθό και καταλήγει στην ρινική κοιλότητα. (Snell & Lemp, 2006) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

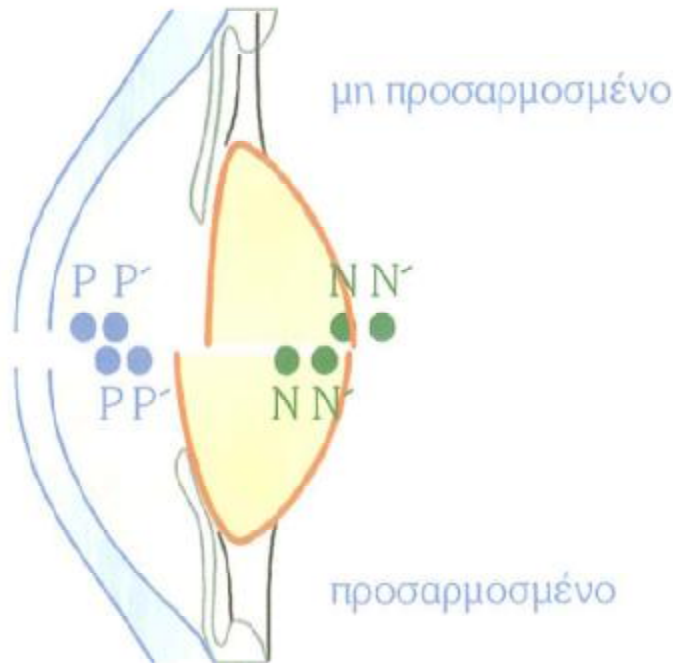


Εικόνα 2. 10 Δακρυϊκή συσκευή (Ντούζγος, 2013)

2.4 Διαδικασία προσαρμογής κρυσταλλοειδή φακού

2.4.1 Μηχανισμός προσαρμογής

Η προσαρμογή είναι φαινόμενο αντανακλαστικό και εκλύεται όταν το σχηματιζόμενο αντικείμενο στον αμφιβληστροειδή δεν είναι σαφές (φλοιώδες αντανακλαστικό). Ο οφθαλμός, όταν κοιτάζει ένα αντικείμενο που βρίσκεται μακριά, βλέπει εκ κατασκευής ευκρινώς (εμμετρωπικός οφθαλμός). Όταν όμως κοιτάζει ένα αντικείμενο που βρίσκεται κοντά, για να το δει ευκρινώς πρέπει να μεταβάλει την εστίαση, αυξάνοντας τη διαθλαστική ισχύ του κρυσταλλοειδή φακού. Αυτή η ικανότητα του κρυσταλλοειδή φακού, ονομάζεται προσαρμογή (accommodation). Η προσαρμογή επιτυγχάνεται με την μείωση της ακτίνας καμπυλότητας της προσθοπίσθιας επιφάνειας του φακού. (Πατέρας, 2010) (Ophthalmology, 1993-1994)



Εικόνα 2. 11: Μεταβολή των θέσεων των κύριων σημείων του οφθαλμού κατά την προσαρμογή (Ασημέλλης, et al., 2007)

Η γνώση που υπάρχει σήμερα σχετικά με τον αντανακλαστικό μηχανισμό της προσαρμογής στηρίζεται στη θεωρία του Helmholtz (1909). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, όταν ο οφθαλμός κοιτάζει ένα αντικείμενο μακριά, ο ακτινωτός μυς βρίσκεται σε χαλάρωση (έχει τη μέγιστη διάμετρο) και οι ίνες της Ζίννειου ζώνης βρίσκονται σε διάταση, με αποτέλεσμα να ασκούν δυνάμεις τάνυσης που προσπαθούν να επιπεδώσουν τις δύο επιφάνειες του φακού. Αντιθέτως, κατά την προσαρμογή ο ακτινωτός μυς συσπάται (μειώνεται η διάμετρος του), οι ίνες της Ζίννειου ζώνης χαλαρώνουν, προκαλώντας μείωση της ισημερινής διαμέτρου του φακού, μείωση της ακτίνας καμπυλότητας της πρόσθιας επιφάνειας, με αποτέλεσμα ο φακός να γίνεται σφαιρικότερος (αυξάνεται το κεντρικό πάχος του) και να αυξάνεται η διοπτρική ισχύς του. Συγχρόνως, η πρόσθια επιφάνεια μετακινείται προς τον κερατοειδή, ενώ η οπίσθια επιφάνεια παραμένει περίπου στην ίδια θέση. Οι παραπάνω μεταβολές προκαλούν με την σειρά τους αύξηση της διαθλαστικής ικανότητας του οφθαλμού. (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ophthalmology, 1993-1994)

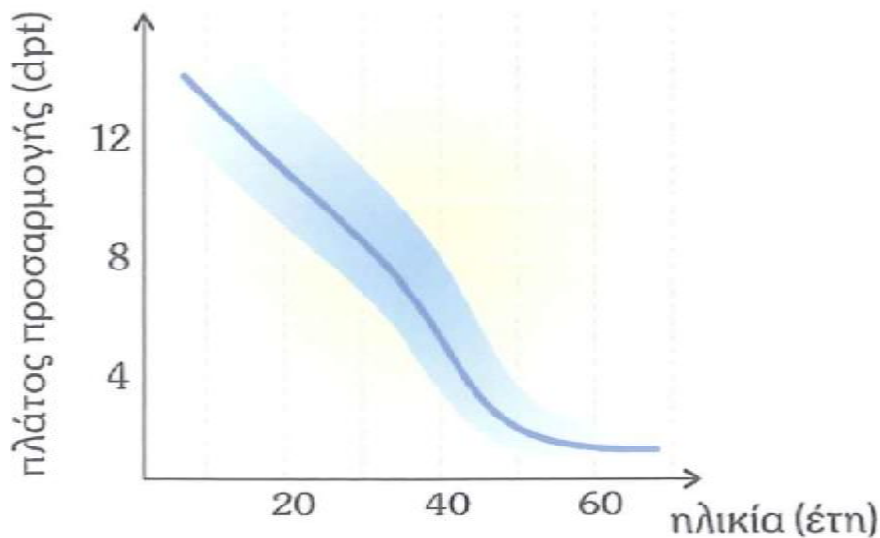
2.4.2 Εύρος, ακρίβεια και σταθερότητα της προσαρμοστικής ικανότητας

Σε έναν οφθαλμό σε κατάσταση ηρεμίας όπου η εστίαση γίνεται στο άπειρο, η διαθλαστική ικανότητα του φακού είναι περίπου 19D (διοπτρίες). Ενώ σε έναν οφθαλμό σε κατάσταση προσαρμογής σε σημείο 10cm από την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, η διαθλαστική ικανότητα του κρυσταλλοειδή φακού είναι περίπου 30D. (Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ζευγώλης, 2007)

Όταν υπολογίζουμε το επίπεδο της προσαρμογής (προσαρμοστική ικανότητα), δεν πρέπει να γίνεται σύγχυση με την διαθλαστική ικανότητα του οφθαλμού. Για ένα οφθαλμό σε κατάσταση ηρεμίας, το επίπεδο προσαρμογής είναι μηδέν, ενώ η διαθλαστική ικανότητα του οφθαλμού είναι 60D. Όμως, αυτές οι δυο έννοιες είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Υπάρχουν φυσικά όρια στο εύρος αλλαγών του σχήματος του κρυσταλλοειδούς φακού, και συνεπώς περιορισμοί στις μεταβολές της διαθλαστικής ισχύος του κρυσταλλοειδούς φακού και του εύρους της ευκρινούς όρασης. Το απώτερο και το εγγύς αντικειμενικό σημείο σε αυτό το εύρος ονομάζεται απώτερο και εγγύς σημείο αντίστοιχα. Όταν το ακτινωτό σώμα βρίσκεται σε κατάσταση πλήρους χαλάρωσης, ο οφθαλμός εστιάζει στο απώτερο σημείο το οποίο συγκλίνει στον αμφιβληστροειδή. Όταν το ακτινωτό σώμα βρίσκεται στην μέγιστη φάση σύσπασης, δηλαδή ο κρυσταλλοειδής φακός βρίσκεται στην μέγιστη φάση χαλάρωσης, ο οφθαλμός έχει την μέγιστη δυνατή διαθλαστική ικανότητα και το εγγύς εστιακό σημείο σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή. (Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ζευγώλης, 2007)

Η διαφορά μεταξύ των ορίων του απώτερου και του εγγύς σημείου προσαρμογής σε διοπτρίες(D), ονομάζεται εύρος προσαρμογής (amplitude of accommodation). Το εύρος προσαρμογής επηρεάζεται από την ηλικία. Φτάνει στην μέγιστη τιμή του νωρίς κατά την δεύτερη δεκαετία της ζωής και σταδιακά μειώνεται με ρυθμό περίπου 0.4D/έτος, για να σταθεροποιηθεί σε μια χαμηλή τιμή γύρω από 1D στην ηλικία των 50 ετών, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.12. Άτομα ηλικίας μεγαλύτερης των 50 ετών μπορούν να διακρίνουν αντικείμενα σε απόσταση περίπου 1m, εξαιτίας του αυξημένου βάθους πεδίου/εστίασης που προκύπτει από τη μικρή διάμετρο της κόρης του οφθαλμού τους (ψευδο-προσαρμογή).

(Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ζευγώλης, 2007)



Εικόνα 2.12: Μείωση του εύρους προσαρμογής με την ηλικία (Ασημέλλης, et al., 2007)

Όταν οι δύο οφθαλμοί προσαρμόζονται για να εστιάσουν ευκρινώς ένα κοντινό αντικείμενο, πρέπει επίσης να κινηθούν προς τα έξω. Αυτή η κίνηση προς τα έξω ονομάζεται σύγκλιση. Η προσαρμογή και η σύγκλιση ελέγχονται από τις ίδιες νευρικές οδούς και φλοιώδη κέντρα, και υπάρχει μια ενδογενής συσχέτιση μεταξύ προσαρμογής και σύγκλισης. Ένα ερέθισμα που αφορά το ένα από τα δύο προκαλεί αλλαγές και στα δύο αντανακλαστικά. (Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ζευγώλης, 2007)

Κατά την παρατήρηση ενός αντικειμένου σε μια σταθερή απόσταση, η ισχύς του οφθαλμού δεν είναι απολύτως σταθερή. Αντιθέτως έχει αναφερθεί ότι παρουσιάζονται μικρές διακυμάνσεις με εύρος περίπου 0.1-0.4D, ανάλογα με τα επίπεδα προσαρμογής. Το πλάτος των διακυμάνσεων διαφέρει μεταξύ των ατόμων. Οι διακυμάνσεις αυτές μεγαλώνουν όταν το επίπεδο φωτισμού μειώνεται από φωτοπικά σε μεσοπικά επίπεδα και οφείλονται στην αστάθεια του μηχανισμού ανάδρασης, δηλαδή στα μηχανικά χαρακτηριστικά του κρυσταλλοειδή φακού, τη δομή του ακτινωτού μυ και των ινών της ζίννειου ζώνης καθώς και στον καρδιακό σφυγμό. Πιστεύεται ότι αυτές οι μικρές αλλαγές προκαλούν παροδικές μεταβολές στο contrast του ειδώλου, συνεισφέροντας στη βελτιστοποίηση της ποιότητας της εικόνας στον αμφιβληστροειδή. Επομένως σε υψηλά επίπεδα απαιτούμενης προσαρμογής, το πλάτος αυτών των διακυμάνσεων είναι μεγάλο. (Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ζευγώλης, 2007)

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εμφάνιση του ερεθίσματος μέχρι την έναρξη της απόκρισης της προσαρμογής λέγεται χρόνος αντίδρασης, ενώ το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την έναρξη

μέχρι την σταθεροποίηση της απόκρισης λέγεται χρόνος απόκρισης. Για ένα ερέθισμα που αλλάζει απότομα απόσταση προσαρμογής (από μακριά σε κοντά), ο χρόνος αντίδρασης είναι περίπου 0.4sec και εξαρτάται από την ηλικία του ατόμου (Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010) (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990) (Ζευγώλης, 2007)

2.4.3 Πρεσβυωπία

Ένας οφθαλμός λέγεται πως είναι πρεσβυωπικός όταν το σχήμα και η θέση του φακού δεν είναι πλέον σε θέση να αλλάζουν επαρκώς ώστε να επιτρέπουν επαρκή αύξηση σε διαθλαστική ισχύ για μια καθαρή εικόνα των κοντινών αντικειμένων που σχηματίζονται στον αμφιβληστροειδή. Η πρεσβυωπία είναι το αποτέλεσμα της μείωσης της προσαρμοστικής ικανότητας του οφθαλμού με την πάροδο της ηλικίας. Οφείλεται στη μείωση της ελαστικότητας της μάζας του κρυσταλλοειδούς φακού. Εμφανίζεται μετά την ηλικία των 40 ετών στους εμμέτρωτες, νωρίτερα στους υπερμέτρωτες και αργότερα στους μύωτες, ανάλογα με το βαθμό της αμετρωπίας. (Ophthalmology, 1993-1994) (Στάγκος, 2002) (Πατέρας, 2010)

Το εύρος της προσαρμογής είναι περίπου +4.50dpt. Στην ηλικία των 45 ετών υποχωρεί στις +3.50dpt, στην ηλικία των 50 ετών φθάνει τις +2.50dpt, επομένως αντίστοιχα υπάρχει προσαρμοστικό έλλειμμα +1.0dpt και +2.0dpt το έλλειμμα αυτό αποτελεί την πρεσβυωπία. (Ophthalmology, 1993-1994) (Πατέρας, 2010) (Στάγκος, 2002)

Στον υπερμέτρωτα παρατηρείται αρχικά αύξηση της υπερμετρωπίας του, επειδή εκδηλώνεται πλέον και η λανθάνουσα υπερμετρωπία, την οποία μέχρι τώρα κάλυπτε με την προσαρμογή. Έτσι, η πρεσβυωπία σε αυτόν εμφανίζεται νωρίτερα. Στον μύωτα για να εμφανιστεί πρεσβυωπία πρέπει να υπερκαλύψει σε διοπτρίες τη μυωπία του, ώστε να χρειασθεί πρεσβυωπική διόρθωση. Μύωτες με μυωπία πάνω από -2.50dpt δεν θα χρειαστούν πρεσβυωπικά γυαλιά, γιατί μπορούν να έχουν ευκρινή κοντινή όραση βγάζοντας τα μυωπικά τους γυαλιά. (Στάγκος, 2002) (Δαμανάκης, 1999)

2.4.3.1 Βασικά συμπτώματα πρεσβυωπίας

Τα πρώτα συμπτώματα εκδηλώνονται με την τάση που έχει ο πρεσβύωπας να απομακρύνει όλο και περισσότερο τα αντικείμενα που θέλει να δει ή να διαβάσει, με αδυναμία να δει κοντά σε χαμηλό φωτισμό, και με κούραση ή πονοκέφαλο μετά από πολύωρη κοντινή εργασία. Ο ασθενής παραπονείται συνήθως για θολή όραση σε κοντινή απόσταση, κατά την οποία υπάρχει κάποια βελτίωση αν απομακρυνθεί το αντικείμενο που κοιτάζει. Παρουσιάζεται μειωμένο εύρος προσαρμογής, καθώς και κοπιωπία ύστερα από κοντινή εργασία. (Δαμανάκης, 1999) (Στάγκος, 2002) (Πατέρας, 2010)

2.4.3.2 Διόρθωση πρεσβυωπίας

Η διόρθωση της πρεσβυωπίας μπορεί να πάρει πολλές μορφές. Η χρήση κατάλληλων μονοεστιακών θετικών φακών σε σκελετό γυαλιών είναι ο παλαιότερος και απλούστερος τρόπος για την αντιμετώπιση της πρεσβυωπίας. Με την έναρξη της πρεσβυωπίας, μετά την ηλικία των 40-50 ετών, είναι φανερό ότι τα γυαλιά που χορηγήθηκαν για την μακρινή όραση, δεν είναι κατάλληλα και για την προσαρμογή στις κοντινές αποστάσεις, όπως π.χ. κατά το διάβασμα. Το ζήτημα προκύπτει, επειδή τα νέα, κατάλληλα για κοντινές αποστάσεις, πρεσβυωπικά γυαλιά δεν είναι ταυτόχρονα κατάλληλα και για μακριά. Έτσι, ο ασθενής αναγκάζεται να χρησιμοποιεί δύο ζευγάρια γυαλιών: ένα για μακριά και ένα για κοντά (απόσταση ανάγνωσης). (Στάγκος, 2002) (Πατέρας, 2010)

Η λύση βρέθηκε με διάφορους συνδυασμούς φακών που έχουν διαφορετική ισχύ σε διάφορα σημεία της επιφάνειάς τους όπως είναι οι διπλοεστιακοί και οι πολυεστιακοί φακοί. Γυαλιά με διπλοεστιακούς φακούς έχουν δύο διακριτές περιοχές στην επιφάνειά τους: μία για μακριά και μία για κοντά. Οι πολυεστιακοί φακοί έχουν δύο κέντρα, το άνω κέντρο με ισχύ για τη μακρινή όραση και το κάτω για την κοντινή. Έχουν το επιπρόσθετο πλεονέκτημα ότι η περιοχή ανάμεσα στα δύο κέντρα έχει «ενδιάμεση ισχύ» και με τη κατάλληλη εξοικείωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ενδιάμεσες αποστάσεις, όπως π.χ. για την οθόνη ενός υπολογιστή γραφείου. (Πατέρας, 2010)

Μια τρίτη μέθοδος διόρθωσης της πρεσβυωπίας είναι η χρήση φακών επαφής. Παρά τη μικρότερη επιφάνεια των φακών επαφής σε σχέση με τους φακούς των γυαλιών οράσεως, η σύγχρονη τεχνολογία έχει καταφέρει να τους μετατρέψει σε πολυεστιακούς με αντίστοιχη λογική χρήσης με τα πολυεστιακά γυαλιά. Μια αρκετά διαδεδομένη μέθοδος διόρθωσης της πρεσβυωπίας με φακούς επαφής είναι η τεχνική της μονοόρασης (monovision). Πρόκειται ουσιαστικά για την διαφορετική ρύθμιση των δύο ματιών του ατόμου, ώστε το ένα μάτι να μπορεί να εστιάζει μακριά και το άλλο κοντά. Ο λόγος που μια τέτοια τεχνική μπορεί και λειτουργεί βρίσκεται στην επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων από τον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος μπορεί να διαχωρίζει και να αγνοεί επιλεκτικά τις εικόνες για τις οποίες δεν εστιάζει ο ανθρώπινος οφθαλμός. Η τεχνική της μονοόρασης ενδείκνυται μόνο στα πρώτα χρόνια της πρεσβυωπίας. (Πατέρας, 2010)

2.5 Οι διαθλαστικές ανωμαλίες της όρασης

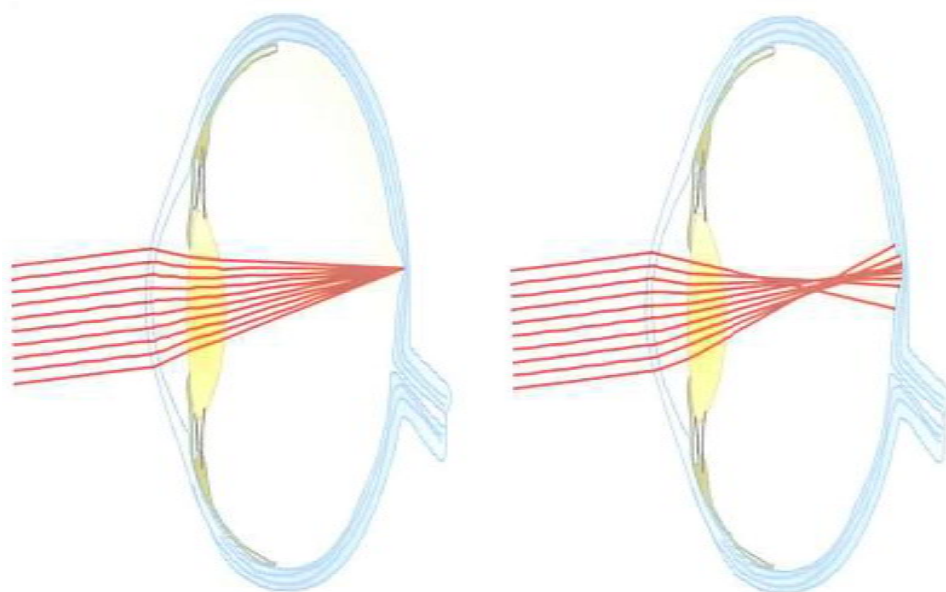
Η ικανότητα του οφθαλμού να μεταβάλλει την εστιακή του ικανότητα καλείται προσαρμογή, και επιτυγχάνεται με τον κρυσταλοειδή φακό, όπως είδαμε παραπάνω. Λόγω του μεγάλου αριθμού όμως των διαθλαστικών επιφανειών του οφθαλμού παρουσιάζεται ένας αριθμός εκτροπών (οπτικών σφαλμάτων). (Young, 1992)

2.5.1 Εμμετρωπία

Ένα μάτι λέγεται πως είναι εμμετρωπικό όταν ο φακός θα εστιάσει την εικόνα ενός αντικειμένου που εντοπίζεται στο άπειρο, ακριβώς πάνω στον αμφιβληστροειδή. Το εμμετρωπικό μάτι μπορεί και διακρίνει τα αντικείμενα που βρίσκονται σε μακρινή απόσταση καθαρά, χωρίς την παρουσία της προσαρμογής. (Δαμανάκης, 1999)

2.5.2 Αμετρωπία-Εκτροπές χαμηλής τάξης

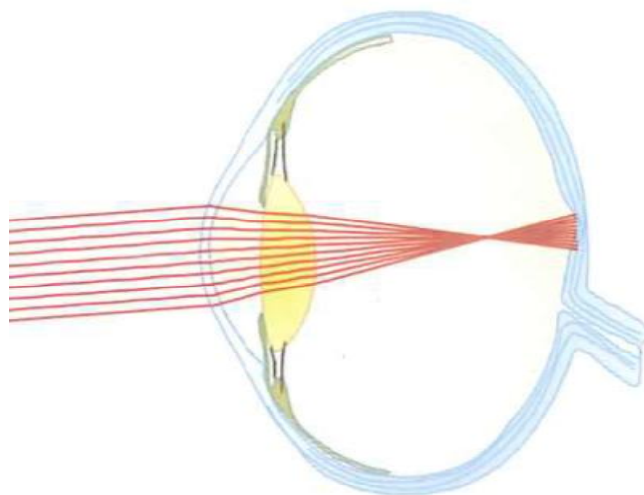
Στην περίπτωση που η εικόνα ενός μακρινού αντικειμένου δεν σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή του μη – προσαρμοσμένου ματιού, λέγεται ότι υπάρχει κάποια εκτροπή χαμηλής τάξης ή μια αμετρωπία. Οι πιο συνηθισμένες εκτροπές χαμηλής τάξης είναι η μυωπία, η υπερμετρωπία και ο αστιγματισμός, η πρεσβυωπία και η ανισομετρωπία, που περιλαμβάνουν την μετατόπιση του εστιακού επιπέδου και μπορούν να διορθωθούν με γυαλιά ή φακούς επαφής. (Ζευγώλης, 2007)(Young, 1992)



Εικόνα 2. 13: Εμμετρωπικός (α) και αμετρωπικός (β) οφθαλμός (Ασημέλλης, et al., 2007)

2.5.2.1 Μυωπία

Μυωπία ορίζουμε την αμετρωπία κατά την οποία παράλληλες ακτίνες φωτός εστιάζονται (σε μη προσαρμοσμένο οφθαλμό) μπροστά από τον αμφιβληστροειδή.



Εικόνα 2.14: Μυωπικός οφθαλμός (Ασημέλλης, et al., 2007)

2.5.2.1.1 Αίτια μυωπίας

Πολλές θεωρίες κατά καιρούς προσπάθησαν να μελετήσουν και να ερευνήσουν την εξέλιξη της μυωπίας. Μερικές από τις αιτίες που σχετίζονται με τη μυωπία είναι: (Στάγκος, 2002)

- 1) κληρονομικότητα
- 2) κάποια ειδική αδυναμία του σκληρού
- 3) το σχήμα του κόγχου
- 4) η υπολειτουργία του ακτινωτού μυός
- 5) η αύξηση ενδοφθάλμιας πίεσης
- 6) η έλλειψη ασβεστίου ή βιταμινών
- 7) η υπερβολική εργασία για κοντά

2.5.2.1.2 Είδη μυωπίας

Η μυωπία μπορεί να διακριθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το ρόλο που έχει ο μηχανισμός προσαρμογής. Έτσι, διακρίνεται η (α) εκ κατασκευής μυωπία, όταν ο μηχανισμός προσαρμογής δεν συμμετέχει στον καθορισμό της θέσης της οπίσθιας εστίας του οπτικού συστήματος, μπροστά από τον αμφιβληστροειδή και η (β) λειτουργική ή σπαστική μυωπία, όταν η θέση της οπίσθιας κύριας εστίας είναι αποτέλεσμα σπασμού προσαρμογής και αύξησης της διαθλαστικής ισχύος του διοπτρικού συστήματος. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Η εκ κατασκευής μυωπία χωρίζεται με τη σειρά της σε δύο κατηγορίες: (Α)Αξονική μυωπία ορίζεται εκείνη που οφείλεται σε μεγάλο προσθιοπίσθιο άξονα του οφθαλμού. Είναι η πιο συχνή αμετρωπία με ποσοστό εμφάνισης 24%-30% του γενικού πληθυσμού. Είναι γνωστή και ως σχολική μυωπία γιατί γίνεται αντιληπτή κατά τη σχολική ηλικία. Η μυωπία που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια των σχολικών χρόνων μπορεί να διπλασιαστεί μέχρι το εικοστό έτος της ηλικίας. Πρακτικά δεν έχει παρατηρηθεί αύξηση της μετά το προαναφερόμενο έτος αλλά χωρίς αυτό να είναι απόλυτο. Στην αξονική μυωπία ο ασθενής μπορεί να φθάσει 10/10 οπτική οξύτητα με την απαιτούμενη διόρθωση.

Η αξονική μυωπία διακρίνεται κι αυτή με τη σειρά της σε δύο τύπους την καλοήθη και την κακοήθη. (Στάγκος, 2002)

(α)Καλοήθης ή απλή μυωπία

Στην καλοήθη μυωπία, που αφορά ευτυχώς την πλειονότητα των μυώπων, δεν υπάρχουν εμφανείς, έντονες, παθολογοανατομικές αλλοιώσεις. Ο οφθαλμικός βολβός έχει μεγαλύτερο προσθιοπίσθιο άξονα πράγμα που οφείλεται σε εκ κατασκευής ή εκ καταβολής αρχιτεκτονική. Το είδος αυτής της μυωπίας είναι προοδευτικό και μπορεί να φθάσει μέχρι -5.00Dpt ή και -10.00 Dpt.

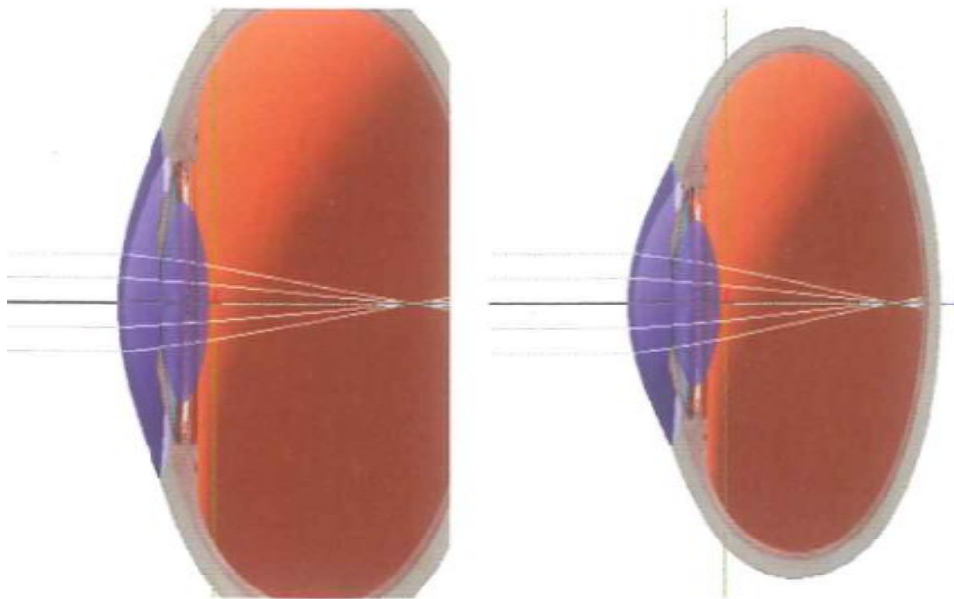
(β)Κακοήθης ή εκφυλιστική μυωπία

Στην εκφυλιστική μυωπία εκτός από την κλασική θολή αντίληψη των μακρινών αντικειμένων, που είναι και το κυριότερο σύμπτωμα της μυωπίας ως διαθλαστική ανωμαλία, παρουσιάζονται εκφυλιστικές αλλοιώσεις των χιτώνων του οφθαλμού. (Δαμανάκις, 1999) (Στάγκος, 2002)

Συνήθως εκφυλιστική μυωπία εμφανίζεται σε 6 βαθμούς και πάνω, αλλά μπορεί να εμφανιστεί και σε μικρότερου βαθμού μυωπίες. Τις περισσότερες φορές η εκφυλιστική μυωπία εμφανίζει μικρού βαθμού αλλοιώσεις των χιτώνων με μικρά προβλήματα στην οπτική λειτουργία. Πολλές φορές όμως προκαλούνται έκδηλες αλλοιώσεις με αποτέλεσμα, ανάλογα με τον βαθμό των αλλοιώσεων, να παρατηρούνται σοβαρά προβλήματα στην όραση που δεν διορθώνονται με οποιοδήποτε γυαλί ή φακό επαφής. (Δαμανάκις, 1999) (Στάγκος, 2002)

Τέτοιες εκφυλιστικές αλλοιώσεις μπορεί να εντοπίζονται στον σκληρό χιτώνα (λέπτυνση σκληρού), μυωπικός κροταφικός κώνος, χοριοειδική ατροφία, αλλοιώσεις υαλοειδούς (ρευστοποίηση, θολερότητες, μυιοψίες - μυγάκια, οπίσθια αποκόλληση κλπ), ρήξεις μεμβράνης του Bruch (με αιμορραγία στην ωχρά, μεγάλη και απότομη μείωση της όρασης), ρωγμές αμφιβληστροειδούς, αποκόλληση αμφιβληστροειδούς (που εμφανίζεται συνήθως σε υψηλή μυωπία και σε ποσοστό περίπου 5-8%). Η αποκόλληση αμφιβληστροειδούς, που μπορεί να αποβεί, αν δεν διαγνωστεί έγκαιρα, μοιραία για την όραση, είναι πιο συνηθισμένη μετά από εγχείρηση καταρράκτη ιδίως μετά από καψουλοτομή με YAG laser σε υψηλή μυωπία, ή μετά από τραύμα. (Δαμανάκις, 1999) (Στάγκος, 2002)

(B) Διαθλαστική μυωπία ορίζεται εκείνη που οφείλεται σε αύξηση της διαθλαστικής ισχύς του οφθαλμού, λόγω αύξησης της κυρτότητας οποιασδήποτε από τις διαθλαστικές του επιφάνειες. (κλινική διάθλαση). Η αύξηση της κυρτότητας του κερατοειδούς είναι συνήθως υπεύθυνη για την διαθλαστική μυωπία καθώς και για την όχι σπάνια εμφάνιση υψηλού αστιγματικού σφάλματος. Η αύξηση κυρτότητας άλλων επιφανειών του φακού δεν είναι συχνά υπεύθυνες για την εμφάνιση διαθλαστικής μυωπίας. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002)



Εικόνα 2. 15 Αξονική (α) και διαθλαστική (β) μυωπία. Εκτός από το διαφορετικό μέγεθος του οφθαλμού, διαφέρουν και οι καμπυλότητες του κερατοειδή. (Ασημέλλης, et al., 2007)

(Γ) Συγγενής μυωπία (διάθλαση)

Σε πρόωρα νεογνά μπορεί να παρατηρηθεί μια μορφή μυωπίας που παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και ενώ μπορεί να φθάσει μέχρι και 20.00dpt, τείνει να μειωθεί τα χρόνια που ακολουθούν. Η αμφιβληστροειδοπάθεια της προωρότητας αρκετές φορές προκαλεί μόνιμη μυωπία η οποία δεν εξελίσσεται. (Στάγκος, 2002)

2.5.2.1.3 Διάκριση μυωπίας ανάλογα με τους βαθμούς

Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση της μυωπίας ανάλογα με το βαθμό της δεν θεωρείται απόλυτα σωστή αλλά παρόλο αυτά δεν θα μπορούσε να μην αναφερθεί ακόμα και αν οι βιβλιογραφίες μεταξύ τους διαφέρουν. Σύμφωνα με

τη διάκριση της American Academy of ophthalmology η μυωπία κατατάσσεται: (Στάγκος, 2002)

- 1) σε χαμηλή από -0.25dpt έως -4.00dpt
- 2) σε μέση από -4.25dpt έως -6.00dpt
- 3) σε υψηλή από -6.25dpt έως -10.00dpt
- 4) και σε ιδιαίτερα υψηλή μυωπία πάνω από -10.25dpt

2.5.2.1.4 Συμπτωματολογία

Τα παιδιά δεν παρουσιάζουν συνήθως ειδικά συμπτώματα ούτε εκφράζουν παράπονα για την οπτική οξύτητα γιατί δεν γνωρίζουν ποια είναι η φυσιολογική όραση του κάθε εμμέτρωπα. Οι γονείς και οι δάσκαλοι μπορούν να βοηθήσουν στην αντίληψη του διαθλαστικού προβλήματος του παιδιού τους. Οι πρώτες δυσκολίες εμφανίζονται στο σχολείο κατά την ανάγνωση στον πίνακα, αφού πλησιάζει τα αντικείμενα κοντά στα μάτια του. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Οι ενήλικες παρουσιάζουν μία ασάφεια μακρινών αντικειμένων η οποία στην πορεία της ζωής τους και μετά από καιρό συνηθίζεται με αποτέλεσμα να μην νιώθουν ενόχληση για την κακή ποιότητα της όρασής τους. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Τα δεδομένα αλλάζουν όταν εξαιτίας εκφυλιστικών αλλοιώσεων του βυθού η οπτική οξύτητα μειώνεται σημαντικά (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Οι μύωπες εκφράζουν από νωρίς παράπονα για την ύπαρξη «μυιοπιών» εξαιτίας της ρευστοποίησης και αποκόλλησης του υαλώδους σώματος. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Η ρήξη της μεμβράνης του Bruch και η αιμορραγία στην ωχρά κηλίδα μπορεί να προκαλέσουν, σπανιότερα, απότομη πτώση της κεντρικής όρασης. Ο μέσος όρος μυωπίας των περιπτώσεων που εμφανίζεται αυτή η αιμορραγία είναι 12.00dpt (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Η πιο σοβαρή επιπλοκή, που εμφανίζεται σε ποσοστό 5-8% των ατόμων με μυωπία, είναι η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς. Αντίστροφα, το 60% περίπου των αποκολλήσεων του αμφιβληστροειδή εμφανίζονται στους μυωπικούς οφθαλμούς. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Οι μύωπες δέχονται πιο άνετα τους ελαφρά δίχρωμους διορθωτικούς φακούς εξαιτίας της ειδικής ευαισθησίας στο έντονο φως που οφείλεται στο μικρό λαμπρό είδωλο το οποίο σχηματίζεται στους αρνητικούς φακούς. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.1.5 Πρόγνωση

Η πρόγνωση της μυωπίας βασίζεται όχι μόνο στο βαθμό της αλλά και στην ύπαρξη τυχόν υαλοχοριοαμφιβληστροειδών εκφυλιστικών αλλοιώσεων. Τρίτος και βασικός παράγοντας είναι η ηλικία του ασθενή. Στα παιδιά, μικρότερα των τεσσάρων ετών, οποιαδήποτε ύπαρξη μυωπίας θεωρείται επικίνδυνη. Η λεπτομερής εξέταση του βυθού θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμη και σημαντική για την προληπτική θεραπεία. Στην ηλικία πάνω από τα πέντε έτη και κυρίως γύρω στα δέκα, η μυωπία που κυμαίνεται στις 5.00-6.00dpt θεωρείται πολύ λιγότερο επικίνδυνη. Σε ένα ενήλικο άτομο που πάσχει από μυωπία, αν δεν παρατηρηθεί σοβαρή αύξησή της, μπορεί να θεωρηθεί στάσιμη, και εν συνεχεία καλής πρόγνωσης. Αντιθέτως στις υψηλές μυωπίες, πάνω από 10.00dpt, η πρόγνωση είναι επιφυλακτική. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.1.6 Διόρθωση

Η μυωπία διορθώνεται με αρνητικούς φακούς. Οι συγκεκριμένοι φακοί έχουν την ιδιότητα να αφαιρούν την περίσσεια ισχύει από το διοπτρικό σύστημα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η οπίσθια κύρια εστία που βρίσκεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή να μετακινείται προς τα πίσω και να σχηματίζεται πάνω σε αυτόν. Η μυωπία μπορεί να διορθωθεί είτε με τη χρήση γυαλιών οράσεως είτε με τη χρήση φακών επαφής. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Πατέρας, 2010)

2.5.2.1.6.1 Διόρθωση σε παιδιά

Η τυχόν υπάρχουσα μυωπία στα παιδιά διορθώνεται πλήρως από οφθαλμίατρους, ενώ τα συμβουλεύουν να μην αποχωρίζονται τα γυαλιά τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό αποφέρει τα εξής πλεονεκτήματα (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

- 1) Το παιδί μαθαίνει από μικρή ηλικία να βλέπει ευκρινώς και να μην αναπτύσσει μη φυσιολογικές συνήθειες, όπως για παράδειγμα το μισοκλείσιμο των βλεφάρων. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)
- 2) Η φυσιολογική αμφοτερόφθαλμη όραση για μακριά και κοντά, όπως και η φυσιολογική σχέση σύγκλισης-προσαρμογής επωφελούνται αφού αναπτύσσονται φυσιολογικά. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)
- 3) Οι γονείς και το περιβάλλον του παιδιού πρέπει να το ενθαρρύνουν για να χρησιμοποιεί διαρκώς τα γυαλιά οράσεως καθώς η μη συνεχής χρήση τους από τη μία θέτει σε αδράνεια το μηχανισμό της προσαρμογής και από την άλλη δεν βελτιώνει την υπάρχουσα-συχνά

στα μυωπικά άτομα, εξωφορία (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Όταν η μυωπία σπανίως συνοδεύεται από έσω φορία η μυωπία υποδιορθώνεται. Ένας αδιόρθωτος μύωπας μπορεί να μην εκφράσει κάποιο παράπονο για την κακή οπτική οξύτητά του για μακρινή απόσταση, όταν διορθωθεί όμως εκδηλώνει τη δυσαρέσκεια του ακόμα και για την πιο ελαφρά μείωση της Ο.Ο. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Στα μυωπικά άτομα ηλικίας κάτω των τριάντα ετών θα πρέπει να χορηγηθεί κυκλοπληγικό κολλύριο το οποίο θα καθορίσει ακριβώς το βαθμό της μυωπίας, ενώ θα βοηθήσει και στον ακριβή καθορισμό του αστιγματισμού. Η παραπάνω ενέργεια θεωρείται αναγκαία όταν πρόκειται για πρώτη εξέταση και για τα άτομα που πάσχουν από μυωπία και εμφανίζουν συμπτώματα ασθενωπίας με δεδομένο ότι οι σχετικές εξετάσεις του είναι φυσιολογικές (σκιασκοπία φυσιολογική δίοφθαλμη όραση). Στην τελευταία περίπτωση οι συγκεκριμένοι ασθενείς έχουν υπερδιορθωθεί και γίνεται αντιληπτή κατά την κοντινή εργασία, ιδίως όταν το άτομο έχει αγχωθεί ή έχει νοσήσει. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.1.6.2 Διόρθωση σε ενήλικες

Οι ενήλικες μπορούν να χρησιμοποιούν τα διορθωτικά γυαλιά τους κατά βούληση. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνο μετά το πέρας της περιόδου ανάπτυξης και εφόσον οι οπτικές συνήθειες έχουν εδραιωθεί και δεν υπάρχει κοπιωπία. Η διαφορά στη διόρθωση της μυωπίας στα παιδιά με τους ενήλικες είναι ότι ο παιδικός εγκέφαλος προσαρμόζεται πιο εύκολα στις νέες αλλαγές. Αυτό σημαίνει ότι οι απότομες αλλαγές της ισχύος των διορθωτικών γυαλιών στους ενήλικες θα πρέπει να αποφεύγεται. Στους νέους πρεσβύωπες συνήθως η μυωπία υποδιορθώνεται με στόχο να βοηθηθεί και η κοντινή όραση με το ίδιο ζεύγος γυαλιών οράσεως. Ο μύωπας λόγω της περίσσειας ισχύος στο οφθαλμικό του σύστημα χρειάζεται να καταβάλλει μικρότερη προσπάθεια για να εστιάσει κοντά σε σχέση με έναν υπερμέτρωπα. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

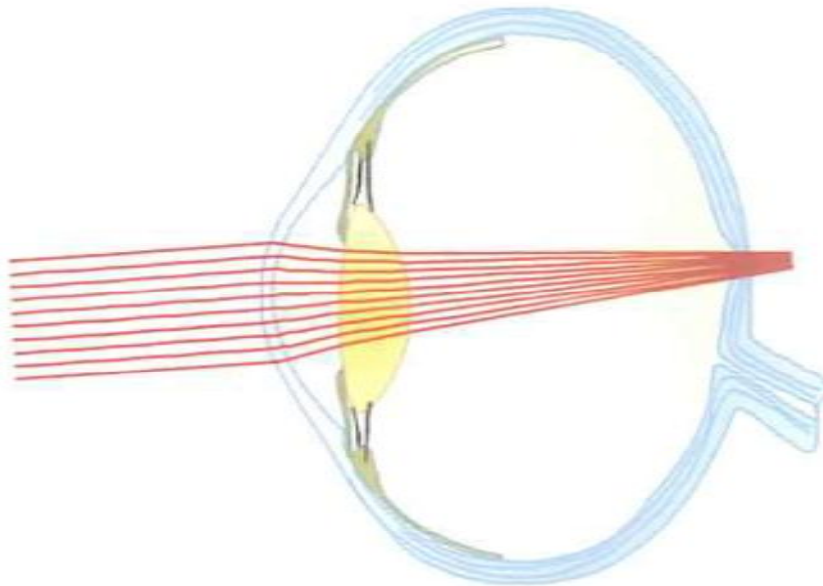
2.5.2.1.6.3 Διόρθωση υψηλού βαθμού μυωπίας

Τα άτομα που πάσχουν από υψηλή μυωπία εμφανίζουν φωτοφοβία λόγω των εκφυλιστικών αλλοιώσεων του υαλώδους σώματος. Ο μυωπικός οφθαλμός σε υψηλή διόρθωση εμφανίζει δυσκολία στην κοντινή όραση όταν η διόρθωση που έχει είναι πλήρης για μακρυνή, γιατί η προσαρμοστική του ισχύ είναι μειωμένη. Επιπρόσθετα, οι αρνητικοί φακοί με υψηλή διοπτρική ισχύ προκαλούν δυσκολία στην περιφερική όραση του

ασθενή. Για τους παραπάνω λόγους άτομα με υψηλή μυωπία προτιμούν στην καθημερινή ζωή διόρθωση κατάλληλη και για τις ενδιάμεσες αποστάσεις, καθώς δύσκολα κάποιος από αυτούς θα ανεχθεί πλήρη διόρθωση για μακρὰ για μεγάλο χρονικό διάστημα. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.2 Υπερμετρωπία

Υπερμετρωπία ονομάζεται η αμετρωπία κατά την οποία παράλληλες ακτίνες ταξιδεύουν μέσα από διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού (κερατοειδής, κρυσταλλοειδής φακός, υαλώδες σώμα) και τέμνονται σε ένα σημείο πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Αυτό έχει σαν συνέπεια κάθε σημείο του αντικειμένου να απεικονίζεται στον αμφιβληστροειδή σαν κύκλος σύγχυσης και το αντικείμενο φαίνεται θολό. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)



Εικόνα 2. 16: Υπερμετρωπικός οφθαλμός (Ασημέλλης, et al., 2007)

2.5.2.2.1 Είδη υπερμετρωπίας

Η υπερμετρωπία διακρίνεται σε: (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

- 1) Αξονική
- 2) Διαθλαστική
- 3) Γεροντική υπερμετρωπία

Αξονική

Η αξονική υπερμετρωπία είναι συνήθως συγγενής. Το μεγαλύτερο ποσοστό των νεογνών έχει υπερμετρωπία κατά τους πρώτους μήνες της ζωής τους. Υπεύθυνοι παράγοντες για την εμφανιζόμενη υπερμετρωπία

είναι ο συνδυασμός της πλήρους ανάπτυξης του διοπτρικού συστήματος με το μέγεθος του βολβού, το οποίο δεν έχει λάβει ακόμα τις κανονικές του διαστάσεις. Φυσιολογικά, το μέγεθος του βολβού αυξάνεται με την ανάπτυξη του υπόλοιπου οργανισμού. Έτσι, η υπερμετρωπία μειώνεται μέχρι να εκμηδενιστεί. Αν ο βολβός σταματήσει να αναπτύσσεται πριν φτάσει στο φυσιολογικό του μέγεθος προκύπτει η αξονική υπερμετρωπία. Σε περίπτωση που πιεστεί ο οπίσθιος πόλος προς τα εμπρός και έτσι ο αμφιβληστροειδής μετακινηθεί μπροστά από την κύρια εστία, από τυχόν όγκο της ωχράς ή όγκων του κόγχου δημιουργείται επιγενής αξονική υπερμετρωπία. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Διαθλαστική

Η διαθλαστική υπερμετρωπία κυρίως είναι επιγενής και οφείλεται σε τρεις αιτίες που μειώνουν τη διαθλαστική ισχύ του οπτικού συστήματος (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

- 1) Υπερμετρωπία εξαιτίας μείωσης της κυρτότητας της επιφάνειας του κερατοειδή ή αποπλάτωσής του με αποτέλεσμα να ελαττωθεί η ισχύς του.
- 2) Στην υπερμετρωπία που δημιουργείται από τη σημαντική μείωση της διαφοράς του δείκτη διάθλασης φακού-υαλοειδούς με συνέπεια τη μείωση της ισχύς του συστήματος
- 3) Σε ενδεχόμενη πιθανή μετεγχειρητική αφακία κατά την οποία το σύστημα 15.0D αφού αφαιρείται ένα μέρος του κρυσταλοειδή φακού.

Γεροντική υπερμετρωπία

Η λεγόμενη γεροντική υπερμετρωπία οφείλεται στη ελάττωση της διαθλαστικής ισχύος του φακού η οποία εμφανίζεται είτε σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας είτε σε διαβητικούς που βρίσκονται σε θεραπεία. Επιπροσθέτως, υπερμετρωπία μπορεί να εμφανιστεί μετά από συγγενή η τραυματική απεξάρθρωση του φακού προς τα πίσω ή μετά από πλήρη απουσία αυτού. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.2.2 Κλινικός διαχωρισμός υπερμετρωπίας

Κλινικά η υπερμετρωπία χωρίζεται σε λανθάνουσα, όταν μπορεί να εξουδετερωθεί από το φυσιολογικό του ακτινωτού μυός. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Έκδηλη ονομάζεται το υπόλοιπο ποσό της υπερμετρωπίας η οποία διακρίνεται με τη σειρά της σε:

- 1) Αντιρροπώμενη
- 2) Απόλυτη

Η αντιρροπώμενη αντιπροσωπεύει το ποσό της έκδηλης υπερμετρωπίας που μπορεί να αντιρροπηθεί με την προσαρμογή (μέγιστη ενεργοποίηση). (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Η απόλυτη αντιπροσωπεύει το ποσό της υπερμετρωπίας που δεν μπορεί να εξουδετερωθεί από την προσαρμογή. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Χαρακτηριστικό της λανθάνουσας υπερμετρωπίας είναι ότι φανερώνεται μόνο μετά από κυκλοπληγία. Ολική υπερμετρωπία ορίζεται το άθροισμα της λανθάνουσας και της έκδηλης υπερμετρωπίας. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.2.3 Αιτιολογία υπερμετρωπίας

Η υπερμετρωπία μπορεί να οφείλεται σε μικρό προσθιοπίσθιο άξονα του ματιού, σε μικρή διαθλαστική δύναμη του οπτικού συστήματος ή σε συνδυασμό των παραπάνω. Κατά τη βρεφική, παιδική ηλικία είναι απόλυτα φυσιολογικό ο προσθιοπίσθιος άξονας να είναι μικρότερος του φυσιολογικού αφού αναπτύσσεται συγχρόνως με την ανάπτυξη του σώματος. Όσο αυξάνεται ο προσθιοπίσθιος άξονας, μειώνεται προοδευτικά η υπάρχουσα υπερμετρωπία. Ωστόσο, το τελικό σημείο ανάπτυξης δεν είναι πάντα η εμμετρωπία, μπορεί να παραμείνει κάποιος βαθμός υπερμετρωπίας ή ακόμα το μάτι να γίνει και μυωπικό. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Η μικρή διαθλαστική δύναμη του ματιού μπορεί να σχετίζεται με μικρή κυρτότητα του κερατοειδούς ή με μείωση της διαθλαστικότητας του φακού που μπορεί να συμβεί σε μεγάλη ηλικία ή σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη. Προς τα πίσω μετακίνηση του φακού(είτε συγγενής ή επίκτητη από νόσο είτε από τραύμα) μπορεί επίσης να προκαλέσει υπερμετρωπία. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Υψηλού βαθμού υπερμετρωπία της τάξης των 10Dpt μπορεί να προκληθεί από απουσία του φακού, αφακία, η οποία ενδέχεται να εμφανιστεί μετά από χειρουργική αφαίρεση του θολωμένου καταρρακτικού φακού, τραυματισμό ή συγγενής απώλεια του φακού. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.2.4 Συμπτωματολογία υπερμετρωπίας

Τα συμπτώματα του υπερμέτρωπα εξαρτώνται απόλυτα από την ηλικία του και από το βαθμό της υπερμετρωπίας του. Τα παιδιά ενδέχεται να μην εμφανίζουν συμπτωματολογία ακόμα και με υψηλό βαθμό υπερμετρωπίας, επειδή το εύρος προσαρμογής τους είναι επαρκές ώστε να μπορεί να εξουδετερώσει την υπερμετρωπία. Τα συχνότερα συμπτώματα με τα οποία παρουσιάζεται η υπερμετρωπία στα παιδιά είναι ότι κουράζονται εύκολα και απεχθάνονται την ανάγνωση. Οι γονείς αρκετές φορές διαπιστώνουν αλλαγές στους οφθαλμούς του παιδιού τους όπως στροφή κατά διαστήματα προς τα έξω(προσαρμοστικός στραβισμός). (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Κατά την σχολική περίοδο τα παιδιά διαμαρτύρονται για μετωπιαία κεφαλαλγία και παροδικές θολώσεις της όρασης, συνήθως στην ανάγνωση και στο γράψιμο. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Τα υποκειμενικά συμπτώματα γίνονται εντονότερα με την πάροδο του χρόνου. Ο μη διορθωμένος υπερμέτρωπας θα καταβάλλει πάντοτε μεγαλύτερη προσαρμοστική προσπάθεια από έναν εμμέτρωπα ή έναν μύωπα. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το εύρος προσαρμογής μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας. Έτσι λοιπόν ο ενήλικος υπερμέτρωπας μπορεί να έχει καλή όραση για μακριά αλλά στα κοντά δυσκολεύεται τόσο που αν δεν διορθωθεί, βαθμιαία θα αναπτύξει συμπτώματα όπως κνησμό, δακρύρροια και σε σπάνιες περιπτώσεις νευρωτικές διαταραχές. Τα παραπάνω συμπτώματα είναι αποτέλεσμα της υπερβολικής προσαρμοστικής προσπάθειας. Με την πάροδο του χρόνου δημιουργούνται και αντικειμενικά ευρήματα όπως χρόνια επιπεφυκίτιδα ή βλεφαρίτιδα, φλεγμονή των αδένων των βλεφάρων(κρίθη, χαλάζιο). Στα ηλικιωμένα άτομα, όπου το εύρος της προσαρμογής έχει πρακτικά μηδενιστεί, μοναδικό σύμπτωμα της υπερμετρωπίας είναι η μειωμένη όραση. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.2.5 Επιπλοκές υπερμετρωπίας

Η υπερμετρωπία δεν αυξάνεται με την πάροδο των ετών. Οι σοβαρότερες επιπλοκές της είναι ο προσαρμοστικός στραβισμός και η αμβλυωπία εξ ανοψίας (λόγω καταρράκτη ή άλλης αιτίας π.χ ρετινοβλάστωμα-βλεφαρόπτωση). Έχει παρατηρηθεί ότι οι υπερμετρωπικοί οφθαλμοί μετά την ηλικία των 50 ετών, έχουν την τάση να εμφανίζουν γλαύκωμα στενής γωνίας. Αυτό οφείλεται αφενός στο ότι οι υπερμετρωπικοί οφθαλμοί είναι μικρότεροι σε σχέση με τους εμμετρωπικούς οφθαλμούς ή τους μυωπικούς κι αφετέρου στο μέγεθος του φακού που αυξάνει με την ηλικία

και έτσι το εύρος του προσθίου θαλάμου γίνεται προοδευτικά μικρότερο και η ιριδοκεράτεια γωνία στενεύει. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Επιπρόσθετα, κατά την οφθαλμοσκόπηση η οπτική θηλή μπορεί να παρουσιάζει ασαφή όρια και να δίνει μια εικόνα που μοιάζει με οίδημα ή οπτική νευρίτιδα. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.2.6 Διόρθωση υπερμετρωπίας

Η διόρθωση της υπερμετρωπίας δεν θεωρείται απαραίτητη στις μικρές ηλικίες όπου το εύρος προσαρμογής είναι αρκετό να διορθώσει-καλύψει μικρές υπερμετρωπικές ανωμαλίες, δεδομένου ότι δεν εμφανίζονται συμπτώματα κοπιωπίας και ότι έχουν συνυπολογιστεί οι ανάγκες του ατόμου. Το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο εξεταστής κατά τον οπτομετρικό έλεγχο είναι η αποκάλυψη ολόκληρου του ποσού της υπερμετρωπίας. Στα μικρά παιδιά θεωρείται, για τον προαναφερόμενο λόγο απαραίτητη η κυκλοπληγία στον οπτομετρικό έλεγχο. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Η διόρθωση της υπερμετρωπίας διαφέρει ανάλογα σε ποια ηλικιακή ομάδα βρίσκεται ο ασθενής. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

(Α)ΠΑΙΔΙΑ

Στα παιδιά όπου η υπερμετρωπία είναι χαμηλή, η οπτική οξύτητα φυσιολογική όπως επίσης και η συνεργασία των ματιών δεν απαιτείται διόρθωση. Στις περιπτώσεις που παρά την χαμηλή υπερμετρωπία (ακόμη και 1.00Dpt) εμφανίζονται συμπτώματα ασθενωπίας συνίσταται η διόρθωση της. Αυτό έχει παρατηρηθεί στα παιδιά της σχολικής ηλικίας (6-12 ετών). Αν η υπερμετρωπία υπερβαίνει μετά την κυκλοπληγία τις 3.00Dpt είναι ίσως σκόπιμη η χορήγηση διορθωτικών γυαλιών για συνεχή χρήση. Αν όμως είναι μικρότερη των 3.00Dpt αρκεί συνήθως η χρήση τους κατά την γραφή και την ανάγνωση. Γενικός κανόνας είναι ότι αν η υπερμετρωπία ισούται ή είναι μεγαλύτερη των 4.00Dpt θα πρέπει να χορηγούνται γυαλιά με όλη τη διόρθωση του αστιγματισμού και με 2.00Dpt μικρότερο βαθμό υπερμετρωπίας. Σε περιπτώσεις που εμφανίζονται προβλήματα στη σύγκλιση (εσωφορία ή εσωτροπία) τότε χορηγείται όλη η διόρθωση. Στις περιπτώσεις που ο μικρός ασθενής δυσκολεύεται να δεχτεί τα γυαλιά του συστήνεται να χορηγηθεί για μια μικρή περίοδο ατροπίνη 0,5%-1,0% μια φορά την ημέρα για ένα μήνα. Φυσιολογικά με την ανάπτυξη του σώματος άρα και του οφθαλμού η υπερμετρωπία θα ελαττώνεται. Αυτό κρίνει απαραίτητη την επανεξέταση του παιδιού κάθε

χρόνο με σκοπό την ελάττωση της διόρθωσης αν κρίνεται σκόπιμο. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

(B) ΕΝΗΛΙΚΕΣ

Η διόρθωση της υπερμετρωπίας στους ενήλικες δεν διαφέρει ιδιαίτερα από αυτή των παιδιών καθώς εξαρτάται απόλυτα από τα συμπτώματα. Βέβαια η κύρια διαφορά είναι ότι το εύρος προσαρμογής έχει ελαττωθεί με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται η όραση για κοντά. Χορηγώντας διορθωτικά γυαλιά για κοντινή εργασία (με διόρθωση ίση ή μικρότερη των βαθμών της υπερμετρωπίας) διευκολύνεται ο χρήστης αλλά στη συνέχεια τα συνηθίζει στη μακρινή όραση, με αποτέλεσμα να χρειάζεται διόρθωση μεγαλύτερου τμήματος της υπερμετρωπίας του. Μετά το 40^{ov} έτος, απαιτείται συνήθως και η πλήρη διόρθωση της υπερμετρωπίας και για μακριά. Σε ενήλικες που η εργασία τους δεν απαιτεί πολύωρη χρήση της κοντινής όρασης π.χ. εργασία στην ύπαιθρο, δεν χορηγείται μεγαλύτερη διόρθωση της υπερμετρωπίας όπως σε ένα άτομο που μελετά αρκετές ώρες μέσα στη μέρα. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.2.7 Η οπτική κατάσταση του υπερμετρωπικού οφθαλμού

Ανεξάρτητα που έχει εκδηλωθεί η υπερμετρωπία σε ένα άτομο οι συνθήκες όρασης και το οπτικό αποτέλεσμα είναι τα ίδια. Ένας υπερμετρωπικός οφθαλμός εστιάζοντας μακριά χωρίς να ενεργοποιηθεί η προσαρμογή διακρίνει με δυσκολία – ανάλογα πάντα με το μέγεθος της υπερμετρωπίας – τα αντικείμενα. Όσο η απόσταση οφθαλμού αντικειμένου μειώνεται τόσο πιο πίσω από τον αμφιβληστροειδή εστιάζονται οι παράλληλες ακτίνες, με αποτέλεσμα το αντικείμενο να φαίνεται ακόμα πιο θολό. Συμπερασματικά, ένας αδιόρθωτος υπερμέτρωπας χωρίς ενεργοποιημένη προσαρμογή δεν βλέπει καλά μακριά ούτε κοντά. Η κατάσταση μεταβάλλεται άρδην όταν ενεργοποιείται η προσαρμογή. Ανεξάρτητα από τον τύπο της υπερμετρωπίας (αξονική ή διαθλαστική) το οφθαλμικό σύστημα έχει έλλειψη διοπτρικής ισχύος. Συνεπώς αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε αύξηση διοπτρικής ισχύος προκληθεί από την προσαρμογή, μπορεί να εξουδετερώσει ένα μέρος ή ολόκληρη την υπερμετρωπία του. Στο ποσό της προσαρμογής σημαντικός παράγοντας είναι η ηλικία κατά συνέπεια και στην υπερμετρωπία. Όσο νεότερος είναι ο ασθενής, τόσο μεγαλύτερα τα αποθέματα προσαρμογής και τόσο μεγαλύτερο το ποσό της υπερμετρωπίας που μπορεί να εξουδετερωθεί.

2.5.2.3 Αστιγματισμός

Αστιγματικό μάτι ορίζεται όταν η οπτική του ισχύ και συνεπώς η εστίαση του διαφέρει σύμφωνα με τους μεσημβρινούς του. Με τον τρόπο αυτό ο οφθαλμός παρουσιάζει μία ασύμμετρη αμετρωπία με διαφορετικές θέσεις εστίασης σε διαφορετικά επίπεδα. Συνεπώς, παράλληλες ακτίνες δεν διαθλώνται εξίσου σε όλους τους μεσημβρινούς. Για παράδειγμα, ένα

πρόσωπο με αστιγματισμό που κοιτάζει σε ένα κεφαλαίο γράμμα Ε μπορεί να δει την κάθετη γραμμή καθαρά αλλά τις οριζόντιες γραμμές θαμπά. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

Σε έναν οφθαλμό με αστιγματισμό υπάρχει πάντοτε ένας μεσημβρινός μέγιστης διαθλαστικής ισχύος κι ένας άλλος μεσημβρινός ελάχιστης διαθλαστικής ισχύος. Αυτοί ορίζονται ως οι κύριοι μεσημβρινοί. Μεταξύ αυτών, η διαθλαστική ισχύς ποικίλει ανάμεσα στα μέγιστα και στα ελάχιστα όρια. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Στάγκος, 2002)

2.5.2.3.1 Αιτιολογία

Ο αστιγματισμός μπορεί να οφείλεται είτε:

- 1) σε ανωμαλίες της κυρτότητας κάποιας διαθλαστικής επιφάνειας του οπτικού συστήματος του οφθαλμού κυρίως στον κερατοειδή και συνήθως στην πρόσθια επιφάνεια του. Συνήθως είναι συγγενής και οφείλεται κατά κύριο λόγο στις αυξητικές τάσεις της κυρτότητας του κάθετου μεσημβρινού. Μία διαφορά των 0.25dpt μεταξύ των δύο μεσημβρινών μπορεί να θεωρηθεί φυσιολογική καθώς το πάνω βλέφαρο ασκεί συνεχή πίεση στον οφθαλμό. Η πίσω επιφάνεια του κερατοειδή είναι σπάνια υπεύθυνη για τη δημιουργία του αστιγματισμού παρά τον κανόνα. Επίκτητος αστιγματισμός μπορεί να προκληθεί από διάφορες παθήσεις του κερατοειδή όπως (τραύμα, φλεγμονή, κερατόκωνος) καθώς και από μηχανικά αίτια. Στην τελευταία περίπτωση ακόμα και ένα μικρό χαλάζιο ή όγκος ιδίως στην περιοχή του άνω βλεφάρου είναι υπεύθυνο για την αλλαγή του βαθμού καθώς και της κλίσης του άξονα του κερατοειδικού αστιγματισμού. Αν δεν θεραπευτεί πλήρως το χαλάζιο δεν μπορεί να γίνει οποιαδήποτε διόρθωση αστιγματισμού. Ο κερατοειδικός αστιγματισμός προσδιορίζεται με το κερατόμετρο (Φωτεινάκης, et al., 2000)
- 2) *σε έκκεντρη τοποθέτηση της κυρτότητας*

Εκτός από τον αστιγματισμό που οφείλεται σε ανωμαλία της κυρτότητας του κερατοειδή υπάρχει και ο αστιγματισμός που οφείλεται σε ανωμαλία της κυρτότητας του φακού. Σ' αυτή την περίπτωση εξ' αιτίας της ελαφρά έκκεντρης τοποθέτησης του φακού στο οφθαλμικό σύστημα δημιουργείται ένας μικρός βαθμός αστιγματισμού παρά τον κανόνα. Η διαφορά μεταξύ διαθλαστικού και κερατοειδικού αστιγματισμού, μας δηλώνει τον εσωτερικό ή φακικό αστιγματισμό. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

- 3) *σε ανωμαλίες του δείκτη διάθλασης*
Λόγω των μικροδιαφορών στους δείκτες διάθλασης των ποικίλων τμημάτων του φακού, μπορεί να προκληθεί φυσιολογικά ένας αστιγματισμός μικρού βαθμού. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Ο αστιγματισμός που οφείλεται στο φακό είναι συνήθως παρά τον κανόνα (στον οριζόντιο άξονα παρουσιάζεται μεγαλύτερη κυρτότητα του φακού σε σχέση με τον κάθετο), ενώ ο αστιγματισμός που προέρχεται από τον κερατοειδή είναι συνήθως σύμφωνα με τον κανόνα (η μέγιστη κυρτότητα εμφανίζεται στον κάθετο μεσημβρινό). Οι δύο αυτοί αστιγματισμοί, δηλαδή ο φακικός και ο κερατοειδικός μπορεί να εξουδετερώσει ο ένας τον άλλο. Στην περίπτωση που ο φακικός αστιγματισμός υπερισχύει του κερατοειδικού θα δημιουργηθεί αστιγματισμός παρά τον κανόνα κάτι το οποίο συμβαίνει σε άτομα προχωρημένης ηλικίας. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Ο ολικός αστιγματισμός είναι ο χορηγούμενος αστιγματισμός και ορίζεται από το άθροισμα του κερατοειδικού αστιγματισμού του φακικού αστιγματισμού και τον αστιγματισμό λόγω κλίσης ή έκκεντρης τοποθέτησης του φακού και του διαφορετικού δείκτη διάθλασης των τμημάτων του. Προσδιορίζεται με τη διάθλαση. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Υπολειπόμενος αστιγματισμός ορίζεται η διαφορά μεταξύ του κερατοειδικού αστιγματισμού και του ολικού αστιγματισμού. Ο υπολειπόμενος αστιγματισμός είναι υπεύθυνος αρκετές φορές για τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των σκιασκοπικών και κερατομετρικών ευρημάτων. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Εκτός από τους τύπους του αστιγματισμού διακρίνουμε και τις εξής μορφές του: (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

1) *Ομαλός αστιγματισμός*

Παρουσιάζεται όταν οι δύο μεσημβρινοί με τη μεγαλύτερη διαφορά διαθλαστικής δύναμης είναι κάθετη μεταξύ τους. Η κυρτότητα του ενός κύριου μεσημβρινού με του άλλου παρουσιάζει ομαλή μετάπτωση. Τέτοιες μορφές αστιγματισμού διορθώνονται με κυλινδρικά γυαλιά.

2) *Ανώμαλος αστιγματισμός*

Παρουσιάζεται όταν οι μεσημβρινοί με τη μέγιστη διαφορά διαθλαστικής δύναμης δεν είναι κάθετη μεταξύ τους. Συνήθως είναι αποτέλεσμα κάποιας ανωμαλίας της κυρτότητας, παραμόρφωσης του κερατοειδούς. Τα κυλινδρικά γυαλιά είναι αδύνατο να διορθώσουν μία τέτοια μορφή αστιγματισμού. Εμφανίζεται σε περιπτώσεις όπως ουλοποίηση καταρράκτη, κερατόκωνου, κερατοπλαστική

3) *Λοξός αστιγματισμός*

Όταν οι κύριοι μεσημβρινοί κατέχουν ενδιάμεση θέση, μεταξύ του κάθετου και οριζόντιου μεσημβρινού.

2.5.2.3.2 Τύποι αστιγματισμών ανάλογα με τις εστίες

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι αστιγματισμού, ανάλογα με τον εντοπισμό των δύο κυρίων εστιών (δηλαδή, των μεσημβρινών μέγιστης κι ελάχιστης διαθλαστικής ισχύος). Ως απλός μυωπικός αστιγματισμός ορίζεται αν είναι εμμετρωπικός σε ένα κύριο μεσημβρινό και μυωπικός στον άλλον. Ως απλός υπερμετρωπικός αστιγματισμός ορίζεται αν είναι εμμετρωπικός σε

έναν κύριο μεσημβρινό και υπερμετρωπικός στον άλλον. Αν είναι μυωπικός σε όλους τους μεσημβρινούς, ορίζεται ως *σύνθετος μυωπικός αστιγματισμός*. Αν είναι υπερμετρωπικός σε όλους τους μεσημβρινούς, ορίζεται ως *σύνθετος υπερμετρωπικός αστιγματισμός*. Ως *μικτός αστιγματισμός* ορίζεται αν είναι υπερμετρωπικός σε ένα κύριο μεσημβρινό και μυωπικός στον άλλον. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.3.3 Τύποι αστιγματισμών με βάση προσανατολισμού σύμφωνα με την κατεύθυνση του μεσημβρινού με την μεγαλύτερη διαθλαστική δύναμη

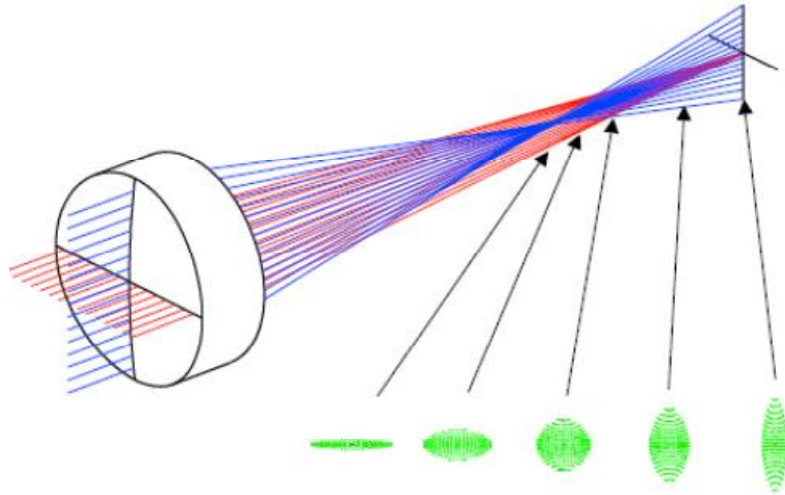
Αστιγματισμό σύμφωνα με τον κανόνα έχουμε όταν ο κάθετος μεσημβρινός εμφανίζει τη μεγαλύτερη διαθλαστική δύναμη. Η διόρθωση αυτού του τύπου αστιγματισμού επιτυγχάνεται με την βοήθεια αρνητικών κυλινδρικών οφθαλμικών φακών με κλίση άξονα 180° ή με θετικούς με κλίση άξονα 90°. (Δαμανάκης, 1999)

Αστιγματισμό παρά τον κανόνα έχουμε, σπανιότερα, όταν ο οριζόντιος μεσημβρινός παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κυρτότητα. Η διόρθωση αυτού του τύπου αστιγματισμού επιτυγχάνεται με την βοήθεια αρνητικών κυλινδρικών οφθαλμικών φακών με κλίση άξονα 90° ή με θετικούς με κλίση άξονα 180°. (Δαμανάκης, 1999)

Το οπτικό σύστημα ενός αστιγματικού ματιού σχηματίζει μια σύνθετη δέσμη φωτός ενός σημειακού αντικειμένου. Η δέσμη αυτή χαρακτηρίζεται από δύο μικρές γραμμικές εστίες, μία σε κάθε άκρο, που είναι κατακόρυφες η μία προς την άλλη. Οι δύο αυτές εστίες αντιστοιχούν στις εικόνες που σχηματίζονται από τους κύριους μεσημβρινούς του ματιού, σχηματίζοντας ένα είδωλο κωνοειδούς σχήματος, το κωνοειδές του Sturm, στο οποίο υπάρχει μία θέση που αποκαλείται Κύκλος Ελάχιστης Σύγχυσης, όπου αντιπροσωπεύει την καλύτερη εστία γενικά για τον σφαιροκυλινδρικό φακό. Ο Κύκλος Ελάχιστης Σύγχυσης βρίσκεται στη θέση, στην οποία θα εστιάζονταν όλες οι ακτίνες αν ο φακός είχε σφαιρική ισχύ ίση με την μέση σφαιρική ισχύ όλων των μεσημβρινών του σφαιροκυλινδρικού φακού. Αυτή η μέση σφαιρική ισχύς ενός σφαιροκυλινδρικού φακού ονομάζεται σφαιρικό ισοδύναμο του φακού και υπολογίζεται με την εξής σχέση: (Δαμανάκης, 1999)

$$\text{Σφαιρικό ισοδύναμο} = \text{σφαίρα} + \frac{\text{κύλινδρος}}{2}$$

Είναι αυτή η θέση που τοποθετείται στον αμφιβληστροειδή όταν το σφαίρωμα της καλύτερης όρασης είναι στη θέση του. (Δαμανάκης, 1999)



Εικόνα 2.17 Το κωνοειδές του Sturm (Yoon, n.d.)

2.5.2.3.4 Συμπτωματολογία

Εν αντιθέσει με έναν υπερμέτρωπα ή ένα μύωπα όπου η όραση τους είναι θολή για οποιαδήποτε κατεύθυνση αντικείμενων στο χώρο, η όραση ενός αστιγματικού μπορεί για αυτές τις διαφορετικές κατευθύνσεις αντικείμενων στο χώρο να είναι ή από καθαρή έως θολή, από θολή έως περισσότερο θολή. Ο αστιγματικός ανάλογα με την θέση που έχει το κωνοειδές του Sturm στον αμφιβληστροειδή θα δει καθαρότερα όποιες διευθύνσεις στο χώρο πλησιάζουν τη διεύθυνση της εστίας πλησιέστερα στον αμφιβληστροειδή. Ο αστιγματικός κερατοειδής επειδή δεν έχει συμμετρία κατασκευής και δεν δημιουργεί αστιγματικό αλλά γραμμικό είδωλο έχει την τάση να παραμορφώνει τα στρογγυλά αντικείμενα προς την εστία που βρίσκεται πιο κοντά στον αμφιβληστροειδή. Κοιτώντας για παράδειγμα την πανσέληνο χωρίς διόρθωση κάποιος με αστιγματισμό σύμφωνα με τον κανόνα θα δει όχι ένα κύκλο αλλά μια έλλειψη κάθετη. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Πατέρας, 2010) (Δαμανάκης, 1999)

Όταν ένα άτομο πάσχει από υψηλό βαθμό αστιγματισμού, προσπαθεί μέσω της κλίσης του κεφαλιού να περιορίσει την παραμόρφωση των αντικείμενων γύρω του. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Πατέρας, 2010) (Δαμανάκης, 1999)

Ένα επιπλέον γνώρισμα των αστιγματικών ασθενών είναι ότι σμικραίνουν τις βλεφαρικές σχισμές, όχι μόνο για να βελτιώσουν τη μακρινή τους όραση όπως οι μύωπες, αλλά και τη κοντινή καθώς ελαττώνουν την απόσταση διαβάσματος. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Πατέρας, 2010) (Δαμανάκης, 1999)

Χαρακτηριστικό σύμπτωμα, αποτελούν τα άτομα τα οποία εκτελούν λεπτή εργασία σε σταθερή απόσταση, εμφανίζοντας ασθενωπία ακόμα και σε μικρό βαθμό αστιγματισμού παρά την ευκρινή όραση που υφίστανται. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Πατέρας, 2010) (Δαμανάκης, 1999)

Το κλείσιμο ή το τρίψιμο των βλεφάρων είναι ικανό να απαλλάξει από στιγμιαίες θολώσεις της κοντινής όρασης τους πάσχοντες από αστιγματισμό. Ο αστιγματισμός μπορεί να είναι περισσότερο ενοχλητικός σε σχέση με την υπερμετρωπία, αναφορικά με την κοντινή εστίαση, ακόμα και αν ο βαθμός του είναι αρκετά πιο μικρός. Δηλαδή, αστιγματισμός 0,50D μπορεί να προκαλέσει τα ίδια δυσάρεστα κι ανεπιθύμητα συμπτώματα με την υπερμετρωπία 1,50D. Στα άτομα εκείνα που η εργασία τους δεν απαιτεί απαραίμιλλη οπτική οξύτητα, συνήθως, δεν διακρίνουμε συμπτώματα αστιγματισμού. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Για τον ίδιο βαθμό αστιγματισμού διαφορετικά θα επιδράσει ο αστιγματισμός σύμφωνα με τον κανόνα και ο αστιγματισμός παρά τον κανόνα. Αυτός που θα προκαλέσει τα περισσότερα μη επιθυμητά συμπτώματα όπως ασθενωπίας είναι ο σύμφωνος με τον κανόνα ακόμα και αν η όραση έχει θολωθεί πολύ λιγότερο. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Ακόμη και 0.50dpt υπερμετρωπικός αστιγματισμός με κλίση 180° ή μυωπικός αστιγματισμός με κλίση 90° λογίζεται ικανός να προκαλέσει δυσάρεστα συμπτώματα στα παιδιά όπως (κεφαλαλγίες, ιλίγγους, τάση προς έμετο), όταν καταπονούνται τα μάτια τους. Στους ενήλικες θεωρείται πιο εύκολο να διορθωθεί πλήρως ένας αστιγματισμός παρά τον κανόνα παρά ένας σύμφωνα με αυτόν. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.3.5 Διόρθωση αστιγματισμού

Η αρχή της διόρθωσης του αστιγματικού ματιού είναι η εισαγωγή ενός φακού μεταβαλλόμενης ισχύος ώστε να επανατοποθετηθεί η εικόνα στον αμφιβληστροειδή. Η ισχύς του φακού ποικίλει σύμφωνα με τους μεσημβρινούς του ματιού αντίστροφα ως προς τον αστιγματισμό του. Ο φακός αποκαλείται σφαιροκυλινδρικός, κυλινδρικός, ή τορικός. Η διαφορά ανάμεσα στην διαθλαστική ισχύ των μέγιστων και ελάχιστων μεσημβρινών του φακού αντισταθμίζει τον αστιγματισμό του ματιού, και με τον τρόπο αυτό συγχωνεύει τις δύο γραμμικές εστίες σε ένα μονό σημείο εστίασης, ενώ το σφαιρικό του στοιχείο τοποθετεί την εικόνα στον αμφιβληστροειδή. Ο αστιγματισμός σύμφωνα με τον κανόνα διορθώνεται με κυλινδρικό φακό μείον σε άξονα πλησίον στις 180° και ο αστιγματισμός παρά τον κανόνα με ένα κυλινδρικό φακό μείον σε άξονα πλησίον 90°. Ο άξονας του αστιγματισμού ποικίλει καθ' όλη την διάρκεια της ζωής σε γενικές γραμμές από σύμφωνα με τον κανόνα σε παιδική ηλικία σε παρά τον κανόνα ως προχωρημένος ενήλικας. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.4 Ανισομετρωπία

2.5.2.4.1 Ορισμός

Ανισομετρωπία ορίζεται οποιαδήποτε διαφορά στο βαθμό ή στο είδος της αμετρωπίας μεταξύ των δύο οφθαλμών. Συχνό φαινόμενο αποτελεί η μικρού βαθμού ανισομετρωπία καθώς είναι σπάνιο τα δύο μάτια να είναι διαθλαστικά όμοια. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Πρακτικά η ανισομετρωπία έχει κλινική σημασία όταν είναι $>1.00\text{Dpt}$, ωστόσο και μέχρι 2.00Dpt , θα πρέπει να μειωθεί η διαφορά κατά τη διόρθωση, καθώς η ανισομετρωπία προκαλεί:

(α) Διαφορά στην ευκρίνεια των αμφιβληστροειδικών εικόνων (άνιση οπτική οξύτητα)

Η άνιση οπτική οξύτητα είναι ιδιαίτερα κρίσιμη στα παιδιά καθώς αποτελεί σοβαρό εμπόδιο στην ανάπτυξη της φυσιολογικής διόφθαλμης όρασης. Ο μικρός ασθενής χρησιμοποιεί το λιγότερο αμετρωπικό οφθαλμό με αποτέλεσμα ο άλλος του οφθαλμός να μην συμμετέχει στις διάφορες οπτικές δραστηριότητες και να οδηγείται σε αμβλυωπία λόγω μη φυσιολογικής ανάπτυξης της λειτουργίας του ακόμα και αν δεν υπάρχει έκδηλος στραβισμός. Η ανισομετρωπική αμβλυωπία είναι πιο συνηθισμένη σε περιπτώσεις που το μάτι με τη μεγαλύτερη αμετρωπία είναι υπερμετρωπικό. Σε αυτή την περίπτωση το μάτι υστερεί τόσο στην κοντινή όσο και στην μακρινή όραση. Εάν το μάτι με τη μεγαλύτερη αμετρωπία είναι μυωπικό (με εξαίρεση την πολύ υψηλή ετερόπλευρη μυωπία) όπου σε αυτή την περίπτωση έχουμε κακή μακρινή όραση αλλά καλή κοντινή, δεν εμφανίζεται συχνά ανισομετρωπική αμβλυωπία γιατί το ένα μάτι χρησιμοποιείται για την κοντινή απόσταση και το άλλο για τη μακρινή (μονοόραση).

Η άνιση οπτική οξύτητα μπορεί να οδηγήσει σε στραβισμό καθώς διευκολύνεται η απώθηση του περισσότερο αμετρωπικού οφθαλμού σε συνδυασμό με την μη φυσιολογική ανάπτυξη του οφθαλμικού συστήματος. (Ophthalmology, 1993-1994)

(β) Διαφορά στο μέγεθος των αμφιβληστροειδικών εικόνων (ανισοεικονία)

Η ανισοεικονία προκύπτει όταν υπάρχει μεγάλη διαθλαστική διαφορά ανάμεσα στους δύο οφθαλμούς. Τα δύο σχηματιζόμενα αμφιβληστροειδικά είδωλα διαφέρουν μεταξύ τους σε μέγεθος, σχήμα ή και στα δύο με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται η συγχώνευσή τους σε μια εικόνα από τον εγκέφαλο. Ένα αρκετά συχνά εμφανιζόμενο φαινόμενο που δημιουργεί η

ανισοεικονία είναι οι διαταραχές στην εκτίμηση των αποστάσεων και του προσανατολισμού στο χώρο. Οι διαταραχές αυτές σχετίζονται με τη διόφθαλμη αλλά κυρίως με την στερεοσκοπική όραση. Η απόσταση των οφθαλμών μεταξύ τους έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο εικόνων οι οποίες όταν ταυτιστούν έχουμε τη φυσιολογική στερεοσκοπική όραση. Επομένως, η ανώμαλη διαφορά που προκαλείται από την ανισοεικονία οδηγεί σε ανώμαλη στερεοσκοπική όραση και σε εσφαλμένο προσανατολισμό στο χώρο. Κλινικά δεν μας ενδιαφέρει η διαφορά μεγέθους της εικόνας στο ίδιο μάτι με και χωρίς διορθωτικό φακό, αλλά η διαφορά μεγέθους των εικόνων μεταξύ των δύο ματιών. Έτσι στηριζόμαστε στη σχετική μεγέθυνση η οποία συγκρίνει το μέγεθος της αμφιβληστροειδικής εικόνας στο διορθωμένο αμετρωπικό οφθαλμό με αυτήν του προτύπου εμμετρωπικού οφθαλμού. (Ophthalmology, 1993-1994)

Εάν η αμετρωπία είναι αξονική, δεν υπάρχει διαφορά στη σχετική μεγέθυνση, εάν ο διορθωτικός φακός είναι τοποθετημένος στο πρόσθιο εστιακό σημείο (κανόνας του Knapp). Εάν η δύναμη είναι 60Dpt, το πρόσθιο εστιακό σημείο βρίσκεται $1/60=16,6\text{mm}$ μπροστά από τον κερατοειδή, τότε η σχετική μεγέθυνση είναι ίση με το 1. Εάν η αμετρωπία είναι διαθλαστική, η σχετική μεγέθυνση εξαρτάται από τη δύναμη του διορθωτικού φακού και την απόσταση του από το μάτι ($M=1+aF$, όπου a =απόσταση Vertex και F =δύναμη φακού), με την προϋπόθεση ότι το αξονικό μήκος του ματιού είναι ίδιο με του προτύπου εμμετρωπικού οφθαλμού. Στην πράξη γνωρίζουμε ότι οι περισσότερες αμετρωπίες (κυρίως $<4.00\text{Dpt}$) είναι συνδυασμός αξονικών και διαθλαστικών, συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί εμπειρικά και προσεγγιστικά ότι κάθε διοπτρία ανισομετρωπίας προκαλεί διαφορά μεγέθυνσης 1%. Συμπερασματικά από τα παραπάνω προκύπτει ότι όταν η ανισομετρωπία είναι αξονική, η διόρθωση της με γυαλιά προκαλεί μικρή σχετική μεγέθυνση και το πρόβλημα της ανισοεικονίας δεν είναι συχνό. Στην περίπτωση που η αμετρωπία είναι διαθλαστική, η διόρθωση της με γυαλιά δεν είναι η καλύτερη δυνατή λύση αφού προκαλεί σημαντική σχετική μεγέθυνση και οδηγεί αναπόφευκτα σε πρόβλημα ανισοεικονίας. (Ophthalmology, 1993-1994) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

(γ) Διαταραχές της κινητικής ισορροπίας των οφθαλμών (ανισοφορία)

Η ανισοφορία εμφανίζεται μετά τη διόρθωση του ασθενούς με τη χρήση διορθωτικών φακών, καθώς στην περιφέρεια κάθε διορθωτικού φακού υπάρχουν διαφορετικής ισχύος πρίσματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, κάθε φορά που ο ασθενής βλέπει μέσα από τα περιφερικά σημεία των φακών να συνυπάρχουν πρίσματα διαφορετικής ισχύος τα οποία επιδρούν διαφορετικά στο οφθαλμικό σύστημα προκαλώντας σύγχυση, και το κάθε μάτι να εκτελεί

διαφορετική στροφή. Η κάθετη ετεροφορία σε αντίθεση με την οριζόντια (που αντιρροπείται εύκολα από το εύρος ταύτισης) δεν μπορεί να αντιρροπηθεί, δημιουργώντας συχνά έντονα ασθενωπικά συμπτώματα ή διπλωπία. (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.4.2 Αιτιολογία

Η ανισομετρωπία μπορεί να είναι συγγενής ή επίκτητη. Η συγγενής ανισομετρωπία συχνά υπάρχει κατά την γέννηση η οποία μπορεί να οφείλεται σε κληρονομικούς παράγοντες, ενδομήτριες επιδράσεις ή σε τυχόν τραυματισμό κατά τον τοκετό. Η επίκτητη ανισομετρωπία πιθανόν να οφείλεται σε τραυματισμό ή σε φυσιολογικές μεταβολές καθώς και εξαιτίας μη ίσου βαθμού ανάπτυξης των δύο οφθαλμών. Το σάκχαρο θεωρείται υπεύθυνο για ξαφνική εμφάνιση ανισομετρωπίας ενώ η πυρηνική σκλήρυνση του φακού για την βαθμιαία εμφάνιση της. Επιπρόσθετα, δύο σοβαρές καταστάσεις μπορεί να συνδέονται αιτιολογικά με την ανισομετρωπία: η αμβλυωπία και ο στραβισμός. (Στάγκος, 2002) (Δαμανάκης, 1999)

2.5.2.4.3 Η εξέταση του ανισομετρωπικού ασθενούς

Η λήψη της οπτικής οξύτητας κρίνεται απαραίτητη ιδιαίτερα στα παιδιά όπου η ανισομετρωπία μπορεί να προκαλέσει αμβλυωπία. Σημαντική εξέταση θεωρείται και η σκιασκοπία με κυκλοπληγία όχι μόνο στα παιδιά με ανισομετρωπία αλλά και στους νέους ενήλικες της προπρεσβυωπικής ηλικίας, ιδίως αν υπάρχει υπερμετρωπική ανισομετρωπία καθώς και η ενεργός προσαρμογή μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα της μέτρησης. Η κερατομετρία μπορεί να χρησιμεύσει στο διαχωρισμό της αμετρωπίας δηλαδή αν είναι αξονική ή διαθλαστική. Αν οι κυρτότητες των κερατοειδών είναι ίδιες αλλά οι διαθλαστικές ανωμαλίες των οφθαλμών δεν συμπίπτουν τότε η αμετρωπία είναι αξονική. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου οι κυρτότητες των κερατοειδών διαφέρουν και η διαφορά είναι αντίστοιχη με τη διαφορά της διαθλαστικής ανωμαλίας, υπάρχει ισχυρή ένδειξη ότι η αμετρωπία είναι διαθλαστική. Για τον απευθείας προσδιορισμό του μεγέθους της ανισοεικονίας έχουν κατασκευαστεί ειδικά όργανα τα εικονόμετρα τα οποία έχουν συνήθως ερευνητικό ρόλο και χρησιμοποιούνται σπάνια. (Δαμανάκης, 1999)

2.5.2.4.4 Συμπτωματολογία

Στην ανισομετρωπία μπορεί να παρατηρηθούν κεφαλαλγίες, ναυτία, φωτοφοβία, ζάλη, κόπωση μετά από παρατεταμένη οπτική εργασία καθώς και δυσκολία στην ανάγνωση. Εκτός από τα παραπάνω και ανάλογα με τον τρόπο που ο ασθενής αντιμετωπίζει υποκειμενικά την ανισομετρωπία, διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες: (Φωτεινάκης, et al., 2000)

- 1) Πρώτη κατηγορία: Ανήκουν οι περιπτώσεις όπου η διαφορά του διαθλαστικού σφάλματος μεταξύ των δύο οφθαλμών είναι μικρότερη της 1,50 dpt. Σε αυτές τις περιπτώσεις και τα δύο μάτια χρησιμοποιούνται συγχρόνως λόγω καλά αναπτυγμένης ταύτισης και στερεοσκοπικής όρασης. (Φωτεινάκης, et al., 2000)
- 2) Δεύτερη κατηγορία: Ανήκουν οι περιπτώσεις όπου η διαφορά του διαθλαστικού σφάλματος μεταξύ των δύο οφθαλμών είναι μεταξύ 1.50dpt – 3.00 dpt. Συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τα δύο μάτια ταυτόχρονα τον περισσότερο χρόνο (για τα μεγάλα αντικείμενα), ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις το είδωλο του περισσότερο υπερμετρωπικού οφθαλμού καταστέλλεται (μικρότερου μεγέθους αντικείμενα). (Φωτεινάκης, et al., 2000)
- 3) Τρίτη κατηγορία: Ανήκουν οι περιπτώσεις όπου η διαφορά στο διαθλαστικό σφάλμα μεταξύ των δύο οφθαλμών είναι μεγαλύτερη από 3.00dpt. Ο λιγότερο αμετρωπικός οφθαλμός μπορεί να εμφανίζει διορθωμένη όραση 10/10 και ο περισσότερος αμετρωπικός να είναι αμβλυωπικός και η όραση του να μην υπερβαίνει τα 1-2/10. Προς αποφυγή υποκειμενικών συμπτωμάτων συμβαίνει καταστολή του περισσότερο αμετρωπικού οφθαλμού για όλα τα αντικείμενα εκτός των πολύ μεγάλων. Η θέση των οφθαλμών είναι συνήθως φυσιολογική, λόγω της περιφερειακής ταύτισης. (Φωτεινάκης, et al., 2000)
- 4) Τέταρτη κατηγορία: Ανήκουν οι περιπτώσεις όπου η όραση είναι καλά διορθωμένη και στους δύο οφθαλμούς οι οποίοι όμως χρησιμοποιούνται ξεχωριστά. Συνήθως ο ένας οφθαλμός είναι εμμετρωπικός ή ελαφρώς υπερμετρωπικός και ο άλλος ελαφρώς ή μέτρια μυωπικός. Ο ένας οφθαλμός χρησιμοποιείται στην μακρινή όραση και ο άλλος στην κοντινή, ενώ σε κάθε περίπτωση καταστέλλεται το είδωλο του ενός οφθαλμού. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

2.5.2.4.5 Διόρθωση ανισομετρωπίας

Σε μικρές ηλικίες η ανισομετρωπία μπορεί να οδηγήσει σε αμβλυωπία και στραβισμό, επομένως θα πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα και πλήρως. Απαιτείται εξασφάλιση καλής αμφιβληστροειδικής εικόνας στο μάτι με την μεγαλύτερη αμετρωπία κι ενδεχόμενη κάλυψη του καλού ματιού. Η ιδανική διόρθωση της ανισομετρωπίας είναι με την χρήση φακών επαφής, ακόμη και σε παιδιά, ασφαλώς με μεγάλη προσοχή, καθώς η μηδενική απόσταση vertex συμβάλλει στο να είναι η αλλαγή του μεγέθους του αμφιβληστροειδικού ειδώλου η ελάχιστη δυνατή. Η διαφορά στο μέγεθος της αντιλαμβανόμενης εικόνας ανάμεσα στα δύο μάτια είναι πολύ μικρή και δεν εμφανίζονται προβλήματα διόφθαλμης και στερεοσκοπικής όρασης. (Στάγκος, 2002) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Δαμανάκης, 1999)

Στην περίπτωση όπου ένας ενήλικας ασθενής δεν γνώριζε τη διαφορά στην οπτική οξύτητα μεταξύ των δύο ματιών κι ανισομετρωπία δεν έχει αντιμετωπιστεί, τότε αξίζει να επιχειρηθεί σταδιακή οπτική διόρθωση της. Στην περίπτωση όμως που ο ασθενής γνώριζε το πρόβλημα του αλλά αυτό δεν διορθώθηκε ποτέ, τότε η αντιμετώπιση είναι μάλλον μάταιη. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί συνήθως σε ετερόπλευρη χαμηλή μυωπία ένας ενήλικας ασθενής να χρησιμοποιεί το ένα μάτι για κοντά και το άλλο για μακριά χωρίς να παρουσιάζει συμπτώματα δυσαρέσκειας, ειδικά αν βρίσκεται σε πρεσβυωπικό στάδιο. Σε αυτή την περίπτωση δεν χρησιμοποιούνται γυαλιά οράσεως (μακρινά, κοντινά). Αν κι η διόφθαλμη όραση μειονεκτεί, οποιαδήποτε απόπειρα διόρθωσης μπορεί να διαταράξει την ισορροπία αυτή και να απορριφθεί. Ο ανισομετρωπικός πρεσβύωπας δεν αντιμετωπίζει πρόβλημα όταν του χορηγηθούν γυαλιά για κοντά. Συνεχίζει αντί να κατεβάζει τα μάτια για να διαβάζει, να σκύβει το κεφάλι και να κοιτάζει μέσα από τα οπτικά κέντρα των φακών. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η κάθετη πρισματική εκτροπή που θα οδηγούσε σε κάθετη διπλωπία ή φορία. Επιπρόσθετα, αποφεύγεται η χορήγηση διπλοεστιακών, η οποία θα αναγκάσει τον χρήστη να κατεβάζει το βλέμμα του από την μακρινή προς στην κοντινή θέση εκτός εάν τύπου Executive(photo) στα οποία τα οπτικά κέντρα του άνω και του κάτω τμήματος πρακτικά συμπίπτουν. (Στάγκος, 2002) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Δαμανάκης, 1999)

Αξίζει να σημειωθεί ως αντιμετώπιση της ανισοεικονίας η λύση των ισοεικονικών γυαλιών τα οποία μεταβάλλουν παραμέτρους, όπως το πάχος του φακού και η δύναμη της εμπρόσθιας επιφάνειας του, έτσι ώστε να μεταβληθεί η μεγέθυνση κι εν συνεχεία να μειωθεί ή ιδανικότερα να εξουδετερωθεί η ανισοεικονία. Βέβαια πρακτικά δεν χρησιμοποιούνται αφενός λόγω δυσκολίας κι αφετέρου γιατί η τεχνική εφαρμογή αυτών των

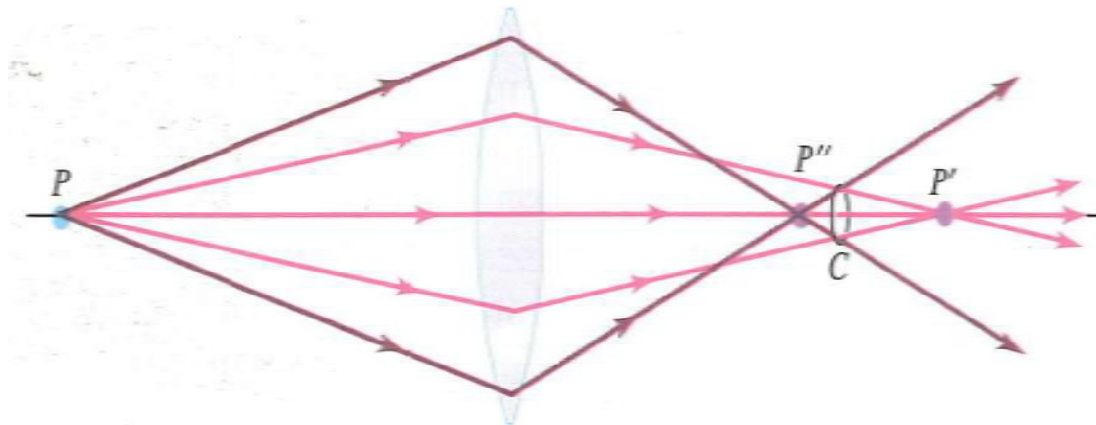
μεταβολών, συχνά δεν είναι δυνατή. (Στάγκος, 2002) (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Δαμανάκης, 1999)

2.5.3 Εκτροπές υψηλής τάξης

Εκτός από τις συνηθισμένες διαθλαστικές ανωμαλίες υπάρχουν και πιο σύνθετες, οι εκτροπές υψηλής τάξης (εκτροπές Seidel). Στις εκτροπές αυτές, οι ακτίνες που εισέρχονται στον οφθαλμό, εστιάζουν μπροστά ή πίσω από τον αμφιβληστροειδή, με αποτέλεσμα να μην γίνεται εφικτή η δημιουργία σημειακής εστίας αλλά ενός κύκλου σύγχυσης. Κάποιες από τις κυριότερες είναι η σφαιρική εκτροπή, η κόμη, η καμπυλότητα του πεδίου (εκτροπές τρίτης τάξης) και η χρωματική εκτροπή (εκτροπή πέμπτης τάξης). (Ασημέλλης, et al., 2007)

2.5.3.1 Σφαιρική εκτροπή

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο οι ακτίνες φωτός που διαθλώνται σε διαφορετικά ύψη μιας σφαιρικής επιφάνειας, τέμνουν τον οπτικό άξονα σε διαφορετικά σημεία (όταν το περιφερικό τμήμα είναι διαφορετικής ισχύος από το κεντρικό). Οι ακτίνες εστιάζονται σε διαφορετικό σημείο, το οποίο απομακρύνεται ομοιόμορφα από το παραξονικό σημείο εστίασης αλλά διατηρεί τη συμμετρία της δέσμης (δημιουργείται κηλίδα, το μέγεθος της οποίας είναι μικρότερο στη θέση του κύκλου ελάχιστης σύγχυσης). Υπάρχει η θετική και η αρνητική σφαιρική εκτροπή. Θετική είναι όταν οι ακτίνες από την περιφέρεια της σφαιρικής επιφάνειας εστιάζονται πιο μπροστά από αυτές από το κέντρο (το κεντρικό τμήμα του φακού είναι λιγότερο ισχυρό από το περιφερικό) και αρνητική όταν συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή οι περιφερικές ακτίνες εστιάζονται πιο μακριά από τις κεντρικές (το κεντρικό τμήμα του φακού είναι οπτικά ισχυρότερο από το περιφερικό). (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)



Εικόνα 2. 18: Σφαιρική εκτροπή. Ο κύκλος ελάχιστης σύγχυσης σημειώνεται με το C. (Young, 1992)

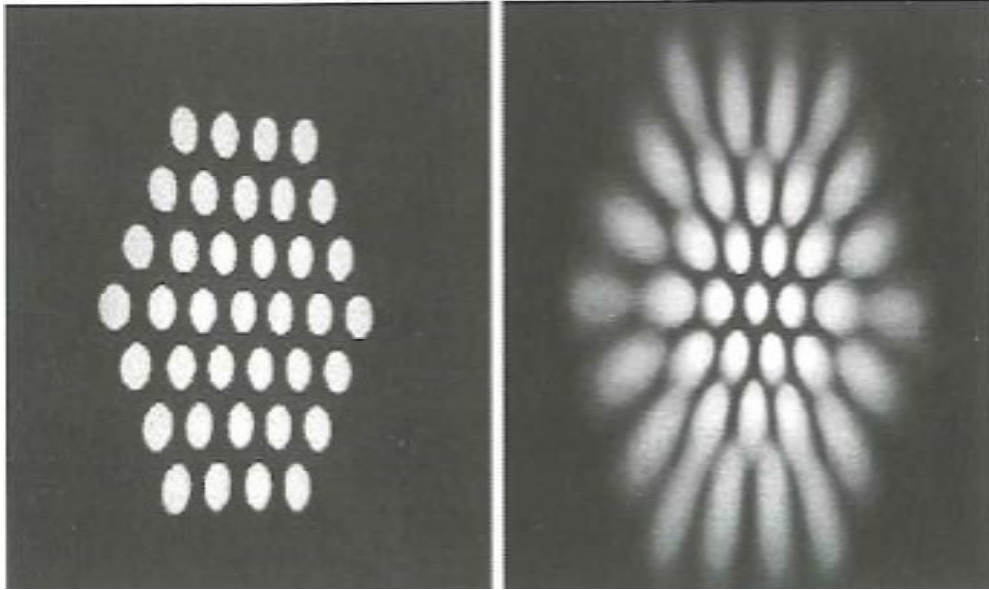
Η σφαιρική εκτροπή είναι θετική στον κερατοειδή και στον φακό είναι αρνητική σε κατάσταση μη προσαρμογής, ενώ όσο προσαρμόζουμε σε κοντινά αντικείμενα, τόσο μεταβάλλεται προς αρνητική, ώστε να εστιαστεί καλύτερα το είδωλο. (Young, 1992).

Η σφαιρική εκτροπή διακρίνεται σε δυο είδη, την επιμήκη και την εγκάρσια σφαιρική. Επιμήκης σφαιρική εκτροπή είναι η απόσταση του σημείου τομής της ακτίνας και του οπτικού άξονα από το παραξονικό σημείο εστίασης. Εγκάρσια σφαιρική εκτροπή είναι η απόσταση του σημείου τομής της ακτίνας από το παραξονικό σημείο εστίασης, στο επίπεδο που διέρχεται από το παραξονικό σημείο εστίασης και είναι κάθετο στον οπτικό άξονα. (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)

Είναι προφανές ότι η έκταση της εκτροπής εξαρτάται από το σχήμα του φακού και το μέγεθός του. Στον οφθαλμό, σφαιρική εκτροπή εισάγεται κυρίως από την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδή, αλλά αντισταθμίζεται από τον κρυσταλλοειδή φακό. (Young, 1992) (Ασημέλλης, et al., 2007)

2.5.3.2 Κόμη(3^{ης} τάξης)

Ορίζεται η απόκλιση που παρουσιάζεται στην μεγέθυνση, όταν μια δέσμη ακτινών περάσει από φακό ή σύστημα με κόμη, σχηματίζοντας γωνία με τον οπτικό άξονα του φακού. Οι ακτίνες που διέρχονται από την περιφέρεια του φακού απεικονίζονται σε διαφορετικό ύψος από αυτές που διέρχονται από το κέντρο του φακού. (Σπυριδέλης & Καμπάς, 1990)



Εικόνα 2.15: Απεικόνιση ειδώλου επί πετάσματος χωρίς σφάλμα (αριστερά) και με σφάλμα κόμης (δεξιά) (Ζευγώλης, 2007)

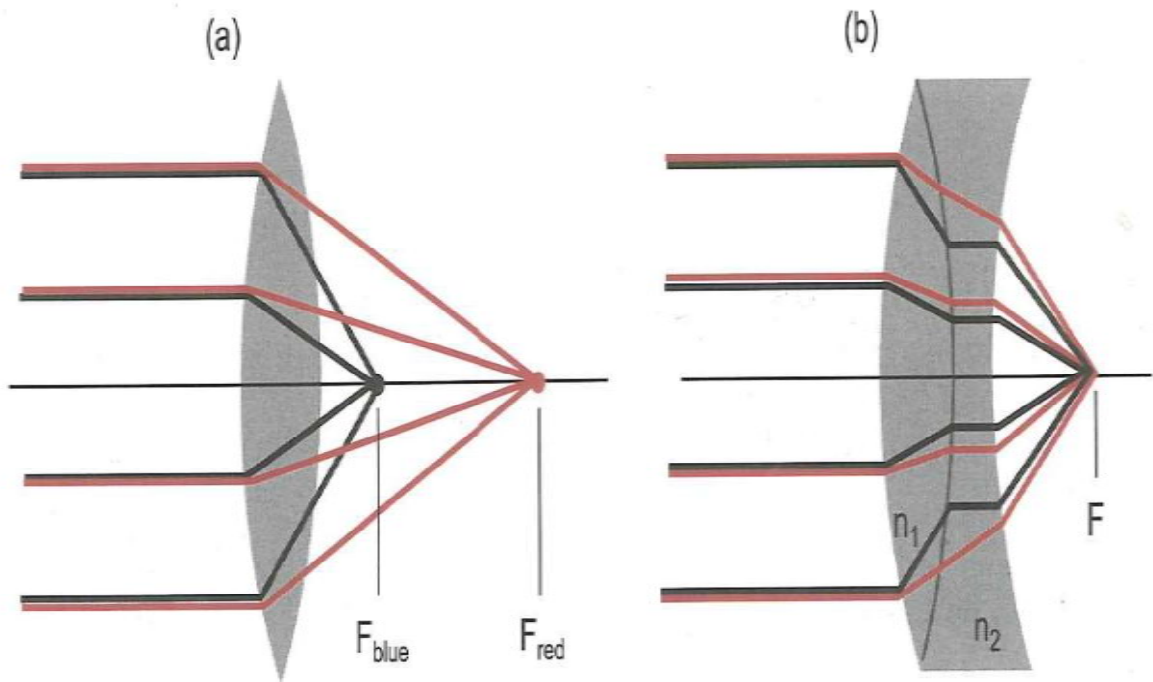
2.5.3.3 Καμπυλότητα πεδίου

Η ικανότητα ενός οπτικού συστήματος να εστιάζει τα σημεία του ειδώλου σε μια καμπύλη επιφάνεια (και όχι ευθεία), με αποτέλεσμα το είδωλο ενός επίπεδου αντικειμένου, να είναι καμπύλο. Η καμπύλη εστιακή επιφάνεια ονομάζεται Petzval. (Young, 1992)

2.5.3.4 Χρωματική εκτροπή

Η χρωματική εκτροπή είναι εκτροπή πέμπτης τάξης. Η συγκεκριμένη εκτροπή οφείλεται στο γεγονός ότι ο δείκτης διάθλασης κάθε υλικού έχει διαφορετική τιμή για κάθε χρωματική συνιστώσα του προσπίπτοντος φωτός και κατ'επέκταση η διάθλαση θα προκαλεί διαφορετική εκτροπή των ακτίνων. Στην ουσία, δημιουργείται αλλαγή στο σημείο εστίασης λόγω της εξάρτησης του δείκτη διάθλασης από το μήκος κύματος. Αυτό σημαίνει ότι δέσμη πολυχρωματικού (λευκού) φωτός διερχόμενη μέσα από το φακό αναλύεται στις βασικές συνιστώσες του, καθεμία από τις οποίες εστιάζεται και σε διαφορετικό σημείο. Ο σχηματισμός του ειδώλου δεν είναι πλέον ευκρινής, διότι το παραγόμενο είδωλο αποτελείται από έντονους χρωματισμούς. (Young, 1992) (Ζευγώλης, 2007)

Για λεπτούς φακούς, το σημείο εστίασης μιας φωτεινής δέσμης με κυανό χρώμα θα κείται πλησιέστερα προς το φακό από το αντίστοιχο σημείο μίας ερυθράς φωτεινής δέσμης. Ο δείκτης διάθλασης για το κυανό χρώμα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο για το ερυθρό, συνεπώς και η εκτροπή του είναι μεγαλύτερη. (Young, 1992) (Ζευγώλης, 2007)



Εικόνα 2. 19: (α) Το φαινόμενο της χρωματικής εκτροπής. Όταν ερυθρές και κυανές φωτεινές ακτίνες διέλθουν ενός φακού, τότε οι κυανές ακτίνες διαθλώνται εντονότερα και εστιάζονται πλησιέστερα του φακού (β) Αχρωματικός φακός. Η χρωματική εκτροπή περιορίζεται με τη χρήση αχρωματικών φακών, οι οποίοι κατασκευάζονται από τη συνένωση δύο ή περισσότερων φακών. (Ζευγώλης, 2007)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Οπτική οξύτητα

Όραση είναι η λειτουργία με την οποία αντιλαμβανόμαστε το φως, το σχήμα των αντικειμένων και τα χρώματα. Η όραση στην κεντρική περιοχή εκτιμάται με την λήψη της οπτικής οξύτητας, ενώ η όραση στην περιφερική περιοχή με το οπτικό πεδίο. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Η όραση γενικά περιλαμβάνει διάφορους παράγοντες όπως: (Πατέρας, 2010)

1. Την περιφερική όραση
2. Τον συντονισμό μεταξύ των δύο ματιών
3. Την αίσθηση του βάθους στο χώρο
4. Την ικανότητα εστίασης σε κάποιο αντικείμενο σε πιο κοντινή απόσταση
5. Την ικανότητα αντίληψης χρωμάτων

Όλοι αυτοί οι παράγοντες δεν περιγράφονται από την οπτική οξύτητα γιατί αυτό δεν είναι σωστό να λέγεται ότι όποιος έχει όραση 10/10 βλέπει τέλεια. Επίσης, αυτή η μέτρηση που επιτυγχάνεται με διάφορα τεστ δεν είναι απόλυτη, αλλά εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες όπως η ένταση του φωτός, το είδος του τεστ, την αντίληψη του ατόμου. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Έτσι δεν σημαίνει πως η ανώτερη οπτική οξύτητα είναι 10/10 αλλά μπορεί να είναι 11/10 ή 12/10 και εξαρτάται κάθε φορά από την ανατομική και λειτουργική κατασκευή των ματιών του κάθε ατόμου, χωρίς αυτό να σημαίνει πως κάποιος που βλέπει 9/10(φορώντας τα γυαλιά του εάν χρειάζεται) δεν έχει υγιή μάτια. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Η οπτική οξύτητα εξαρτάται από τη διαθλαστική κατάσταση του ματιού και τη λειτουργική κατάσταση του αμφιβληστροειδούς, των νευρικών οδών και των κεντρικών νευρικών μηχανισμών. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Η οπτική οξύτητα μετριέται για μακριά στα 6 μέτρα και για κοντά στα 33 εκατοστά ή 25 εκατοστά, μονόφθαλμα και δίοφθαλμα, χρησιμοποιώντας ειδικούς πίνακες που ονομάζονται οπτότυπα. Η οπτική οξύτητα περιγράφεται με το παρακάτω κλάσμα:

$$\text{οπτική οξύτητα} = \frac{\text{Απόσταση διεξαγωγής του test σε μέτρα } m}{\text{Απόσταση αναγνώρισης πιο μικρού γράμματος σε προβολή } 5' \text{ (σε μέτρα } m)}$$

Π.χ. το 6/60 μας δίνει δύο πληροφορίες: το πρώτο νούμερο ο αριθμητής, μας δείχνει πως το τεστ διεξάγεται στα 6 m. Το δεύτερο νούμερο, ο παρανομαστής υποδηλώνει πως το γράμμα είναι σε μέγεθος τέτοιο, όπως το γράμμα των 6 m, από απόσταση 60 m. Αλλά το άτομο μπορεί να το δει αυτό μόνο από τα 6 m. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Η μέτρηση της όρασης καθορίζεται από τον προσδιορισμό της μικρότερης αμφιβληστροειδικής εικόνας που μπορεί να γίνει αντιληπτή από τον οφθαλμό. Πρακτικά αντί του μεγέθους της αμφιβληστροειδικής εικόνας, μεταβάλλουμε το μέγεθος της οπτικής γωνίας. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Το μέγεθος της εικόνας που λαμβάνεται όπως και το μέγεθος της οπτικής γωνίας δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθος του αντικειμένου, αλλά και από την απόσταση που το χωρίζει από τον οφθαλμό. Όσο μεγαλώνει αυτή η απόσταση, τόσο μικρότερη είναι και η εικόνα και οπτική γωνία. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

3.2 Οπτότυπα

Η οπτική οξύτητα μετριέται σε ειδικούς πίνακες που ονομάζονται οπτότυπα. Το πρώτο οπτότυπο ανακαλύφθηκε το 1835 από τον Γερμανό οφθαλμίατρο Heinrich Knechler. Αργότερα υπήρξε δημιουργία και άλλου οπτοτύπου από τον Herman Snellen, καθώς και το 1888 από τον Edmont Landolt. Έτσι κάποια από τα οπτότυπα είναι τα γράμματα Snellen, οι δακτύλιοι του Landolt, καθώς και οι πίνακες Bailey – Lovie.

Ωστόσο τα οπτότυπα εκτός από τη βοήθεια που μας παρέχουν, ώστε να μπορούμε να μετρήσουμε την οπτική οξύτητα, έχουν κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

3.2.1 Πίνακας Snellen

Στην Ελλάδα είναι ευρύτατα διαδεδομένα τα οπτότυπα του Snellen. Τα οπτότυπα αυτά είναι κατασκευασμένα σε ένα πλαίσιο διαστάσεων 5 x 4 και να αποτελούνται από σειρές συμβόλων, γραμμάτων ή αριθμών. Το μέγεθος των γραμμάτων μειώνεται καθώς μεταβαίνουμε από την μία σειρά στην άλλη σειρά. Κάθε γράμμα έχει μέγεθος ώστε να σχηματίζει οπτική γωνία 5 min από μια ορισμένη απόσταση πάνω στον αμφιβληστροειδή. Το γράμμα της πρώτης σειράς του οπτοτύπου σχηματίζει γωνία 5 min από απόσταση 6m. Τα γράμματα των ενδιάμεσων σειρών σχηματίζουν γωνία 5 min σε ενδιάμεσες αποστάσεις. Το πάχος κάθε γράμματος έχει μέγεθος ίσο με το 1/5 του ολικού μεγέθους του γράμματος και συνεπώς σχηματίζουν οπτική γωνία 1 min στη δεδομένη απόσταση. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002)

Ένα εμμετρικό μάτι βλέπει από απόσταση 6 m τα γράμματα της τελευταίας σειράς, που αντιστοιχούν στην ελάχιστη οπτική γωνία 1 min. Αν δεν βλέπει αυτά τα γράμματα, τότε η οπτική του οξύτητα δεν είναι 6/6. Τότε καταγράφεται η σειρά με τα γράμματα που μπορεί να αναγνωρίσει το εξεταζόμενο μάτι και που από την ίδια απόσταση (6m) σχηματίζουν μεγαλύτερη οπτική γωνία. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Αν ο εξεταζόμενος αναγνωρίζει τα γράμματα της τελευταίας σειράς του οπτοτύπου από απόσταση 6 m, τότε η οπτική οξύτητα είναι 6/6. Αν ο εξεταζόμενος αναγνωρίζει μόνο τα γράμματα της πρώτης σειράς από απόσταση 6 m, τότε η οπτική οξύτητα είναι 6/60. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Στο Αμερικανικό σύστημα καταγραφής της οπτικής οξύτητας τα αντίστοιχα κλάσματα εκφράζονται σε πόδια (6m=20 πόδια) και έτσι για οπτική οξύτητα 6/6 έχουμε 20/20, ή 6/6 έχουμε 20/200. (Στάγκος, 2002)

Στην Γαλλία και στην Ελλάδα χρησιμοποιούμε το δεκαδικό σύστημα του Monoyer, όπου εκφράζεται η αξία του κλάσματος του Snellen.

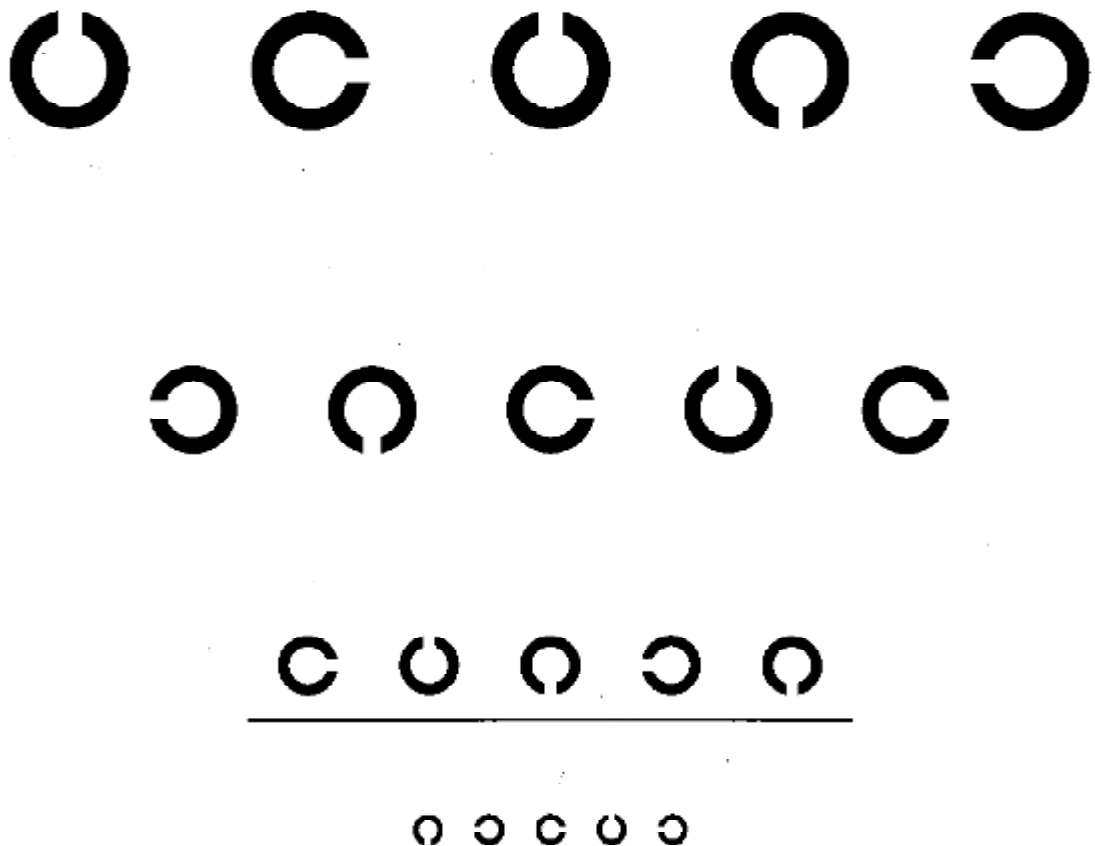
Στο πίνακα Snellen διακρίνονται τα εξής μειονεκτήματα: τα γράμματα είναι του ίδιου μεγέθους και έχουν διαφορετικό βαθμό ευκολίας. Επαναλαμβάνονται με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις της μνήμης σε κάποιες περιπτώσεις να είναι εμφανή, εκτός και αν υπάρχει κάποια συχνή αλλαγή στους πίνακες ή στη γραμματοσειρά. Υπάρχει ουσιώδης συμμετοχή του ασθενή, και αυτό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα ως προς τη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002)

T	20/200	1	0.1
L P	20/100	2	0.2
C E Z	20/70	3	0.3
L Z F D E	20/50	4	0.4
T O E F D L C	20/40	5	0.5
E Z L F T O C D	20/30	6	0.6
F D L O C P Z T E	20/28	7	0.7
Z E T O L D C F P	20/25	8	0.8
T E P F L D Z O C	20/22	9	0.9
P C L F Z E O D T	20/20	10	1.0

Εικόνα 3. 1: Πίνακας οπτικής οξύτητας κατά Snellen. Δεξιά ορίζονται οι ανάλογες βαθμίδες οπτικής οξύτητας υπολογισμένες σε πόδια σύμφωνα με το αμερικάνικο σύστημα. (Πατέρας, 2010)

3.2.2 Δακτύλιοι του Landolt

Οι δακτύλιοι του Landolt είναι ένα άλλο οπτότυπο για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολύ εύκολα σε παιδιά αλλά και σε ενήλικες κατά ένα μεγάλο ποσοστό και ανεξάρτητα από την ευφυΐα του ασθενή. Το μέγεθος των δακτυλίων είναι αντίστοιχο με τα γράμματα του Snellen ενώ κατέχουν 4 ή 8 θέσεις διαφορετικού προσανατολισμού (βορράς- νότος- ανατολή- δύση ή πάνω- κάτω-δεξιά-αριστερά, αλλά και σε ενδιάμεσες) στο οπτότυπο και εμφανίζονται εξίσου σωστά για απευθείας ή αντίστροφη παρατήρηση (μέσα από καθρέφτη). Οι δακτύλιοι του Landolt έχουν επιπλέον το χαρακτηριστικό ότι δεν απομνημονεύονται εύκολα από τον ασθενή όπως επίσης αποτελούν κατάλληλους στόχους για σταυροκύλινδρο ή υψηλό αστιγματισμό. Ένα μειονέκτημα που αντικατοπτρίζει τους δακτυλίους Landolt είναι ότι ο ασθενής πρέπει να κατευθύνεται σε ένα συγκεκριμένο δακτύλιο κάθε φορά. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002)



Εικόνα 3. 2: Δακτύλιοι Landolt με κενά σε κάθετη και εγκάρσια διεύθυνση (Πατέρας, 2010)

3.2.3 Πίνακες Bailey-Lovie

Το διάγραμμα σχεδιάστηκε από τον Ian Bailey και Jan Lovie το 1980 σύμφωνα με το λογάριθμο της γωνίας ελάχιστης ευκρίνειας (logmar), εξασφαλίζοντας γεωμετρική αλλαγή στο μέγεθος των γραμμάτων. Σε κάθε σειρά διαθέτουν τον ίδιο αριθμό γραμμάτων (πέντε). (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002)

Οι πίνακες Bailey-Lovie είναι προτιμότεροι για την εκτίμηση και καταγραφή τόσο της μακρινής όσο και της κοντινής οπτικής οξύτητας, είναι όμως δυσεύρετοι στη χώρα μας. Για την κοντινή όραση ειδικά, χρήσιμοι αποδεικνύονται και οι πίνακες με βάση το τυπογραφικό point, δηλαδή τη σημειογραφία N (N5, N8, N10, N12 κτλ). Οι ευρύτατα χρησιμοποιούμενοι στην Ελλάδα κοντινοί πίνακες με βάση τα Adds (+0,50,+1,00,+1,50 κτλ) δεν μπορούν να δώσουν εκτίμηση της κοντινής οπτικής οξύτητας παρά μόνο το απαιτούμενο Add σε περιπτώσεις πρεσβυωπίας. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002) (Χανδρινός, 2012)

Οι πίνακες Bailey-Lovie πλεονεκτούν σε σχέση με τους πίνακες Snellen, καθώς επιτρέπουν ακριβέστερη μέτρηση της οπτικής οξύτητας και η απόσταση μεταξύ των γραμμάτων και των σειρών είναι ίσο με το μέγεθος των γραμμάτων. Επιπλέον είναι εύκολη η αναγνώριση ενός γράμματος όταν αυτό περιβάλλεται από άλλα γράμματα. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Στάγκος, 2002) (Χανδρινός, 2012)

0.6	K D N R O	80
0.5	= Z K C S V =	63
0.4	D V O H C	50
0.3	O H V C K	40
0.2	H Z C K O	32
0.1	N C K H D	25
0.0	Z H C S R	20
-1	S Z R D N	16
-2	H C D R O	12.5
-3	N D O R H	10

Εικόνα 3. 3: Πίνακας Bailey-Lovie για μακριά (Πατέρας, 2010)

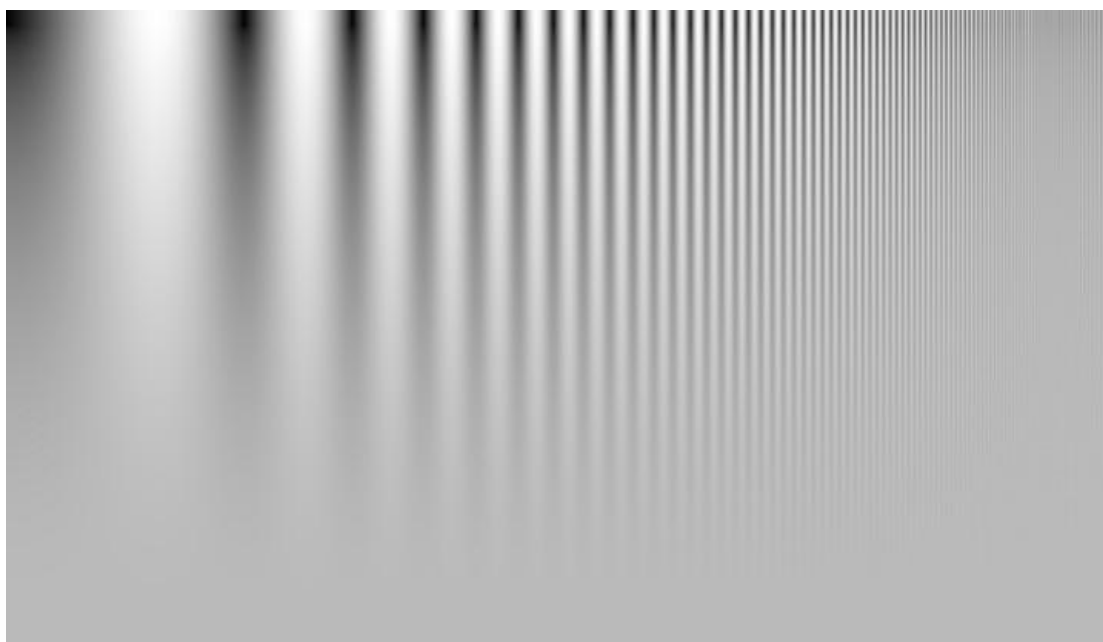
3.3 Ευαισθησία στην οπτική αντίθεση

Η οπτική οξύτητα καταγράφει την διακριτικότητα λεπτομερειών σε υψηλή οπτική αντίθεση. Δεν καταγράφει όμως την ικανότητα του οφθαλμού να διακρίνει εικόνες με χαμηλή οπτική αντίθεση. Σε φυσιολογικό μάτι η οπτική οξύτητα και η ευαισθησία στην οπτική αντίθεση μεταβάλλονται παράλληλα. Παθολογικές καταστάσεις όπως(εγκεφαλικές βλάβες, νευρίτιδες, γλαύκωμα, διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, αμβλυωπία) μειώνουν την ευαισθησία στην οπτική αντίθεση. Σήμερα, ο έλεγχος της ευαισθησίας στην οπτική αντίθεση δεν γίνεται σε μια κλασική οπτομετρική εξέταση. Ιδιαίτερα χρήσιμη μπορεί να είναι στην εκτίμηση αρχόμενου καταρράκτη και στην διαθλαστική χειρουργική. (Δαμανάκις, 1999) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Τα συγκεκριμένα οπτότυπα χρησιμοποιούν πίνακες με εναλλασσόμενες φωτεινές και σκοτεινές περιοχές όπου η φωτεινότητα μεταβάλλεται ακολουθώντας ημιτονοειδή καμπύλη. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Δαμανάκις, 1999) (Χανδρινός, 2012)

Σήμερα έχουμε απλούστερα οπτότυπα για τον έλεγχο της ευαισθησίας στην οπτική αντίθεση όπως οι πίνακες Arden (φωτογραφικά αναπαραγόμενα ημιτονοειδή διαγράμματα). Το σύστημα Vistech (ημιτονοειδή διαγράμματα σε

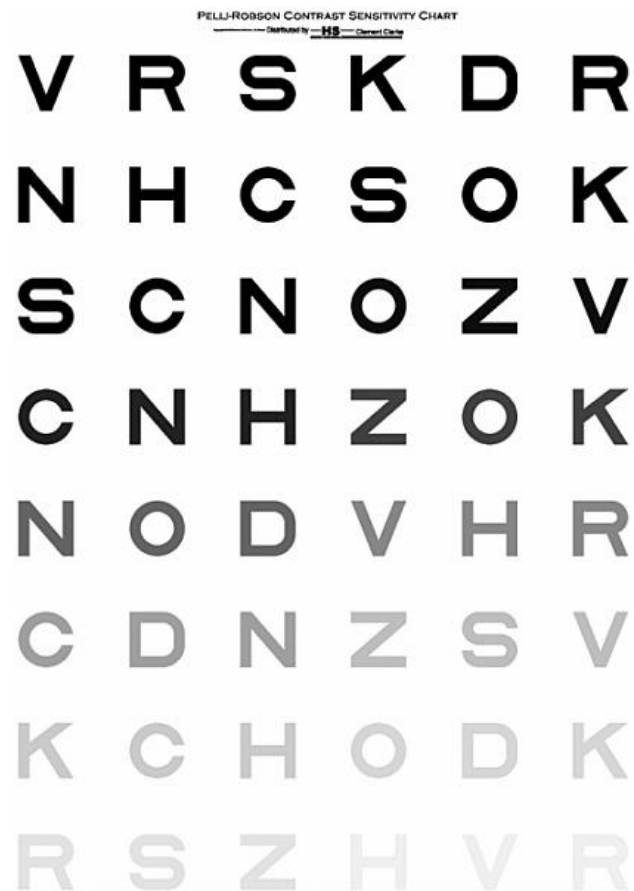
αυτόφωτους πίνακες) και το πιο γνωστό και πιο εύχρηστο το οπτότυπο των Pelli-Robson. Το τελευταίο μετρά την κορυφή της ευαισθησίας (το υψηλότερο σημείο της καμπύλης) και όχι την ευαισθησία σε συγκεκριμένες διαστηματικές συχνότητες. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Δαμανάκις, 1999) (Χανδρινός, 2012)



Εικόνα 3. 4: Οπτότυπο τύπου contrast sensitivity (Πατέρας, 2010)

3.3.1 Πίνακας Pelli-Robson

Πρόκειται για έναν πίνακα που αποτελείται από σύμβολα ίδιου μεγέθους που ελαττώνονται σταδιακά σε φωτεινή αντίθεση (σχήμα 18). Η εξέταση με Pelli-Robson μετράει την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο μέγεθος (6/18) οπτότυπο, με τη φωτεινή αντίθεση να διαφέρει σε κάθε ομάδα γραμμμάτων. Συγκεκριμένα ο πίνακας χρησιμοποιεί 6 γράμματα ανά γραμμή που διατάσσονται σε ομάδες των οποίων η φωτεινή αντίθεση μειώνεται σταδιακά. Οι εξεταζόμενοι διαβάζουν τα γράμματα, ξεκινώντας από το υψηλότερο contrast, έως ότου να μην μπορούν πλέον να διαβάσουν 2 ή 3 γράμματα σε κάθε ομάδα. Κάθε ομάδα έχει 3 γράμματα του ίδιου επιπέδου contrast, επομένως υπάρχουν τρεις προσπάθειες ανά επίπεδο contrast. Με τον τρόπο αυτό, αξιολογείται η ευαισθησία της φωτεινής αντίθεσης (contrast sensitivity) και όχι η διακριτική ικανότητα του οφθαλμού. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Δαμανάκις, 1999) (Χανδρινός, 2012)



Εικόνα 3. 5: Πίνακας Pelli-Robson (Lennie & Van Hemel, 2002)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

4.1 Αυτόματο διαθλασίμετρο

4.1.1 Τρόπος εξέτασης

Η αυτόματη μέτρηση διάθλασης είναι ένας γρήγορος κι εύκολος τρόπος λήψης μιας αντικειμενικής μέτρησης της διάθλασης του ασθενούς. Ο ασθενής τοποθετεί το κεφάλι του στο ενδεδωγμένο υποσιάγωνο και στα στηρίγματα μετώπου του οργάνου, έτσι ώστε να παραμένει ακίνητος και στη συνέχεια προσηλώνεται στο στόχο μέσα στο όργανο ενώ ανοιγοκλείνει τα μάτια του φυσιολογικά όταν απαιτείται. Ο εξεταστής στη συνέχεια κινεί το όργανο μέχρις

ότου κεντραριστεί στο μάτι του ασθενούς και εστιαστεί η εικόνα του ματιού. Όταν συμβεί αυτό, η μέτρηση μπορεί να ληφθεί αυτόματα ή χειροκίνητα, σε εξάρτηση από τον τρόπο λειτουργίας του οργάνου που έχει επιλεγεί. Στη συνέχεια λαμβάνεται μια σειρά από μετρήσεις και υπολογίζεται η μέση τιμή. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για το άλλο μάτι και στη συνέχεια τυπώνονται τα αποτελέσματα. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Χανδρινός, 2012)

4.1.2 Αρχή λειτουργίας

Τα περισσότερα αυτόματα διαθλασίμετρα λειτουργούν βάση της αρχής της εκπομπής μιας υπέρυθρης δέσμης φωτός. Ένας οπτο-ηλεκτρονικός αισθητήρας συλλαμβάνει την εικόνα αυτής της δέσμης αφού έχει ανακλαστεί στον αμφιβληστροειδή και έχει περάσει διαμέσου του ματιού δύο φορές (δηλαδή, με την είσοδο και την έξοδο). Η εικόνα επεξεργάζεται κι αναλύεται από λογισμικό του υπολογιστή και εξάγεται η τιμή της διάθλασης. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

4.1.3 Αξιοπιστία οργάνου

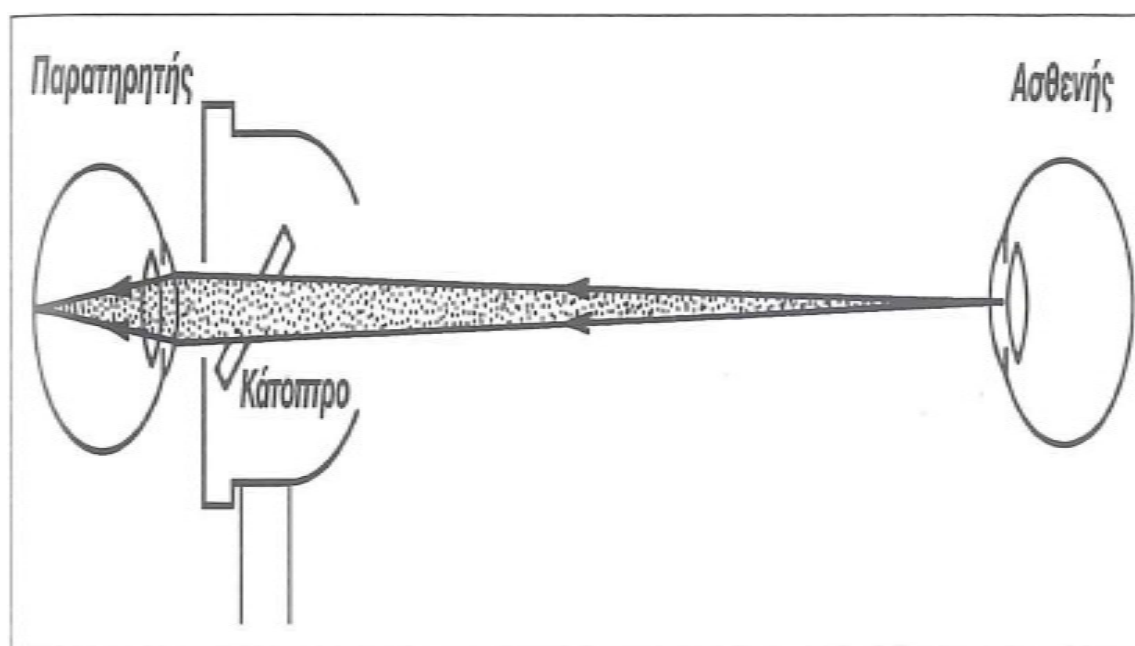
Παρά την πρόοδο που έχει επιτευχθεί, τα αυτόματα διαθλασίμετρα δεν παρέχουν ακόμα μια εντελώς βάσιμη μέτρηση της διάθλασης. Συνήθως υπερδιορθώνεται (δηλαδή, η μυωπία υπερ-εκτιμάται και η υπερμετρωπία υπο-εκτιμάται) λόγω της διέγερσης της προσαρμογής κατά τη διάρκεια του παρατηρητή μέσα στο όργανο (μυωπία οργάνου). Μάλιστα, όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός της αμετρωπίας τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός της ανακρίβειας. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ότι ο ασθενής είναι δεόντως χαλαρός κατά τη μέτρηση και να χρησιμοποιείται το αποτέλεσμα μόνο ως ένα αρχικό βήμα στον καθορισμό της διάθλασης του ασθενούς. Ο κύλινδρος επίσης πολύ συχνά υπέρ-εκτιμάται και η ακρίβεια του άξονα του (συντά στο βαθμό) είναι ορισμένες φορές εσφαλμένα υπερβολικός. Η προσήλωση και η προσοχή του ασθενή μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια της μέτρησης. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Τα αυτόματα διαθλασίμετρα συχνά επίσης ενσωματώνουν μια μέτρηση κερατοειδούς. Μαζί με την πρόδηλη εφαρμογή που η μέτρηση αυτή έχει στην περίπτωση τοποθέτησης φακών επαφής, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του αν η αμετρωπία του ασθενούς είναι περισσότερο αξονική ή διαθλαστική. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Η αυτόματη μέτρηση της διάθλασης δεν επαρκεί από μόνη της για τον καθορισμό της διάθλασης του ασθενούς αλλά θα πρέπει να πάντοτε να συμπληρώνεται από υποκειμενική εξέταση. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

4.2 Σκιασκοπία

Η σκιασκοπία είναι μια τεχνική που επιτρέπει μια εκτίμηση της διαθλαστικής κατάστασης ενός ματιού, με βάση την κίνηση της ανάκλασης του φωτός από το μάτι, όπως παρατηρείται διαμέσου ενός οπτικού οργάνου που είναι γνωστό ως σκιασκόπιο. Εισήχθη στα τέλη του 19^{ου} αιώνα από τον Ferdinand Cuignet, ένα Γάλλο στρατιωτικό οφθαλμολόγο (1823-1889). Επειδή είναι μια αντικειμενική τεχνική δεν απαιτεί οποιαδήποτε ανταπόδοση από τον ασθενή και είναι συνεπώς χρήσιμη ως ένα προ-υποκειμενικό εργαλείο διάθλασης για όλους τους ασθενείς, αλλά ειδικά για τα νήπια, και αυτούς που αδυνατούν να επικοινωνήσουν. Παρέχει επίσης δευτερεύουσες πληροφορίες σχετικά με τη διαύγεια και την φυσιολογική κατάσταση των οφθαλμικών μέσων και κατά συνέπεια το αναμενόμενο επίπεδο όρασης. (Κόκοτας, 2008)



Εικόνα 4. 1 Συστήματα παρατήρησης: οδός φωτός από την κόρη του ασθενή διαμέσου του κατόπτρου προς τον αμφιβληστροειδή του παρατηρητή. (Ophthalmology, 1993-1994)

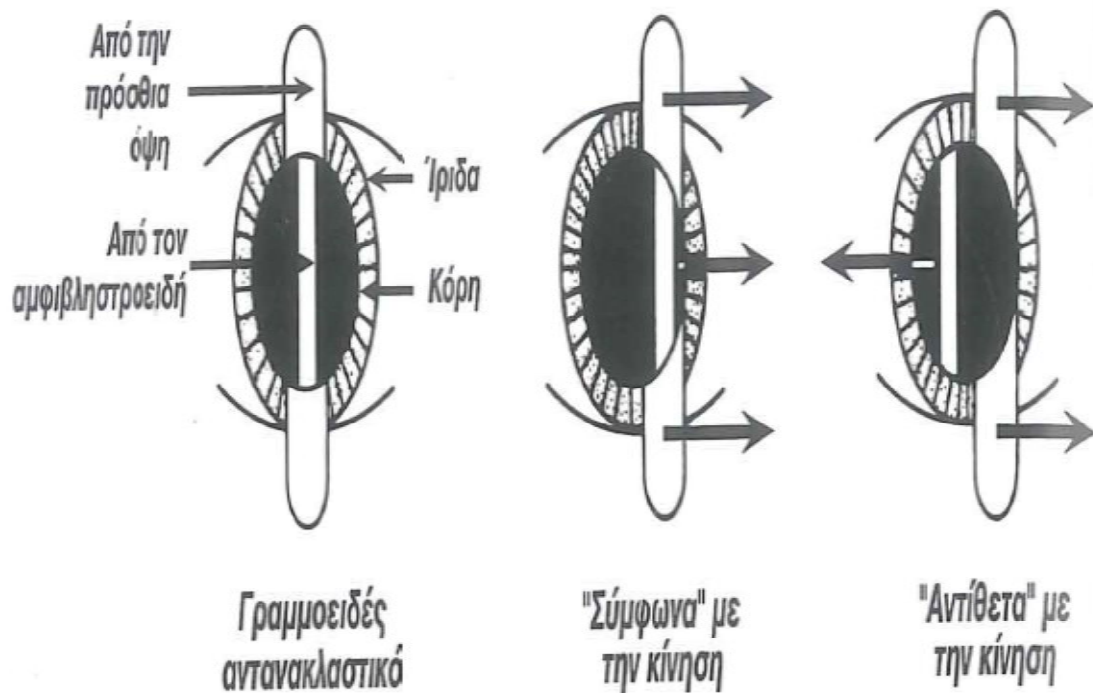
Η σκιασκοπία προήλθε από την οφθαλμοσκόπηση και είναι παρόμοια με την τεχνική της χειρονακτικής ουδετεροποίησης φακού. Το φως από το σκιασκόπιο φωτίζεται στο μάτι του ασθενούς και ο αμφιβληστροειδής ενεργεί ως μια ανακλαστική οθόνη πάνω στην οποία κινείται το φως. Το φως που ανακλάται από τον αμφιβληστροειδή (που τώρα δρα ως δευτερεύουσα πηγή

φωτός) και συνεπώς από το μάτι αποκαλείται ανάκλαση (όπως η κόκκινη ανάκλαση διαμέσου της κόρης σε μια φωτογραφία με φλας). Το σκιασκόπιο πρέπει να στραφεί με τέτοιο τρόπο ώστε να σαρώσει το μάτι. Σε σύγκριση με την κίνηση του φωτός από το σκιασκόπιο, η ανάκλαση θα κινηθεί στην ίδια κατεύθυνση (ομόρροπα) ή προς την αντίθετη κατεύθυνση (αντίρροπα). Η κατεύθυνση, η ταχύτητα και η λάμψη της ανάκλασης σχετίζονται με το διαθλαστικό σφάλμα (όσο φωτεινότερη είναι η ανάκλαση και όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα τόσο χαμηλότερο είναι το διαθλαστικό σφάλμα). Ο παρατηρητής εκτιμά το σχήμα, την κίνηση και την φωτεινότητα της ανάκλασης και τοποθετεί ενδεδειγμένους φακούς μπροστά στο μάτι μέχρις ότου η ταχύτητα της κίνησης είναι αντίστροφη. Η ισχύς του φακού στην οποία επιτυγχάνεται η αντίστροφη είναι η ποσότητα που εξουδετερώνει το διαθλαστικό σφάλμα του ματιού. Στην περίπτωση του αστιγματισμού, η εξουδετέρωση καθορίζεται ανεξάρτητα σε κάθε κύριο μεσημβρινό. (Κόκοτας, 2008)



Εικόνα 4. 2 Αντανακλαστικό εξουδετέρωσης (Ophthalmology, 1993-1994)

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΟΥΣ



Εικόνα 4. 3 Κίνηση του αντανάκλαστικού του αμφιβληστροειδή. Η κίνηση της φωτεινής γραμμής εξετάζεται από την πρόσθια όψη και από τον αμφιβληστροειδή σύμφωνα και αντίθετα προς την κίνηση. (Ophthalmology, 1993-1994)

Απόσταση εργασίας στη σκιασκοπία ονομάζουμε την απόσταση του σκιασκοπίου από το εξεταζόμενο μάτι. Η διατήρηση καθ'όλη τη διάρκεια της σκιασκοπίας μιας σταθερής απόστασης γίνεται σιγά-σιγα δεύτερη φύση στον εξεταστή, πράγμα πολύ σημαντικό για τη σταθερότητα των αποτελεσμάτων. (Κόκοτας, 2008)

Ένας φακός απόστασης εργασίας γενικά είτε +1.50 dpt (67 εκ.) ή +2.00 dpt (50 εκ.) θα πρέπει να τοποθετείται μπροστά από τον οφθαλμό κατά τη διάρκεια της σκιασκοπίας δεδομένου ότι η παρατήρηση γίνεται διαμέσου του σκιασκοπίου το οποίο δεν βρίσκεται στο οπτικό άπειρο. Ο φακός απόστασης εργασίας θα πρέπει να θεωρείται ξεχωριστά από την ισχύ του φακού στην οποία συμβαίνει η εξουδετέρωση. (Κόκοτας, 2008)

Το πλέον κοινό είδος σκιασκοπίας είναι η στατική σκιασκοπία στην οποία διακρίνουμε δύο διαφορετικά είδη ανάλογα με τη μορφή του φωτός που εκπέμπεται από το σκιασκόπιο: την κυκλική (spot) και την ταινιωτή (streak).

Η προσαρμογή θα πρέπει να σταθεροποιείται κατά τη διάρκεια της σκιασκοπίας και για το λόγο αυτό εκτελείται στο σκοτάδι και ζητείται από τον ασθενή να παρατηρήσει ένα μακρινό στόχο. Το μέγεθος του στόχου είναι μεγάλο, έτσι ώστε να είναι εύκολα φανερό από τον ασθενή διαμέσου της θαμπάδας που προκαλείται από το φακό απόστασης εργασίας. Μπορεί επίσης να προκληθεί κυκλοπληγία πριν από την εκτέλεση της σκιασκοπίας κι αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην εκτίμηση μικρών παιδιών και ασθενών με μεγάλες ποσότητες λανθάνουσας υπερμετρωπίας. (Κόκοτας, 2008)

Η χρήση της σκιασκοπίας απαιτεί εμπειρία που μπορεί να αποκτηθεί μόνο με τακτική άσκηση. Παρότι η κατάκτηση της τεχνικής απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με την αυτόματη μέτρηση της διάθλασης, μπορεί να αποδειχθεί εξίσου αποτελεσματική, και ορισμένες φορές πιο πρακτική. (Κόκοτας, 2008)

4.3 Σχισμοειδής λυχνία/Βιομικροσκόπιο

4.3.1 Σύστημα παρατήρησης

Μεγέθυνση

Στη σχισμοειδή λυχνία υπάρχουν τρεις επιλογές σχετικά με την ισχύ της μεγέθυνσης, η οποία εξαρτάται άμεσα από την εξέταση που πρέπει να πραγματοποιηθεί. Στην πρώτη κατηγορία, χαμηλή μεγέθυνση, η οποία μπορεί να φτάσει 7-10 x έως 16x, πραγματοποιείται μια γενική σάρωση του οφθαλμού. Ελέγχονται τα επικουρικά μέρη όπως βλέφαρα, βλεφαρίδες, δακρυϊκοί πόροι, στιβάδα δακρύων, επιπεφυκότας(βολβικός και βλεφαρικός), σκληροκερατοειδές όριο. Στην επόμενη κατηγορία, μεσαία μεγέθυνση με ισχύ 20x έως 25x ελέγχονται και εξετάζονται τυχόν μολύνσεις ή λοιμώξεις με μεγαλύτερη ακρίβεια κι ευκρίνεια. Στην τελευταία και υψηλότερη βαθμίδα μεγέθυνσης με ισχύ από 30x έως 50x, εξετάζονται, παρατηρούνται και εκτιμούνται νεοαγγειώσεις, ενδοθηλιακές παθήσεις, τυχόν ύπαρξη μικροκύστων ή αποπτώσεων. (Χανδρινός, 2012) (Κατσούλος, et al., 2010)

Η μεγέθυνση μπορεί να αλλάξει είτε αλλάζοντας τους προσοφθάλμιους ή με την περιστροφή τύμπανου, στο οποίο βρίσκονται οι μεγεθυντικοί ή με συνδυασμό και των δύο παραπάνω. (Χανδρινός, 2012) (Κατσούλος, et al., 2010)

4.3.2 Σύστημα φωτισμού

Φωτισμός

Χρήση λάμπας Tungsten

Χρήση λάμπας Halogen

4.3.2.1 Φίλτρα

Στη σχισμοειδή λυχνία υπάρχουν διάφορα φίλτρα τα οποία εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς. Για την γενική παρατήρηση του οφθαλμού χρησιμοποιείται το λευκό φίλτρο. Επιπρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πολωτικό φίλτρο το οποίο μειώνει τις ανακλάσεις. Για την εκτίμηση της εφαρμογής σκληρών και ημίσκληρων φακών χρησιμοποιείται το μπλε του Κοβαλτίου που σε συνδυασμό με τη φλουροσκεΐνη εξάγουμε σημαντικά συμπεράσματα για την κατάσταση του οφθαλμού. Οποιαδήποτε περιοχή έχει εκδορά θα απορροφήσει ποσότητα φλουροσκεΐνης και θα δείχνει πράσινη περιοχή σε μπλε υπόστρωμα. Ανάλογα με το ποσό που απορροφήθηκε φανερώνεται και ο βαθμός του προβλήματος. Το μπλε φίλτρο χρησιμοποιείται ακόμα και στις περιπτώσεις κερατόκωνου όπου γίνεται εμφανές το δαχτυλίδι του Φλέισερ (Fleisher's ring) -χρόνια εναπόθεση σιδήρου στο στρώμα στη βάση του κώνου. Σε συνδυασμό με το μπλε φίλτρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το κίτρινο, που συνήθως βρίσκεται εκτός συστήματος φωτισμού, καθώς επιτρέπει τη δίοδο του πράσινου φλουροσκεΐνικού φωτός αλλά δεσμεύει το μπλε φως που ανακλάται από την επιφάνεια του κερατοειδή. Η χρησιμότητα αυτού του φίλτρου είναι η ενίσχυση τυχόν εκδορών του κερατοειδή καθώς και οποιοδήποτε αλλοιώσεων. Το πράσινο φίλτρο χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αγγείων σε περιπτώσεις νεοαγγειώσεων στη περιοχή του σκληροκερατοειδούς ορίου. Με τη χρήση αυτού του (πράσινου) φίλτρου τα κόκκινα αντικείμενα εμφανίζονται μαύρα και έτσι βελτιώνεται η αντίθεση όταν γίνεται παρατήρηση αιμοφόρων με χρήση ερυθράς βαφής 'Βεγγάλης'. Επιπρόσθετα, υπάρχει και το θερμικό φίλτρο που απορροφά τα μακρά μήκη κύματος (>700 nm) ικανά να προκαλέσουν θερμική βλάβη. Ακόμα, βελτιώνει την άνεση του ασθενή.(Χανδρινός, 2012)

4.3.2.2 Τρόποι φωτισμού

A) Άμεσος φωτισμός: χρησιμοποιείται για να αναδειχθούν μεγάλες ανατομικές δομές και οι παθολογικές τους καταστάσεις. Ισχύει πάντα ο κοινός άξονας περιστροφής μεταξύ του συστήματος φωτισμού και του συστήματος παρατήρησης.

B) Έμμεσος φωτισμός: χρησιμοποιείται για να αναδειχθούν μικρές ανατομικές δομές και οι παθολογικές τους καταστάσεις.

Στον άμεσο φωτισμό ανήκουν οι ακόλουθες τεχνικές. (Χανδρινός, 2012)

Τεχνικές άμεσου φωτισμού

1. Τεχνική διάχυσης

Στις καινούργιες σχισμοειδής λυχνίες συνήθως υπάρχει ένας διαχυτής του φωτός, ο οποίος διαχέει τη δέσμη φωτός ώστε να ανιχνεύει μεγαλύτερη επιφάνεια του οφθαλμού. Οι περισσότερες σχισμοειδείς λυχνίες έχουν τη φωτεινή πηγή και το μικροσκόπιο τους συμπίπτουν και στρέφονται στην ίδια δομή συγχρόνως. Ο φωτισμός ανοιχτής δέσμης είναι ο μόνος, που έχει την πηγή φωτός ευρέως ανοιχτή. Ο κύριος σκοπός του είναι η γενική παρατήρηση. (Χανδρινός, 2012)

Μία ανοιχτή δέσμη φωτός (λευκό φίλτρο χαμηλής έντασης) κατευθύνεται στον κερατοειδή με γωνία προσεγγιστικά 45-60 °. Η θέση του μικροσκοπίου είναι ευθέως μπροστά από το μάτι του ασθενούς και εστιάζει στον εμπρόσθιο κερατοειδή. Πρέπει να χρησιμοποιείται χαμηλή μεγέθυνση 7-10x, η οποία επιτρέπει στον παρατηρητή να παρατηρεί όσες περισσότερες από τις δομές είναι δυνατόν. Το εύρος της φωτεινής δέσμης ορίζεται 3-4mm. Κατά την εξέταση σημειώνονται σε μία γενική επιθεώρηση εάν υπάρχουν κερατοειδικά σημάδια, ανωμαλίες των βλεφάρων, ιζήματα δακρύων, ανωμαλίες της μεμβράνης του Descement ή χρωστικές αλλαγές που βρίσκονται στο επιθήλιο. Με τη βοήθεια του μπλε φίλτρου και της φλουροσκεΐνης μπορεί να αξιολογηθεί η μετακίνηση και η θέση των φακών επαφής ως προς την εφαρμογή τους. (Χανδρινός, 2012)

Χρησιμοποιώντας το μπλε φίλτρο με φλουροσκεΐνη επίσης θα φανεί ένας χρωματισμός επιθηλιακών κυττάρων και κατεστραμμένου ιστού όπως σε περιπτώσεις κερατοεπιπεφυκίτιδας. Διάχυτος φωτισμός μαζί με το πράσινο φίλτρο είναι χρήσιμος όταν παρατηρούμε το βολβικό επιπεφυκότα και τα αιμοφόρα αγγεία. (Χανδρινός, 2012)

2. Τεχνική λεπτής δέσμης

Η τεχνική της λεπτής δέσμης χρησιμοποιείται στον καθορισμό της ανύψωσης ή του βάθους μίας ατέλειας του κερατοειδούς, του επιπεφυκότα ή στον εντοπισμό μίας αδιαφάνειας μέσα στο φακό του ματιού. Είναι δυνατόν να ανιχνευθούν αλλαγές στο κερατοειδικό πάχος και στο πάχος του επιπεφυκότα, να αξιολογηθούν τα βάθη ξένων σωμάτων, των σημαδιών και των αδιαφανειών, να υπολογισθεί το βάθος του προσθίου θαλάμου και να προσδιοριστεί η ανατομική θέση του καταρράκτη στον κρυσταλλοειδή φακό. (Χανδρινός, 2012) (Κατσούλος, et al., 2010)

Το μέγεθος της σχισμής πρέπει να είναι πολύ μικρό 0.1mm. Η γωνία μεταξύ του συστήματος φωτισμού και του συστήματος παρατήρησης πρέπει να είναι γύρω στις 90 μοίρες. Το φίλτρο είναι λευκό και η μεγέθυνση υψηλή (30-50x) (Χανδρινός, 2012)

Δίνεται στον εξεταζόμενο ένα σημείο προσήλωσης.

Μόλις ο κερατοειδής βρεθεί σε ευκρινή εστίαση, γίνεται ανίχνευση από το κροταφικό μέχρι το ρινικό όριο. Για καθαρή παρατήρηση, η πηγή φωτισμού μετακινείται πάντοτε στην αντίθετη πλευρά διασχίζοντας τη μέση γραμμή του κερατοειδούς. (Χανδρινός, 2012)

Με εστίαση της λεπτής δέσμης λίγο πιο κροταφικά από το κέντρο του κερατοειδούς είναι εμφανείς

- 1) Η μπροστινή φωτεινή ζώνη, που είναι η επιφάνεια των δακρύων.
- 2) Η επόμενη σκοτεινή γραμμή, που είναι το επιθήλιο
- 3) Η επόμενη πιο λαμπρή γραμμή, που είναι η μεμβράνη του Bowman
- 4) Η γκρι πιο ευρεία περιοχή, που είναι το στρώμα
- 5) Η τελευταία εσωτερική ζώνη, που είναι το ενδοθήλιο.

Για να εξεταστεί ο κρυσταλλοειδής φακός η γωνία φωτισμού μειώνεται μέχρι η δέσμη να φτάσει το άκρος της κόρης, το κάθετο ύψος μειώνεται στο μέγεθος της κόρης. (Χανδρινός, 2012)

3. Τεχνική φαρδιάς δέσμης (παραλληλεπίπεδη)

Η παραλληλεπίπεδη είναι ένας από τους πιο κοινούς τύπους φωτισμού. Το μικροσκόπιο είναι ακριβώς μπροστά από τον εξεταζόμενο οφθαλμό και η φωτεινή πηγή σε περίπου 45-60°. Η παραλληλεπίπεδη είναι μία οπτική διατομή με εύρος σχισμής περίπου 2.0mm και με ύψος που ποικίλει, παρέχοντας μια περισσότερο τρισδιάστατη εικόνα του κερατοειδούς

και του κρυσταλλοειδούς φακού. Η τρισδιάστατη εικόνα επιτρέπει την παρατήρηση των διακριτών λεπτομερειών μέσα στον κρυσταλλοειδή φακό. Η γωνία μεταξύ των συστημάτων φωτισμού και παρατήρησης ρυθμίζεται ώστε να εκτίθενται στο μικροσκόπιο μεγαλύτερο τμήμα από το επιθήλιο, στρώμα και ενδοθήλιο. Ολόκληρος ο κερατοειδής ανιχνεύεται. Όταν σαρώνεται ο κερατοειδής μία καθαρή εικόνα πρέπει να διατηρείται τοποθετώντας τη φωτεινή πηγή στην αντίθετη πλευρά κατά το πέρασμα από τη μέση γραμμή του κερατοειδούς. Διάφορα ευρήματα ανιχνεύονται με ποικίλες μεγεθύνσεις και φωτεινότητες(μέγεθος σχισμής 1-2mm, μεγέθυνση 10x ή 20x). Ουσιαστικά είναι η συνέχεια της τεχνικής της διάχυσης αλλά με συγκεκριμένο εύρος φωτεινής δέσμης και πιο μεγάλη μεγέθυνση. (Χανδρινός, 2012) (Κατσούλος, et al., 2010)

4. Τεχνική specular reflection

Σε αυτή την τεχνική χρησιμοποιείται παραλληλεπίπεδη δέσμη φωτός ενώ εξετάζονται τα κύτταρα του ενδοθηλίου ή τα επιθηλιακά κύτταρα πίσω από το φακό. Παρατηρούνται και με το ένα μάτι και εμφανίζονται στο αντίθετο μέρος από την κατεύθυνση του φωτισμού. (Χανδρινός, 2012) (Κατσούλος, et al., 2010)

Το μέγεθος της δέσμης πρέπει να είναι γύρω στο 0.1mm.

Η μεγέθυνση που χρησιμοποιείται είναι 40x ή 50x.

Το σύστημα παρατήρησης και το σύστημα φωτισμού πρέπει να είναι σε σχέση 45° από την κάθετο, που περνά από τη δομή παρατήρησης. Πρέπει η γωνία πρόσπτωσης να είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης, ώστε να επιτευχθεί ανάκλαση σε όποια δομή πραγματοποιείται η παρατήρηση. (Χανδρινός, 2012)

Το μικροσκόπιο τοποθετείται αρχικά μπροστά από τον οφθαλμό και η φωτεινή πηγή στις 45° . Δημιουργείται ένα ευκρινώς εστιασμένο παραλληλεπίπεδο λίγο έξω από το σκληροκερατοειδές όριο. Με αργό ρυθμό η φωτεινή πηγή προωθείται απέναντι από τον κερατοειδή μέχρι μία εκθαμβωτική αντανάκλαση του φωτός να φανεί. Κρατώντας το ανακλώμενο φως στο οπτικό πεδίο του μικροσκοπίου, η εστία μετακινείται πίσω στα ενδοθηλιακά κύτταρα. (Χανδρινός, 2012)

Θα υπάρξει ένα σημείο όπου δύο είδωλα του φωτός φαίνονται το ένα φωτεινό και το άλλο θαμπό. Εστιάζεται το μικροσκόπιο πλευρικά μέχρι ένα μωσαϊκό από εξαγωνικά κύτταρα να φανεί. Η χρήση της τεχνικής είναι για την παρατήρηση μικρών αδιαφανειών στα πρόσθια τμήματα του κερατοειδή όπως

και για την παρατήρηση του δακρυϊκού φιλμ. Μπορεί να παρατηρηθεί η πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του κρυσταλλοειδούς φακού. Σε άλλη περίπτωση το μέγεθος της δέσμης είναι 0.5 mm, η μεγέθυνση 10x ή 20x, το φίλτρο μπλε. Η τεχνική χρησιμοποιείται για να ερευνηθεί η χρώση του επιθηλίου με φλουοροσκεΐνη. (Χανδρινός, 2012)

Τεχνικές έμμεσου φωτισμού

1. Τεχνική Iris Transillumination

Η σχισμή πρέπει να είναι αρκετά φαρδιά περίπου στο 1.5mm, και η μεγέθυνση 10x ή 20x.

Το φίλτρο που χρησιμοποιείται εδώ πρέπει να είναι λευκό. Με την τεχνική αυτή μπορούμε να παρατηρήσουμε οποιεσδήποτε αδιαφάνειες και ανωμαλίες του κερατοειδούς. Η δέσμη φωτός εστιάζεται πάνω στη ίριδα ενώ το σύστημα παρατήρησης πάνω στον κερατοειδή. Δεν υπάρχει σχέση γωνίας μεταξύ του συστήματος παρατήρησης και του συστήματος φωτισμού. (Χανδρινός, 2012)

2. Τεχνική διασποράς στο σκληρό χιτώνα (Sclerotic scatter)

Αυτός ο φωτισμός χρησιμοποιεί μια παραλληλεπίπεδη δέσμη εστιασμένη πάνω στο σκληροκερατοειδές όριο. Η σχισμή πρέπει να είναι αρκετά στενή 0.5mm έως 1mm, και η μεγέθυνση χαμηλή 6-10x. Στην περίπτωση κεντρικής κερατοειδικής θολρότητας, μπορεί και να μην χρησιμοποιηθεί το μικροσκόπιο. Η κόρη παρατηρείται με γυμνό οφθαλμό από μία γωνία ακριβώς αντίθετη από τη φωτεινή πηγή. Με την τεχνική αυτή μπορεί να γίνει εμφανές κάποιο οίδημα στον κερατοειδή, το οποίο μπορεί να οφείλεται στη συνεχόμενη χρήση ημίσκληρων κερατοειδικών φακών επαφής ή κάποιες αδιαφάνειες και ανωμαλίες του κερατοειδούς. (Χανδρινός, 2012)

3. Τεχνική Retro-illumination

Συνήθως χρησιμοποιείται παραλληλεπίπεδη δέσμη. Η φωτεινή πηγή αντανακλάται από άλλη δομή όπως, η ίριδα, ο κρυσταλλοειδής φακός, ή ο αμφιβληστροειδής καθώς το μικροσκόπιο εστιάζει σε μια πιο μπροστινή δομή (κερατοειδής). (Χανδρινός, 2012)

Η Retro-illumination τεχνική στην ίριδα ή στον κρυσταλλοειδή φακό χρησιμοποιεί χαμηλή προς μεσαία μεγέθυνση (7-10x). Το εύρος της σχισμής είναι 1-2mm και το ύψος 4-5mm. Τα συστήματα φωτισμού και παρατήρησης είναι μπροστά από τον οφθαλμό. (Χανδρινός, 2012)

Η εστίαση σχισμής γίνεται λίγο έξω από το άκρο της ίριδας και μπροστά από τον φακό. Εάν υπάρχουν ατέλειες ή ατροφία της ίριδας θα φανούν σαν μία αμφιβληστροειδική πορτοκαλί φλόγωση. Ο κερατοειδής χιτώνας είναι πιθανώς η πιο κοινή δομή που φαίνεται στην Retro-illumination. Τα κερατοειδικά ιζήματα ενώ θα εμφανιστούν άσπρα στον άμεσο φωτισμό, στην Retro-illumination θα εμφανιστούν μαύρα. Είναι κατάλληλη τεχνική για παρατήρηση ιζημάτων στο κερατοειδικό ενδοθήλιο και των αιμοφόρων αγγείων που εισβάλλουν σε κάποιες περιπτώσεις σ' αυτό. Για την παρατήρηση του κερατοειδούς το εύρος σχισμής είναι 0.1mm, η μεγέθυνση 40x ή 50x και το φίλτρο λευκό. (Χανδρινός, 2012)

4. Τεχνική κωνικού φωτισμού

Αυτός ο τύπος φωτισμού χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει τα επιπλέοντα κύτταρα στο υδατοειδές υγρό. Η δέσμη φωτός πρέπει να περνά τον κερατοειδή, στο όριο της ίριδας και να καταλήγει στην πρόσθια επιφάνεια του κρυσταλλοειδή φακού. Το εύρος σχισμής είναι 0.1mm, η μεγέθυνση 20x ή 40x και το φίλτρο λευκό. (Χανδρινός, 2012)

Το μικροσκόπιο τοποθετείται μπροστά από τον εξεταζόμενο οφθαλμό. Η παρατήρηση συγκεντρώνεται στη σκοτεινή ζώνη μεταξύ του εξωτερικού εστιασμένου κερατοειδή και του φακού. Αυτή η ζώνη είναι κανονικά οπτικά κενή και εμφανίζεται ολοκληρωτικά μαύρη. (Χανδρινός, 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

5.1 Ιστορικό

Για την έναρξη οποιασδήποτε οπτικής εξέτασης, είναι αναγκαία η εξέταση του ιστορικού του ασθενούς. Αυτό θα πρέπει να γίνει για την κατανόηση των συμπτωμάτων που έχουν παρακινήσει τον ασθενή να ζητήσει επαγγελματική συμβουλή καθώς επίσης και των οπτικών του αναγκών. Η καταγραφή αυτών των πληροφοριών είναι πολύτιμη και θα παράσχει τη δυνατότητα στον επαγγελματία να εκτελέσει την οπτική εξέταση με κανονικό τρόπο, καθώς επίσης και να γνωρίζει, πριν ξεκινήσει η οπτική εξέταση, τα πιθανά αίτια για τα συμπτώματα (για παράδειγμα, ο τύπος του διαθλαστικού

σφάλματος). Πρώτα είναι πολύ σημαντική η κατανόηση των αιτιών της επίσκεψης, με το να τεθούν στον ασθενή λίγα απλά και στοχευμένα ερωτήματα. (Bates.B, Bickley.L, Hoekelman.R, 1998)

Κατά τη διάρκεια της συζήτησης, οι απαντήσεις του ασθενούς μπορούν να αναδιατυπώνονται για την εξασφάλιση του ότι έχουν γίνει καλά κατανοητές. Αν κριθεί απαραίτητο μπορεί να γίνουν και ορισμένες πιο συγκεκριμένες ερωτήσεις ή να προταθούν παραδείγματα για την διασαφήνιση των απαντήσεων. (Bates, et al., 1998)

Η καταγραφή του ιστορικού είναι υψίστης σημασίας. Η αυστηρότητα και η σοβαρότητα με την οποία εκτελείται αυτή η πρώτη συνέντευξη θα δώσει εμπιστοσύνη στον ασθενή για την υπόλοιπη εξέταση και θα παράσχει κρίσιμες πληροφορίες στον επαγγελματία. Με το τέλος του ιστορικού, ο εξεταστής θα πρέπει να έχει μια καλή ιδέα για τα αίτια των συμπτωμάτων του ασθενούς και των πιθανών (διαθλαστικών) ευρημάτων όπως και των πλέον ενδεδειγμένων διορθώσεων για τον ασθενή. (Bates, et al., 1998)

5.2 Υποκειμενική διάθλαση

Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του διαθλαστικού σφάλματος του οφθαλμού και συνεπάγεται με την ικανότητα του ασθενούς κατά την οποία έχει και ο ίδιος ενεργό συμμετοχή να διακρίνει αλλαγές στη διαύγεια του στόχου όταν τοποθετούνται διαφορετικοί φακοί μπροστά από τους οφθαλμούς του. Εξ' ορισμού, απαιτεί ανταπόδοση πληροφοριών από τον ασθενή. (Δαμανάκης, 1999)

Η υποκειμενική διάθλαση συνήθως θα εκτελείται ως ένας έλεγχος και «λεπτή ρύθμιση» μετά από μία αρχική αντικειμενική εκτίμηση της διάθλασης. Το σημείο εκκίνησης θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της αντικειμενικής διάθλασης ή η προηγούμενη συνταγή. Η υποκειμενική διάθλαση εκτελείται πρώτα μονόφθαλμα και μετά δίοφθαλμα. (Δαμανάκης, 1999)

Η συνισταμένη σειρά για τη διαδικασία εκτέλεσης της υποκειμενικής διάθλασης είναι: όραση (χωρίς διόρθωση), οπτική οξύτητα (με δική του συνταγή), στενοπική όραση, τεχνική της θόλωσης, σφαιρικό σφάλμα, καλύτερη σφαίρα, εύρεση αστιγματισμού με (σταυροκύλινδρο, αστεροειδή δίσκο, στενοπική σχισμή), τροποποίηση τελικής σφαίρας, δίοφθαλμη όραση, κοντινή όραση, τελική συνταγή και τελική οπτική οξύτητα. (Πατέρας, 2010)

Για το ξεκίνημα της υποκειμενικής διάθλασης, είναι απαραίτητα κάποια εξαρτήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην ολοκλήρωση της εξέτασής μας.

5.2.1 Εξοπλισμός υποκειμενικής διάθλασης

Για την εκτέλεση της διάθλασης, απαιτούνται ο ενδεδειγμένος εξοπλισμός και οι κατάλληλες εγκαταστάσεις. Ο χώρος που χρησιμοποιείται θα πρέπει να είναι κατά προτίμηση ένα δωμάτιο ειδικά προορισμένο για οπτικές εξετάσεις, εντοπισμένο σε μια ήσυχη περιοχή, μακριά από τις άλλες δραστηριότητες του ιατρείου ή του καταστήματος, ώστε να εξασφαλιστεί το απόρρητο του ασθενούς και η συγκέντρωση του. Ο φωτισμός του δωματίου θα πρέπει να είναι μέσης φωτεινότητας ώστε να αντιστοιχεί σε τυπικές συνθήκες όρασης. Είναι σημαντική η αποφυγή εκτέλεσης οπτικών εξετάσεων σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Θα απαιτηθεί μια απόσταση 6 (άμεσα) ή 3 μέτρων(μέσω ανάκλασης σε καθρέφτη) στην οποία θα τοποθετηθεί το οπτότυπο για την εξέταση της μακρινής όρασης. (Bates, et al., 1998) (Χανδρινός, 2012)

Ο βασικός κι ελάχιστος εξοπλισμός που απαιτείται για τη διεκπεραίωση της οπτομετρικής εξέτασης είναι ο εξής: (Πατέρας, 2010)

- 1) Πίνακας οπτικής οξύτητας (για μακριά) συμπεριλαμβανομένων των πινάκων οπτικής οξύτητας για παιδιά(με διαγραμμίσεις σύγχυσης, και κάρτες ταιριάσματος κλπ.) και για ασθενείς που δεν επικοινωνούν (π.χ αγράμματους με το γράμμα E, Landolt C, κάρτες ταιριάσματος)
- 2) Κάρτα ανάγνωσης ή πίνακας οπτικής οξύτητας(για κοντά)
- 3) Σειρά φακών(δοκιμαστικός σκελετός και σειρά δοκιμαστικών φακών, χειροκίνητο φορόπτερο ή αυτόματο φορόπτερο)
- 4) Σταυροκύλινδρος Jackson (με λαβή ή σε φορόπτερο)
- 5) Διάφραγμα
- 6) Ενδεδειγμένα επίπεδα φωτισμού(για τη δοκιμή της μακρινής όρασης καθώς επίσης και εστιασμένος φωτισμός για την εκτίμηση της κοντινής όρασης)
- 7) Εξοπλισμός σχετικά με μια αντικειμενική μέθοδο μέτρησης της διάθλασης (σκιασκόπιο ή αυτόματο διαθλασίμετρο)
- 8) Φακόμετρο για τη μέτρηση των ήδη χρησιμοποιούμενων γυαλιών.
- 9) Προβολέας: εξάρτημα για την απεικόνιση των οπτοτύπων

Πέραν αυτού του βασικού εξοπλισμού, θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλα όργανα, συμπεριλαμβανομένων: μετροταινίας (για τη μέτρηση της απόστασης ανάγνωσης, εγγύς σημείου προσαρμογής κλπ), εκκρεμές(flipper), φακός στυλό, ερυθρό φίλτρο, φακοί πόλωσης, πρισματικές ράβδοι, στερεοσκοπικά τεστ, κυκλοπληγικά σκευάσματα για χρήση κατά τη

σκιασκοπία, όπου είναι διαθέσιμη και ενδεδειγμένη κι ένα τεστ αντίθεσης. (Πατέρας, 2010) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

5.2.2 Πρωταρχικές εξετάσεις

Το πρώτο βήμα σε οποιαδήποτε οπτική εξέταση είναι η εκτέλεση ενός συγκεκριμένου αριθμού απλών πρωταρχικών μετρήσεων. Ο οπτομέτρης θα πρέπει ήδη να έχει μία ιδέα της διαθλαστικής κατάστασης του ματιού του ασθενούς χάρη του ιστορικού. Επιπλέον, οι μετρήσεις αυτές θα τον βοηθήσουν να εντοπίσει και να επιβεβαιώσει τα οπτικά προβλήματα του ασθενούς. Παρέχουν επίσης την ευκαιρία πλησιέστερης παρατήρησης της συμπεριφοράς του ασθενούς.

Το επίπεδο της μακρινής όρασης του ασθενούς εξετάζεται (αρχικά δίχως, στη συνέχεια με την τωρινή διόρθωση, μονόφθαλμα στη συνέχεια δίοφθαλμα). Αμέσως μετά ελέγχουμε τη συμπεριφορά και την αναγνωστική ικανότητα των ματιών για κοντά, ύστερα την οφθαλμική υπεροχή ,και τέλος εξετάζουμε τον ασθενή για δίοφθαλμες ανωμαλίες.

5.2.2.1 Εύρεση κυρίαρχου οφθαλμού

Πριν πραγματοποιηθεί διάθλαση, είναι χρήσιμο να έχει γίνει η εύρεση του κυρίαρχου οφθαλμού. Όπως οι άνθρωποι είναι δεξιόχειρες και αριστερόχειρες, έτσι και όλοι γενικά έχουν μία προτίμηση σε ένα από τα δύο μάτια. Μία από τις γνωστές μεθόδους που χρησιμοποιείται για το καθορισμό του ποιο από τα μάτια είναι το κυρίαρχο είναι η μέθοδος Dolman. Στον ασθενή ζητείται να κρατήσει με τα δυο του χέρια μια κάρτα με οπή στο κέντρο αυτής, σε μήκος έκτασης βραχίονα, και να δει διαμέσου της οπής του οργάνου, με τα δύο μάτια ανοιχτά, σε ένα μακρινό στόχο. Από τον ασθενή ζητείται να κλείσει πρώτα τον έναν οφθαλμό και ύστερα τον άλλο. Στη συνέχεια να συγκρίνει τη θέση του στόχου εντός της οπής της κάρτας. Το κυρίαρχο μάτι είναι αυτό για το οποίο ο στόχος είναι περισσότερο κεντραρισμένος όταν καλύπτεται το άλλο μάτι. Η οφθαλμική κυριαρχία μπορεί ή όχι να αντιστοιχεί με την κυριαρχία του ασθενούς. (Ching-Yu, et al., 2004)

Η εύρεση του κυρίαρχου οφθαλμού έχει τριπλό ενδιαφέρον:

1) ορισμένοι θεωρούν πως είναι προτιμητέα η έναρξη της διάθλασης με το μη κυρίαρχο οφθαλμό ώστε το υποκείμενο να μπορεί να <<ασκείται>> πριν από τον καθορισμό της διάθλασης του κυρίαρχου οφθαλμού.

2)κατά τη διάρκεια της διόφθαλμης ισορροπίας, αν δεν μπορεί να ληφθεί η τέλεια ισορροπία, θα πρέπει να ευνοηθεί το κυρίαρχο μάτι.

3)κατά την εκτέλεση της συνταγής το κεντράρισμα των φακών μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να ταιριάξει με οποιαδήποτε ισχυρή πλαγιοποίηση, καθώς αυτό μπορεί να έχει μια επίδραση στη τάση της κεφαλής και ματιού του ασθενούς όταν κοιτάζει, ειδικά κοντά. (Ching-Yu, et al., 2004)

5.2.2.2 Υποκειμενική εξέταση διπλωπίας-cover test

Είναι η πιο πρακτική μέθοδος για αξιολόγηση της οφθαλμικής στοίχισης. Επιπλέον, αποτελεί την απλούστερη και πιο αξιόπιστη εξέταση για την διάγνωση στραβισμού. Διακρίνεται σε δύο είδη: (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

(α) Διακεκομμένη κάλυψη (cover-uncover test):

Αυτή η δοκιμασία σχεδιάστηκε για τη μέτρηση του σφάλματος στοίχισης των οφθαλμών ή αλλιώς των τροπιών. Σε απόσταση 6 μέτρων από τον ασθενή τοποθετείται ένας «στόχος» (που συνήθως είναι ένα μεγάλο γράμμα της αλφαβήτου) και ο ασθενής προσηλώνεται σε αυτόν. Αρχικά ο δεξιός οφθαλμός καλύπτεται και ο αριστερός οφθαλμός παρατηρείται για κινήσεις προσήλωσης. Αν δεν υπάρχει κίνηση προσήλωσης τότε καλύπτεται ο αριστερός οφθαλμός και ο δεξιός παρατηρείται για κινήσεις προσήλωσης. Αν καλύπτοντας και τους δύο οφθαλμούς δεν παρατηρούνται κινήσεις προσήλωσης τότε οι δύο οφθαλμοί είναι καλώς στοιχισμένοι. Αν παράγεται κίνηση προσήλωσης ενός οφθαλμού τότε ο ασθενής έχει οφθαλμική αναντιστοιχία που ονομάζεται τροπία. Το μέγεθος της τροπίας μετριέται με την τοποθέτηση πρισμάτων αυξανόμενης ισχύος στον οφθαλμό που αποκλίνει μέχρι να σταματήσει η κίνηση προσήλωσης (ουδετεροποίηση). Αν η δοκιμασία προκαλέσει μια έσω κίνηση προσήλωσης, τότε ο ασθενής έχει εξωτροπία ενώ αν προκαλέσει έξω κίνηση προσήλωσης, τότε ο ασθενής έχει εσωτροπία. Αν προκαλέσει μια κάτω κίνηση του οφθαλμού στον ένα οφθαλμό και μια άνω κίνηση στον άλλο, τότε ο ασθενής έχει υπερτροπία, που ορίζεται από τον οφθαλμό που κινείται προς τα κάτω. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

(β) Επαλλάσσουσα κάλυψη (alternate cover test):

Αυτή η παραλλαγή σχεδιάστηκε για να συμπληρώσει την προηγούμενη δοκιμασία. Η δοκιμασία αυτή μπορεί να αποκαλύψει μια λανθάνουσα οφθαλμική αναντιστοιχία, που λέγεται φορία. Καλύπτουμε εναλλάξ τους δύο οφθαλμούς και αν παρατηρηθούν κινήσεις προσήλωσης στον μη

καλυπτόμενο οφθαλμό, τότε ο ασθενής έχει λανθάνουσα οφθαλμική αναντιστοιχία (φορία). Αντίστοιχα με την προηγούμενη δοκιμασία, το μέγεθος της φορίας μετριέται με τη βοήθεια πρισμάτων. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Οι δοκιμασίες αυτές έχουν κάποια μειονεκτήματα. Δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν όταν οι ασθενείς έχουν ανεπαρκή όραση, γνωστικά ελλείμματα ή αδυναμία συνεργασίας για προσήλωση σε έναν στόχο. (Leigh & Zee, 2006) (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για το τεστ κάλυψης είναι ένα κάλυπτρο (occluder) κατά προτίμηση μαύρου χρώματος ή αδιαφανές. Ένα στόχο εστίασης του βλέμματος, ανάλογο με την ηλικία του εξεταζόμενου. Για την μακρινή εξέταση της φορίας ή του στραβισμού, στους ενήλικες και στα μικρά παιδιά χρησιμοποιείται συνήθως ένας στόχος συνήθους οπτικής οξύτητας 7/10, ενώ αντίθετα, στα μωρά χρησιμοποιείται κάποιο αντικείμενο που έλκει την προσοχή (κάποιο παιχνίδι). Ράβδους πρισμάτων ή μεμονωμένα πρίσματα, για να εκτιμηθεί το εύρος της παρέκκλισης, είτε πρόκειται για έκδηλη (στραβισμός) είτε για λανθάνουσα (φορία). (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

5.2.3 Βήματα υποκειμενικής διάθλασης

5.2.3.1 Εξέταση μακρινής όρασης

Η μακρινή όραση του ασθενούς συνήθως μετριέται πάνω σε ένα πίνακα οπτικής οξύτητας τοποθετημένο σε απόσταση 6 μέτρων ή 3 μέτρων με τη χρήση καθρέφτη, αρχικά δίχως διόρθωση (όραση), στη συνέχεια με διόρθωση (οπτική οξύτητα), μονόφθαλμα και μετά διόφθαλμα. Ο ασθενής θα πρέπει να κάθεται άνετα στην εξεταστική καρέκλα με το κεφάλι να μην γέρνει ούτε μπροστά ούτε πίσω και ο εξεταστής να κάθεται παράπλευρά του στο ίδιο ύψος. Επιπρόσθετα δεν θα πρέπει να παραληφθεί να μετρηθεί η διακορική απόσταση (P.D.) του εξεταζόμενου και να ρυθμίζεται, γι' αυτή την απόσταση, ο δοκιμαστικός σκελετός. Ακόμα οι φακοί πρέπει να τοποθετούνται κάθετα πάνω στο πρόσωπο με τρόπο, ώστε τα κέντρα τους να βρίσκονται στη ίδια ευθεία με τους οπτικούς άξονες. Ακόμα, ο δοκιμαστικός σκελετός θα πρέπει να τοποθετείται όσο πιο κοντά γίνεται στα μάτια. Αυτό εν μέρει παρέχει ένα μεγάλο πεδίο δράσης, μέσα από τους σύγχρονους περιορισμένου μεγέθους δοκιμαστικούς φακούς και ελαχιστοποιεί τη δύναμη κορυφής (VERTEX POWER) στην επίδραση της συνταγής. (Χανδρινός, 2012)

Ενώ ο ασθενής θα διαβάζει τον πίνακα οπτικής οξύτητας θα πρέπει ταυτόχρονα να παρατηρηθεί και η συμπεριφορά του: για παράδειγμα, πρέπει να βεβαιωθεί ότι ο ασθενής δεν μισοκλείνει τα μάτια του κατά τη διάρκεια της οπτικής μέτρησης. (Χανδρινός, 2012)

Κατά τη διάρκεια της μονόφθαλμης οπτικής εξέτασης είναι σημαντική η βεβαίωση ότι το καλυμμένο μάτι δεν επηρεάζεται. Είναι προτιμητέο ο εξεταστής να κρατά μία καλύπτρα πάνω από το μάτι του ασθενούς με τέτοιο τρόπο ώστε το μάτι να μένει ανέπαφο και να αποφεύγεται η κάλυψη του ματιού από τον ασθενή με το χέρι του σπρώχνοντας το μάτι του ή ακόμα και να το κλείνει, κάτι που επηρεάζει την όραση. Ορισμένοι θεωρούν πως μία θαμπή καλύπτρα είναι προτιμητέα από μία αδιαφανή καλύπτρα, καθώς μπορεί ταυτόχρονα να γίνεται η παρατήρηση του καλυμμένου ματιού. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Οι ασθενείς συνήθως τείνουν να σταματούν το διάβασμα την πρώτη φορά που έχουν πρόβλημα να αποκρυπτογραφήσουν το γράμμα. Σημαντικό ρόλο έχει η ενθάρρυνση του ασθενή για να μπορέσει να συνεχίσει την ανάγνωση ρωτώντας τον για παράδειγμα <<Τι γίνεται με την επόμενη γραμμή;>>. Επιπλέον, οι οδηγίες του εξεταστή πρέπει να είναι απλές, καθαρές και κατανοητές. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Το επίπεδο της όρασης που επιτυγχάνεται μπορεί να θεωρηθεί ως η μικρότερη γραμμή στην οποία τρία από τα πέντε γράμματα αναγνωρίζονται σωστά, στην συνέχεια καταγράφονται τα αποτελέσματα του κάθε οφθαλμού ξεχωριστά και στη συνέχεια διόρθωμα. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

5.2.3.2 Στενοπική όραση (χρήση στενοπικού δίσκου)

Ο στενοπικός δίσκος είναι μια μικρή οπή (συνήθως 1-2 mm σε διάμετρο) στο κέντρο ενός συμπαγούς μαύρου δίσκου. Η αρχή λειτουργίας του είναι πολύ απλή. Η μικρή οπή που υπάρχει στο κέντρο επιτρέπει μόνο στις κεντρικές ακτίνες να φτάσουν στον οφθαλμό, και αποκόβει τις περιφερειακές. Συνεπώς, μειώνουμε τις εκτροπές του οφθαλμού και το εύρος του κύκλου σύγχυσης που προκαλείται από τις περιφερειακές ακτίνες. Η κύρια χρήση του κατά την υποκειμενική διάθλαση είναι ότι, στην περίπτωση μιας μειωμένης όρασης, μπορεί να παράσχει τη δυνατότητα διαφοροποίησης της αιτίας της, μεταξύ διαθλαστικών και παθολογικών αιτιών. Για παράδειγμα, μπορεί να παρέχει τη δυνατότητα διάκρισης της ανακριβούς διάθλασης από την αμβλυωπία (<<τεμπέλικο μάτι>>) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Πατέρας, 2010)

Στην πράξη, ο στενοπικός δίσκος τοποθετείται κεντρικά μπροστά στο μάτι του ασθενούς, επάνω σε οποιαδήποτε διόρθωση που είναι ήδη τοποθετημένη

και μετριέται η όραση. Αν η όραση βελτιώνεται με το στενοπικό δίσκο, η αιτία της μειωμένης όρασης είναι διαθλαστική, για παράδειγμα ένα αδιόρθωτο ή κακώς διορθωμένο διαθλαστικό σφάλμα. Αν η όραση δεν βελτιώνεται ή αν χειροτερεύει, η αιτία δεν είναι διαθλαστική στην προέλευση της και θα πρέπει να υπάρξει υπόνοια για αμβλυωπία ή άλλη παθολογία. Στην απουσία οποιασδήποτε παθολογίας ή αδιαφάνεια των διαθλαστικών μέσων του ματιού, το επίπεδο της όρασης που επιτυγχάνεται με το στενοπικό θα πρέπει να λαμβάνεται με ακριβή διάθλαση. (Πατέρας, 2010)



Εικόνα 5. 1 Ο στενοπικός δίσκος, ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία της υποκειμενικής (Ασημέλλης, et al., 2007)

5.2.3.3 Μέθοδος της ομίχλης-θόλωσης

Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε τεχνική για την εξεύρεση του διαθλαστικού σφάλματος του εξεταζόμενου οφθαλμού θα πρέπει να έχει εξασφαλιστεί η χαλάρωση της προσαρμογής του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη φαρμακευτική παράλυση της προσαρμογής (κυκλοπληγία) είτε εφαρμόζοντας την τεχνική της θόλωσης . (Πατέρας, 2010)

Η κυκλοπληγία μπορεί να γίνει είτε με τη χρήση ατροπίνης (η δράση της ξεκινά μέσα σε 1 ώρα περίπου από την ενστάλαξη φθάνει δε το μέγιστό της περίπου, στις 12 ώρες και διαρκεί γύρω στις 10 ημέρες), οματροπίνης (η δράση ξεκινά σε 20 περίπου λεπτά και διαρκεί περίπου 2 ημέρες φθάνοντας το μέγιστό της τις 2 πρώτες ώρες), ή τροπικαμίδη (η δράση της ξεκινά σε 20 λεπτά περίπου και διαρκεί περίπου 7 ώρες, φθάνοντας το μέγιστό της μέσα

στην πρώτη ώρα). Όμως η κυκλοπληγία, πέρα από τα πολύ νεαρά άτομα, είναι καλό να αποφεύγεται και για αυτό προτιμάται η τεχνική της θόλωσης. (Τσόχας, 1997) (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Η ιδέα πίσω από τη μέθοδο της <<θόλωσης>> είναι ότι αρχικά δημιουργείται ένα θάμπωμα ή <<ομίχλη>>, με σκοπό τη χαλάρωση της προσαρμογής του ασθενούς. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί επειδή ο ασθενής θα βιώσει ακόμα μεγαλύτερο θάμπωμα αν προσαρμόσει, κι έτσι σταδιακά χαλαρώνει την προσαρμογή για να ελαχιστοποιεί το θάμπωμα. Η μέθοδος συνεπάγεται την τοποθέτηση ενός θετικού φακού μπροστά από το μάτι του ασθενούς έτσι ώστε η εικόνα του αμφιβληστροειδούς να ωθηθεί προς τα εμπρός και μπροστά από τον αμφιβληστροειδή, κάτι που δημιουργεί θάμπωμα, και στη συνέχεια να μειώνεται βαθμηδόν η ισχύς του φακού αυτού μέχρις ότου η εικόνα να έρθει πίσω εστιασμένη στον αμφιβληστροειδή. (Πατέρας, 2010) (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Η σφαίρα καθορίζεται πρώτα μονόφθαλμα και στη συνέχεια διόφθαλμα. Η σειρά της διάθλασης δεν είναι σταθερότυπη. Συνηθίζεται όμως η διάθλαση να ξεκινά πρώτα με τον δεξιό οφθαλμό στη συνέχεια με τον αριστερό και τέλος διόφθαλμα. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ελαχιστοποίησης των σφαλμάτων αντιγραφής κατά τη σημείωση των αποτελεσμάτων. Θεωρείται χρήσιμο να εκτελεστεί η διάθλαση αρχικά στο μη κυρίαρχο οφθαλμό, έτσι ώστε ο ασθενής να μάθει την τεχνική και να εξασφαλιστεί ότι δίνει καλές και σωστές απαντήσεις για την ακόλουθη δοκιμή του κυρίαρχου ματιού. (Πατέρας, 2010) (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

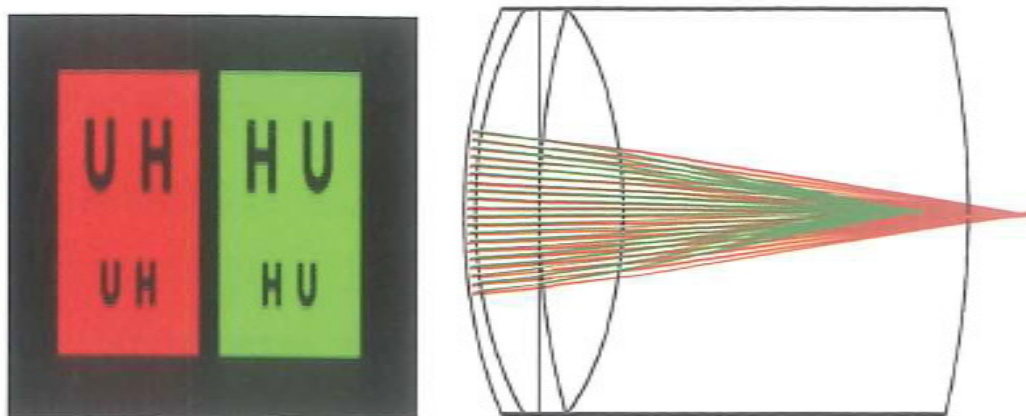
5.2.3.4 Σφαιρικό σφάλμα (μέθοδος εκκρεμούς)

Η μέθοδος του εκκρεμούς είναι ένα υποκειμενικό σύστημα, για να βρούμε το σφαιρικό μέρος ενός διαθλαστικού σφάλματος. Το εκκρεμές αποτελείται από ένα ζευγάρι φακών ίδιας δύναμης, όμως με διαφορετικό πρόσημο. Έχει ειδική σημασία όταν δεν υπάρχει προηγούμενη αντικειμενική γνώση του μεγέθους και της φύσης του διαθλαστικού σφάλματος. Ακόμα, προσφέρεται σαν δοκιμασία ακριβής μέτρησης σφαιρικών σφαλμάτων, που έχουν προσμετρηθεί με άλλες μεθόδους, όπως σκιασκόπηση ή αυτόματο διαθλασίμετρο. Η διαδικασία στηρίζεται στην αρχή της υπερ – υπο διόρθωσης του διαθλαστικού σφάλματος. Αυτή καταλήγει σε μία αξιοπρόσεκτη διαφορά οπτικής οξύτητας, ανεξάρτητα από το δραστικό επίπεδο της όρασης. Ο φακός που δίνει την καλύτερη οξύτητα, δίνει ενδεικτικά την κατεύθυνση, που πρέπει να γίνονται οι αλλαγές της δύναμης. Ακολουθώντας τις ενδεικνυόμενες αυτές αλλαγές, φθάνουμε τελικά σε μια κατάσταση, όπου η όραση είναι

ισορροπημένη και στις δύο καταστάσεις, την υπερ- και υπο- διόρθωση. (Πατέρας, 2010) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

5.2.3.5 Καλύτερη σφαίρα (μέθοδος διχρωματικού τεστ)

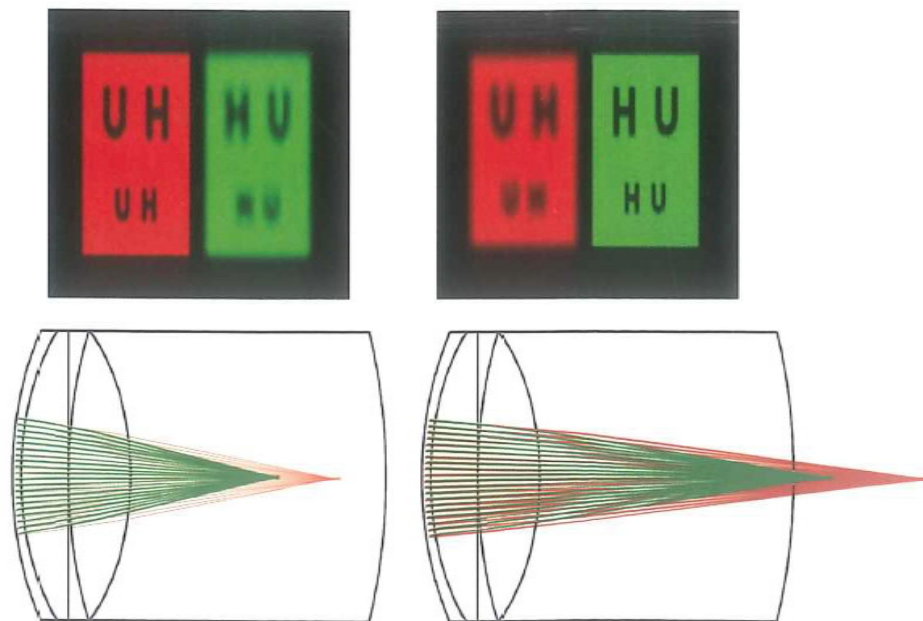
Το διχρωματικό τεστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της σφαιρικής διόρθωσης. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στη φυσιολογική αξονική χρωματική εκτροπή του ματιού που προκαλεί στο φως διαφορετικού μήκους κύματος να διαθλάται διαφορετικά από τον οφθαλμό. Μακρύτερα μήκη κύματος(που γίνονται αντιληπτά ως ερυθρά) διαθλώνται λιγότερο από βραχύτερα μήκη κύματος(που γίνονται αντιληπτά ως πράσινα), έτσι ώστε το <<ερυθρό>> φως να εστιάζεται πιο πρόσθια από το <<πράσινο>> φως. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)(Ασημέλλης, et al., 2007)



Εικόνα 5. 2: Η ουδέτερη θέση του διχρωματικού τεστ (Ασημέλλης, et al., 2007)

Το διχρωματικό τεστ χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της εστίασης του ματιού με την παρατήρηση χαρακτήρων σε ένα ερυθρό ή πράσινο φόντο. Ζητείται από τον ασθενή να κοιτάξει σε ένα πίνακα και να συγκρίνει στο ερυθρό και στο πράσινο φόντο που φαίνονται τα γράμματα πιο έντονα, πιο μαύρα και πιο καθαρά ή το ίδιο. Αν ο ασθενής βλέπει τους χαρακτήρες

καθαρότερους στο ερυθρό φόντο, το κεντρικό σημείο εστίας είναι μπροστά από τον αμφιβληστροειδή και έτσι απαιτείται ένας αρνητικός φακός για τη διόρθωση της εστίασης επάνω στον αμφιβληστροειδή (π.χ αδιόρθωτη μυωπία ή υπερ-διορθωμένη υπερμετρωπία). Αν ο ασθενής βλέπει τους χαρακτήρες καθαρότερα στο πράσινο φόντο, το κεντρικό σημείο της εστίας είναι πίσω από τον αμφιβληστροειδή κι έτσι απαιτείται ένας θετικός φακός(ή ο ασθενής μπορεί να προσαρμόξει) για τη διόρθωση της εστίασης επάνω στον αμφιβληστροειδή (π.χ υπερδιορθωμένη μυωπία ή υποδιορθωμένη υπερμετρωπία). Στην περίπτωση που ο ασθενής βλέπει τους χαρακτήρες ως εξίσου καθαρούς επάνω στο ερυθρό και το πράσινο φόντο, το κεντρικό σημείο της εστίας είναι τοποθετημένο επάνω στον αμφιβληστροειδή και ο ασθενής είναι ενδεδαιγμένα εστιασμένος για αυτή την απόσταση εξέτασης. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Ασημέλλης, et al., 2007)



Εικόνα 5. 3: Αριστερά , η δοκιμασία του διχρωματικού υποδεικνύει ότι πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό σφαίρωμα. Δεξιά πρέπει να προσθέσουμε θετικό σφαίρωμα (Ασημέλλης, et al., 2007)

Το διχρωματικό τεστ είναι εξίσου εφαρμόσιμο σε αυτούς που έχουν μια ανεπάρκεια έγχρωμης όρασης. Η αλλοιωμένη αντίληψη των χρωμάτων (φως διαφορετικού μήκους κύματος) είναι ανεξάρτητη από την χρωματική εκτροπή του ματιού. Σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να ζητηθεί από τον ασθενή να υποδείξει την πλευρά του πίνακα στην οποία βλέπει τα γράμματα καθαρότερα, παρά να ορίσει το <<ερυθρό φόντο>> ή το <<πράσινο φόντο>>. (Ασημέλλης, et al., 2007) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Το διχρωματικό τεστ είναι αναξιόπιστο σε παθήσεις όπου τα διαθλαστικά μέσα έχουν υποστεί αλλαγές στη σύστασή τους με την πάροδο του χρόνου, και συγκεκριμένα με την ανάπτυξη του καταρράκτη, καθώς η χρωματική εκτροπή του οφθαλμού αλλάζει ανάλογα με αυτές.

Το διχρωματικό τεστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την μακρινή όσο και για την κοντινή όραση, σε μονόφθαλμη εξέταση για τον έλεγχο του σφαιρώματος και στη διόφθαλμη εξέταση για την εξισορρόπηση της διόρθωσης και την τελική επαλήθευση της συνταγής. Για κοντά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της προσαρμοστικής συμπεριφοράς ενός νεαρού ασθενούς ή για τον έλεγχο του addition σε έναν ασθενή με πρεσβυωπία. (Ασημέλλης, et al., 2007) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

5.2.3.6. Μέθοδοι εύρεσης του αστιγματισμού (σταυροκύλινδρος, αστεροειδής δίσκος, στενοπική σχισμή)

5.2.3.6.1 Σταυροκύλινδρος

Μία κυριότερες μεθόδους εύρεσης αστιγματισμού. Αποτελείται από δύο πλανοκυλινδρικούς φακούς με τους άξονες τους σε ορθή γωνία και σε θέση 45 ° από το χερούλι του x-cyl. (Ασημέλλης, et al., 2007)

Ο τρόπος λειτουργίας του έχει ως εξής: (Δαμανάκης, 1999) (Πατέρας, 2010)

A) Τοποθέτηση της λαβής του σταυροκύλινδρου κατά το μήκος του οριζώντιου άξονα, έτσι ώστε οι κύριες μεσημβρινές να είναι κατά μήκος των 45° και 135 °. Αυτή είναι η πρώτη θέση. Για να παρουσιαστεί η δεύτερη θέση πρέπει να στραφεί ο σταυροκύλινδρος, και να ζητηθεί από τον ασθενή να υποδηλώσει ποια θέση παρέχει καθαρότερη (λιγότερη θαμπή) όραση. Σε αυτό το σημείο πρέπει να υπάρξει σημείωση του προσανατολισμού του αρνητικού άξονα του σταυροκύλινδρου για αυτή την προτιμητέα θέση (κατά μήκος των 45 ή 135 °)

B) Τοποθέτηση της λαβής του αντίθετου κυλίνδρου κατά μήκος των 45° (λαβή κατά μήκος των 45 ° μεσημβρινές κατά μήκος των 180 και 90). Αυτή είναι η πρώτη θέση. Για να παρουσιαστεί η δεύτερη θέση πρέπει να στραφεί ο σταυροκύλινδρος και να ζητηθεί από τον ασθενή να υποδηλώσει ποια θέση παρέχει καθαρότερη (λιγότερη θαμπή) όραση. Σε αυτό το σημείο πρέπει να υπάρξει σημείωση του προσανατολισμού του αρνητικού άξονα του σταυροκύλινδρου για αυτή την προτιμητέα θέση (κατά μήκος των 180 ή 90). Σε συνδυασμό με την προηγούμενη μέτρηση ο άξονας του κυλίνδρου της διάθλασης του ασθενούς τώρα είναι γνωστό ότι εντοπίζεται εντός ενός τμήματος 45°.

Γ) Τοποθέτηση της λαβής του σταυροκύλινδρου κατά μήκος της διχοτόμου του τμήματος των 45 ° που έχει εντοπιστεί. Στρέψη του σταυροκύλινδρου, και ζητάτε από τον ασθενή να αναφέρει ποια εικόνα προτιμά.

Δ) Περιστροφή του άξονα του αρνητικού διορθωτικού κυλίνδρου 5° προς την κατεύθυνση του αρνητικού άξονα του προτιμητέου σταυροκυλίνδρου.

Ε) Επαλήθευση των βημάτων γ και δ μέχρις ότου ο ασθενής να μην έχει προτίμηση ή σχεδόν να μην έχει για τις δύο εικόνες που παρουσιάζονται. Η θέση της λαβής του σταυροκυλίνδρου δείχνει τώρα τον άξονα του διορθωτικού κυλίνδρου.



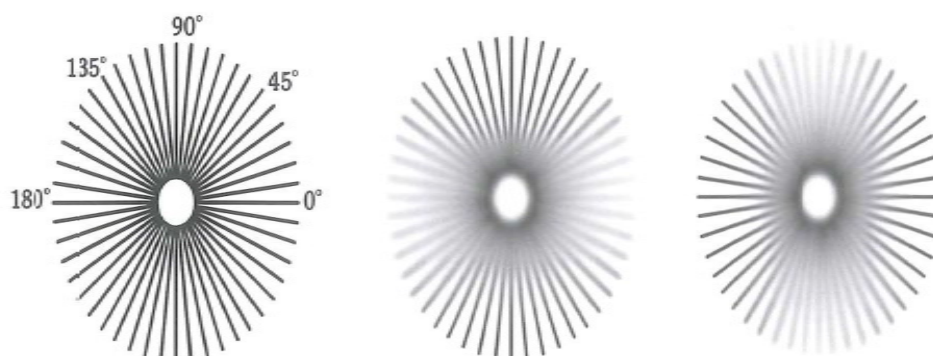
Εικόνα 5. 4: Σταυροκύλινδροι και το σταυροκυλινδρικό πλέγμα (Ασημέλλης, et al., 2007)

5.2.3.6.2 Αστεροειδής δίσκος

Ο έλεγχος της ύπαρξης αστιγματικού σφάλματος καθώς και η εύρεση του άξονα και της δύναμης του κυλίνδρου μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του αστεροειδή δίσκου. Ο αστεροειδής δίσκος αποτελείται από ακτινωτά διατεταγμένες μαύρες γραμμές, οι οποίες είναι τοποθετημένες συνήθως η μία από την άλλη ανά 10° . Ο αστεροειδής είναι αποτυπωμένος στο οπτότυπο και επιδεικνύεται σε απόσταση 5-6 m. Για να προσφέρει πιο σωστά αποτελέσματα, θα πρέπει το σφαιρικό σφάλμα εάν είναι μεγάλο να διορθωθεί έτσι ώστε να είναι ορατός ο αστεροειδής δίσκος και να έχει βρεθεί η καλύτερη δυνατή σφαιρική διόρθωση. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008) (Φωτεινάκης, 1998)

Για να προσδιοριστεί ο αστιγματισμός (άξονας και δύναμη) καλείται ο εξεταζόμενος να αναφέρει εάν οι ακτίνες του αστεροειδή δίσκου που απεικονίζονται στο οπτότυπο, φαίνονται ίδιες, ποιες καθαρές και ποιες θολές. Για να συμβεί το προαναφερόμενο θα πρέπει ο εξεταζόμενος να έχει υποστεί θόλωση $+1.00\text{dpt}$ με σκοπό να μετατοπιστεί ο κύκλος ελάχιστης σύγχυσης (Κ.Ε.Σ). Αν ο εξεταζόμενος δει όλες τις ακτίνες το ίδιο καθαρά, τότε υπάρχει

απουσία του αστιγματικού σφάλματος. Στην περίπτωση που διακρίνει κάποιες ακτίνες πιο καθαρά από κάποιες άλλες τότε υποδηλώνεται η ύπαρξη αστιγματισμού, και η ακτίνα που βλέπει πιο καθαρά αντιστοιχεί στον έναν κύριο μεσημβρινό του αστιγματισμού, αυτόν που βρίσκεται πιο κοντά στον αμφιβληστροειδή. Συνήθως ο εξεταζόμενος θα αναφέρει ομάδα ακτινών και όχι μια συγκεκριμένη ακτίνα. (Ασημέλλης, et al., 2007) (Φωτεινάκης, et al., 2000)



Εικόνα 5. 5: (α) Αστεροειδής κύκλος χωρίς θόλωση, (β) όπως φαίνεται όταν πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό κύλινδρο με άξονα στις 180°, και (γ) πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό κύλινδρο με άξονα στις 90° (Ασημέλλης, et al., 2007)

Για να υπολογιστεί η δύναμη του κυλίνδρου θα πρέπει να τοποθετηθεί ένας αρνητικός κυλινδρικός δοκιμαστικός φακός, με τον άξονα του κάθετο (90 μοίρες διαφορά) στις μοίρες που βλέπει πιο καθαρά ο εξεταζόμενος. Αν χρησιμοποιηθούν θετικοί δοκιμαστικοί κυλινδρικοί φακοί, τότε θα τοποθετηθούν ακριβώς πάνω στις μοίρες που βλέπει καθαρά ο εξεταζόμενος. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Στόχος της εξέτασης είναι ο εξεταζόμενος να δει όλες τις ακτίνες το ίδιο καθαρές για την περίπτωση του αρνητικού κυλίνδρου, ή το ίδιο θολές για την περίπτωση του θετικού κυλίνδρου. Προτιμότερο είναι να χρησιμοποιούνται αρνητικοί δοκιμαστικοί φακοί, καθώς προσφέρουν στον εξεταζόμενο μια ευκρινέστερη εικόνα. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

5.2.3.6.3 Στενοπική σχισμή

Άλλος ένας τρόπος ανίχνευσης της ύπαρξης αστιγματικού σφάλματος είναι η στενοπική σχισμή που υπάρχει σε όλες σχεδόν τις κασετίνες με τα σετ δοκιμαστικών φακών. Όπως και ο στενοπικός δίσκος έτσι και η στενοπική σχισμή είναι ένας αδιαφανής δοκιμαστικός φακός που στο μέσο του αντί να έχει μια οπή όπως έχει ο στενοπικός δίσκος έχει μια πολύ λεπτή σχισμή. Αφού την τοποθετήσουμε πάνω στο δοκιμαστικό σκελετό έχοντας ως δεδομένο ότι το σφαίρωμα έχει διορθωθεί, την περιστρέφουμε ανά 5 ° μέχρι εκεί που ο ασθενής θα δει σημαντική βελτίωση στην όρασή του. Ο άξονας αυτός είναι ένας από τους δύο κύριους μεσημβρινούς του αστιγματισμού. Για να υπολογιστεί η δύναμη τοποθετείται είτε αρνητικός κύλινδρος στις ίδιες μοίρες με αυτές που βλέπει καλά, είτε θετικός κύλινδρος με 90 μοίρες διαφορά. (Πατέρας, 2010) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Οι δύο εξεταστικές μέθοδοι εύρεσης αστιγματισμού που αναφέρθηκαν παραπάνω, στερούνται ακρίβειας και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες δοκιμασίες. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η γνώση τους σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν θολερότητες των διαφανών μέσων του ματιού, ή ανώμαλου αστιγματισμού, όπου και οι άλλες εξεταστικές μέθοδοι δεν δίνουν ακριβή αποτελέσματα. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των διάφορων δοκιμασιών, το τελικό αποτέλεσμα της συνταγής είναι πιο σωστό. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

5.2.3.7 Διόφθαλμη εξισορρόπηση

Έχοντας καθορίσει τις διαθλάσεις κάθε ματιού ξεχωριστά και έχοντας ισορροπήσει τη μία με την άλλη, το σφαίρωμα θα πρέπει να επιβεβαιωθεί διόφθαλμα. Αυτός είναι ο σκοπός της διόφθαλμης ισορροπίας. Το σφαιρικό στοιχείο ρυθμίζεται όσο είναι αναγκαίο ώστε να εξισορροπεί την προσαρμοστική προσπάθεια και των δύο ματιών, έτσι ώστε οι αμφιβληστροειδικές εικόνες αμφοτέρων των ματιών να είναι ταυτόχρονα εστιασμένες. Αν δεν είναι αυτή η περίπτωση, μπορεί να προκύψει ασθενωπία, καθώς η προσαρμογή αποσταθεροποιείται. Για τον τελικό έλεγχο του σφαιρώματος με αρκετή ακρίβεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διχρωματική δοκιμασία που αναλύθηκε παραπάνω. (Δαμανάκης, 1999). Στην περίπτωση που ο εξεταστής θέλει να ελέγξει τη διόφθαλμη ισορροπία των ματιών πριν δώσει την τελική συνταγή, θα πρέπει να αποσυντονίσει τα δύο μάτια με τον παρακάτω τρόπο. (Φωτεινάκης, et al., 2000)

Αρχικά, ο ασθενής θα πρέπει να τοποθετηθεί σε συνθήκες διόφθαλμης όρασης, με τρόπο ώστε αμφότερα τα μάτια να βλέπουν διαφορετικές εικόνες του ίδιου τεστ (ταυτόχρονη μονόφθαλμη όραση). Αυτό σημαίνει ότι κάθε μάτι πρέπει να βλέπει την ίδια εικόνα ξεχωριστά με αποτέλεσμα η όραση του δεξιού και του αριστερού οφθαλμού να μπορούν να συγκριθούν και να βρεθεί η καλύτερη διαθλαστική ισορροπία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι για την επίτευξη των συνθηκών αυτής της ταυτόχρονης μονόφθαλμης όρασης. Τα δύο μάτια διαχωρίζονται έτσι ώστε είτε (α) αμφότερα τα μάτια βλέπουν τον ίδιο στόχο αλλά ποτέ ταυτόχρονα, ή (β) κάθε μάτι βλέπει μια διαφορετική εικόνα του ίδιου στόχου, και αμφότεροι οι στόχοι διακρίνονται ταυτόχρονα. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές τεχνικές για να διαχωριστούν τα μάτια: 1) πολωτικά φίλτρα/ φακοί 2) κάθετο πρίσμα. (Φωτεινάκης, et al., 2000) (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981) (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

(1) Πολωτικό τεστ για τη φορία διαχωρισμού

Η μέθοδος των πολωτικών φίλτρων/φακών επιτυγχάνει διαχωρισμό με τη χρήση πολωμένων στόχων και πολωτικών φακών με κατακόρυφο μεταξύ τους προσανατολισμό. Οι στόχοι μπορεί να περιλαμβάνουν γράμματα ή πολωμένους διχρωματικούς πίνακες. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Το τεστ αποτελείται από τέσσερις φωτισμένες πολωτικές μπάρες τοποθετημένες σε μορφή σταυρού σε σκούρο φόντο. Ενώ φορά ο ασθενής πολωτικά γυαλιά ή βλέπει στο σταυρό του τεστ μέσω των πολωτικών φίλτρων του φοροπύερου, βλέπει με το ένα μάτι τις δύο κατακόρυφες μπάρες και με το άλλο τις δύο οριζόντιες μπάρες. Το τεστ προσφέρει έναν αποτελεσματικό τρόπο για το προσδιορισμό ταυτόχρονα της οριζόντιας και κατακόρυφης φορίας. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Επειδή οι μπάρες του τεστ δημιουργούν μικρή οπτική γωνία ο ασθενής πρέπει να έχει μια επαρκή καλή οπτική οξύτητα έτσι ώστε να δει τα ευδιάκριτα στοιχεία και να προσδιορίσει με ακρίβεια την μετατόπιση τους. Εάν για κάποιους λόγους η φορία, με όχι καλή διόρθωση, χρειάζεται να μετρηθεί το τεστ με το σημείο προσήλωσης ή το τεστ του Maddox με την κατακόρυφη μπάρα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αντί αυτού. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Τα πολωτικά γυαλιά/φίλτρα πρέπει να ρυθμιστούν στο κεφάλι του ασθενή μέχρι να επιτευχθεί η βέλτιστη οπτική κατάσταση. Εάν ο ασθενής αναφέρει ότι βλέπει μόνο μία από της δύο γραμμές, για παράδειγμα αντιλαμβάνεται μόνο τις οριζόντιες γραμμές, τότε η καταστολή του άλλου ματιού από το οποίο έπρεπε να βλέπει τις κατακόρυφες γραμμές είναι ολοφάνερη. Αυτού του τύπου η απαίτηση συμβαίνει επίσης εάν υπάρχει μεγάλη φορία έτσι ώστε ο ασθενής έχει δυσκολία να βλέπει μαζί εικόνες στο ίδιο οπτικό πεδίο. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Εάν ο ασθενής αναφέρει ότι βλέπει έναν τέλειο ευθυγραμμισμένο σταυρό τότε υπάρχει ορθοφορία. Αυτό το υποκειμενικό τεστ θεωρεί φυσικά ότι ο ασθενής δεν έχει ενεργοποιήσει το σύστημα της σύγκλισης για να αντισταθμίσει τη φορία. Εάν από την άλλη πλευρά ο ασθενής αναφέρει ότι βλέπει τις κατακόρυφες μπάρες μετατοπισμένες υψηλότερα ή χαμηλότερα από το κέντρο του σταυρού τότε υπάρχει κατακόρυφη φορία. Με το να γνωρίζουμε ποιο μάτι βλέπει την οριζόντια γραμμή μπορούμε να προσδιορίσουμε τον τύπο της οριζόντιας διπλωπίας που υπάρχει(διασταυρούμενη η μη διασταυρούμενη) ή εάν αντίστοιχα μια έξω ή έσω απόκλιση είναι παρούσα. Παρόμοια για κατακόρυφο διαχωρισμό σαν συνάρτηση της μετατόπισης της κατεύθυνσης των οριζόντιων γραμμών μία υπό ή υπέρ απόκλιση μπορεί να προσδιοριστεί. Μία ποσοτική μέτρηση της οριζόντιας και κατακόρυφης φορίας μπορεί να γίνει με την χρήση κατάλληλου πρίσματος. Για παράδειγμα μία έσω-απόκλιση (διασταυρούμενη διπλωπία) απαιτεί εξουδετέρωση με ένα βάση έξω πρίσμα, η έξω-απόκλιση χρειάζεται ένα βάση κάτω πρίσμα μπροστά από το μάτι το οποίο βλέπει το χαμηλότερο μετατοπισμένο οριζόντιο στοιχείο ή κατ' αναλογία βάση επάνω πρίσμα τοποθετείται μπροστά από το άλλο μάτι. Σε κάθε περίπτωση η δύναμη του πρίσματος είναι συνεχώς αυξανόμενη με μικρά βήματα μέσω της μεθόδου του στιγμιαίου κλεισίματος μέχρι η τελεία ευθυγράμμιση με τον σταυρό να επιτευχθεί ξανά. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

Όταν υπάρχει και οριζόντια και κατακόρυφη διαίρεση ο ασθενής θα αναφέρει τότε ότι βλέπει λοξά προσανατολισμένο τον σταυρό. Τότε και οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες γραμμές βρίσκονται μετατοπισμένες έξω από το κέντρο του φακού. Σε αυτή την περίπτωση πρώτα η οριζόντια φορία εξουδετερώνεται με το κατάλληλο οριζόντιο πρίσμα και τελικά η κατακόρυφη απόκλιση διορθώνεται με το κατάλληλο κατακόρυφο πρίσμα. Συχνά αφού η οριζόντια απόκλιση έχει διορθωθεί ο ασθενής θα αναφέρει ότι η κατακόρυφη φορία μετατόπισης έχει τώρα μειωθεί σε μέγεθος, απαιτούνται έτσι μικρότερης δύναμης πρίσματα στην κατακόρυφη διεύθυνση έτσι ώστε να επιτευχθεί τέλεια τελική ευθυγράμμιση του σταυρού. (Θεοδοσιάδης & Δαμανάκης, 1981)

(2) Κάθετο πρίσμα

Η εξέταση της διόφθαλμης όρασης ξεκινάει με θόλωση των δυο ματιών κατά +1.00dpt, τόσο για να μπορεί να βλέπει άνετα στο οπτότυπο μέχρι 5/10. Η όραση μειώνεται ελαφρώς και παρόμοιες θαμπές συνθήκες επιτρέπουν στον ασθενή μία ευκολότερη σύγκριση. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Εν συνεχεία ζητείται από τον ασθενή να κλείσει και τα δύο του μάτια για να τοποθετηθούν πρίσματα 3.00dpt με αντίθετες βάσεις. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνεται ο αποσυντονισμός των οφθαλμών. Στη συνέχεια ζητείται από τον ασθενή να ανοίξει και τα δύο του μάτια. Η προσοχή του ασθενή εστιάζεται

στη γραμμή των 5/10 και συνήθως ρωτάται εάν βλέπει δύο γραμμές, την μία πάνω από την άλλη. Στην περίπτωση που ο ασθενής δεν βλέπει δύο γραμμές, τότε αρχικά θα πρέπει να γίνει έλεγχος εάν είναι και τα δύο μάτια ανοιχτά. Στην συνέχεια μπορεί να καλυφθεί κάθε μάτι ξεχωριστά, και να ερωτηθεί εάν βλέπει κάποια γραμμή. Όταν ανοιχτούν και οι δύο οφθαλμοί θα πρέπει να βλέπει τις γραμμές στο οπτότυπο τη μία πάνω από την άλλη. Στην περίπτωση που συνεχίζει να μην τις βλέπει τότε σημαίνει ότι η μία εικόνα απορρίπτεται έτσι με αυτό τον τρόπο η διαδικασία δεν μπορεί να συνεχιστεί, και ο ασθενής παραπέμπεται σε οφθαλμίατρο. Επίσης εάν μπορεί να δει τις δύο γραμμές αλλά δεν είναι ακριβώς η μία πάνω από την άλλη, αλλά πλάγια, τότε ίσως υπάρχει κάποια οριζόντια φορία για μακρυά. Η διαδικασία συνεχίζεται, προσέχοντας αργότερα την μυϊκή ισορροπία. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

Ο εξεταστής συνεχίζει τη διαδικασία ζητώντας από τον ασθενή να συγκρίνει τις εικόνες που διακρίνονται από το δεξιό και το αριστερό μάτι και να υποδείξει ποιο από τα δύο μάτια βλέπει καθαρότερα (η εικόνα λιγότερο θαμπή). Στην συνέχεια της εξέτασης, ο εξεταστής προσπαθεί να εξισώσει την όραση (εξισώσει το θάμπωμα) και των δύο ματιών. Αυτό επιτυγχάνεται προσθέτοντας θετικούς φακούς σε βήματα +0.25dpt μέχρι τα δύο μάτια να βλέπουν εξίσου. Αν αμφότερα τα μάτια ποτέ δεν βλέπουν ίδια, προτιμάται ο κυρίαρχος οφθαλμός έτσι ώστε η διαθλαστική διόρθωση να σεβαστεί τη φυσιολογική οπτική υπεροχή. Ο ασθενής τοποθετείται σε πλήρη διόφθαλμη κατάσταση (και τα δύο μάτια ανοιχτά, βλέποντας τον ίδιο στόχο) και ελέγχεται το επίπεδο της όρασης διόφθαλμα. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέχρι τα 8/10. Όταν στα 8/10 οι δύο γραμμές είναι το ίδιο θολές ζητείται από τον ασθενή να κλείσει τα μάτια, για να αφαιρεθούν τα πρίσματα. Στη συνέχεια, καλείται ο ασθενής να διαβάσει τη χαμηλότερη γραμμή (διόφθαλμα). Έπειτα, αφαιρείται +0,25 Dpt και από τα δύο του μάτια ταυτόχρονα μέχρι να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή οπτική οξύτητα. Θα πρέπει να τονιστεί στον εξεταζόμενο ότι το ζητούμενο είναι να βλέπει καθαρότερα τα γράμματα και όχι μικρότερα και πιο μαύρα. (Ασημέλλης & Κατσούλος, 2008)

5.2.3.8 Εύρεση κοντινής διόρθωσης

Μετά το πέρας της εξέτασης της μακρινής όρασης, το επόμενο βήμα είναι να εξεταστεί και η κοντινή όραση. Έντονη κοντινή εργασία καθώς και κάποιο πρόβλημα σύγκλισης, μπορεί να είναι τα αίτια ανάπτυξης προβλήματος της κοντινής όρασης αρκετά γρηγορότερα από το φυσιολογικό. Πρέπει πάντα να ελέγχεται η κοντινή όραση σε όλους τους ασθενείς ανεξαρτήτως ηλικίας. (Ασημέλλης, et al., 2007)

Η εξέταση της κοντινής όρασης γίνεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως της μακρινής με την μόνη και κύρια διαφορά την απόσταση στην οποία διεκπεραιώνεται η εξέταση. Η συνηθισμένη ή απαιτούμενη απόσταση εργασίας του ασθενούς είναι βασικός και κρίσιμος παράγοντας για τη σωστή κοντινή συνταγή. Αυτό μπορεί να ποικίλει σημαντικά από το ένα άτομο στο άλλο. Για παράδειγμα, εργασία μεγάλης ακρίβειας στα 25εκ., εργασία σε διαφορετικές θέσεις: μπροστά από οθόνες υπολογιστή, ή ειδικές εργασίες όπως διάβασμα μουσικής παρτιτούρας. Το οπτικό περιβάλλον μπορεί επίσης να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό. Είναι συνεπώς σημαντική η πλήρης κατανόηση των κύριων κοντινών καθηκόντων του ασθενούς, ζητώντας λεπτομερειακές περιγραφές ή ακόμα και προσομοιώσεις. Πρέπει να υπάρξει ρύθμιση της οπτικής διόρθωσης ώστε να αρμόζει κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Για να ελεγχθεί η συνήθης απόσταση ανάγνωσης του ασθενούς θα πρέπει να του δοθεί μια κάρτα δοκιμής ανάγνωσης και να τη κρατήσει σε μια θέση όπου θα αισθάνεται άνετα με αυτή. Η απόσταση πρέπει να μετρηθεί από το μάτι στην κάρτα. (Δαμανάκης, 1999)

Η κύρια δοκιμασία είναι η εύρεση του επιπλέον θετικού σφαιρώματος (addition) το οποίο χρειάζεται ο εξεταζόμενος για να μπορεί να διαβάζει άνετα κοντά. Σημαντικό ρόλο έχει η ηλικία του εξεταζόμενου, ώστε να προσεγγιστεί ευκολότερα πόσο απόθεμα προσαρμογής έχει και μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Στην περίπτωση που το χορηγούμενο addition είναι διαφορετικό μεταξύ των δύο οφθαλμών προσπαθώ να ελέγξω για εξομοίωση ειδικά αν η διαφορά είναι +0,25 Dpt.

Κατά την χορήγηση του addition ελέγχεται και το καθαρό εύρος όρασης. Ο ασθενής πρέπει να συνεχίζει να διαβάζει με ευκρίνεια και άνεση λίγα εκατοστά πιο μπροστά και πιο πίσω από την συνήθης για αυτόν απόσταση ανάγνωσης. Αυτό μπορεί να παράσχει περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με το οπτικό επίπεδο της όρασης (αδύνατη ή καλή), την προσαρμοστική ικανότητα (επαρκής η όχι) και τη διόφθαλμη συμπεριφορά (εσωφορική ή εξωφορική). (Δαμανάκης, 1999) (Φωτεινάκης, et al., 2000)

ΛΙΣΤΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΠΟΜΠΩΝ

Bates, B., Bickley, L. & Hoekelman, R., 1998. *A pocket guide to physical examination and history taking*. 1η επιμ. Αθήνα: Παρισιάνου Μαρία Γρ..

Ching-Yu, C., May-Yung, Y., Hsin-Yi, L. & Wei-Wei, H., 2004. Association of ocular Dominance and Anisometric Myopia. *Investigative Ophthalmology & visual science*, Αύγουστος, pp. 2856-2860.

Leigh, J. & Zee, D., 2006. *The neurology of eye movements*. 4η επιμ. New York: Oxford University Press.

Lennie, P. & Van Hemel, S. B., 2002. *Visual Impairments: Determining Eligibility for social security benefits*. Washington, D.C: National Academy Press.

Ophthalmology, A. A. ο., 1993-1994. *Οπτική, διάθλαση και φακοί επαφής*. 3η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδη.

Pendrotti, L., 2003. *Basic Geometric Optics. Module 1.3, Fundamentals of photonic*.

[Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://spie.org/Documents/Publications/00%20STEP%20Module%2003.pdf>

[Πρόσβαση 1 Ιούνιος 2014].

Snell, R. S. & Lemp, M. A., 2006. *Κλινική ανατομία του οφθαλμού*. 2η επιμ. Αθήνα: Π.Χ.Πασχαλίδης.

VIRGINIA, EDUCATION, NOTES 2004. Newton's particle theory of light

<http://galileo.phys.virginia.edu/classes/609.ral5q.fall04/LecturePDF/L20-LIGHTII.pdf>.

Walters, M. R., 2009. *Μάθετε για τα μάτια: καταρράκτης, γλαύκωμα & εκφύλιση ωχρής κηλίδας*. Αθήνα: Π.Χ.Πασχαλίδης.

Yoon, G., n.d. *Aberration theory*, University of Rochester: Department of Ophthalmology Center for Visual Science.

Young, H. D., 1992. *Πανεπιστημιακή φυσική*. 8η επιμ. Αθήνα: Παπαζήση.

Ασημέλλης, Γ., 2005. *Μαθήματα οπτικής*. 2η επιμ. Αθήνα: Σύγχρονη γνώση.

Ασημέλλης, Γ. & Κατσούλος, Κ., 2008. *Η σύγχρονη διαθλαστική εξέταση*. Αθήνα: Σύγχρονη γνώση.

Ασημέλλης, Γ., Κατσούλος, Κ., Καραγεωργιάδης, Λ., Μακρυγιώτη, Δ., Βασιλείου, Ν., Μουσαφειρόπουλος, Θ., Μπαχάρης, Κ., 2007. *Οπτική και υπερόραση*. 2η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Σύγχρονη γνώση.

Δαμανάκης, Α. Γ., 1999. *Διάθλαση: Βασικές αρχές και τεχνική*. 2η επιμ. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.

- Δημάρας, Σ., 2014. *Φως και διάθλαση*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://blogs.sch.gr/>
[Πρόσβαση 1 Ιούνιος 2014].
- Ζευγώλης, Δ., 2007. *Εφαρμοσμένη οπτική με θέματα οπτικοηλεκτρονικής & laser*. 2η επιμ.
Αθήνα: Τζιόλα.
- Θεοδοσιάδης, Γ. & Δαμανάκης, Α., 1981. *Βασικές αρχές στραβισμού*. Αθήνα: Ιατρικές
εκδόσεις Λίτσας.
- Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη, Δ., Καραγεωργιάδης, Λ., Κωνσταντακόπουλος, Σ.,
Σαπουνάκης, Η., Φωτεινάκης, Β., 2010. *Φακοί επαφής: Α' Επιστήμη και βασικές αρχές*.
Αθήνα: Σύγχρονη Γνώση.
- Κόκοτας, Β., 2008. *Η τέχνη & η τεχνική της σκιασκοπίας*. Άθηνα: Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Κωνσταντακόπουλος, Γ., n.d. *Light website*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://light.physics.auth.gr/enc/reflection.html>
[Πρόσβαση 1 6 2014].
- Μαγουλάς, Μ. Π., 2005. *Τοπογραφία & Wavefront*. Αθήνα: Βήτα.
- Μόσχος, Μ. Ν., 1998. *Νευρο-οφθαλμολογία*. Αθήνα: Ζήτα.
- Ντουζγος, Α. Δ., 2013. *ΝΤΟΥΖΓΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΣ ΟΦΘΑΛΜΙΑΤΡΟΣ MD, FEBO ΣΤΗ
ΛΑΜΙΑ*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://www.ntouzgos-ofthalmiatros.gr/askorinostomia>
[Πρόσβαση 1 Ιούνιος 2014].
- Πατέρας, Ε., 2010. *Οπτομετρία I*. Αθήνα: Ελλην.
- Πατέρας, Ε., 2010. *Οπτομετρία II*. Αθήνα: Ελλην.
- Πατέρας, Ε., 2010. *Οφθαλμικοί φακοί-1*. Αθήνα: Ελλην.
- Πατέρας, Ε., 2010. *Οφθαλμικοί φακοί-2*. Αθήνα: Ελλην.
- Σπυριδέλης, Ι. Ε. & Καμπάς, Κ. Α., 1990. *Γεωμετρική οπτική: Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη:
Γιαχούδη.
- Στάγκος, Ν. Τ., 2002. *Κλινική οφθαλμολογία*. Θεσσαλονίκη: University studio press.
- Τσακίρη, Α. Ι., 2004. *Φωτοτεχνία*. Αθήνα: Εύδοξος.
- Φωτεινάκης, Β., 1998. *Εγχειρίδιο για τη χαμηλή όραση*. Αθήνα: Ελλην.
- Φωτεινάκης, Β., Πατέρας, Ε. & Χανδρινός, Α., 2000. *Κλινική διάθλαση*. Αθήνα: Ελλην.
- Χανδρινός, Α., 2012. *Ειδικές τεχνικές οπτομετρικού ελέγχου*. Αθήνα: Ιων.
- Χανδρινός, Α. Β., 2009. *Τεχνολογία οφθαλμικών φακών: Διπλεσσιακοί & πολυεστιακοί
φακοί*. 2η επιμ. Αθήνα: Ελλην.