



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ**
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΦΘΑΛΜΟΣ ΚΑΙ LASER: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

ΑΝΑΓΝΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ: 738)

ΔΗΜΗΤΡΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ: 740)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΘΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΙΓΙΟ - 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Οπτικής και Οπτομετρίας, της Σχολής Επιστημών Αποκατάστασης της Υγείας του Πανεπιστημίου Πατρών. Στόχος της εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση της χρήσης των Λείζερ στην Οπτομετρία, τις εφαρμογές τους στην Οφθαλμολογία, με έμφαση στις νεότερες εξελίξεις που αφορούν το θέμα.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλλαν στην πραγματοποίηση της ακόλουθης πτυχιακής και ειδικότερα, τον υπεύθυνο καθηγητή μας, κ. Ιωάννη Θανόπουλο, για την όλη καθοδήγηση και εμπιστοσύνη που μας έδειξε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση των Laser σήμερα έχει κυριαρχήσει σε όλους τους τομείς της επιστήμης και της καθημερινότητας του σύγχρονου ανθρώπου. Από το γεγονός αυτό δεν θα μπορούσε να απέχει η επιστήμη της Οπτικής και Οπτομετρίας. Η παρούσα πτυχιακή ασχολείται με την παρουσίαση της θεωρίας και των εφαρμογών των Laser στη θεραπεία οφθαλμικών παθήσεων.

Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή γίνεται η παρουσίαση της ανατομίας του ανθρώπινου οφθαλμού, των λειτουργιών του αλλά και των διαθλαστικών σφαλμάτων του. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των Laser από την αρχή του 20^{ου} αιώνα, τη πρώτη του πραγμάτωση τις αρχές της δεκαετίας του 1960 έως και τη σημερινή εποχή. Έπειτα, γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένα συστήματα Laser που χρησιμοποιούνται σε μεθόδους θεραπείας οφθαλμικών παθήσεων. Επιπρόσθετα, γίνεται λεπτομερής περιγραφή των εφαρμογών του στη διόρθωση των διαθλαστικών παθήσεων των οφθαλμών ενώ παρουσιάζεται η σημασία του κατάλληλου προ-εγχειρητικού ελέγχου και της ενημέρωσης του ασθενή πριν αντίστοιχες χειρουργικές επεμβάσεις.

Καταλήγοντας, αναφέρονται οι νεότερες εξελίξεις και μελλοντικές τάσεις στο τομέα των οφθαλμολογικών χειρουργειών με τη χρήση Laser, όπως επίσης αναλύονται τα αποτελέσματα δυο σχετικών ερευνών, όπου η πρώτη σχετίζεται με το κόστος των διαθλαστικών επεμβάσεων, ενώ η δεύτερη με τη ποιότητα ζωής των ατόμων που έχουν διορθώσει το διαθλαστικό τους σφάλμα. Αμφότερες, δείχνουν την ξεκάθαρη υπεροχή της διόρθωσης με τις εφαρμογές του Laser έναντι των υπολοίπων εναλλακτικών μεθόδων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Οπτική-Οπτομετρία, Χειρουργική με Laser, Διαθλαστικές παθήσεις, Οφθαλμικές παθήσεις.

Abstract

The use of lasers dominates all scientific areas today, as well as everyday life of contemporary man. The science of Optics and Optometry could not be an exception to this fact. This diploma thesis deals with the presentation of the theory and applications of Lasers on the treatment of ocular diseases.

More specifically, in the beginning the anatomy of the human eye is presented, as well as its various functions and the corresponding refractive faults. Furthermore, the history of the laser is presented from the beginning of the twentieth century, to its first realization in the beginning of the 1960's till nowadays. Then several laser systems with applications on the treatment of ocular maladies are discussed. Moreover, a detailed analysis of these applications on the correction of refractive faults of the human eye is presented, in addition to the emphasis given on the pre-surgery control and patient briefing regarding such surgeries.

Lastly, the newest developments and future trends on the area of ophthalmological surgeries with use of lasers are discussed, as well as the results of two related investigations are analyzed. The first investigation is related to the cost of such surgeries and the second investigation focuses on the life-quality improvement after such a refractive fault correction surgery. Both investigations clearly demonstrate the superiority of laser-based methods over alternative ones.

KEY WORDS: Optics and Optometry, Laser Surgery, Refractive Diseases, Eye Diseases.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ.....	2
1.1 Ανατομία του Οφθαλμού.....	2
1.2 Λειτουργία της όρασης.....	4
1.3 Εμμετροπία/Αμετροπία	6
1.4 Επιστήμη της Οπτομετρίας.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΕΙΖΕΡ	10
2.1 Ιστορική αναδρομή των Laser.....	10
2.2 Αρχές λειτουργίας Laser	11
2.2.1 Ενεργό υλικό	12
2.2.2 Μηχανισμός άντλησης της ενέργειας.....	12
2.2.3 Οπτικό αντηχείο	13
2.3 Ιδιότητες Laser	13
2.3.1 Μονοχρωματικότητα	14
2.3.2 Οπτική συμφωνία	14
2.3.3 Κατευθυντικότητα	15
2.3.4 Λαμπρότητα.....	15
2.3.5 Πόλωση	16
2.4 Κατηγοριοποίηση συστημάτων Laser	16
2.4.1 Laser στερεών.....	16
2.4.2 Laser αερίων	17
2.4.3 Laser υγρών	18
2.5 Ασφάλεια συστημάτων Laser.....	18
2.5.1 Κατηγορία 1	19
2.5.2 Κατηγορία 2	19
2.5.3 Κατηγορία 3	19
2.5.4 Κατηγορία 4	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ LASER ΣΤΗΝ ΟΦΘΑΛΜΟΛΟΓΙΑ	21
3.1 Laser στην Οφθαλμολογία	21
3.2 Κυριότερα συστήματα Laser στην Οφθαλμολογία	24
3.2.1 Argon Laser	24
3.2.2 Green Laser	25
3.2.3 Krypton Laser	25

3.2.4 Dye Laser.....	26
3.2.5 Nd-Yag Laser	26
3.2.6 Excimer Laser.....	27
3.2.7 Femtosecond Laser	27
3.3 Άλλα συστήματα Laser στην Οφθαλμολογία.....	28
3.3.1 Μέθοδος Lasik Laser.....	28
3.3.2 Μέθοδος PRK (PhotoRefractive Keratectomy).....	28
3.3.3 Μέθοδος Lasek.....	29
3.3.4 Μέθοδος Epi-Lasik.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ LASER ΣΕ ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ	31
4.1 Κατηγοριοποίηση επεμβάσεων στις Οφθαλμικές παθήσεις.....	31
4.2 Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια.....	32
4.3 Αποκόλληση αμφιβληστροειδούς	33
4.4 Εκφύλιση ωχράς κηλίδας	34
4.5 Γλαύκωμα.....	35
4.6 Καταρράκτης.....	36
4.7 Κερατόκωνος.....	38
4.8 Αποκόλληση υαλοειδούς.....	39
4.9 Κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ LASER ΣΤΙΣ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ	42
5.1 Προ-εγχειρητικός έλεγχος ασθενή διαθλαστικής επέμβασης.....	42
5.1.1 Αρχικές προϋποθέσεις	42
5.1.2 Μετεγχειρητικές προσδοκίες.....	43
5.1.3 Οφθαλμολογικό ιστορικό	43
5.1.4 Οφθαλμικές εξετάσεις	44
5.2 Ενημέρωση ασθενή	47
5.2.1 Μετά την επέμβαση.....	47
5.2.2 Αποτελέσματα διαθλαστικής επέμβασης	48
5.2.3 Πιθανές επιπλοκές.....	49
5.3 Διόρθωση μυωπίας με Laser	49
5.4 Διόρθωση υπερμετροπίας με Laser.....	51
5.5 Διόρθωση αστιγματισμού με Laser	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ	53
6.1 Νεότερα δεδομένα.....	53
6.1.1 Χειρουργική με Laser CO ₂	53
6.2 Μελλοντικά σχέδια.....	54

6.2.1 Γονιδιακή θεραπεία	54
6.2.2 Φωτό-υποδοχείς από βλαστοκύτταρα	55
6.2.3 Εκτοπική όραση.....	55
6.3 Αποτελέσματα ερευνών.....	55
6.3.1 Έρευνα για σύγκριση κόστους	56
6.3.2 Έρευνα για σύγκριση ποιότητας ζωής των ασθενών.....	57
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	61

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θέμα της εργασίας μας αποτελεί η χρήση του Laser στην επιστήμη της Οπτομετρίας. Σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε το θεωρητικό υπόβαθρο, και να αναφερθούμε στις πρακτικές εφαρμογές του Laser στην σύγχρονη Οπτομετρία.

Αρχικά, θα κάνουμε μια γενική παρουσίαση του ανθρώπινου οφθαλμού, της φυσιολογίας του, της συμβολής του στην όραση καθώς και στα δυνατά σφάλματα του οφθαλμού, λόγω των οποίων καθίσταται επιτακτική ανάγκη η χρήση των Laser στην εποχή μας. Έπειτα, θα γίνει μια ιστορική ανασκόπηση της εξέλιξης των Laser και θα αναλυθούν οι αρχές λειτουργίας τους, καθώς και οι ιδιότητές τους.

Επιπρόσθετα, παρουσιάζουμε τις κατηγορίες των διαφόρων συστημάτων Laser και θα αναλύσουμε το κάθε είδος ξεχωριστά. Θα γίνει περιγραφή της εφαρμογής του κάθε Laser, πάνω στις διάφορες υπάρχουσες διαθλαστικές ανωμαλίες, που απαιτούν τη χρήση του, ενώ η εργασία κλείνει με αναφορά σε δύο σχετικές με το θέμα μας έρευνες, οι οποίες υπήρξαν αρκετά βοηθητικές για να καταλάβουμε σε μεγαλύτερο βαθμό το αντικείμενο έρευνάς μας. Επίσης, στην έρευνά μας συζητούνται τα στοιχεία εκείνα που διέπουν τη χρήση τους κατά την αλληλεπίδραση με τον άνθρωπο, όπως ο προ-εγχειρητικός έλεγχος και η ενημέρωση του ασθενούς.

Η εργασία μας εντάσσεται στην επιστήμη της Οπτικής-Οπτομετρίας. Επιλέξαμε το συγκεκριμένο θέμα, διότι στη σύγχρονη εποχή που ζούμε, είναι αναγκαία η παρακολούθηση της παράλληλης ανάπτυξης και συνεργασίας της Επιστήμης και της Τεχνολογίας.

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, χρησιμοποιήσαμε πληροφορίες και στοιχεία που συλλέξαμε από παλαιότερες έρευνες, επιστημονικά βιβλία και άρθρα από περιοδικά, καθώς και τις γνώσεις μας από την φοίτηση στο τμήμα Οπτικής-Οπτομετρίας. Είναι γεγονός πως η ξενόγλωσση βιβλιογραφία είναι σαφώς πιο πλούσια πάνω στο θέμα σε σχέση με την ελληνική, κάτι το οποίο καθόρισε την επιλογή μας να κάνουμε εκτεταμένη χρήση της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ

1.1 Ανατομία του Οφθαλμού

Ο οφθαλμός είναι το αισθητήριο όργανο της όρασης. Είναι ένας στρογγυλός βολβός του οποίου το τοίχωμα ουσιαστικά αποτελείται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες : τον έξω ή ινώδη χιτώνα, ο οποίος χωρίζεται σε σκληρό και κερατοειδή χιτώνα, τον μέσο ή αγγειώδη χιτώνα, ο οποίος απαρτίζεται από τον χοριοειδή, το ακτινωτό σώμα και την ίριδα, καθώς και τον έσω ή αμφιβληστροειδή χιτώνα , που με τη σειρά του χωρίζεται σε έξω πέταλο και έσω πέταλο (Snell, 2006).

Ο σκληρός χιτώνας αποτελεί ουσιαστικά το λευκό τμήμα του ματιού. Πρόκειται για την πιο εξωτερική στοιβάδα του οφθαλμού και έχει πάχος 1μμ. Προστατεύει το περιεχόμενο του οφθαλμού και διατηρεί το σχήμα του. Στο πίσω μέρος έχει άνοιγμα για τη δίοδο του οπτικού νεύρου, ενώ σε αυτόν είναι κολλημένοι και οι τένοντες των μυών που κινούν τον οφθαλμό. Οι μύες αυτοί είναι ο ανελκτήρας του άνω βλεφάρου, ο άνω ορθός, ο κάτω ορθός, ο έσω ορθός, ο έξω ορθός, ο άνω λοξός και ο κάτω λοξός. Η λειτουργία τους είναι η κίνηση του οφθαλμικού βολβού (Μαριόλης, 2018).

Στο πρόσθιο τμήμα ο σκληρός μεταπίπτει σε ένα διαφανή ιστό που ονομάζεται κερατοειδής και έχει πάχος 0.5 μμ. Αποτελείται από 5 στιβάδες και φυσιολογικά δεν περιέχει αγγεία. Έχει καμυλότητα και είναι από τις δομές του ματιού που συμβάλλουν στην εστίαση του φωτός πάνω στον αμφιβληστροειδή. Στο πρόσθιο τμήμα του σκληρού που μένει ακάλυπτο, εντοπίζεται ο επιπεφυκότας, μια λεπτή μεμβράνη με πολλά αγγεία.

Ο αμφιβληστροειδής είναι ο φωτοευαίσθητος χιτώνας του ματιού που επενδύει εσωτερικά τον οφθαλμό. Διαθέτει τους φωτοϋποδοχείς που μετατρέπουν το φωτεινό ερέθισμα σε νευρική διέγερση. Περιέχει ένα πολύ μεγάλο αριθμό νευρώνων που συμμετέχουν στη μετάδοση της εικόνας προς τον εγκέφαλο. Ουσιαστικά, αποτελεί προέκταση του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Το εσωτερικό του τμήμα βρίσκεται σε επαφή με το υαλοειδές σώμα. Το υαλοειδές σώμα, είναι μια κοιλότητα που βρίσκεται κάτω από τον φακό. Έχει υφή ζελέ και φυσιολογικά είναι διαφανές. Έρχεται σε επαφή μπροστά με το οπίσθιο περιφάκιο του φακού και καλύπτει την επιφάνεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Συνδέεται με τον αμφιβληστροειδή στην περιφέρειά του, γύρω από την οπτική θηλή,

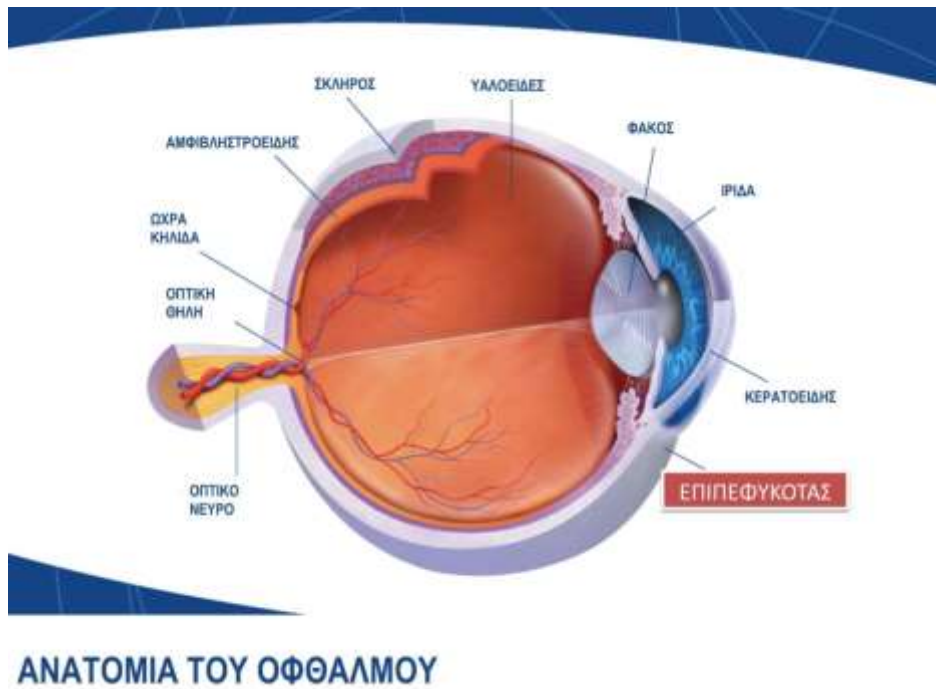
στην ωχρά κηλίδα και στα αγγεία του αμφιβληστροειδούς. Από το φακό ως τη θηλή του οπτικού νεύρου υπάρχει ένας σωλήνας, ο σωλήνας του Cloquet (Μαριόλης, 2018).

Σημαντικό ρόλο στη δομή αλλά και λειτουργία του οφθαλμικού βολβού παίζει ο φακός. Βρίσκεται πίσω από την ίριδα. Η ίριδα είναι το χρωματιστό τμήμα του οφθαλμού. Στο κέντρο έχει μια οπή, την κόρη. Αποτελεί το όριο ανάμεσα στο πρόσθιο και στο οπίσθιο τμήμα του οφθαλμού. Περιέχει μυϊκές ίνες που της επιτρέπουν να διαστέλλεται και να συστέλλεται αλλάζοντας το μέγεθος της κόρης και ταυτόχρονα την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό.

Όσον αφορά το φακό, το σχήμα του μπορεί και μεταβάλλεται αλλάζοντας ταυτόχρονα τη διαθλαστική του ισχύ έτσι ώστε να επιτυγχάνεται πάντα η εστίαση πάνω στον αμφιβληστροειδή. Ουσιαστικά κρέμεται από ένα σύστημα πολύ λεπτών ινών, τη ζίνναιο ζώνη. Μικροσκοπικοί μύες ελέγχουν την τάση αυτών των ινών και ταυτόχρονα το σχήμα του φακού.

Στο πίσω μέρος του οφθαλμού, εντοπίζεται το οπτικό νεύρο. Είναι μέρος του κεντρικού νευρικού συστήματος και μεταδίδει πληροφορίες από το μάτι στον εγκέφαλο. Όταν εξετάζουμε τον οφθαλμό το πρόσθιο τμήμα του οπτικού νεύρου, που ονομάζεται οπτική θηλή, είναι ορατό. Είναι κοντά στην ωχρά κηλίδα, η οποία αποτελεί το κεντρικό τμήμα του αμφιβληστροειδούς και βρίσκεται κοντά στην οπτική θηλή. Είναι μικρή περιοχή –περίπου 5-6μμ σε διάμετρο – αλλά είναι πολύ φωτοευαίσθητη και είναι υπεύθυνη για την λεπτομερή κεντρική όραση. Το κεντρικότερο σημείο της ωχρής κηλίδας ονομάζεται κεντρικό βοθρίο. Έχει διάμετρο 1.5 μμ και είναι υπεύθυνο για την λεπτομερή όραση (Snell, 2006).

Η οπτική θηλή ή οπτικός δίσκος είναι μια στρογγυλή περιοχή και αποτελεί την κεφαλή του οπτικού νεύρου. Στην περιοχή αυτή δεν υπάρχουν φωτουποδοχείς για αυτό αποτελεί τυφλό σημείο. Μέσα από την οπτική θηλή αναδύονται τα αγγεία του αμφιβληστροειδούς.



Εικόνα 1: Ανατομία του ανθρώπινου οφθαλμού (Μανιατέας, 2021).

1.2 Λειτουργία της όρασης

Η βασική λειτουργία ενός αισθητήριου οργάνου της όρασης είναι η αντίδραση στο οπτικό ερέθισμα. Η αίσθηση της όρασης ουσιαστικά απαρτίζεται από τρεις κύριες συνιστώσες. Πρώτη, αποτελούν οι οφθαλμοί, δεύτερη οι νευρώνες και τρίτη ο εγκέφαλος. Αναλυτικότερα, οι οφθαλμοί εστιάζουν μια εξωτερική εικόνα πάνω στον αμφιβληστροειδή, οι νευρώνες μεταφέρουν την πληροφορία στον εγκέφαλο και ο εγκέφαλος επεξεργάζεται την πληροφορία.

Η όραση έχει έναν βασικό μηχανισμό που ορίζει και την λειτουργία της. Το φως ανακλάται, εκπέμπεται ή σκεδάζεται από ένα αντικείμενο και εισέρχεται στο μάτι. Οι συνδυαζόμενες διαθλαστικές ενέργειες των στοιχείων του οφθαλμού όπως ο κερατοειδής και ο κρυσταλλοειδής φακός, σχηματίζουν το είδωλο στο τοίχωμα του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το είδωλο ή αλλιώς η κατανομή του φωτός αλληλοεπιδρά με τους φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδή και δημιουργεί συγκεκριμένα ερεθίσματα που μεταφέρονται μέσω του οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο για επεξεργασία και ερμηνεία.

Η διαθλαστική ισχύς μετριέται σε διοπτρίες και είναι ίση με το αντίστροφο της εστιακής απόστασης σε μέτρα: $D = 1 / \text{Εστιακή Απόσταση}$.

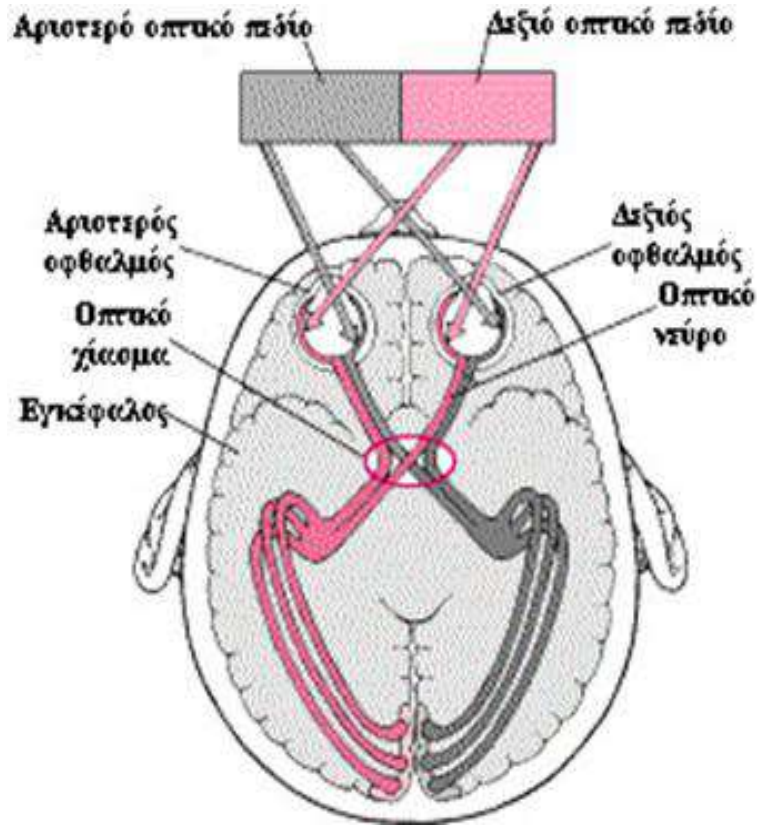
Στον κερατοειδή και στον κρυσταλλοειδή φακό οι φωτεινές ακτίνες διαθλώνται κι ο βαθμός διάθλασης εξαρτάται από την καμπυλότητα των επιφανειών τους κι από τη σχετική ταχύτητα του φωτός σε αυτές. Η όραση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την ικανότητα προσαρμογής του οφθαλμού. Ο οφθαλμός έχει τη σημαντική ιδιότητα να μεταβάλλει την κυρτότητα των επιφανειών του, με τη βοήθεια ακτινικών και κυκλικών μυϊκών ινών που τον περιβάλλουν, να προσαρμόζει το μέγεθός του και τελικά να του επιτρέπει να εστιάζει αντικείμενα σε διάφορες αποστάσεις.

Σύμφωνα με τον Γερμανό οφθαλμίατρο Helmholtz, δεν μπορεί να υπάρξει τέλεια όραση, επομένως αυτό σημαίνει πως υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της όρασης. Τρεις από αυτούς είναι :

- Η επίδραση των σφαλμάτων και σκέδασης
- Η επίδραση της περίθλασης
- Η επίδραση της δειγματοληψίας

Είναι δεδομένο ότι η όραση δεν είναι μόνο οπτική, αλλά και μια αλληλουχία ενεργειών του εγκεφάλου σε συνεργασία με το περιβάλλον, έτσι ώστε η πληροφορία του οπτικού σήματος να μεταφράζεται εν τέλει σωστή. Μεγάλη συμβολή σε αυτό παίζει η οπτική μνήμη. Πρόκειται για μια σειρά ικανοτήτων που αναπτύσσονται από την πρώιμη ηλικία και εκπαιδεύουν ουσιαστικά τον εγκέφαλο. Μέρος αυτών των ικανοτήτων αποτελεί η εγκεφαλική αναστροφή του ειδώλου, στην οποία συμβάλλει από την βρεφική ηλικία και η αφή. Πρακτικά, αυτή η οπτοκινητική συνεργασία διαδραματίζει τεράστιο ρόλο στην όραση και στον τελικό στόχο, που είναι η στερεοσκοπική όραση (Ασημέλλης και συν, 2007).

Η στερεοσκοπική όραση, είναι η ελάχιστη οριζόντια διαφορά των δύο αμφιβληστροειδικών εικόνων, που μπορεί να προκαλέσει την αίσθηση του βάθους, καθώς και η σύνθεση αυτών των εικόνων στον εγκέφαλο ως μία. Αυτό εξηγεί και την ύπαρξη των δυο οφθαλμών, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μέσω της διόφθαλμης συνεργασίας, ένα τελικό οπτικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 2: Στερεοσκοπική όραση (Ινστιτούτο οφθαλμικής φλεγμονής του οφθαλμού, 2021)

1.3 Εμμετροπία/Αμετροπία

Το μάτι λειτουργεί όπως μία φωτογραφική μηχανή. Το φως εισέρχεται μέσα από τη κόρη του ματιού, δηλαδή από ένα μικρό πέρασμα που λειτουργεί όπως το διάφραγμα του φακού στην κάμερα (Ασημέλλης, 2005). Η εικόνα που μεταφέρεται από τις φωτεινές ακτίνες, εστιάζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή, όπως ακριβώς ο φακός της φωτογραφικής μηχανής αποτυπώνει την εικόνα πάνω στο φιλμ.

Ο έγχρωμος δακτύλιος του ματιού, η ίριδα, ελέγχει την ένταση του φωτός που μπαίνει στο μάτι, ανοίγοντας και κλείνοντας την κόρη του ματιού κάθε φορά που μεταβάλλεται το φως στο περιβάλλον.

Η φυσιολογική κατάσταση του οφθαλμού, κατά την οποία (χωρίς προσαρμογή), παράλληλες ακτίνες φωτός σχηματίζουν είδωλο ακριβώς πάνω στον αμφιβληστροειδή, ονομάζεται εμμετροπία (Φωτεινάκης και συν, 2000).

Ωστόσο, πάρα πολλοί άνθρωποι δεν έχουν την ικανότητα να βλέπουν τόσο καθαρά όλα τα αντικείμενα –μακρινά και κοντινά– καθώς το φως δεν εστιάζει ακριβώς στο σημείο που πρέπει. Είναι δηλαδή «αμέτρωτες», πράγμα που σημαίνει

ότι η όρασή τους δεν είναι τέλεια χωρίς βοήθεια. Στην επιστήμη της οπτικής, αυτή η αδυναμία του ματιού να εκτελέσει άψογα τη λειτουργία του αποκαλείται διάθλαση. Η αμετροπία διακρίνεται στις εξής κατηγορίες : την υπερμετροπία, την μυωπία, τον αστιγματισμό και την ανισομετροπία.

Η υπερμετροπία είναι μια ανωμαλία διάθλασης του βολβού, κατά την οποία οι παράλληλες ακτίνες προσπίπτουσες τέμνονται σε σημείο πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Ο κερατοειδής συνήθως είναι πιο επίπεδος και το μάτι πιο μικρό, με αποτέλεσμα η διαθλαστική ισχύς του οφθαλμού να είναι μικρότερη απ'όσο θα έπρεπε. Διακρίνεται σε :

- Αξονική
- Διαθλαστική
- Γεροντική

Η μυωπία είναι η διαθλαστική ανωμαλία του ματιού, κατά την οποία οι ακτίνες του φωτός δε συγκεντρώνονται στον αμφιβληστροειδή, όπως είναι το φυσιολογικό, αλλά σε κάποιο σημείο μπροστά από αυτόν. Το βασικό σύμπτωμά της είναι η θολή αντίληψη των μακρινών αντικειμένων. Ο μύωπας για να δει καθαρά τα μακρινά αντικείμενα συχνά εκμεταλλεύεται το μηχανισμό του στενοπικού δίσκου μισοκλείνοντας τα μάτια και στενεύοντας τη βλεφαρική του σχισμή. Το μυωπικό μάτι βλέπει τα κοντινά αντικείμενα καθαρά ασκώντας λιγότερη ή καθόλου προσαρμογή (ανάλογα με το βαθμό της μυωπίας του).

Η μυωπία συνήθως εμφανίζεται τα πρώτα χρόνια της ζωής και γίνεται αντιληπτή τα πρώτα σχολικά χρόνια, όπου οι ανάγκες του παιδιού επεκτείνονται και στη μακρινή όραση. Η μυωπία αυτή συνήθως ακολουθεί καλοήθη πορεία και μετά από μία προοδευτική αύξηση σταθεροποιείται με την ενηλικίωση. Η μυωπία που οφείλεται σε αύξηση του μήκους του προσθοπίσθιου άξονα ονομάζεται αξονική, ενώ η μυωπία που προκαλείται από αύξηση της διαθλαστικής ισχύς του οφθαλμού, ονομάζεται διαθλαστική. Διακρίνεται επίσης σε καλοήθη και κακοήθη μυωπία (Φωτεινάκης και συν, 2000).

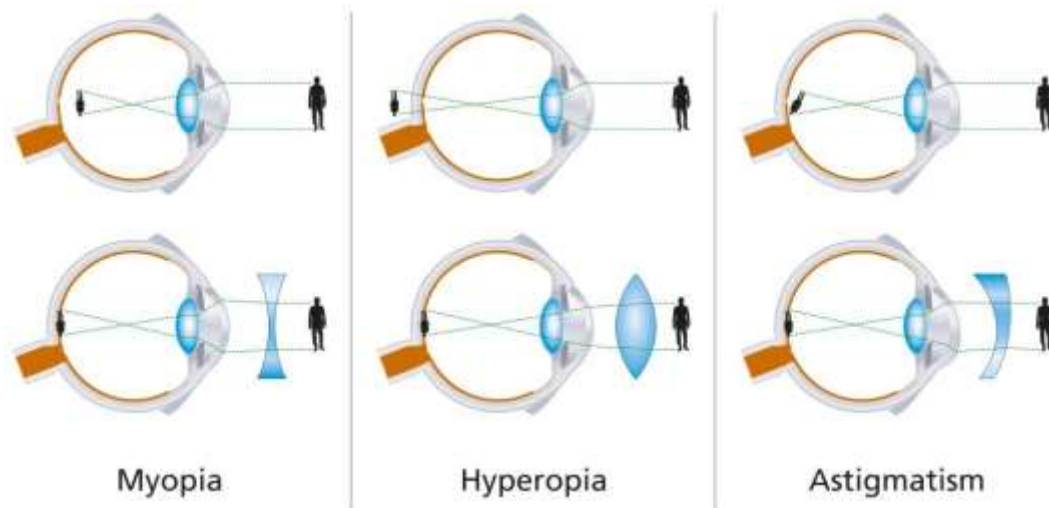
Στον αστιγματισμό, η διαθλαστική δύναμη του ματιού δεν είναι η ίδια σε όλους τους μεσημβρινούς, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η συγκέντρωση των

εισερχομένων στο μάτι ακτινών σε ένα σημείο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο αστιγματισμός οφείλεται σε διαταραχές του σχήματος του κερατοειδούς.

Στον αστιγματισμό και τα μακρινά και τα κοντινά αντικείμενα φαίνονται παραμορφωμένα. Αυτό συμβαίνει επειδή η καμπυλότητα του κερατοειδούς δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη του την επιφάνεια, με αποτέλεσμα οι ακτίνες του φωτός να μην εστιάζονται στο ίδιο επίπεδο. Ανάλογα με τη θέση του κωνοειδούς του Sturm, σε σχέση με τον αμφιβληστροειδή, διακρίνεται σε :

- Απλό υπερμετρικό (μια εστία πάνω και μία πίσω)
- Απλό μυωπικό (μια εστία πάνω και μία μπροστά)
- Σύνθετο υπερμετρικό (και οι δυο εστίες πίσω)
- Σύνθετο μυωπικό (δυο εστίες μπροστά)
- Μικτό (μία εστία μπροστά και μια πίσω)

Τέλος, στην ανισομετροπία εντοπίζουμε διαφορά στη διαθλαστική ισχύ των δύο ματιών. Πρόκειται για εξαίρεση στον κανόνα, καθώς συνήθως οι δυο οφθαλμοί είναι ταυτόχρονα εμμετρικοί, μυωπικοί ή αστιγματικοί.



Εικόνα 3: Απεικόνιση διάθλασης οφθαλμών (Rana Eye Care Centre, 2019)

1.4 Επιστήμη της Οπτομετρίας

Οπτομετρία είναι, η επιστήμη που ερευνά την υγεία των οφθαλμών και τη μέτρηση της οπτικής λειτουργίας. Πρόκειται για ένα κλάδο που παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, καθώς συμβάλλει καθοριστικά στην ενίσχυση της οπτικής λειτουργίας του ανθρώπου.

Οι οπτομέτρες αποτελούν τους αρμόδιους στους οποίους θα απευθυνθεί κάποιος για την πρωτοβάθμια φροντίδα του οπτικού συστήματος του οφθαλμού. Επιμορφωμένοι με εξειδικευμένες γνώσεις και δεξιότητες, οι επαγγελματίες της όρασης αξιολογούν την οφθαλμική υγεία, αναγνωρίζοντας παθολογικές καταστάσεις των οφθαλμών και παραπέμποντάς τους ασθενείς σε οφθαλμιάτρους ή νευρολόγους.

Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της επιστήμης της οπτομετρίας, έχει διευρυνθεί και ο ρόλος του οπτομέτρη σημαντικά. Βασικοί του σκοποί υπήρξαν και υπάρχουν η πρωτοβάθμια εξέταση, διάγνωση και καταγραφή προβλημάτων της όρασης αλλά και η αποκατάσταση της όρασης, με τη χορήγηση: γυαλιών οράσεως, φακών επαφής, βοηθημάτων χαμηλής όρασης, ορθοπτικών ασκήσεων ή ασκήσεων οπτικής εκπαίδευσης.

Πλέον όμως, με βάση τις ανάγκες της γρήγορα αναπτυσσόμενης σύγχρονης κοινωνίας, ο οπτομέτρης έχει ως καθήκον κάποια από τα παρακάτω :

- Παροχή υπηρεσιών ελέγχου και όρασης σε δευτεροβάθμιο και τριτοβάθμιο επίπεδο
- Ανίχνευση και διαχείριση δυνητικά τυφλωτικών ασθενειών όπως ο καταρράκτης, διαβήτης και γλαύκωμα
- Έρευνα για την κατανόηση των παγκόσμιων αναγκών και λύσεων οφθαλμικής φροντίδας, ειδικά στη διόρθωση της όρασης και στην παροχή υπηρεσιών φροντίδας όρασης
- Δημιουργία οικονομικών και υλικοτεχνικών μοντέλων αυτοβιώσιμης οφθαλμικής φροντίδας (Holden, 2002).

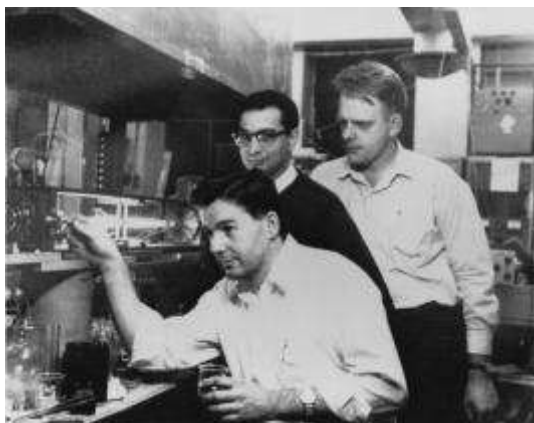
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΕΙΖΕΡ

2.1 Ιστορική αναδρομή των Laser

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και έπειτα, βοήθησε όχι μόνο στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων, αλλά έδωσε την δυνατότητα στις επιστήμες να κάνουν βήματα προόδου. Βασικό εργαλείο και αρωγός αυτής της ανάπτυξης είναι και το Laser. Ο όρος Laser προκύπτει από το ακρωνύμιο των λέξεων Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, και αποτελεί μία διάταξη για την παραγωγή μονοχρωματικής ακτινοβολίας υψηλής έντασης.

Το θεωρητικό υπόβαθρο για τη λειτουργία των Laser δόθηκε από τον Einstein (1917), ο οποίος βασιζόμενος στην υπόθεση της κβαντικής φύσης του φωτός, προτείνει την ιδέα της εξαναγκασμένης εκπομπής των φωτονίων. (Ζευγώλης, 2017). Λίγο αργότερα, το 1928, ο Landberg πιστοποιεί την ιδέα του Einstein χωρίς και ο ίδιος να καταφέρνει να δημιουργήσει ακτινοβολία Laser. Έπρεπε να περάσουν αρκετά χρόνια για να υπάρξει εξέλιξη στη δημιουργία ενός Laser, και συγκεκριμένα να έρθει το 1954 ώστε ο Townes και οι συνεργάτες του να καταφέρουν την κατασκευή του Maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation), το οποίο αποτελεί έναν ενισχυτή μικροκυμάτων με τη δράση της εξαναγκασμένης ταλάντωσης.

Τελικά, το 1960 ο φυσικός Theodore Maiman είναι εκείνος που κατασκευάζει το πρώτο Laser, χρησιμοποιώντας ως ενεργό μέσο έναν κρύσταλλο ρουμπινίου (Μπουτσιούκης, 2004). Ένα χρόνο αργότερα, ο φυσικός Ali Javan κατασκευάζει το Laser Ηλίου-Νέου, το πρώτο Laser αερίων και το πρώτο Laser συνεχούς δέσμης φωτός.



Εικόνα 4: Ο Ali Javan και οι συνεργάτες του δίπλα στο πρώτο Laser Ηλίου-Νέου (Hecht, 2010).

Με το πέρασμα των χρόνων, οι επιστήμονες προσπαθούν συνεχώς να βελτιώσουν τις ιδιότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Laser, καθώς διακρίνουν πως αυτά αποτελούν αναπόσπαστο εργαλείο της επιστήμης αφού τα προτερήματά τους έναντι των γνωστών πηγών φωτός είναι πολλά. Οι καινοτομίες στον τομέα αυτό δεν τελειώνουν, ενώ δεν αποτελεί είδηση το γεγονός πως τα τελευταία χρόνια αρκετοί επιστήμονες που έχουν ασχοληθεί με την ανάπτυξη των Laser και τις εφαρμογές του, έχουν βραβευθεί με βραβείο Nobel (Ζευγώλης, 2017).

2.2 Αρχές λειτουργίας Laser

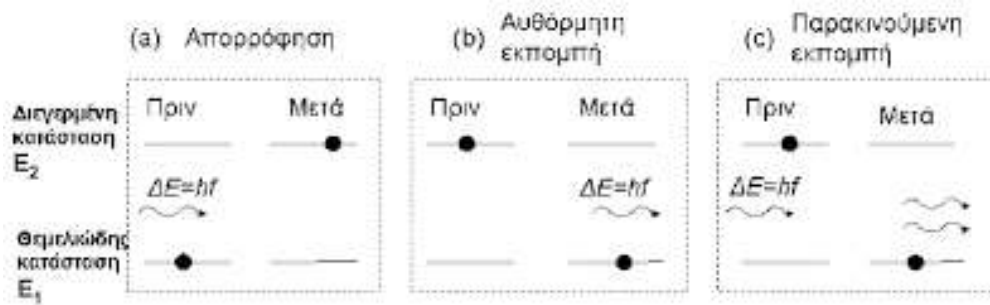
Προκειμένου να γίνει λίγο πιο κατανοητή η λειτουργία των Laser, θα πρέπει να αναλυθούν οι σχετικές φωτονικές διαδικασίες, δηλαδή η αλληλεπίδραση φωτός και ύλης. Η αλληλεπίδραση αυτή έχει 3 μορφές:

- a) Αυθόρμητη εκπομπή
- b) Εξαναγκασμένη εκπομπή
- c) Απορρόφηση

Με τον όρο αυθόρμητη εκπομπή αναφερόμαστε στην διαδικασία όπου ένα διεγερμένο σωματίδιο αποδιεγείρεται προς τη βασική του κατάσταση, χωρίς την επίδραση εξωτερικού αιτίου, εκπέμποντας φωτόνια. Λόγω του ότι η διαδικασία αυτή δεν μπορεί να προσδιοριστεί χρονικά, καλείται αυθόρμητη εκπομπή (Ζευγώλης, 2017).

Από την άλλη, κατά την εξαναγκασμένη εκπομπή συμβαίνει ότι και στην αυθόρμητη, με τη διαφορά πως το άτομο αναγκάζεται να αποδιεγερθεί με τη χρήση ενός φωτονίου. Τα διεγερμένα άτομα κατά τη στιγμή της αποδιέγερσης τους, εκπέμπουν ακτινοβολία που έχει την ίδια φάση και την ίδια κατεύθυνση διάδοσης με αυτήν που έχουν προσλάβει. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σε αυτό το φαινόμενο βασίζεται η λειτουργία των Laser.

Τέλος, όσο αφορά την απορρόφηση, φωτόνια με κατάλληλη ενέργεια προσπίπτουν σε άτομα που βρίσκονται σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη, διεγείροντάς τα σε κάποια υψηλότερη (Ασημέλλης, 2005).



Εικόνα 5: Οι διαδικασίες της απορρόφησης, αυθόρμητης και εξαναγκασμένης εκπομπής (Καφεσάκη, 2021)

Εκτός βέβαια από τις φωτονικές διεργασίες, για την κατανόηση της λειτουργίας του Laser είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των βασικών μερών που το αποτελούν. Αυτά είναι:

- Ενεργό υλικό
- Μηχανισμός άντλησης της ενέργειας
- Οπτικό αντηχείο

2.2.1 Ενεργό υλικό

Ενεργό υλικό καλείται κάθε υλικό το οποίο παρουσιάζει αναστροφή πληθυσμών. Με τον όρο αναστροφή πληθυσμών απευθυνόμαστε στη διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται επιλεκτική απορρόφηση της ενέργειας ώστε να διεγερθούν τα ηλεκτρόνια σε ανώτερες στάθμες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το πλήθος των ατόμων που βρίσκονται σε ένα υψηλότερο ενεργειακό επίπεδο, να είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τα αντίστοιχα που βρίσκονται σε χαμηλότερο. Το φαινόμενο αυτό όταν δημιουργήσει μία κατάσταση αυξανόμενου αριθμού φωτονίων δημιουργεί το Laser (Ασημέλλης, 2005).

Το ενεργό υλικό, στα άτομα του οποίου πραγματοποιείται η διέγερση, μπορεί να βρίσκεται σε στερεά, υγρή ή και αέρια μορφή οπότε προκύπτει και η αντίστοιχη ονομασία για την πηγή Laser.

2.2.2 Μηχανισμός άντλησης της ενέργειας

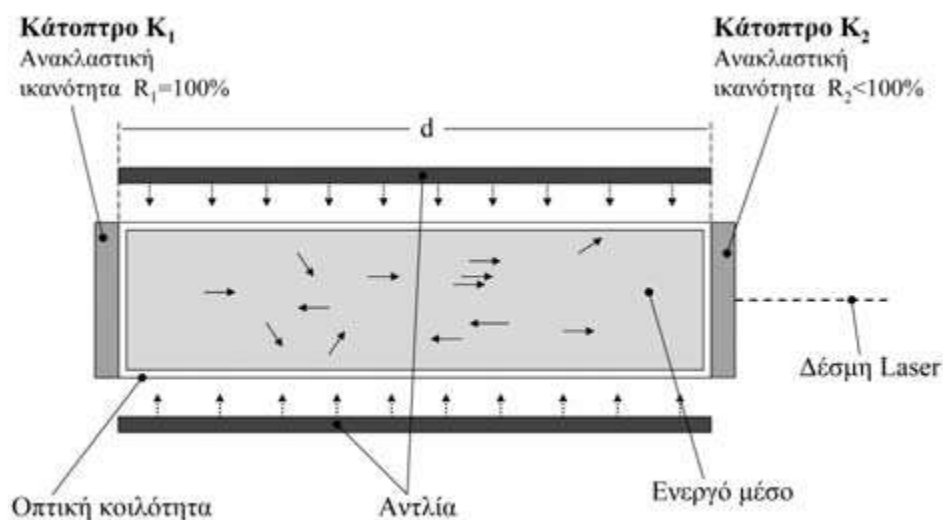
Για να είναι δυνατή η δημιουργία αναστροφής πληθυσμού και συνεχούς διέγερσης των ατόμων, πρέπει να υπάρχει μία εξωτερική πηγή ενέργειας η οποία θα την συντηρεί. Ο μηχανισμός άντλησης της ενέργειας λοιπόν, προσφέρει αυτή την εξωτερική πηγή επιτρέποντας την πραγματοποίηση της εξαναγκασμένης εκπομπής.

Οι πιο χαρακτηριστικοί μηχανισμοί άντλησης της ενέργειας είναι: λυχνία έκλαμψης, ηλεκτρική εκκένωση, κάποια χημική αντίδραση, οπτική άντληση ενός άλλου Laser κ.α. (Ζευγώλης, 2017).

2.2.3 Οπτικό αντηχείο

Το οπτικό αντηχείο αποτελείται από το ενεργό υλικό και δύο κάτοπτρα που το περιβάλλουν. Τα δύο κάτοπτρα διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους αφού το ένα έχει πολύ υψηλή ανακλαστικότητα ενώ το δεύτερο είναι ημιπερατό.

Ουσιαστικά, το οπτικό αντηχείο είναι μία κοιλότητα συντονισμού που εγκλωβίζει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Έτσι, όταν δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες, ποσοστό της δέσμης που βρίσκεται αποθηκευμένο εξέρχεται από την ημιπερατή μεμβράνη δημιουργώντας την ακτίνα του Laser.



Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση συσκευής Laser (Μπουτσιούκης, 2004).

2.3 Ιδιότητες Laser

Ένα σύστημα Laser παρουσιάζει κάποιες ιδιαίτερες ιδιότητες οι οποίες το κάνουν να ξεχωρίζει από τις απλές πηγές φωτός. Αυτές του οι ιδιότητες βοήθησαν τα μέγιστα στην εξάπλωσή του και στην άμεση αποδοχή του από το επιστημονικό κοινό.

Αυτές του οι ιδιότητες (5) είναι οι εξής:

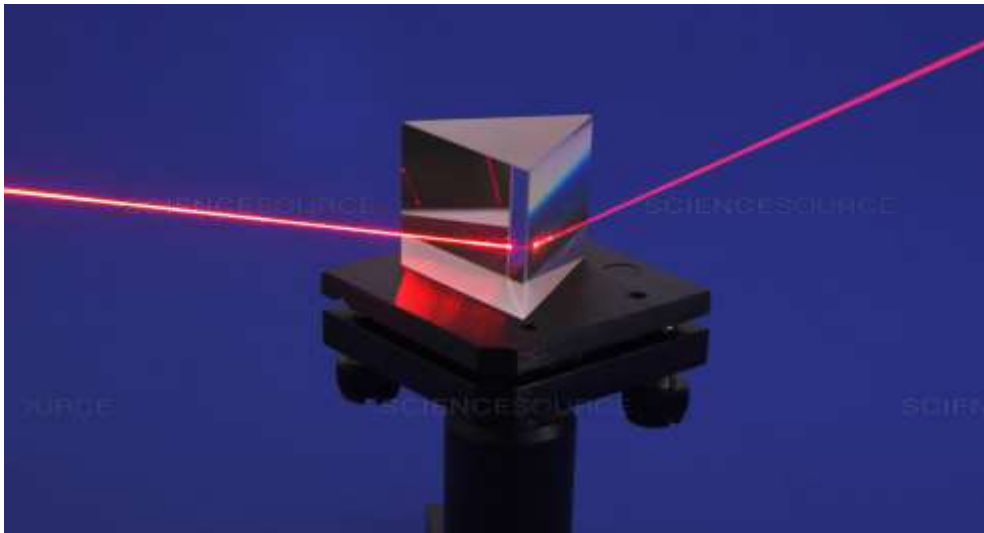
- Μονοχρωματικότητα
- Οπτική συμφωνία
- Κατευθυντικότητα
- Λαμπρότητα και ισχύς δέσμης

- Πόλωση

2.3.1 Μονοχρωματικότητα

Αν το φως που παράγει μία κλασική πηγή συναντήσει ένα πρίσμα και περάσει μέσα από αυτό, τότε θα αναλυθεί στα διάφορα χρώματα που περιέχει ανάλογα με το μήκος κύματος και τη συχνότητά του. Αντίθετα, στη περίπτωση ενός Laser, η ανάλυση που θα προκύψει θα αποτελείται από ένα και μοναδικό χρώμα (ένα μήκος κύματος). Αυτό ονομάζεται μονοχρωματικότητα.

Με άλλα λόγια, η ακτινοβολία που παράγουν τα Laser καλύπτουν μία πολύ στενή περιοχή συχνοτήτων με αποτέλεσμα να δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να μπορεί να επιλέξει με ακρίβεια την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας Laser με την ύλη (Serway RA, Moses CJ. and Moyer CA, 2000).



Εικόνα 7: Μονοχρωματικότητα Laser σε πρίσμα (Science Source, 2021).

2.3.2 Οπτική συμφωνία

Η οπτική συμφωνία είναι ίσως η πιο σημαντική από τις ιδιότητες του Laser και οφείλεται στην εξαναγκασμένη εκπομπή. Αποτέλεσμα αυτής της ιδιότητας είναι η εύκολη εστίαση της δέσμης και η παραλληλότητά της.

Ο όρος της συμφωνίας μπορεί να εκφραστεί είτε ως χωρική είτε ως χρονική. Στη πρώτη περίπτωση, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι ο συγχρονισμός του κύματος στο χώρο ενώ στη δεύτερη ο συγχρονισμός του κύματος στο χρόνο (Ασημέλλης, 2005). Εδώ είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί πως τα δύο είδη είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Ο μεγάλος βαθμός συμφωνίας της ακτινοβολίας των Laser είναι εκείνη που τους επιτρέπει να έχουν αρκετές και σημαντικές εφαρμογές σε διάφορες συμβολομετρικές διατάξεις.

2.3.3 Κατευθυντικότητα

Ως κατευθυντικότητα ορίζεται το διπλάσιο της γωνίας που σχηματίζει η εξωτερική ακτίνα της δέσμης με την κεντρική ακτίνα, και μετριέται σε ακτίνια (Ασημέλλης, 2005). Ουσιαστικά, λόγω της οπτικής συμφωνίας, η δέσμη που παράγει το Laser αποκλίνει ελάχιστα από την παραλληλότητα, με αποτέλεσμα σχεδόν να διατηρεί τη λαμπρότητά της.

Για να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η κατευθυντικότητα, θα πρέπει να γίνει σύγκριση μεταξύ των κλασικών πηγών φωτός και των ακτινών Laser. Λόγω της εξαναγκασμένης εκπομπής, οι ακτίνες Laser διαδίδονται σε μία κατεύθυνση διατηρώντας μικρή διασπορά. Αντίθετα, το φως μιας συμβατικής πηγής διαχέεται σε όλο το χώρο. Η απόκλιση των ακτινών Laser από μία τέλεια κατευθυντικότητα (δηλαδή μία παράλληλη δέσμη) οφείλεται στην ύπαρξη οπών που δημιουργούνται κατά το φαινόμενο της περίθλασης (Μπενής, 2013).

Εξαιτίας της μεγάλης κατευθυντικότητας των Laser, χρησιμοποιούνται επί μονίμου βάσης στις μετρήσεις μεσαίων ή και μεγάλων αποστάσεων (Οπτικά ραντάρ).

2.3.4 Λαμπρότητα

Ο όρος λαμπρότητα αναφέρεται σε μία πηγή φωτός η οποία προσφέρει πολύ μεγάλο ποσό ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας. Μία τέτοια πηγή είναι το Laser. Η λαμπρότητα μίας ακτινοβολίας Laser είναι πολύ μεγάλη και συνδέεται άμεσα με άλλες ιδιότητες όπως η κατευθυντικότητα και η συμφωνία.

Είναι γνωστό πως κάποιες άλλες πηγές φωτός ακτινοβολούν πολύ περισσότερη ισχύ σε σχέση με ορισμένα Laser. Το γεγονός ωστόσο, ότι το φως που παράγεται από εκείνες είναι ασύμφωνο και κατανέμεται σε όλο το χώρο, τις οδηγεί στο να έχουν χαμηλότερη λαμπρότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ένα Laser Ηλίου-Νέου ισχύος 1 mW το οποίο εμφανίζει λαμπρότητα 10-50 φορές μεγαλύτερη από τον Ήλιο (Μπουτσιούκης, 2004).

2.3.5 Πόλωση

Με τον όρο πόλωση αναφερόμαστε σε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα στο οποίο το ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο ταλαντώνεται σε ένα μόνο ζεύγος κάθετων μεταξύ τους αξόνων που είναι κάθετοι στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος (Ασημέλλης, 2005).

Πρακτικά, όπως συμβαίνει και με τις κλασικές πηγές φωτός, το φως ενός Laser δεν είναι πολωμένο. Ωστόσο, με την κατάλληλη προεργασία, μπορεί να δοθεί στο Laser η ιδιότητα της πόλωσης. Αυτό μπορεί να συμβεί με την τοποθέτηση ενός πλακιδίου Brewster εντός του οπτικού αντηχείου καθώς και με τη χρήση πρισμάτων, φραγμάτων ανάκλασης και οπτικών πολωτών.

2.4 Κατηγοριοποίηση συστημάτων Laser

Η κατηγοριοποίηση των συστημάτων Laser είναι μία αρκετά πιο σύνθετη διαδικασία από αυτή που αρχικά δείχνει. Αυτό συμβαίνει καθώς τα Laser, ακαδημαϊκά κυρίως, μπορούν να διαχωριστούν με βάση:

- το ενεργό υλικό
- τη μέθοδο άντλησης
- το μήκος εκπεμπόμενης ακτινοβολίας
- την ισχύ εκπεμπόμενης ακτινοβολίας
- τον τρόπο λειτουργίας

Βέβαια, η κατηγοριοποίηση με βάση το ενεργό υλικό είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως και έχει επικρατήσει έναντι των υπολοίπων. Σύμφωνα με αυτή, λοιπόν, κατατάσσουμε τα είδη των Laser σε: στερεών, αερίων και υγρών μέσων.

2.4.1 Laser στερεών

Στα Laser στερεών, το ενεργό υλικό προέρχεται από την συνύπαρξη προσμίξεων ιόντων μετάλλου μέσα σε κρυστάλλους ή γυαλί. Χαρακτηριστική ιδιότητα αυτού του τύπου αποτελεί η εκμετάλλευση της οπτικής άντλησης για την διέγερση του ενεργού υλικού, τόσο στην παλμική όσο και στη συνεχή λειτουργία, ενώ η δυνατότητα μεταβολής του μήκους κύματος της εκπομπής τους είναι γενικότερα περιορισμένη.

Βασικοί εκπρόσωποι αυτού του είδους Laser είναι τα Laser ρουμπινίου, που παράλληλα αποτελούν και τα πρώτα Laser που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ακτινοβολίας, καθώς και τα Laser κρυστάλλων σπάνιων γαιών, τα οποία

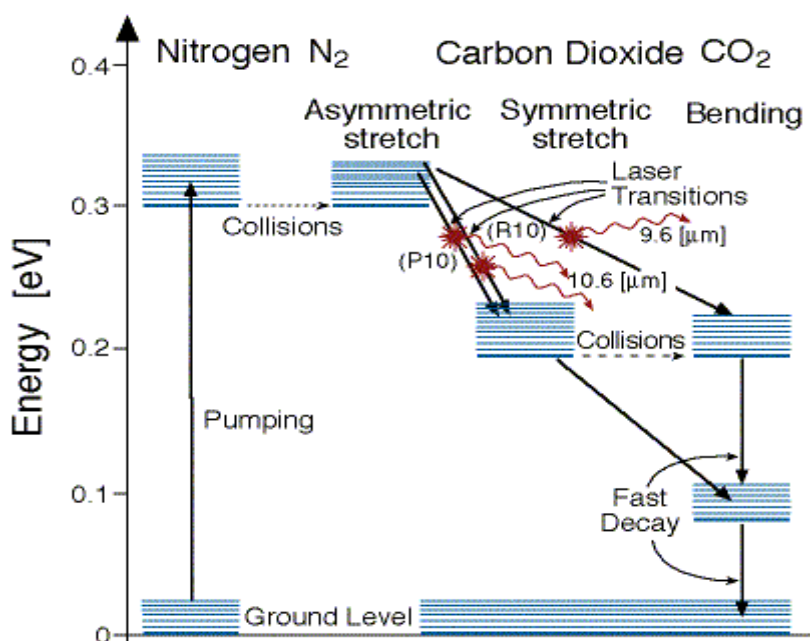
χρησιμοποιούν τα τρισθενή ιόντα τους ως προσμίξεις στο ενεργό υλικό. Άλλοι εκπρόσωποι είναι τα Laser στερεάς κατάστασης μεταβλητού μήκους κύματος, τα οποία σε αντίθεση με τα υπόλοιπα Laser στερεάς κατάστασης, εμφανίζουν τη δυνατότητα ευρύτατης μεταβολής του μήκους κύματος.

2.4.2 Laser αερίων

Αυτός ο τύπος Laser χρησιμοποιεί την ηλεκτρική εκκένωση για την οπτική άντληση του ενεργού υλικού (Ζευγώλης, 2017). Το πρώτο Laser που δημιουργήθηκε και στηρίχθηκε στην ηλεκτρική εκκένωση ήταν το Laser Ηλίου-Νέου, ενώ άλλοι τύποι που το διαδέχθηκαν είναι τα Laser ιόντων αργού, διοξειδίου του άνθρακα και υπεριώδους. Γενικότερα, δίνεται η δυνατότητα περαιτέρω διαχωρισμού των Laser αερίων σε Laser ατόμων (πχ Ηλίου-Νέου), ιόντων (πχ ιόντων αργού) αλλά και μορίων (πχ διοξειδίου του άνθρακα).

Τα Laser ιόντων αργού χρησιμοποιούν τα ιόντα αργού ως ενεργό υλικό, τα οποία προκύπτουν από ηλεκτρική εκκένωση μέσω κρούσεων. Αποτελούν ένα σύστημα με μικρό βαθμό απόδοσης άρα και χαμηλής ισχύος. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική καθώς και στην ολογραφία.

Τα Laser διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) έχουν τη μεγαλύτερη ισχύ μεταξύ των Laser αερίων. Ως ενεργό υλικό χρησιμοποιούν ένα μίγμα από τα αέρια He, N_2 και CO_2 με τη βοήθεια ηλεκτρικής εκκένωσης. Μία τυπική αναλογία των παραπάνω αερίων σε όγκο είναι η εξής: 10% CO_2 , 10% NO_2 και 80% He. Η χρήση τους εξυπηρετεί κυρίως την επεξεργασία υλικών ενώ πρόσφατα χρησιμοποιείται ως χειρουργικό εργαλείο (νυστέρι) και μάλιστα μεγάλης ακρίβειας.



Εικόνα 8: Laser CO₂ (Arieli, 1997).

Τέλος, όσο αφορά τα Laser υπεριώδους ή αλλιώς διεγερμένων διμερών (excimer Laser), χρησιμοποιούν ως ενεργό μέσο διατομικά μόρια τα οποία αν και στη θεμελιώδη κατάστασή είναι αρκετά ασταθή, στη διεγερμένη είναι σταθερά. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα αυτού του τύπου έναντι των άλλων είναι πως εκπέμπει ισχυρή ακτινοβολία στη περιοχή του υπεριώδους. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που βρίσκει αρκετές εφαρμογές σε αρκετούς κλάδους της τεχνολογίας και της ιατρικής όπως στη φασματοσκοπία, τη φωτοχημεία αλλά και στην οφθαλμολογία.

2.4.3 Laser υγρών

Τα Laser υγρών είναι τα μοναδικά στα οποία το ενεργό υλικό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση. Πιο συγκεκριμένα, το ενεργό υλικό τους αποτελείται από μακρομόρια που διαλύονται μέσα σε υδατικά ή οργανικά διαλύματα (Ζευγώλης, 2017). Χαρακτηριστικότερος εκπρόσωπος αυτού του τύπου είναι τα Laser χρωστικών ουσιών.

Τα Laser χρωστικών ουσιών ήταν για πολλά χρόνια τα μοναδικά που είχαν την ικανότητα μεταβολής του μήκους κύματος τους. Αυτό βέβαια, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας άλλαξε. Γενικότερα, με τα Laser χρωστικών, επιλέγοντας την κατάλληλη χρωστική και συγκέντρωσή της, δίνεται η δυνατότητα παραγωγής δέσμης Laser σε μία αρκετά ευρεία περιοχή μηκών κύματος που αφορά τόσο το ορατό όσο και το μη ορατό φάσμα.

2.5 Ασφάλεια συστημάτων Laser

Λόγω της συνεχώς αυξανόμενης χρήσης των Laser καθημερινά αλλά και των πολλαπλών εφαρμογών τους, υπήρξε η ανάγκη για την δημιουργία κανόνων ασφαλείας κατά τη χρήση τους. Έτσι, πραγματοποιήθηκε ταξινόμησή τους προκειμένου οι χρήστες να μπορούν να διακρίνουν και να εκτιμήσουν πιθανούς κινδύνους.

Όπως έχει αναφερθεί, οι περισσότεροι τύποι Laser έχουν μεγάλη λαμπρότητα, με αποτέλεσμα τόσο η άμεση έκθεση στη δέσμη, όσο και η έκθεση από διάχυση ή ανάκλαση να είναι επικίνδυνες. Ιδιαίτερα επιβλαβής θεωρείται η έκθεση των οφθαλμών και του δέρματος σε αυτές τις υψηλές τιμές ακτινοβολίας, αφού οι συγκεκριμένες περιοχές είναι αρκετά ευαίσθητες.

Η ταξινόμηση των συστημάτων Laser πραγματοποιήθηκε με βάση τους παρακάτω κανόνες (Ζευγώλης, 2017):

- a. Ακτινοβολία μήκους κύματος
- b. Ακτινοβολία πολλαπλών μηκών κύματος της ίδιας πηγής Laser
- c. Εξάρτηση ανθρώπινης προσβασιμότητας κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος
- d. Κατευθυντικότητα φωτεινής δέσμης
- e. Τρόπος λειτουργίας δέσμης

Από την ταξινόμηση προέκυψαν 4 κατηγορίες επικινδυνότητας, οι οποίες και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

2.5.1 Κατηγορία 1

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα Laser χαμηλής ισχύος. Είναι συνήθως ασφαλή, ακόμα και εάν η δέσμη πέσει πάνω στο μάτι από ατύχημα, ενώ η ισχύς τους είναι μικρότερη από 1 mW. Τέτοιου είδους Laser είναι των εκτυπωτών ή των CD/DVD.

2.5.2 Κατηγορία 2

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και πάλι Laser χαμηλής ισχύος, τα οποία ωστόσο εκπέμπουν ακτινοβολία στην ορατή περιοχή. Η προστασία από αυτή την κατηγορία παρέχεται με το συχνό άνοιγμα και κλείσιμο των οφθαλμών, μία δηλαδή φυσική αντίδραση του οργανισμού. Χαρακτηριστικός εκπρόσωπος αυτής της κατηγορίας είναι το Laser Ηλίου-Νέου που χρησιμοποιείται σχεδόν παντού.

2.5.3 Κατηγορία 3

Τα Laser της κατηγορίας 3 θεωρούνται μέσης ισχύος. Αυτά τα Laser αν και δεν είναι ικανά να προκαλέσουν δερματικά προβλήματα, η έκθεση των ματιών στη δέσμη τους είναι αρκετά επικίνδυνη. Ανάλογα με την οπτική ισχύ, χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίας.

Στην υποκατηγορία 3A ανήκουν Laser με μήκος κύματος 400-700 nm και τα οποία είναι γενικότερα ακίνδυνα. Η οπτική τους ισχύ κυμαίνεται μεταξύ 1-5 mW ενώ χρησιμεύουν συνήθως σε χειρουργικές διατάξεις.

Αντίθετα, τα Laser την υποκατηγορίας 3B, που έχουν οπτική ισχύ από 5-500 mW είναι αρκετά πιο επικίνδυνα. Η απευθείας παρατήρηση της δέσμης δίχως τη

χρήση οπτικών οργάνων κρίνεται απαγορευτική και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά τη χρήση.

2.5.4 Κατηγορία 4

Τα Laser της κατηγορίας αυτής θεωρούνται άκρως επικίνδυνα, αφού λειτουργούν με οπτική ισχύ μεγαλύτερη των 500 mW. Θέτουν κινδύνους στους οφθαλμούς και στο δέρμα ενώ έχουν τη δυνατότητα να προκαλούν μέχρι και ανάφλεξη εύφλεκτων υλικών. Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί πως σε αυτή τη κατηγορία, θα πρέπει όλα τα μέτρα ασφαλείας τα τηρούνται στο μέγιστο βαθμό.

Class 1	CD/DVD Player/Recorder, Laptop or Personal Computer
Class 2	Presentation Laser Pointer, Barcode Reader
Class 3R	Some Measuring & Targeting Devices, Higher Power Pointers
Class 3B	Higher power laser products intended for professional applications
Class 4	Medical Lasers, Industrial Cutting/Welding, Scientific Applications and most Laser Light Show Equipment

Εικόνα 9: Συνοπτικός πίνακας κατηγοριοποίησης Laser με βάση την ασφάλεια (Laser product classification, 2015).

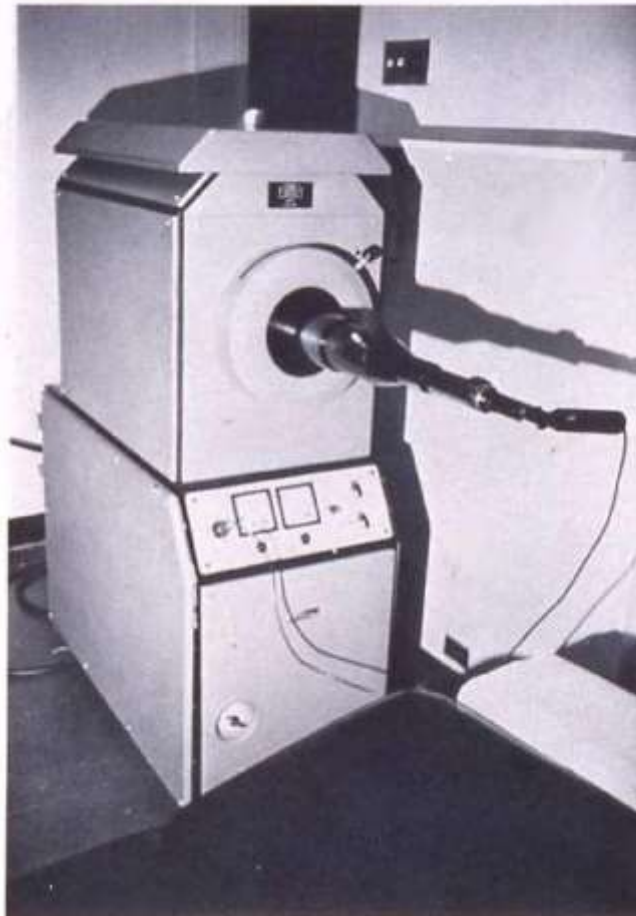
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ LASER ΣΤΗΝ ΟΦΘΑΛΜΟΛΟΓΙΑ

3.1 Laser στην Οφθαλμολογία

Από τα αρχαία ακόμη χρόνια υπήρχε η πεποίθηση πως το φως του ήλιου ήταν αρκετά επιβλαβές για τον ανθρώπινο οφθαλμό. Αρκετοί, ωστόσο, ήταν εκείνοι που προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν αυτή τη δύναμη του φωτός προς όφελος της επιστήμης. Ένας από αυτούς ήταν και ο Gerd Meyer Schwickerather. Ο γερμανικής καταγωγής οφθαλμίατρος πραγματοποίησε επιτυχώς, το 1946, επέμβαση που αφορούσε την αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Για να το πετύχει αυτό χρησιμοποίησε φωτοπηξία.

Με τον όρο φωτοπηξία αναφερόμαστε σε μία δέσμη φωτός, (στις μέρες μας αφορά και δέσμη Laser) η δύναμη της οποίας καυτηριάζει μέρη που υπάρχει αιμορραγία ή έχει δημιουργηθεί νεοαγγείωση. Αποτελεί μία πολύ λεπτή επέμβαση που πραγματοποιείται στην ευρύτερη περιοχή της ωχράς κηλίδας και εξυπηρετεί στο κλείσιμο μικρών διαρροών.

Προϊόν της ενασχόλησης του Gerd Meyer Schwickerather με την φωτοπηξία ήταν η κατασκευή του φημισμένου μηχανήματος φωτοπηξίας Zeiss, το οποίο έδωσε την δυνατότητα στους οφθαλμιάτρους της εποχής να θεραπεύσουν διάφορες παθολογικές ασθένειες που παλαιότερα ήταν αδύνατο. Το μηχάνημα Zeiss δημιουργήθηκε το 1956 και χρησιμοποιούσε στη θέση της δέσμης φωτός μία ισχυρή λυχνία αερίου ξένου. Γενικότερα, ο οφθαλμός ήταν το πρώτο όργανο που μελετήθηκε πειραματικά με Laser λόγω της διαφάνειάς του στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.



Εικόνα 10: Μηχάνημα φωτοπηξίας Zeiss (Βενιζέλος, 2016).

Παρόλα τα πλεονεκτήματα του μηχανήματος φωτοπηξίας Zeiss, η χρήση του από τους οφθαλμιάτρους της εποχής εξακολουθούσε να απαιτεί ιδιαίτερα αυξημένη δεξιοτεχνία και ακρίβεια για την αποφυγή επιβλαβών καταστάσεων. Έτσι, έπρεπε να δίνεται μεγάλη προσοχή αφού λόγω της ευρείας δέσμης της συσκευής, υπήρχε η πιθανότητα να χτυπηθεί η ίριδα από την περιφέρεια της φωτεινής δέσμης, με αποτέλεσμα τον τραυματισμό του οφθαλμού.

Παράλληλα, ένα ακόμα αρνητικό ήταν το γεγονός πως παρά τη μεγάλη ισχύ της συσκευής, ο χρόνος που απαιτείτο για να δημιουργηθεί ένα αποδεκτό έγκλημα ήταν μέχρι και 1,5 δευτερόλεπτα. Το γεγονός αυτό δημιουργούσε ιδιαίτερη δυσφορία στον ασθενή ενώ αναγκαστική ήταν η χορήγηση αναισθητικού στο πίσω μέρος του βολβού ώστε να είναι ανεκτή η επέμβαση.

Η συνεχιζόμενη εξέλιξη των Laser οδήγησε τον John Taboada το 1981 στην διαπίστωση ότι ένα Laser υπεριώδους (excimer laser), βασισμένο σε μείγμα αργού-φθορίου, ήταν ικανό να προκαλέσει μικροχειρουργική αφαίρεση ιστού από το

στρώμα (Ασημέλλης, και συν, 2007). Αργότερα, το 1983, ο Steven Trokel χρησιμοποίησε το excimer laser στον κερατοειδή και στη διαθλαστική χειρουργική. Σύντομα, έγινε γνωστός για πρώτη φορά ο όρος φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή ή αλλιώς PRK (PhotoRefractive Keratectomy), με τις πρώτες επεμβάσεις να πραγματοποιούνται σε μάτια τυφλών από τον Γερμανό οφθαλμίατρο Theo Seiler. Με τη μέθοδο αυτή, το επιθήλιο απομακρύνεται μικροχειρουργικά με τη βοήθεια διαλύματος αιθανόλης ενώ στη συνέχεια το Laser δρα στο στρώμα.

Από εκεί και έπειτα, η πρόοδος της χρήσης Laser στην οφθαλμολογία ήταν ραγδαία, με σημείο αναφοράς τη χρονιά 1989 όπου ο Ιωάννης Παλλήκαρης στην Κρήτη, με τη συνδρομή του Lucio Buratto, ανέπτυξαν μία καινοτόμο τεχνική, βασισμένη στην ακρίβεια του excimer laser, που ονόμασε Lasik.

Το ακρωνύμιο Lasik προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Laser Assisted In-situ Keratomileusis και αποτελεί ένα σύστημα που δρα στο στρώμα του κερατοειδή. Η τεράστια επιτυχία της τεχνικής αυτής οφείλεται στον ελάχιστο μετεγχειρητικό πόνο, στην ταχύτητα αποκατάστασης της όρασης αλλά και στον μικρότερο κίνδυνο λοίμωξης, ενώ αποτελεί θεμέλιο για πολλές εφαρμογές.

Ένα ακόμα επαναστατικό βήμα για τις διαθλαστικές χειρουργικές επεμβάσεις αποτέλεσε η ανάπτυξη του Femtosecond Laser. Αυτός ο τύπος Laser χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Kurtz και τους συνεργάτες τους το 1998 για τη κοπή του κερατοειδικού κρημνού, αντικαθιστώντας ουσιαστικά τον μηχανικό μικροκερατοτόμο που χρησιμοποιούταν μέχρι τότε. Η υψηλή αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια που παρέχει αυτή η μέθοδος την καθιστούν ιδανική λύση για τη διόρθωση των διαθλαστικών σφαλμάτων.

Τα τελευταία χρόνια, παρά την αποδεδειγμένη εξέλιξη των Laser σε όλους τους τομείς της επιστήμης, τα αντίστοιχα της οφθαλμολογίας δεν έχουν γνωρίσει ιδιαίτερη πρόοδο. Η μεγαλύτερη από το αναμενόμενο διάρκεια ζωής των συστημάτων Laser συνεπάγεται την μικρή επιστροφή κεφαλαίων στις κατασκευάστριες εταιρείες. Αυτό οδηγεί αναγκαστικά στη μειωμένη διάθεση για χρηματοδότηση ερευνών με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται μεγάλη ανάπτυξη.

Οι πιο πρόσφατες εξελίξεις έχουν επικεντρωθεί γενικά στις ρυθμίσεις λείζερ και πιο συγκεκριμένα στο μέγεθος των σημείων, την ισχύ και τη διάρκεια των παλμών. (Ober *et al*, 2009). Παρά τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν αυτή τη στιγμή, οι ειδικοί αισιοδοξούν για το μέλλον ενώ θεωρούν πως νέες ιδέες θα βοηθήσουν στην αντιμετώπιση οφθαλμικών ασθενειών ακόμα πιο αποτελεσματικά.

3.2 Κυριότερα συστήματα Laser στην Οφθαλμολογία

Γενικότερα, οι νεότεροι τύποι Laser που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία, έχουν αφήσει ικανοποιημένους ασθενείς και ιατρούς λόγω της αποτελεσματικότητάς τους ενώ εκτός από την αντιμετώπιση των διαθλαστικών ανωμαλιών συμβάλουν επίσης στη θεραπεία οφθαλμικών παθήσεων όπως η αμφιβληστροειδοπάθεια, η ωχρά κηλίδα, ο καταρράκτης και πολλών ακόμα που θα αναφερθούν και σε επόμενα κεφάλαια.

Τα πιο συνήθη συστήματα Laser που μπορεί να παρατηρήσει κανείς σε μία οφθαλμολογική κλινική και παρουσιάζουν ευρεία εφαρμογή είναι τα εξής (Κατσαβαβάκης, 2015):

1. Argon Laser
2. Green Laser
3. Krypton Laser
4. Dye Laser
5. Nd-Yag Laser
6. Excimer Laser
7. Femtosecond Laser.

3.2.1 Argon Laser

Το Argon Laser ή Laser Αργού ανήκει στην κατηγορία των αερίων. Προέρχεται από τη μίξη 70% του μπλε χρώματος (488nm) και 30% του πρασίνου (514nm). Είναι ένα θερμικό Laser (προκαλεί εγκαύματα) ενώ για τη παραγωγή του απαιτούνται μηχανήματα βαριά, ογκώδη και τα οποία να μπορούν να αναπτύξουν υψηλές θερμοκρασίες (Κατσαβαβάκης, 2015).

Η χρήση του στην οφθαλμολογία επικεντρώνεται στη θεραπεία γλαυκώματος κλειστής γωνίας, στην επιδιόρθωση δακρύων και μικρών σπασμών του αμφιβληστροειδούς, αποτρέποντας τον κίνδυνο μελλοντικών αποκολλήσεων, καθώς και στην πολλαπλασιαστική αμφιβληστροειδοπάθεια σε διαβητικά άτομα.



Εικόνα 11: Laser Αργού (Instituto De Microcirurgia Ocular, 2021)

3.2.2 Green Laser

Το Green Laser μοιάζει λειτουργικά με το Laser Αργού αφού είναι και αυτό θερμικό. Παρόλα αυτά, έχει εντελώς διαφορετική κατασκευή μιας και είναι μικρό, ελαφρύ και δεν αναπτύσσει μεγάλες θερμοκρασίες. Χρησιμοποιεί ως ενεργό υλικό ένας κρύσταλλο Nd-Yag του οποίου το μήκος κύματος δέχεται υποδιπλασιασμό (Κατσαβαβάκης, 2015).

Κλινικά, χρησιμοποιείται στην αντιμετώπιση παρόμοιων καταστάσεων με το Laser Αργού αφού παρουσιάζουν την ιδιότητα ενώ αντιμετωπίζει με μεγάλη επιτυχία τη διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια.

3.2.3 Krypton Laser

Το Krypton Laser ανήκει στην κατηγορία των αερίων ενώ παράγεται από ένα φθοριούχο κρύσταλλο. Μία ακόμα ονομασία που του δίνεται είναι Laser Exciplex. Οι γραμμές εκπομπής του κυμαίνονται από 337-799 nm ενώ αυτή που χρησιμοποιείται κυρίως στην οφθαλμολογία είναι στα 647nm.

Λόγω της καλής απορρόφησης της δέσμης από τη μελανίνη, χρησιμοποιείται στη θεραπεία της υποθρεπτικής νεαγγειακής μεμβράνης καθώς και στη θεραπεία

έπειτα από ρήξη χοριοειδούς, η οποία αποτελεί μία κατάσταση όπου αν δεν υπάρξει αντιμετώπιση, το άτομο ίσως οδηγηθεί σε αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς. (American Academy of Ophthalmology, 2021).

3.2.4 Dye Laser

Τα Dye Laser ή αλλιώς Laser υγρών είναι μία από τις 3 βασικές κατηγορίες που έχουν αναφερθεί και παραπάνω, χαρακτηριστικό της οποίας είναι το υγρό διάλυμα που χρησιμοποιεί ως ενεργό υλικό αλλά και το μεγάλο εύρος μηκών κυμάτων που εμφανίζουν.

3.2.5 Nd-Yag Laser

Το Laser Nd-Yag αποτελεί ακρωνύμιο της φράσης Neodymium-Yttrium Aluminum Garnet. Ουσιαστικά, είναι ένα Laser στερεών το οποίο χρησιμοποιεί ως ενεργό υλικό έναν κρύσταλλο υτρίου-αλουμινίου-γρανάτη με προσθήκη νεοδυμίου (Friedman, 2009). Συνήθως εκπέμπει υπέρυθρο φως στα 1064 nm.

Υπάρχουν αρκετές οφθαλμικές επεμβάσεις που πραγματοποιούνται με το συγκεκριμένο σύστημα Laser. Οι πιο χαρακτηριστικές είναι η περιφερική ιριδοτομία σε ασθενείς που αντιμετωπίζουν οξύ γλαύκωμα κλειστής γωνίας καθώς και η αντιμετώπιση της θολερότητας έπειτα από χειρουργείο για καταρράκτη. Ειδικότερα, η τεχνική της περιφερικής ιριδοτομίας έχει διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τους οφθαλμιάτρους αφού αντικαθιστά ουσιαστικά τη χειρουργική ιριδεκτομή.



Εικόνα 12: Nd-Yag Laser (Friedman, 2009).

3.2.6 Excimer Laser

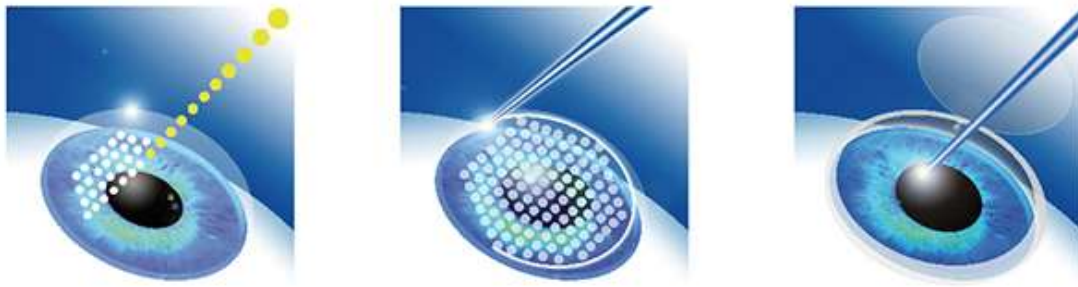
Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, τα Excimer laser ή Laser υπεριώδους ανήκουν στην κατηγορία των Laser αερίων και η ανάπτυξη που παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια τα έχει κάνει πολύτιμα στα χέρια των οφθαλμιάτρων για την αντιμετώπιση των διαθλαστικών ανωμαλιών.

Διαίρούνται σε δύο βασικούς τύπους ανάλογα με τη μορφή που απελευθερώνουν την ενέργεια, σε εκείνα με την ευρεία δέσμη και σε αυτά με τη σημειακή ή σχισμοειδή (Δαμανάκις, 2011). Δρουν επάνω στον κερατοειδή ενώ ουσιαστικά η δράση τους οφείλεται στην αφαίρεση (μυωπία), σμίλευση (υπερμετρωπία) ή εξομάλυνση (αστιγματισμός) κερατοειδικού ιστού και στη μεταβολή της επιφάνειας και κυρτότητάς του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της διαθλαστικής δύναμης του κερατοειδούς.

3.2.7 Femtosecond Laser

Το συγκεκριμένο σύστημα Laser είναι ένα Laser πολύ μικρού παλμού (είναι δηλαδή εξαιρετικά γρήγορο που λειτουργεί στο βαθύ υπέρυθρο μήκος κύματος (1028-1054 nm). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του Femtosecond Laser είναι το γεγονός ότι έχει την ικανότητα να παρέχει ενέργεια λείζερ με ελάχιστη παράπλευρη ζημιά στον ιστό ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από την εμπρός όσο και από την πίσω πλευρά του κερατοειδή (Roszkowska *et al*, 2017).

Λόγω των απίστευτα γρήγορων χρόνων του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ακρίβεια, κάνοντάς το ιδανικό για χειρουργική επέμβαση. Η πιο κοινή του χρήση αφορά τον συνδυασμό του με την τεχνική Lasik και τη κοπή του κερατοειδικού κρημνού επάνω στον οφθαλμό. Ουσιαστικά, με τη χρήση του Femtosecond Laser, αντικαταστάθηκε η χρήση της συμβατικής 'λεπίδας' που χρησιμοποιούταν σε παλαιότερες μεθόδους, από την κοπή με τη μέθοδο Laser. Πιο πρόσφατα, η χρήση του Femtosecond Laser έχει επεκταθεί σε διάφορες άλλες χειρουργικές επεμβάσεις κερατοειδούς ενώ χρησιμοποιείται πλέον και σε χειρουργική επέμβαση καταρράκτη.



Εικόνα 13: Χρήση του Femtosecond Laser για τη κοπή κερατοειδικού κρημνού (flap)
(Innova Ocular, 2021).

3.3 Άλλα συστήματα Laser στην Οφθαλμολογία

Εκτός από τα συστήματα Laser που αναφέρονται παραπάνω και χρησιμοποιούνται συχνότερα στα οφθαλμολογικά εργαστήρια, υπάρχουν και κάποιοι άλλοι τύποι που αφορούν κυρίως τις διαθλαστικές επεμβάσεις και δρουν με διαφορετικό τρόπο έτσι ώστε να καλύψουν τις ανάγκες ανάλογα και με τις ιδιαιτερότητες του κάθε ασθενή.

Οι συγκεκριμένες κατηγορίες αναλύονται στις επόμενες ενότητες:

3.3.1 Μέθοδος *Lasik Laser*

Όπως αναλύθηκε και στην ενότητα 3.1, τα *Lasik Laser* αποτελούν καινοτομία του Έλληνα γιατρού Ιωάννη Παλλήκαρη. Για τη πραγματοποίησή της απαιτείται η δημιουργία ενός κερατοειδικού κρημνού, είτε αρχικά με το μικροκερατόμο είτε πιο πρόσφατα με το Femtosecond Laser, και η χρήση Laser για τη διαμόρφωση του κερατοειδή.

Οφέλη από τη χειρουργική με αυτή τη μέθοδο αποτελούν η άμεση αποκατάσταση από της εγχείρησης, τα μη σοβαρά συμπτώματα καθώς και η μεγάλη αποτελεσματικότητα.

3.3.2 Μέθοδος *PRK (PhotoRefractive Keratectomy)*

Η *PRK* αποτελεί τη πρώτη ευρέως αποδεκτή χειρουργική διαθλαστική επέμβαση με τη χρήση του excimer laser. Με τη τεχνική αυτή, δεν έχουμε δημιουργία κερατοειδικού κρημνού όπως συμβαίνει στη *Lasik*, αλλά απευθείας αφαίρεση κερατοειδικού ιστού. Αυτή είναι και η βασική διαφορά μεταξύ των δύο επεμβάσεων.

Οι υπόλοιπες διαφορές μεταξύ των *PRK* και *Lasik* φανερώνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

PRK	LASIK
Απόξεση επιθηλίου	Κερατοειδικός κρημνός
Ενδείκνυται κυρίως για χαμηλές μυωπίες	Ενδείκνυται για μυωπίες, υπερμετροπίες και αστιγματισμό
Μετεγχειρητικός πόνος 3- ημερών	Μετεγχειρητικά ανώδυνη
Πραγματοποιείται και σε λεπτότερους κερατοειδείς	Απαιτεί μεγαλύτερο πάχος κερατοειδή
Επάνοδος της όρασης σε 1-2 εβδομάδες	Επάνοδος της όρασης σε 1-3 ημέρες
Ενδείκνυται σε περιπτώσεις ξηροφθαλμίας	Αντενδείκνυται σε περιπτώσεις ξηροφθαλμίας
Προβλήματα λόγω ουλών που δημιουργούνται	Προβλήματα λόγω του κερατοειδικού κρήμνου

Πίνακας 1: Διαφορές PRK-Lasik

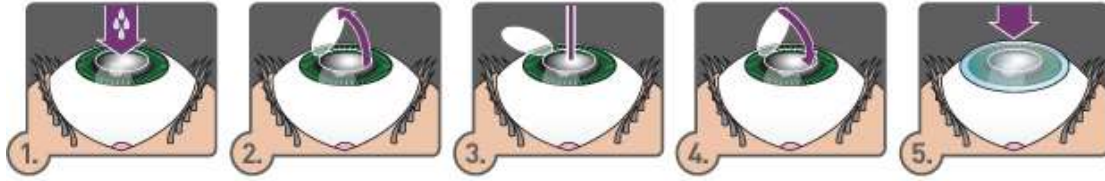
Αν και η PRK αποτελεί μία αποτελεσματική και ασφαλή μέθοδο αποκατάστασης κυρίως μικρών διαθλαστικών σφαλμάτων, υπάρχουν κάποιες αξιοσημείωτες αδυναμίες, με πρώτη και χαρακτηριστικότερη τη χρήση φακού επαφής από τον ασθενή κατά τις πρώτες μέρες της θεραπείας, με σκοπό την επούλωση του επιθηλίου.

Δύο παραλλαγές που προκύπτουν από τη φωτοδιαθλαστική χειρουργική (PRK) είναι η Lasek και Epi-Lasik (Ασημέλλης, και συν, 2007).

3.3.3 Μέθοδος Lasek

Η τεχνική Lasek μοιάζει αρκετά με αυτή της PRK με τη διαφορά πως δεν αφαιρείται το επιθήλιο. Συγκεκριμένα, κατά την επέμβαση, χρησιμοποιείται ένα διάλυμα αιθανόλης το οποίο ανασηκώνει το επιθήλιο, στη συνέχεια πραγματοποιείται η Laser φωτεκτομή και τελικά το επιθήλιο επανατοποθετείται με πιεστικό εργαλείο (Ασημέλλης, και συν, 2007).

Η τεχνική αυτή προτιμάται σε περιπτώσεις πολύ λεπτού ή όχι απόλυτα φυσιολογικού κερατοειδή και πρόκειται για μία πιο σύνθετη μορφή PRK , για αυτό και παρατηρούνται περισσότερες επιπλοκές και περιορισμοί.



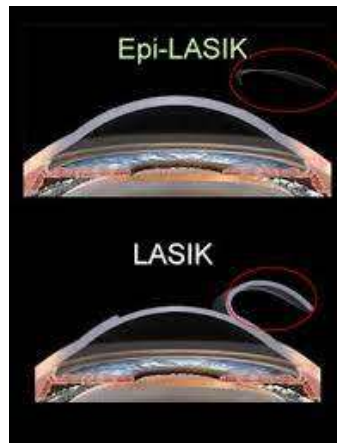
Εικόνα 14: Επέμβαση με τη χρήση της τεχνικής Lasek (Laser Vision Focused on you, 2021)

3.3.4 Μέθοδος *Epi-Lasik*

Η Epi-Lasik αποτελεί ουσιαστικά παραλλαγή της Lasik. Κατά την επέμβαση, δημιουργείται ένας λεπτός κερατοειδικός κρημνός, λεπτότερος από τον αντίστοιχο της Lasik και το Laser δρα κάτω από το επιθήλιο το οποίο στη συνέχεια επανατοποθετείται στη θέση του όπου και σταδιακά αποκαθίσταται από νέο.

Στη τεχνική αυτή ο ασθενής δεν νιώθει πόνο, όπως και στη Lasik, η βελτίωση της όρασής του ωστόσο έρχεται με χρονικές διακυμάνσεις και μπορεί να καθυστερήσει έως και μερικές εβδομάδες. Η χρήση θεραπευτικού φακού επαφής μετά το πέρας της επέμβασης θεωρείται αναγκαία.

Η διαφορά της λεπτότητας του κερατοειδικού κρημνού μεταξύ Lasik και Epi-Lasik φαίνεται στην εικόνα 15.



Εικόνα 15: Διαφορά κερατοειδικού κρημνού στις τεχνικές Lasik και Epi-Lasik Laser (Eye Surgery Hawaii, 2021)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ LASER ΣΕ ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ

4.1 Κατηγοριοποίηση επεμβάσεων στις Οφθαλμικές παθήσεις

Η ενέργεια ενός Laser μπορεί να μεταφερθεί στους οφθαλμικούς ιστούς με διάφορους τρόπους. Υπεύθυνες για την απορρόφηση της ενέργειας του Laser από τον οφθαλμό είναι 3 χρωστικές ουσίες, η μελανίνη, η αιμοσφαιρίνη και η ξανθοφύλλη.

Η αιμοσφαιρίνη απορροφά σε καλό βαθμό το μπλε, το πράσινο και το κίτρινο φως όχι όμως και το κόκκινο. Από την άλλη, η ξανθοφύλλη, που βρίσκεται στην ωχρά κηλίδα, απορροφά μπλε φως. Τέλος, η μελανίνη, που αποτελεί και τη σημαντικότερη χρωστική όσο αφορά την απορρόφηση ενέργειας με Laser, απορροφά αποτελεσματικά ορατά και υπέρυθρα μήκη κύματος (400 έως 1400 nm) (Gilmour, 2002).

Η επιλογή του κατάλληλου οφθαλμικού Laser εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της απορρόφησης του ιστού-στόχου αλλά και από τον επιθυμητό τύπο βλάβης που έχουμε ορίσει για τον συγκεκριμένο ιστό.

Με βάση τα παραπάνω, και σύμφωνα με τους Carruth και Mc Kenzie δίνεται η δυνατότητα κατηγοριοποίησης οφθαλμικών επεμβάσεων με τη χρήση Laser. Έτσι, έχουμε:

- A. Επεμβάσεις στον αμφιβληστροειδή, χοριοειδή και την ωχρά κηλίδα
- B. Επεμβάσεις στο πρόσθιο ημιμόριο

Οι σημαντικότερες από τις οφθαλμικές παθήσεις για τις οποίες η σύγχρονη Οφθαλμολογία έχει προσφέρει θεραπεία με τη χρήση των Laser είναι οι εξής:

- Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια
- Αποκόλληση αμφιβληστροειδούς
- Εκφύλιση ωχράς κηλίδας
- Γλαύκωμα
- Καταρράκτης
- Κερατόκωνος
- Αποκόλληση υαλοειδούς
- Κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια

Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται μία προσπάθεια επεξήγησης των παραπάνω ασθενειών, περιγράφονται οι επιπτώσεις τους στον ανθρώπινο οφθαλμό ενώ τέλος γίνεται ανάλυση της αντιμετώπισής τους με τη χρήση του κατάλληλου οφθαλμικού Laser.

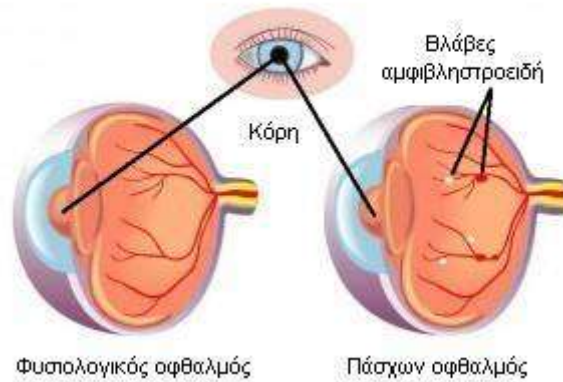
4.2 Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια

Η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια είναι μία πάθηση που προσβάλλει το εσωτερικό των οφθαλμών και αποτελεί σοβαρή επιπλοκή σε ασθενείς που πάσχουν από σακχαρώδη διαβήτη. Ουσιαστικά, η βλαβερή επίδραση της πάθησης οφείλεται στην υψηλή στάθμη της γλυκόζης στον οργανισμό που συνεπάγεται τη καταστροφή μίας ουσίας που είναι υπεύθυνη για τη σταθερότητα των τοιχωμάτων των φλεβών. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα τη διαρροή μικρών ποσοτήτων αίματος και λιπιδίων στον αμφιβληστροειδή που οδηγεί στη μείωση της οπτικής οξύτητας του ατόμου

Η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, που αποτελεί τη κυριότερη αιτία απώλειας της όρασης στις ανεπτυγμένες χώρες, είναι μία προοδευτική νόσος που έχει βλαβερές επιπτώσεις για τον οφθαλμό εάν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα. Ο διαχωρισμός της μπορεί να γίνει σε δύο επιμέρους στάδια, το μη παραγωγικό και το παραγωγικό. Στις περισσότερες των περιπτώσεων ο ασθενής παραμένει ασυμπτωματικός ενώ μόνο όταν έχει προχωρήσει η ασθένεια εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα.

Για τη θεραπεία της νόσου, εκτός των αντί-VEGF φαρμάκων, χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά και τα Laser. Πιο συγκεκριμένα, η θεραπεία με Laser είναι απαραίτητη στο στάδιο της παραγωγικής διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας. Τα δημοφιλέστερα Laser για την αντιμετώπιση της νόσου είναι το Argon Green Laser (στα 514,5 nm) ενώ πιο πρόσφατα χρησιμοποιείται και το Krypton Laser (Platt and Bakri, 2018). Τέλος, λόγω και του ότι η πρόληψη αποτελεί τη καλύτερη θεραπεία, θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη τόσο η ρύθμιση του σακχάρου όσο και οι προληπτικές οφθαλμολογικές εξετάσεις κάθε 6 μήνες από τον διαβητικό ασθενή.

Διαβητική Αμφιβληστροειδοπάθεια



Εικόνα 16: Βλάβες του οφθαλμού στη διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια (N. Βαρβαγιάννης, 2021).

4.3 Αποκόλληση αμφιβληστροειδούς

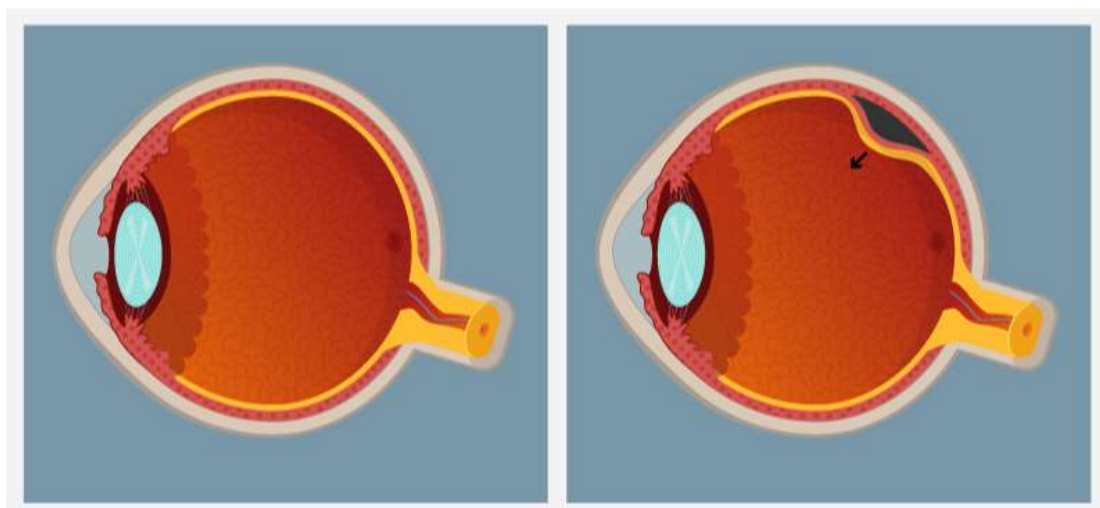
Η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς αποτελεί ίσως το σοβαρότερο νόσημα του ανθρώπινου οφθαλμού. Κατά την αποκόλληση, ο αμφιβληστροειδής απομακρύνεται από τα υποκείμενα στρώματα του οφθαλμού με αποτέλεσμα να μη λειτουργεί και η όραση να γίνεται θολή. Μία τέτοια κατάσταση κρίνεται άκρως επείγουσα ενώ σε περίπτωση που δεν αντιμετωπιστεί άμεσα, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τύφλωσης του ατόμου.

Οι κυριότεροι παράγοντες που σχετίζονται με την αποκόλληση του αμφιβληστροειδή είναι ο σακχαρώδους διαβήτης, οι οφθαλμικές φλεγμονές, οι αγγειοπάθειες, η γήρανση καθώς και οι υψηλές μυωπίες. Συμπτώματα της αποκόλλησης θεωρούνται οι λάμπεις σύντομης διάρκειας, οι μυιοψίες (μαύρες κουκίδες) και η θολή όραση, χωρίς βέβαια να εμφανίζονται αποκλειστικά και μόνο αυτές.

Υπάρχουν 3 τύποι αποκόλλησης αμφιβληστροειδούς, η ρηγματογενής, η εξιδρωματική και η ελκτική, με συνηθέστερη τη πρώτη. Η διάγνωση της πάθησης πραγματοποιείται με τη σχισμοειδή λυχνία όπου εξετάζεται ο πρόσθιος θάλαμος καθώς και με βυθοσκόπηση υπό μυδρίαση όπου ελέγχεται το οπίσθιο τμήμα του οφθαλμού. Με αυτό τον τρόπο δίνεται μία γενικότερη εικόνα της κατάστασης του αμφιβληστροειδή.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς είναι μια επείγουσα κατάσταση και σε αρκετές περιπτώσεις έχει το χαρακτήρα επείγοντος περιστατικού αφού πρέπει να αντιμετωπιστεί σε λιγότερο από 24 ώρες. Χαρακτηριστικό είναι το ότι σχεδόν όλοι οι ασθενείς με αποκόλληση χρειάζεται να υποβληθούν άμεσα σε κάποια χειρουργική επέμβαση προκειμένου να επανέλθει ο αμφιβληστροειδής στη φυσιολογική του θέση. Συνηθέστερα, για τη θεραπεία της πάθησης σε επίπεδο προφύλαξης, χρησιμοποιείται το Laser Argon. Σε πιο προχωρημένα στάδια όπου κινδυνεύει με αποκόλληση η ωχρά κηλίδα, τότε θα πρέπει να γίνεται άμεση χειρουργική επέμβαση με στόχο να κλείσουν τα ρήγματα και να αποτραπεί η είσοδος υγρού που θα οδηγήσει σε αποκόλληση.

Η εικόνα που ακολουθεί, δείχνει τη συγκέντρωση υγρού κάτω από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και την αρχόμενη αποκόλλησή του.



Εικόνα 17: Αρχόμενη αποκόλληση αμφιβληστροειδούς (Μπεζάτης, 2021)

4.4 Εκφύλιση ωχράς κηλίδας

Με τον όρο γεροντική (ΓΕΩ) ή ηλικιακή (ΗΕΩ) εκφύλιση ωχράς κηλίδας αναφερόμαστε στη πάθηση των οφθαλμών η οποία αποτελεί τη κυριότερη αιτία τύφλωσης ατόμων ηλικίας άνω των 65 ετών στο δυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμαστε σε αμφοτερόπλευρη νόσο με έναρξη στον έναν οφθαλμό και πιθανότητα εμφάνιση στον άλλο 12% κάθε χρόνο. (Ψύλλας, 2014).

Επιπτώσεις της πάθησης στον ανθρώπινο οφθαλμό είναι η σταδιακή μείωση της κεντρικής όρασης που σε προχωρημένο στάδιο ίσως οδηγήσει σε τύφλωση, χωρίς βέβαια να φτάνει στην ολική τύφλωση αφού η περιφερική όραση συνήθως παραμένει

ανέπαφη. Συμπτώματά της αποτελούν η παραμόρφωση εικόνων, η θολή όραση καθώς και τα σκοτώματα.

Η ΓΕΩ διακρίνεται σε δύο μορφές, στην ξηρά και στην εξιδρωματική (ή υγρή). Η πρώτη, που εμφανίζεται και σε μεγαλύτερο ποσοστό, προκαλεί προοδευτική απώλεια της κεντρικής όρασης σε βάθος μηνών ή και χρόνων. Όσο αφορά τη δεύτερη, είναι αρκετά πιο σοβαρή αφού προκαλεί απώλεια της όρασης μέσα σε διάστημα λίγων ημερών (Ψύλλας, 2014). Για τη διάγνωση και των δύο τύπων χρησιμοποιείται τονομέτρηση, βυθοσκόπηση αλλά και μέτρηση οπτικής οξύτητας.

Αποτελεσματική θεραπεία για την εκφύλιση της ωχράς κηλίδας δεν υπάρχει ενώ συνήθως η ζημιά είναι μη αναστρέψιμη. Κομβικό ρόλο για την αντιμετώπισή της έχει η έγκαιρη διάγνωση ενώ προτείνονται βοηθήματα χαμηλής όρασης για τους ασθενείς. Βέβαια, τα τελευταία 15-20 χρόνια, έχει επιτευχθεί κάποια πρόοδος για την αντιμετώπιση της εξιδρωματικής, κυρίως, μορφής με τη χρήση του Argon Laser, που έχει επιφέρει θετικά αποτελέσματα. Η αντιμετώπιση με το συγκεκριμένο τύπο Laser αφορά μόνο τις περιπτώσεις εκείνες όπου η αλλοίωση εντοπίζεται εκτός κεντρικής περιοχής (Ψύλλας, 2014).

4.5 Γλαύκωμα

Η λέξη γλαύκωμα αναφέρεται στο σύνολο των παθολογικών καταστάσεων του οφθαλμού που χαρακτηρίζονται από την αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση. Η πίεση αυτή προκαλείται από την αδυναμία απαγωγής του υγρού που φυσιολογικά παράγεται στο εσωτερικό του οφθαλμού. Στις περιπτώσεις όπου η ενδοφθάλμια πίεση παραμένει υψηλή δίχως να αντιμετωπιστεί, τότε δημιουργούνται καταστάσεις ιδιαίτερα επιβλαβείς αλλά και μη αναστρέψιμες για το οπτικό νεύρο. (Weinreb *et al.*, 2014).

Το γλαύκωμα, στα αρχικά του στάδια, δεν εμφανίζει συμπτώματα. Το γεγονός αυτό το καθιστά μία ιδιαίτερα ύπουλη και επικίνδυνη πάθηση. Σε πιο προχωρημένα στάδια, συμπτώματα που εμφανίζονται είναι η φωτοευαισθησία, η θόλωση του κερατοειδούς αλλά και η διαστολή των οφθαλμών. Προ διαθετικοί παράγοντες εμφάνισης γλαυκώματος αποτελούν η προχωρημένη ηλικία, το οικογενειακό ιστορικό γλαυκώματος, η μακροχρόνια χορήγηση κορτιζόνης, οι αγγειακές παθήσεις αλλά και η φυλή του ατόμου. (Weinreb *et al.*, 2014). Χαρακτηριστικό το γεγονός ότι τα άτομα

της μαύρης φυλής έχουν 15 φορές υψηλότερη συχνότητα να εμφανίσουν τη συγκεκριμένη πάθηση.

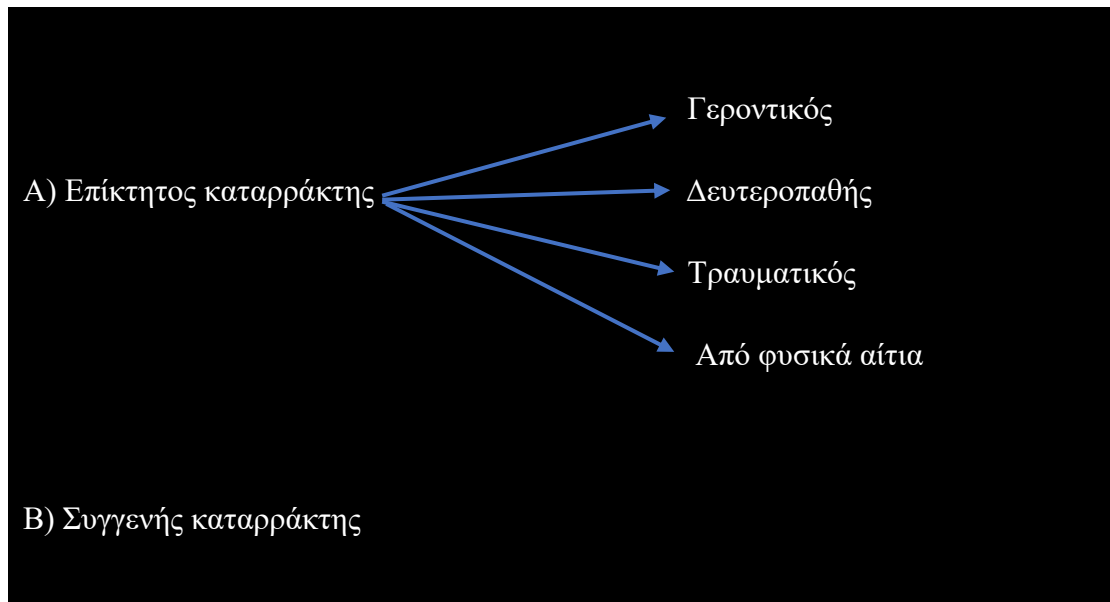
Η κατάταξη του γλαυκώματος μπορεί να γίνει ως εξής: γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας, γλαύκωμα κλειστής γωνίας, συγγενές γλαύκωμα αλλά και γλαύκωμα φυσιολογικής πίεσης. Στο πρώτο, το οποίο είναι και το συχνότερο, ο ασθενής χάνει σταδιακά την όραση του ανώδυνα και δίχως να το αντιλαμβάνεται. Η δεύτερη μορφή παρατηρείται όταν η γωνία μεταξύ κερατοειδή και ίριδας είναι κλειστή με αποτέλεσμα της αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και τη θόλωση της όρασης. Όσο αφορά το συγγενές γλαύκωμα, είναι αρκετά σπάνιο και σοβαρό ενώ εμφανίζεται στα πρώτα 4 χρόνια ζωής του ατόμου. Τέλος, το γλαύκωμα φυσιολογικής πίεσης αναφέρεται σε άτομα με φυσιολογικές τιμές ενδοφθάλμιας πίεσης αλλά με αρκετά ευαίσθητο οπτικό νεύρο.

Πρωταρχικός στόχος στην αντιμετώπιση του γλαυκώματος είναι η ελάττωση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Αυτό, συνήθως, συμβαίνει με τη χρήση οφθαλμικών σταγόνων. Όταν αυτές δεν είναι αποδοτικές, τότε καταφεύγουμε στη θεραπεία με Laser ή στη χειρουργική επέμβαση. Για το γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας, με τη χρήση του Argon Laser και της τεχνικής τραμπεκουλοπλαστική, η ενδοφθάλμια πίεση μπορεί να μειωθεί έως και 3 μονάδες. Αντίστοιχα, για τα γλαυκώματα κλειστής γωνίας εφαρμόζονται περιφερικές ιριδοτομές με τη χρήση YAG ή Argon Laser. Με τη μέθοδο αυτή, ο ειδικός ανοίγει μικρές οπές στην περιφέρεια της ίριδας, με σκοπό την άμεση επικοινωνία του προσθίου με τον οπίσθιο θάλαμο και τη μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης (Ψύλλας, 2014).

4.6 Καταρράκτης

Η παθολογία του οφθαλμού κατά την οποία πραγματοποιείται θόλωση του κρυσταλλοειδή φακού ονομάζεται καταρράκτης. Η θόλωση αυτή μπορεί να είναι είτε μικρή είτε να καταλαμβάνει ολόκληρο το φακό. Αν και στις περισσότερες περιπτώσεις, θόλωση πραγματοποιείται στα φυσιολογικά πλαίσια της γήρανσης του οργανισμού (γεροντικός καταρράκτης), υπάρχουν και άλλοι λόγοι εμφάνισής του, όπως οφθαλμολογικά νοσήματα ή τραυματισμοί.

Μία σύντομη ταξινόμηση του καταρράκτη δίνεται στον πίνακα 2.



Πίνακας 2: Ταξινόμηση του καταρράκτη

Συμπτώματα του καταρράκτη αποτελούν η θολή και ίσως παραμορφωμένη όραση, η λευκοκορία, η ευαισθησία στο φως ενώ σε περίπτωση που δεν αντιμετωπιστεί και αφηθεί αθεράπευτος για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να οδηγήσει μέχρι και σε απώλεια της όρασης του ατόμου.

Για τη θεραπεία του καταρράκτη επιλέγεται στη πλειονότητα των περιπτώσεων η χειρουργική επέμβαση. Σύμφωνα με αυτή, ο ήδη υπάρχον φακός του ματιού του ασθενή απομακρύνεται χειρουργικά και αντικαθίσταται από έναν μόνιμο τεχνητό φακό. Ο φακός αυτός ονομάζεται ενδοφακός και προσφέρει διόρθωση της διαθλαστικής διαταραχής που προκύπτει από τη αφαίρεση του φυσικού φακού (Ψύλλας ,2014).

Τα νέα δεδομένα αναφορικά με τη επέμβαση για τη θεραπεία του καταρράκτη χρησιμοποιούν το Femtosecond Laser. Όπως έχει αναφερθεί το συγκεκριμένο Laser εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία στις διαθλαστικές επεμβάσεις. Ωστόσο, το γεγονός ότι το συγκεκριμένο Laser μπορεί να δημιουργήσει τομές απαραίτητες για την επέμβαση καταρράκτη δίχως την παρέμβαση του ανθρώπινου χεριού, το έκανα ιδιαίτερα ευκολότερο, αρκετά ασφαλέστερο ενώ οι χρόνοι διάρκειας της επέμβασης μειώνονται στο μισό σε σχέση με τη παραδοσιακή τεχνική.



Εικόνα 18: Λευκοκορία λόγω καταρράκτη (Κόννου, 2020).

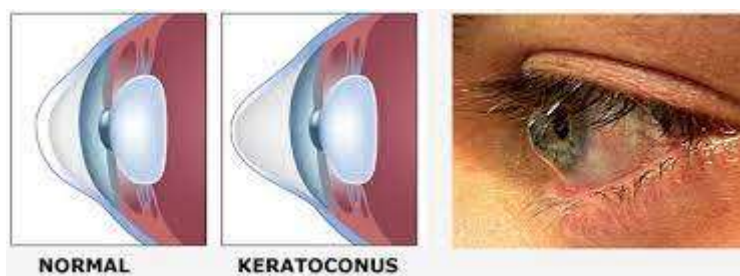
4.7 Κερατόκωνος

Μία ιδιαίτερη ομάδα δυστροφιών του κερατοειδή αποτελούν οι εκτατικές δυστροφίες. Χαρακτηριστικότερη από αυτές είναι ο κερατόκωνος. Ο κερατόκωνος αποτελεί μία μη φλεγμονώδη, προοδευτική νόσο του χιτώνα του κερατοειδή η οποία επηρεάζει 1 στους 2000 ανθρώπους παγκοσμίως. Χαρακτηρίζεται από μία κεντρική ή και παράκεντρη λέπτυνση του κερατοειδή που έχει ως αποτέλεσμα να παίρνει κωνικό σχήμα (Colin and Velou, 2003).

Η νόσος εμφανίζεται κυρίως κατά την εφηβική ηλικία του ατόμου και τις περισσότερες φορές προσβάλλει και τους 2 οφθαλμούς, παρουσιάζοντας βέβαια κάποια σημαντική ασυμμετρία. Οι μεταβολές που συμβαίνουν στη καμπυλότητα του κερατοειδή δημιουργούν απότομη αύξηση του αστιγματισμού του ασθενή, παραμορφωμένη όραση για όλες τις αποστάσεις ενώ γενικότερα ελαττώνεται αισθητά η οπτική του οξύτητα. Για τη διάγνωσή του μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο η σχισμοειδής λυχνία όσο και ένας τοπογράφος. Και στις δύο περιπτώσεις θα παρατηρηθεί η κωνική παραμόρφωση της οπτικής τομής του κερατοειδούς.

Για την αντιμετώπιση του κερατόκωνου, όταν αυτός βρίσκεται ακόμα στα αρχικά στάδια, χρησιμοποιούνται αστιγματικά γυαλιά που αποκαθιστούν σε μεγάλο βαθμό την όραση του ασθενή. Σε πιο προχωρημένα στάδια, η νόσος αντιμετωπίζεται με τη χρήση σκληρών φακών επαφής ενώ στις ακόμα δυσκολότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται διαμεπρής κερατοπλαστική (Ψύλλας, 2014).

Στις περιπτώσεις εκείνες όπου ο ασθενής δεν δύναται να δεχθεί τη θεραπεία με τη χρήση σκληρών φακών επαφής, λόγω κάποιας δυσανεξίας, δίνεται η δυνατότητα χρήσης του Excimer Laser. Με το Laser αυτό πραγματοποιείται επιπεδοποίηση του κώνου με αποτέλεσμα τη μείωση του υψηλού αστιγματισμού. Με αυτό τον τρόπο γίνεται βελτίωση της οπτικής οξύτητας των ασθενών ενώ παράλληλα τους επιτρέπεται να πραγματοποιούν τις καθημερινές τους δραστηριότητες δίχως τη χρήση γυαλιών και φακών επαφής (Colin J. and Velou S., 2003).



Εικόνα 19: Σύγκριση φυσιολογικού και κερατοκωνικού οφθαλμού (Δημητρακάς, 2021).

4.8 Αποκόλληση υαλοειδούς

Η κοιλότητα του υαλοειδούς αποτελεί το χώρο στο οπίσθιο τμήμα του οφθαλμού, ανάμεσα στον κρυσταλλοειδή φακό και στον αμφιβληστροειδή. Χαρακτηριστικό της κοιλότητας είναι το υλικό το οποίο την αποτελεί, δηλαδή το υαλοειδές υγρό. Το υαλοειδές υγρό μοιάζει με ένα διάφανο ζελέ που με τη πάροδο των χρόνων και καθώς ο οφθαλμός «γερνάει», ρευστοποιείται. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πιθανότητα το υαλοειδές να αποκολληθεί από τα φυσικά του στηρίγματα δημιουργώντας μία συνήθως αβλαβή κατάσταση για το μάτι που ονομάζεται οπίσθια αποκόλληση υαλοειδούς.

Πράγματι, μπορεί από μόνη της η παραπάνω νόσος των οφθαλμών να μη είναι ιδιαίτερα σοβαρή, ωστόσο όταν το άτομο παρατηρήσει συμπτώματά της, θα πρέπει άμεσα να απευθυνθεί στον οφθαλμίατρο αφού μπορεί να ακολουθήσουν σοβαρότερες καταστάσεις. Συμπτώματα που προμηνύουν πιο επικίνδυνα προβλήματα αποτελούν η ξαφνική μείωση της οπτικής οξύτητας του ατόμου με ταυτόχρονη αντίληψη λάμπσεων καθώς και οι μυϊοψίες. Η επιβεβαίωση του οφθαλμιάτρου σε υποψία ασθενούς με οπίσθια αποκόλληση υαλοειδούς πραγματοποιείται με τη μέθοδο της βυθοσκόπησης ύστερα από μυδρίαση, για την διαπίστωση ρωγμών.

Όπως γίνεται αντιληπτό, στις περισσότερες των περιπτώσεων η αποκόλληση του υαλοειδούς όταν δεν συνεπάγεται κάποια άλλη οφθαλμική πάθηση, δεν χρήζει αντιμετώπισης. Ωστόσο, σε περιπτώσεις που ο ασθενής διαμαρτύρεται έντονα για τα συμπτώματα, υπάρχει η δυνατότητα θεραπείας με τη χρήση του Nd-Yag Laser. Το συγκεκριμένο Laser θρυμματίζει το υαλοειδές σώμα ούτως ώστε να παύει να γίνεται αισθητή η παρουσία του. Βέβαια, δίνεται και η δυνατότητα χειρουργικής λύσης για μόνιμη απαλλαγή, με την επέμβαση της υαλοειδεκτομής. Η εφαρμογή της όμως πρέπει να περιορίζεται σε ελάχιστες περιπτώσεις λόγω της σοβαρότητας της επέμβασης (Ramamurthi *et al.*, 2006).

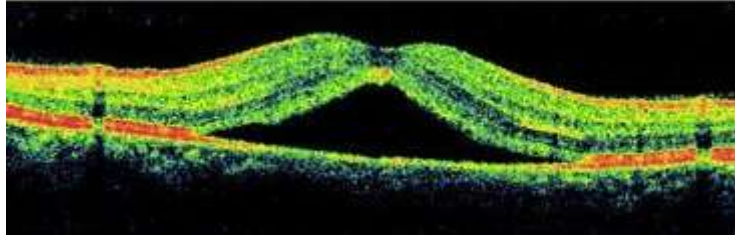
4.9 Κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια

Με τον όρο κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια αναφερόμαστε σε πάθηση της ωχράς κηλίδας, που εμφανίζεται συνήθως σε ηλικίες μεταξύ 25-55 ετών και προσβάλλει συχνότερα άνδρες σε αναλογία με τις γυναίκες 10:1. (Lin and Chen, 2016). Συμπτώματα της ασθένειας αποτελούν η θόλωση και η παραμόρφωση της όρασης, συνήθως του ενός οφθαλμού, ενώ χαρακτηριστικό είναι επίσης η αδυναμία λεπτομερούς παρατήρησης. Σπανίως, τα παραπάνω συνοδεύονται με ημικρανίες.

Αν και δεν έχει ακόμα αποσαφηνιστεί, κυριότεροι παράγοντες που αυξάνουν τη πιθανότητα εμφάνισης της νόσου είναι το άγχος, η χρήση κορτιζόνης, είτε σε μορφή χαπιών είτε σε μορφή ενέσιμων ή εισπνεόμενων σκευασμάτων καθώς και η πιθανή εγκυμοσύνη, όσο αφορά τις γυναίκες.

Ως επί το πλείστο, η κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια δεν χρειάζεται θεραπεία αφού στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων αυτοπεριορίζεται. Αν μετά το διάστημα των 3 μηνών, τα συμπτώματα της πάθησης δεν έχουν υποχωρήσει, τότε απαιτείται θεραπευτική αγωγή. Αυτή μπορεί να συμβεί με τη χρήση ενός Laser για φωτοπηξία με επικρατέστερα τα Laser Argon ή Dye τα οποία επιβαρύνουν λιγότερο την ωχρά κηλίδα. (Τσάκωνας, 2016). Πιο πρόσφατα, έχει επικρατήσει και μία νέα τεχνική που ονομάζεται φωτοδυναμική θεραπεία με τη χρήση «ψυχρού» Laser σε συγκεκριμένες παραμέτρους όσο αφορά την ένταση και τη δοσολογία.

Μία ιδέα για το πώς μοιάζει η κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια ύστερα από τη διάγνωσή της με τη χρήση οπτικής τοπογραφίας συνοχής (OCT), δίνεται στην εικόνα 20.



Εικόνα 20: κεντρική ορώδης χοριοαμφιβληστροειδοπάθεια σε OCT (Σμαγλίου, 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ LASER ΣΤΙΣ ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ

5.1 Προ-εγχειρητικός έλεγχος ασθενή διαθλαστικής επέμβασης

Πριν ακόμα ο υποψήφιος ασθενής εισέρθει για χειρουργική επέμβαση της διαθλαστικής ανωμαλίας, με κάποια μέθοδο Laser, είναι απαραίτητος ένας έλεγχος για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του στη θεραπεία.

Σε αυτή την αξιολόγηση, εκτός από τις προϋποθέσεις που οφείλει να τηρεί το άτομο πριν την επέμβαση, ελέγχονται οι μετεγχειρητικές προσδοκίες που περιμένει να έχει αλλά και το οφθαλμολογικό ιστορικό του. Τέλος, πραγματοποιούνται μία σειρά από οφθαλμικές εξετάσεις.

5.1.1 Αρχικές προϋποθέσεις

Για να μπει ο υποψήφιος ασθενής σε διαδικασία διόρθωσης του διαθλαστικού του σφάλματος με τη χρήση οποιασδήποτε μεθόδου Laser, πρέπει να τηρεί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Η ηλικία του να είναι άνω των 18 ετών
- Η διάθλαση να είναι σταθερή τουλάχιστον για 1 έτος
- Να μην έχει παθήσεις κερατοειδούς ή βυθού
- Οι γυναίκες να μην βρίσκονται σε περίοδο εγκυμοσύνης ή να θηλάζουν
- Να μην φορά φακούς επαφής για τουλάχιστον 2 εβδομάδες πριν την επέμβαση

Αντίθετα, ένας ασθενής θεωρείται ακατάλληλος για διαθλαστική διόρθωση με Laser όταν:

- Έχει πολύ μεγάλο διαθλαστικό σφάλμα
- Έχει αρκετά λεπτό κερατοειδή
- Έχει πολύ μεγάλες κόρες οφθαλμού (Αθανασίου, 2017).

Οι δύο πρώτες αντενδείξεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το Laser λειτουργεί αφαιρώντας ιστό από τον κερατοειδή. Έτσι, όσο πιο μεγάλο το διαθλαστικό πρόβλημα, τόσο μεγαλύτερη και η αφαίρεση του γίνεται στον κερατοειδή με αποτέλεσμα να συμβαίνει το φαινόμενο της εκτασίας, μίας δηλαδή οφθαλμολογικής πάθησης που προκαλεί προβλήματα όρασης.

Ο τρίτος παράγοντας οφείλεται σε συμπτώματα θαμπάδας που μπορεί να παρατηρήσει ο ασθενής με μεγάλες κόρες ύστερα από διαθλαστική επέμβαση, ειδικά σε περιπτώσεις χαμηλού φωτισμού. Μία τέτοια κατάσταση δημιουργεί πολλά προβλήματα ενώ μπορεί να κάνει μέχρι και τη νυχτερινή οδήγηση αδύνατη (Αθανασίου, 2017).

5.1.2 Μετεγχειρητικές προσδοκίες

Είναι πολύ σημαντικό πριν την διαθλαστική επέμβαση, να έχουν καλυφθεί και να είναι σε θέση να πραγματοποιηθούν οι ανάγκες του ασθενή. Αυτό διευκρινίζεται μέσα από τη συζήτηση μεταξύ ασθενούς και οφθαλμιάτρου. Ο ειδικός οφείλει να ενημερώσει τον ασθενή ότι η διαθλαστική χειρουργική μπορεί να του προσφέρει τη καλύτερη δυνατή οπτική οξύτητα, ωστόσο δεν εκμηδενίζει ενδεχόμενες μελλοντικές παθολογικές καταστάσεις των οφθαλμών όπως καταρράκτης, γλαύκωμα κ.α.

Για αυτό το λόγο, το άτομο πρέπει να είναι συνειδητοποιημένο για τις ιδιαίτερες ανάγκες του, να γνωρίζει τα υπέρ και κατά της επέμβασης και να αποφασίζει με γνώμονα το μελλοντικό του συμφέρον.

5.1.3 Οφθαλμολογικό ιστορικό

Μπαίνοντας στην ουσία του προ-εγχειρητικού ελέγχου, ένα οφθαλμολογικό ιστορικό είναι άκρως απαραίτητο. Σε αυτό, διερευνώνται γενικότερα παθήσεις του ατόμου, οφθαλμικές και μη, ενώ δίνονται και κάποιες πληροφορίες για τη γενικότερη κατάστασή του. Εδώ είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δίνεται στην αντιμετώπιση του ειδικού προς τον ασθενή, ως προς το ψυχολογικό κομμάτι.

Ένα ολοκληρωμένο οφθαλμολογικό, και όχι μόνο, ιστορικό πρέπει να έχει τα εξής δεδομένα:

- i. Προσωπικά στοιχεία: όνομα, τηλέφωνο, διεύθυνση, ηλικία, επάγγελμα, χόμπι
- ii. Οφθαλμολογικό ιστορικό: προηγούμενες παθήσεις
- iii. Οικογενειακό ιστορικό: κληρονομικότητα
- iv. Γενικό ιατρικό ιστορικό: αλλεργίες, φαρμακευτική αγωγή
- v. Λόγος επίσκεψης: συμπτώματα, ενόχληση
- vi. Καταγραφή προηγούμενης συνταγής: είτε για γυαλιά είτε για φακούς επαφής (Μακρυνιώτη, 2020)

Ιατρικό Ιστορικό Ασθενούς (2)

Ιατρικό Ιστορικό Ασθενούς

Ονοματεπώνυμο: **Κος Ζήτα Έκπος**
 Αρ. Μητρώου: **265795861**
 Φάκελλος:
 Έναρξη: **26-12-2009**

Ιατρικό Ιστορικό

Λήψη Φαρμάκων:
 Κάπνισμα:
 Εγκυμοσύνη:
 Νοσ. και Εγχειρήσεις:

Γενική Συμπτωματολογία

Πονοκέφαλος
 Αιποθυμίες
 Ουαλγίες

Οικογενειακό Ιστορικό

Σακχαρώδης Διαβήτης
 Αιμοφιλία
 Καρκίνος
 Φυματίωση
 Υψηλή Αρτηριακή Πίση
 Καρδιοπάθεια

Εικόνα 21: Παράδειγμα ενός ιατρικού ιστορικού ασθενούς (Expert Information System, 2009).

5.1.4 Οφθαλμικές εξετάσεις

Αφού ο οφθαλμίατρος τελειώσει και με τη λήψη του ιστορικού, συνέχεια έχουν μία σειρά οφθαλμικών εξετάσεων. Αυτές θα ελέγξουν την δυνατότητα του ατόμου να δεχθεί τελικά τη χειρουργική επέμβαση ενώ ταυτόχρονα θα καθορίσουν το ακριβές ποσό του κερατοειδικού στρώματος που θα πρέπει να αφαιρεθεί ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό μετεγχειρητικό αποτέλεσμα.

Οι εξετάσεις αυτές είναι κατά σειρά:

i. Έλεγχος Οπτικής Οξύτητας:

Ο έλεγχος της Οπτικής Οξύτητας θεωρείται επιβεβλημένος πριν οποιαδήποτε διαθλαστική χειρουργική με χρήση Laser. Αν και μία αρχική αντικειμενική διαθλαστική εξέταση μπορεί να φαίνεται πως εξυπηρετεί τον ειδικό, μία πολύ προσεκτική υποκειμενική διαθλαστική εξέταση πρέπει να ακολουθεί (Sakimoto *et al.*, 2006).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη διάρκεια της υποκειμενικής ώστε να αποφευχθεί η υπερδιόρθωση του μύωπα ασθενή αλλά και να μην υπολογιστεί με ακρίβεια η υπερμετροπία ενός υπερμέτρωπα. Η τελική απόφαση

ανήκει στον ίδιο τον χειρουργό, ο οποίος εκτός από τα παραπάνω λαμβάνει υπόψιν και την ηλικία του υποψηφίου.

ii. Μέτρηση κοιλότητας κερατοειδή

Με τη χρήση ενός τοπογράφου, ο ειδικός μπορεί να πραγματοποιήσει μέτρηση της καμπυλότητας του κερατοειδούς. Μέσω αυτής της εξέτασης δίνονται διάφορες πληροφορίες για την επιφάνεια του κερατοειδούς, την καμπυλότητα του και την ύπαρξη κάποιας πάθησης του κερατοειδούς.

Αρκετή προσοχή χρήζουν οι άτυπες τοπογραφικές εικόνες καθώς η διαθλαστική επέμβαση σε αυτούς τους ασθενείς μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία εξέλιξη εκτασίας του κερατοειδούς.

iii. Παχυμετρία

Όπως και η κοιλότητα του κερατοειδούς, έτσι και το πάχος του παίζει σημαντικό ρόλο για την καταλληλότητα του ασθενή για χειρουργική επέμβαση. Η αφαίρεση μεγάλων ποσοτήτων κερατοειδικού ιστού κατά τη διάρκεια του χειρουργείου με Laser μπορεί να προκαλέσει εξασθένηση του κερατοειδούς και εκτασία, με αποτέλεσμα την μείωση της όρασης (Sakimoto *et al.*, 2006).

Γενικά πρέπει να αποφεύγεται διαθλαστική επέμβαση σε κερατοειδείς με κεντρικό πάχος μικρότερο των 480μm, ενώ ένας ακόμα λόγος που η παχυμετρία είναι σημαντική είναι το ότι καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μέθοδο Laser που θα χρησιμοποιηθεί για το χειρουργείο.

iv. Έλεγχος διαμέτρου της κόρης

Μία ακόμα εξέταση είναι αυτή του ελέγχου της διαμέτρου της κόρης των δύο οφθαλμών. Αυτό πρέπει να συμβεί τόσο σε φωτοπικές όσο και σε σκοτοπτικές συνθήκες. Αναγκαία κρίνεται η μέτρηση της κόρης σε σκοτοπτικές συνθήκες η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά σε διάμετρο τη ζώνη φωτοαποδόμησης (ζώνη καταστροφής κερατοειδικού ιστού).

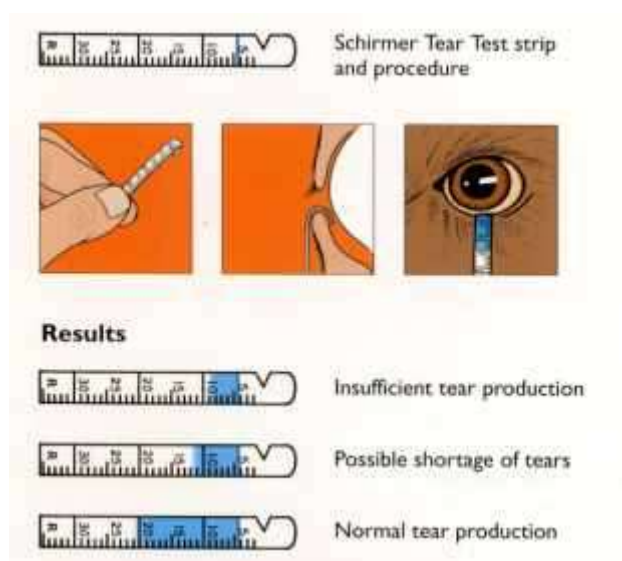
Αν το μέγεθος της κόρης είναι μεγαλύτερο από τη διάμετρο της ζώνης φωτοαποδόμησης δημιουργείται μια περιφερική ζώνη ιστού η οποία διαφέρει αρκετά στην διαθλαστική δύναμή της, καθώς δεν έχει φωτοαποδομηθεί. Η κατάσταση αυτή

επιβαρύνει το άτομο, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες, όπου η διάμετρος της κόρης μεγαλώνει. Έτσι, αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης οπτικών διαταραχών το βράδυ, πχ βραδινή οδήγηση (Πίπης, 2018).

v. Έλεγχος δακρύων

Η παραγωγή και ποιότητα δακρύων μπορούν να εκτιμηθούν μέσω διαφόρων τεχνικών, με πιο κύρια το Schirmer Tear Test. Με αυτό το τεστ γίνεται μία αξιολόγηση της ποσότητας των δακρύων του υποψηφίου και κατά πόσο αυτή είναι φυσιολογική.

Το σύνδρομο ξηροφθαλμίας έπειτα από διαθλαστική χειρουργική είναι ένα πολύ σύνηθες φαινόμενο. Έτσι, οποιαδήποτε προϋπάρχουσα ξηροφθαλμία πρέπει να έχει αντιμετωπιστεί πριν την πραγματοποίηση του χειρουργείου (Sakimoto *et al.*, 2006). Σημαντικό είναι εδώ να τονιστεί πως άτομα με βαριές ξηροφθαλμίες αποκλείονται από διαθλαστικές επεμβάσεις.



Εικόνα 22: Παράδειγμα χρήσης του Schirmer Tear Test (Epomedicine, 2020).

vi. Εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία

Τελευταίος προ-εγχειρητικός έλεγχος γίνεται με την εξέταση των οφθαλμών του υποψηφίου στη σχισμοειδή λυχνία. Με την επισκόπηση αυτή ερευνώνται πιθανές παθολογικές καταστάσεις των οφθαλμών, τόσο στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού όσο και στο βυθό του. Πιο ειδικά, παρατηρούνται τα βλέφαρα, ο σκληρός και ο

κερατοειδής χιτώνας, ο επιπεφυκότας, η ίριδα, ο κρυσταλλοειδής φακός καθώς και η στιβάδα και ο μηνίσκος δακρύων.

Η διόρθωση οποιασδήποτε παθολογικής κατάστασης προκύψει ύστερα από την εξέταση με σχισμοειδή λυχνία κρίνεται απαραίτητη πριν το χειρουργείο αφού διαφορετικά αυξάνεται ο κίνδυνος για επιπλοκές και μειωμένη όραση μετεγχειρητικά.

5.2 Ενημέρωση ασθενή

Αφού ολοκληρωθεί ο προ-εγχειρητικός έλεγχος και έχουν πραγματοποιηθεί οι εξετάσεις που αναφέρονται παραπάνω, ο χειρουργός ενημερώνει τον υποψήφιο για το αν πληροί τα κριτήρια καταλληλότητας για διαθλαστική χειρουργική. Αρκετοί ειδικοί, λόγω και της ίδιας της φύσης της επέμβασης, δίνουν στον ασθενή να συμπληρώσει ένα έντυπο συγκατάθεσης.

Στη συνέχεια, ακολουθεί συζήτηση με τον ασθενή όπου και ενημερώνεται για πιθανούς κινδύνους ή ανεπιθύμητα αποτελέσματα της διαθλαστικής χειρουργικής.

Επιπλέον, λόγω και των υψηλών προσδοκιών που χαρακτηρίζουν αυτές τις επεμβάσεις, πρέπει να τονίζεται στον υποψήφιο το ενδεχόμενο υπέρ- ή υπό-διόρθωσης του διαθλαστικού σφάλματος καθώς και πως δεν μπορεί να υπάρχει εγγύηση για το τελικό άριστο αποτέλεσμα. Επίσης, οι νέοι ασθενείς πρέπει να γνωρίζουν ότι μετά από αρκετά χρόνια θα χρειαστούν γυαλιά για καλή κοντινή όραση. (Πίπης, 2018).

Τέλος, αυτό που συνεχώς πρέπει να έχει στο μυαλό του ο ασθενής είναι πως η καλύτερη οπτική οξύτητα που θα έχει μετά την διαθλαστική εγχείρηση δεν δύναται να ξεπερνάει την βέλτιστη οπτική οξύτητά του προ-εγχειρητικά.

5.2.1 Μετά την επέμβαση

Ύστερα από τη διαθλαστική επέμβαση, ο χειρουργός δίνει κάποιες οδηγίες προς τον ασθενή που αφορούν τις αμέσως επόμενες ώρες του χειρουργείου και φτάνουν μέχρι και κάποιους μήνες αργότερα. Αυτές έχουν να κάνουν σχέση με την μετεγχειρητική φροντίδα των οφθαλμών του ασθενούς και έχουν ως στόχο την ομαλότερη επαναφορά του στις συνήθειες της καθημερινότητας.

Συγκεκριμένα, οι οδηγίες που ακολουθούν μία διαθλαστική χειρουργική επέμβαση είναι οι εξής:

1. Έχετε κανονίσει από πριν το μεταφορικό μέσο που θα σας οδηγήσει σπίτι.
2. Προγραμματίστε να ξεκουραστείτε τουλάχιστον δύο ημέρες μετά την επέμβαση και να είστε όσο περισσότερες ώρες μπορείτε με τα μάτια κλειστά.
3. Ακολουθήστε πιστά τις οδηγίες σχετικά με τα αντιβιοτικά ή σταγόνες που θα χρησιμοποιήσετε μετεγχειρητικά.
4. Για τις πρώτες 7-10 νύχτες θα χρειαστεί να φορέσετε ειδικές ‘ασπίδες’ ματιών για να αποφευχθεί ο κίνδυνος τραυματισμού κατά τη διάρκεια του ύπνου.
5. Μπορείτε να επιστρέψετε στην εργασία εντός δύο έως τριών ημερών μετά τη διαθλαστική επέμβαση
6. Αποφύγετε την άσκηση, το κολύμπι και τη χρήση μακιγιάζ για διάστημα 3 εβδομάδων.
7. Αποφύγετε να τρίβετε και να ακουμπάτε τα μάτια σας ανά πάσα στιγμή.
8. Φοράτε πάντα γυαλιά ηλίου σε εξωτερικούς χώρους.
9. Χρησιμοποιείτε τεχνητά δάκρυα πολύ συχνά μέσα στην ημέρα. (Η ξηροφθαλμία είναι ένα γεγονός που μπορεί να αντιμετωπίσετε κατά τους πρώτους μήνες μετά την επέμβαση).
10. Επικοινωνήστε άμεσα με τον θεράποντα ιατρό σας σε περίπτωση που αντιμετωπίσετε κάποιο πρόβλημα.

5.2.2 Αποτελέσματα διαθλαστικής επέμβασης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στόχος της διαθλαστικής χειρουργικής με Laser δεν είναι άλλος από τον να επιτευχθούν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με τον ασφαλέστερο δυνατό τρόπο. Είναι γεγονός πως τα νεότερα τεχνολογικά ευρήματα προσφέρουν ακριβέστερη θεραπεία. Η θεραπευτική, ωστόσο, απόκριση του ασθενούς είναι κάτι το απρόβλεπτο. Έτσι, κανείς δεν μπορεί να εγγυηθεί για το τελικό αποτέλεσμα.

Σε γενικές γραμμές, αυτό που ισχύει είναι πως όσο μεγαλύτερο είναι το διαθλαστικό σφάλμα του ασθενούς, τόσο λιγότερο ακριβές θα είναι το τελικό αποτέλεσμα (Bastawrous *et al.*, 2011). Παράλληλα, δεν θα πρέπει να παραλείπεται ο ετήσιος οφθαλμολογικός έλεγχος των ασθενών, ανεξαρτήτως επιτυχημένης ή όχι μετεγχειρητικής κατάστασής του.

5.2.3 Πιθανές επιπλοκές

Είναι γεγονός ότι οι επεμβάσεις διαθλαστικής χειρουργικής αποτελούν ίσως τις πιο ασφαλείς επεμβάσεις που γίνονται στον ανθρώπινο οργανισμό. Ωστόσο, όπως συμβαίνει και σε κάθε επέμβαση, υπάρχουν κάποιοι σπάνιοι κίνδυνοι επιπλοκών.

Αυτοί αναφέρονται παρακάτω:

- Υπέρ-διόρθωση ή υπό-διόρθωση: οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο επούλωσης των ασθενών. Η συχνότητα υπερδιόρθωσης είναι στο 1% ενώ η αντίστοιχη της υποδιόρθωσης ποικίλει ανάλογα με τη συνταγή του ασθενούς.
- Διακυμάνσεις στη ποιότητα της όρασης: ενοχλήσεις στην ποιότητα της όρασης, θολερότητα, νυχτερινές ανακλάσεις αλλά και αίσθηση ξένου σώματος για διάστημα 6-12 μηνών μετά την επέμβαση. Τις περισσότερες φορές δεν επηρεάζει σημαντικά τους ασθενείς. Ιδιαίτερη προσοχή κατά τη νυχτερινή οδήγηση.
- Υποτροπή: τάση του οφθαλμού να οπισθοδρομήσει μερικώς προς τον αρχικό βαθμό του διαθλαστικού προβλήματός, αποτελεί ίσως τη συχνότερη επιπλοκή.
- Ξηροφθαλμία: αρκετά συχνή επιπλοκή ύστερα από διαθλαστικό χειρουργείο. Αντιμετωπίζεται με χορήγηση τεχνητών δακρύων για διάστημα 2-3 μηνών μετά την επέμβαση.
- Λοίμωξη (μόλυνση): εμφανίζεται τις πρώτες 48-72 ώρες μετά το πέρας της επέμβασης και αποτελεί ίσως την σοβαρότερη επιπλοκή, με πιο χαρακτηριστική μόλυνση τη κερατίτιδα. Αυτές οι μολύνσεις προσβάλουν πολύ σοβαρά τον οφθαλμό και κατ' επέκταση την ίδια την όραση.
- Εκτασία κερατοειδούς: δηλαδή η παθολογική αύξηση της καμπυλότητας του κερατοειδούς που προκαλείται λόγω αλλαγής της δομής του κερατοειδούς. Η πιθανότητα εμφάνισής της περιορίζεται όταν έχει προηγηθεί σωστός προ-εγχειρητικός έλεγχος.

5.3 Διόρθωση μυωπίας με Laser

Η διαθλαστική χειρουργική με ακτίνες Laser έχει σκοπό τη διόρθωση κοινών παθήσεων της όρασης που είναι γνωστές ως διαθλαστικές ανωμαλίες και περιλαμβάνουν τη μυωπία, την υπερμετρωπία και τον αστιγματισμό. Παρά το γεγονός ότι στο παρελθόν έχουν εφαρμοστεί διάφορες χειρουργικές τεχνικές για τη διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών, η χρήση των ακτινών Laser έχει

επικρατήσει λόγω της τεχνολογικής υπεροχής, της ακρίβειας και της προβλεψιμότητας των αποτελεσμάτων.

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, η εφαρμογή του Laser γίνεται στον κερατοειδή χιτώνα, ο οποίος είναι ο εξωτερικός διαφανής χιτώνας του οφθαλμού.

Η μυωπία μπορεί να θεραπευτεί με διάφορες μεθόδους Laser, η επιλογή της καθεμίας γίνεται με κριτήριο την ασφάλεια του ασθενούς.

1. PRK

Στην αρχή της επέμβασης, χρησιμοποιούνται σταγόνες για να μουδιάσει η εξωτερική επιφάνεια του ματιού. Στην PRK δε χρειάζεται να γίνει αφαίρεση του επιθηλίου μηχανικά (no – touch technique). Η εφαρμογή του Laser στον κερατοειδή χιτώνα είναι ανώδυνη.

Στο τέλος της επέμβασης τοποθετείται ένας θεραπευτικός φακός επαφής ο οποίος καλύπτει τον κερατοειδή χιτώνα. Μέσα σε 3 – 5 μέρες αναπτύσσονται νέα επιθηλιακά κύτταρα και επουλώνεται πλήρως η επιφάνεια του ματιού οπότε αφαιρείται ο φακός επαφής.

Κάποια χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης επέμβασης είναι :

- ✓ Η τεχνική είναι απλή.
- ✓ Δεν γίνεται κάποια τομή στον κερατοειδή.
- ✓ Η PRK μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια σε κερατοειδείς που μπορεί να είναι πολύ λεπτοί για LASIK.
- ✓ Δεν υπάρχει κίνδυνος επιπλοκών από τη δημιουργία του κρημονού κατά τη διάρκεια της επέμβασης Laser μυωπίας ή μετά από αυτή, επειδή δε δημιουργείται κρημνός στον κερατοειδή.
- ✓ Η όραση βελτιώνεται μετά την πάροδο της πρώτης μετεγχειρητικής εβδομάδας.

2. LASIK

Με τη μέθοδο LASIK, η διόρθωση της διαθλαστικής ανωμαλίας δε γίνεται στην επιφάνεια αλλά στο εσωτερικό του κερατοειδούς. Αρχικά, δημιουργείται ένας

λεπτός επιφανειακός κρημνός κερατοειδικού ιστού, ο οποίος δεν αποκόπτεται εντελώς αλλά παραμένει ενωμένος με τον κερατοειδή στη μία του πλευρά.

Στη συνέχεια ανασηκώνεται, αποκαλύπτοντας τις εσωτερικές στιβάδες του κερατοειδούς και εφαρμόζεται το Excimer Laser , το οποίο επιτυγχάνει εξάχνωση του κερατοειδικού ιστού, με σκοπό να αλλάξει την καμπυλότητα του κερατοειδούς και να διορθωθεί το διαθλαστικό σφάλμα. Τέλος, ο χειρουργός επανατοποθετεί τον κρημνό στη θέση του.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η δημιουργία του κρημνού τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί σε μία διαδικασία υψηλής ακρίβειας. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια η τομή γινόταν μόνο με τη χρήση μηχανικού μικροκερατόμου (με λεπίδα), ο οποίος έκοβε τον κερατοειδή.

5.4 Διόρθωση υπερμετρωπίας με Laser

Με τη μέθοδο LASIK η διόρθωση της διαθλαστικής ανωμαλίας δε γίνεται στην επιφάνεια αλλά στο εσωτερικό του κερατοειδούς. Αρχικά, δημιουργείται ένας λεπτός επιφανειακός κρημνός κερατοειδικού ιστού, ο οποίος δεν αποκόπτεται εντελώς αλλά παραμένει ενωμένος με τον κερατοειδή στη μία του πλευρά.

Στη συνέχεια ανασηκώνεται, για να αποκαλύψει τις εσωτερικές στιβάδες του κερατοειδούς και εφαρμόζεται το Excimer Laser. Με αυτό γίνεται εξάχνωση του κερατοειδικού ιστού, ώστε να τροποποιηθεί η καμπυλότητα του κερατοειδούς και να διορθωθεί το διαθλαστικό σφάλμα. Μετά ο χειρουργός επανατοποθετεί τον κρημνό στη θέση του.

Η επέμβαση διόρθωσης της όρασης με Laser γίνεται με σκοπό την αλλαγή των οπτικών του ιδιοτήτων του (το πόσο καλά εστιάζει), ώστε ο οφθαλμός να γίνει εμμετρωπικός και έτσι να εξαλειφθεί η υπερμετρωπία .

Για να επιτευχθεί αυτό, η οπτική ισχύς του κερατοειδή πρέπει να αλλάξει, ώστε να είναι εναρμονισμένη με τις οπτικές ανάγκες του οφθαλμού. Για την υπερμετρωπία , πρέπει να αυξηθεί. Η διάρκεια της επέμβασης LASIK Laser δεν υπερβαίνει τα 5 λεπτά, είναι ανώδυνη και δεν χρησιμοποιούνται βελόνες ή ράμματα.

Η αποκατάσταση της όρασης είναι πολύ γρήγορη, ενώ η ποιότητα της όρασης συνεχίζει να βελτιώνεται για ένα μικρό ακόμη χρονικό διάστημα. Τα αποτελέσματα της θεραπείας των διαθλαστικών ανωμαλιών με Laser LASIK είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά.

5.5 Διόρθωση αστιγματισμού με Laser

Η μόνιμη χειρουργική αποκατάσταση του αστιγματισμού γίνεται με τη χρήση του Excimer Laser, μετά από αυστηρό έλεγχο και αποκλεισμό κλινικού ή υποκλινικού κερατόκωνου.

Για μικρές τιμές αστιγματισμού μπορούν να εφαρμοστούν τόσο η μέθοδος LASIK όσο και η PRK, όμως για μεγαλύτερες τιμές είναι σαφής η υπεροχή της LASIK. Στις δύσκολες περιπτώσεις υψηλού ή ανώμαλου αστιγματισμού έρχεται να βοηθήσει η τεχνολογία topo-guided και η wavefront analysis, δύο τεχνικές που αν και βρίσκονται σε αρχικό ακόμα στάδιο, παρουσιάζουν αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

6.1 Νεότερα δεδομένα

Η συνεχής ανάπτυξη της επιστήμης της όρασης σε συνδυασμό με τη θέση που καταλαμβάνουν πλέον τα Laser στη διευκόλυνση της ζωής του ανθρώπου τη σύγχρονη εποχή, δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστη τη χειρουργική Οφθαλμολογία. Το μάτι, ως όργανο οπτικά προσπελάσιμο, καθίσταται ιδανικό για τις καινοτόμες Laser εφαρμογές. Μία από αυτές αποτελεί και η χειρουργική με Laser CO₂.

6.1.1 Χειρουργική με Laser CO₂

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κομμάτι, τα Laser διοξειδίου του άνθρακα ανήκουν στην κατηγορία των αερίων και έχουν τη μεγαλύτερη ισχύ μεταξύ αυτών. Στην οφθαλμολογία, η χρήση τους προορίζεται κυρίως στις χειρουργικές επεμβάσεις θεραπευτικά και συγκεκριμένα στη τομή και αποκοπή μαλακού ιστού.

Ο συγκεκριμένος τύπος Laser χρησιμοποιείται ευρέως στην επιστήμη της δερματολογίας, διεγείροντας την νεοκολλαγένωση και τη σύσφιξη του δέρματος του προσώπου. Στην οφθαλμολογία, αν και είναι ωφέλιμο για αρκετές περιστάσεις, το γεγονός ότι η ακτινοβολία που εκπέμπει δεν είναι ορατή, όπως συμβαίνει με τα υπόλοιπα λέιζερ, το καθιστά επικίνδυνο. Για αυτό το λόγο, η χρήση του συνίσταται σε επεμβάσεις που εστιάζουν εξωτερικά του οφθαλμού, όπως η περιοφθαλμική αναζωογόνηση ή η χειρουργική βλεφαροπλαστική (Saluja, 2009).



Εικόνα 23: Χειρουργική βλεφαροπλαστική (Καραντώνης, 2020).

Η εικόνα 23 απεικονίζει τις τομές που γίνονται στους οφθαλμούς για την αφαίρεση της περίσσιας δέρματος του ασθενούς, με τη χρήση Laser CO₂. Όπως φαίνεται και από την εικόνα, η επέμβαση πραγματοποιείται εξωτερικά των οφθαλμών για την αποφυγή τραυματισμού.

6.2 Μελλοντικά σχέδια

Η σύγχρονη οφθαλμολογία αποτελεί, ίσως, τη πιο τεχνολογικά ανεπτυγμένη ειδικότητα. Κάθε χρόνο εμφανίζονται νέα μηχανήματα ενώ οι χειρουργικές τεχνικές βελτιώνονται συνεχώς. Σήμερα υπάρχουν θεραπευτικές δυνατότητες στα περισσότερα οφθαλμολογικά προβλήματα. Μάλιστα, υπάρχουν ήδη λύσεις για τη πρόληψη ή και την αντιμετώπιση διάφορων παθήσεων που προκαλούν τύφλωση και παλαιότερα δεν ήταν σε θέση να αντιμετωπιστούν. Γίνεται, λοιπόν, σαφής η σημασία της συγκεκριμένης ειδικότητας που προσφέρει όχι μόνο καλύτερη όραση αλλά και καλύτερη ποιότητα ζωής.

Ένα μεγάλο κεφάλαιο, στο οποίο αναμένονται λύσεις με την ανάπτυξη των γονιδιακών θεραπειών, είναι οι συγγενείς παθήσεις, ένας τομέας που οι θεραπευτικές δυνατότητες είναι ακόμα πολύ περιορισμένες, καθώς και οι παθήσεις του οπτικού νεύρου. Παρακάτω, παρουσιάζονται ορισμένες μελέτες οι οποίες αν και βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, παρουσιάζουν αρκετά ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

6.2.1 Γονιδιακή θεραπεία

Ο Williams J Feuer και οι συνεργάτες του προσπάθησαν να ξεκινήσουν μία γονιδιακή θεραπεία για την αντιμετώπιση της κληρονομικής οπτικής νευροπάθειας Leber (LHON). Η συγκεκριμένη νευροπάθεια είναι μία μιτοχονδρική νευροεκφυλιστική νόσος που προσβάλλει το οπτικό νεύρο και προκαλεί απώλεια της όρασης. Οι ερευνητές, λοιπόν, πραγματοποίησαν ενέσιμες δοκιμές ενδοϋαλοειδικών ενός φορέα ιού (AAV) σε 5 ασθενείς που έπασχαν από τη συγκεκριμένη νευροπάθεια ενώ παράλληλα είχαν περιορισμένη ή και ελάχιστη όραση.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως οι 4 συμμετέχοντες που είχαν απώλεια όρασης μεγαλύτερη των 12 μηνών θεραπεύτηκαν και υπήρξε βελτίωση της όρασής τους. Αντίθετα, ο 1 ασθενής με απώλεια όρασης μικρότερη του 1^{ος} έτους δεν παρουσίασε βελτίωση. Στη συγκεκριμένη φάση της δοκιμής δεν παρατηρήθηκαν προβλήματα ενώ αναμένεται να συνεχιστούν οι μελέτες και τα επόμενα χρόνια. (Feuer *et al.*, 2016).

6.2.2 Φωτό-υποδοχείς από βλαστοκύτταρα

Ο καθηγητής του ινστιτούτου Οφθαλμολογίας του πανεπιστημίου του Λονδίνου Robin R. Ali μαζί με τους συνεργάτες του αφαίρεσαν ραβδία από νεαρά φυσιολογικά ποντίκια και τα τοποθέτησαν απευθείας στον αμφιβληστροειδή ενήλικων ποντικών που δεν μπορούσαν να δουν στο σκοτάδι καθώς και στο ημίφως.

Με το πέρασμα 4-6 εβδομάδων, οι ερευνητές παρατήρησαν πως περίπου 1 στα 6 μεταμοσχευμένα κύτταρα (15%) είχαν αναπτύξει τις κατάλληλες νευρικές διασυνδέσεις, που του επέτρεπαν να μεταδίδουν οπτικές πληροφορίες στον εγκέφαλο με αποτέλεσμα την αισθητή βελτίωση της όρασης των πειραματόζωων. Βέβαια, παρόλη της επιτυχία του πειράματος, οι επιστήμονες χρειάζονται ακόμα αρκετά χρόνια και κλινικές δοκιμές πριν προβούν στη μεταμόσχευση φωτό-υποδοχείς από βλαστοκύτταρα σε ανθρώπους. (Koji *et al.*, 2015).

6.2.3 Εκτοπική όραση

Με τον όρο εκτοπική όραση αναφερόμαστε στην όραση που δεν χρειάζεται τη σύνδεση νεύρων του οφθαλμού με τον εγκέφαλο. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές στο Πανεπιστήμιο Ταφτς των Η.Π.Α. κατόρθωσαν να πραγματοποιήσουν μεταμόσχευση οφθαλμών χωρίς να συνδέονται με τον εγκέφαλο.

Για το πείραμά τους χρησιμοποίησαν γυρίνους από τους οποίους αφαίρεσαν τα μάτια και τα εμφύτευσαν στην πλάτη άλλων γυρίνων, που προηγουμένως είχαν επίσης αφαιρέσει τα φυσικά μάτια. Η εμφύτευση έγινε στη σπονδυλική στήλη των πειραματόζωων.

Το πείραμα κρίθηκε επιτυχημένο και οδήγησε τους επιστήμονες στο συμπέρασμα πως η τύφλωση θα μπορούσε να θεραπευθεί χωρίς να είναι απαραίτητες οι ειδικές συνδέσεις νεύρων με τον εγκέφαλο. (Sullivan and Levin, 2016).

6.3 Αποτελέσματα ερευνών

Αδιαμφισβήτητα, από τη πρώτη χειρουργική επέμβαση με τη χρήση Laser για τη διόρθωση σφαλμάτων της όρασης μέχρι και σήμερα, η πρόοδος στον τομέα αυτό είναι τρομερή. Συλλέγοντας, λοιπόν, πληροφορίες από τα υπάρχοντα δεδομένα, παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ερευνών 2 διαφορετικών επιστημονικών ομάδων.

Οι έρευνες και των 2 ομάδων αφορούν τη διόρθωση διαθλαστικών σφαλμάτων της όρασης και στο κατά πόσο τελικά είχαν πραγματικό όφελος για τη ποιότητα ζωής των ασθενών.

6.3.1 Έρευνα για σύγκριση κόστους

Η πρώτη έρευνα με τίτλο “The Socioeconomic Aspects of Laser Refractive Surgery” πραγματοποιήθηκε από τους Jonathan C. Javitt και Yen-Pin Chiang το Δεκέμβριο του 1994. Οι δύο ερευνητές προσπάθησαν να αναλύσουν τη σχέση κόστους και αποτελεσματικότητας μεταξύ της διόρθωσης ενός διαθλαστικού σφάλματος (μυωπία) με τη τεχνική Laser PRK και τη διόρθωση με τη χρήση μαλακών φακών επαφής. Οι παραπάνω συγκρίσεις έγιναν με παράγοντα το χρόνο αλλά και τη τιμή της διαθλαστικής επέμβασης.

Table 2. Present-Value Analysis of Alternative Modalities for Correcting Myopia*

	Excimer Laser PRK at \$2000 per Eye	Excimer Laser PRK at \$1000 per Eye	Eyeglasses	Daily Wear Contact Lens-Low Cost	Extended-Wear Contact Lens-Low Cost	Daily Wear Contact Lens-High Cost	Extended-Wear Contact Lens-High Cost
First-year cost	4181	2181	85	300	443	551	668
Annual cost	74	74	85	255	398	391	548
10-year horizon	4578	2578	656	2010	3114	3170	4343
20-year horizon	4929	2929	1059	3218	4999	5022	6940

Εικόνα 24: Αποτελέσματα έρευνας για σύγκριση κόστους (Javitt and Chiang, 1994)

Όπως προκύπτει και από την εικόνα 24, το κόστος για τη διόρθωση του σφάλματος με τη τεχνική Laser PRK αλλά και η ετήσια επίσκεψη στον οφθαλμίατρο για τον καθιερωμένο επανέλεγχο είναι αρκετά υψηλότερο σε σχέση με τη χρήση φακών επαφής, είτε αυτή γίνεται καθημερινά είτε κατ' εξακολούθηση.

Ωστόσο, όπως προκύπτει στη συνέχεια, σε ορίζοντα 10 ετών, το κόστος της διαθλαστικής χειρουργικής όταν αυτή είναι στα 2000 \$ για κάθε μάτι ταιριάζει αρκετά με το πιο ακριβό σενάριο φακών επαφής. Επίσης, στο σενάριο των 1000 \$ ανά μάτι, το Laser PRK ανταγωνίζεται τα έξοδα που προκύπτουν από τη καθημερινή χρήση φακών επαφής χαμηλού κόστους.

Όταν δε η σύγκριση επεκταθεί σε διάστημα 20 ετών, το Laser PRK είναι μια λιγότερο δαπανηρή επένδυση τόσο από την καθημερινή όσο και από την παρατεταμένη χρήση μαλακών φακών επαφής.

Τέλος, σύμφωνα με την έρευνα, αξίζει να αναφερθεί το ελάχιστο κόστος που έχει η διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος με τη χρήση γυαλιών. Αυτό προκύπτει από το γεγονός πως πέρα από το κόστος που δαπανάται για τις επισκέψεις σε γιατρούς και την αγορά, τα γυαλιά οράσεως απαιτούν ελάχιστη υγιεινή και συντήρηση συγκριτικά με τις άλλες εναλλακτικές.

6.3.2 Έρευνα για σύγκριση ποιότητας ζωής των ασθενών

Η δεύτερη έρευνα πραγματοποιήθηκε από τους Pesudovs K., Garamendi E. και Elliott David B. το 2006 με τίτλο “A Quality of Life Comparison of People Wearing Spectacles or Contact Lenses or Having Undergone Refractive Surgery”.

Η συγκεκριμένη έρευνα είχε ως στόχο να συγκρίνει τη ποιότητα ζωής ατόμων που έχουν επιλέξει να διορθώσουν το διαθλαστικό τους σφάλμα με τη χρήση γυαλιών οράσεως, φακών επαφής ή τη διαθλαστική χειρουργική. Εδώ είναι σημαντικό να αναφερθεί πως όλα τα άτομα που πήραν μέρος στην έρευνα δεν ήταν σε ηλικία να παρουσιάσουν πρεσβυωπία.

1	How much difficulty do you have driving in glare conditions?
2	During the past month, how often have you experienced your eyes feeling tired or strained? * **
3	How much trouble is not being able to use off-the-shelf (non-prescription) sunglasses? §
4	How much trouble is having to think about your spectacles or contact lenses or your eyes after refractive surgery before doing things(eg, traveling, sport, going swimming)? #
5	How much trouble is not being able to see when you wake up (eg, to go to the bathroom, look after a baby, see alarm clock)? ‡
6	How much trouble is not being able to see when you are on the beach or swimming in the sea or pool, because you do these activities without spectacles or contact lenses? #
7	How much trouble are your spectacles or contact lenses when you wear them when using a gym/doing keep-fit classes/circuit training, etc? § ††
8	How concerned are you about the initial and ongoing cost to buy your current spectacles/contact lenses/refractive surgery? ¶
9	How concerned are you about the cost of unscheduled maintenance of your spectacles/contact lenses/refractive surgery (eg, break-age, loss, new eye problems)? § **
10	How concerned are you about having to increasingly rely on your spectacles or contact lenses since you started to wear them? * **
11	How concerned are you about your vision not being as good as it could be? ¶
12	How concerned are you about medical complications from your choice of optical correction (spectacles, contact lenses and/or refractive surgery)?
13	How concerned are you about eye protection from ultraviolet (UV) radiation?
14	During the past month, how much of the time have you felt that you have looked your best? † §
15	During the past month, how much of the time have you felt that you think others see you the way you would like them to (eg, intelligent, sophisticated, successful, cool, etc)? *
16	During the past month, how much of the time have you felt complimented/flattered?
17	During the past month, how much of the time have you felt confident?
18	During the past month, how much of the time have you felt happy?
19	During the past month, how much of the time have you felt able to do the things you want to do?
20	During the past month, how much of the time have you felt eager to try new things?
Total QIRC score ‡ #	

Εικόνα 25: Το ερωτηματολόγιο QIRC της έρευνας (Pesudovs *et al.*, 2006)

Ένα φυλλάδιο 20 ερωτήσεων βασισμένο στο ερωτηματολόγιο QIRC (Quality of Life Impact of Refractive Correction) διαμοιράστηκε σε 312 άτομα συνολικά, εκ των οποίων 104 ήταν χρήστες γυαλιών οράσεως, 104 χρήστες φακών επαφής και 104 είχαν υποβληθεί σε διαθλαστική επέμβαση. Και οι 3 ομάδες ήταν παρόμοιες ως προς το φύλο, την εθνικότητα, την κοινωνικοοικονομική κατάσταση και το διαθλαστικό σφάλμα ενώ η σύγκριση των ομάδων έγινε με βάση τη συνολική βαθμολογία QIRC.

Κατά μέσο όρο, οι ασθενείς με διαθλαστική χειρουργική σημείωσαν σημαντικά καλύτερη βαθμολογία από όσους φορούσαν φακούς επαφής, οι οποίοι με τη σειρά τους είχαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από όσους φορούσαν γυαλιά. Οι διαφορές των 3 ομάδων προέκυψαν κυρίως από τις ερωτήσεις που είχαν να κάνουν με την ευκολία, με τις ερωτήσεις συμπτωμάτων, οικονομικών ανησυχιών αλλά και ανησυχιών για την υγεία και την ευημερία να ακολουθούν.

Επίσης, ένας διαχωρισμός υπήρξε και μεταξύ των ατόμων που φορούσαν γυαλιά με χαμηλούς βαθμούς σε σχέση με αυτούς που φορούσαν γυαλιά με υψηλούς βαθμούς, με τους πρώτους να φαίνεται πως έχουν καλύτερη ποιότητα ζωής.

Τέλος, κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί και ένα πολύ μικρό ποσοστό ασθενών που πήραν μέρος στην έρευνα (7 από τους 312), οι οποίοι ύστερα από διαθλαστική χειρουργική, παρουσίασαν μετεγχειρητικές επιπλοκές που επηρέασαν σε ένα βαθμό την ποιότητα ζωής τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έπειτα από την ενδελεχή ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και των σχετικών ερευνών, έγινε σαφές πως η ανάπτυξη του Laser είχε καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της επιστήμης της οφθαλμολογίας και συγκεκριμένα στη χειρουργική. Μία τεράστια γκάμα από Laser με τρομερές δυνατότητες κατασκευάστηκε, με σκοπό τόσο να θεραπεύσει όσο και να το κάνει αυτό με τον πλέον αποτελεσματικότερο και ανώδυνο τρόπο.

Από τη βιβλιογραφία προέκυψαν οι άφθονες εφαρμογές των συστημάτων Laser στις οφθαλμικές παθήσεις. Τα Laser 'έλυσαν' τα χέρια των ειδικών, προσφέροντας λύσεις όχι μόνο στις διαθλαστικές παθήσεις αλλά και σε μία σειρά οφθαλμικών ασθενειών, που μέχρι πρότινος ήταν είτε αδύνατο να αντιμετωπιστούν είτε είχαν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας.

Βέβαια, αναγκαία συνθήκη για τα μέγιστα αποτελέσματα είναι η σωστή τήρηση και εφαρμογή των οδηγιών που δίνονται από τον θεράποντα ιατρό αλλά και η συνεχιζόμενη παρακολούθηση της πορείας του ασθενούς με το φόβο πιθανών επιπλοκών.

Από την ανάλυση των ερευνών, προέκυψε πως το μακροχρόνιο κόστος μίας διαθλαστικής επέμβασης συγκριτικά με την αντιμετώπιση του σφάλματος με τη χρήση φακών επαφής είναι μικρότερο. Παράλληλα, έγινε γνωστό πως η πλειοψηφία των ατόμων που είχαν διορθώσει το διαθλαστικό τους σφάλμα με διαθλαστική χειρουργική είχαν σαφώς καλύτερη ποιότητα ζωής σε σχέση με τα άτομα που είχαν επιλέξει για τη διόρθωση φακούς επαφής ή γυαλιά οράσεως.

Καταλήγοντας, οφείλει να παρατηρηθεί πως τα Laser και η επιστήμη της οφθαλμολογίας ανήκουν σε πεδία που συνεχώς εξελίσσονται. Έτσι, αναμένουμε νέες τεχνικές, αυξανόμενες δυνατότητες, μειωμένους κινδύνους επιπλοκών και καινοτόμες ιδέες με απώτερο πάντα σκοπό τη θεραπεία του ασθενούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. A.S Carruth και A.L. Mc Kenzie, (1989). *Medical Lasers: science and clinical application*. Διαθέσιμο στο: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/28/060/28060389.pdf?r=1&r=1> [Πρόσβαση στις 28/06/2021].
2. American Academy of Ophthalmology, (2021). *Lasers (Surgery)*. Διαθέσιμο στο: [https://eyewiki.aao.org/Lasers_\(surgery\)#Frequency-doubled_Nd-YAG_Laser_28532_nm.29](https://eyewiki.aao.org/Lasers_(surgery)#Frequency-doubled_Nd-YAG_Laser_28532_nm.29) [Πρόσβαση στις: 14/04/2021].
3. B. A. Holden, (2002). The role of optometry in vision. *Community eye health journal*. p.p. 33-36. Διαθέσιμο στο: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1705887/> [Πρόσβαση στις 11/12/2021].
4. Bastawrous A., Silvester A. και Batterbury M., (2011). Laser refractive eye surgery. *BMJ*. Vol. 342, pp.1014-1018. Διαθέσιμο στο: https://www.bmj.com/content/bmj/342/7805/Clinical_Review.full.pdf [Πρόσβαση στις 17/04/2021].
5. Colin J. and Velou S., (2003). Current surgical options for keratoconus. *Journal of cataract and refractive surgery*. Vol 29, pp 379-386. Διαθέσιμο στο: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886335002019685?casa_token=p9EyI49cHSUAAAAA:ZTAtfS43ZB81HUDY3neu1FEzLQ6YQArIPUMRcWnj6DtUC8ZiViGheTZNNgcrkveogGI06wn0c [Πρόσβαση στις 19/07/2021].
6. E.E. Manche, J.D. Carr, W.W. Haw και P.S. Hersh, (1998). Excimer laser refractive surgery. *THE WESTERN JOURNAL OF MEDICINE*, 169(1), 30-38. Διαθέσιμο στο: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1305094/> [Πρόσβαση στις 26/03/21].
7. Epomedicine, (2020). *Schirmer's test*. Διαθέσιμο στο: <https://epomedicine.com/clinical-medicine/schirmers-test/> [Πρόσβαση στις 17/04/2021].
8. Expert Information System, (2009). *Ιατρικό ιστορικό ασθενούς*. Διαθέσιμο στο: http://www.expisys.com/th_9i_help/x18.html [Πρόσβαση στις 16/04/2021].

9. Feuer W.J, Schiffman J.C, Davis J.L, Porciatti V, Gonzalez P, Koilkonda R.D, Yuan H, Lalwani A, Lam B.L, Guy J., (2016). Gene Therapy for Leber Hereditary Optic Neuropathy: Initial Results. *Ophthalmology*. Vol. 123, pp 558-570. Διαθέσιμο στο: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26606867/>. [Πρόσβαση στις 01/11/2021].
10. Gilmour M.A., (2002). Lasers in ophthalmology. *Veterinary clinics of North America: Small American Practice*. Vol. 32, pp.649-672. Διαθέσιμο στο: [https://sci-hub.do/https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(02\)00009-8#](https://sci-hub.do/https://doi.org/10.1016/S0195-5616(02)00009-8#) [Πρόσβαση στις 28/06/2021].
11. Hecht E., (1975). *Οπτική*. Μεταφράστηκε στα ελληνικά από Σπυριδέλης Ι., Σπυριδέλη Σ. και Καπνίδου Α. New York: McGraw-Hill.
12. Hecht J., (2010). A short history of laser development. *Applied Optics*, 49(9), pp 1-24. Διαθέσιμο στο: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/optical-engineering/volume-49/issue-09/091002/Short-history-of-laser-development/10.1117/1.3483597.full> [Πρόσβαση στις 24/03/21].
13. Innova Ocular, (2021). *Femtosecond Laser*. Διαθέσιμο στο: <https://www.innovaocular.com/en/femtosecond-laser> [Πρόσβαση στις 14/04/2021].
14. Instituto De Microcirurgia Ocular, (2021). *Argon Laser*. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.pt/en/tratamentos/laser-argon/> [Πρόσβαση στις: 14/04/2021].
15. J. Lin and R.W.S. Chen, (2016). Central serous chorioretinopathy. *Manual of retinal diseases*. pp 421-426. Διαθέσιμο στο: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-20460-4_84.pdf [Πρόσβαση στις 06/07/2021].
16. Jonathan C. Javitt και Yen-Pin Chiang, (1994). The Socioeconomic Aspects of Laser Refractive Surgery. *Arch Ophthalmology*. 112, pp 1526-1530. Διαθέσιμο στο: <https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/article-abstract/640927> [Πρόσβαση στις 26/03/21].
17. Kaschke M., Donnerhacke Karl-Heinz και Rill Michael S., (2014). *Optical Devices in Ophthalmology and Optometry. Technology, Design Principles and Clinical Applications*. (e-book). Διαθέσιμο στο: <https://books.google.gr/books?id=WKVMAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=el#v=onepage&q&f=false> [Πρόσβαση στις 26/03/21].

18. Kelly G. Sullivan, and Michael Levin, (2016). Neurotransmitter signaling pathways required for normal development in *Xenopus laevis* embryos: a pharmacological survey screen. *Journal of Anatomy*. Vol. 229, pp 483–502. Διαθέσιμο στο: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/joa.12467>. [Πρόσβαση στις 01/11/2021].
19. Koji M. Nishiguchi, Livia S. Carvalho, Matteo Rizzi, Kate Powell, Sophia-Martha kleine Holthaus, Selina A. Azam, Yanai Duran, Joana Ribeiro, Ulrich F. O. Luhmann , James W. B. Bainbridge, Alexander J. Smith & Robin R. Ali (2015). Gene therapy restores vision in rd1 mice after removal of a confounding mutation in Gpr179. *Nature Communications*. Article number 6006. Διαθέσιμο στο: <https://www.nature.com/articles/ncomms7006?proof=tr>. [Πρόσβαση στις 01/11/2021].
20. L'Esperance F.A., (1985). Clinical Applications of the Organic Dye Laser. *Ophthalmology*. 92(11), pp. 1592-1600. Διαθέσιμο στο: [https://sci-hub.se/10.1016/s0161-6420\(85\)33819-8](https://sci-hub.se/10.1016/s0161-6420(85)33819-8) [Πρόσβαση στις: 14/04/2021].
21. Laser Eye Surgery Hawaii, (2021). *Epi-Lasik*, Διαθέσιμο στο: <http://www.lasikeyesurgeryhawaii.com/epi-lasik/> , [Πρόσβαση στις: 09/06/2021].
22. Laser product classification, (2015). *LVR OPTICAL*. Διαθέσιμο στο: <https://www.lvroptical.com/blog-laser-product-class.html> [Πρόσβαση στις 02/04/21].
23. Laser Vision Focused on you, (2021). *Lasek*. Διαθέσιμο στο: <https://www.laservision.co.uk/treatments/lasek/>, [Πρόσβαση στις: 09/06/2021].
24. Michael D. Ober, Seenu M. Hariprasad, (2009). *Retinal Lasers: Past, Present, and Future, Technological advancement flourished early on, then plateaued. What's in store next?*. Διαθέσιμο στο: <https://www.retinalphysician.com/issues/2009/jan-feb/retinal-lasers-past,-present,-and-future> [Πρόσβαση στις 13/04/2021].
25. Neil J. Friedman, (2009). *Nd: Laser YAG in Ophthalmology*. Διαθέσιμο στο: <https://www.opthalmologyweb.com/Tech-Spotlights/26524-Nd-YAG-Lasers-in-Ophthalmology/> [Πρόσβαση στις: 14/04/2021].
26. Pesudovs K, Garamendi E. και Elliott David B., (2006). A Quality of Life Comparison of People Wearing Spectacles or Contact Lenses or Having Undergone Refractive Surgery. *Journal of Refractive Surgery*, 22, pp 19-27.

- Διαθέσιμο στο: <http://www.pesudovs.com/konrad/Docs/QIRC%20x-section.pdf>
[Πρόσβαση στις 26/03/21].
27. Ramamurthi S., Rahman M.Q., Dutton G.N. and Ramaesh K., (2006).
Pathogenesis, clinical features and management of recurrent corneal erosions.
Eye. Vol. 20, pp 635-644. Διαθέσιμο στο:
<https://www.nature.com/articles/6702005> [Πρόσβαση στις 21/07/2021].
28. Rami Arieli, (1997). *The Laser Adventure*. Διαθέσιμο στο:
<https://web.phys.ksu.edu/vqm/laserweb/Ch-6/F6s1t6p2.htm> [Πρόσβαση στις
04/04/21].
29. Raminder K. Saluja, (2009). *Fractional CO2 laser can play a role in the
ophthalmic practice*. Διαθέσιμο στο:
[https://www.healio.com/news/ophthalmology/20120331/fractional-co-sub-2-
sub-laser-can-play-a-role-in-the-ophthalmic-practice](https://www.healio.com/news/ophthalmology/20120331/fractional-co-sub-2-sub-laser-can-play-a-role-in-the-ophthalmic-practice) [Πρόσβαση στις
30/11/2021].
30. Rana Eye Care Centre, (2019). *Know all about ametropia*. Διαθέσιμο στο:
<https://www.ranahealthcare.com/know-ametropia-refractive-error/>
[Πρόσβαση στις 11/12/2021].
31. Richard S. Snell, (2006). *Clinical Neuroanatomy*. Baltimore: Wolters Kluwer.
32. Rose M. και Hogan H., (2019). *A History of the Laser: 1960-2019*. Διαθέσιμο
στο: [https://www.photonics.com/Articles/A_History_of_the_Laser_1960_-
_2019/a42279](https://www.photonics.com/Articles/A_History_of_the_Laser_1960_-_2019/a42279) [Πρόσβαση στις 24/03/21].
33. Roszkowska Anna P., Urso M., Signorino A., Aragona P., (2017). Use of the
Femtosecond Lasers in Ophthalmology. *EPJ Web of Conferences*. Vol. 167,
pp.1-5. Διαθέσιμο στο: [https://www.epj-
conferences.org/articles/epjconf/pdf/2018/02/epjconf_ppla2018_05004.pdf](https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/pdf/2018/02/epjconf_ppla2018_05004.pdf)
[Πρόσβαση στις: 14/04/2021].
34. S. Platt and S. Bakri, (2018). Laser treatment in diabetic retinopathy. *Current
management of diabetic retinopathy*. Pp 89-100. Διαθέσιμο στο: [https://sci-
hub.do/10.1016/b978-0-323-48452-7.00009-3](https://sci-hub.do/10.1016/b978-0-323-48452-7.00009-3) [Πρόσβαση στις: 12/07/2021].
35. Sakimoto T., Rosenblatt Mark I και Azar Dimitriv T., (2006). *Laser eye
surgery for refractive errors*. Διαθέσιμο στο: [https://doi.org/10.1016/S0140-
6736\(06\)68275-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68275-5) [Πρόσβαση στις 26/03/21].

36. Science Source, (2021). *Prism and Laser*. Διαθέσιμο στο:
<https://www.sciencesource.com/archive/Image/Prism---Laser-SS2843900.html>
 [Πρόσβαση στις 31/03/21].
37. Serway RA, Moses CJ. and Moyer CA., (2000). *Σύγχρονη Φυσική*.
 Μεταφράστηκε στα ελληνικά από Ζουπανός Γ., Λιαροκάκης Ε.,
 Παπαδόπουλος Σ. και Ράπτης Κ., (2021). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές
 εκδόσεις Κρήτης.
38. Weinreb N.R., Aung T. and Medeiros F.A., (2014). The Pathophysiology and
 Treatment of Glaucoma. A Review. *Clinical Review & Education*. Vol 311, pp
 1901-1911. Διαθέσιμο στο: <file:///C:/Users/User/Downloads/jrv140004.pdf>
 [Πρόσβαση στις 18/07/2021].
39. Αθανασίου Δ. Βασιλική, (2017). *Γιατί δεν μπορώ να κάνω διόρθωση με
 Λείζερ?* Διαθέσιμο στο: <https://drathanasiouophth.wordpress.com/2017/07/>
 [Πρόσβαση στις 16/04/2021].
40. Αλέξανδρος Κόννου, (2020). *Καταρράκτης ματιών – Αιτίες, συμπτώματα και
 θεραπεία*. Διαθέσιμο στο: <https://www.matakia.gr/ygeia-mation/katarraktis/>
 [Πρόσβαση στις 18/07/2021].
41. Ασημέλλης Γ., (2005). *Μαθήματα Οπτικής*. Αθήνα: Σύγχρονη Γνώση.
42. Ασημέλλης Γ., Κατσούλος Κ., Καραγεωργιάδης Λ., Μακρυνιώτη Δ.,
 Βασιλείου Ν., Μουσαφειρόπουλος Θ. και Μπαχάρης κ., (2007). *Οπτική και
 Υπερόραση*. Αθήνα: Σύγχρονη Γνώση.
43. Βενιζέλος Σ., (2016). *Doc Player*. Διαθέσιμο στο:
<https://docplayer.gr/3106295-Klinika-i-fotopixia-efaruosthike-gia-proti-fora-to-1946-apo-ton-geruanokathigiti-meyer-schwickerath-oopoios-aneptyxe-ua-syskeyi-fotopixias-ue-lyhnia.html> [Πρόσβαση στις 14/04/2021].
44. Γεώργιος Δ. Τσάκωνας, (2016). *Φωτοδυναμική θεραπεία πολλαπλών μικρών
 στόχων με οδηγό τη φλουροαγγειογραφία για την αντιμετώπιση της κεντρικής
 ορώδους χοριοειδοαμφιβληστροειδοπάθειας*. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα:
 ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ. Διαθέσιμο στο:
<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1308398/theFile>
[e](https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1308398/theFile) [Πρόσβαση στις: 06/07/2021].
45. Δαμανάκις Αλέξανδρος Γ., (2011). *Διάθλαση*. Αθήνα: Πασχαλίδης.
46. Δημητρακάς Π.Π., (2021). *Κερατόκωνος*. Διαθέσιμο στο: <http://xeiourgos-ofthalmiatros.gr/el/syxnes-pathiseis/keratokonos> [Πρόσβαση στις 19/07/2021].

47. Ζευγώλης Δ., (2017). *Εφαρμοσμένη οπτική με θέματα Οπτικών Ινών & Laser*, 3^η Έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
48. Ινστιτούτο οφθαλμικής φλεγμονής του οφθαλμού, (2021). *Eye Pathology*. Διαθέσιμο στο: <http://www.eyepathology.gr/how-eye-works/newsid836/132> [Πρόσβαση στις 11/12/2021].
49. Κατσαβαβάκης Ι. Δούκας, (2015). *Τα Laser στην Οφθαλμολογία*. Ανοιχτό Πανεπιστήμιο Παπάγου-Χολαργού. Διαθέσιμο στο: <http://www.eyevision.gr/el/glafkoma/xrisimes-odigies-gia-tous-glafkomatikouys-astheneis/item/48-ta-laser-stin-ofthalmologia-dialeksi-tou-ofthalmiatrou-doyka-katsavavaki-sto-anoikto-panepistimio-tou-dimou-xolargoy.html> [Πρόσβαση στις 14/04/2021].
50. Κατσούλος Κ., και Ασημέλλης Γ., (2008). *Η Σύγχρονη Διαθλαστική εξέταση*. Αθήνα: Σύγχρονη Γνώση.
51. Καφεσάκη Μ., (2021). *Σύγχρονη Φυσική: Εισαγωγή στην κβαντομηχανική*. Διαθέσιμο στο: http://esperia.iesl.forth.gr/~kafesaki/Modern-Physics/lectures/modern_physics6.html#return [Πρόσβαση στις 30/03/21]
52. Κεφαλά Ε. και Πατέρας Ε., (2019). *Scanning laser eye. Πανελλήνια Έκδοση Οπτικών & Οπτομετρών*. Διαθέσιμο στο: <http://peoo.gr/scanning-laser-eye/> [Πρόσβαση στις 26/03/21].
53. Κεφαλά Ε., (2021). *ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΜΥΩΠΙΑΣ ΜΕ LASER*. Διαθέσιμο στο: <https://www.lasermiopias.gr/> [Πρόσβαση στις 26/03/21].
54. Μακρυνιώτη Δ., (2020). *Κλινική Οπτομετρία Ι*. Πανεπιστήμιο Πατρών.
55. Μανιατέας Α., (2021). *Doctor Web*. Διαθέσιμο στο: <https://www.doctorweb.gr/doctors/maniateas-apostolos> [Πρόσβαση στις 11/12/2021].
56. Μαριόλης Θ., (2018). *Αναίμακτη χειρουργική*. Διαθέσιμο στο: <https://www.drmariolis.gr/> [Πρόσβαση στις 11/12/2021].
57. Μπεζάτης Θ., (2021). *Αμφιβληστροειδής-Αποκόλληση αμφιβληστροειδούς*. Διαθέσιμο στο: <https://drbezatis.gr/pathiseis-ialoeidous-amfivlistroeidous/amfivlistroeidis-apokollisi-amfivlistroeidous> [Πρόσβαση στις 12/07/2021].
58. Μπενής Μ., (2013). *Φυσική των Laser: Εισαγωγικές έννοιες*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

59. Μπουτσιούκης Χ., Παντελίδου Ο. και Μπουτσιούκης Α., (2004). *Laser: Αρχές λειτουργίας, αλληλεπίδραση με τους ιστούς, κίνδυνοι και ασφάλεια κατά τη χρήση του*. Στόμα, 32, pp. 99-109. Διαθέσιμο στο: <http://www.sebe.gr/wp-content/uploads/2015/12/2004-Part-2-Article-2.pdf> [Πρόσβαση στις 24/03/21].
60. Ν. Βαρβαγιάννης, (2021). *Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια*. Διαθέσιμο στο: <https://e-orasi.gr> [Πρόσβαση στις: 12/07/2021].
61. Παναγιωτοπούλου Ι., (2020). *Μελέτη της έκθεσης του ανθρώπου στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες*. Μεταπτυχιακή εργασία. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο στο: https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/13836/3/Nemertes_Panagiotopoulou%28phys%29.pdf [Πρόσβαση στις 27/03/2021].
62. Παταργιάς Ν., (2009). *Φυσική(Μηχανική-Θερμοδυναμική-Κυματική-Οπτική-Σύγχρονη Φυσική)*. Αθήνα: Μακεδονικές Εκδόσεις.
63. Πατσίδου Π., (2016). *ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ*. Διπλωματική εργασία. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο. Διαθέσιμο στο: <http://ikee.lib.auth.gr/record/114823/files/ptuxiaki.pdf> [Πρόσβαση στις 27/03/2021].
64. Πέτρος Σμαχλίου, (2021). *Κεντρική ορώδης ωχροπάθεια*. Διαθέσιμο στο: <https://www.smahliou.gr> [Πρόσβαση στις: 06/07/2021].
65. Πίπης Σπύρος Γ., (2018). *Απόκλιση από τη διάθλαση στόχο με τη χρήση της διαθλαστικής χειρουργικής με τις μεθόδους LASIK xtra και PRK xtra*. Μεταπτυχιακή εργασία. Θράκη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο. Διαθέσιμο στο: https://repo.lib.duth.gr/jspui/bitstream/123456789/11889/1/PipisS_2018.pdf [Πρόσβαση στις 27/03/2021].
66. Τοπαλής Φραγκίσκος Β., Οικονόμου Α. και Κουρτέση Σ., (2018). *Φωτοτεχνία, 2^η Έκδοση*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
67. Φωτεινάκης, Β., Πατέρας Ε. και Χανδρινός Αρ., (2000). *Κλινική Διάθλαση*. Περιστέρι: Εκδόσεις Ελλην.
68. Φώτης Φ. Καραντώνης, (2020). *Βλεφαροπλαστική*. Διαθέσιμο στο: <https://www.drkarantonis.com/portfolio/> [Πρόσβαση στις 30/11/2021].
69. Ψύλλας Γ. Κωνσταντίνος, (2014). *Εισαγωγή στην οφθαλμολογία και στη νευροοφθαλμολογία*. 2^η Έκδοση. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.