



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΤΟ LASER ΚΑΙ ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΟΦΘΑΛΜΩΝ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΑΥΤΟ

Σπουδαστές:

Ιωαννίδου Ευθυμία Α.Μ. 631

Μπουσούλη Εντισνάιντα- Γεωργία Α.Μ. 614

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Θανόπουλος Ιωάννης



Αίγιο - 2016

Θέμα πτυχιακής:

Το Laser και παθήσεις οφθαλμών που αντιμετωπίζονται με αυτό

Στοιχεία φοιτητών:

Ιωαννίδου Ευθυμία, AM 631

Μπουσούλη Εντισνάιντα- Γεωργία, AM 614

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Θανόπουλος

Τριμελής επιτροπή: Ιωάννης Θανόπουλος, Γεωργία Γεωργανοπούλου, Μαρία Τόγια

## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα μέλη της τριμελούς επιτροπής για την τιμή της συμμετοχής τους στην πτυχιακή μας εργασία. Ευχαριστούμε τον Καθ. Ιωάννη Θανόπουλο, ο οποίος ανέλαβε εισηγητής της πτυχιακής. Ευχαριστούμε τη Σχολή μας για τις διδακτικές και σπουδαστικές δυνατότητες.

Θα θέλαμε τέλος, να ευχαριστήσουμε την οικογένειά μας, για την υπομονή και τη στήριξή τους.

Γεωργία

Ευθυμία

## Πίνακας περιεχομένων

<b>Περίληψη</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Εισαγωγή</b> .....	8
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> – Βασικές αρχές laser</b>	
1.1 Σύντομη αναδρομή του laser .....	9
1.2 Τύποι λέιζερ που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία .....	14
1.3 Παράμετροι της ακτινοβολίας λέιζερ που χρησιμοποιείται στην οφθαλμολογία.....	15
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> – Ανατομία οφθαλμού</b> .....	16
2.1 Επικουρικά μόρια του ματιού .....	16
2.2 Κερατοειδής χιτώνας .....	17
2.3 Σκληρός χιτώνας .....	19
2.4 Χοριοειδής χιτώνας .....	19
2.5 Ίριδα .....	19
2.6 Αμφιβληστροειδής χιτώνας .....	20
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> – Βασικές παθήσεις οφθαλμού</b> .....	22
3.1 Είδη διαθλαστικών ανωμαλιών .....	24
3.2 Μυωπία .....	24
3.3 Υπερμετρωπία .....	25
3.4 Αστιγματισμός .....	26
3.5 Πρεσβυωπία .....	27
3.6 Μέτρηση της οπτικής οξύτητας .....	28
3.7 Γλαύκωμα .....	29
3.8 Καταρράκτης .....	31
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> – Θεραπευτικές εφαρμογές λέιζερ σε παθήσεις οφθαλμού</b>	
4.1 Φωτοπήξια .....	33

4.2 Φωτοδιάσπαση .....	34
4.3 Φωτοεκτομή .....	34
4.4 Διαθλαστική χειρουργική με Excimer laser.....	35
Τεχνικές Excimer laser	
4.5 Φωτοδιαθλάσεως (PRK).....	36
4.6 LASEK .....	37
4.7 LASIK .....	37
4.8 Παράγοντες κινδύνου, παρενέργειες και επιπλοκές της μεθόδου LASIK .....	40
4.9 Τεχνική laser ray tracing .....	42
4.10 epiLASIK .....	43
4.11 Wavefront.....	43
4.12 Εγγραφή ίριδας .....	44
4.13 ASA.....	44
4.14 Holmium laser .....	44
4.15 Χειρουργική επέμβαση λέιζερ για καταρράκτη .....	45
4.16 Γλαύκωμα .....	49
4.17 Laser αμφιβληστροπηξίας .....	52
4.18 Ειδικές περιπτώσεις .....	54
4.19 Διαδικασία της επέμβασης οφθαλμού με λέιζερ .....	60
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> – Συζήτηση</b>	
5.1 Γενικές παρατηρήσεις .....	61
5.2 Κατευθυντήριες οδηγίες για ασθενείς που υποβάλλονται στην επέμβαση LASIK...63	
<b>Επίλογος .....</b>	<b>67</b>
<b>Ξενόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές .....</b>	<b>68</b>
<b>Ελληνόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές .....</b>	<b>70</b>

## Περίληψη

Οι επεμβάσεις διαθλαστικών προβλημάτων των οφθαλμών αποτελούν σήμερα δημοφιλείς διαδικασίες για τη θεραπεία αυτών των προβλημάτων, εναλλακτικές στη συμβατική χρήση γυαλιών ή φακών επαφής. Η ανάπτυξη των χειρουργικών τεχνικών και οι βελτιώσεις στα συστήματα λέιζερ έχουν οδηγήσει παράλληλα σε μία τεράστια αύξηση του αριθμού των ασθενών που υποβάλλονται σε διαθλαστικές επεμβάσεις.

Τα στενής δέσμης συστήματα λέιζερ (flying-spot) και η ενσωμάτωση των trackers στον οφθαλμό για την αποκατάσταση των κινήσεων του κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης έχουν οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα και σε μεγαλύτερο βαθμό ικανοποίησης από τους ασθενείς.

Η πιο πρόσφατη τεχνική LASIK υπερνίκησε πολλά από τα προβλήματα των παλαιότερων τεχνικών όπως η ακτινική κερατομία (RK) και η φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή (PRK), για παράδειγμα τη σταθερότητα της διάθλασης και την επώδυνη ανάκαμψη. Άλλες εξελίξεις περιλαμβάνουν την αύξηση της διαμέτρου της οπτικής ζώνης ή την εκτομή μίας ευρείας ζώνης μετάπτωσης για την εξομάλυνση των ορίων της ζώνης αφαίρεσης.

## **Abstract**

Manipulation of refractive problems of eye are currently popular procedures to treat these problems, alternative to the conventional use of glasses or contact lenses. The development of surgical techniques and improvements to laser systems have led parallel to a huge increase in the number of patients undergoing refractive surgery.

The narrow beam of laser systems (flying-spot) and the integration of the eye trackers for the restoration of movements during surgery have led to better results and a greater degree of satisfaction of the patients.

The most recently developed LASIK (laser-assisted in situ keratomileusis) technique overcomes many of the problems of the older techniques of radial keratotomy (RK) and photorefractive keratectomy (PRK), such as refraction stability or painful recovery. Other advances include the increase of the diameter of the optical zone or the ablation of a wider transition zone to smooth out the steep edges at the border of the ablation zone.

## Εισαγωγή

Η οφθαλμολογία είναι το πεδίο της ιατρικής, όπου το λέιζερ χρησιμοποιείται περισσότερο. Επειδή το λέιζερ είναι μια δέσμη φωτός, είναι πολύ αποτελεσματικό για τη μεταφορά ενέργειας σε ένα συγκεκριμένο σημείο, και καθώς πολλές από τις δομές του οφθαλμού είναι διαφανείς για το ορατό φως, το λέιζερ αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για τον οφθαλμίατρο.

Το Laser έχει πολλές χρήσεις στην οφθαλμολογία, ανάλογα με το πώς αυτό επηρεάζει τα διαφορετικά στρώματα του οφθαλμού. Παίζει σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη οφθαλμολογία, καθώς είναι ένα πολύ καλό εργαλείο που επιτυγχάνει ακρίβεια σε χειρουργικές διαδικασίες του οφθαλμού. Το Laser στην οφθαλμολογία όχι μόνο χρησιμοποιείται για να μεταβάλλει τον ανθρώπινο ιστό, πραγματοποιήσει εκτομή, αφαιρέσει, συρρικνώσει αλλά επίσης χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση φαρμακευτικών ουσιών κατά τη θεραπεία οφθαλμικών ασθενειών.

Το Laser μπορεί βασικά να χρησιμοποιείται στην οφθαλμολογία για πολλές ασθένειες, όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, μια χρόνια νόσος που βασίζεται επί του μεταβολισμού σακχάρων τα οποία μπορεί να προκαλέσουν ακόμα και απώλεια της όρασης, γεροντική εκφύλιση της ωχράς κηλίδας, Γλαύκωμα Trabeculoplasty, μια ασθένεια που επηρεάζει τη σωστή λειτουργία αποστράγγισης των υγρών από τους οφθαλμούς και οπίσθια καψουλοτομή, μια διαδικασία που γίνεται για τον καταρράκτη και την επακόλουθη χειρουργική επέμβαση, προκειμένου να αποκατασταθεί η όραση.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρατίθενται και περιγράφονται οι διάφορες τεχνικές λέιζερ που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία για την αποκατάσταση των κυριότερων παθήσεων του οφθαλμού.



# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## Βασικές αρχές laser

### 1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή του laser

Ο Max Planck δημοσίευσε το 1900 το έργο του που αναφέρει ότι το φως είναι μία μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Χωρίς αυτή την αναφορά, δε θα είχε εφευρεθεί το laser. Η αρχή του laser έγινε πρώτη φορά γνωστή το 1917, όταν ο φυσικός Albert Einstein περιέγραψε τη θεωρία της εξαναγκαστικής εκπομπής. Ωστόσο, δεν υπάρχει αναφορά μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1940 που οι μηχανικοί άρχισαν να χρησιμοποιούν αυτή την αρχή για πρακτικούς σκοπούς. Κατά την έναρξη της δεκαετίας του 1950 αρκετοί μηχανικοί εργάστηκαν για την αξιοποίηση της ενέργειας με τη χρήση της αρχής της εξαναγκασμένης εκπομπής. (Crompton C, 2001)

Στο Πανεπιστήμιο της Κολούμπια ήταν ο Charles Townes, στο Πανεπιστήμιο του Μέριλαντ ο Joseph Weber και στα Εργαστήρια Lebedev στη Μόσχα ήταν ο Alexander Prokhorov και Νικολάι G Basov. Σε αυτό το στάδιο οι μηχανικοί εργάζονταν για τη δημιουργία του επονομαζόμενου MASER (Ενίσχυση μικροκυμάτων από την εξαναγκασμένη Εκπομπή ακτινοβολίας), μια συσκευή που ενισχύει τα μικροκύματα σε αντίθεση με το φως και σύντομα βρήκε χρήση στην επικοινωνία των συστημάτων μικροκυμάτων. (Crompton C, 2001)

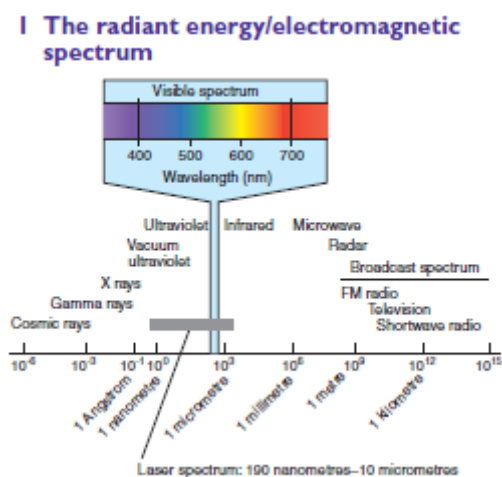
Ο Townes και οι άλλοι μηχανικοί πίστεψαν ότι είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα οπτικό maser, μια συσκευή για τη δημιουργία ισχυρών δεσμών φωτός χρησιμοποιώντας υψηλότερη ενεργειακή συχνότητα. Παρά την πρωτοποριακή εργασία του Townes και Prokhorov ο Maiman το 1960 εφηύρε τελικά το πρώτο λέιζερ χρησιμοποιώντας ένα lasing μέσο από ρουμπίνι που διεγείρεται με τη χρήση υψηλής ενέργειας σε λάμπες έντονου φωτός. Οι Townes και Prokhorov αργότερα τιμήθηκαν με το βραβείο Νόμπελ Επιστημών το 1964 για τις προσπάθειές τους. (Crompton C, 2001)

Το laser ήταν ένα αξιοσημείωτο τεχνικό επίτευγμα, αλλά στις αρχές του θεωρήθηκε ως μιας τεχνολογίας χωρίς σκοπό. Δεν ήταν αρκετά ισχυρός για στρατιωτική χρήση στα

όπλα δέσμης και η χρησιμότητά του για τη μετάδοση πληροφοριών μέσω της ατμόσφαιρας παρεμποδιζόταν σοβαρά από την αδυναμία διείσδυσης σε κακές καιρικές συνθήκες.

Οι Maiman και συν ανέπτυξαν συστήματα παρατήρησης με laser για στρατιωτική χρήση και ισχυρά lasers για χρήση σε χειρουργικές επεμβάσεις μέσω του εντοπισμού της πηγής θερμότητας.

Η λέξη LASER αποτελεί το ακρώνυμο του Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation που αποδίδεται στα ελληνικά ως ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας. Αφορά μία ιδιαίτερα εστιασμένη δέσμη φωτός, που είτε μπορεί είτε όχι να είναι ορατή. (Crompton C, 2001)



Εικόνα 1: Η ενέργεια ακτινοβολίας/ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Crompton C, 2001)

Σήμερα, για παράδειγμα, τα laser χρησιμοποιούνται στην διορθωτική χειρουργική επέμβαση οφθαλμών, παρέχοντας μια ακριβή πηγή θερμότητας για την εκτομή και καυτηριασμό του ιστού. (Crompton C, 2001)

Πιο αναλυτικά τα λέιζερ εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και ενεργειών. Αυτά τα ειδικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται και στην

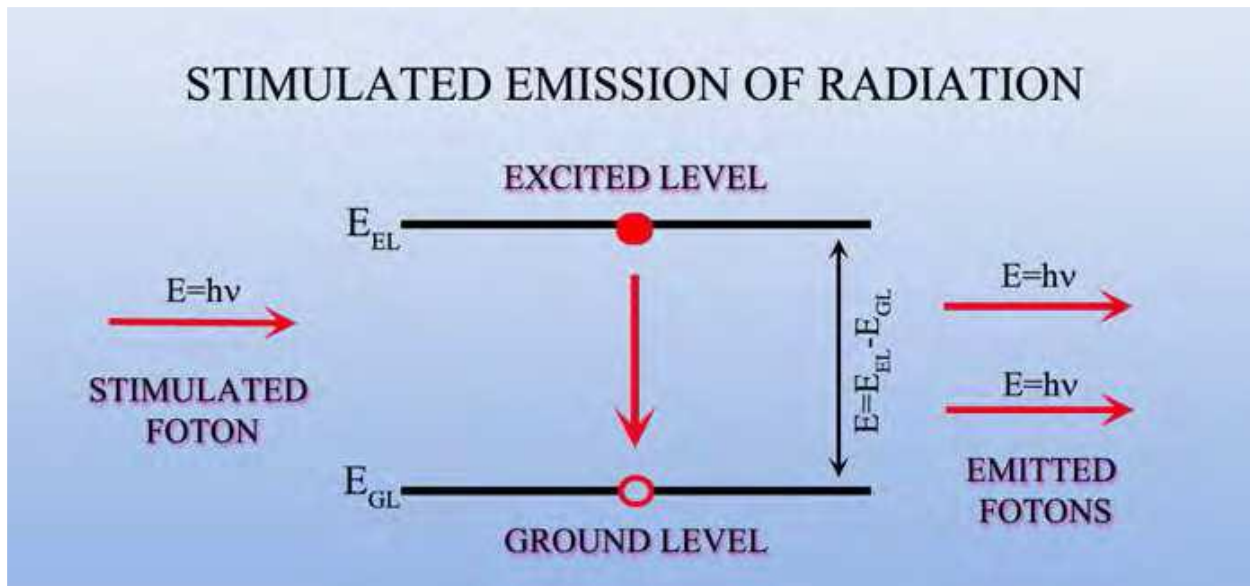
οφθαλμολογία. Η κβαντική θεωρία περιγράφει τα επίπεδα ενέργειας των ατόμων και των μορίων. Τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν μόνο μεταξύ αυτών των επιπέδων και αυτές οι μεταβάσεις συνοδεύονται από εκπομπή ή απορρόφηση ενέργειας από το οπτικό σύστημα. Η εκπεμπόμενη ή απορροφημένη ενέργεια αποκαλύπτει τις τιμές που σχετίζονται με τις αποστάσεις μεταξύ των επιπέδων ενέργειας. Το σύστημα δεν θα απορροφήσει την ενέργεια, όταν η ενέργεια είναι χαμηλότερη ή υψηλότερη από την τιμή της ενεργούς ζώνης μεταξύ των επιπέδων. Τα επίπεδα ενέργειας του οπτικού ενεργού μέσου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ακτινοβολία λέιζερ. Τα επίπεδα ενέργειας των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή λέιζερ καθορίζουν την απαραίτητη ενέργεια για τη διέγερση και η ενέργεια των εκπεμπόμενων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από τα επίπεδα αυτά. (Zdybel M et al, 2012)

Η ενέργεια (E) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που παράγονται από λέιζερ παρουσιάζεται σύμφωνα με τους τύπους:

$$E=hn$$

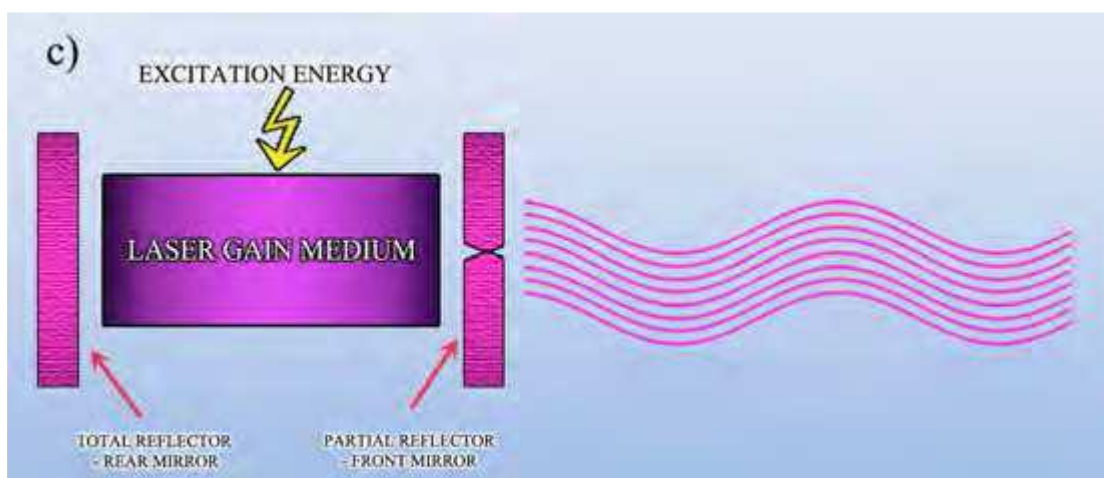
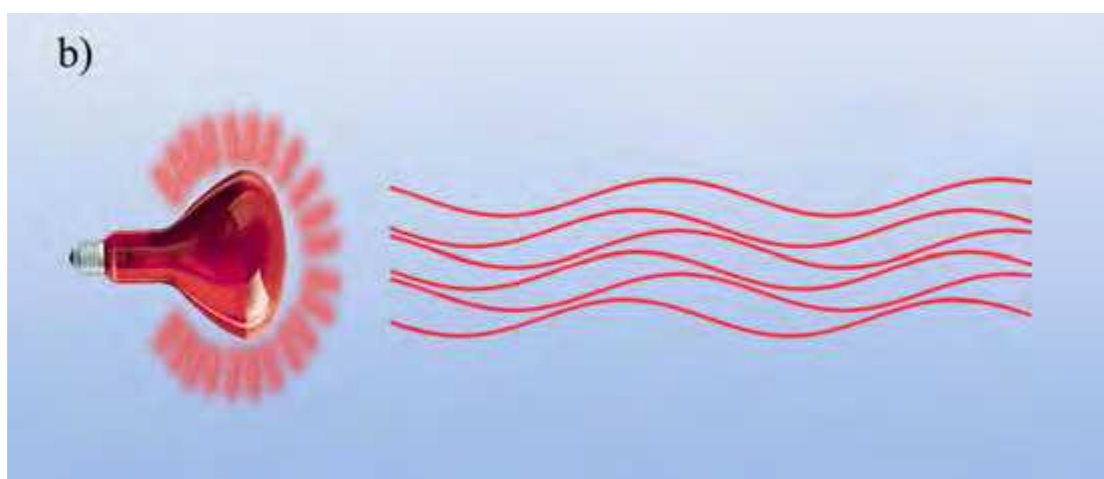
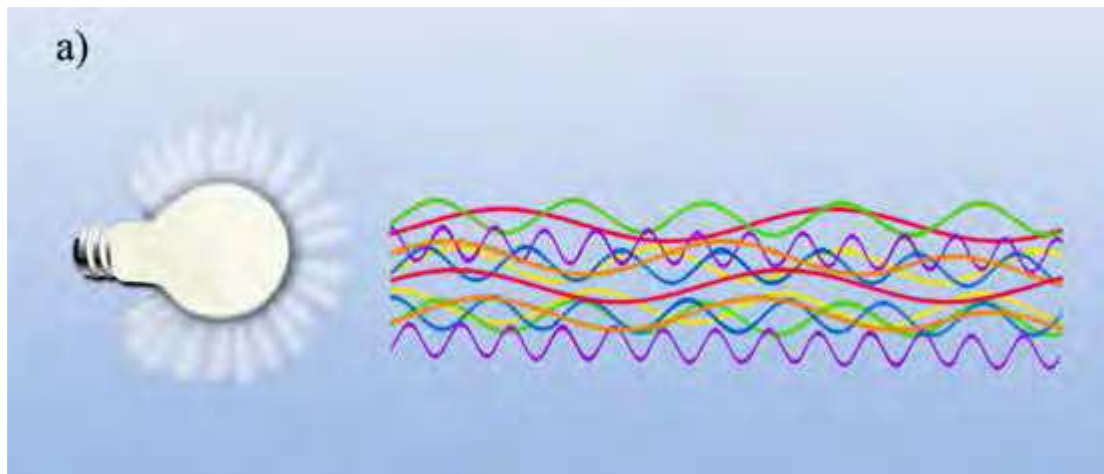
$$E=hc/\lambda$$

όπου h είναι η σταθερά του Πλανκ ( $h = 6,626 \times 10^{-34}$  Js), c είναι η ταχύτητα των κυμάτων ( $C = 299\,792\,458$  m / s), ν είναι η συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε Hertz, λ είναι το μήκος κύματος σε μέτρα. Η συχνότητα και το μήκος κύματος καθορίζει το χρώμα της ακτινοβολίας λέιζερ. Η εκπεμπόμενη ενέργεια έχει τοποθετηθεί στις βιολογικές δομές που αντιμετωπίζονται από τα επιμέρους λέιζερ, έτσι ο λόγος της πλειοψηφίας των λέιζερ που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία είναι κατανοητή. (Zdybel M et al, 2012)



Εικόνα 2: Το σύστημα της εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας σύμφωνα με τον ορισμό (Zdybel M et al, 2012)

Η ακτινοβολία Laser, δηλαδή τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφέρουν από το φως που εκπέμπεται από ένα συνήθη λαμπτήρα. Το λευκό φως που εκπέμπεται από μία λάμπα είναι υπέρθεση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με συχνότητες και μήκη κύματος που αντιστοιχούν στα χρώματα φόντου: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε και βιολετί. Οι συχνότητες των κυμάτων αυξάνονται με την αναφερόμενη προηγούμενη σειρά, και τα μήκη κύματος μειώνονται με αυτόν τον τρόπο. Η άθροιση αυτών των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαφορετικών χρωμάτων δίνει την επίδραση του λευκού φωτός. Η συνιστώσα κυμάτων στο λευκό φως δεν είναι συνεπής. Τα συνεκτική κύματα είναι τα κύματα με την ίδια μετατόπιση φάσης. (Zdybel M et al, 2012)



Εικόνα 3: Σχηματική απεικόνιση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπονται από  
 α) μία συνήθη λάμπα λευκού φωτός, b) την πηγή του μονοχρωματικού φωτός και c)  
 λέιζερ (Zdybel M et al, 2012)

Το μονοχρωματικό φως από τον λαμπτήρα αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα ιδίων συχνοτήτων και με τα ίδια μήκη κύματος. Τα κύματα δεν είναι συνεπή. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στη δέσμη μονοχρωματικού φωτός αποκαλύπτουν διαφορετικές φάσεις. (Zdybel M et al, 2012)

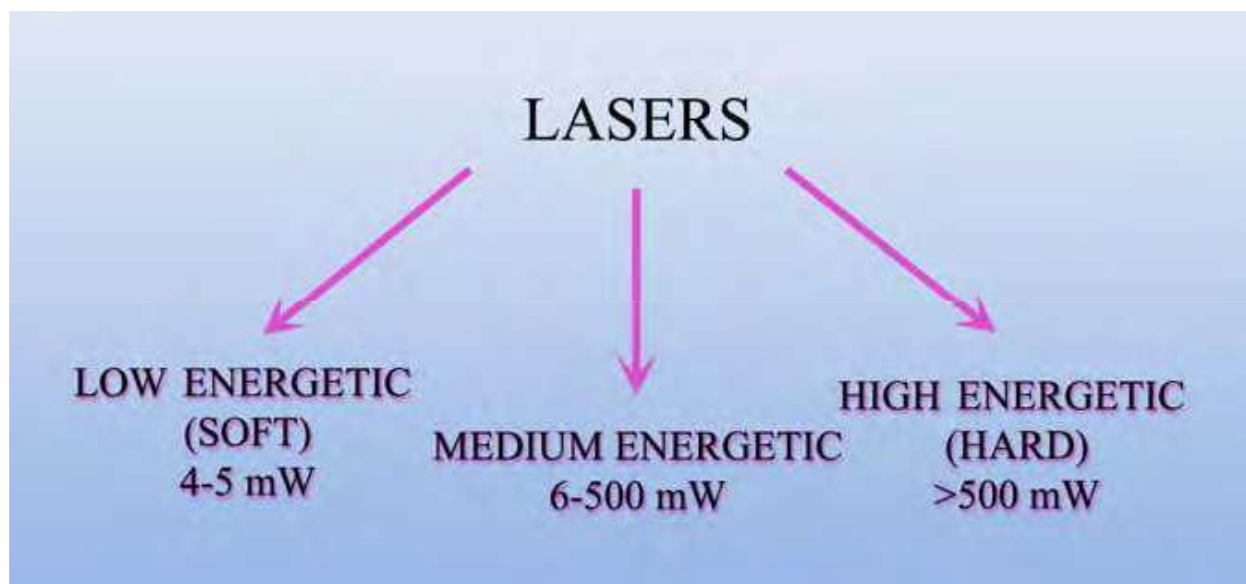
Το λέιζερ παράγει μονοχρωματικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Οι ιδιότητες της ακτινοβολίας λέιζερ το διακρίνει από το σύνηθες λευκό ή μονοχρωματικό φως. Τα κύματα laser είναι μονοχρωματικά και συνεκτικά. Σε αντίθεση με το λευκό φως, η ακτινοβολία λέιζερ παρουσιάζεται στην ίδια φάση. (Zdybel M et al, 2012)

## **1.2 Τύποι λέιζερ που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία**

Τα διάφορα λέιζερ που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία παράγουν συνεκτική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος. Τα οπτικά συστήματα των οφθαλμολογικών λέιζερ είναι: CO<sub>2</sub>, excimer, argon, tunable dye, Nd:YAG. Τα οπτικά συστήματα λέιζερ excimer περιέχουν ροοστάτες των ευγενών αερίων, όπως φθορίδιο του αργού (ArF), κρυπτόν του φθορίου (KrF) και φθοριούχο ξέnon (XeF). Τα θεραπευτικά αποτελέσματα της φωτοπηξίας, της φωτοεκτομής, της εκτομής μέσω του πλάσματος, αλληλεπιδρούν σε διάφορες δομές του οφθαλμού. Η φωτοπηξία πραγματοποιείται από τα ακόλουθα λέιζερ: μπλε-πράσινο (488-514 nm) και πράσινο (514 nm), αργό, κρυπτό κόκκινο (647 nm), δίοδος υπερύθρων (810 nm), Nd: YAG υπερύθρου (1064 nm) (Gilmour, 2002). Η φωτοεκτομή ασκείται από λέιζερ: excimer υπεριώδη (193 nm), όλμιο: ύτριο-αλουμινίου-γρανάτη (Ho: YAG) υπέρυθρου (2060 nm), έρβιο: ύτριο-αλουμινίου-γρανάτη (Er: YAG) υπέρυθρου (2940 nm), και υπέρυθρη CO<sub>2</sub> (10,600 nm). Η εκτομή από το πλάσμα γίνεται με παλμικό υπέρυθρο νεοδύμιο: ύτριο φθοριούχο λίθιο Nd: YLF (1053 nm) laser. (Zdybel M et al, 2012)

### 1.3 Παράμετροι της ακτινοβολίας λέιζερ που χρησιμοποιείται στην οφθαλμολογία

Η δύναμη του λέιζερ είναι η ενέργεια που εκπέμπεται από το λέιζερ κατά τη διάρκεια ενός δευτερολέπτου. Τα λέιζερ χαμηλής (4-5 mW), μέσης (6-500 mW) και υψηλής (πάνω από 500 mW) τάσης χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Παραδείγματα των λέιζερ χαμηλής, μέσης και υψηλής τάσης είναι το λέιζερ με ρουμπίνι, Nd: YAG, ημιαγωγού. Τα λέιζερ χαμηλής τάσης καλούνται μαλακά λέιζερ και τα λέιζερ που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικό κύμα υψηλής τάσης ονομάζονται σκληρά λέιζερ. (Zdybel M et al, 2012)



Εικόνα 4: Ταξινόμηση των λέιζερ (Zdybel M et al, 2012)

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Ανατομία οφθαλμού

Ο οφθαλμός βρίσκεται μέσα στον κόγχο που αποτελεί οστέινη, κοίλη, τετράπλευρη πυραμίδα. Εμφανίζει τρία τμήματα: υπερκόγχιο, υποκόγχιο σχίσμα και το οπτικό τμήμα. Μέσα στον κόγχο υπάρχουν και επικουρικά μόρια όπως ο δακρυϊκός αδένας, οι οφθαλμοκινητικοί μύες, το λίπος του κόγχου, αγγεία και νεύρα. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

Προστατευτικά μόρια του ματιού: Τα βλέφαρα (δύο δερματομυώδη πέταλα που καλύπτουν τον οφθαλμό εξωτερικά). Νευρώνονται από το τρίδυμο και το προσωπικό νεύρο.

#### 2.1 Επικουρικά μόρια του ματιού:

Επιπεφυκότας: υμένας που περιβάλλει την έσω επιφάνεια των βλεφάρων και τον σκληρό χιτώνα μέχρι το σκληροκερατοειδές όριο. Έχει πλούσια αγγείωση.

Δακρυϊκό σύστημα: Σύστημα εφύγρανσης του οφθαλμού και ιδιαίτερα του κερατοειδούς [αποτελείται από τον δακρυϊκό αδένα ( κροταφικά και άνω του οφθαλμικού βολβού, τα δακρυϊκά σημεία, τα δακρυϊκά σωληνάκια, τον δακρυϊκό ασκό, τον ρίνο δακρυϊκό πόρο ( όλα βρίσκονται ρινικά και παροχετεύουν τα δάκρυα στην μύτη)]. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

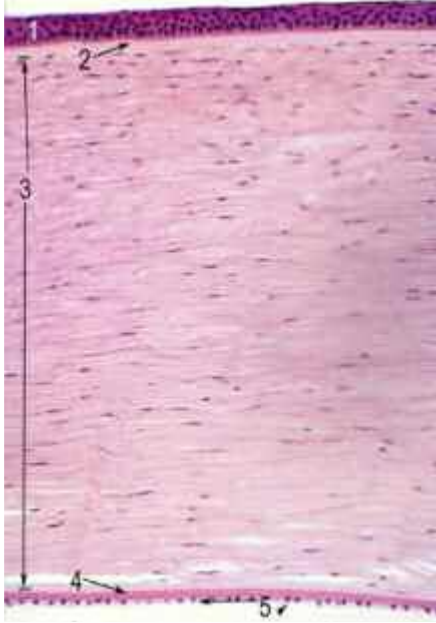
Οι οφθαλμοκινητικοί μύες περιλαμβάνουν: 4 ορθοί, 2 λοξοί και ο ανελκτήρας του άνω βλεφάρου νευρώνονται από την 3, 4 και 6 εγκ. συζυγία. Συγκεκριμένα η κίνηση επιτυγχάνεται μέσω ορισμένων μυών όπως ο άνω ορθός και ο κάτω ορθός για την επίτευξη της οριζόντιας κίνησης, ο έξω ορθός και ο έσω ορθός για την επίτευξη της κατακόρυφης κίνησης και τέλος ο κάτω λοξός και ο άνω λοξός για διάφορες κινήσεις. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)



Τα τοιχώματα του οφθαλμού περιλαμβάνουν τον ινώδη χιτώνα με τον κερατοειδή και τον σκληρό, τον αγγειώδη χιτώνα με τον χοριοειδή, την ίριδα και την κόρη και τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

## 2.2 Κερατοειδής χιτώνας

Συγκεκριμένα όπως αναφέρουν οι Ξανθοπούλου Ε και συν «ο κερατοειδής χιτώνας αποτελεί το πρόσθιο και διαφανές εκτημόριο του ινώδους χιτώνα του οφθαλμού, ενώ προς τα πίσω ο ινώδης χιτώνας συνεχίζει ως σκληρός χιτώνας. Οι δύο αυτές δομές του ινώδους χιτώνα διακρίνονται μεταξύ τους με την κυκλωτερή επιπολής σκληραία αύλακα εξωτερικά, μέσα στην οποία εντοπίζεται μία στενή ζώνη, η σκληροκερατοειδής στεφάνη. Ο κερατοειδής χιτώνας είναι μία ανάγγειος, διαφανής, άχρωμη δομή που λειτουργεί και σαν προστατευτικός φραγμός για τον οφθαλμό. Μαζί με τη δακρυϊκή στιβάδα αποτελούν τη διαθλαστική επιφάνεια του οφθαλμού. Από άποψη περιγραφικής ανατομικής ο κερατοειδής χιτώνας έχει δύο επιφάνειες, την πρόσθια και την οπίσθια και μία περιφέρεια που αντιστοιχεί στην επιπολής σκληραία αύλακα. Η πρόσθια επιφάνεια προβάλλει στη μεσοβλεφάρια σχισμή και εφυγραινεται από τα δάκρυα και η κυρτότητά της διαφέρει ανάλογα με την ηλικία και από άτομο σε άτομο». (Ξανθοπούλου Ε και συν, 2013)



Εικόνα 5: Κατακόρυφη τομή του κερατοειδούς χιτώνα (Ξανθοπούλου Ε και συν, 2013)



Εικόνα 6: Ενδοθήλιο κερατοειδούς χιτώνα (Ξανθοπούλου Ε και συν, 2013)

### **2.3 Σκληρός χιτώνας**

Ο σκληρός ή λευκός χιτώνας αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του ινώδους χιτώνα και χαρακτηρίζεται για το άσπρο χρώμα του στα ενήλικα άτομα. Στα παιδιά έχει χρώμα υποκύανο, ενώ στα μεγάλης ηλικίας άτομα έχει χρώμα υποκίτρινο. Ο σκληρός χιτώνας χρησιμεύει για την πρόσφυση των τενόντων των μυών που κινούν το βολβό και αποτελείται από κολλαγόνες ίνες, ανάμεσα στις οποίες βρίσκονται ελαστικές ίνες και λίγα σχετικά κύτταρα. (Πολυζώνης ΒΜ, Καφαντάρης ΠΜ, 1983)

### **2.4 Χοριοειδής χιτώνας**

Ο χοριοειδής χιτώνας διαχωρίζεται εσωτερικά από τον αμφιβληστροειδή με μια μεμβράνη στην οποία επικάθεται το μελάγχρουν επιθήλιο του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Στον συνδετικό ιστό μεταξύ των αγγείων βρίσκονται τα χρωματοφόρα κύτταρα του χοριοειδή. Ο χοριοειδής έρχεται σε επικοινωνία με το σκληρό δια μέσου της κυτταρικής στιβάδας και των λεμφικών χώρων του υπερχοριοειδή. Ο χοριοειδής δεν έχει αισθητήρια νεύρα γι' αυτό και ο πόνος παρουσιάζεται μόνο όταν η πάθηση επεκταθεί προς τα εμπρός στο ακτινωτό σώμα ή όταν προκληθεί αύξηση της πίεσης. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

### **2.5 Ίριδα**

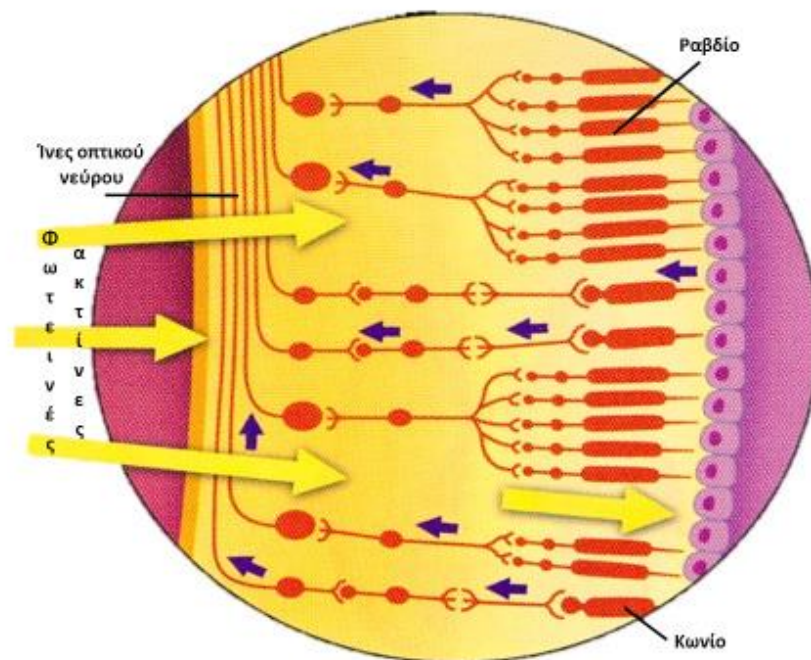
Η ίριδα είναι ένας έγχρωμος δίσκος μπροστά από τον κρυσταλλοειδής φακό του οφθαλμού, σαν διάφραγμα. Αποτελείται από δυο φύλλα το πρόσθιο και το οπίσθιο και χωρίζει τον πρόσθιο από τον οπίσθιο θάλαμο του οφθαλμού με μια στρογγυλή οπή στο κέντρο, την κόρη του οφθαλμού. Η ίριδα έχει μύες με την βοήθεια των οποίων μεταβάλλεται το εύρος της κόρης ανάλογα με την ένταση του φωτός. Στο πολύ φως η

κόρη συστέλλεται και σε λίγο φως διαστέλλεται. Οι μεταβολές αυτές γίνονται αυτόματα (αντανακλαστικό της κόρης). Η ίριδα με το κορικό τμήμα της εφάπτεται στην πρόσθια επιφάνεια του φακού ενώ με την ρίζα της που συνορεύει με την γωνία του προσθίου θαλάμου, μεταπίπτει χωρίς σαφή κατάφυση στο ακτινωτό σώμα . Ιστολογικά η ίριδα αποτελείται από ένα οπίσθιο φύλλο με δυο στρώματα μελαγχρωστικών κύτταρων. Το χρώμα της ίριδας εξαρτάται από τα χρωματοφόρα κύτταρα που είναι κύτταρα του στρώματος με χρωστική. Σε μπλε ίριδα υπάρχουν λίγα χρωματοφόρα κύτταρα, ενώ σε σκούρα ίριδα πολλά. Το χρώμα της ίριδας σταθεροποιείται στα πρώτα χρόνια της ζωής του ανθρώπου, και μετά παραμένει σχεδόν σταθερή. Η δομή της ίριδας παρουσιάζει συχνά ανάγλυφες αλλοιώσεις που φαίνονται σαν ρωγμές ή κρατήρες. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

## 2.6 Αμφιβληστροειδής χιτώνας

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι ο αισθητηριακός χιτώνας του βολβού. Περιέχει αλληπάλληλα στρώματα νευρικών κυττάρων και ινών, διεγείρεται από το φως και αποτελείται από δύο πέταλα, το έξω και το έσω, από τα οποία, το μεν έξω ονομάζεται μελάγχρουν επιθήλιο, το δε έσω ιδίως αμφιβληστροειδής. Από το τελευταίο αυτό αρχίζει το οπτικό νεύρο. Στον αμφιβληστροειδή χιτώνα εκτός των άλλων βρίσκονται και τα οπτικά κύτταρα που διακρίνονται σε δύο τύπους, ραβδία και κωνία και είναι υπεύθυνα για την όραση. Ο αμφιβληστροειδής περιέχει περίπου  $7 \cdot 10^6$  κωνία και  $120 \cdot 10^6$  ραβδία. Η κατανομή των κυττάρων αυτών είναι ανομοιόμορφη. Έτσι, στο κεντρικό τμήμα του αμφιβληστροειδή και συγκεκριμένα στην ωχρά κηλίδα, υπάρχουν μόνο κωνία, (περίπου 35.000), ενώ, αντίθετα, στις πιο περιφερικές μοίρες του υπερτερούν τα ραβδία. Τα ραβδία είναι οπτικά κύτταρα, τα οποία είναι υπεύθυνα για την αντίληψη του φωτισμού χαμηλής έντασης. Έτσι, όταν η όραση γίνεται σε φωτισμό χαμηλής έντασης, (νύχτα, ημίφως), η οπτική οξύτητα περιορίζεται σημαντικά και δεν είναι δυνατή η αντίληψη των χρωμάτων. Η όραση κάτω απ' αυτές τις συνθήκες γίνεται μόνο με τα ραβδία, τα οποία

εμφανίζουν μεγάλη ευαισθησία στο φως και κάνουν αισθητούς ασπρόμαυρους-γκριτόνους. Στην περίπτωση αυτή η όραση χαρακτηρίζεται ως σκοτοπτική όραση. (Πολυζώνης ΒΜ, Καφαντάρης ΠΜ, 1983)



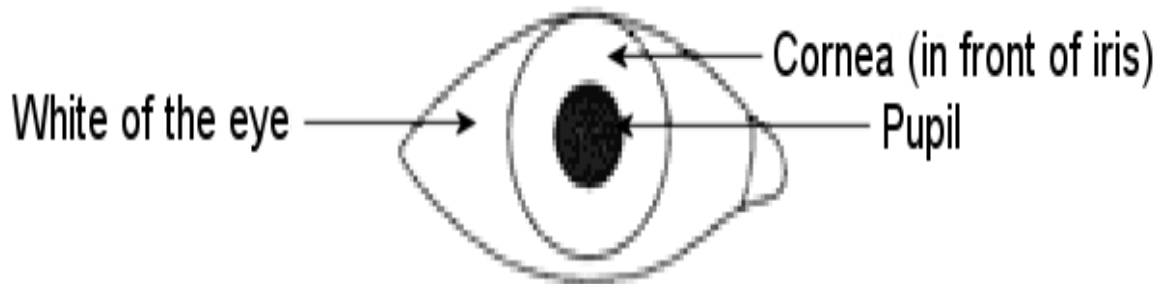
Εικόνα 7: Διατομή αμφιβληστροειδούς (Πολυζώνης ΒΜ, Καφαντάρης ΠΜ, 1983)

Το οπτικό νεύρο σε κάθε οφθαλμό αποτελείται από ίνες που προέρχονται από το κροταφικό ημιμόριο και ίνες που προέρχονται από το ρινικό ημιμόριο. Οι ίνες αυτές πορεύονται από κοινού μέχρι το οπτικό χiasμα. (περιοχή κοντά στην υπόφυση – τουρκικό εφίππιο) όπου οι οπτικές ίνες από το ρινικό ημιμόριο του ενός οφθαλμού πορεύονται από κοινού με τις οπτικές ίνες του κροταφικού ημιμορίου του άλλου οφθαλμού δημιουργώντας τις οπτικές ταινίες. Η κοινή πορεία των οπτικών ταινιών καταλήγει στα έσω γονατώδη σώματα όπου οι οπτικές ταινίες μεταπίπτουν στις οπτικές ακτινοβολίες: (νευρικές ίνες πορευόμενες μέσα στη λευκή ουσία του εγκεφάλου οι οποίες καταλήγουν στο κέντρο της όρασης). Το κέντρο της όρασης βρίσκεται στον ινιακό λοβό. (Ξανθοπούλου Ε και συν, 2013)

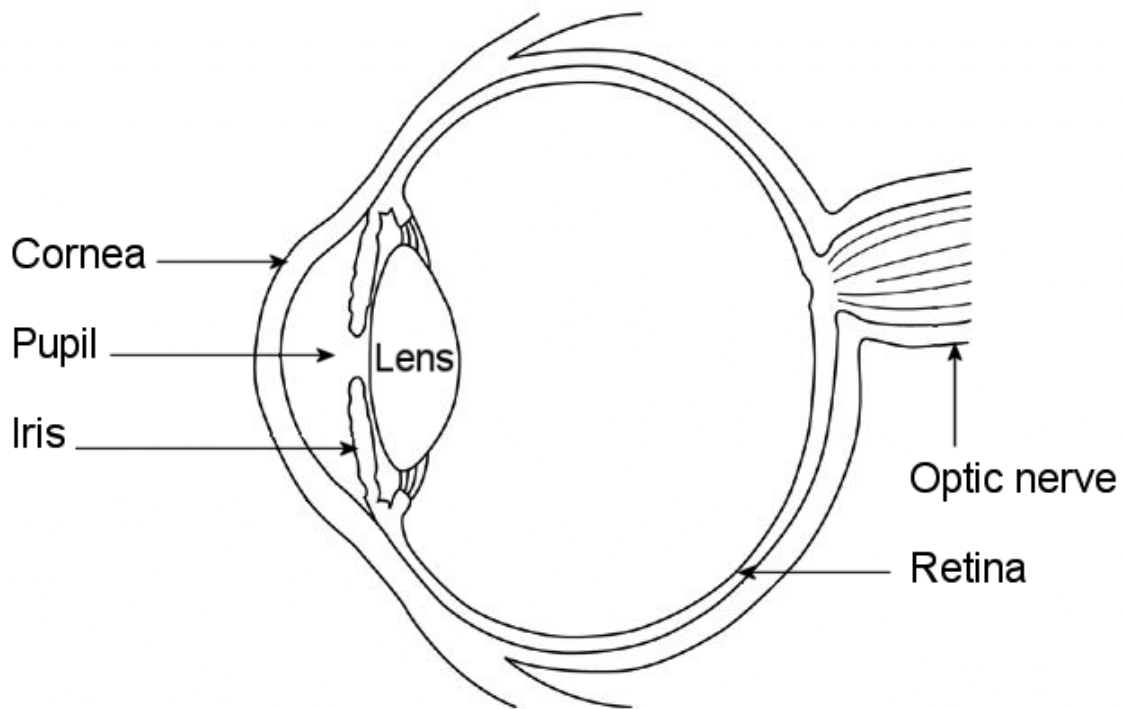
## Κεφάλαιο 3°

### Βασικές παθήσεις οφθαλμού

Ο ανθρώπινος οφθαλμός μπορεί να προσομοιαστεί με μία φωτογραφική μηχανή με ένα σύστημα εστίασης φακών μπροστά και ένα φωτοευαίσθητο φιλμ, δηλαδή τον αμφιβληστροειδή πίσω. Το σύστημα εστίασης επίσης αποτελείται από δύο μέρη: τον κερατοειδή που αποτελεί ένα παράθυρο στη χρωματισμένη ίριδα και τον φακό που βρίσκεται πίσω ακριβώς από την κόρη. (RCO, 2011)



Εικόνα 8: Εμπρόσθια όψη του οφθαλμού (RCO, 2011)

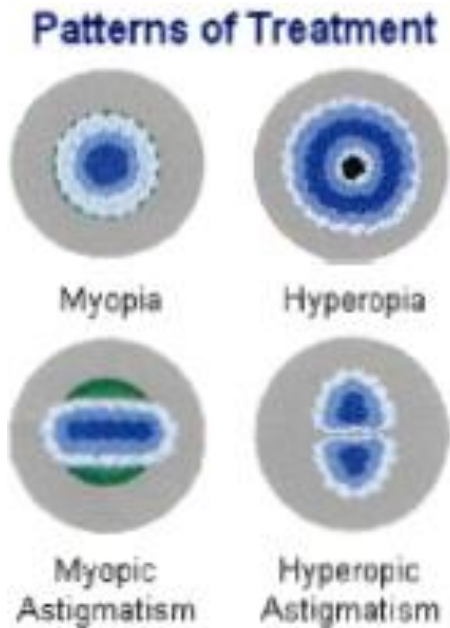


*Εικόνα 9: Πλευρική θεώρηση του οφθαλμού (RCO, 2011)*

Γυαλιά και φακοί επαφής χρησιμοποιούνται όταν το δυναμικό εστίασης του οφθαλμού δε δίνει σαφή εικόνα. Με άλλα λόγια παρουσιάζεται ένα διαθλαστικό σφάλμα. (RCO, 2011)

Οι κύριες ενδείξεις των βασικών προβλημάτων όρασης περιλαμβάνουν συμπτώματα όπως στραβισμός, νυσταγμός, ευαισθησία στο έντονο φως, αίσθημα κνησμού, μερική ή ολική δυσκολία στο διάβασμα, αδεξιότητα σε δραστηριότητες που απαιτούν συντονισμό ματιού-χεριού.

### 3.1 Είδη διαθλαστικών ανωμαλιών

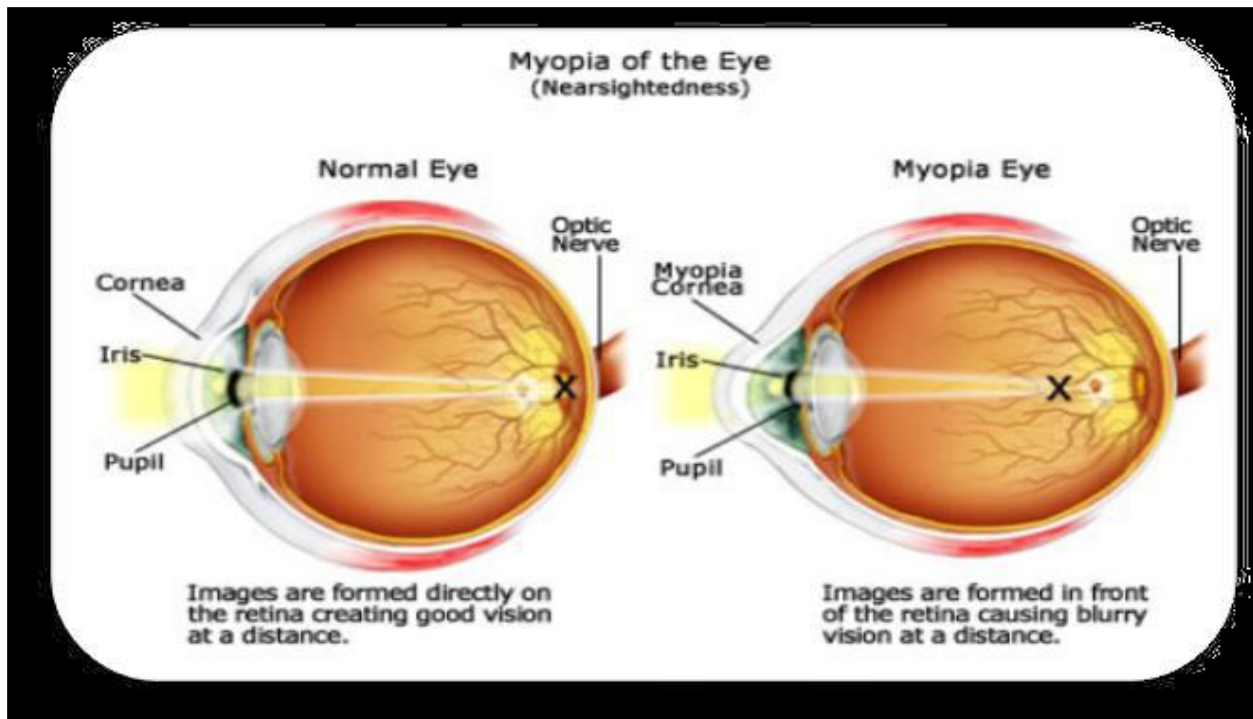


Εικόνα 10: Είδη διαθλαστικών ανωμαλιών (Che Yu Lee, 2012)

### 3.2 Μυωπία

Χωρίς τη χρήση γυαλιών τα κοντινά αντικείμενα μπορεί να φαίνονται καθαρά, αλλά σε πιο απομακρυσμένες θέσεις φαίνονται θολά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη μεγάλη κυρτότητα του κερατοειδούς ή λόγω παρουσίας καταρράκτη. Ως αποτέλεσμα, οι ακτίνες φωτός του απομακρυσμένου αντικειμένου εστιάζονται μπροστά στον αμφιβληστροειδή. (RCO, 2011)

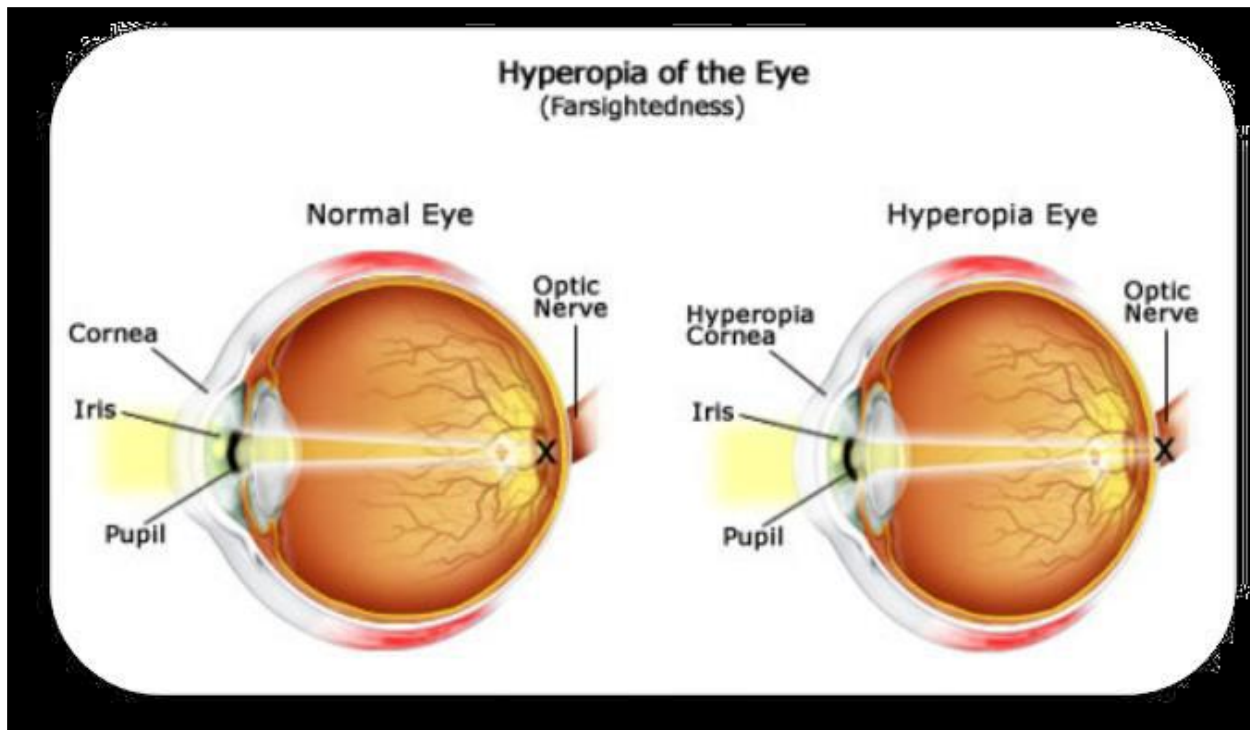




Εικόνα 11: Μυωπικός οφθαλμός (Τσουγκράνη Δ, Παναγιωτοπούλου Σ, 2013)

### 3.3 Υπερμετρωπία

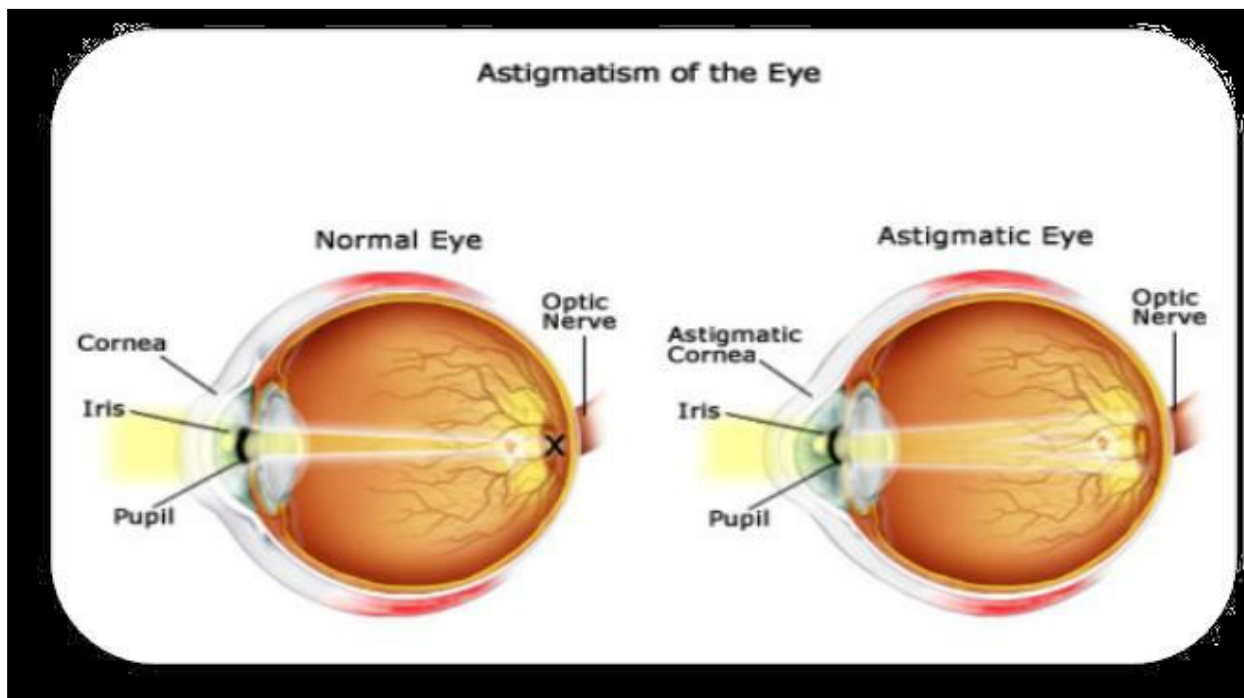
Χωρίς τη χρήση γυαλιών, τα μακρινά αντικείμενα φαίνονται πιο καθαρά σε σύγκριση με τα πιο κοντινά, αν και σε σοβαρές περιπτώσεις η όραση είναι θολή σε όλες τις αποστάσεις. Στην υπερμετρωπία, είτε ο οφθαλμός είναι πολύ μικρός είτε ο κερατοειδής σχετικά επίπεδος και ως εκ τούτου δεν παρέχεται επαρκής ισχύς εστίασης. (RCO, 2011)



Εικόνα 12: Υπερμετρωπικός οφθαλμός (Τσουγκράνη Δ, Παναγιωτοπούλου Σ, 2013)

### 3.4 Αστιγματισμός

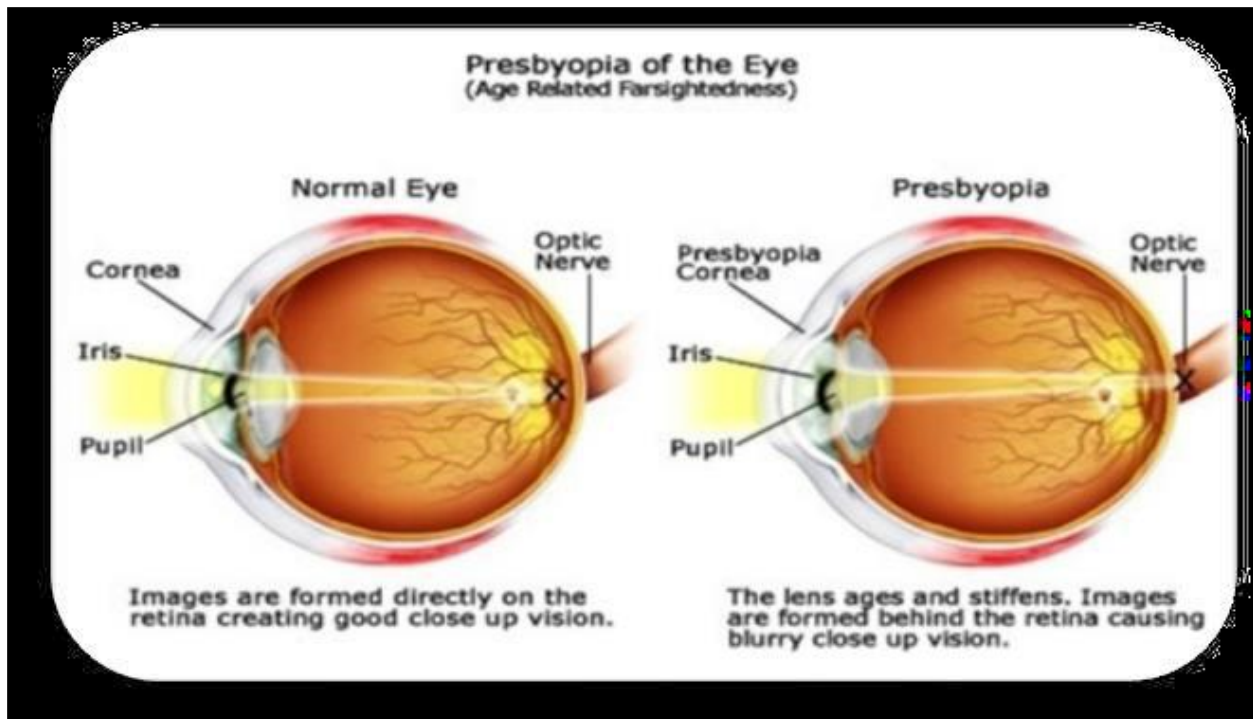
Ο αστιγματισμός συνήθως οφείλεται στο γεγονός ότι ο κερατοειδής είναι πιο απότομα κυρτός από τη μία πλευρά σε σύγκριση με την άλλη. Συχνά ομοιάζεται με τη μορφή μίας μπάλας του ράγκμπι. Τα αντικείμενα παρουσιάζονται απλωμένα προς την κατεύθυνση του αστιγματισμού. Ο φακός που απαιτείται για τη διόρθωση του αστιγματισμού ονομάζεται αστιγματικός, κυλινδρικός, ή τορικός φακός. Ο αστιγματισμός μετρείται με το μέγεθος ή την ισχύ και την κατεύθυνσή του, ή τον άξονα. Σε ορισμένες περιπτώσεις το excimer λέιζερ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του αστιγματισμού. (RCO, 2011)



Εικόνα 13: Αστιγματικός οφθαλμός (Τσουγκράνη Δ, Παναγιωτοπούλου Σ, 2013)

### 3.5 Πρεσβυωπία

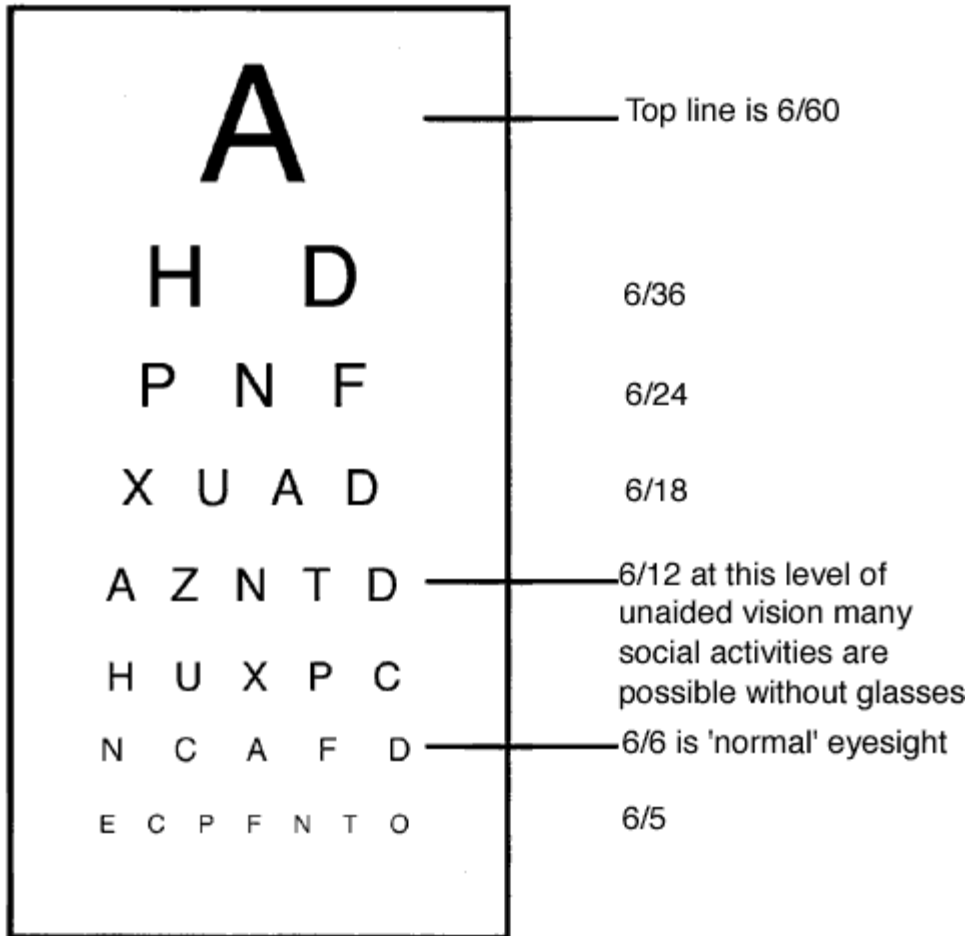
Η ικανότητα του ανθρώπινου φακού (πίσω από την κόρη και την ίριδα) να επικεντρώνεται σε κοντινά αντικείμενα μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και σχεδόν οι περισσότεροι άνθρωποι χρειάζονται γυαλιά για την ανάγνωση. Ωστόσο, συχνά άτομα με μυωπία μπορεί να χρειαστούν γυαλιά ανάγνωσης. Η πρεσβυωπία είναι μία φυσιολογική και αναπόφευκτη διαδικασία γήρανσης. Δεν μπορεί να μεταβληθεί από τη διαθλαστική χειρουργική με λέιζερ. (RCO, 2011)



Εικόνα 14: Πρεσβυωπικός οφθαλμός (Τσουγκράνη Δ, Παναγιωτοπούλου Σ, 2013)

### 3.6 Μέτρηση της οπτικής οξύτητας

Το επίπεδο της όρασης συνήθως μετριέται με τη χρήση ενός διαγράμματος Snellen. Τοποθετείται σε απόσταση 6 μέτρων ή σε ισοδύναμη απόσταση με τη χρήση καθρεπτών. Μια οπτική οξύτητα των 6/9 δείχνει ότι το διάγραμμα είχε θεαθεί στο 6 μέτρα, και από τη χαμηλότερη γραμμή ότι θα μπορούσε να διαβαστεί, σημάνθηκε 9. Κάποιος με φυσιολογική όραση θα είναι σε θέση να διαβάζει αυτές τις αναφορές στα 9 μέτρα. (RCO, 2011)



Εικόνα 15: Διάγραμμα Snellen για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας (RCO, 2011)

### 3.7 Γλαύκωμα

Το γλαύκωμα είναι μια ασθένεια των οφθαλμών που μειώνει σταδιακά την όραση. Συχνά, το γλαύκωμα δεν έχει συμπτώματα και μπορεί ξαφνικά να οδηγήσει σε απώλεια της όρασης. Χωρίς την κατάλληλη θεραπεία, το γλαύκωμα μπορεί να οδηγήσει σε τύφλωση. Τα καλά νέα είναι ότι με συχνές οφθαλμολογικές εξετάσεις, με έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία, μπορεί να διατηρηθεί η όραση του ασθενούς. (AAO, 2012)

Στους περισσότερους τύπους γλαυκώματος, το αποχετευτικό σύστημα του ματιού φράζει έτσι το ενδοφθάλμιο υγρό δεν μπορεί να αποστραγγιστεί. Καθώς το υγρό

συσσωρεύεται, προκαλεί πίεση στο εσωτερικό του ματιού, βλάβες από υψηλή πίεση στο ευαίσθητο οπτικό νεύρο και οδηγεί σε απώλεια της όρασης. (AAO, 2012)

Ο αμφιβληστροειδής διατρέχεται από εκατομμύρια νευρικών ινών στο οπτικό νεύρο. Οι ίνες αυτές ανταποκρίνονται στο οπτικό δίσκο. Καθώς η πίεση του υγρού αυξάνει εσωτερικά του οφθαλμού, παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες αλλοιώσεις. Αν η πίεση παραμένει πολύ υψηλή για πάρα πολύ καιρό, η επιπλέον πίεση μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο οπτικό νεύρο και να οδηγήσει σε απώλεια της όρασης. (AAO, 2012)

Το γλαύκωμα εμφανίζεται συνήθως και στους δύο οφθαλμούς, αλλά η επιπλέον πίεση του υγρού συχνά αρχίζει να συσσωρεύονται στον ένα οφθαλμό πρώτα. Αυτή η βλάβη μπορεί να προκαλέσει σταδιακά οπτικές αλλαγές και την απώλεια της όρασης. Συχνά, η περιφερική (πλευρά) όραση επηρεάζεται πρώτη, έτσι ώστε η αλλαγή στην όραση μπορεί να είναι αρκετά μικρή ώστε να μην μπορεί να είναι αισθητή. Με τον καιρό, η κεντρική (άμεση) όραση θα αρχίσει επίσης να μειώνεται. (AAO, 2012)

Σε ότι αφορά τα συμπτώματα, στην πιο συνηθισμένη μορφή του γλαυκώματος η συσσώρευση της πίεσης του υγρού πραγματοποιείται σταδιακά. Συχνά δεν υπάρχουν άβολα ή επώδυνα συμπτώματα. Σε λιγότερο κοινά είδη γλαυκώματος, τα συμπτώματα μπορεί να είναι πιο σοβαρά. Αυτά περιλαμβάνουν: θολή όραση, κεφαλαλγία, πόνος στον οφθαλμό, ναυτία και έμετο. Το γλαύκωμα επηρεάζει άτομα όλων των ηλικιών, από βρέφη έως ενήλικες. Αν και ο καθένας είναι σε κίνδυνο για γλαύκωμα, αυτοί που κινδυνεύουν είναι άτομα άνω των 60 ετών, συγγενείς των ατόμων με γλαύκωμα, άτομα αφρικανικής καταγωγής, άτομα με διαβήτη, άτομα με εκτεταμένη χρήση των στεροειδών, και άτομα που έχουν αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση. Η βλάβη από το γλαύκωμα δεν μπορεί να αντιστραφεί. Ωστόσο, η έγκαιρη και προσεκτική διάγνωση, η δια βίου θεραπεία με φαρμακευτική αγωγή ή χειρουργική επέμβαση μπορεί να διατηρήσει την όραση. (AAO, 2012)

Μερικοί άνθρωποι με γλαύκωμα έχουν "χαμηλή όραση. Ο όρος χαμηλή όραση σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχουν προβλήματα καθημερινά, ακόμη και αν χρησιμοποιεί ο ασθενής γυαλιά ή φακούς επαφής. Με το γλαύκωμα, αυτό μπορεί να περιλαμβάνει απώλεια της ευαισθησίας της αντίθεσης (η ικανότητα να βλέπει κάποιος αποχρώσεις του ίδιου χρώματος), προβλήματα με έντονο φως, ευαισθησία στο φως, και μειωμένη

οπτική οξύτητα (η ικανότητα διαχωρισμού μικρών λεπτομερειών). Μια ποικιλία προϊόντων και πόρων είναι διαθέσιμοι για να βοηθήσουν τους ανθρώπους που έχουν χαμηλή όραση. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τη χρήση μεγεθυντικών φακών, έγχρωμους φακούς, και μεγέθυνση κειμένου υπολογιστή. (AAO, 2012)

### 3.8 Καταρράκτης

Ο καταρράκτης είναι μια πάθηση η οποία δεν απευθύνεται μόνο σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας όπως πολλοί πιστεύουν. Ανεξάρτητα λοιπόν από την ηλικία του ατόμου, η εμφάνιση του καταρράκτη οφείλεται σε αιτία (βιολογικά, μεταβολικά κ.α) τα οποία προσδιορίζουν το είδος του καταρράκτη. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

Ο κρυσταλλοειδής φακός είναι διαυγής, ανάγγειος στο μέγεθος φακής που βρίσκεται περίπου 10 χιλιοστά πίσω από την ίριδα και περικλείεται από δύο μεμβράνες : το πρόσθιο και το οπίσθιο περιφάκιο. Μαζί με τον κερατοειδή, αποτελούν το διαθλαστικό σύστημα του οφθαλμού. Ο φακός αυτός στηρίζεται σχεδόν στο κέντρο του βολβού του ματιού ακριβώς πίσω από την κόρη του ματιού. Χρησιμεύει στην εστίαση των ακτινών του φωτός που έρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, όπου προβάλλεται η εικόνα των αντικειμένων που βλέπουμε, όπως σε μια φωτογραφική μηχανή που η εικόνα περνά μέσα από τον φακό και προβάλλεται στο film. Ο φακός αυτός, που φυσιολογικά είναι διαυγής σαν καθαρό κρύσταλλο, μπορεί να θολώσει και να χάσει την διαφάνεια του από διάφορα αίτια όπως παθήσεις που είναι επίκτητες ή συγγενείς (κληρονομικές). Η θόλωση αυτή του φακού ονομάζεται καταρράκτης. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

Ο καταρράκτης παρουσιάζεται και ενοχλεί την όραση συνήθως στην ηλικία πάνω από 50 ετών. Μπορεί όμως να παρουσιαστεί, και δεν είναι ασυνήθιστο, σε οποιαδήποτε ηλικία, ακόμα σε βρέφη και παιδιά. Ο καταρράκτης ακόμη και στην αρχή της εμφάνισης του μπορεί να μειώσει την ποιότητα της όρασης, δηλαδή κάποιος μπορεί να βλέπει ακόμη και μικρά στοιχεία, αλλά θολά, πράγμα που ενοχλεί τα άτομα με αυξημένες

δραστηριότητες και βέβαια η λύση είναι η χειρουργική αποκατάσταση. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)

Η ταξινόμηση των καταρρακτών αναφέρεται σε συγγενείς και επίκτητους. Ο καταρράκτης που εμφανίζεται με την γέννηση μπορεί να είναι συγγενής. Ο καταρράκτης που εμφανίζεται μετά την γέννηση μπορεί να είναι γεροντικός δηλαδή σε άτομα ηλικίας άνω των 55 ετών, δευτεροπαθής δηλαδή από σακχαρώδη διαβήτη Ι, φλεγμονές του οφθαλμού ή από χρήση φαρμακευτικών ουσιών όπως η χρόνια χρήση κορτιζόνης, ή τραυματικός λόγω τραυματισμού του οφθαλμού. (Θεοδοσιάδης Γ, 1996)



## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Θεραπευτικές εφαρμογές laser σε παθήσεις οφθαλμού

Η ενέργεια του laser παρουσιάζει τρεις διαφορετικές δυναμικές επιδράσεις στον οφθαλμό: φωτοπηξία, φωτοδιάσπαση και φωτοεκτομή. Κάθε επίδραση έχει διαφορετικές οφθαλμικές χειρουργικές εφαρμογές. (Crompton C, 2001)

#### 4.1 Φωτοπηξία

Η φωτοπηξία του αμφιβληστροειδούς, στην οποία χρησιμοποιείται το laser για το κλείσιμο αιμοφόρων αγγείων του αμφιβληστροειδούς, ήταν η πρώτη ιατρική εφαρμογή laser. Τα αγγεία κλείνονται με δύο θερμικούς μηχανισμούς: σε ενδοαγγειακό σχηματισμό θρόμβου με πήξη του εσωτερικού τοιχώματος του αγγείου και σε σύσπαση δευτερογενώς με θερμικά επαγόμενη συρρίκνωση των ινών του κολλαγόνου στο τοίχωμα των αγγείων. Η φωτοπηξία του αμφιβληστροειδούς επιτυγχάνεται με ακτινοβολία laser μερικών εκατοντάδων  $\text{watts/cm}^2$  σε έκθεση μικρότερη του ενός δευτερολέπτου. Η φωτοπηξία χρησιμοποιείται στην οφθαλμολογία για τη στεγανοποίηση διαρροών των αιμοφόρων αγγείων σε διαβητικούς ασθενείς και σε άλλες αγγειακές νόσους του αμφιβληστροειδούς, όπως και σε άλλους τομείς της ιατρικής επιστήμης όπως για παράδειγμα στην εξάλειψη όγκων της ουροδόχου κύστης. (Crompton C, 2001)

## 4.2 Φωτοδιάσπαση

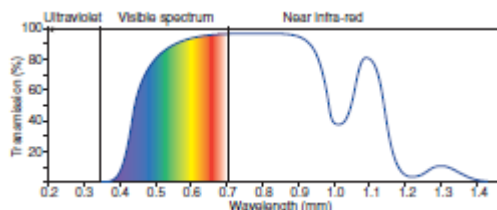
Η προσπίπτουσα ακτινοβολία laser μέχρι  $1 \text{ Watt} / \text{cm}^2$  διαχωρίζει τους ιστούς με εξάτμιση του ενυπάρχοντα νερού στον ιστό ή θερμικά ή φωτοχημικά καταστρέφοντας τη δομή του σκληρού ιστού. Μικροί παλμοί laser (π.χ.  $1 \mu\text{s}$ ) δημιουργούν μικροεκρήξεις, σχηματισμός διευρυμένου πλάσματος, ακουστικά κύματα και σπηλαιώσεις, δημιουργώντας έτσι μηχανικά αποτελέσματα με ελάχιστες ανεπιθύμητες θερμικές ενέργειες. Τα Q-switched και mode-locked Nd: YAG (με προσμείξεις νεοδυμίου ύπτριο-αργίλιο και γρανάτης) λέιζερ χρησιμοποιούνται για τη διαταραχή των ενδοοφθάλμιων δομών (π.χ., περιφερική ιριδεκτομή) και να εκτελούν καψοτομές του φακού. Σε ουρολογικές επεμβάσεις, οι τεχνικές φωτοδιάσπασης χρησιμοποιούνται για τη σύντριψη λιθίασης του ουροποιητικού. (Crompton C, 2001)

## 4.3 Φωτοεκτομή

Η Φωτοεκτομή συμβαίνει όταν υψηλότερη ενέργεια φωτονίων σε σύντομο παλμό από ένα λέιζερ excimer σπάει τους μοριακούς δεσμούς χωρίς να προκαλεί θερμική βλάβη. Ο εξατμισθέν αποκολλημένος ιστός αναρροφάται μακριά. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται για τη χειρουργική επέμβαση του κερατοειδούς. Καθώς οι ιστοί του κερατοειδούς μεταδίδουν μήκη κύματος μεταξύ 400 και 1400 nm, το λέιζερ εκπέμπει ακτινοβολία εκτός αυτής της περιοχής που απαιτείται για τη χειρουργική επέμβαση του κερατοειδούς. (Crompton C, 2001)

Ενώ το αργού-φθορίου λέιζερ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση του ουλώδη ιστού του κερατοειδούς, είναι γνωστό για την ικανότητά τους για τη σμίλευση της επιφάνειας του κερατοειδούς. Η διαδικασία είναι γνωστή ως φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή (PRK), εκ των οποίων υπάρχουν δύο βασικοί τύποι: επιφανειακό PRK και υποβοηθούμενο λέιζερ διάμεσης κερατοσμίλευσης (LASIK). (Crompton C, 2001)

Στο επιφανειακό PRK, στο επιθήλιο του κερατοειδούς (δέρμα) αρχικά πραγματοποιείται απόξεση και στη συνέχεια το laser εκπέμπει μέσω ενός τύπου διαφράγματος ίριδας για να προβάλλει μια συγκεκριμένη επιφάνεια περιγράμματος πάνω στο στρώμα του κερατοειδούς. Με τον τρόπο αυτό, οι εγγενείς διαθλαστικές ανωμαλίες, ειδικά η μυωπία μπορεί να διορθωθούν. (Crompton C, 2001)



*Εικόνα 16: Η μετάδοση της ακτινοβολίας εντός του ανθρώπινου οφθαλμού (Crompton C, 2001)*

#### **4.4 Διαθλαστική χειρουργική με Excimer laser**

Η διαθλαστική χειρουργική με Excimer laser μπορεί να μειώσει τα διαθλαστικά σφάλματα με την τροποποίηση του σχήματος του κερατοειδούς και εστιάζοντας έτσι στο δυναμικό. Ένα παρόμοιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί και με χειρουργική επέμβαση φακού. Περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές που αναλύονται εκτενέστερα. (RCO, 2011)



Εικόνα 17: Excimer laser (RCO, 2011)

## Τεχνικές Excimer Laser

### 4.5 Φωτοδιαθλάσεως (PRK)

Η μέθοδος PRK έχει γίνει ευρέως γνωστή από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Με την ανάπτυξη των μεθόδων LASEK και LASIK, η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για χαμηλούς βαθμούς διαθλαστικού σφάλματος. Μετά την αφαίρεση μικρού τμήματος του ιστού του κερατοειδούς, ο υπόλοιπος κερατοειδής είναι ισχυρός. Ο ασθενής μπορεί να βιώσει επώδυνα συμπτώματα για περίπου 48 ώρες μετά την επέμβαση. Η διαδικασία επούλωσης συνεχίζεται για διάστημα αρκετών μηνών και μπορεί να ποικίλει μεταξύ των ασθενών. Κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου η διάθλαση αλλάζει αργά λόγω της διαδικασίας επούλωσης. Υπάρχει συνήθως μια περίοδος που μπορεί να προκαλέσει θόλωση της όρασης και ευαισθησία στο έντονο φως. Σε μερικούς ασθενείς (ιδιαίτερα εκείνους με υψηλότερο βαθμό διαθλαστικών σφαλμάτων τα συμπτώματα αυτά μπορεί να παραμείνουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. (RCO, 2011)

#### 4.6 LASEK (Laser epithelial keratomileusis)

Η μέθοδος LASEK είναι παρόμοια με την PRK αλλά η επιφανειακή στρώση (επιθήλιο) του κερατοειδούς διατηρείται ως πτερύγιο. Ένας ειδικός μαλακός φακός επαφής τοποθετείται στον οφθαλμό για 3-4 ημέρες για να επιτρέψει την επιφάνεια να επουλωθεί. Ο οφθαλμός είναι πολύ πιο άνετος σε σύγκριση με τη μέθοδο PRK. Διατηρώντας το επιθήλιο θεωρείται ότι εμποδίζονται αργότερα επιπλοκές θόλωσης και επιταχύνεται η επούλωση. (RCO, 2011)

#### 4.7 LASIK

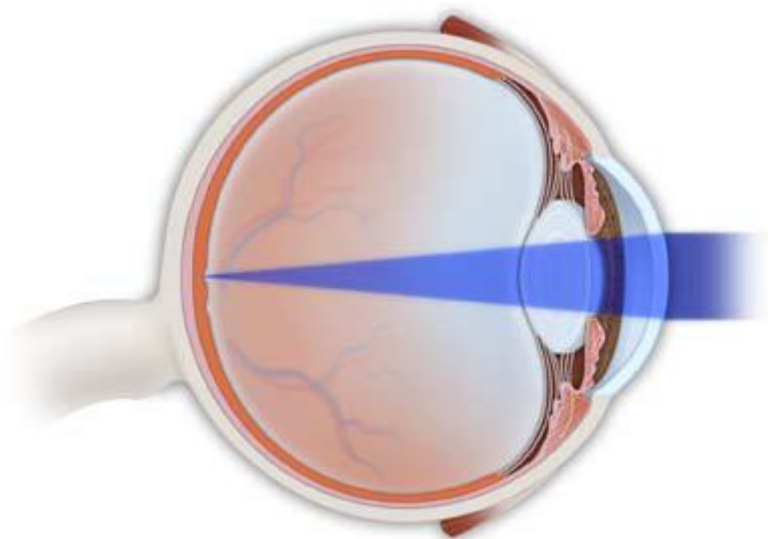
Το LASIK (laser in situ keratomileusis) είναι μία χειρουργική διαδικασία που εκτελείται εξωνοσοκομειακά για τη θεραπεία της μυωπίας, της υπερμετρωπίας και του αστιγματισμού. Το LASIK δε μπορεί να θεραπεύσει την πρεσβυωπία και τις σχετιζόμενες με την ηλικία ασθένειες απώλειας της όρασης, που κυρίως πλήττουν την κοντινή όραση. Με το LASIK, ο οφθαλμίατρος χρησιμοποιεί ένα λέιζερ για να αναδιαμορφώσει τον κερατοειδή χιτώνα, που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του οφθαλμού. Αυτό βελτιώνει τον τρόπο που ο οφθαλμός εστιάζει τις ακτίνες φωτός επάνω στον αμφιβληστροειδή, στο πίσω μέρος του οφθαλμού, επιτρέποντας καλύτερη όραση. (AAO &OMIC, 2008)

Το LASIK εγκρίθηκε για πρώτη φορά για χρήση από το FDA το 1998 και έχει κερδίσει σε δημοτικότητα. Κάθε χρόνο, περίπου 700.000 Αμερικανοί επιλέγουν τη συγκεκριμένη διαδικασία και η συντριπτική πλειοψηφία των ασθενών είναι ευχαριστημένοι με τα αποτελέσματά της. Όπως σε κάθε χειρουργική επέμβαση, ωστόσο, υπάρχουν κίνδυνοι που συνδέονται με τη διαδικασία. (AAO &OMIC, 2008)

Οι περισσότεροι τύποι διαθλαστικού σφάλματος μπορούν να διορθωθούν με τη μέθοδο LASIK, αλλά μπορεί να μην είναι κατάλληλο για ακραίες διορθώσεις και η διαδικασία

μπορεί να οδηγήσει τον κερατοειδή να είναι πολύ λεπτός και ασταθής. Διαφέρει από τη μέθοδο PRK καθώς πραγματοποιείται μια τομή στον κερατοειδή είτε με ειδικό μηχάνημα (Μικροκερατόμο) ή με ένα ειδικό λέιζερ (femtosecond) για την εκτομή ένας πτερυγίου του κερατοειδούς. (RCO, 2011)

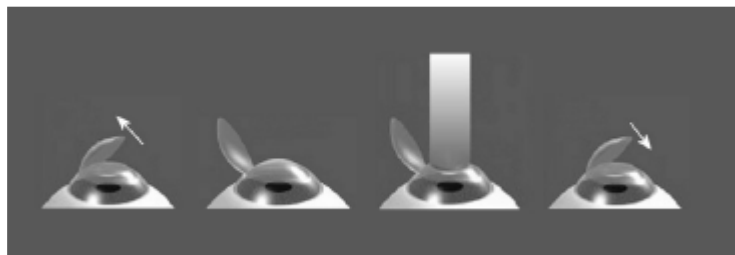
Η μέθοδος LASIK προκαλεί ελάχιστο πόνο, και η όραση μπορεί να ανακτηθεί ταχύτατα. Η διαδικασία επούλωσης είναι λιγότερο έντονη. Ωστόσο, η χειρουργική τεχνική είναι πιο περίπλοκη, και εάν παρουσιαστούν επιπλοκές, μπορεί να είναι πιο σοβαρές από ό, τι με τη μέθοδο PRK. (RCO, 2011)



*Εικόνα 18: Με φυσιολογική όραση, οι ακτίνες φωτός επικεντρώνονται απευθείας στον αμφιβληστροειδή (AAO & OMIC, 2008)*

Είναι σημαντικό για οποιονδήποτε ασθενή επιλέγει τη μέθοδο LASIK να έχει ρεαλιστικές προσδοκίες. Το LASIK επιτρέπει σε πολλούς ανθρώπους να εκτελούν τις περισσότερες από τις καθημερινές τους εργασίες, χωρίς τη χρήση διορθωτικών φακών. Ωστόσο, εκείνοι που ελπίζουν να επιτύχουν τέλεια όραση χωρίς την ανάγκη να φορούν γυαλιά ή φακούς επαφής διατρέχουν τον κίνδυνο να απογοητευτούν. Μπορεί να εμφανιστεί η

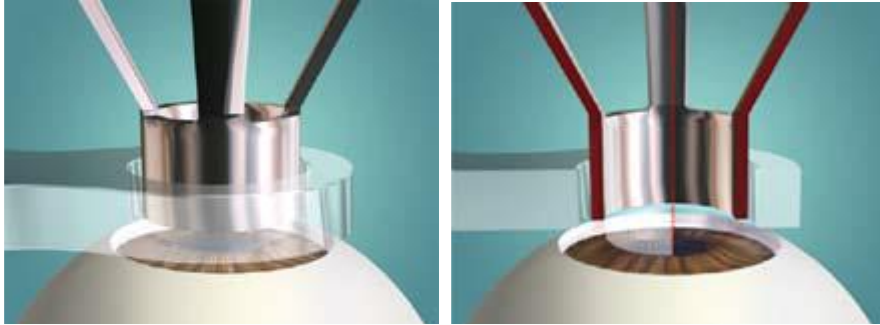
ανάγκη χρήσης γυαλιά ανάγνωσης στα 40 ή 50 έτη, λόγω της πρεσβυωπίας. (AAO &OMIC, 2008)



*Εικόνα 19: Στάδια της θεραπείας LASIK (RCO, 2011)*

Περισσότερο από το 90 τοις εκατό των ανθρώπων που υποβάλλονται σε επέμβαση LASIK επιτυγχάνουν περίπου 20/20 και 20/40 όραση χωρίς γυαλιά ή φακούς επαφής. Επίσης, θα πρέπει να αισθάνονται άνετα με την πιθανότητα ότι μπορεί να χρειαστούν μια δεύτερη χειρουργική επέμβαση προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα, ή μπορεί να χρειαστεί να φορέσουν γυαλιά για ορισμένες δραστηριότητες, όπως η ανάγνωση ή η οδήγηση τη νύχτα. (AAO &OMIC, 2008)

Όσο μεγαλύτεροι είναι οι βαθμοί του διαθλαστικού σφάλματος (δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η μυωπία, υπερμετρωπία ή αστιγματισμό, ή ο συνδυασμός αυτών των συνθηκών), τόσο πιο πιθανό είναι να απαιτηθεί δεύτερη επέμβαση ή χρήση γυαλιών. Είναι σημαντικό ο ασθενής να γνωρίζει επαρκώς τους κινδύνους και ο ιατρός τον τρόπο ζωής του ασθενούς ώστε να προχωρήσει στην εκτέλεση της μεθόδου LASIK. Μερικά επαγγέλματα, αθλήματα και δραστηριότητες δεν είναι συμβατές με το LASIK. (AAO &OMIC, 2008)



Εικόνα 20: LASIK (AAO &OMIC, 2008)

#### 4.8 Παράγοντες κινδύνου, παρενέργειες και επιπλοκές της μεθόδου LASIK

Η μέθοδος LASIK, όπως κάθε χειρουργική επέμβαση ενέχει πιθανούς κινδύνους, επιπλοκές και παρενέργειες που θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά πριν από την απόφαση πραγματοποίησης της επέμβασης.

Οι κύριοι παράγοντες κινδύνου που μπορεί να επηρεάσει αν η μέθοδος είναι η κατάλληλη για τον ασθενή είναι:

- Το σύνδρομο ξηροφθαλμίας. Αν έχει αφεθεί άνευ θεραπείας πριν από την επέμβαση, ο ασθενής μπορεί να μην είναι ικανοποιημένος από τα αποτελέσματα της μεθόδου LASIK. Αν η ξηροφθαλμία έχει διαγνωστεί και θεραπευτεί επαρκώς πριν από την επέμβαση, τότε οι πιθανότητες επιτυχούς έκβασης των αποτελεσμάτων είναι αυξημένες, όπως και σε ασθενείς χωρίς την παρουσία ξηροφθαλμίας. Σε περιπτώσεις σοβαρής ξηροφθαλμίας, ο υποψήφιος μπορεί να αποκλειστεί από τη μέθοδο LASIK. Είναι πιο πιθανό να εμφανίσουν ξηροφθαλμία άτομα μεγαλύτερης ηλικίας και κυρίως γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση. Επίσης είναι πιθανό να αναπτύξουν ξηροφθαλμία άτομα με διαταραχή του ανοσοποιητικού συστήματος ή λαμβάνοντες θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης ή φαρμακευτική αγωγή για τη θεραπεία της κατάθλιψης ή για τη μείωση της αρτηριακής πίεσης.



- Μεγάλο μέγεθος κόρης, που μπορεί να έχει αξιολογηθεί στην εξέταση πριν τη μέθοδο LASIK, αποτελεί ένα παράγοντα με ανεπιθύμητες παρενέργειες όπως θαμπή όραση, αλλά υπάρχουν αντικρουόμενες αναφορές σχετικά με το μέγεθος της κόρης σε συνδυασμό με το χαμηλό φωτισμό και τα ανησυχητικά αυτά οπτικά συμπτώματα. Υπάρχει κίνδυνος για προβλήματα στη νυχτερινή όραση μετά την επέμβαση με LASIK, ανεξάρτητα από το μέγεθος της κόρης.
- Κερατόκωνος, μία εκφυλιστική πάθηση του κερατοειδούς ή ιστορικό αυτής της πάθησης.
- Λεπτός κερατοειδής. Ασθενείς με λεπτό κερατοειδή μπορεί να μην είναι κατάλληλοι υποψήφιοι για τη μέθοδο LASIK, αλλά μπορεί να θεωρηθούν κατάλληλοι για άλλες μορφές διαθλαστικής χειρουργικής.
- Βαθμός διαθλαστικού σφάλματος. Πολύ υψηλά επίπεδα διαθλαστικού σφάλματος μπορεί να μην θεωρούνται κατάλληλοι για τη μέθοδο LASIK.
- Άλλες συνθήκες. Ένας αριθμός άλλων γενικότερων προβλημάτων της υγείας και λιγότερο συχνών παθήσεων του οφθαλμού ή τραυματισμοί μπορεί να επηρεάσουν τον ασθενή σε ότι αφορά την καταλληλότητα για τη μέθοδο LASIK. (AAO & OMIC, 2008)

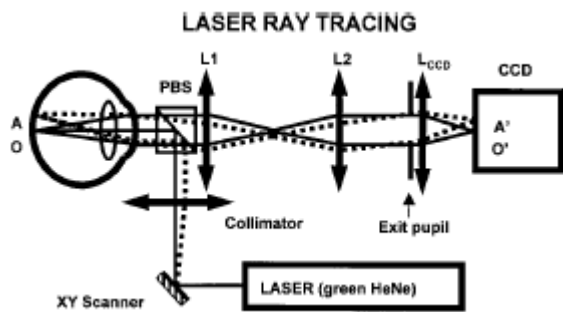
Παρακάτω παρουσιάζεται μία λίστα από τις πιο συχνές ανεπιθύμητες παρενέργειες και πιθανές επιπλοκές της μεθόδου LASIK. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτές οι παρενέργειες υποχωρούν μέσα σε διάστημα έξι μηνών μετά την επέμβαση. Σε μία μειοψηφία των ασθενών, τα προβλήματα αυτά μπορεί να είναι και μόνιμα.

- Δυσφορία ή πόνος
- Αίσθηση κνησμού ή ξηρότητα, τα οποία είναι συμπτώματα της ξηροφθαλμίας
- Κακή νυχτερινή όραση ή/και δυσκολία οδήγησης τη νύχτα
- Θολή όραση
- Θάμβωση σε έντονο φως
- Ευαισθησία στο φως
- Μειωμένη οπτική οξύτητα που ονομάζεται «ευαισθησία αντίθεσης»

- Μικρές ροζ ή κόκκινες κηλίδες στο λευκό τμήμα του οφθαλμού. (AAO &OMIC, 2008)

#### 4.9 Τεχνική laser ray tracing

Η τεχνική ανίχνευσης ακτίνων λέιζερ μπορεί να περιγραφεί ως ένα 37 παράλληλων διαδοχικών λέιζερ που σαρώνουν σε διάστημα 6.51-mm την κόρη σε ένα 1-mm βήμα-εξαγωνικό μοτίβο. Απεικονίσεις σχηματίζονται από το φως που αντανακλάται έξω από τον αμφιβληστροειδή ταυτόχρονα καταγράφονται σε κάμερα CCD υψηλής ανάλυσης. Το κέντρο βάρους της κάθε εικόνας εκτιμάται. Οι αποκλίσεις των κεντροειδή από την αναφορά (η οποία είναι η θέση του κέντρου βάρους που αντιστοιχεί στην επικεφαλής ακτίνα) είναι αναλογική στην τοπική εκτροπή του κύματος. (Llorente L et al, 2005)



Εικόνα 21: Βασικές αρχές της τεχνικής λέιζερ ray tracing. (Moreno-Barrluso E et al, 2001)

#### 4.10 epiLASIK

Η μέθοδος EpiLASIK είναι μια νέα διαδικασία που χρησιμοποιεί ένα επικερατόμιο, ένα διαχωριστή, που δημιουργεί ένα λεπτό πτερύγιο του επιθηλίου. Η δέσμη λέιζερ διεγερμένου διμερούς στη συνέχεια εφαρμόζεται στο πλαίσιο του επιθηλιακού πτερύγιου. Το επιθηλιακό πτερύγιο στη συνέχεια αντικαθίσταται επάνω στον κερατοειδή. (RCO, 2011)

#### 4.11 Wavefront

Υπάρχουν φυσικές ανωμαλίες των δομικών στοιχείων του οφθαλμού που μπορεί να προκαλέσουν μη ορθό εστιασμό των ακτίνων του φωτός. Οι αναλυτές Wavefront μπορεί να ανιχνεύσουν τέτοια σφάλματα. Η θεραπεία με λέιζερ μπορεί επίσης να προκαλέσει οφθαλμικές εκτροπές. Αυτές οι ανωμαλίες έχουν μειωθεί με τα νεότερα λέιζερ, π.χ. με τη χρήση μεγαλύτερων ζωνών επεξεργασίας σε διάμετρο. (RCO, 2011)

Η Wavefront τεχνολογία επιτρέπει στους χειρουργούς να προσαρμόζουν τη διαδικασία LASIK για κάθε οφθαλμό, παρέχοντας τη δυνατότητα για ακόμα καλύτερη όραση. Η FDA ενέκρινε το πρώτο σύστημα για γενική χρήση τον Οκτώβριο του 2002. Μία δέσμη λέιζερ αποστέλλεται μέσω του οφθαλμού προς τον αμφιβληστροειδή και ανακλάται πίσω μέσω της κόρης, υπολογίζοντας το βαθμό ανωμαλιών του κύματος φωτός καθώς εξέρχεται από τον οφθαλμό. Αυτή η διαδικασία παράγει μια τρισδιάστατη απεικόνιση του οπτικού συστήματος του οφθαλμού. Η μέτρηση των ατελειών ή ανωμαλιών του κερατοειδούς με τον τρόπο αυτό επιτρέπει στο διαθλαστικό χειρουργό να αναπτύξει ένα εξατομικευμένο σχέδιο θεραπείας για τον ασθενή. Η διόρθωση των συγκεκριμένων ατελειών του ασθενούς μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα έντονη όραση, καλύτερη ευαισθησία αντίθεσης, και μειώνει τα προβλήματα που συνδέονται με εκτροπές ανώτερης τάξης μετά την επέμβαση, όπως η άλως και θαμπές εικόνες. Οι μελέτες δείχνουν ότι 90-94% των ασθενών που υποβλήθηκαν σε Wavefront LASIK επέτυχαν

οπτική οξύτητα 20/20 ή καλύτερη. Ωστόσο, εκείνοι με λεπτό κερατοειδή, υψηλούς βαθμούς εκτροπών, σοβαρή ξηροφθαλμία, ή συνθήκες που επηρεάζουν το φακό και το υαλοειδές υγρό στο εσωτερικό του ματιού μπορεί να μην είναι καλοί υποψήφιοι για τη διαδικασία Wavefront LASIK. (FAA, 2013)

#### **4.12 Εγγραφή ίριδας (Iris registration)**

Οι οφθαλμοί ορισμένων ασθενών περιστρέφονται όταν μεταβαίνουν από καθιστή σε ύπτια θέση. Η τεχνολογία εγγραφής ίριδας είναι παρόμοια με σαρωτές οφθαλμών που χρησιμοποιούνται για λόγους ασφάλειας. Αυτή η νέα τεχνολογία εντοπίζει σημεία στην ίριδα, και εστιάζει το λέιζερ σε αυτά τα σημεία ρυθμίζοντας έτσι την ευθυγράμμισή τους, όπως η περιστροφή. (RCO, 2011)

#### **4.13 ASA (Advanced Surface Ablation)**

Αναφέρεται σε μία γενική κατηγορία που περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές. Το σύστημα ASA περιλαμβάνει χαλάρωση των κυττάρων του δέρματος στον οφθαλμό και αφαίρεση μικρών ποσοτήτων του ιστού του. Η επιφάνεια του κερατοειδούς στη συνέχεια κατεργάζεται με το λέιζερ. Το PRK (φωτοδιαθλάσεως) αναδιαμορφώνει τον κερατοειδή με ένα λέιζερ excimer που εκπέμπει υπεριώδες φως μετά την αφαίρεση των επιθηλιακών επιφανειακών στρωμάτων του κερατοειδούς. (MEE, 2015)

#### **4.14 Holmium laser**

Το Holmium λέιζερ χρησιμοποιείται σε μία διαθλαστική χειρουργική διαδικασία γνωστή ως θερμική κερατοπλαστική λέιζερ. Αυτή η διαδικασία διορθώνει ήπια έως μέτρια περιπτώσεις υπερμετρωπίας και κάποιες περιπτώσεις αστιγματισμού. Το Holmium λέιζερ δεν αναδιαμορφώνει τον κερατοειδή χιτώνα αφαιρώντας ιστό, όπως το λέιζερ

Excimer κάνει. Αντ' αυτού, αναδιαμορφώνει τον κερατοειδή με την παραγωγή του υπέρυθρου φωτός που προκαλεί τη συρρίκνωση του ιστού. Οι παλμοί από το λέιζερ Holmium παράγουν ένα μοτίβο από 8 έως 16 μικροσκοπικές δέσμες σε ομόκεντρους δακτυλίους γύρω από την περιφέρεια του κερατοειδούς. Το θερμαινόμενο υγρό στα σημεία όπου αυτές οι δέσμες πλήττουν τον κερατοειδή δημιουργώντας μια σειρά από μικροσκοπικούς κρατήρες. Η συρρίκνωση στην περιφέρεια του κερατοειδούς προκαλεί το κέντρο να διογκώνεται και, ως αποτέλεσμα τη διόρθωση της υπερμετρωπίας. (ORBIS, 2004)

#### **4.15 Χειρουργική επέμβαση λέιζερ για καταρράκτη**

Η χειρουργική επέμβαση καταρράκτη είναι η πιο συχνά εκτελούμενη χειρουργική επέμβαση στον κόσμο, με εκτιμώμενες 19 εκατομμύρια επεμβάσεις να πραγματοποιούνται σε ετήσια βάση, σχεδόν 3 εκατομμύρια εκ των οποίων πραγματοποιούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας υπολογίζει τον αριθμό αυτό να αυξηθεί σε 32 εκατομμύρια μέχρι το έτος 2020. Παγκοσμίως, πάνω από 3000 οφθαλμίατροι έχουν εκπαιδευτεί στην τεχνολογία λέιζερ Femtosecond, που εμφανίστηκε κλινικά για την οφθαλμική χειρουργική επέμβαση το 2001 ως μια νέα τεχνική για τη δημιουργία φολιδωτού πτερυγίου με λέιζερ LASIK και έχει αναπτυχθεί πρόσφατα σε ένα εργαλείο για την επέμβαση καταρράκτη. (Donaldson K et al, 2013)

Με δεδομένη την πρόσφατη εισαγωγή της τεχνολογίας αυτής, η συμβατική ονοματολογία για τις διαδικασίες αυτές δεν είναι συνεπής. Το 2012 η Αμερικανική Εταιρεία Καταρράκτη και Διαθλαστικής Χειρουργικής παρατήρησε ότι σε μια έρευνα από 30 πρακτικές χρησιμοποιήθηκαν 29 διαφορετικά ονόματα που χρησιμοποιούνται για αυτή τη διαδικασία. Τα πιο κοινά ακρωνύμια περιλαμβάνουν ReLACS (Διάθλασης laser υποβοηθούμενη χειρουργική επέμβαση καταρράκτη), FLACs (Femtosecond laser υποβοηθούμενη χειρουργική επέμβαση καταρράκτη), και FALCS (femtosecond laser υποβοηθούμενη χειρουργική επέμβαση καταρράκτη) . (Donaldson K et al, 2013)

Ενώ η τεχνολογία αυτή έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την ασφάλεια, την ακρίβεια, και τα κλινικά αποτελέσματα, το διαδικασία επέμβαση καταρράκτη με λέιζερ femtosecond φέρνει μαζί της μια σειρά νέων κλινικών και οικονομικών προκλήσεων. Τα συστήματα τεχνολογίας λέιζερ femtosecond νεοδύμιο χρησιμοποιούν: γυαλί 1053 nm (εγγύς υπέρυθρο) φως μήκους κύματος. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει στο φως να εστιάζεται σε ένα 3 mm μέγεθος σημείο, με ακρίβεια εντός 5 mm στο πρόσθιο τμήμα. Η κρίσιμη πτυχή της τεχνολογίας λέιζερ femtosecond είναι η ταχύτητα με την οποία ενεργοποιείται το φως. (Donaldson K et al, 2013)

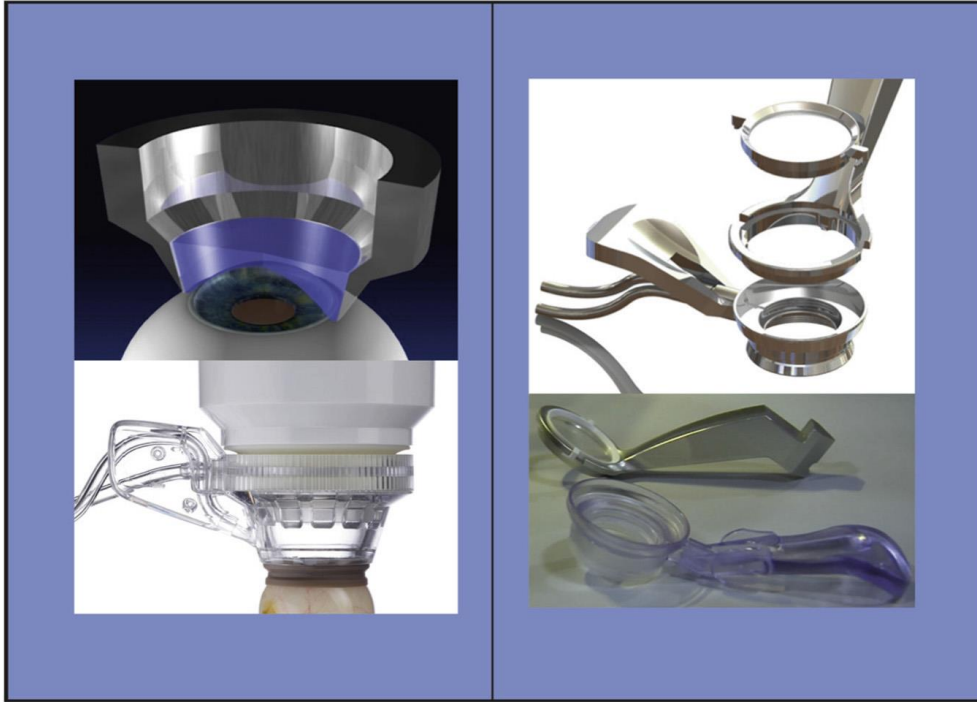
Η σωστή σύνδεση απαιτεί ο ασθενής να είναι σε επίπεδη θέση με το τραπέζι και με ελάχιστη υποστήριξη του αυχένα. Αυτό μπορεί να αντιπροσωπεύει μία αντένδειξη για τους ηλικιωμένους ασθενείς με σημαντική κύφωση ή σκολίωση. Το κεφάλι πρέπει να ασφαρίζεται με μια μικρή κλίση, ώστε η λειτουργία των ματιών είναι σε υψηλότερο επίπεδο για να επιτευχθεί η σωστή επιπέδωση. Ο ασθενής πρέπει να είναι σε θέση να παραμείνει ακόμα για τα αρκετά λεπτά που απαιτούνται για την ακριβή απεικόνιση και στη συνέχεια για την εφαρμογή του laser. Οι 4 διαθέσιμες πλατφόρμες λέιζερ έχουν ποικίλα συστήματα διεπαφής με τον ασθενή, που μπορεί να διαχωριστούν σε επαφής (επιπέδωσης) και ανέπαφα (Nonaplanating). (Donaldson K et al, 2013)

Οι Schultz et al. αξιολόγησαν την αύξηση της πίεσης χρησιμοποιώντας μια διασύνδεση ρευστού. Βρήκαν μια μικρή μέση αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης από HgG2.5 mm 15,6 (SD) προεγχειρητικά σε 25.9G5mmHg κατά την εφαρμογή laser. Αυτό έχει σχέση με την αύξηση με την επαφή του κερατοειδούς με τις πλατφόρμες επιπέδωσης. Οι Talamo et al. συνέκριναν πρόσφατα τις δύο οπτικές διεπαφής συσκευές που χρησιμοποιούνται για την υποβοηθούμενη χειρουργική επέμβαση καταρράκτη femtosecond laser: επιπέδωση του κερατοειδούς και υγρή βύθιση. Βρήκαν ότι η κυρτή διεπαφή με επαγόμενες πτυχώσεις του κερατοειδούς είχαν ως αποτέλεσμα περιοχές με ελλειπείς καψοτομές κάτω από τις πτυχώσεις. Οι πτυχώσεις δεν παρατηρήθηκαν στην ομάδα με την υγρή βύθιση. (Donaldson K et al, 2013)

Η ενδοφθάλμια αύξηση της πίεσης είναι ελάχιστη κατά τη διάρκεια της θεραπείας με λέιζερ αλλά μπορεί να προκαλέσει μία ήπια περιφερειακή αιμορραγία του επιπεφυκότα, η οποία επιλύεται γενικά μέσα σε δύο ημέρες. Η αιμορραγία μπορεί να είναι πιο έντονη

με αντιπηκτική αγωγή. Ωστόσο, δεν υπάρχει καμία ανάγκη διακοπής της αντιπηκτικής φαρμακευτικής αγωγής. Αν και τα επίπεδα αναρρόφησης παραμένουν γενικά χαμηλότερα κατά τη διάρκεια των femtosecond LASIK διαδικασιών, μπορεί να είναι φρόνιμο για την εξάλειψη των ασθενών υψηλού κινδύνου (όπως εκείνοι με προχωρημένο γλαύκωμα ή αγγειακή νόσο του αμφιβληστροειδούς), ιδιαίτερα εάν χρησιμοποιείτε ένα λέιζερ με επιπέδωσης διασύνδεση ασθενούς. Η θεραπεία με λέιζερ μπορεί να διαρκέσει από 30 δευτερόλεπτα έως 3 λεπτά, ανάλογα με την πλατφόρμα λέιζερ και τον βαθμό του φακού που θα επιλεγεί από τον χειρουργό. (Donaldson K et al, 2013)

Μόλις η θεραπεία με λέιζερ έχει ολοκληρωθεί, η αναρρόφηση απελευθερώνεται, η διεπαφή με τον ασθενή αφαιρείται, και ο ασθενής αργά αποσυνδέεται από το λέιζερ. Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα με κρεβάτι, το οποίο είναι πλεονεκτικό για την τοποθέτηση της κεφαλής και τη σταθεροποίηση κατά τη διάρκεια της απόκτησης και επεξεργασίας της εικόνας. (Donaldson K et al, 2013)



A



B

Εικόνα 22: Διαδικασία λέιζερ σε επεμβάσεις καταρράκτη (Donaldson K et al, 2013)



## 4.16 Γλαύκωμα

Η χειρουργική επέμβαση είναι ένας άλλος τρόπος για τη θεραπεία του γλαυκώματος. Σε γενικές γραμμές, κάθε είδους χειρουργική επέμβαση φέρει κάποιο κίνδυνο, και ο θεράπων ιατρός θα πρέπει να προσπαθεί να εξαντλήσει άλλες μεθόδους θεραπείας για πρώτη φορά. Ωστόσο, η σύγχρονη χειρουργική επέμβαση για το γλαύκωμα είναι επιτυχής για πολλούς ασθενείς. Η χειρουργική επέμβαση είναι η κύρια θεραπεία για γλαύκωμα κλειστής γωνίας και συγγενές γλαύκωμα, γιατί μπορεί να είναι ο μόνος τρόπος ώστε να διανοιχθούν τα αποκλεισμένα ή εσφαλμένα σχηματισμένα κανάλια αποστράγγισης. Σε περιπτώσεις ανοικτής γωνίας γλαύκωμα, η χειρουργική επέμβαση συνήθως εξετάζεται όταν η μέγιστη ποσότητα του φαρμάκου δεν μπορεί να ελέγξει την πίεση των ματιών ή όταν δεν είναι ανεκτές οι παρενέργειες της φαρμακευτικής ουσίας. (AAO, 2012)

### Χειρουργική επέμβαση με λέιζερ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι χειρουργικής επέμβασης με λέιζερ που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του γλαυκώματος. Το είδος της χειρουργικής επέμβασης με λέιζερ θα εξαρτηθεί από τη μορφή του γλαυκώματος και πόσο σοβαρή η νόσος είναι. Οι χειρουργικές επεμβάσεις με λέιζερ πραγματοποιούνται στα εξωτερικά ιατρεία ή σε κλινική. (AAO, 2012)

Η διαδικασία της επέμβασης περιλαμβάνει:

- Οι ειδικές οφθαλμικές σταγόνες χρησιμοποιούνται για να αναισθητοποιηθεί μερικώς ο οφθαλμός. Στη συνέχεια, ο γιατρός χρησιμοποιεί έναν ειδικό τύπο φακού για να απεικονίσει την περιοχή της θεραπείας.
- Χρησιμοποιώντας ένα μικροσκόπιο, ο γιατρός εστιάζει τη δέσμη φωτός λέιζερ ακριβώς στο σωστό μέρος στον οφθαλμό.

- Κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης με λέιζερ, ο ασθενής βλέπει ένα φωτεινό φως, όπως μια φωτογραφική μηχανή ανάφλεξης και μπορεί να αισθανθεί μια αμυδρή αίσθηση μουδιάσματος.
- Η δέσμη φωτός λέιζερ περνά ακίνδυνα μέσω του εξωτερικού περιβλήματος του οφθαλμού μόνο όταν είναι εστιασμένο.
- Στη συνέχεια, ο οφθαλμός μπορεί να είναι ελαφρώς ερεθισμένος.
- Αν και η χειρουργική με λέιζερ δεν μπορεί μόνιμα να ελέγξει την πίεση των ματιών, μπορεί συχνά να καθυστερήσει την ανάγκη για μικροχειρουργική. (AAO, 2012)

### **Τύποι χειρουργικής επέμβασης με λέιζερ**

- Selective Laser Trabeculoplasty (SLT)

Χρησιμοποιεί ένα λέιζερ που λειτουργεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αντιμετωπίζει τα ειδικά κύτταρα και αφήνει το πλέγμα που μοιάζει με κανάλια αποστράγγισης γύρω από την ίριδα ανέπαφο. Για το λόγο αυτό, η SLT μπορεί να είναι ασφαλής μέθοδος. Μπορεί να είναι μια εναλλακτική λύση για εκείνους που έχουν υποστεί επεξεργασία ανεπιτυχώς με την παραδοσιακή χειρουργική επέμβαση με λέιζερ ή με μείωση της πίεσης με τη χορήγηση σταγόνων για τους οφθαλμούς. (AAO, 2012)

- Argon Laser Trabeculoplasty (ALT)

Χρησιμοποιείται για το πρωτογενές γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας. Η ακτίνα λέιζερ στοχεύει στα κανάλια αποστράγγισης υγρού βοηθώντας να λειτουργήσει το σύστημα αποστράγγισης. (AAO, 2012)

- MicroPulse Laser Trabeculoplasty (MLT)

Παρέχει τα ίδια αποτελέσματα μείωσης της πίεσης, όπως η SLT και η ALT. Χρησιμοποιεί ένα ειδικό λέιζερ διόδου για να παραδώσει την ενέργεια λέιζερ σε σύντομο χρονικό διάστημα. (AAO, 2012)

- Laser Peripheral Iridotomy (LPI)

Χρησιμοποιείται για γλαύκωμα κλειστής γωνίας, όπου η ίριδα των ματιών αποτρέπει την αποστράγγιση του υγρού. Η διαδικασία κάνει ένα άνοιγμα στην ίριδα, βοηθώντας το υγρό να αποστραγγιστεί. (AAO, 2012)

- Laser κυκλοφωτοπηξίας

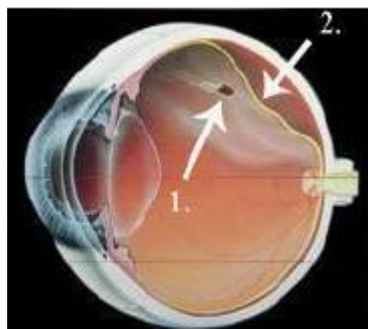
Χρησιμοποιούνται για τα άτομα με πολύ σοβαρή βλάβη εξαιτίας του γλαυκώματος που δεν μπορεί να διαχειριστεί η τυπική χειρουργική επέμβαση γλαυκώματος. (AAO, 2012)



*Εικόνα 23: Θεραπεία λέιζερ για γλαύκωμα (AAO, 2012)*

#### 4.17 Laser αμφιβληστροπηξίας

Η ρήξη αμφιβληστροειδούς είναι μία σχισμή που σχηματίζεται στο εξωτερικό μέρος του αμφιβληστροειδούς, όπως φαίνεται και στην εικόνα .... Η σχισμή μπορεί να εμφανιστεί λόγω της γέλης στο εσωτερικό του οφθαλμού που προέρχεται μακριά από τον αμφιβληστροειδή (αποκόλληση του υαλοειδούς σώματος) ή λόγω τραυματισμού στον οφθαλμό. Μερικοί άνθρωποι λόγω συγκεκριμένης οφθαλμικής ανατομίας διατρέχουν πολύ μεγαλύτερο κίνδυνο να αναπτύξουν σχισμές. Είναι ευρέως γνωστό από πολλές μελέτες ότι αν οι σχισμές του αμφιβληστροειδούς αφεθεί χωρίς θεραπεία, τότε υπάρχει πολύ υψηλός κίνδυνος ανάπτυξης αποκόλλησης του αμφιβληστροειδούς. Ο αμφιβληστροειδής μπορεί να αποκολληθεί λόγω υγρού από το εσωτερικό του οφθαλμού που μπορεί να εισέλθει από τη σχισμή, προκαλώντας τον αμφιβληστροειδή να άρει μακριά από τον υποκείμενο ιστό. Για να αποφευχθεί αυτό το ενδεχόμενο, ο ιατρός θα πρέπει να κλείσει τον αμφιβληστροειδή γύρω από τη σχισμή τοποθετώντας σημεία λέιζερ γύρω από την τρύπα, το οποίο στη συνέχεια σχηματίζει ουλώδη ιστό που ενεργεί σαν ένα φράγμα και εμποδίζει τον αμφιβληστροειδή να αποκολληθεί. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται λέιζερ αμφιβληστροπηξίας. Συνήθως απαιτούνται περίπου 14 ημέρες για τον ουλώδη ιστό να αναπτυχθεί. (NHS, 2015)

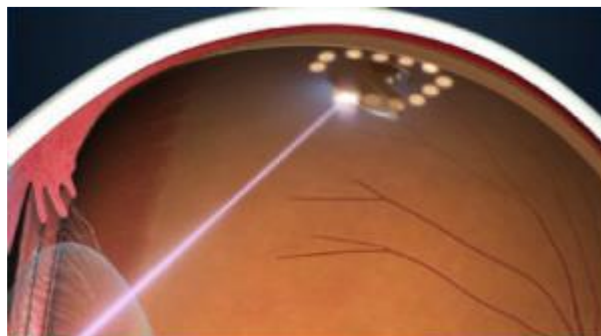


Εικόνα 24: Ρήξη αμφιβληστροειδούς (NHS, 2015)

## Περιγραφή της επέμβασης αμφιβληστροπηξίας με laser

Αρχικά ο ιατρός θα πρέπει να εξηγήσει επακριβώς τη διαδικασία στον ασθενή. Υπάρχουν δύο τρόποι που μπορεί να εκτελεστεί η επέμβαση, ανάλογα με τη θέση των σχισμών στον αμφιβληστροειδή. Τοποθετούνται αναισθητικές σταγόνες στον οφθαλμό. Στη συνέχεια ο ιατρός τοποθετεί φακούς επαφής στην επιφάνεια του οφθαλμού. Αυτοί εστιάζουν στο laser και η επέμβαση εκτελείται σε όρθια θέση με το φως σχισμοειδούς λυχνίας. Οι αναισθητικές σταγόνες δεν αναισθητοποιούν εντελώς το βολβό του οφθαλμού, αλλά είναι σημαντικό ο ασθενής να αισθάνεται άνετα με την εφαρμογή του φακού επαφής. (NHS, 2015)

Το λέιζερ μεταδίδεται μέσω ειδικής συσκευής που φοριέται στο κεφάλι του ιατρού. Αυτή η τεχνική του έμμεσου λέιζερ για την αγωγή των σχισμών του αμφιβληστροειδή περιλαμβάνει τη χρήση ενός εργαλείου για την πίεση στα τοιχώματα του βολβού προκειμένου να προσεγγισθούν τμήματα του αμφιβληστροειδή που περιέχουν τη σχισμή. Σε αυτή την περίπτωση ο ιατρός ζητάει από τον ασθενή να μεταφερθεί σε ύπτια θέση ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο εργαλείο πίεσης. Και στις δύο περιπτώσεις ο ιατρός περιβάλλει την οπή με το λέιζερ. Είναι σημαντικό να παραμένει ακίνητο το κεφάλι του ασθενούς καθ' όλη τη διάρκεια της επέμβασης. (NHS, 2015)

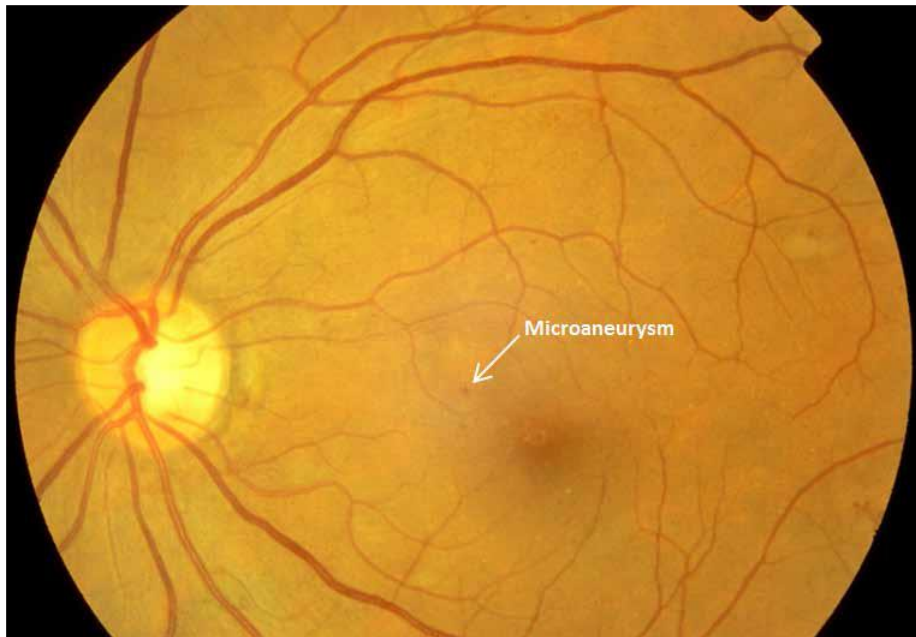


*Εικόνα 25: Σχισμή αμφιβληστροειδή κατά την επέμβαση με λέιζερ (NHS, 2015)*

## 4.18 Ειδικές περιπτώσεις

### Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια

Η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια είναι μία αναδυόμενη αιτία τύφλωσης παγκοσμίως μεν, θεραπεύσιμη δε. Ο σακχαρώδης διαβήτης είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο με σημαντική νοσηρότητα. Η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια αφορά την ειδική μικροαγγειακή επιπλοκή του αμφιβληστροειδούς και επηρεάζει 1 στα 3 άτομα με σακχαρώδη διαβήτη. Οι ασθενείς με σοβαρή διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια αναφέρεται να έχουν χειρότερη ποιότητα ζωής και μειωμένα επίπεδα σωματικής, συναισθηματικής και κοινωνικής ευεξίας καθώς και χρησιμοποιούν περισσότερους πόρους υγειονομικής περίθαλψης. Επιδημιολογικές μελέτες και κλινικές δοκιμές έχουν δείξει ότι ο βέλτιστος έλεγχος του σακχάρου του αίματος, της αρτηριακής πίεσης, και των λιπιδίων του αίματος μπορεί να μειώσουν τον κίνδυνο ανάπτυξης αμφιβληστροειδοπάθειας και επιβραδύνουν την εξέλιξη της. Η έγκαιρη θεραπεία με λέιζερ φωτοπηξίας, και όλο και περισσότερο, η κατάλληλη χρήση της ενδοφθάλμιας χορήγησης του αγγειακού ενδοθηλιακού αυξητικού αναστολέα (VEGF) μπορεί να αποτρέψει την απώλεια της όρασης, ιδιαίτερα του διαβητικού οιδήματος της ωχράς κηλίδας (DME). Καθώς η απώλεια της όρασης μπορεί να μην είναι παρούσα σε προηγούμενα στάδια της αμφιβληστροειδοπάθειας, ο τακτικός έλεγχος των ατόμων με διαβήτη είναι απαραίτητος για να επιτρέψει την πρώιμη παρέμβαση. (ICO, 2014)



*Εικόνα 26: Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια με μικροανεύρισμα (ICO, 2014)*

Σε ότι αφορά τα επιδημιολογικά δεδομένα σε πολλές χώρες, η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια είναι η πιο συχνή αιτία τύφλωσης στους ενήλικες. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπολογίζεται ότι το 40% των ατόμων με διαβήτη τύπου 2 και το 86% των ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 1 πάσχουν από διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια. Υψηλές εκτιμήσεις σε ότι αφορά τον επιπολασμό έχουν επίσης αναφερθεί σε άλλες χώρες. Παρά τις ανησυχίες για μια πιθανή επιδημία διαβήτη στην Ασία, τα επιδημιολογικά δεδομένα της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας σε ασιατικές χώρες είναι σχετικά περιορισμένα. Στη Λατινική Αμερική, το 40% των διαβητικών ασθενών πάσχει από διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια και στο 17% απαιτείται θεραπεία. (ICO, 2014)

Η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου και συνδέεται με τον πλημμελή έλεγχο του σακχάρου στο αίμα, την αρτηριακή πίεση και τα λιπίδια του αίματος. (ICO, 2014)

Η θεραπεία με λέιζερ χρησιμοποιείται για τη θεραπεία και την πρόγνωση των ασθενών με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια. Η συνετή και έγκαιρη χρήση αυτής της θεραπείας

μπορεί να αποτρέψει σημαντικές επιπλοκές όπως απώλεια όρασης σε ένα σημαντικό αριθμό ασθενών με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια. Οι βασικές αρχές που διέπουν τη χρήση και την τεχνική της θεραπείας με λέιζερ σε ασθενείς με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια έχουν παρασχεθεί από τη Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια Μελέτη (DRS), την Μελέτη για την Πρόωρη Θεραπεία Διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας (ETDRS), τον Έλεγχο διαβήτη και των επιπλοκών (DCCT) και τη μελέτη προγνώσεων για το Διαβήτη στο Ηνωμένο Βασίλειο (UKPDS). Διάφοροι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την έκβαση της θεραπείας με λέιζερ του αμφιβληστροειδούς. (Jalali S, 2004)

Ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο οι ασθενείς με διαβήτη μπορεί να παρουσιάσουν απώλεια της όρασης λόγω αμφιβληστροειδοπάθειας είναι ότι δεν λαμβάνουν την κατάλληλη οφθαλμική θεραπεία στο σωστό χρόνο. Οι Stross και Harlan διαπίστωσαν ότι μόνο το 28% των οικογενειακών γιατρών και 46% των παθολόγων σε μια έρευνα στις ΗΠΑ γνώριζαν το αποτελέσματα της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας, ή ήξεραν ότι η παναμφιβληστροειδική φωτοπηξία (PRP) ενδείκνυται για νεοαγγείωση του δίσκου (NVD). Μόνο το 56% των ιατρών γνώριζε ότι ασθενείς με διαβήτη θα πρέπει να αξιολογούνται τακτικά από τον οφθαλμίατρο. (Jalali S, 2004)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια είναι ασυμπτωματική στα θεραπεύσιμα στάδια της νόσου. Η θεραπεία με λέιζερ δεν μπορεί να βελτιώσει την όραση, αλλά μπορεί να αποτρέψει την απώλεια της, αν η αμφιβληστροειδοπάθεια διαγνωστεί έγκαιρα. Η θεραπεία με λέιζερ πρέπει να ξεκινήσει πριν ο ασθενής έχει οποιαδήποτε συμπτώματα, για να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα. Πολλές φορές οι ασθενείς δεν αναφέρουν παράπονα ή μπορεί να μην παρουσιάζεται δυσφορία στα αρχικά στάδια. Η καλύτερη μέθοδος διαλογής για τη διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια είναι ακόμα υπό συζήτηση. (Jalali S, 2004)

Οι ασθενείς που λαμβάνουν θεραπεία για εγκεφαλικά επεισόδια, καρδιακές επιπλοκές, διαβητικό πόδι, λοιμώξεις, νεφροπάθεια, χειρουργικά προβλήματα κ.λπ., θα πρέπει να ενημερώνονται έγκαιρα από το ιατρονοσηλευτικό προσωπικό για τον κίνδυνο εμφάνισης διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας, που μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο της σοβαρής απώλειας της όρασης (που ορίζεται ως η οπτική οξύτητα μικρότερη από 5 /200 ή 5/60)



κατά 50% ή περισσότερο. Η φωτοπηξία για την εκφύλιση της ωχράς μειώνει επίσης τον κίνδυνο απώλειας της όρασης σε αγωγή από ό, τι σε ασθενείς που δε λαμβάνουν κάποια αγωγή. Περαιτέρω βελτιώσεις σε τεχνικές επεξεργασίας και βελτιωμένη κατανόηση της υποκείμενης παθολογίας και η απάντηση σε θεραπείες με λέιζερ, έχουν εμφανίσει τον τελευταίο καιρό περαιτέρω βελτίωση σε ότι αφορά τα οπτικά αποτελέσματα κατά τις τελευταίες δεκαετίες. (Jalali S, 2004)

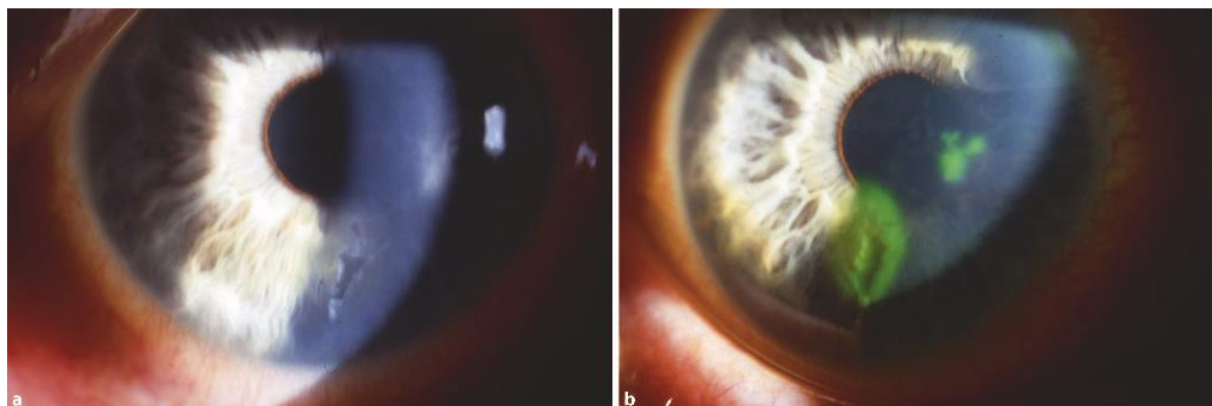
Κάθε διαβητικός ασθενής πρέπει να ενημερώνεται από τους ιατρούς / οπτικούς για τον κίνδυνο της εμφάνισης αμφιβληστροειδοπάθειας και την ανάγκη για περιοδικές εξετάσεις του αμφιβληστροειδούς. Η σωστή και έγκαιρη ταξινόμηση και η διαχείριση με λέιζερ της κατάστασης επιτρέπει τη διατήρηση της όρασης σε πολλούς από αυτούς τους ασθενείς. (Jalali S, 2004)

### **Απλός ερπητοϊός (HSV)**

Παθοφυσιολογικά, η άμεση τραυματική προώθηση της λοίμωξης του ερπητοϊού δεν αποτελεί μυστήριο. Η ανοσολογική προστασία του ξενιστή, που φιλοξενείται ήδη σε λανθάνουσα κατάσταση, μπορεί να αντιμετωπιστεί με αναγκαστική έκχυση HSV σε οποιαδήποτε θέση του σώματος. Ως εκ τούτου, οι νέες περιφερικές περιοχές λοίμωξης μπορεί να δημιουργηθούν εύκολα από τυχόν τραυματισμό. Ένα γνωστό κλινικό παράδειγμα αποτελεί ο έρπης *gladiatorum*. Με την επιμόλυνση, θα πρέπει να διακριθεί αν πρόκειται για επιμόλυνση από κάποιο νέο στέλεχος του HSV ή από επιμόλυνση του ήδη υπάρχοντος σε λανθάνουσα κατάσταση έρπητος. Όλες αυτές οι τραυματικές επιμολύνσεις οδηγούν στη δημιουργία ενός νέου άξονα μεταξύ της περιφερειακής περιοχής της νόσου και του αντίστοιχου αισθητήριου γαγγλίου της. Με τον νέο αυτό άξονα, μπορεί να προκύψει πρόσθετη υποτροπιάζουσα νόσος. (Sundmacher R, 2009)

Λιγότερο ακόμα κατανοητοί είναι οι παθοφυσιολογικοί τρόποι με τους οποίους ένας τραυματισμός μπορεί να προκαλέσει ενδογενή υποτροπιάζουσα νόσο HSV. Γενικά ο τραυματισμός και το σοκ μπορούν να προκαλέσουν έντονο στρες. Αυτό από μόνο του θεωρείται επαρκές για την ενεργοποίηση προϋπάρχοντος σε λανθάνουσα κατάσταση έρπητα. (Sundmacher R, 2009)

Το μυστήριο σε ότι αφορά τη παθοφυσιολογία αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου το τραύμα κατά μήκος ενός άξονα που εμφανίστηκε από λανθάνουσα κατάσταση ενεργοποιεί μία πρώτη εκδήλωση ή μία επανάληψη της τυπικής υποτροπιάζουσας νόσου στη θέση του τραύματος, για παράδειγμα σε τραυματισμό του κερατοειδούς. Τέτοιες αιτιώδεις σχέσεις έχουν μελετηθεί και διερευνηθεί και αναφέρουν ότι μία ειδική αλυσίδα μοριακού σήματος απαιτείται για τη φυσιολογική λειτουργία των αισθητήριων νευρών. Αν αυτό το σήμα ήταν γνωστό, θα ήταν περισσότερο κατανοητό γιατί ένας άμεσος περιφερικός τραυματισμός για παράδειγμα σε χειρουργική επέμβαση με laser excimer οδηγεί σε λιγότερο συχνές ενεργοποιήσεις της ενδογενούς νόσου HSV. (Sundmacher R, 2009)



*Εικόνα 27: Σπάνια τεκμηριωμένη περίπτωση τραύματος σχετιζόμενου με πρώτη εκδήλωση της νόσου. (Sundmacher R, 2009)*

Η θεραπευτική εκτομή με laser των επιφανειακών ουλών είναι μία διαδικασία υπό συζήτηση, λόγω της μη επαρκούς αποτελεσματικότητας της επέμβασης. Συνιστάται

στους χειρουργούς οφθαλμιάτρους να μην προσδοκούν ικανοποιητική όραση χωρίς τη βοήθεια πρόσθετων φακών επαφής και θα πρέπει να συζητιέται με τον ασθενή η αλληλεξάρτηση των φακών επαφής και της θεραπευτικής επέμβασης με laser. Έτσι μπορεί να προσφερθεί στον ασθενή όχι μόνο η ευκαιρία βελτίωσης της όρασης με αφαίρεση των σκιάσεων και ομαλοποίηση της επιφάνειας του κερατοειδούς, αλλά επιπλέον προσφέρεται και η επιλογή δημιουργίας νέας επιφάνειας στον κερατοειδή η οποία προσφέρει σταθερότητα στο φακό επαφής ακόμα και από την πρώτη χρήση. (Sundmacher R, 2009)

Ένα συχνά χρησιμοποιούμενο επιχείρημα κατά της επέμβασης με excimer laser σε οφθαλμούς με νόσο έρπητα είναι η δυνητική ενεργοποίηση υποτροπών της νόσου. Αυτό δε θεωρείται ένα έγκυρο επιχείρημα. Αρχικά ο συνολικός κίνδυνος τυχόν εμφάνισης αυτής της επιπλοκής είναι χαμηλός. Δεύτερον, ο κίνδυνος ενεργοποίησης του ιού μπορεί να μειωθεί στο ελάχιστο, με τη χορήγηση προφυλακτικής δόσης συστημικών ACV κατά το χρόνο της χειρουργικής επέμβασης και για ένα συγκεκριμένο αριθμό μετά την επέμβαση. (Sundmacher R, 2009)

### **Οξεία νέκρωση του αμφιβληστροειδούς**

Σε ανοσοκατεσταλμένους ασθενείς ή άτομα με μικρές μόνο ανοσολογικές ανωμαλίες θα πρέπει να χορηγείται θεραπεία ενδοφλέβιας ασικλοβίρης (10–15 mg/kg/d για 5–10 ημέρες). Προτείνεται μετά από την απόκριση στην αντιική θεραπεία αλλαγή σε per os θεραπεία ασικλοβίρης (800 mg πέντε φορές ημερησίως). Η θεραπεία αυτή θα πρέπει να συνεχιστεί για τουλάχιστον τρεις μήνες, αν και μερικοί ειδικοί συνιστούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Νεότερες φαρμακευτικές ουσίες με καλύτερη βιοδιαθεσιμότητα (βαλακικλοβίρη, φαμισικλοβίρη) μπορούν να αντικαταστήσουν την ακυκλοβίρη σε per os θεραπεία. Η αντιφλεγμονώδη θεραπεία καταστέλλει την ενδοφθάλμια φλεγμονή και βελτιώνει την υαλοειδή αδιαφάνεια. Ωστόσο, τα κορτικοστεροειδή πρέπει να συγχωρηγούνται (πρεδνιζόνη 1-2 mg / kg / d), και μόνο μετά την έναρξη της αντι-ιικής θεραπείας. Επιπροσθέτως προφυλακτική πήξη με laser έχει προταθεί για την πρόληψη

της αποκόλλησης του αμφιβληστροειδούς και μπορεί να μειώσει το ποσοστό εμφάνισης της, αλλά οι επαναλαμβανόμενες θεραπείες κρίνονται αναγκαίες, επειδή η μελαγχρωστική μπορεί ακόμα να εξελιχθεί. (Sundmacher R, 2009)

#### **4.19 Διαδικασία της επέμβασης οφθαλμού με laser**

Δεν απαιτούνται ιδιαίτερες προετοιμασίες για τις επεμβάσεις με laser. Σε ότι αφορά τη λήψη φαρμακευτικής αγωγής και τροφής, αμφότερες μπορούν να ληφθούν κανονικά πριν από την επέμβαση. Η διαδικασία πραγματοποιείται στο πλαίσιο επεμβάσεων εξωτερικών ασθενών οπότε ο ασθενής είναι σε θέση να μεταβεί στην οικεία του την ίδια μέρα. Ο ασθενής θα πρέπει να μεριμνήσει να συνοδεύεται από κάποιον ενήλικα συνοδό, ώστε να μπορεί να τον βοηθήσει κατά τη μεταφορά πίσω στην οικεία του. Επειδή η όραση θα είναι θολή μετά την επέμβαση, δε συνίσταται η οδήγηση. (KEC, 2015)

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### Συζήτηση

#### 5.1 Γενικές παρατηρήσεις

Τα οφέλη των θεραπευτικών τεχνικών laser σε ότι αφορά τους ασθενείς συνήθως περιλαμβάνουν αλλαγές στον τρόπο ζωής του, αλλά το κυριότερο όφελος συνοψίζεται σε μία λέξη: «ελευθερία», λόγω της απαλλαγής από τους φακούς επαφής. (HC, 2001)

Ωστόσο μερικοί άνθρωποι μπορεί να χρειαστούν γυαλιά και πάλι, ακόμη και μετά την επέμβαση. Καθώς το άτομο μεγαλώνει, η οπτική οξύτητα εξακολουθεί συχνά να επιδεινώνεται ανεξάρτητα από τη διορθωτική επέμβαση. Η χειρουργική επέμβαση διορθώνει την όραση, αλλά δε θεραπεύει την υποκείμενη αιτία της οπτικής φθοράς. (HC, 2001)

Επίσης ο χρόνος ανάρρωσης ποικίλει. Μερικοί ασθενείς είναι σε θέση να δουν καθαρά εντός 24ωρου, ενώ άλλοι μπορεί να χρειαστούν εβδομάδες για την επίτευξη της οπτικής οξύτητας. Παρά το γεγονός ότι ένας ασθενής μπορεί να είναι σε θέση να δει καθαρά από τα πρώτα στάδια της ανάρρωσης, είναι σημαντικό να αποφευχθούν συγκεκριμένες ασχολίες για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, όπως η άθληση που μπορεί να προκαλέσει μετεγχειρητικές επιπλοκές. (HC, 2001)

Ο ασθενής θα πρέπει επίσης να δεσμεύεται από το σχήμα παρακολούθησης που ορίζεται από τον ιατρό, καθώς οι κίνδυνοι μπορεί να κυμαίνονται από μικρής έως μεγάλης σημασίας. Μικρής σημασίας κίνδυνοι μπορεί να περιλαμβάνουν ευαισθησία στο φως καθώς επίσης και διόρθωση κατά τον προσανατολισμό του οφθαλμού με κατεύθυνση «πάνω-κάτω». Κυριότεροι κίνδυνοι περιλαμβάνουν μόνιμη βλάβη του κερατοειδούς που οφείλεται σε ιατρικό σφάλμα ή επιμόλυνση. Ευτυχώς οι επιπλοκές είναι σπάνιες αν και θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στους οφθαλμούς κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης με laser δεν είναι

αναστρέψιμες και οι επιπλοκές αυξάνουν σε περίπτωση που ο ασθενής δεν είναι κατάλληλος υποψήφιος προς επέμβαση. (HC, 2001)

Δεν είναι ο κάθε ασθενής ιδανικός υποψήφιος για χειρουργική επέμβαση με laser. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Είναι σημαντικό η όραση του ατόμου να είναι σταθερή, δηλαδή να μην έχει συνταγογραφηθεί αλλαγή για περισσότερο από δύο χρόνια που να αφορά τους βαθμούς των γυαλιών
- Ορισμένες ιατρικές παθήσεις, συμπεριλαμβανομένων των αυτοάνοσων νόσων όπως ο λύκος ή το HIV, μπορεί να παρέμβουν στη διαδικασία επούλωσης. Ο διαβήτης επίσης μπορεί να αναστείλει τη διαδικασία επούλωσης.
- Φαρμακευτική αγωγή, όπως στεροειδή και ορισμένες φαρμακευτικές ουσίες για την καταπολέμηση της ακμής μπορεί επίσης να αναστείλουν τη διαδικασία επούλωσης.
- Γυναίκες κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης ή ακολουθούσες per os αντισυλληπτικών δισκίων μπορεί να μη θεωρούνται κατάλληλες υποψήφιοι.
- Προσωπικό ή/και οικογενειακό ιστορικό παθήσεων των οφθαλμών που μπορεί να επηρεάζουν την έκβαση της επέμβασης με laser, όπως απλού ερπητοϊού, έρπητα ζωστήρα στην περιοχή των οφθαλμών, γλαύκωμα ή ξηρό μάτι.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις η επέμβαση LASIK μπορεί να αποδυναμώσει τη δομή του βολβού του οφθαλμού. Αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο σε ασθενείς που λαμβάνουν μέρος σε δραστηριότητες όπως ποδόσφαιρο ή πυγμαχία.
- Ακόμα και αν η χειρουργική επέμβαση έχει αίσια έκβαση, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι ο ασθενής δε θα χρειαστεί γυαλιά σε κάποιο σημείο της ζωής του. Καθώς οι άνθρωποι μεγαλώνουν, οι οφθαλμοί τους συνεχίζουν να αλλάζουν.
- Δεύτερες επεμβάσεις είναι απαραίτητες στο 10 έως 20% των ασθενών και είναι συχνότερες σε ασθενείς με υψηλότερους βαθμούς διαθλαστικών ανωμαλιών.
- Μερικοί ασθενείς παρατηρούν αλλαγή στη νυχτερινή τους όραση μετά την επέμβαση με laser (HC, 2001)

## 5.2 Κατευθυντήριες οδηγίες για ασθενείς που υποβάλλονται στην επέμβαση LASIK

Ενώ πολλοί ασθενείς θεωρούνται καλοί υποψήφιοι για τη μέθοδο LASIK, υπάρχουν κάμποιοι που δεν πληρούν τα γενικά αποδεκτά ιατρικά κριτήρια για να εξασφαλίσουν μία επιτυχή διαδικασία laser. Τα άτομα που δε θεωρούνται καλοί υποψήφιοι τη δεδομένη χρονική στιγμή μπορεί να είναι σε θέση στο μέλλον να υποβληθούν στην επέμβαση, καθώς οι τεχνολογικές εξελίξεις προοδεύουν. Κάθε ασθενής που θέλει να υποβληθεί σε επέμβαση LASIK θα πρέπει να εξετάζεται ενδελεχώς από το θεράποντα ιατρό του και σε συνεννόηση με τον τελευταίο να αποφασίζουν αν η LASIK είναι η κατάλληλη μέθοδος. Με βάση διάφορες συνθήκες, οι υποψήφιοι για την επέμβαση LASIK εμπίπτουν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

Ιδανικοί υποψήφιοι για LASIK

Ο ιδανικός υποψήφιος περιλαμβάνει:

- Να είναι άνω των 18 ετών και να έχει σταθερότητα στη συνταγογράφηση γυαλιών ή φακών επαφής για τουλάχιστον 2 χρόνια
- Να έχει επαρκές πάχος κερατοειδούς. Ένας ασθενής που επιθυμεί να υποβληθεί σε επέμβαση LASIK θα πρέπει να παρουσιάζει παχύ κερατοειδή ώστε να επιτρέψει στο χειρουργό με ασφάλεια να δημιουργήσει ένα καθαρό πτερύγιο στο κατάλληλο βάθος του κερατοειδούς.
- Να επηρεάζεται από έναν από τους κοινούς τύπους προβλήματος όρασης ή διαθλαστικού σφάλματος, όπως για παράδειγμα μυωπία, αστιγματισμό, υπερμετρωπία ή συνδυασμό αυτών. Αρκετές επεμβάσεις laser έχουν εγκριθεί από το US Food and Drug Administration (FDA) ως ασφαλείς και αποτελεσματικές για χρήση του LASIK, αλλά το πεδίο εφαρμογής των εγκεκριμένων ενδείξεων και το εύρος θεραπείας περιορίζεται σε συγκεκριμένους βαθμούς διαθλαστικού σφάλματος.

- Να μη πάσχει από νόσημα, που να σχετίζεται με την όραση ή και γενικά, που να ενδέχεται να μειώσει την αποτελεσματικότητα της χειρουργικής επέμβασης ή της ικανότητας του ασθενούς προς ταχεία επούλωση.
- Να είναι επαρκώς ενημερωμένος για τα οφέλη και τους κινδύνους της διαδικασίας. Οι υποψήφιοι θα πρέπει να ενημερώνονται διεξοδικά από τον ιατρό τους και να είναι σε θέση να καταλάβουν ότι ο στόχος της επέμβασης είναι η μείωση της εξάρτησης από τα γυαλιά και τους φακούς επαφής και όχι η πλήρης εξάλειψή τους. (Steinert et al, 2009)

#### Λιγότερο ιδανικοί υποψήφιοι για LASIK

Μερικές φορές υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορεί να εμποδίσουν ένα υποψήφιο να υποβληθεί σε επέμβαση LASIK. Οι υποψήφιοι αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν:

- Ασθενείς με ιστορικό ξηροφθαλμίας, που έχει διαπιστωθεί ότι η κατάσταση μπορεί να χειροτερέψει μετά από την επέμβαση
- Ασθενείς που λαμβάνουν θεραπεία με στεροειδή φάρμακα ή ανοσοκατασταλτικά, τα οποία μπορεί να αποτρέψουν την επούλωση ή σε ασθενείς που πάσχουν από ασθένειες που οδηγούν σε αργή επούλωση, όπως σε αυτοάνοσες νόσους.
- Με παρουσία ουλών στον κερατοειδή (Steinert et al, 2009)

Επίσης αρκετά συχνά υπάρχουν παράγοντες που μπορεί να αποτρέπουν τον ασθενή ως υποψήφιο για την επέμβαση LASIK, αλλά δεν το αποκλείουν εντελώς και ιδιαίτερα σε μεταγενέστερο χρόνο. Οι υποψήφιοι σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνουν:

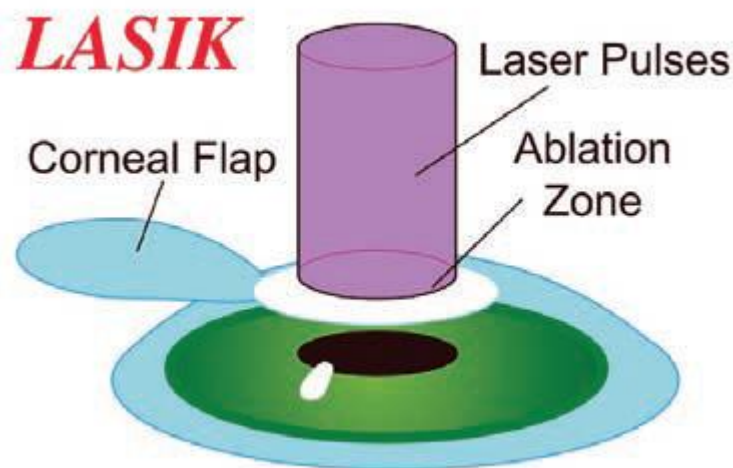
- Άτομα κάτω των 18 ετών.
- Άτομα με ασταθή όραση, που συνήθως εμφανίζεται σε νεαρής ηλικίας ασθενείς. Οι ιατροί συστήνουν, πριν την επέμβαση LASIK η όραση του υποψήφιου να έχει σταθεροποιηθεί με συνεπή χρήση γυαλιών ή φακών επαφής για τουλάχιστον δύο έτη.
- Κατά την περίοδο της κύησης, λοχείας και θηλασμού



- Με ιστορικό οφθαλμικού έρπητα ένα έτος πριν από την επέμβαση. Με την πάροδο του έτους από την αρχική διάγνωση της νόσου, μπορεί ο ασθενής να επανεξεταστεί για την καταλληλότητά του σε ότι αφορά την επέμβαση.
- Άτομα με διαθλαστικά σφάλματα ιδιαίτως σοβαρά για θεραπεία με την τρέχουσα τεχνολογία. (Steinert et al, 2009)

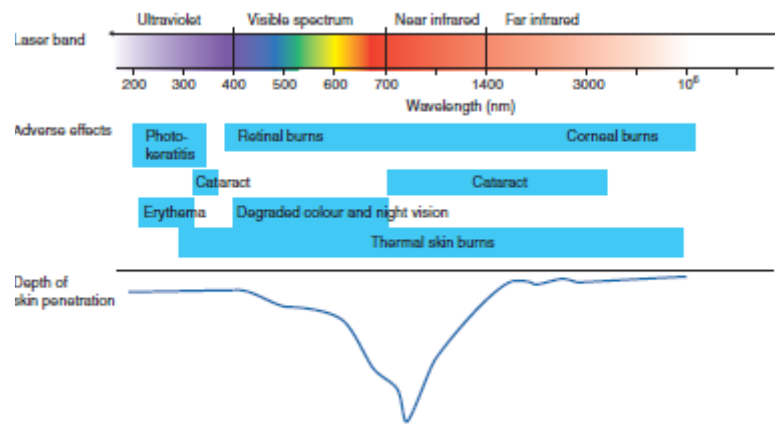
Ο μη κατάλληλος υποψήφιος για επέμβαση με LASIK

- Ασθενείς με καταρράκτη, προχωρημένο γλαύκωμα, ασθένειες του κερατοειδούς, διαταραχές αραίωσης του κερατοειδούς ή ορισμένες προϋπάρχουσες παθήσεις των οφθαλμών που επηρεάζουν ή απειλούν την όραση.
- Εν απουσία εν επιγνώσει συναίνεσης. Είναι απολύτως απαραίτητο οι υποψήφιοι να έχουν ενημερωθεί επαρκώς για τη διαδικασία και για τα οφέλη και τους κινδύνους της και να τους παρέχεται η κατάλληλη συναίνεση πριν την υποβολή της επέμβασης. (Steinert et al, 2009)



Εικόνα 28: Λειτουργία LASIK (FAA, 2013)

## Δυσμενείς επιπτώσεις των laser



Εικόνα 29: Δυσμενείς επιπτώσεις των laser (Crompton C, 2001)

## Επίλογος

Η χειρουργική επέμβαση με laser έχει βοηθήσει πολλούς ασθενείς να δουν καθαρά χωρίς γυαλιά ή τη χρήση φακών επαφής. Στις περισσότερες περιπτώσεις η επέμβαση είναι επιτυχής, αλλά θα πρέπει να υπενθυμίζεται στον ασθενή ότι ακόμα και μετά την επέμβαση ενυπάρχει εγγενής κίνδυνος μείωσης της όρασης. Ο οφθαλμίατρος θα πρέπει να ενημερώνει εκτενώς για τους κινδύνους και τα οφέλη τον ασθενή πριν αποφασίσει για τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Συμπερασματικά, οι ολοένα αυξανόμενες δυνατότητες και εφαρμογές του λέιζερ στην σύγχρονη ιατρική και κυρίως στην διαθλαστική χειρουργική στο μέλλον ανοίγουν νέους ορίζοντες για την μελέτη και έρευνα νέων τεχνικών, που θα παρέχουν στους υποψήφιους ασθενείς μια όραση πιο ποιοτική και πιο ασφαλή, χωρίς τον κίνδυνο σοβαρών επιπλοκών.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

### Ξενόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές

AAO &OMIC, Is LASIK for me? A patient's guide to refractive surgery, October 2008

AAO, Understanding and living with glaucoma, American Academy of Ophthalmology, 2012

Che Yu Lee, The latest fifth generation LASIK, University of California, 2012

Crompton C, Lasers in ophthalmology and the military, ADF Health 2001;2, 85-88

Donaldson K et al, Femtosecond laser-assisted cataract surgery, J Cataract Refract Surg 2013; 39:1753–1763

FAA, Information for pilots considering laser eye surgery, Federal Aviation Administration, Medical facts for pilots, 2013

Health Canada: © Minister of Public Works and Government Services Canada, (2001)

ICO, Guidelines for diabetic eye care, International Council of Ophthalmology, February 2014

Jalali S, Principles of laser treatment and how to get good outcomes in a patient with diabetic retinopathy, JK Science, Vol 6 No 1 January-March 2004

KEC, Kellogg Eye Center, Laser Eye Surgery, (2015)

Llorente L et al, Aberrations of the human eye in visible and near infrared illumination, Optometry and Vision Science, Vol. 80, No. 1, January 2005

MEE, Laser vision correction, Massachusetts Eye and Ear, 2015

Moreno-Barruso E et al, Ocular Aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing, Investigative Ophthalmology and Visual science, Vol 42, No 6, May 2001

NHS Moorfields Eye Hospital, Laser retinopexy, April 2015

ORBIS, Guide to ophthalmic equipment, for non-ophthalmic people, 2004

RCO, A patient's guide to Excimer Laser Refractive Surgery, The Royal College of Ophthalmologists, July 2011

Steinert et al, LASIK surgery screening guidelines for patients, The Eye Surgery Education Council, 2009

Sundmacher R, Color Atlas of Herpetic Eye Disease, Springer Editions, ISBN 978-3-540-69462-5, 2009

Zdybel M et al, Lasers in ophthalmology, Advances in Ophthalmology, Intech editions, 2012, ISBN 978-953-51-0248-9

## Ελληνόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές

Θεοδοσιάδης Γ, Επίτομη Οφθαλμολογία, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσα Αθήνα 1996

Πολυζώνης ΒΜ, Καφαντάρης ΠΜ, Στοιχεία ανατομικής του ανθρώπου – αισθητήρια όργανα, ενδοκρινείς αδένες, σπλαγγχνολογία. Θεσσαλονίκη: Έκδοση Α.Π.Θ 1983

Ξανθοπούλου Ε και συν, Ανατομία και Φυσιολογία του κερατοειδούς χιτώνα του οφθαλμού, Panoptis Volume 25, Issue 1 June 2013

Τσουγκράνη Δ, Παναγιωτοπούλου Σ, Το λέιζερ στην ιατρική: διόρθωση σφαλμάτων διαθλαστικών ανωμαλιών της όρασης, πτυχιακή εργασία ΤΕΙ Αθηνών, 2013