



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΣΦΑΛΗΣ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ LASER ΜΕ
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΤΟΥΣ**



ΓΕΩΡΓΙΑΔΗ ΕΛΕΝΗ

ΜΕΧΙΛΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΟΛΥΖΟΣ

ΑΙΓΙΟ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα ερευνητική πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2012-2013, στο Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας (παράρτημα Αιγίου) του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Πολύζο Ιωάννη Επιστημονικό Συνεργάτη του τμήματος Οπτικής και Οπτομετρίας για την άριστη συνεργασία, τις επιστημονικές συμβουλές, αλλά κυρίως για την πολύπλευρη συμπαράσταση του σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας.

Επίσης, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινής και θερμές μας ευχαριστίες στα οφθαλμολογικά κέντρα (Athens vision, Athens eye hospital), τα κέντρα αισθητικής, το φυσικοθεραπευτήριο και την οδοντιατρική κλινική για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Επιπροσθέτως, ευχαριστούμε θερμά τον κ. Κατσούλο Κωνσταντίνο οπτικό-οπτομέτρη, σχεδιαστή οπτικών συστημάτων και εξειδικευμένο στην έρευνα της οφθαλμικής οπτικής, που εργάζεται στην οφθαλμολογική κλινική Athens vision, για την παροχή γνώσεων, στοιχείων και εφοδίων που βοήθησαν σημαντικά στην έρευνα μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση συστημάτων laser στη βιοϊατρική έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Σκοπός της εργασίας μας, μετά από επίσκεψη σε διάφορα κέντρα που χρησιμοποιούν συστήματα laser για ιατρικές εφαρμογές, είναι η τήρηση των κανόνων ασφαλείας σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται οι αρχές λειτουργίας ενός συστήματος laser και οι ιδιότητές του. Πιο συγκεκριμένα αναλύονται η εξαναγκασμένη απορρόφηση, η αυθόρμητη και εξαναγκασμένη εκπομπή καθώς και οι σχέσεις του Einstein που συνδέονται με αυτές. Επιπλέον παρουσιάζονται τα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα laser (άντληση, ενεργό υλικό, οπτικό αντηχείο) καθώς επίσης αναλύεται και ο τρόπος λειτουργίας του. Ακόμη ένα πολύ σημαντικό κομμάτι είναι η αναφορά στα χαρακτηριστικά του laser (μονοχρωματικότητα, συμφωνία, πόλωση, κατευθυντικότητα και λαμπρότητα). Τέλος γίνεται αναφορά σε όλους τους τύπους των laser που χρησιμοποιούνται σε διάφορους κλάδους της βιοϊατρικής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι εφαρμογές των laser στους κλάδους της βιοϊατρικής όπως η οφθαλμολογία, η ενδοσκόπηση, η δερματολογία, η γυναικολογία, η ωτορινολαρυγγολογία, η φωτοδυναμική θεραπεία και η νευροχειρουργική. Πιο συγκεκριμένα σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος επίδρασης στους ιστούς για κάθε κλάδο ξεχωριστά.

Στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτονται οι κίνδυνοι από τις χρήσεις των laser και αναγράφονται οι διάφορες κατηγορίες επικινδυνότητας τους. Έπειτα διευκρινίζεται η δράση της ακτινοβολίας laser στους ιστούς και κατά πόσο αυτή μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο στους οφθαλμούς και στο δέρμα. Στη συνέχεια θέτονται η Μέγιστη Επιτρεπτή Έκθεση laser (M.P.E.) και η Ζώνη Επικινδυνότητας (N.H.Z.).

Στο τέταρτο κεφάλαιο διευκρινίζονται τα μέτρα ασφαλείας και οι τρόποι πρόληψης από την ακτίνα laser. Ακόμη εκθέτονται τα ατομικά μέτρα προστασίας, οι διαμορφώσεις των

χώρων και αναλύονται τα διοικητικά και διαδικαστικά μέτρα προστασίας. Επίσης γίνεται αναφορά και σε κάποια μέτρα προστασίας για ειδικές περιπτώσεις.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παραθέτονται τα αποτελέσματα από τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα με τη μορφή πίτας.

Τελειώνοντας αναπτύσσουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα τα συμπεράσματά μας ήταν ότι στους περισσότερους χώρους σαν πρώτη εικόνα παρατηρήσαμε την πλήρη εναρμόνιση με τα διεθνή πρότυπα των μηχανημάτων (τεχνικά μέτρα ασφαλείας). Όμως παρατηρήσαμε και την έλλειψη γνώσεων από τους χειριστές των συστημάτων όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Laser που χρησιμοποιούσαν.

ABSTRACT

The use of systems laser in the biomedicine has been increased considerably in the past few years. Aim of our work, after visit in various centers that use systems laser for medical applications, is the observation of rules of safety according to the international models.

In the first chapter are reported the beginnings of operation of system laser and his specification. Are more concretely analyzed the forced absorption the spontaneous and forced emission as well as the relations of Einstein that are connected with them. More over are presented the departments by which he is constituted a laser (pumping, active material, optical resonator) while also he is analyzed also his way of operation. Still a very important piece is the report in the characteristics of laser (monochromatikotita, agreement, polarization, directionality and splendor). Finally becomes report in the all types laser that are used in various branch of biomedicine.

In the second chapter are analyzed the applications laser in the branch of biomedicine as the ophthalmology, the introspection, the dermatology, the gynecology, otorinolarigology, the fotodynamic treatment and the neurosurgery. In this capital is more concretely analyzed the way of effect in the webs for each branch separately.

In the third chapter we talk about the dangers from the uses laser and are entered their various categories of venturousness. Then is clarified the action of radiation laser in the webs and how much this can create danger in the eyes and in the skin. Afterwards we talk about the Biggest Permissible Report laser (M.P.E) and the Area of Venturousness (N.H.Z).

In the fourth chapter are clarified the metres of safety and the ways of prevention by the beam laser. Still we analyze the individual metres of protection, the configurations of spaces and are analyzed the administrative and procedural metres of protection. Also becomes report in certain metres of protection on special cases.

In the fifth chapter we talk about the results from the questionnaires that were used for the research with the form of pie.

Finishing we develop the conclusions that resulted from the analysis of results. More concrete our conclusions were that in most spaces as first picture we observed the complete harmonization with the international models of instruments (technical metres of safety). However we observed also the lack of knowledge from the operators of systems that it concerns technical specifications of laser that they used.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ LASERS.....	3
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	3
1.2 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ, ΑΥΘΟΡΜΗΤΗ ΚΑΙ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΕΚΠΟΜΠΗ.....	4
1.2.1 Απορρόφηση.....	4
1.2.2 Αυθόρμητη εκπομπή.....	5
1.2.3 Εξαναγκασμένη εκπομπή.....	5
1.3 ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΕΙΝΣΤΕΙΝ.....	6
1.4 ΤΜΗΜΑΤΑ LASER.....	8
1.4.1 Άντληση.....	8
1.4.2 Ενεργό υλικό.....	8
1.4.3 Οπτικό αντηχείο.....	9
1.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ LASER.....	10
1.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΟΥ LASER.....	12
1.7 LASER ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ.....	13
1.7.1 Laser Διοξειδίου του Άνθρακα (CO ₂).....	13
1.7.2 Laser Nd:YAG.....	15
1.7.3 Laser Ηλίου-Νέου (He-Ne).....	17
1.7.4 Laser Ρουβινίου.....	17
1.7.5 Laser Αργού και Κρυπτού.....	18
1.7.6 Lasers Ατμών-Μετάλλων.....	19
1.7.7 Laser Διεγερμένων Διμερών.....	19
1.7.8 Lasers Χρωστικών.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASERS ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ.....	22
2.1 Γενικά.....	22
2.2 Τρόποι δράσης των lasers.....	22
2.2.1 Θερμική επίδραση.....	23
2.2.2 Ιονίζουσα επίδραση.....	23
2.2.3 Φωτοχημική επίδραση.....	24

2.3 Κλάδοι της Ιατρικής που χρησιμοποιούν τα laser	24
2.3.1 Οφθαλμολογία	24
2.3.1 Δράση των lasers μέσα στον οφθαλμό.....	29
2.3.2 Ενδοσκόπηση.....	33
2.3.3 Γυναικολογία	37
2.3.4 Δερματολογία.....	39
2.3.5 Ωτορινολαρυγγολογία.....	45
2.3.6 Φωτοδυναμική θεραπεία.....	46
2.3.7 Νευροχειρουργική.....	47
2.3.8 Άλλες χειρουργικές εφαρμογές.....	48
2.4 Laser που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία και οι κλινικές εφαρμογές τους	49
2.4.1 Argon-laser	50
2.4.2 Krypton-laser	50
2.4.3 Nd:YAG-laser	50
2.4.4 Dye-laser	51
2.4.5 Diode-laser	51
2.4.6 Excimer-laser	52
2.4.7 Κλινικές εφαρμογές των lasers	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ LASER	57
3.1 Κατηγορίες πηγών laser.....	57
3.2 Δράση της ακτινοβολίας laser στους ιστούς.....	58
3.3 Μέγιστη Επιτρεπτή Έκθεση laser (M.P.E) και Ζώνη Επικινδυνότητας (N.H.Z)	60
3.4 Οι κίνδυνοι στον αμφιβληστροειδή	61
3.5 Κίνδυνοι ακτινοβολίας στο δέρμα	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ	64
4.1 Εισαγωγή	64
4.2 Διαμορφώσεις χώρων	65
4.3 Ατομικά μέτρα προστασίας	66
4.3.1 Προστατευτικά γυαλιά.....	69
4.4 Διοικητικά και διαδικαστικά μέτρα προστασίας	70
4.5 Ειδικά μέτρα προστασίας για κάθε περίπτωση.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	75
5.1 Υλικό και μέθοδος	75

5.2 Αποτελέσματα.....	75
5.3 Συμπεράσματα	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	85

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ακτινοβολία laser σήμερα βρίσκει πλήθος εφαρμογών σε μια σειρά από επιστήμες και αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας. Στην ιατρική, η ακτινοβολία laser χρησιμοποιείται ευρύτατα τόσο για τη διάγνωση, όσο και για τη θεραπεία πολλών παθήσεων. Τα συστήματα των laser εφαρμόζονται με μεγάλη επιτυχία στον τομέα την οφθαλμολογίας, της οδοντιατρικής, της δερματολογίας, της ογκολογίας κ.α. Τα laser λόγω της θεραπευτικής τους ικανότητας και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών σε περίπτωση λάθους χειρισμού τους μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους οφθαλμούς και στο δέρμα. Γι αυτό το λόγο θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην τήρηση των απαραίτητων μέτρων ασφαλείας που περιγράφονται από το ANSI (American National Standards Institute). Αυτό έχει προκαλέσει μεγάλο ενδιαφέρον για τη διάρθρωση πολλών επιστημονικών μελετών πάνω στην ασφαλή χρήση συστημάτων laser.

Η επιλογή του θέματος έγινε διότι η χρήση των laser σήμερα στην ιατρική παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και είναι εντυπωσιακή η θεραπευτική προσέγγιση του σε διάφορες παθήσεις καθώς και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει στον ασθενή. Όπως αναφέρεται και παραπάνω ένας επιστημονικός κλάδος που το laser βρίσκει μεγάλη ανταπόκριση είναι ο τομέας της οφθαλμολογίας, γι αυτό το λόγο έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το τμήμα της Οπτικής και Οπτομετρίας, καθώς διευρύνει της γνώσεις στον τομέα αυτό.

Οι πληροφορίες που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα εργασία συλλέχθηκαν από βιβλία τα οποία προμηθευτήκαμε από την βιβλιοθήκη του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος της Αθήνας και από ερωτηματολόγια τα οποία μοιράστηκαν στους χειριστές των συστημάτων laser. Τα κέντρα που επισκεφθήκαμε ήταν μεγάλες οφθαλμολογικές κλινικές, κέντρα αισθητικής, φυσικοθεραπευτήριο και οδοντιατρική κλινική. Η μορφή των ερωτηματολογίων είχε ερωτήσεις που αφορούσαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος laser, όπως το μήκος κύματος του, τη τάση κ.τ.λ. Στη συνέχεια υπήρχαν ερωτήσεις που κάλυπταν το θέμα της ασφάλειας, όπως η χρήση προστατευτικού γυαλιών ή προστατευτικού δέρματος, ή αν υπήρχαν προειδοποιητικές πινακίδες, ελεγχόμενη περιοχή laser κ.τ.λ. Με τη χρήση του προγράμματος Microsoft EXCEL μπορέσαμε να συγκεντρώσουμε τις απαντήσεις που λάβαμε και να τις απεικονίσουμε με τη μορφή πίτας.

Για το λόγο αυτό τα ερωτηματολόγια αποδείχτηκαν ιδιαίτερα χρήσιμα διότι είδαμε μια γενικευμένη εικόνα από προσωπική εμπειρία, ανεξάρτητα από τις βιβλιογραφικές αναφορές που συλλέξαμε.

Ο σκοπός αυτής της ερευνητικής πτυχιακής εργασίας είναι να δοθεί έμφαση στο κατά πόσο τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας στα κέντρα που χρησιμοποιούν laser. Ειδικότερα, ενδιαφέρον είχαν τα αποτελέσματα που βγήκαν μετά από επισκέψεις όπου είδαμε τους χώρους που γίνονται οι εφαρμογές των laser.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ LASERS

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο laser εννοούμε το ακρόνυμο των αγγλικών λέξεων “ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” που σημαίνει “ενισχυμένο φως από διεγερμένη-εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας”. (Ευαγγέλου, 1998)

Η ιστορία των laser ξεκίνησε από τον Albert Einstein το 1917. Ο λαμπρός αυτός φυσικός επιστήμονας μίλησε για την διεγερμένη-εξαναγκασμένη εκπομπή από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι μια διαδικασία αντίστροφη της απορρόφησης. Στις συνηθισμένες θερμοκρασίες τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου βρίσκονται κυρίως στη χαμηλότερη δυνατή ενεργειακή στάθμη, δηλαδή στο άτομο βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση. Στην περίπτωση αυτή το άτομο μπορεί να διεγερθεί, δηλαδή κάποιο από τα ηλεκτρόνιά του να μεταβεί σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη απορροφώντας ένα φωτόνιο ενέργειας ίσης με τη διαφορά ενέργειας των σταθμών μεταξύ των οποίων γίνεται η μετάβαση. Η διεργασία αυτή λέγεται εξαναγκασμένη απορρόφηση. Σύμφωνα με τον Einstein αν κατά τη διάρκεια παραμονής του ηλεκτρονίου στη διεγερμένη κατάσταση προσκρούσει με αυτό ένα φωτόνιο ενέργειας ίσης με την ενεργειακή διαφορά διεγερμένης-θεμελιώδους στάθμης, το φωτόνιο αυτό αναγκάζει το άτομο να αποδιεγερθεί, εκπέμποντας ένα δεύτερο φωτόνιο, το οποίο έχει ίδια κατεύθυνση και φάση με το φωτόνιο που ξεκίνησε την αποδιέγερση. Η διαδικασία αυτή λέγεται εξαναγκασμένη εκπομπή και αποτελεί τη βάση της λειτουργίας του laser. (Carruth και McKenzie, 1994)

Το 1955 ο C.H.Townes είναι αυτός που κατασκεύασε μια συσκευή βασισμένη στις παραπάνω θεωρίες το “MASER” και το χρησιμοποίησε στην συχότητα των μικροκυμάτων για αυτό και το όνομα του προήλθε από το “Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation”. (Ευαγγέλου, 1998)

Κατά την εξέλιξη των laser το πρώτο λειτουργικό laser προήλθε από το εργαστήριο φυσικών ερευνών Hughes Aircrafts στο Malibu της Καλιφόρνιας με επικεφαλής τον Theodoror Maiman ο οποίος έκανε ένα laser αποτελούμενο από υλικό Ρουβιδίου Rb. Το 1961 υλοποιήθηκαν σημαντικές εφαρμογές των laser στην ιατρική και πιο συγκεκριμένα στην οφθαλμολογία από τον G.Gould. Την ίδια χρονιά μετά από πειράματα σε ζώα

παρατηρήθηκαν σοβαρές βλάβες στον αμφιβληστροειδή χιτώνα από τις ακτίνες laser. Τέσσερα χρόνια μετά δόθηκε η αφορμή από ένα άρθρο που δημοσίευσε ο L.Dulberger το 1962 για να θεσπιστούν κανόνες προστασίας από τα laser. (Ευαγγέλου, 1998)

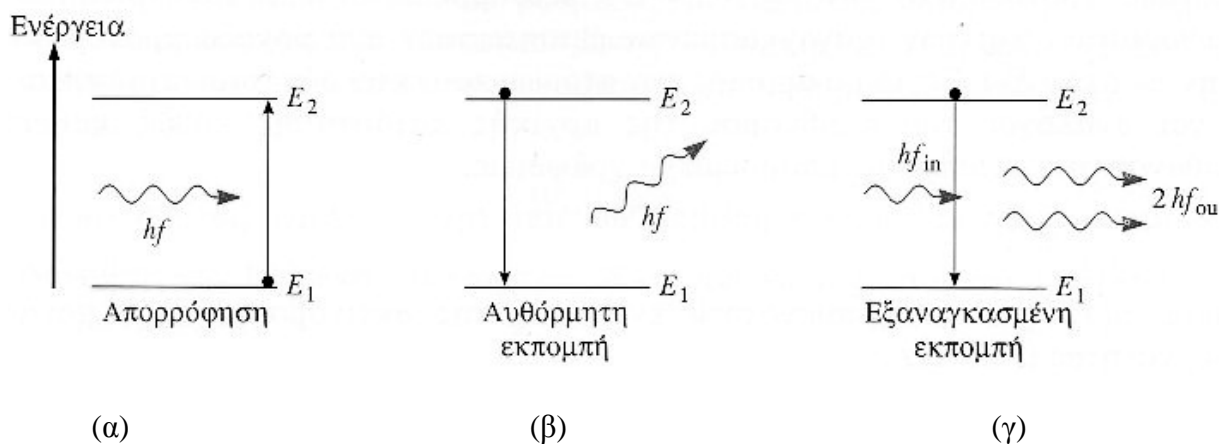
Μετά την χρήση του στην οφθαλμολογία το laser βρήκε εφαρμογή και στην χειρουργική που χρησιμοποιήθηκε για το κόψιμο, πήξιμο και την εξαέρωση διάφορων παθολογικών ιστών. Στα επόμενα χρόνια το laser εξελίχθηκε και χρησιμοποιείται σήμερα σε πολλούς κλάδους της βιοϊατρικής. (Ευαγγέλου, 1998)

1.2 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ, ΑΥΘΟΡΜΗΤΗ ΚΑΙ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΕΚΠΟΜΠΗ

Τα άτομα μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το φως με τρεις τρόπους, την απορρόφηση, την αυθόρμητη και την εξαναγκασμένη εκπομπή.

1.2.1 Απορρόφηση

Ένα άτομο μπορεί ν' απορροφήσει ένα φωτόνιο και να μεταβεί από μια στάθμη χαμηλότερης ενέργειας E_1 σε στάθμη υψηλότερης ενέργειας E_2 όπως φαίνεται στο Σχήμα 1(α). Αυτό μπορεί να γίνει αν η ενέργεια που θα προσλάβει το άτομο κατά την αλληλεπίδρασή του με το φωτόνιο είναι $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$ όπου h είναι η σταθερά του Planck και f η συχνότητα του φωτονίου. Από την παραπάνω σχέση παρατηρούμε ότι το φωτόνιο θα πρέπει να έχει κατάλληλη συχνότητα ή μήκος κύματος για να προσδώσει στο άτομο την ενέργεια που χρειάζεται ώστε να διεγερθεί σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται εξαναγκασμένη απορρόφηση. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι ανάλογη προς την πυκνότητα ακτινοβολίας. (Serway, Moses και Moyer, 2002)



Σχήμα 1: Οι τρεις βασικές διαδικασίες της θεωρίας του Einstein κατά τη διέλευση φωτός από την ύλη. Πηγή¹

1.2.2 Αυθόρμητη εκπομπή

Όταν ένα άτομο είναι διεγερμένο στην στάθμη 2 μπορεί να υποστεί αποδιέγερση εκπέμποντας ένα φωτόνιο ενέργειας hf και να μεταφερθεί πίσω στην στάθμη 1, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1(β). Η αυθόρμητη εκπομπή μπορεί να χαρακτηριστεί από τον συντελεστή A_{21} ή από τον μέσο χρόνο ζωής της στάθμης 2. Δηλαδή $t_s=1/A_{21}$ (χρόνος / μετάπτωση). Σε αντίθεση με την αυθόρμητη εκπομπή που είναι ανεξάρτητη από την πυκνότητα ακτινοβολίας έχουμε την εξαναγκασμένη εκπομπή η οποία εξαρτάται από την πυκνότητα ακτινοβολίας. (Κουρούκλης και Σεραφετινίδης, 1986)

1.2.3 Εξαναγκασμένη εκπομπή

Κατά την εξαναγκασμένη εκπομπή, ένα προσπίπτον φωτόνιο ενέργειας $hf=E_2-E_1$ προκαλεί αποδιέγερση του ατόμου από την στάθμη E_2 στην E_1 . Από την αποδιέγερση αυτή του ατόμου παράγεται ένα ακόμη φωτόνιο ενέργειας E_2-E_1 και έχουμε ταυτόχρονη εκπομπή δυο φωτονίων. Τα δυο φωτόνια που παράγονται λέγεται ότι είναι σε συμφωνία γιατί η ακτινοβολία που εκπέμπεται παρουσιάζει την ίδια φάση με την προσπίπτουσα, την ίδια φορά διεύθυνσης και το ίδιο μήκος κύματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 1(γ). Ο συντελεστής του Einstein που χαρακτηρίζει την εξαναγκασμένη εκπομπή είναι το B_{21} .

¹Serway,R.A., Moses, C.J., and Moyer, C.A.,2002. Σύγχρονη Φυσική. 3^η έκδοση. Ηράκλειο:Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Έτσι μπορούμε να ορίσουμε τον ρυθμό εξαναγκασμένης εκπομπής ίσο με $B_{21}u(f)$, όπου $u(f)$ είναι η πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα συχνότητας στο πεδίο ακτινοβολίας. (Serway, Moses and Moyer, 2002)

1.3 ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ EINSTEIN

Ας θεωρήσουμε ένα σύνθετο σύστημα ατόμων και ακτινοβολίας σε θερμική ισορροπία υπό θερμοκρασία T . Οι πληθυσμοί N_1 και N_2 των ενεργειακών σταθμών E_1 και E_2 αντίστοιχα, ικανοποιούν την σχέση Boltzmann :

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-(E_2-E_1)/kT} = e^{-hf/kT} \quad (1)$$

Αυτός ο λόγος των πληθυσμών, σε ισορροπία ,παριστάνει μια περίπτωση δυναμικής ισορροπίας. Σε αυτή την περίπτωση ο ρυθμός απορρόφησης των σωματίων που μεταβαίνουν, ανά μονάδα χρόνου, από την E_1 στην E_2 ισούται με το άθροισμα του συνολικού ρυθμού εκπομπής της αυθόρμητης και της εξαναγκασμένης εκπομπής από την E_2 στην E_1 . (Serway, Moses και Moyer, 2002)

Ο αριθμός των ατόμων που μεταβαίνουν από την 1 στη 2 ανά μονάδα χρόνου ισούται :

$$R_{St.Abs.} = N_1 u(f, T) B_{12}$$

Όπου $u(f,T)$ είναι η πυκνότητα ενέργειας της ακτινοβολίας ανά μονάδα συχνότητας (J/m^3Hz), $R_{St.Abs.}$ είναι ο ρυθμός εξαναγκασμένης απορρόφησης, B_{12} είναι ο συντελεστής για την εξαναγκασμένη απορρόφηση και N_1 είναι ο πληθυσμός, δηλαδή ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα όγκου.

Ο αριθμός των ατόμων που μεταβαίνουν από την 2 στην 1 ανά μονάδα χρόνου από εξαναγκασμένη εκπομπή ισούται :

$$R_{St.Em.} = N_2 u(f, T) B_{21}$$

Στην αυθόρμητη εκπομπή δεν υπάρχει εξάρτηση από το πεδίο ακτινοβολίας. Έτσι ισούται με τον αριθμό των ατόμων που μεταβαίνει από την 2 στην 1 ανά μονάδα χρόνου αυθόρμητα. Το A_{21} είναι συντελεστής του Einstein.

$$R_{Sp.Em.} = A_{21} N_2$$

Ο αριθμός των διεγέρσεων ανά μονάδα χρόνου πρέπει να ισούται με τον αριθμό των μεταπτώσεων ανά μονάδα χρόνου, δηλαδή :

$$N_1 u(f, T) B_{12} = N_2 [B_{21} u(f, T) + A_{21}] \quad (2)$$

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (1) του Boltzmann η (2) γίνεται :

$$u(f, T) = \frac{A_{21}}{B_{21} e^{hf/kT} - B_{21}} \quad (3)$$

Η εξίσωση (3) εκφράζει την πυκνότητα ακτινοβολίας ανά μονάδα συχνότητας ενός συστήματος ατόμων και ακτινοβολίας σε ισορροπία υπό θερμοκρασία T , συνάρτηση των συντελεστών του Einstein A_{21} , B_{12} και B_{21} . Χρησιμοποιώντας όμως τη σχέση του Planck, που είναι ο νόμος της ακτινοβολίας μέλανος σώματος, δίνεται μια σχέση για ένα σύστημα ακτινοβολίας και ταλαντωτών σε θερμική ισορροπία :

$$u(f, T) = \frac{8\pi hf^3}{c^3} \frac{1}{e^{hf/kT} - 1} \quad (4)$$

Συγκρίνοντας τις εξισώσεις (3) και (4) εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

$$B_{21} = B_{12} = B \quad (5)$$

Και

$$\frac{A_{21}}{B} = \frac{8\pi hf^3}{c^3} \quad (6)$$

Η εξίσωση (5) δείχνει ότι για ένα ατομικό σύστημα η πιθανότητα απορρόφησης ανά μονάδα χρόνου είναι ίση με την πιθανότητα εξαναγκασμένης εκπομπής.

Επίσης η εξίσωση (6) δείχνει ότι η διεργασία της αυθόρμητης εκπομπής κυριαρχεί επί της διεργασίας εξαναγκασμένης εκπομπής σε υψηλότερες συχνότητες. (Serway, Moses και Moyer, 2002)

1.4 ΤΜΗΜΑΤΑ LASER

Μολονότι έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα διάφοροι τύποι laser, όλοι αποτελούνται από τρία βασικά τμήματα. Την άντληση, το ενεργό υλικό και το οπτικό αντηχείο.

1.4.1 Άντληση

Με τον όρο άντληση εννοείται μία ενεργειακή πηγή που παράγει είτε παλμική είτε συνεχή αναστροφή πληθυσμών. Η ενέργεια μπορεί να αντλείται από ηλεκτρικό ρεύμα, οπτική ακτινοβολία, ράδιο ή μικροκύματα η ακόμη και από χημικές αντιδράσεις.

Για παράδειγμα στην περίπτωση του laser αέριου μείγματος ηλίου-νέου (He-Ne) η ενεργειακή πηγή είναι μια ηλεκτρική εκκένωση, η οποία μεταδίδει ενέργεια με ατομικές κρούσεις. Πιο συγκεκριμένα η ηλεκτρική εκκένωση επιτυγχάνεται όταν τα άτομα He διεγείρονται μέσω σύγκρουσης με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η ενέργεια των ατόμων He μεταφέρεται στα άτομα Ne. Μία άλλη περίπτωση είναι το laser κρυστάλλων που η αναστροφή πληθυσμών δημιουργείται από ισχυρές λυχνίες εκλάμψεων (flash) ευρέως φάσματος. Αυτή η διεργασία διέγερσης που χρησιμοποιεί ισχυρό φωτισμό ονομάζεται οπτική άντληση. (Serway, Moses και Moyer, 2002)

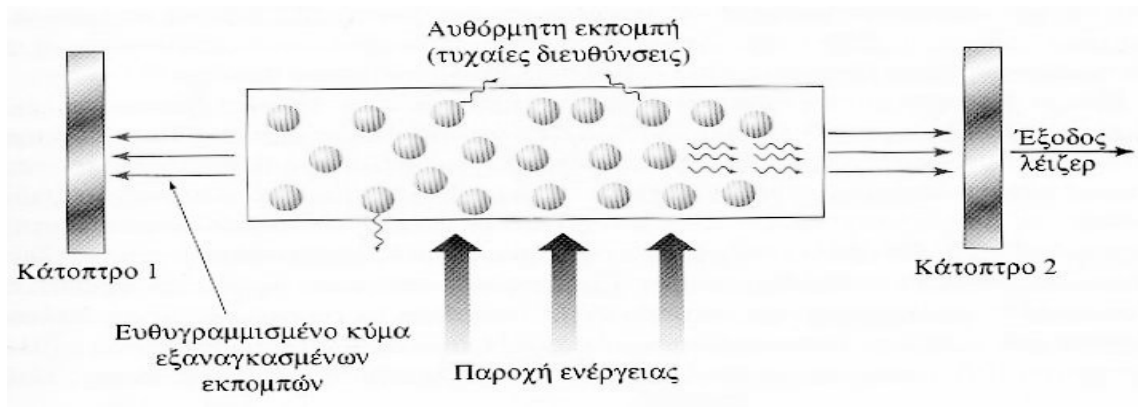
1.4.2 Ενεργό υλικό

Το ενεργό υλικό μπορεί να είναι στερεό, υγρό, αέριο και να εκπέμπει από την υπεριώδη ως την υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το υλικό αυτό παρέχει τις ενεργειακές στάθμες επιτυγχάνοντας τις μεταπτώσεις ηλεκτρονίων που οδηγούν στη δράση laser. Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί ενίσχυση μόνο με δύο στάθμες επειδή αυτά τα συστήματα δεν μπορούν να υποστηρίξουν μια αναστροφή πληθυσμών. Γι αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται τουλάχιστον τρεις ενεργειακές στάθμες, η

θεμελιώδης στάθμη, μια ενδιάμεση στάθμη και μια υψηλή ενεργειακή στάθμη. (Serway, Moses και Moyer, 2002)

1.4.3 Οπτικό αντηχείο

Η κοιλότητα συντονισμού γνωστή ως οπτικό αντηχείο αποτελείται από δυο κάτοπτρα προσεκτικά ευθυγραμμισμένα έτσι ώστε τα φωτόνια να μπορέσουν να κάνουν πολλαπλές διελεύσεις μέσα από το laser. Τα κάτοπτρα είναι αυτά που δημιουργούν την αντανάκλαση ή την φωτοαντήχηση. Το καινούργιο φως που παράγεται είναι αποτέλεσμα της συνεχούς αντανάκλασης του αρχικού φωτός στο αντηχείο. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνεται συμφωνία του φωτός που μπορεί να είναι χωρική και χρονική. Αυτό σημαίνει ότι τα κύματα έχουν το ίδιο μήκος, την ίδια κατεύθυνση και την ίδια φάση. Για να μπορέσουμε να εξαγάγουμε μια ισχυρά ευθυγραμμισμένη δέσμη από το laser, ένα από τα παράλληλα κάτοπτρα κατασκευάζεται ελαφρά διαπερατό έτσι ώστε ένα μικρό ποσό της ενέργειας να εξέρχεται του συστήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η δύναμη του φωτός μέσα στο οπτικό αντηχείο από 10 έως 100 φορές σε σχέση με το φως που εξέρχεται. (Ευαγγέλου, 1998)

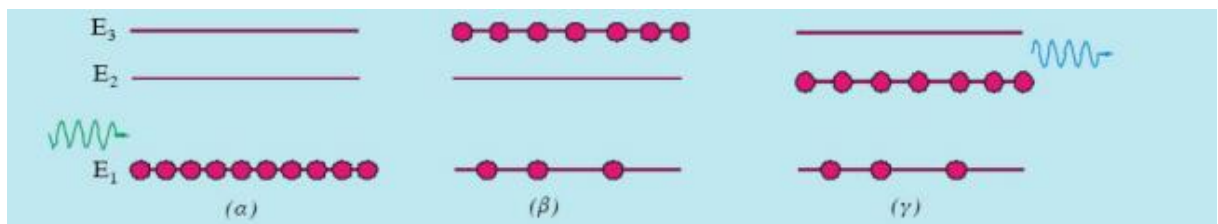


Σχήμα 2: Σχηματική παράσταση των μερών ενός laser. Πηγή²

²Serway, R.A., Moses, C.J., and Moyer, C.A., 2002. Σύγχρονη Φυσική. 3^η έκδοση. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

1.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ LASER

Για να κατανοήσουμε πως λειτουργεί ένα laser και το ρόλο κάθε τμήματός του θα χρησιμοποιήσουμε το laser ρουβιδίου. Το ενεργό υλικό σε αυτό τον τύπο laser είναι το ρουβίδιο (ρουμπίνι), δηλαδή το τριοξείδιο του αργίλου (Al_2O_3) με προσμείξεις χρωμίου. Το ρουβίδιο έχει τρεις ενεργειακές στάθμες για την παραγωγή ακτινών laser. Σε συνηθισμένες συνθήκες τα περισσότερα άτομα βρίσκονται στη θεμελιώδη στάθμη (E_1). Στη συνέχεια φωτίζοντας το ρουβίδιο με πράσινο φως, τα ιόντα του διεγείρονται και ανέρχονται στη στάθμη E_3 . Αυτή η διαδικασία ονομάζεται άντληση. Στη στάθμη E_3 παραμένουν για πολύ λίγο χρόνο και μεταπίπτουν αυθόρμητα στην E_2 , που είναι στάθμη χαμηλότερης ενέργειας. Ο χρόνος παραμονής τους στην E_2 είναι πολύ μεγαλύτερος από ότι στην E_3 . Τέλος επιστρέφουν στη θεμελιώδη E_1 . Η μεγάλη σχετικά διάρκεια παραμονής των ατόμων στην E_2 έχει ως αποτέλεσμα να βρίσκονται στην ενεργειακή αυτή κατάσταση περισσότερα άτομα από ότι στη θεμελιώδη. Η κατάσταση αυτή είναι αντίθετη από τη φυσιολογική, λέγεται αναστροφή πληθυσμών και συντηρείται με την αδιάκοπη άντληση από τη στάθμη E_1 στη στάθμη E_2 . (Γεωργακάκος, Σφαρκάς, Σκαλωμένος και Χριστακόπουλος, 2006)

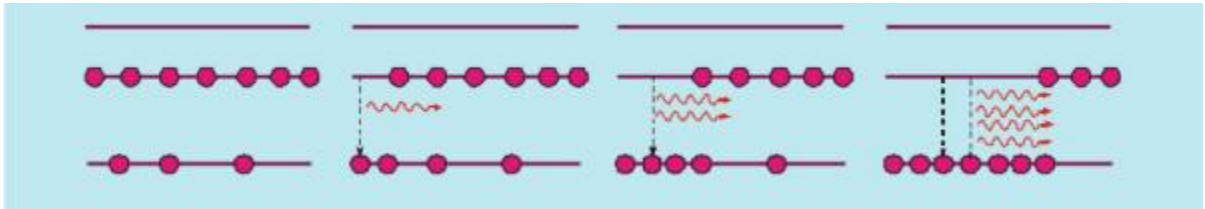


Σχήμα 3: (α),(β) Διαδικασία άντλησης και (γ) αναστροφή πληθυσμών. Πηγή³

Όταν ένα άτομο μεταπίπτει από τη στάθμη E_2 στην E_1 , εκπέμπει φωτόνιο συχνότητας $f=(E_2- E_1)/h$. Το φωτόνιο αυτό στην πορεία του συγκρούεται με ένα άλλο άτομο, που βρίσκεται στη στάθμη E_2 . Το άτομο αυτό με τη σειρά του εκπέμπει ένα πανομοιότυπο φωτόνιο και μεταπίπτει στη θεμελιώδη στάθμη E_1 . Τα δύο φωτόνια τώρα συγκρούονται με άλλα δύο άτομα, οπότε εκπέμπονται νέα φωτόνια και ούτω κάθε εξής.

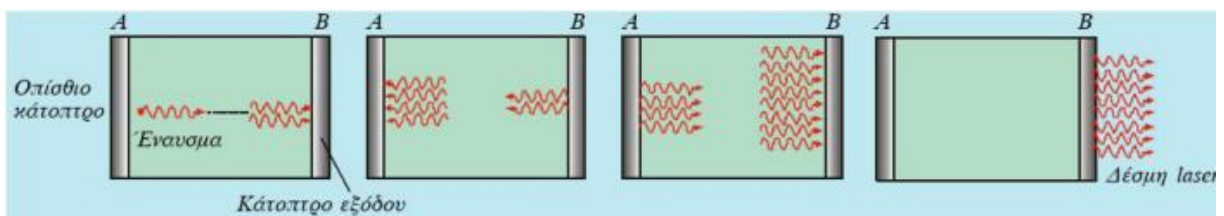
³ Γεωργακάκος, Π., Σφαρνάς, Ν., Σκαλωμένος, Α., και Χριστακόπουλος, Ι., 2006. Φυσική Γενικής Παιδείας. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.

Η διαδικασία λοιπόν αποδιέγερσης από τη στάθμη E_2 στη στάθμη E_1 έχει ως αποτέλεσμα η ενέργεια που χάνουν τα άτομα να μεταφέρεται από το εκπεμπόμενο φως. Από τις ακτίνες αυτού του φωτός άλλες ακολουθούν πορεία κατά μήκος της ράβδου ρουβιδίου και άλλες όχι, βγαίνοντας τελικά από τη ράβδο. (Γεωργακάκος και συν. 2006)



Σχήμα 4: Σχηματική παράσταση της εξαναγκασμένης αποδιέγερσης και δημιουργίας φωτός laser. Πηγή⁴

Η ράβδος ρουβιδίου τοποθετείται μεταξύ δύο επίπεδων κατόπτρων, όπως φαίνεται στο σχήμα 5. Η επιλογή των επίπεδων κατόπτρων είναι τέτοια, ώστε το οπίσθιο (A) να αντανακλά όλα τα φωτόνια, ενώ το εμπρόσθιο (B) (κάτοπτρο εξόδου) να είναι ημιπερατό και να επιτρέπει την έξοδο ενός ποσοστού φωτονίων. Το σύστημα των δύο αυτών κατόπτρων ονομάζεται οπτικό αντηχείο.



Σχήμα 5: Σχηματική παράσταση της διαδικασίας παραγωγής δέσμης laser. Πηγή⁵

Οι ακτίνες που ακολουθούν πορεία κατά μήκος της ράβδου, φτάνοντας στο κάτοπτρο B, ανακλώνται και γυρίζουν πίσω. Στο δρόμο τους αποδιεγείρουν και άλλα άτομα και η δέσμη τους γίνεται πιο ισχυρή. Φτάνοντας στο κάτοπτρο A ανακλώνται και, ακολουθώντας πορεία

⁴ Γεωργακάκος, Π., Σφαρνάς, Ν., Σκαλωμένος, Α., και Χριστακόπουλος, Ι., 2006. Φυσική Γενικής Παιδείας. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.

⁵ Γεωργακάκος, Π., Σφαρνάς, Ν., Σκαλωμένος, Α., και Χριστακόπουλος, Ι., 2006. Φυσική Γενικής Παιδείας. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.

προς το κάτοπτρο Β, αποδιεγείρουν στο δρόμο τους πολλαπλάσια άτομα. Έτσι η ισχύς της δέσμης μεγαλώνει τόσο, ώστε ένα μέρος της καταφέρνει να διαπεράσει το ημιδιαφανές κάτοπτρο (Β). Η δέσμη του φωτός που εξέρχεται από το κάτοπτρο (Β) είναι το φως laser (σχήμα 5). (Γεωργακάκος και συν. 2006)

1.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΟΥ LASER

Η σημερινή εξέλιξη των laser οφείλεται στις μοναδικές ιδιότητες της ακτινοβολίας τους. Τη μονοχρωματικότητα, τη συμφωνία, την πόλωση, την κατευθυντικότητα και τη λαμπρότητα. Πιο συγκεκριμένα:

- **Μονοχρωματικότητα:**

Είναι η πιο βασική ιδιότητα του laser. Χαρακτηριστικό της είναι ότι τα φωτόνια της δέσμης έχουν το ίδιο μήκος κύματος. Αντίθετα με το σύνηθες μονοχρωματικό φως, τα φωτόνια του laser βρίσκονται στην φάση ταλάντωσης και διαδίδονται προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. (Σεραφετινίδης, 1989)

- **Συμφωνία:**

Είναι η πιο σημαντική διαφορά του laser από τις υπόλοιπες πηγές φωτός. Τα φωτόνια έχουν όλα το ίδιο μήκος κύματος, την ίδια κατεύθυνση και την ίδια φάση. Για να πετύχουμε μεγάλη συμφωνία θα πρέπει η δέσμη των φωτονίων να είναι όσο πιο στενή γίνεται. (Ευαγγέλου, 1998)

- **Πόλωση:**

Σε αντίθεση με τις κλασσικές πηγές φωτός, όπως ο λαμπτήρας πυράκτωσης ή φθορισμού, πολλά laser παράγουν πολωμένο φως. Αυτό οφείλεται είτε στην φύση τους, είτε στη γεωμετρία του ενεργού υλικού τους, είτε στη προσθήκη οπτικών πολωτικών στοιχείων στο οπτικό αντηχείο τους, όπως π.χ. πρίσματα ή φράγματα ανάκλασης. (Ευαγγέλου, 1998)

- **Κατευθυντικότητα:**

Αυτό το χαρακτηριστικό μας δείχνει ότι η δέσμη του laser είναι συνήθως ευθυγραμμισμένη, παράλληλη και δεν αποκλίνει ή δεν διασπάται όπως γίνεται με το συνηθισμένο φώς. (Ευαγγέλου, 1998)

· **Λαμπρότητα:**

Ορίζουμε λαμπρότητα μιας δεδομένης πηγής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σαν την ισχύ που εκπέμπει ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα στερεάς γωνίας. Τα laser είναι πηγές ακτινοβολίας μεγαλύτερης λαμπρότητας από ότι το φώς του ήλιου που φθάνει στη γη. (Κουρούκλης και Σεραφετινίδης, 1986)

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που μπορούμε να δούμε στην πράξη τις παραπάνω ιδιότητες είναι το laser He-Ne. Συγκρίνοντάς το με μια ισχυρή παραδοσιακή φωτεινή μονοχρωματική πηγή το laser He-Ne είναι εκατό φορές πιο μονοχρωματικό, παράγει εκατό φορές πιο ισχυρή δέσμη και έχει χίλιες φορές περίπου μεγαλύτερη ένταση. Το άνοιγμα της δέσμης μετρείται σε milliradians (mrad). Για παράδειγμα ένα laser με άνοιγμα δέσμης 1,0 mrad θα είχε διάμετρο δέσμης μόνο 1 cm σε απόσταση 10 m. (Ευαγγέλου, 1998)

1.7 LASER ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ

Τα laser αποδείχθηκαν πολύ χρήσιμα στη βιοϊατρική για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Στη συνέχεια αναφέρονται οι διάφοροι τύποι laser που χρησιμοποιούνται στη βιοϊατρική.

1.7.1 Laser Διοξειδίου του Άνθρακα (CO₂)

Το CO₂ είναι ένα laser αερίου, κατασκευάστηκε από τον Patel το έτος 1965. Εκπέμπει στο μέσο υπέρυθρο μέρος του φάσματος. Η πολύ σημαντική ιδιότητά του είναι η υψηλή αποδοτικότητα λειτουργίας του. Αυτή ορίζεται ως ο λόγος της ισχύς εξόδου laser προς την ολική ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται για να διεγερθεί το ενεργό μέσο.

Το CO₂ λειτουργεί με αποδοτικότητα 20% ή και ακόμα μεγαλύτερη, σε αντίθεση με τα άλλα laser που η αποδοτικότητα λειτουργίας τους είναι της τάξης των υποδιαίρεσεων του 1%. Αυτό το laser μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς την ανάγκη κάποιου άλλου στοιχείου laser εκτελώντας όλες τις εργασίες που αποκαθιστούν την υγεία του ασθενούς από τα

απλούστερα περιστατικά όπως μια αλλεργική φλεγμονή ή κάποιο μικρό πόνο στον αυχένα ή στο γόνατο μέχρι και τα πιο σοβαρά επώδυνα περιστατικά όπως είναι ο πόνος από μια δισκοκήλη ή ο πόνος ενός ασθενούς ο οποίος βρίσκεται στο τελευταίο στάδιο του καρκίνου. (Carruth και McKenzie, 1994)

Οι χειρουργικές εφαρμογές του laser CO₂ έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Τέλεια απορρόφηση από τους ιστούς ανεξαρτήτως του χρώματός τους, δηλαδή της περιεκτικότητας σε μελανίνη.
- Απορροφάται τελείως από το νερό, και αυτός είναι ο λόγος που οι ιστοί με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό απορροφούν το laser CO₂ προκαλώντας εξάτμιση.
- Χρησιμεύει ως το πλέον ακριβές χειρουργικό εργαλείο και αυτό γιατί ο βαθμός απορρόφησής του από τους μαλακούς ιστούς είναι πολύ μεγάλος. Έτσι επιτυγχάνεται η αποφυγή καταστροφής των γειτονικών ιστών, με αποτέλεσμα την καλή ποιότητα επούλωσης.
- Το 95% της ενέργειας απορροφάται στο σημείο της επαφής με τον ιστό και για αυτό το λόγο προκαλούν έντονη θερμότητα και εξαέρωση του ιστού. (Ευαγγέλου, 1998)
- Μετρήσεις έχουν δείξει ότι το βάθος διείσδυσής του φθάνει από 0,1 mm μέχρι 0,2 mm μέσα στους ιστούς. (Ανδριτσάκης, 1988)
- Έχει αιμοστατική δράση και πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα σε αιμοφόρα αγγεία ειδικά σε ιστούς με τριχοειδική αιμάτωση, όπως δέρμα, φωνητικές χορδές, τράχηλος της μήτρας κλπ.
- Η δράση του δεν προκαλεί φλεγμονώδη αντίδραση και έχουμε και απουσία οιδήματος.
- Μπορεί να σφραγίζει απολήξεις νεύρων, μειώνοντας δραματικά τον μετεγχειρητικό πόνο. (Ζευγώλης, 2007)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, παρόλο που το laser CO₂ εκπέμπει στο υπέρυθρο φάσμα, δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος για βλάβες στα μάτια και αυτό δικαιολογείται από το ότι ο συγκεκριμένος τύπος laser εκπέμπει πλήρως απεστιασμένα. (Ευαγγέλου, 1998)

Τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου laser είναι:

- Δεν διαδίδεται στα υγρά, όπως το νερό και το αίμα, επίσης δεν διαδίδονται σε οπτικές ίνες, άρα είναι ακατάλληλες για τη θεραπεία και τη διάγνωση δυσπρόσιτων περιοχών του οργανισμού.

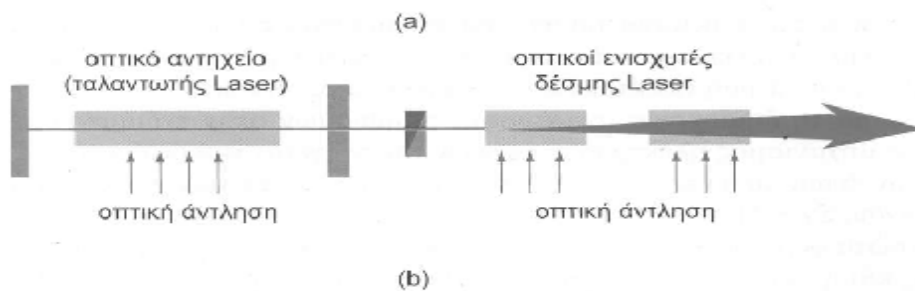
- Η ακτινοβολία τους αντανακλάται εύκολα, και επειδή η ακτινοβολία τους είναι αόρατη απαιτείται βοηθητικό laser He-Ne για τη στόχευση. Το laser CO₂ εφαρμόζεται σαν χειρουργικό εργαλείο στην οφθαλμολογία και στη δερματολογία. (Ανδριτσάκης, 1988)

Συνοψίζοντας ,τα αποτελέσματα της δράσης του laser CO₂ είναι η φωτοπηξία, η αιμόσταση, η κοπή και η εξάτμιση ιστών χωρίς να καταστρέφει τον παρακείμενο ιστό. (Ζευγώλης, 2007)

1.7.2 Laser Nd:YAG

Το πιο ισχυρό χειρουργικό laser συνεχούς λειτουργίας (cw) είναι το laser Nd:YAG (Nd-Yttrium Aluminum Granite Laser). Η υψηλή ισχύς είναι απαραίτητη, σε σύγκριση με άλλα συστήματα, γιατί η δέσμη του κοντινού υπέρυθρου σκεδάζεται προς τα έξω αλλά και διαχέεται μέσα στον ιστό και έτσι μια σχετικά υψηλή ισχύς μπορεί να είναι απαραίτητη ώστε να επιτευχθούν θερμοκρασίες φωτοπηξίας. (Carruth και McKenzie, 1994)

Χαρακτηριστικό στοιχείο τύπων στερεών laser, όπως είναι το Nd:YAG, είναι ότι το ενεργό μέσο αποτελείται από κρυστάλλους ή γυαλί στο εσωτερικό των οποίων υπάρχουν προσμίξεις ιόντων μετάλλων τα οποία έχουν το ρόλο του ενεργού υλικού. Ως μέσο διέγερσης του ενεργού υλικού, το laser Nd:YAG εκμεταλλεύεται την οπτική άντληση, για να πετύχει παλμική και συνεχή λειτουργία. Αυτός ο τύπος laser εκπέμπει σε τρία διαφορετικά μήκη κύματος, στα 0,9, 1,06 και 1,35 μm, με την γραμμή 1,06 μm να είναι η πιο ισχυρή. Στην παλμική λειτουργία χρησιμοποιούνται πηγές έκλαμψης που διαρκούν ms έως μερικών μs και ενέργειας 1mJ μέχρι 1J. Η ισχύς των παλμών στα παλμικά laser στερεών είναι 1 KW μέχρι 1 MW. Χρησιμοποιώντας συστοιχία ενεργών μέσων (χωρίς οπτικό αντηχείο) μπορούμε να αυξήσουμε την ισχύ. Η χρήση αυτών των ενεργών μέσων παίζει τον ρόλο των διαδοχικών οπτικών ενισχυτών στις επιμέρους εξερχόμενες ακτινοβολίες. Σε αυτή την κατηγορία βρίσκεται και το laser Nd:YAG.



Εικόνα
1:

Σχηματική διάταξη ενός Laser στερεού που χρησιμοποιεί συστοιχία οπτικών ενισχυτών.
Πηγή⁶

Για την συνεχή λειτουργία του laser Nd:YAG είναι απαραίτητη η οπτική άντληση να πραγματοποιείται από κάποιο άλλο laser συνεχούς λειτουργίας. (Ζευγώλης, 2007)

Μερικά χαρακτηριστικά του laser Nd:YAG είναι:

- Δεν απορροφάται από το νερό.
- Έχει τη δυνατότητα να διεισδύει στους ιστούς σε βάθος 5-6 mm.
- Το 50% της ισχύος της δέσμης ανακλάται ενώ το υπόλοιπο απορροφάται.
- Προκαλούν καλύτερη αιμόσταση από ότι τα laser CO₂.
- Έχουν καλύτερη απορρόφηση από τα αγγεία και διαδίδονται μέσα σε οπτικές ίνες πετυχαίνοντας τόσο τη θεραπεία δυσπρόσιτων περιοχών όσο και τη διάγνωση (ενδοσκοπία).
 - Παρόλα αυτά, έχουν μικρή δυνατότητα στην εξάτμιση των ιστών και κατά τη χρήση τους απαιτείται ένα βοηθητικό laser He-Ne για στόχευση, επειδή η ακτινοβολία είναι αόρατη.
 - Πολύ σημαντικό μειονέκτημα είναι η βλαπτική επίδραση που προκαλούν στους υγιείς ιστούς επειδή δεν μπορεί να προσδιοριστεί το βάθος διείσδυσης της διαχεόμενης ακτινοβολίας. Το laser Nd:YAG χρειάζεται περισσότερα προστατευτικά μέτρα από ότι το laser CO₂.
- Αυτός ο τύπος laser χρησιμοποιείται στην οφθαλμολογία, στην αγγειοχειρουργική, στην ουρολογία και στη νευροχειρουργική. (Ανδριτσάκης, 1988)

⁶ Ζευγώλης, Δ., 2007. Εφαρμοσμένη Οπτική με θέματα οπτικοηλεκτρονικής και laser. Β' έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

1.7.3 Laser Ηλίου-Νέου (He-Ne)

Το πρώτο laser αερίου, κατασκευάστηκε το 1961, και είναι το laser συνεχούς λειτουργίας Ηλίου-Νέου (He-Ne). Ως αρχή λειτουργίας χρησιμοποιεί τα τέσσερα επίπεδα και ο μηχανισμός άντλησης της ενέργειας επιτυγχάνεται με κρούσεις ηλεκτρονίων σε μια ηλεκτρική εκκένωση. Εκπέμπει σε μήκος κύματος 632,8 nm, στο ορατό οπτικό πεδίο με φάσμα ερυθρού φωτός. Ανήκει στην κατηγορία χαμηλής ισχύος (1 έως 10 mW) και θεωρείται το πιο δημοφιλές σύστημα laser. (Ζευγολής, 2007)

Το laser He-Ne βρίσκει εφαρμογή σε πολλά εξωτερικά δερματικά προβλήματα με πολύ καλά αποτελέσματα επούλωσης. Κάποια από αυτά τα προβλήματα είναι οι πληγές στο δέρμα και τους βλεννογόνους, ο έρπης ζωστήρας, η ακμή, άτονα έλκη, οι κατακλίσεις, φλεγμονές και πληγές στο στόμα, αλωπεκία και άλλα πολλά.

Το βάθος διείσδυσης του laser φθάνει τα 10 mm με ένταση 7 mW. Είναι τύπος συνεχούς εκπομπής που οι ακτίνες του είναι κατευθυνόμενες, γι αυτό δεν υπάρχει κίνδυνος για τα μάτια. Για την επίτευξη θεραπείας η ακτίνα συζευγνύεται με οπτικές ίνες. (Ευαγγέλου, 1998)

1.7.4 Laser Ρουβινίου

Η πρώτη συσκευή για την παραγωγή σύμφωνης οπτικής ακτινοβολίας ήταν το laser ρουβινίου, που εφευρέθηκε από τον Meiman το 1960.

Το ρουβίνιο κατασκευάστηκε από έναν κρύσταλλο ζαφειριού (Al_2O_3), με προσμίξεις οπτικώς ενεργών ιόντων χρωμίου, που έχουν τον ρόλο του ενεργού υλικού, σε ποσοστό περίπου 0,05% επί του συνολικού αριθμού ατόμων. Το χρώμιο στον κρύσταλλο έχει κατάλληλες στάθμες άντλησης στο ορατό φάσμα για διέγερση από λυχνία εκλάμψεων και μια μετασταθή κατάσταση που εκπέμπει κόκκινο φως (694,3 nm) με μετάπτωση στη θεμελιώδη κατάσταση. Το laser ρουβινίου είναι ένα σύστημα τριών ενεργειακών σταθμών. (Serway, Moses και Moyer, 2002)

Η χρήση του laser ρουβινίου είναι σημαντική εξαιτίας δυο βασικών παραγόντων, της διάρκειας παλμού και της μονοχρωματικότητας. Η διάρκεια του παλμού μπορεί να ελεγχθεί ηλεκτρικά, και κυμαίνονται από περίπου 200 έως 500 μs . Με αυτό τον τρόπο οι ασθενείς δεν αντιλαμβάνονται τον πόνο με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η χρήση αναισθητικών. Η

μονοχρωματικότητα της δέσμης, κάνει δυνατή την πρόκληση πολύ λεπτών εγκαυμάτων, περίπου 100 μm σε διάμετρο. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

Λόγω του εύκολου χειρισμού του το laser ρουβινίου αντικατέστησε το σύστημα φωτοπηξίας λυχνίας ξένου και συνδυάζοντας και τα άλλα πλεονεκτήματα του, έγινε άμεσα αποδεκτό από την οφθαλμολογία. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορεί να απορροφηθεί κατευθείαν από τα αιμοφόρα αγγεία, λόγω του μήκους κύματος του (694 nm). Αυτό συντέλεσε στο να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό η χρήση του laser ρουβινίου και να αντικατασταθεί από το laser Αργού. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

1.7.5 Laser Αργού και Κρυπτού

Η πρώτη εμφάνιση του laser αργού έγινε το 1964. Δύο γραμμές του laser αργού είναι ιδιαίτερα ισχυρές, τα 488 nm και τα 514,5 nm, που εκπέμπουν στο μπλε και στο μπλε-πράσινο τμήμα του φάσματος αντίστοιχα. Μια από τις σημαντικές χρήσεις του συναντάται στην οφθαλμολογία. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της ακτινοβολίας laser αργού είναι ότι μεταφέρεται στο σημείο επέμβασης με οπτική ίνα χωρίς απώλειες. Επίσης, η οπτική ίνα χρησιμοποιείται και για ενδοσκοπικές και δερματολογικές εφαρμογές. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

Οι ιδιότητες του laser αργού είναι:

- Απορροφάται από την αιμοσφαιρίνη και τη μελανίνη και διαπερνά το νερό και τους διαφανείς ιστούς.
- Το βάθος διείσδυσης είναι 1-2 mm.
- Οι ιστοί ανακλούν το 55% της ισχύος του, ενώ το υπόλοιπο απορροφάται.
- Μια δράση του είναι η συγκόλληση του αμφιβληστροειδή, αφού διαπεράσει το μάτι.
- Έχει αιμοστατικές δυνατότητες που προκαλούν μικρότερη βλάβη στους ιστούς από ότι τα laser Nd:YAG και CO₂.
- Κατά τη χρήση του, επειδή η ακτινοβολία του είναι ορατή, δεν χρειάζεται άλλη φωτεινή πηγή για στόχευση.
- Ακόμη προσφέρεται για ενδοσκοπία γιατί διαδίδεται μέσω οπτικών ινών και δεν προκαλεί ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Ένα μειονέκτημα του laser αργού είναι η μικρή ισχύς που έχει και αντανακλάται περισσότερο από ότι τα laser Nd:YAG και CO₂. (Ανδριτσάκης, 1988)

Το laser αργού είναι το πιο γνωστό από μια κατηγορία laser που ονομάζονται laser ιόντων ευγενών αερίων, στην οποία ανήκουν τα lasers νέου, αργού, κρυπτού και ξένου.

Το laser κρυπτού είναι ένα άλλο γνωστό χειρουργικό laser, που έχει δυο ισχυρές γραμμές στο ορατό μέρος του φάσματος ,στα 568 nm (κίτρινο) και 647 nm (κόκκινο). Αυτό το laser έχει χρησιμοποιηθεί στην οφθαλμολογία. Τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής εκκένωσης του laser κρυπτού μοιάζουν με αυτά του laser αργού καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τα δυο οι ίδιοι σωλήνες laser, έχοντας υπόψη την επιλογή κατάλληλων κατόπτρων για τα αντίστοιχα μήκη κύματος. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

1.7.6 Lasers Ατμών-Μετάλλων

Τα laser ατμών μετάλλων μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε στα παλμικά lasers ή laser επαναλαμβανόμενων παλμών. Το πιο σημαντικό laser επαναλαμβανόμενων παλμών ατμών μετάλλου είναι το laser ατμών χαλκού, που έχει έξοδο laser στα 510 και στα 578 nm.

Όσον αφορά τη χρήση του laser ατμών χαλκού στη χειρουργική, σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι η υψηλή μέση ισχύς που δίνει στην μπλε-πράσινη και κίτρινη περιοχή του φάσματος. Η κίτρινη γραμμή του laser ατμών χαλκού συμπίπτει με την μέγιστη απορρόφηση της αιμοσφαιρίνης, που αποδεικνύεται χρήσιμο στην δερματολογία και στην οφθαλμολογία.

Ο χαλκός μπορεί να αντικατασταθεί και από άλλα μέταλλα που χρησιμοποιούνται σαν ενεργά στοιχεία σε lasers επαναλαμβανόμενων ηλεκτρικών εκκενώσεων ατμών μετάλλων. Ένα από αυτά είναι ο χρυσός που δίνει ακτινοβολία laser στα 627,8 nm και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φωτοδυναμική θεραπεία (PDT). (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

1.7.7 Laser Διεγερμένων Διμερών

Στο laser διεγερμένων διμερών (excimer laser) το ενεργό υλικό είναι ένα διμερές μόριο, που αποτελείται από δυο άτομα ίδιου τύπου. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου laser είναι ότι στην διεγερμένη κατάσταση τα άτομα είναι ενωμένα το ένα στο άλλο, αλλά όταν

επιστρέφουν στην βασική κατάσταση τα άτομα απωθούν το ένα το άλλο και το μόριο διαχωρίζεται.

Τα excimer lasers συναντώνται μόνο σε παλμική μορφή και παρέχουν ισχυρούς παλμούς 1J στην υπεριώδη περιοχή με μέση ισχύ περίπου 100 W. Χρησιμοποιούνται σε πολλούς κλάδους της τεχνολογίας και της έρευνας γιατί θεωρούνται τα πλέον ισχυρά συστήματα laser στην υπεριώδη περιοχή.

Επιπλέον είναι το πιο διαδεδομένο laser που βρίσκει εφαρμογή στην διαθλαστική χειρουργική. (Ζευγωλής, 2007)

Μια σημαντική κατηγορία laser διεγερμένων διμερών, που χρησιμοποιείται στην χειρουργική είναι εκείνη των lasers ευγενών αερίων-αλογόνου. Στην διεγερμένη κατάσταση ένα άτομο ευγενούς αερίου ενώνεται με ένα άτομο αλογόνου και έτσι έχουμε σχηματισμό διεγερμένου διμερούς αλογονούχου ευγενούς αερίου. Τέτοια laser αντλούνται με ηλεκτρική δέσμη είτε με ηλεκτρική εκκένωση υψηλής τάσης. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

1.7.8 Lasers Χρωστικών

Στα laser χρωστικών η χρωστική είναι μια οργανική ουσία που έχει μια έντονη ζώνη απορρόφησης από το υπεριώδες μέχρι το κοντινό υπέρυθρο. Ένα laser χρωστικής μπορεί να αντληθεί από μία λυχνία έκλαμψης ώστε να παράξει παλμούς laser.

Ένας πιο εύκολος τρόπος άντλησης ενός laser χρωστικής είναι μέσω ενός παλμικού laser αζώτου ή ενός παλμικού laser ατμών χαλκού.

Σήμερα τα laser χρωστικών που χρησιμοποιούνται στην χειρουργική απαιτούν ορατό φώς. Η δέσμη μέσω μιας οπτικής ίνας οδηγείται στο σημείο εφαρμογής. Η επιλογή της κατάλληλης χρωστικής γίνεται έτσι ώστε η κορυφή φθορισμού της να πλησιάζει το απαιτούμενο μήκος κύματος, και η τελική ρύθμιση επιτυγχάνεται με ένα διπλοθλαστικό φίλτρο. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

Ένα παράδειγμα της εφαρμογής των χρωστικών laser είναι η θεραπεία των ερυθροχρωματικών κηλίδων. Το laser είναι συντονισμένο στα 577 nm για να απορροφάται από την αιμοσφαιρίνη και η εστίαση του φωτός που εκπέμπεται από την οπτική ίνα γίνεται

με την βοήθεια ενός φακού πάνω στο δέρμα. Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η μεταφορά του φωτός στις οφθαλμολογικές επεμβάσεις.

Οι δέσμες εξόδου από τις οπτικές ίνες είναι ισχυρότερες στον κεντρικό τους άξονα, ενώ η κατανομή της έντασης ακτινοβολίας κατά μήκος της δέσμης θα πρέπει να είναι ιδανικά σταθερή για να υπάρξει ακρίβεια στην δόση δέσμης laser. Για να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή της δέσμης χρησιμοποιείται ένας μικροφακός, ο οποίος τοποθετείται στην άκρη της οπτικής ίνας.

Λόγω των σημερινών απαιτήσεων στους κλάδους της δερματολογίας, της φωτοδυναμικής θεραπείας και της οφθαλμολογίας, η χρήση laser χρωστικών αυξάνεται λόγω της συντονισιμότητας του μήκους κύματος του. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASERS ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ

2.1 Γενικά

Η εφαρμογή των laser στην ιατρική είναι πολύ σημαντική για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1 και χρησιμοποιούνται ευρέως στη δερματολογία, την ωτορινολαρυγγολογία, την γυναικολογία, την ενδοσκόπηση και ιδιαίτερα στη μικροχειρουργική ματιών. Η χρήση των laser έχει αυξηθεί και τείνει σιγά σιγά να αντικαταστήσει τις χειρουργικές επεμβάσεις με το χειρουργικό νυστέρι. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι γιατί οι ακτίνες που εκπέμπουν τα laser έχουν πολλά πλεονεκτήματα. Τα χειρουργικά laser μπορούν να διαιρεθούν ανάλογα με τη δράση τους στα φωτοπηκτικά και φωτοδυναμικά laser. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.)

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των laser είναι η ικανότητα της θερμοπηξίας του αίματος, η έλλειψη μετεγχειρητικού οιδήματος και η ταχεία ανάρρωση του ασθενούς. Κάποια από τα πιο σημαντικά laser είναι του διοξειδίου του άνθρακα και το laser Nd:Yag, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή σε λεπτεπίλεπτες επεμβάσεις σε εσωτερικά όργανα του ανθρώπου όπως η τραχεία, ο φάρυγγας και το μέσον αυτί.

Στην δερματολογία τα lasers χρησιμοποιούνται για καυτηριάσεις στην επιφάνεια του δέρματος και την αφαίρεση τατουάζ. (Ζευγολής, 2007)

2.2 Τρόποι δράσης των lasers

Οι δέσμες laser μπορούν να παράγουν υψηλή πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας, στην επιφάνεια των ιστών και η δέσμη να πετύχει εστίαση στην μικρότερη δυνατή διάμετρο.

Η ακτινοβολία laser επιδρά με διάφορους τρόπους επάνω στους ιστούς, ανάλογα με το μήκος κύματος της . Οι κυριότερες από αυτές τις επιδράσεις είναι η θερμική, η ιονίζουσα και η φωτοχημική που προκαλούν αλλοιώσεις ανάλογα με το είδος του ιστού, την ένταση και το χρόνο εφαρμογής της ακτινοβολίας. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994)

2.2.1 Θερμική επίδραση

Η θερμική επίδραση έχει δυο τρόπους δράσης επάνω στους ιστούς. Μπορεί να προκαλέσει είτε πήξη του ιστού (φωτοπηξία), είτε εξάτμισή του (φωτοεξάτμιση).

· Φωτοπηξία

Σε φυσιολογικές συνθήκες το σώμα έχει 37⁰C. Στην περίπτωση που οι μαλακοί ιστοί θερμανθούν και φτάσουν στους 60⁰C για μικρό χρονικό διάστημα, δεν θα παρατηρηθεί κάποια αλλαγή στην δομή τους. Αν όμως ξεπεράσει αυτούς τους βαθμούς αρχίζει η διαδικασία της πήξης. (Carruth και Mc.Kenzie, 1994). Έτσι δημιουργείται έγκαυμα στον ιστό που ακτινοβολείται, και στην συνέχεια ουλοποιείται. Αυτή η ουλοποίηση πετυχαίνει την θεραπεία του ιστού. Οι χρωστικές που υπάρχουν στους ιστούς, όπως η μελανίνη, η αιμοσφαιρίνη και η ξανθοφύλλη, πετυχαίνουν την απορρόφηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η φωτοπηξία χρησιμοποιείται κυρίως σε παθήσεις του αμφιβληστροειδούς. (Ψύλλας, 1994)

· Φωτοεξάτμιση

Όταν ο ιστός θερμαίνεται στους 100⁰C, το νερό των κυττάρων θα αρχίσει να βράζει με αποτέλεσμα να καταστρέφονται τα τοιχώματά τους. Η διαδικασία που προκαλεί την αποδόμηση του ιστού με τέτοιο τρόπο ονομάζεται φωτοεξάτμιση. Έτσι ανάλογα με το σχήμα της δέσμης της ακτινοβολίας δημιουργούνται κανονικές τομές στους ιστούς. Με αυτή την διαδικασία πετυχαίνεται απόφραξη των αιμοφόρων αγγείων και συγχρόνως οι τομές αυτές να είναι αναίμακτες. (Ψύλλας, 1994)

2.2.2 Ιονίζουσα επίδραση

Όταν μια ακτινοβολία laser προσπίπτει πάνω στον ιστό, με υψηλή ενέργεια, μπορεί να προκαλέσει διέγερση των ηλεκτρονίων των μορίων του ιστού, δημιουργώντας ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα. Όπως αναφέρει ο Ψύλλας (1994) η κατάσταση αυτή του ιονισμένου μέσου ονομάζεται κατάσταση πλάσματος. Επίσης η ταχεία σε όγκο ανάπτυξη του πλάσματος δημιουργεί υπερηχητικά κρουστικά κύματα, τα οποία σε συνδυασμό με τοπικές παραμορφώσεις στην δομή του ιστού, προκαλούν τελικά τη διάσπαση του ιστού-στόχου με την μορφή τομής (φωτοδιάσπαση). (Ψύλλας, 1994)

2.2.3 Φωτοχημική επίδραση

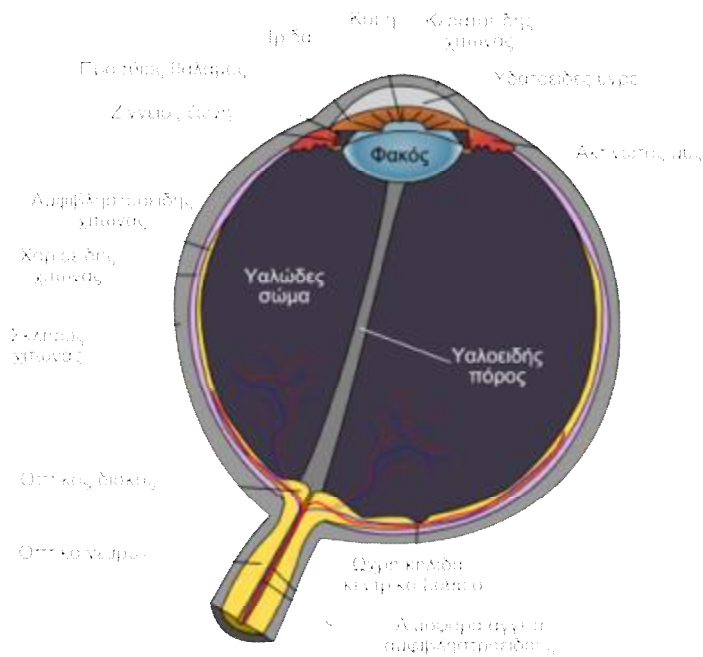
Η πρόκληση χημικών αντιδράσεων στους ιστούς επηρεάζεται από δυο παράγοντες, την υψηλή ενέργεια της ακτινοβολίας laser και του συγκεκριμένου μήκους κύματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ελεύθερων ριζών που είναι κυτταροτοξικές, η δράση των οποίων έχει χρησιμοποιηθεί πειραματικά για τη καταστροφή όγκων. Σε αυτή την περίπτωση ο όγκος θα πρέπει να έχει ευαισθητοποιηθεί τεχνητά από πριν με την πρόσληψη αιματοπορφυρίνης.

Μία άλλη δράση της φωτοχημικής επίδρασης της ακτινοβολίας laser είναι η αφαιρετική φωτοαποσύνθεση. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ακτινοβολία laser υψηλής ενέργειας και υπεριώδους μήκους κύματος. Η υψηλή ενέργεια της ακτινοβολίας είναι αυτή που απορροφάται από τα μόρια του ιστού-στόχου και προκαλεί την διάσπαση των ενδομοριακών δεσμών των μακρομορίων, δημιουργώντας μοριακά θραύσματα, που διασπώνται με μεγάλη ταχύτητα υπό μορφή έκρηξης. Με αυτή την διαδικασία πετυχαίνουμε να αφαιρέσουμε τμήμα ιστού χωρίς την θερμική επίδραση πάνω στους ιστούς (φωτοεκτομή). (Ψύλλας, 1994)

2.3 Κλάδοι της Ιατρικής που χρησιμοποιούν τα laser

2.3.1 Οφθαλμολογία

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την δράση των laser στις διάφορες παθήσεις του οφθαλμού, θα πρέπει να γίνει μια εκτενής αναφορά στη λειτουργία του συστήματος του οφθαλμού.



Εικόνα 2: Σχηματική παράσταση εγκάρσιας τομής του ματιού. Πηγή: Wikipedia.org

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, παρουσιάζονται οι βασικές εξωτερικές και εσωτερικές δομές του ματιού. Ακολουθεί η περιγραφή των ανατομικών δομών.

- **Βλέφαρα**

Τα βλέφαρα είναι οι εξωτερικές δομές οι οποίες προστατεύουν τον βολβό και υγραίνουν την επιφάνεια του ματιού. Στην εσωτερική επιφάνεια των βλεφάρων βρίσκονται οι ταρσοί, στους οποίους εμπεριέχονται οι μείβομιοι αδένες. Τα βλέφαρα συγκλίνουν ρινικά στον έσω κανθό και κροταφικά στον έξω κανθό. Το διάστημα μεταξύ των δύο ανοιχτών βλεφάρων ονομάζεται βλεφαρική σχισμή. (Berson, 2001)

Η μορφολογία των βλεφάρων έχει προστατευτικό χαρακτήρα για το μάτι, όταν αυτά παραμένουν κλειστά, το μάτι προστατεύεται πλήρως. Επιπλέον στα βλέφαρα υπάρχουν και άλλοι ανατομικοί σχηματισμοί που έχουν ενδιαφέρον. Οι βλεφαρίδες είναι κοντές καμπυλωτές τρίχες και αποτελούν ένα ακόμη αμυντικό σχηματισμό του ματιού. Στο χείλος

του άνω και κάτω βλεφάρου βρίσκονται οι εκβολές των μείβομιανών αδένων που λειτουργούν ως λιπαντικοί αδένες του ματιού. Τέλος στο άνω βλέφαρο βρίσκονται οι αδένες του Zeiss, που είναι λιπαντικοί αδένες, και οι αδένες του Moll που είναι τροποποιημένοι ιδρωτοποιοί αδένες.

Στην εσωτερική τους επιφάνεια καλύπτονται από τον επιπεφυκότα. Ο επιπεφυκότας είναι μια λεπτή βλενώδης μεμβράνη που καλύπτει τα βλέφαρα (βλεφαρικός επιπεφυκότας) και τον σκληρό (βολβικός επιπεφυκότας). (Φωτεινάκης, Πατέρας και Χανδρινός, 2000)

- **Σκληρός χιτώνας**

Είναι ο εξωτερικός συμπαγής ινώδης χιτώνας που καλύπτει τα 5/6 του βολβού και σε φυσιολογικές συνθήκες είναι λευκός και αδιαφανής. Σε μη φυσιολογικές συνθήκες, όπως είναι ο ίκτερος, παίρνει κιτρινωπό χρώμα, ή εμφανίζει ιώδες χρώμα στην περίπτωση νόσων του κολλαγόνου, από τις ίνες του οποίου και αποτελείται. Επίσης σε ηλικιωμένα άτομα μπορεί να λάβει κιτρινωπή απόχρωση λόγω της συγκέντρωσής και εναπόθεσης λίπους.

Η βασική λειτουργία του σκληρού είναι να προστατεύει το εσωτερικό του ματιού από τυχόν τραυματισμό ή μηχανική εκτόπιση. Μία άλλη λειτουργία του είναι να διατηρεί το σχήμα του βολβού ώστε να παραμένει σωστή και ακριβή η θέση των τμημάτων του και όλα αυτά σε συνδυασμό με την ενδοφθάλμια πίεση. Αποτελεί το σημείο που καταφύονται οι οφθαλμικοί κινητικοί μύες. Στο πρόσθιο τμήμα του ο σκληρός ενώνεται με τον κερατοειδή χιτώνα του ματιού στο σκληροκερατοειδές όριο. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Κερατοειδής χιτώνας**

Ο κερατοειδής χιτώνας είναι το διαφανές πρόσθιο τμήμα του ματιού και αποτελεί το 1/6 του. Είναι αυτός που αποτελεί την κύρια διαθλαστική επιφάνεια του εισερχόμενου φωτός και έχει δείκτη διάθλασης 1.336. Αποτελείται από πέντε στρώματα, το επιθήλιο, τη μεμβράνη του Bowman, το στρώμα, τη μεμβράνη του Descemet και το ενδοθήλιο. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Ίριδα**

Είναι το έγχρωμο τμήμα του ματιού το οποίο παρεμποδίζει την είσοδο του φωτός, κυρίως μέσω του μελάγχρου επιθηλίου που καλύπτει την οπίσθια επιφάνειά της. Το χρώμα της ίριδας ποικίλει από ανοιχτό γαλάζιο μέχρι σκούρο καφέ και μπορεί να διαφέρει σε κάθε μάτι. Σημαντικά όργανα της ίριδας είναι ο σφιγκτήρας και ο διαστολέας μυς της κόρης. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Κόρη**

Το κυκλικό άνοιγμα στο κέντρο της ίριδας είναι η κόρη, το οποίο ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που θα εισέλθει στο μάτι. Αυτή η διαδικασία γίνεται από τον σφιγκτήρα και το διαστολέα μυ της κόρης. Ο σφιγκτήρας μυς όταν συστέλλεται, συστέλλει και την κόρη (μύση), ο οποίος νευρώνεται από το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Ο μυς αυτός συστέλλει την κόρη στο έντονο φώς και στην προσαρμογή για κοντά. Ο διαστολέας μυς όταν συστέλλεται, η κόρη μεγαλώνει (μυδρίαση). Ο μυς αυτός νευρώνεται από συμπαθητικές μεταγαγγλιακές νευρικές ίνες. Μυδρίαση έχουμε στον χαμηλό φωτισμό και σε έντονη συμπαθητική δραστηριότητα (νευρική), όπως για παράδειγμα σε κατάσταση τρόμου. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Πρόσθιος θάλαμος**

Είναι το διάστημα μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδή και της πρόσθιας επιφάνειας της ίριδας. Στο χώρο αυτό περιέχεται το υδατοειδές υγρό. Το υδατοειδές υγρό είναι ένα άχρωμο υγρό που γεμίζει τον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού. Η φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση, που συνδέεται με την παραγωγή του υδατοειδές υγρού, κυμαίνεται από 10 - 20 περίπου mmHg. (Berson, 2001)

- **Οπίσθιος θάλαμος**

Περιέχει το υδατοειδές υγρό και βρίσκεται μεταξύ της οπίσθιας επιφάνειας της ίριδας και του υαλοειδούς σώματος. (Berson, 2001)

- **Υαλώδες σώμα**

Το υαλώδες σώμα βρίσκεται πίσω από το φακό και εκτείνεται μέχρι τον αμφιβληστροειδή. Στο πρόσθιο μέρος του το υαλώδες σχηματίζει μια κοιλότητα που εισχωρεί η οπίσθια

επιφάνεια του κρυσταλλοειδή φακού. Το υαλώδες σώμα είναι ένα διαφανές άχρωμο τζελ το οποίο αποτελείται κατά 99% από νερό, άλατα, διαλυτές πρωτεΐνες και υαλουρονικό οξύ.

Το υαλώδες σώμα χρησιμοποιείται κι αυτό σαν διαθλαστικό μέσο και ο ρόλος του είναι να μεταδίδει τις φωτεινές ακτίνες. Επίσης υποστηρίζει την οπίσθια επιφάνεια του ματιού και βοηθά στο να κρατά το νευρικό μέρος του αμφιβληστροειδούς με το μελάγχρουν επιθήλιο. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Αμφιβληστροειδής χιτώνας**

Ο αμφιβληστροειδής είναι ο εσωτερικός από τους τρεις οφθαλμικούς χιτώνες. Είναι νευρικός ιστός που επενδύει προς τα πίσω την υαλοειδική κοιλότητα. Είναι διαφανής εκτός από τα αιμοφόρα αγγεία στην εσωτερική του επιφάνεια. Περιέχει δυο τύπους φωτοδεκτικών κυττάρων τα κωνία και τα ραβδία. Ο ρόλος του είναι να στέλνει τα αρχικά οπτικά ερεθίσματα στον εγκέφαλο μέσω του οπτικού νεύρου. Τα δυο πιο σημαντικά σημεία του αμφιβληστροειδή είναι η ωχρά κηλίδα που είναι τοποθετημένη κεντρικά και η οπτική θηλή η οποία βρίσκεται ρινικά. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Ωχρά κηλίδα**

Είναι η περιοχή του αμφιβληστροειδούς που είναι υπεύθυνη για την οξεία, κεντρική όραση και αποδίδει την καλύτερη οπτική οξύτητα. Το σχήμα της είναι ωοειδές και έχει κιτρινωπό χρώμα που οφείλεται στην χρωστική της ξανθοφύλλης. Ο ρόλος αυτής της χρωστικής είναι να προστατεύει τα ωχρικά κωνία από το θάμβωμα του φωτός που εισέρχεται στο μάτι. Στο εσωτερικό της ωχράς κηλίδας υπάρχει το “κεντρικό βοθρίο” όπου στερείται ραβδίων. (Berson, 2001)

- **Οπτική θηλή**

Είναι το σημείο που ονομάζεται και τυφλό σημείο λόγω του ότι απουσιάζουν τα φωτοευαίσθητα κύτταρα και αποτελεί το σημείο εξόδου του οπτικού νεύρου. Αποτελείται από νευράξονες των οποίων τα κυτταρικά σώματα βρίσκονται στη στοιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Χοριοειδής χιτώνας**

Είναι λεπτή μελαγχρωστική στοιβάδα μεταξύ του σκληρού και του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Περιέχει μεγάλο αριθμό αγγείων γι' αυτό και τροφοδοτεί με αίμα τα εξωτερικά στρώματα του αμφιβληστροειδή. Εκτίνεται από το οπτικό νεύρο ως το ακτινωτό σώμα. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

- **Ακτινωτό σώμα**

Παράγει το υδατοειδές υγρό. Όταν ο ακτινωτός μυς συστέλλεται, μεταβάλλει τις ίνες της Ζήνειους ζώνης οι οποίες συγκρατούν το φακό, και έτσι επιτρέπουν στο μάτι να εστιάσει από ένα μακρινό σε ένα κοντινό αντικείμενο (προσαρμογή). (Berson, 2001)

- **Κρυσταλλοειδής φακός**

Είναι το διάφανο αμφίκυρτο σώμα που συγκρατούν οι ίνες της Ζήνειους ζώνης. Αποτελεί τμήμα του διαθλαστικού συστήματος του ματιού. Βρίσκεται πίσω από την ίριδα και την κόρη και μπροστά από το υαλώδες σώμα. Η κυρτότητα του είναι περισσότερη στην οπίσθια επιφάνεια από ότι στην πρόσθια. Το διαθλαστικό σύστημα του ματιού είναι 58 διοπτρίες και ο φακός αποτελεί τις 15 από αυτές. Σημαντική λειτουργία του φακού είναι ότι μπορεί να μεταβάλλει την διοπτρική του δύναμη πετυχαίνοντας να εστιαστούν στον αμφιβληστροειδή κοντινά και μακρινά αντικείμενα. Το εύρος της προσαρμογής μειώνεται με την ηλικία, προκαλώντας την πρεσβυωπία. Ο φακός αποτελείται από τρία κύρια τμήματα, το περιφάκιο, το φλοιό και τον πυρήνα. (Φωτεινάκης και συν., 2000)

2.3.1 Δράση των lasers μέσα στον οφθαλμό

Ένας από τους τρόπους επέμβασης που προκαλούν φωτοπηξία μέσα στον οφθαλμό είναι η θερμική συστολή. Δημιουργεί σφράγισμα και εξάλειψη των αιμοφόρων αγγείων σε περιπτώσεις όπως είναι η νεοαγγείωση, που συναντάται συνήθως στις αγγειακές αμφιβληστροειδοπάθειες. Επίσης πετυχαίνει αναμόρφωση των ιστών με γωνιοπλαστική laser ή με τραμπεκουλοπλαστική laser.

Άλλος ένας τρόπος φωτοπηξίας είναι η αποδόμηση μεγάλων περιοχών ισχαιμικού αμφιβληστροειδή, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει νεοαγγειακή ανάπτυξη.

Μια άλλη περίπτωση είναι η παραγωγή εγκυμάτων, που πετυχαίνουν ενοποίηση στρωμάτων του αμφιβληστροειδή και του χοριοειδή, τα οποία κινδυνεύουν να διαχωριστούν.

Τέλος δημιουργούνται οπές λόγω αποδόμησης. Μια τέτοια περίπτωση επιτυγχάνεται στην ιριδοτομία laser. (Carruth και McKenzie, 1994)

· **To laser αργού**

Η χρήση του laser αργού στις ιατρικές εφαρμογές οφείλεται στο μπλε-πράσινο χρώμα του. Το laser αργού απορροφάται επιλεκτικά από την αιμοσφαιρίνη των αιμοφόρων αγγείων οδηγώντας σε φωτοπηξία των αγγείων που δημιουργείται από τη θερμότητα που παράγεται μέσω των τοιχωμάτων των αγγείων.

Επίσης η απευθείας ακτινοβολία των αιμοφόρων αγγείων θεωρείται χρήσιμη στην αντιμετώπιση μερικών περιπτώσεων όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια. Σε αυτή την περίπτωση δημιουργούνται νεοαγγειακές αναπτύξεις, γι' αυτό είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθεί η ακτινοβολία laser η οποία απορροφάται από το μελάγχρουν επιθήλιο. (Carruth και McKenzie, 1994)

Είναι λάθος να εννοηθεί ότι όλο το φως του laser αργού που προσπίπτει επάνω στο μελάγχρουν επιθήλιο απορροφάται εκεί. Το 70% απορροφάται από το μελάγχρουν επιθήλιο και το χοριοειδή χιτώνα μαζί, και λιγότερο απορροφάται μόνο από το μελάγχρουν επιθήλιο.

Τα κέντρα απορρόφησης του μελάγχρουν επιθηλίου, δηλαδή οι κόκκοι της μελανίνης, βρίσκονται στο εσωτερικό άκρο των κυττάρων του επιθηλίου, τα οποία σχηματίζουν το μονοκυτταρικό στρώμα που έχει πάχος 3 mm.

Η υψηλή θερμότητα που απορροφάται δημιουργεί αύξηση της τοπικής θερμοκρασίας, όπου η θερμότητα μεταβιβάζεται στον αμφιβληστροειδή και στο χοριοτριχοειδές στρώμα μέσω της λεπτής μεμβράνης του Bruch. (Carruth και McKenzie, 1994)

Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η καταστροφή κυττάρων και η διόγκωσή τους λόγω του οιδήματος. Η αποκατάσταση γίνεται εμφανής και μπορούν να μεταφερθούν νευρογλοιακά κύτταρα για την επούλωση της κατεστραμμένης περιοχής του αμφιβληστροειδή.

Στην περιοχή της ωχράς κηλίδας η απορρόφηση σε ένα εύρος μηκών κύματος μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη, από ότι είναι έξω από την περιοχή αυτή. Αυτό συμβαίνει γιατί στην περιοχή της ωχράς κηλίδας το στρώμα είναι παχύτερο και υπάρχουν περισσότεροι χρωστικοί κόκκοι ανά κύτταρο. Επομένως, εάν χρησιμοποιήσουμε το laser στην ωχρά κηλίδα, υπάρχει περίπτωση να προκληθεί έγκαυμα και αυτό γιατί οι ρυθμίσεις του laser δεν είναι κατάλληλες για αυτή την περίπτωση (ισχύ και μέγεθος κηλίδας δέσμης). (Carruth και McKenzie, 1994)

Ακόμη, το laser Αργού χρησιμοποιείται για τη θεραπεία του γλαυκώματος. Το γλαύκωμα είναι μια πάθηση του ματιού που συνδέεται με την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης του. Αυτή η αύξηση της πίεσης οφείλεται στην απόφραξη της αποχετευτικής οδού, με αυτό τον τρόπο γεμίζει ο πρόσθιος θάλαμος με υδατοειδές υγρό. Με το laser γίνεται η απόφραξη της αποχετευτικής οδού και η αποκατάσταση της φυσιολογικής λειτουργίας του ματιού. (Ανδριτσάκης, 1988)

· **Το κόκκινο laser κρυπτού**

Δύο μειονεκτήματα του laser αργού οδήγησαν τους οφθαλμιάτρους στην χρήση του laser κρυπτού. Το πρώτο μειονέκτημα είναι ότι το laser αργού απορροφάται από τα αιμοφόρα αγγεία, κάτι που θεωρείται βέβαια αρνητικό για περιπτώσεις βλάβης στην ωχρά κηλίδα. Το δεύτερο μειονέκτημα είναι η υψηλή απορρόφηση στα μήκη κύματος του laser αργού από την κίτρινη χρωστική, την ξανθοφύλλη της περιοχής της ωχράς κηλίδας.

Το laser κρυπτού εκπέμπει κόκκινο φως στα 647 nm. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο μελάγχρουν επιθήλιο θα πρέπει να φθάσει μέχρι τον χοριοειδή και ένα μικρότερο ποσοστό θα πρέπει να απορροφηθεί από την χρωστική της ωχράς. Το κόκκινο χρώμα του laser κρυπτού απορροφάται ελάχιστα από το αίμα για αυτό και αν προκληθεί φωτοπηξία στα αιμοφόρα αγγεία δεν αποτελεί κάποιο κίνδυνο. (Carruth και McKenzie, 1994)

Μία άλλη παράμετρος που το κόκκινο laser κρυπτού υπερτερεί του μπλε-πράσινου laser αργού είναι η σκέδαση των μηκών κύματος. Δηλαδή τα μεγαλύτερα μήκη κύματος σκεδάζονται λιγότερο από τα μικρότερα μήκη κύματος. Γι αυτό η χρήση του laser αργού μειονεκτεί σε κάποιες περιπτώσεις όπως στη παρουσία αμφιβληστροειδικού οιδήματος ή όπου υπάρχει αδιαφάνεια του υαλώδους, στον κερατοειδή ή στον φακό του οφθαλμού.

Μετά από τη σύγκριση εγκαυμάτων που προκλήθηκαν στον οφθαλμό από τη χρήση laser κρυπτού και laser αργού, παρατηρήθηκαν κάποιες διαφορές. Πιο συγκεκριμένα μετά από ακτινοβολία των αγγείων που βρίσκονται μέσα στον αμφιβληστροειδή από laser αργού, μπορεί να δημιουργηθεί βλάβη και στα αιμοφόρα αγγεία και στις νευρικές ίνες που βρίσκονται κοντά στο σημείο. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιηθεί laser κρυπτού συνήθως δεν παρατηρείται καταστροφή στα αιμοφόρα αγγεία αλλά στα φωτοδεκτικά κύτταρα που βρίσκονται στον νευροαισθητήριο αμφιβληστροειδή. Αυτό συμβαίνει γιατί γίνεται απορρόφηση από το μελάγχρουν επιθήλιο που βρίσκεται κάτω από τα φωτοδεκτικά κύτταρα. (Carruth και McKenzie, 1994)

Κατά την ακτινοβολία του βοθρίου από το laser αργού παρατηρήθηκε καταστροφή στα εσωτερικά στρώματα του αμφιβληστροειδή, ενώ η χρήση laser κρυπτού προκάλεσε εγκαύματα στο μελάγχρουν επιθήλιο.

Μια κοινή αλλοίωση που προκάλεσαν και τα δυο laser είναι στο χοριοτριχοειδές στρώμα, που προκλήθηκε από τη διάχυση θερμότητας από το μελάγχρουν επιθήλιο.

Επιπλέον το laser του αργού προκάλεσε μικρή καταστροφή στα βαθύτερα εξωτερικά στρώματα του χοριοειδή, ενώ σημαντική καταστροφή στα αγγεία του χοριοειδή προκάλεσαν τα εγκαύματα από το laser κρυπτού. (Carruth και McKenzie, 1994)

Άρα υπάρχει υψηλή απορρόφηση του μελάγχρουν επιθηλίου για τα μήκη κύματος του laser αργού παρά για τα μήκη κύματος του laser κρυπτού. Επίσης παρατηρείται καταστροφή του χοριοειδή μετά από χρήση του κόκκινου μήκους κύματος του laser κρυπτού. Η καταστροφή αυτή, μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή της τροφοδοσίας του αίματος στο μελάγχρουν επιθήλιο και στους φωτοδέκτες που βρίσκονται έξω από την περιοχή που έχει υποστεί ακτινοβολία. (Carruth και McKenzie, 1994)

· **Το κίτρινο laser κρυπτού**

Το laser κρυπτού εκπέμπει μια κίτρινη γραμμή στα 568 nm. Και αυτό το laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην οφθαλμολογική φωτοπηξία. Απορροφάται από το μελάγχρουν επιθήλιο και υπερτερεί του laser αργού γιατί απορροφάται περισσότερο από την αιμοσφαιρίνη. Επίσης, σε αντίθεση με το φως του laser αργού, η κίτρινη γραμμή του laser κρυπτού

διαδίδεται ευκολότερα μέσω της ξανθοφύλλης της ωχράς κηλίδας και μέσω του κρυσταλλικού φακού που έχει κιτρινίσει λόγω ηλικίας. (Carruth και McKenzie, 1994)

- **To laser ατμών χαλκού**

Αυτό το laser εκπέμπει φως στο πράσινο και κίτρινο μέρος του φάσματος. Το μήκος κύματος της κίτρινης γραμμής απορροφάται από την αιμοσφαιρίνη και επιπλέον το laser αυτό μπορεί να δώσει υψηλές τιμές ισχύος σε σχέση με τα laser κρυπτού. Τα laser ατμών χαλκού μπορούν να χρησιμοποιηθούν από οφθαλμιάτρους και είναι διαθέσιμα με τη μορφή εμπορικών ιατρικών συσκευών. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.2 Ενδοσκόπηση

Η ενδοσκόπηση είναι πολύ χρήσιμη για τη διάγνωση και θεραπεία στους κλάδους τις πνευμονολογίας και γαστρεντερολογίας.

- **Πνευμονολογία**

Βασίζεται στην εξέταση του τραχειοβρογχικού δένδρου με την χρήση ενδοσκοπίου. Η διαδικασία της εξέτασης αυτής έχει διευκολυνθεί από τα σύγχρονα ενδοσκόπια. Είναι εύκαμπτα βρογχοσκόπια οπτικών ινών που χρησιμοποιούν και τηλεσκοπικές διατάξεις, που σε συνδυασμό με άκαμπτα όργανα δίνουν μια ευρεία περιοχή γωνιών παρατήρησης. Ο ρόλος των laser στην πνευμονολογία μπορεί να αναλυθεί αφού αναφερθούν οι τρεις παρακάτω περιπτώσεις:

- I. Διάγνωση κακοήθων νόσων που βρίσκονται σε αρχικό στάδιο
- II. Θεραπεία κακοήθων νόσων
- III. Θεραπεία μη κακοήθων νόσων (όγκοι, στενώσεις και αιμορραγίες)

Στη διάγνωση κακοήθων νόσων που βρίσκονται στο αρχικό στάδιο χρησιμοποιείται η βρογχοσκόπηση φθορισμού. Η τεχνική αυτή είναι γρήγορη και ακριβής και προσφέρεται για την πρόωπη διάγνωση κακοήθους νόσου στο τραχειοβρογχικό δένδρο. Σε αυτή τη διαδικασία χρησιμοποιείται η αιματοπορφυρίνη (HPD) η οποία χρησιμεύει ως διαγνωστικό εργαλείο και ως θεραπευτικό μέσο. (Carruth και McKenzie, 1994)

Η αιματοπορφυρίνη (HPD) κατανέμεται μέσα στον οργανισμό μετά από ενδοφλέβια ένεση. Μετά από ένα διάστημα 48 με 72 ωρών, εντοπίζεται επιλεκτικά στον κακοήθη ιστό και σε μερικά φυσιολογικά όργανα, όπως το συκώτι, τα νεφρά, τον σπλήνα και το δέρμα. Στη συνέχεια ακτινοβολείται ο κακοήθης ιστός, που περιέχει το HPD με υπεριώδη ακτινοβολία, μήκους κύματος 400 και 410 nm, εκπέμποντας ένα κόκκινο φως φθορισμού. (Carruth και McKenzie, 1994)

Στη θεραπεία κακοήθων νόσων πολλοί ασθενείς με καρκίνωμα των βρόγχων πεθαίνουν από την απόφραξη της τραχείας ή του κύριου βρόγχου. Χρησιμοποιούνται τα laser CO₂, το Nd:YAG και του αργού, τα οποία είναι δυνατόν να αφαιρέσουν όγκους οι οποίοι εμποδίζουν τις διόδους του αέρα, πετυχαίνοντας την ανακούφιση των ασθενών αλλά όχι και τη βελτίωση του αριθμού επιβιώσής τους.

Το laser διοξειδίου του άνθρακα, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με ένα άκαμπτο βρογχοσκόπιο, για εξέταση της τραχείας και των κύριων βρόγχων. Ο λόγος που χρησιμοποιείται το βρογχοσκόπιο είναι γιατί δεν μπορεί να μεταδοθεί η δέσμη laser CO₂ κατά μήκος μιας εύκαμπτης οπτικής ίνας. (Carruth και McKenzie, 1994)

Κατά την επέμβαση με laser CO₂ παρατηρήθηκε ότι μετά την αφαίρεση του όγκου δεν υπήρξε αντίδραση από τους φυσιολογικούς ιστούς γύρω από αυτόν, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μικρότερο οίδημα. Αυτός είναι ο λόγος που προτιμάται από το laser Nd:YAG. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το laser CO₂ χρησιμοποιείται για επεμβάσεις μόνο στη τραχεία και στους κύριους βρόγχους, και αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως μειονέκτημα. Η επέμβαση στους βασικούς αεραγωγούς, από το laser Nd:YAG πετυχαίνει μέγιστη ανακούφιση στους ασθενείς και γι αυτό προτιμάται αντί του laser CO₂. (Carruth και McKenzie, 1994)

Η υπέρυθη δέσμη του laser Nd:YAG μπορεί να μεταδοθεί μέσα από μια εύκαμπτη υάλινη οπτική ίνα ή ίνα χαλαζία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα εύκαμπτο ή ένα άκαμπτο βρογχοσκόπιο. Οι συσκευές αυτές περιλαμβάνουν και μια ορατή δέσμη στόχευσης He-Ne. Η δέσμη laser Nd:YAG απορροφάται σε αρκετό βάθος από τους ιστούς και αν χρησιμοποιηθεί ισχύς γύρω στα 40 με 90 Watt μπορεί να υπάρξει καταστροφή των ιστών. Επίσης, σε αυτά τα επίπεδα ισχύος πετυχαίνεται καλή αιμόσταση.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται αν θα χρησιμοποιηθεί εύκαμπτο ή άκαμπτο βρογχοσκόπιο είναι το σημείο που εντοπίζεται η βλάβη, η κατάσταση του ασθενή, η διαθεσιμότητα διατάξεων γενικής αναισθησίας και η προτίμηση του ιατρού. (Carruth και McKenzie, 1994)

Ένα άλλο laser το οποίο έχει αντικαταστήσει το laser Nd:YAG είναι το laser αργού. Η δέσμη του αργού μπορεί να μεταδοθεί μέσα από εύκαμπτες οπτικές ίνες και αν χρησιμοποιηθούν υψηλά επίπεδα ισχύος μπορεί να υπάρξει καταστροφή των ιστών με καλή αιμόσταση. Στους μη κακοήθεις όγκους, όπως είναι το αδenoειδές κυστικό καρκίνωμα και οι καρκινοειδείς όγκοι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το laser Nd:YAG. Η τεχνική που χρησιμοποιούν είναι όμοια με αυτή των κακοήθων όγκων. Αποτέλεσμα αυτής της τεχνικής είναι η άμεση απαλλαγή από τα συμπτώματα, αλλά για το αν θα επανεμφανιστεί ο όγκος εξαρτάται από την φυσιολογία του. Σε περίπτωση πολλαπλών θηλωμάτων του λάρυγγα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το laser CO₂ το οποίο χρησιμοποιεί ένα άκαμπτο βρογχοσκόπιο για την μετάδοση της δέσμης. (Carruth και McKenzie, 1994)

· **Γαστρεντερολογία**

Στον κλάδο της γαστρεντερολογίας χρησιμοποιείται ένα εύκαμπτο ενδοσκόπιο με οπτικές ίνες. Επιπλέον το εύκαμπτο γαστρεντερικό ενδοσκόπιο είναι όμοιο με το βρογχοσκόπιο οπτικών ινών και κατά βάση είναι διαγνωστικό παρά ένα θεραπευτικό εργαλείο.

Ο ρόλος των laser στη γαστρεντερολογία θα αναλυθεί μέσω των παρακάτω περιπτώσεων.

- I. Έλεγχος αιμορραγίας του ανώτερου πεπτικού
- II. Αγγειακές αλλοιώσεις του γαστρεντερικού
- III. Παρηγορητική θεραπεία καρκινωμάτων του οισοφάγου
- IV. Χοληφόρος οδός
- V. Αντιμετώπιση γαστρικών όγκων
- VI. Παχύ έντερο

Στην περίπτωση της αιμορραγίας του ανώτερου πεπτικού η χρήση ενδοσκοπίου με οπτικές ίνες και η χρήση αγγειογραφίας έχει βελτιωθεί στην εύρεση και στο είδος του σημείου που αιμορραγεί. (Carruth και McKenzie, 1994)

Τα lasers Nd:YAG και αργού έχουν χρησιμοποιηθεί σε δοκιμαστικό επίπεδο για τον έλεγχο αιμορραγίας του ανωτέρου πεπτικού συστήματος. Με κριτήριο την αύξηση της πρόγνωσης των ασθενών υπάρχει διχογνωμία για το ποιο laser είναι καλύτερο.

Συγκρίνοντας τα δυο lasers, το Nd:YAG υπερτερεί του laser αργού πρώτον γιατί η ενέργειά του δεν απορροφάται μόνο από την αιμοσφαιρίνη και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη φωτοπηξία του αγγείου. Δεύτερον λόγω του ότι μπορεί να διεισδύσει σε μεγαλύτερο βάθος μπορεί να πετύχει φωτοπηξία σε αγγεία μεγαλύτερης διαμέτρου. Τρίτον λόγω της υψηλής ισχύος που μπορεί να διαθέσει, πετυχαίνει καλύτερη φωτοπηξία και ξεπερνά το εμπόδιο της ψύξης του αίματος που συμβαίνει λόγω της μεγάλης αιμορραγίας. (Carruth και McKenzie, 1994)

Αντίθετα, το laser αργού υπερτερεί του laser Nd:YAG στο να πετυχαίνεται υψηλότερη απορρόφηση της ενέργειας laser από την αιμοσφαιρίνη, επιτρέποντας να γίνει φωτοπηξία με μεγάλη ακρίβεια και σε χαμηλότερα επίπεδα ενέργειας. Αυτό βοηθάει στον περιορισμό του κινδύνου διάτρησης των σπλάχνων. Επιπλέον, δεν έχει παρατηρηθεί διάτρηση κατά τη χρήση laser αργού, ενώ κατά τη χρήση laser Nd:YAG υπήρξαν περιπτώσεις διάτρησης που το laser χρησιμοποιήθηκε για περισσότερες από μια φορές, σε διάστημα μερικών ημερών, για την αντιμετώπιση του έλκους. Επίσης ένα άλλο πλεονέκτημα του laser αργού είναι ότι μπορεί να διαχειριστεί καλύτερα τα μικρά αγγεία περιορίζοντας τον κίνδυνο καταστροφής των σπλάχνων. Για την αιμορραγία μεγαλύτερων αγγείων είναι καλύτερα να χρησιμοποιηθεί laser Nd:YAG, το οποίο δημιουργεί μεγαλύτερη μάζα του ουλώδους ιστού γύρω από τα αγγεία. (Carruth και McKenzie, 1994)

Τα επίπεδα ισχύος που χρησιμοποιούνται με το laser αργού είναι 6-10 Watt και ο χρόνος έκθεσης είναι 1-3 s και με συνολικό αριθμό εκθέσεων 15-100 για να ελεγχθεί η αιμορραγία. Με το laser Nd:YAG τα επίπεδα ισχύος είναι 50-90 Watt ,ο χρόνος έκθεσης 0,5-2 s και συνολικά 4-60 εκθέσεις. Το άκρο της οπτικής ίνας τοποθετείται σε απόσταση 5-15 mm από τις βλάβες. (Carruth και McKenzie, 1994)

Οι αγγειακές αλλοιώσεις του γαστρεντερικού μπορεί να είναι κληρονομικής ή μη κληρονομικής μορφής. Γι αυτές τις αλλοιώσεις χρησιμοποιείται laser Nd:YAG και laser αργού για να πραγματοποιήσουν φωτοπηξία.

Για την θεραπεία γαστρεντερικών όγκων χρησιμοποιείται laser Nd:YAG για να εξασφαλιστεί η ανακούφιση από την δυσφαγία. Για αυτή την τεχνική απαιτείται εύκαμπτο ενδοσκόπιο οπτικής ίνας, με επίπεδα ισχύος που φτάνουν στα 70-100 Watt και την οπτική ίνα να τοποθετείται σε απόσταση 1cm από τη βλάβη. Για να μπορέσει να επαναληφθεί η θεραπεία πρέπει να περάσει ένα διάστημα 48 ωρών αφού πρώτα έχουν αφαιρεθεί με λαβίδες οι νεκρωμένοι ιστοί. (Carruth και McKenzie, 1994)

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων στη χοληφόρο οδό χρησιμοποιείται laser Nd:YAG, που καταστρέφει τους χολόλιθους. Υπάρχουν δυο περιπτώσεις δράσης, η πρώτη χρησιμοποιώντας ένα χολιδοσκόπιο που σπάει την πέτρα σε μικρότερα κομμάτια, ώστε να μπορέσει να αφαιρεθεί και στη δεύτερη χρησιμοποιείται ισχύ 15 Watt περιορίζοντας το μέγεθος της πέτρας, ώστε να μπορεί να αφαιρεθεί.

Η χρήση lasers Nd:YAG και αργού εξασφαλίζουν μια παρηγορητική θεραπεία σε περιπτώσεις καρκινωμάτων του παχέος εντέρου όπως είναι η μη θεραπεύσιμη αποφρακτική ή αιμορραγική αλλοίωση, η αφαίρεση προκαρκινικών πολυπόδων και η μη χειρουργήσιμοι κακοήθεις όγκοι. Τα lasers Nd:YAG και αργού έχουν χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση πολύποδων του ορθού σε ασθενείς που έχουν υποστεί μερική κολεκτομή, και το laser CO₂ για το ορθό έντερο. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.3 Γυναικολογία

Στη γυναικολογία χρησιμοποιείται το laser CO₂ για την αντιμετώπιση πολλών γυναικολογικών παθήσεων. Μια σημαντική εφαρμογή του laser CO₂ είναι για την θεραπεία της τραχηλικής ενδοεπιθηλιακής νεοπλασίας (Cervical Intra-epithelial Neoplasia, CIN). Κατά τη χρήση του laser CO₂ εξασφαλίζεται:

- Η ακριβής και αναίμακτη καταστροφή της ζώνης μετάπτωσης του τραχήλου.
- Η εξάτμιση ή η αφαίρεση διάφορων αλλοιώσεων του αιδοίου και του κόλπου.
- Η εκτέλεση ενδοκοιλιακής επανορθωτικής χειρουργικής της πυέλου και για την θεραπεία της ενδομητρίωσης.

Το laser CO₂ χρησιμοποιείται συνδυαστικά με ένα υστεροσκόπιο, αλλά και με laser Nd:YAG σε ασθενείς με μηνορραγία. (Carruth και McKenzie, 1994)

Κατά την θεραπεία της CIN με laser CO₂ καταστρέφονται οι ιστοί και αφαιρείται η CIN από τον τράχηλο. Αυτό το laser παράγει υπέρυθρο σύμφωνο φως στα 10.600 nm, το οποίο απορροφάται από το νερό και επομένως από τους ιστούς του τραχήλου που περιέχουν 70-90% νερό. Η καταστροφή των ιστών είναι άμεση και οφείλεται σε εξάτμιση των κυττάρων η οποία πραγματοποιείται στους 100⁰C. Μετά από αυτή τη διαδικασία δημιουργείται ένα στρώμα κατεστραμμένων κυττάρων μεταξύ της τομής του laser και των φυσιολογικών ιστών. Επομένως εξασφαλίζεται η γρήγορη επούλωση, δεν παρουσιάζονται οιδήματα και είναι εξαιρετικά ανώδυνη. (Carruth και McKenzie, 1994)

Το laser CO₂ είναι προσαρμοσμένο στο κολποσκόπιο για τη διαδικασία της θεραπείας της CIN χρησιμοποιείται και ένας κολποδιαστολέας που έχει ενσωματωμένο ένα κανάλι αναρρόφησης για να αναρροφά τον ατμό που παράγεται από την καταστροφή των ιστών. Επίσης ο κολποδιαστολέας πρέπει να είναι κατασκευασμένος από μη ανακλαστικό υλικό για να αποφεύγονται οι ανακλάσεις της δέσμης στο χώρο του χειρουργείου.

Επιπλέον όλα τα laser CO₂ έχουν ενσωματωμένο ένα laser He-Ne χαμηλής ισχύος για να προσδιορίζει τη διαδρομή της δέσμης και τη περιοχή του στόχου για να εξασφαλίζει μεγάλη ακρίβεια. Υπάρχουν τρεις τεχνικές για αλλοιώσεις διαφορετικών περιοχών. Σε εξωτραχηλικές νόσους εξατμίζεται ένας θολωτού σχήματος όγκος ιστού, σε νόσους του ενδοτραχηλικού αυλού αφαιρείται ένας κύλινδρος ιστού, σε νόσους που καταλαμβάνουν και τις δυο περιοχές αφαιρείται ένας κύλινδρος και εξατμίζεται η εξωτραχηλική αλλοίωση αφήνοντας μια τοπική δυσμορφία. (Carruth και McKenzie, 1994)

Στις κολπικές αλλοιώσεις χρησιμοποιείται το laser CO₂ και είναι εξαιρετικά χρήσιμο λόγω της δύσκολης πρόσβασης σε αυτό το σημείο. Η δέσμη του laser μπορεί να φτάσει σε απρόσιτες περιοχές μετά από ανάκλαση σε ανοξείδωτους καθρέπτες και έτσι εξασφαλίζεται πλήρη ακρίβεια στη θεραπεία.

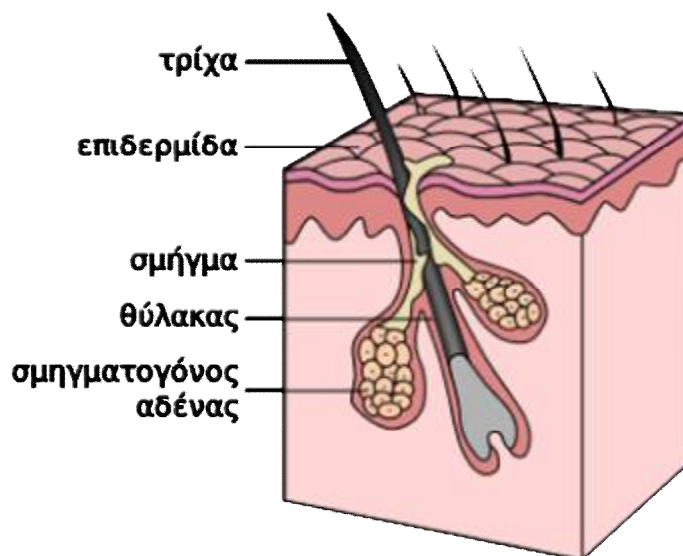
Για περιπτώσεις αλλοίωσης του αιδοίου η εγχείρηση γίνεται με laser CO₂ και χρησιμοποιείται τοπική αναισθησία κάτω από μεγέθυνση. Η αλλοίωση καταστρέφεται σε βάθος 3-4 mm χρησιμοποιώντας πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας 300-1100 W_{cm}⁻². Οι ασθενείς είχαν μέτριο πόνο κατά τη μετεγχειρητική περίοδο με γρήγορη επούλωση, και καλά αισθητικά και λειτουργικά αποτελέσματα. (Carruth και McKenzie, 1994)

Λόγω του ότι η μήτρα θεωρείται ιδανικό όργανο για την θεραπεία με laser Nd:YAG, στην ενδομήτρια χειρουργική χρησιμοποιείται το laser αυτό και η επέμβαση διαρκεί 30-40 λεπτά. Δεν παρατηρείται σημαντική μετεγχειρητική νοσηρότητα. Επίσης το laser Nd:YAG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενδομήτρια χειρουργική σε έμβρυο. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.4 Δερματολογία

Τα laser στη δερματολογία έχουν μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς το δέρμα αποτελεί ένα εξαιρετικό μοντέλο για τη μελέτη της δράσης των laser διαφορετικών μηκών κύματος σε ζωντανούς ιστούς. (Σταυριανέας, 2001)

Στην Εικόνα 2 φαίνεται η τομή του ανθρώπινου δέρματος και παρακάτω θα αναλυθούν οι βασικές δομές του όπως είναι ο θύλακας της τρίχας και οι σμηγματογόνοι αδένες.



Εικόνα 3: Τομή του ανθρώπινου δέρματος. Πηγή : Wikipedia.org

Το δέρμα είναι το μεγαλύτερο όργανο του ανθρώπινου σώματος. Η επιφάνεια του είναι ανώμαλη και καλύπτεται από τρίχες σε όλη του την έκταση, με εξαίρεση της παλάμες, τα πέλματα, της καμπτική επιφάνεια των δακτύλων, τη ραχιαία επιφάνεια της ονυχοφόρου φάλαγγας των δακτύλων, το πέος, τα μικρά χείλη του αιδοίου και την εσωτερική επιφάνεια των μεγάλων χειλέων του αιδοίου, που δεν φέρουν τρίχες. (Σταυριανέας, 2001)

Στην επιφάνεια του δέρματος διακρίνουμε:

- I. Τους πόρους, που αντιστοιχούν στα στόμια των αδένων του δέρματος.
- II. Τις δερματικές ακρολοφίες, οι οποίες βρίσκονται στις παλάμες και τα πέλματα και στις οποίες οφείλονται τα δακτυλικά αποτυπώματα.
- III. Τις πτυχές του δέρματος, που είναι αυλάκια ή γραμμές του δέρματος, άλλοτε μεγάλα και άλλοτε μικρά.

Εξετάζοντας της ανατομία του δέρματος από έξω προς τα μέσα διακρίνουμε τρεις στοιβάδες (Εικόνα 2) :

- I. Την επιδερμίδα επιφανειακά.
- II. Το χόριο ή κυρίως δέρμα κάτω από αυτή.
- III. Το υπόδερμα που βρίσκεται κάτω από το χόριο.

Επιπλέον το δέρμα έχει τους αδένες (σμηγματογόνοι και ιδρωτοποιοί), τις τρίχες και τα νύχια. Τέλος στο δέρμα βρίσκονται αγγεία και νεύρα. (Νικολαΐδου, 2006)

Η επιδερμίδα αποτελείται από κερατινοποιημένο πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο. Η ένωση επιδερμίδας και χορίου γίνεται με αναδύσεις του χορίου προς την επιδερμίδα που ονομάζονται θηλές και αντίστοιχες καταδύσεις της επιδερμίδας προς το χόριο που λέγονται μεσοθηλαιές ακρολοφίες. Επειδή δεν έχει λεμφοφόρα και αιμοφόρα αγγεία, η επιδερμίδα τρέφεται με λέμφο, υγρό του ανθρώπινου σώματος που αποτελείται από πλάσμα του αίματος και περιέχει πολλές λιπαρές ουσίες, που προέρχεται από το υποκείμενο δέρμα. Η επιδερμίδα έχει δύο κύριες λειτουργίες, την κερατινοποίηση που είναι η κατασκευή της νεκρής και σκληρής κεράτινης στοιβάδας. Η δεύτερη λειτουργία είναι η μελανινογένεση που είναι η παραγωγή της φυσιολογικής χρωστικής του δέρματος, της μελανίνης. (Σταυριανέας, 2001)

Το χόριο βρίσκεται ανάμεσα στην επιδερμίδα και το υπόδερμα, έχει μεγαλύτερο πάχος από την επιδερμίδα την οποία τρέφει και υποστηρίζει. Αποτελείται από κύτταρα, ίνες (κολλαγόνου και ελαστικές) και από τη θεμέλια ή βασική ουσία. Στο χόριο υπάρχουν επίσης αγγεία και νεύρα. Τα κυριότερα κύτταρα του χορίου είναι οι ινοβλάστες από τους οποίους παράγονται όλες οι ίνες του χορίου και τα περισσότερα από τα συστατικά της θεμέλιας ουσίας. (Σταυριανέας, 2001)

Κάτω από το χόριο βρίσκεται ο υποδόριος λιπώδης ιστός ή υπόδερμα. Το υπόδερμα εκτείνεται μέχρι την περιτονία των υποκειμένων μυών. Μέσα στο υπόδερμα υπάρχει η

εκκριτική μοίρα των εκκρινών και αποκρινών υδροτοποιών αδένων και οι θύλακες των τριχών στο τριχωτό του κεφαλιού. Το πάχος του υποδόριου λίπους ποικίλει ανάλογα με την περιοχή του σώματος. Μπορεί να είναι παραδείγματος χάρη μεγάλο στο δέρμα της κοιλίας και των γλουτών και να είναι ελάχιστο στα βλέφαρα. (Σταυριανέας, 2001)

Στο δέρμα υπάρχουν δυο είδη υδροτοποιών αδένων, οι εκκρινείς και οι αποκρινείς. Οι εκκρινείς ιδρωτοποιοί αδένες βρίσκονται σε όλο το σώμα και υπάρχουν σε μεγαλύτερο αριθμό στις παλάμες, τα πέλματα και το μέτωπο. Ο ιδρώτας είναι ένα διαυγές διάλυμα πλούσιο σε νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο και ιόντα χλωρίου. Η έκκριση του συμβάλλει στη θερμορύθμιση.

Οι αποκρινείς ιδρωτοποιοί αδένες βρίσκονται κυρίως στις μασχάλες, στις θηλές των μαστών και στην πρωκτογεννητική χώρα. Αποτελούνται από ένα εκκριτικό τμήμα που εκβάλλει στο θύλακα της τρίχας ακριβώς πάνω από τον εκφορητικό πόρο του σμηγματογόνου αδένου, και μέσω αυτού στην επιφάνεια του δέρματος. (Σταυριανέας, 2001)

Γνωρίζοντας τη δομή του δέρματος θα αναλυθεί η χρήση των laser στη δερματολογία. Τα lasers και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους είναι :

- Το laser αργού για τη θεραπεία των ερυθροχρωματικών κηλίδων και άλλων αγγειακών ανωμαλιών του δέρματος.
- Το laser χρωστικής, ρυθμιζόμενου μήκους κύματος, για τη θεραπεία αγγειακών αλλοιώσεων του δέρματος.
- Το laser CO₂ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κόψει ή να εξατμίσει αρκετές δερματικές αλλοιώσεις, καθώς είναι ένα υψηλής ακρίβειας και αναίμακτο φωτεινό νυστέρι.
- Το παλμικό laser ρουβινίου στη θεραπεία χρωστικών δερματικών αλλοιώσεων και των τατουάζ.
- Τα lasers αισθητικής

Οι ερυθροχρωματικές κηλίδες ή σπίλοι είναι ένα ροζ, κόκκινο ή πορφυρό εκ γενετής σημάδι το οποίο, δεν εξασθενεί με την ηλικία αλλά γίνεται εντονότερο και το δέρμα εμφανίζει μια οζώδη επιφανειακή υφή. Γύρω στο 60% οι ερυθροχρωματικές κηλίδες είναι επιφανειακές, περιλαμβάνοντας μόνο το χόριο, ενώ το 15% είναι υποδόριες και το υπόλοιπο ανάμικτες. (Carruth και McKenzie, 1994)

Για την αντιμετώπιση των ερυθροχρωματικών κηλίδων χρησιμοποιείται το laser αργού. Παράγει μπλε-πράσινο σύμφωνο φως σε έξι μήκη κύματος, αλλά το 80% της ενέργειάς του είναι στα 488 και 514 nm. Το μπλε-πράσινο φως του laser μπορεί να απορροφηθεί από το συμπληρωματικό του χρώμα το κόκκινο το οποίο απορροφάται από την αιμοσφαιρίνη.

Η δράση του laser αργού για την θεραπεία των ερυθροχρωματικών κηλίδων βασίζεται στην απορρόφηση του μπλε-πράσινου φωτός, η ιδιότητα του οποίου είναι να περνά την διάφανη επιδερμίδα προκαλώντας ελάχιστη απορρόφηση και ελάχιστη θερμική βλάβη. Η ενέργεια του laser απορροφάται από την αιμοσφαιρίνη μέσα στο δίκτυο των τριχοειδών αγγείων, προκαλώντας θερμική βλάβη και θρόμβωση. (Carruth και McKenzie, 1994)

Η θεραπεία αντενδείκνυται σε άτομα που έχουν έντονα χρωματισμένο δέρμα, είτε λόγω φυλής είτε λόγω έκθεσης στον ήλιο, και αυτό γιατί η ενέργεια laser απορροφάται σε μεγάλο βαθμό από τη μελαγχρωματική βασική στοιβάδα της επιδερμίδας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ενέργεια laser να μην απορροφάται από το δίκτυο των τριχοειδών αγγείων και επίσης, να υπάρχει βλάβη στην επιδερμίδα και μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης ουλής.

Η επιδερμίδα υφίσταται κάποιες βλάβες από το φως του laser αργού, λόγω του ότι δεν είναι εντελώς διάφανη σε αυτό. Μπορούν να σχηματιστούν φυσαλίδες στο δέρμα, από τις οποίες εκκρίνεται υγρό. Επιπλέον σχηματίζεται μια ελαφρά εσχάρα η οποία υποχωρεί μετά από 10-14 ημέρες, η θεραπευμένη περιοχή παραμένει κόκκινη και το χρώμα της ξεθωριάζει σε 15 μήνες περίπου. (Carruth και McKenzie, 1994)

Μετά τη θεραπεία παρατηρήθηκαν κάποιες ιστολογικές μεταβολές. Τα στρώματα των αγγείων που είχαν υποστεί θρόμβωση, αντικαταστάθηκαν από άχρωμο ινώδη ιστό με έντονη μείωση του αριθμού των αγγείων, σε διάστημα μερικών μηνών, ενώ άλλα μίκρυναν σε λεπτές σχισμές. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να υπάρξει έντονο ξεθώριασμα των ερυθροχρωματικών κηλίδων και να μείνουν σταθερές αυτές οι αλλαγές για επτά χρόνια.

Έχει αποδειχθεί ότι τα σκοτεινά πορφυρά σημάδια αποκρίνονται καλύτερα από τα φωτεινά ροζ σημάδια κατά τη θεραπεία. Τα σημάδια σκουραίνουν με την ηλικία, άρα τα αποτελέσματα θα ήταν καλύτερα σε ηλικιωμένους ασθενείς και η πιθανότητα επιτυχίας θα ήταν αυξημένη. Γι αυτό τα αποτελέσματα φαίνεται να είναι καλά στην ηλικία των 17 χρονών κάτι που δεν συμβαίνει για παιδιά κάτω των 10 χρονών. Ένας παράγοντας που παίζει ρόλο

για τη θεραπεία των κηλίδων είναι το μέγεθος της επιφάνειας στην οποία θα γίνει η θεραπεία. Δηλαδή, στις αλλοιώσεις του προσώπου υπάρχουν καλύτερα αποτελέσματα από ότι στου κορμού ή στων άκρων που έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια δέρματος. (Carruth και McKenzie, 1994)

Για να ελεγχθεί η καταλληλότητα του ασθενή, που θα δεχτεί τη θεραπεία με laser, χρησιμοποιείται η επιδερμική δοκιμασία. Η περιοχή που ενδείκνυται να γίνει η δοκιμή βρίσκεται στα όρια των ερυθροχρωματικών κηλίδων, ώστε να μελετηθεί η αντίδραση του κανονικού δέρματος και η περιοχή της ερυθροχρωματικής κηλίδας με το laser. Ο χρόνος έκθεσης είναι 0,2 sec με επαναλαμβανόμενους παλμούς ενέργειας laser και η δέσμη μετακινείται σαρώνοντας την επιφάνεια δοκιμής. Η ισχύς που χρησιμοποιείται είναι 0,2-0,4 Watt, η οποία αυξάνεται βαθμιαία κατά 0,2 Watt, μέχρι να πετύχει λεύκανση. Τα αποτελέσματα αυτής της δοκιμής κατηγοριοποιούνται στην καλή απόκριση, την ανεπαρκή λεύκανση και την ουλοποίηση. (Carruth και McKenzie, 1994)

Κατά τη χρήση του laser θα πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση στη προστασία των οφθαλμών του χειρουργού και του ασθενούς. Αυτό εξασφαλίζεται με κατάλληλα γυαλιά ανθεκτικά στο laser, τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο, αλλά εάν η θεραπεία γίνεται γύρω από τους οφθαλμούς, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα γυαλιά και διατίθενται φακοί επαφής από ανοξείδωτο ατσάλι. Οι φακοί εισάγονται στους οφθαλμούς μετά από αναισθησία τους, και προσφέρουν πλήρη προστασία έναντι του φωτός του laser αργού. Επίσης πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στους οφθαλμούς ένα επίθεμα για 12 ώρες μετά τη θεραπεία ώστε να προστατευθεί ο κερατοειδής και για δυο με τρεις ημέρες παρέχονται σταγόνες αντιβιοτικού.

Επίσης για τη θεραπεία αγγειακών αλλοιώσεων χρησιμοποιείται και το laser χρωστικής ρυθμιζόμενου μήκους κύματος. Συγκρίνοντας το με το laser αργού το laser χρωστικής είχε άμεση λεύκανση σε περισσότερο από 5 Jcm⁻², αλλά ήταν λιγότερο εμφανής από τη λεύκανση με laser αργού στα 20 Jcm⁻². Το laser χρωστικής έχει προφανείς δυνατότητες για τη θεραπεία των ερυθροχρωματικών κηλίδων, οι οποίες θα φανούν στο μέλλον μετά από μελέτη των κλινικών εφαρμογών που βρίσκονται σε εξέλιξη. (Carruth και McKenzie, 1994)

Το laser διοξειδίου του άνθρακα είναι ένα υψηλής ακρίβειας, αναίμακτο φωτεινό νυστέρι και χρησιμεύει στο να εξατμίζει ή να εκριζώνει μια ευρεία κλίμακα δερματικών

αλλοιώσεων. Κάποιες από τις δερματικές αλλοιώσεις που μπορεί να αντιμετωπίσει είναι τα κερατοακανθώματα, κερατώσεις, σμηγματογόνοι κύστες, βασικά κυτταρικά καρκινώματα, νόσος του Bowen και άλλα. Το laser CO₂ απορροφάται από το νερό, γι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θεραπεία ερυθροχρωματικών κηλίδων και ιδιαίτερα των ωχρών αλλοιώσεων, οι οποίες λευκαίνουν. Χρησιμοποιείται πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας 498-796 Wcm⁻², με χρόνο έκθεσης 0,002 s, η επιφάνεια εξατμίζεται και το έγκαυμα σφογγίζεται. Ο χρόνος επούλωσης είναι τέσσερις ως έξι εβδομάδες.

Το laser ρουβινίου χρησιμοποιείται για τη θεραπεία χρωστικών δερματικών αλλοιώσεων και την αφαίρεση μερικών μπλε και μαύρων τατουάζ, αλλά τώρα έχει αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από τα εύχρηστα laser συνεχούς λειτουργίας. (Carruth και McKenzie, 1994)

Τα lasers που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση των τατουάζ είναι το laser αργού και το laser CO₂ και εφαρμόζεται λιγότερο το παλμικό laser ρουβινίου για την αφαίρεση μπλε και μαύρων τατουάζ. Η τεχνική που εφαρμόζεται έχει στόχο να αφαιρέσει το δέρμα κατά στρώματα. Δηλαδή μετά από κάθε ακτινοβολία με το laser το δέρμα που έχει καταστραφεί και η ουλή σφογγίζονται, ώστε να εκτεθεί στην ακτινοβολία το επόμενο στρώμα δέρματος και τελικά η χρωστική, η οποία αφαιρείται. Μετά τη θεραπεία με το laser η πληγή καλύπτεται με αντιβιοτική αλοιφή, επίσης ο πόνος μπορεί να είναι δυνατός και χρειάζονται και αναλγητικά. (Carruth και McKenzie, 1994)

Το laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την επούλωση τραυμάτων με βιοδιέγερση. Μελετήθηκαν τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας των χαμηλής ισχύος lasers αργού και He-Ne για την επούλωση πληγών και υπέδειξαν ότι η ακτινοβολία laser διεγείρει τη σύνθεση του κολλαγόνου και την ανάπτυξη των τριχοειδών σε αναγεννόμενους ιστούς. Επιπλέον η ακτινοβολημένη πληγή του δέρματος έδειξε σε οκτώ ημέρες μεγαλύτερη αντοχή στο τέντωμα από τις μη ακτινοβολημένες.

Τα laser βρίσκουν εφαρμογή και στην αισθητική, κάποια από αυτά είναι το laser He-Ne και το laser GaAs. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η θεραπεία των ρυτίδων του προσώπου και στην επίτευξη της τόνωσης ή της ανάπλασης του προσώπου. Επίσης αυτά τα laser ψυχρής ακτινοβολίας μπορεί να γιατρέψουν μια ευρεία κλίμακα δερματικών αλλοιώσεων. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.5 Ωτορινολαρυγγολογία

Στη μικροχειρουργική του λάρυγγα έχει καθιερωθεί πλέον το laser CO₂, το οποίο προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα και στο χειρουργό και στον ασθενή. Ένα βασικό πλεονέκτημα της χρήσης laser CO₂ είναι η άμεση καταστροφή των ιστών, σε σχέση με την κρυοθεραπεία. Στην κρυοθεραπεία απαιτούνται εβδομάδες για να αποχωρίσει ο κατεστραμμένος από την ψύξη ιστός.

Στη κεφαλή του laser CO₂ βρίσκεται η χαμηλής ισχύος ορατή βοηθητική δέσμη του laser He-Ne, η οποία κατευθύνεται στην περιοχή του στόχου με ένα μικροχειριστήριο προσαρμοσμένο στο χειρουργικό μικροσκόπιο.

Χαρακτηριστικά της δέσμης CO₂ στη χειρουργική είναι:

- Η ισχύς που χρησιμοποιείται μέσα στο λάρυγγα είναι σχετικά χαμηλή 10-15 W ή και ακόμη χαμηλότερη.
- Οι τομές στο λάρυγγα με δέσμη CO₂ είναι αναίμακτες, αφού η δέσμη σφραγίζει αγγεία διαμέτρου ως 0,5 mm.
- Μπορεί να σφραγίσει λεμφαγγεία, μειώνοντας πιθανή εξάπλωση καρκινικών κυττάρων.
- Η υπέρυθη δέσμη του laser CO₂ απορροφάται από το ενδοκυτταρικό νερό προκαλώντας την εξάτμιση του, οπότε το κύτταρο απανθρακώνεται και πέφτει σαν καπνός γύρω από την τομή και η θερμοκρασία καταστροφής των ιστών δεν ξεπερνά τους 100°C. (Carruth και McKenzie, 1994)

Το laser CO₂ αποτελεί ένα ιδανικό χειρουργικό εργαλείο για την αφαίρεση αλλοιώσεων της στοματικής βλεννογόνου. Όπως και στο λάρυγγα οι αλλοιώσεις της στοματικής βλεννογόνου πρέπει να αφαιρούνται παρά να εξατμίζονται, έτσι ώστε η αλλοίωση να εξεταστεί ιστολογικά. Η αλλοίωση κόβεται και αφαιρείται με τα σωστά πλευρικά και εις βάθος όρια. Μετά την εγχείρηση εμφανίζεται ελάχιστο οίδημα και η επούλωση είναι γρήγορη και ανώδυνη. Η εγχείρηση πρέπει να γίνεται κάτω από μικροσκόπιο, ενώ στο πρόσθιο μέρος του στόματος μπορεί να χρησιμοποιείται ο βραχίονας. Εάν μεν χρησιμοποιείται μικροσκόπιο, τα μάτια του χειρουργού προστατεύονται από τους οπτικούς

φακούς του μικροσκοπίου, αλλά εάν χρησιμοποιείται βραχίονας πρέπει ο χειρουργός να φορά γυαλιά ανθεκτικά στο laser .

Επίσης, και οι αλλοιώσεις της γλώσσας αντιμετωπίζονται με laser CO₂. Κατά την εγχείρηση της γλώσσας η απώλεια αίματος είναι ελάχιστη και η μετεγχειρητική νοσηρότητα και η παραμονή στο νοσοκομείο είναι μειωμένες.

Και οι στοματοφαρυγγικές αλλοιώσεις μπορούν να αφαιρεθούν με το laser CO₂. Ένα πλεονέκτημα είναι ότι σε ασθενείς με αιμορραγική προδιάθεση, το laser δίνει καλύτερη αιμόσταση. (Carruth και McKenzie, 1994)

Στην ωτολογία εφαρμόζεται το laser αργού που πλεονεκτεί στη πραγματοποίηση μικροχειρουργικών επεμβάσεων ακρίβειας χωρίς επαφή στο τύμπανο, στα οστάρια και στο μαστοειδές. Το laser αργού προσαρμόζεται στο χειρουργικό μικροσκόπιο και το μέγεθος της κηλίδας είναι 50-100 μm. Σημαντικό πλεονέκτημα του laser είναι η αιμόσταση. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.6 Φωτοδυναμική θεραπεία

Η φωτοδυναμική θεραπεία αποτελεί μια νέα θεραπεία για πολλούς τύπους της κακοήθους νόσου. Ο τρόπος δράσης αυτής της τεχνικής βασίζεται στη φωτοευαισθητοποιή ουσία HPD, δηλαδή το παράγωγο της αιματοπορφυρίνης, η οποία και χορηγείται ενδοφλεβίως στον ασθενή. Η ουσία αυτή κατανέμεται παντού στο σώμα του αλλά μετά κατακρατείται από τους κακοήθεις όγκους. Ο όγκος που περιέχει HPD, αν εκτεθεί σε μπλε φως, εκπέμπει λόγω φθορισμού κόκκινο φως επιτρέποντας έτσι την αναγνώριση του. Εάν ο όγκος εκτεθεί σε κόκκινο φως, μήκους κύματος 630 nm, παράγεται οξυγόνο που είναι κυτταροτοξικό και προκαλεί καταστροφή του καρκινικού όγκου, χωρίς να βλάψει τους γύρω φυσιολογικούς ιστούς. Η καλύτερη διαθέσιμη πηγή φωτός είναι το laser χρωστικής αντλούμενο από laser αργού. (Carruth και McKenzie, 1994)

Μια εναλλακτική πηγή φωτός είναι το laser ατμών χρυσού, το οποίο παράγει φως laser στα 628 nm. Το laser ατμών χρυσού είναι ένα παλμικό laser και αυτό είναι ένα πλεονέκτημα. Ένα μειονέκτημα του είναι ότι το μήκος κύματός του δεν μπορεί να ρυθμισθεί, έτσι ώστε να αναπτυχθούν άλλοι φωτοευαισθητοποιή παράγοντες, που να ενεργοποιούνται σε διαφορετικά μήκη κύματος. Με τη φωτοδυναμική θεραπεία μπορούν να αντιμετωπιστούν

οι παρακάτω όγκοι: της κύστεως, του μαστού, του εγκεφάλου, του γαστρεντερικού σωλήνα, δερματικές μεταστάσεις, γυναικολογικών, της κεφαλής και του τραχήλου, του πνεύμονα, του δέρματος και των οφθαλμών. (Carruth και McKenzie, 1994)

Αν και παγκοσμίως έχουν υποβληθεί χιλιάδες ασθενείς σε φωτοδυναμική θεραπεία, καμία χώρα δεν έχει δώσει έγκριση για γενικευμένη χρήση της μεθόδου, εκτός από ειδικές περιπτώσεις. Επομένως εφαρμόζεται μόνο σε ερευνητικά πρωτόκολλα και κυρίως σε περιπτώσεις καρκίνου του οισοφάγου, ενδοβρογχικό καρκίνο του πνεύμονα και επιφανειακούς όγκους της κύστεως. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.7 Νευροχειρουργική

Με τη χρήση των χειρουργικών lasers στη νευροχειρουργική επιτυγχάνεται ανέπαφη χειρουργική, με σημαντική μείωση των χειρισμών των ιστών και του μηχανικού τραύματος. Επίσης δεν υπάρχει σημαντική άνοδος της θερμοκρασίας στους γειτονικούς ιστούς του σημείου εφαρμογής του laser, εάν χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο laser για τομή και αφαίρεση ιστού και για αιμόσταση. (Carruth και McKenzie, 1994)

Για την εκτομή των όγκων και τη διενέργεια επεμβάσεων ακρίβειας στο νωτιαίο μυελό, εφαρμόζεται το laser CO₂, άλλα σε κάποιες περιπτώσεις λεπτής μικροχειρουργικής εργασίας προτιμάται το laser αργού. Ο λόγος που προτιμάται είναι το μικρό μέγεθος της κηλίδας, η εξειδικευμένη απορρόφησή του από τις χρωστικές, η μεγαλύτερη ευελιξία στο χειρισμό μέσω συστημάτων μεταφοράς της δέσμης με οπτική ίνα και της ικανότητας να δουλέψει κανείς μέσω του εγκεφαλονωτιαίου υγρού. (Carruth και McKenzie, 1994)

Το laser Nd:YAG χρησιμοποιείται για τη μείωση της μάζας μεγάλων αγγειακών όγκων και για επεμβάσεις σε αγγεία. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή λόγω της απορρόφησής του εις βάθος όταν το εφαρμόζει κανείς κοντά σε ζωτικής σημασίας δομές.

Το laser αργού φαίνεται να είναι το πλέον αξιόλογο στον ακριβή έλεγχο φυσιολογικών και μη φυσιολογικών αγγείων.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των lasers που έχουν αναφερθεί από τις εργαστηριακές έρευνες είναι η μειωμένη έκθεση με μειωμένη ρίκνωση, μειωμένη χειρισμοί του ιστού, ελάχιστη μηχανική, θερμική και ηλεκτρική διαταραχή του εγκεφάλου και δημιουργία τομών με

ακρίβεια. Επιπλέον επιτυγχάνεται αιμοστατική αφαίρεση αγγειακών όγκων, ανέπαφος ακριβής έλεγχος των φυσιολογικών και μη φυσιολογικών αιμοφόρων αγγείων και ελαττωμένη απώλεια αίματος, με μικρή διάρκεια εγχείρησης και μειωμένη μετεγχειρητική νοσηρότητα. (Carruth και McKenzie, 1994)

Ένα παράδειγμα χρήσης του laser Nd:YAG στα 1.06 μm είναι σε περίπτωση εκτεταμένου μηνιγγιώματος (διαμέτρου μεγαλύτερης των 4-5 cm). Η ισχύς εξόδου που εφαρμόζεται είναι 50-100 W για να πετύχει συρρίκνωση του όγκου. Όμως στην περίπτωση που πλησιάζει στο φλοιό, λόγω της μεγάλης διάχυσης της ακτινοβολίας, πρέπει να αντικατασταθεί αυτό το laser, είτε με laser CO₂ (50-100 W) είτε καλύτερα με υπερπαλμικό laser Nd:YAG στα 1,32 μm . Εάν το μηνιγγίωμα είναι μικρό είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί το laser Nd:YAG στα 1,32 μm , το οποίο συνδυάζει και φωτοεξάτμιση (όταν λειτουργεί παλμικά) και αιμόσταση (σε συνεχή λειτουργία). (Carruth και McKenzie, 1994)

2.3.8 Άλλες χειρουργικές εφαρμογές

Κάποιοι επιπλέον κλάδοι της βιοϊατρικής που βρίσκουν εφαρμογή τα laser είναι η καρδιαγγειακή χειρουργική, η ουρολογία, η ορθοπεδική και οδοντιατρική χειρουργική.

Πιο συγκεκριμένα στην καρδιαγγειακή χειρουργική χρησιμοποιούνται τα laser για τη διάνοιξη του αρτηριακού αυλού, την επαναγγείωση της καρδιάς και την ενδοκαρδιακή χειρουργική. Στην πρώτη περίπτωση, τα αποτελέσματα των lasers CO₂, Nd:YAG και αργού σε ανθρώπινες πτωματικές αρτηρίες, έδειξαν ότι μπορούν να καταστρέψουν αθηρωματική πλάκα. Επίσης πάνω από ένα ορισμένο επίπεδο ενεργείας συνέβαινε διάτρηση των αγγείων.

Στην επαναγγείωση της καρδιάς χρησιμοποιείται υψηλής ισχύος laser CO₂ για τη δημιουργία διάυλων μέσω του μυοκαρδίου προς την αριστερή κοιλιακή κοιλότητα που εφαρμόστηκε σε πειραματόζωα. Αυτό το laser θεωρήθηκε ιδανικό εργαλείο για τη δημιουργία διάυλων χωρίς πλευρική καταστροφή του ιστού, χωρίς υπολείμματα και ουλές και εξασφαλίζει να παραμείνουν ανοικτοί οι διάυλοι για μεγάλη χρονική περίοδο. Στην ενδοκαρδιακή χειρουργική χρησιμοποιείται το laser αργού. (Carruth και McKenzie, 1994)

Τα lasers προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα στην ουρολογία, σε διάφορες περιοχές, που μπορούν να συγκριθούν με τις σύγχρονες ηλεκτροχειρουργικές τεχνικές. Ένα από αυτά τα laser είναι το CO₂ το οποίο προσφέρει οφέλη στη θεραπεία ορισμένων εντοπισμένων

αλλοιώσεων των εξωτερικών γεννητικών οργάνων και ιδιαίτερα των πολλαπλών αλλοιώσεων των οξυτενών κονδυλωμάτων. Επίσης εφαρμόζεται το laser Nd:YAG και το laser αργού στη θεραπεία της στένωσης της ουρήθρας, αλλά στην πράξη για αυτή τη θεραπεία χρησιμοποιείται το laser CO₂ που επιτυγχάνει καταστροφή των ιστών. Για τη θεραπεία νεφρικών λιθιάσεων εφαρμόζεται το παλμικό laser Nd:YAG για το θρυμματισμό των λίθων. Επιπλέον χρησιμοποιείται η φωτοδυναμική θεραπεία για την αντιμετώπιση κακοηθών όγκων της κύστεως (έγχυση HPD). (Carruth και McKenzie, 1994)

Στο κλάδο της ορθοπεδικής χειρουργικής χρησιμοποιείται το laser CO₂ υψηλής ισχύος διότι έχει τη δυνατότητα να κόψει οστά. Τα οστά είναι ιστοί που δεν περιέχουν πολύ νερό και για να καταστραφούν η θερμοκρασία πρέπει να είναι υψηλή και η τομή να γίνεται με αργό ρυθμό όπως και η επούλωση. Οι νεότερες εξελίξεις στην ορθοπεδική έδειξαν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν νέοι τύποι χειρουργικών laser που θα ξεπεράσουν τους περιορισμούς που υπήρχαν με το laser CO₂. Τα laser που συνέκριναν ήταν πέντε, τα οποία εκπέμπουν στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και δοκιμάστηκαν στην ικανότητα τους να προκαλούν αποδόμηση οστικού ιστού. Τρία από αυτά ήταν παλμικά laser, το Nd:YAG με μήκος κύματος 1,064 μm, το Ho-YSGG με μήκος κύματος 2,10 μm, και το Er-YAG με μήκος κύματος 2,94 μm. Τα άλλα δύο ήταν laser συνεχούς λειτουργίας, το Nd:YAG με μήκος κύματος 1,064 μm και το CO₂ με μήκος κύματος 10,6 μm.

Στην οδοντιατρική χειρουργική εφαρμόζεται το laser CO₂ που μπορεί να κόψει και να δημιουργήσει κοιλότητες στο δόντι, χρησιμοποιώντας υψηλή θερμοκρασία για την καταστροφή των ιστών. Όμως, οι νεότερες εξελίξεις στην οδοντιατρική έχουν δείξει ότι χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να βελτιωθούν οι συνθήκες εφαρμογής των lasers και για να υπάρξουν καλύτερα αποτελέσματα στις διάφορες οδοντιατρικές επεμβάσεις. (Carruth και McKenzie, 1994)

2.4 Laser που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία και οι κλινικές εφαρμογές τους

Τα κυριότερα είδη laser που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία είναι το Argon laser, το Krypton laser, το Nd:YAG laser, το Dye laser, το Diode laser και το Excimer laser.

2.4.1 Argon-laser

Αυτό το laser χρησιμοποιείται στην οφθαλμολογία από το 1968 και χρησιμοποιεί σαν δραστικό υλικό το αέριο Αργόν. Η ακτινοβολία του αποτελείται από 9 μήκη κύματος στο κυανό-πράσινο τμήμα του ορατού φάσματος, και το 70-80% της οποίας αποτελούν τα μήκη κύματος 488 nm (κυανό) και 514,5 nm (πράσινο).

Η δράση του είναι θερμική και προκαλεί έγκαιμα στους ιστούς. Απορροφάται κυρίως από την μελανίνη των ιστών (μελάγχρουν επιθήλιο), την ξανθοφύλλη (χρωστική που βρίσκεται μέσα στον αμφιβληστροειδή και κυρίως στην περιοχή της ωχράς) και την αιμοσφαιρίνη. Το Argon-laser απορροφάται από αυτές τις χρωστικές, που μετατρέπουν την ακτινοβολία του σε θερμική ενέργεια επιτυγχάνοντας πήξη του ιστού-στόχου (φωτοπηξία). (Ψύλλας, 1994)

2.4.2 Krypton-laser

Χρησιμοποιείται από το 1972 στην οφθαλμολογία και χρησιμοποιεί ως δραστικό μέσο το αέριο Κρυπτόν. Έχει την ικανότητα να παράγει ακτινοβολίες διαφορετικού μήκους κύματος εντός του ορατού φάσματος. Στην οφθαλμολογία ασκείται το krypton-laser μήκους κύματος 641 nm (ερυθρό). Και αυτό το laser πετυχαίνει θερμική δράση στους ιστούς-στόχους.

Η ακτινοβολία του απορροφάται από τη μελανίνη, λιγότερο από την αιμοσφαιρίνη και καθόλου από την ξανθοφύλλη. Έχει μεγαλύτερη διεισδυτικότητα από το argon-laser και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φωτοπηξία αλλοιώσεων του μελάγχρουν επιθηλίου και του χοριοειδούς στην περιοχή της ωχράς επειδή δεν απορροφάται από την ξανθοφύλλη. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το argon-laser γιατί η ξανθοφύλλη απορροφά μεγάλο ποσό από την ακτινοβολία του. (Ψύλλας, 1994)

2.4.3 Nd:YAG-laser

Η χρήση του στην οφθαλμολογία είναι από το 1980 και το δραστικό υλικό του είναι η σπάνια γαία Νεοδύμιο. Η ακτινοβολία του laser εκπέμπει στο αόρατο φάσμα του φωτός, στην περιοχή του υπέρυθρου, και έχει μήκος κύματος 1064 nm. Εφαρμόζεται συνδυαστικά με το laser Ηλίου-Νέου, που η ακτινοβολία του ανήκει στο ορατό φάσμα. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να παράγει ακτινοβολία συνεχούς κύματος ή υπό μορφή παλμών μακράς ή βραχείας διάρκειας. Για να πραγματοποιηθεί φωτοπηξία θα πρέπει η ακτινοβολία του laser

να έχει τη μορφή συνεχούς κύματος ή παλμών μακράς διάρκειας. Αντίθετα όταν η ακτινοβολία έχει τη μορφή παλμών βραχείας διάρκειας προκαλείται φωτοαποσύνθεση. Στην κλινική πράξη εφαρμόζεται το laser Nd:YAG που αποδίδει ακτινοβολία με μορφή παλμών βραχείας διάρκειας και έχει ως αποτέλεσμα να δρα σαν κοπτικό εργαλείο. (Ψύλλας, 1994)

Αυτό το laser που χαρακτηρίστηκε ως «κρύο νυστέρι», αποδείχθηκε πολύ σημαντικό σε μια σειρά χειρουργικών επεμβάσεων όπως η οπίσθια πήξη αμφιβληστροειδούς και στην αφαίρεση αδιαφανών μεμβρανών όπως ο καταρράκτης. Στην περίπτωση του καταρράκτη, που θολώνει ο φακός, αποκόπτονται οι αδιαφανείς μεμβράνες και αποκαθίσταται η όραση. Η ακτινοβολία δεν επηρεάζει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα γιατί εστιάζεται στον φακό του ματιού και επηρεάζονται μόνο οι ιστοί στο σημείο εστίασης. (Ανδριτσάκης, 1988)

2.4.4 Dye-laser

Δραστικό υλικό και σε αυτό το laser είναι το αέριο Αργό με την διαφορά ότι η παραγόμενη ακτινοβολία διέρχεται από ορισμένη οργανική χρωστική (dye), την ροδαμίνη 6G, η οποία απορρόφα επιλεκτικά μέρος του φάσματος της ακτινοβολίας αυτής, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέου μήκους κύματος δέσμης laser. Είναι ένα από τα επιτυχέστερα laser χρωστικής με απόδοση περίπου 20% και δυνατότητα ρύθμισης ακτινοβολίας σε αρκετά μεγάλη περιοχή μηκών κύματος (570-660 nm). Τα τελευταία χρόνια τα dye-laser χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία για τη θεραπεία παθήσεων του οφθαλμού. (Ανδριτσάκης, 1988)

2.4.5 Diode-laser

Σε αυτό το laser έχει αντικατασταθεί το δραστικό υλικό από ένα ηλεκτρο-οπτικό σύστημα που ονομάζεται ημιαγωγός ή δίοδος (diode).

Ο ημιαγωγός αποτελείται από στερεό υλικό με πολλές στρώσεις μίγματος κραμάτων Αλουμινίου, Γαλλίου, Αρσενίτη και Γαλλίου-Αρσενίτη. Όταν από αυτό το υλικό περάσει ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργείται εξαναγκασμένη εκπομπή μονοχρωματικής ακτινοβολίας, η οποία ανακλάται από τις επιφάνειες των κρυστάλλων του κράματος και εξέρχεται τελικά από τη δίοδο.

Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας του diode-laser είναι 790-950 nm (υπέρυθρο αόρατο φάσμα). Έχει θερμική δράση στους ιστούς και χρησιμοποιείται κυρίως για φωτοπηξία των διάφορων αλλοιώσεων του βυθού και πλεονεκτεί έναντι των άλλων laser γιατί διαπερνά ευκολότερα τον κερατοειδή, τον φακό, τις θολερότητες του υαλώδους σώματος καθώς και τις προαμφιβληστροειδικές αιμορραγίες. Άλλα πλεονεκτήματά του είναι η μικρή κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία του, το μικρό μέγεθος του που διευκολύνει την προσαρμογή του στην σχισμοειδή λυχνία και η μεγαλύτερη αντοχή του. (Ψύλλας, 1994)

2.4.6 Excimer-laser

Ο όρος Excimer προέρχεται από τη συγχώνευση δύο λέξεων, excited dimer (διεγερμένο διμερές) το οποίο είναι και το δραστικό υλικό του. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπει εξαρτάται από το μίγμα των αερίων που γεμίζουν την κοιλότητα του laser.

Στην κλινική πράξη το μίγμα αερίων που χρησιμοποιείται είναι το Αργό-Φθόριο που εκπέμπει σε μήκος κύματος 193 nm, στο υπεριώδες φάσμα, και η εκπομπή της ακτινοβολίας γίνεται με την μορφή παλμών βραχείας διάρκειας. Η δράση του excimer-laser είναι η φωτοεκτομή, κατά την οποία εξασφαλίζεται πολύ λεπτή εκτομή επί του ιστού-στόχου, χωρίς να προκαλούνται δευτερογενείς αλλοιώσεις στους γειτονικούς ιστούς. (Hecht, 1992)

2.4.7 Κλινικές εφαρμογές των lasers

Για την αντιμετώπιση παθήσεων του βυθού πρέπει να γίνεται φωτοπηξία γι αυτό και χρησιμοποιούνται το Argon-laser και το Krypton-laser, και λιγότερο το Dye-laser που επιλέγεται κυρίως για τις παθήσεις της περιοχής της ωχράς.

Μια πάθηση του βυθού είναι οι περιφερικές αλλοιώσεις του αμφιβληστροειδούς, που αντιμετωπίζονται με φωτοπηξία. Στόχος της φωτοπηξίας είναι η δημιουργία χοριοαμφιβληστροειδικής ουλής, που θα χρησιμοποιηθεί στο να εμποδίσει τη συνέχεια των αλλοιώσεων (ρωγμές, οπές) του αμφιβληστροειδή που μπορεί να οδηγήσει σε αποκόλλησή του. Επίσης η φωτοπηξία χρησιμοποιείται για να περιχαρακωθούν διάφορες εκφυλιστικές εστίες του αμφιβληστροειδούς που μπορεί να εξελιχθούν σε οπές ή ρωγμές και εντέλει στην αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς. (Ψύλλας, 1994)

Οι αγγειακές παθήσεις του αμφιβληστροειδούς χρησιμοποιούν για τη θεραπεία τους φωτοπηξία με laser και η συχνότερη πάθηση είναι η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια. Εφαρμόζεται και στις τρεις μορφές της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας, την διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια υποστρώματος, την προπαραγωγική διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια και στην παραγωγική διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια.

Με την φωτοπηξία πραγματοποιείται η επιβράδυνση της εξέλιξης της νόσου ή και η βελτίωση της όρασης του ασθενούς με την απορρόφηση του οιδήματος της ωχράς και της υποστροφή της νεοαγγείωσης. Επίσης η φωτοπηξία συμβάλει στην πρόληψη και αντιμετώπιση επιπλοκών, όπως είναι η απόφραξη της κεντρικής φλέβας του αμφιβληστροειδούς ή κλάδου αυτής, η οποία οδηγεί σε νεοαγγείωση του αμφιβληστροειδούς και οίδημα της ωχράς. (Ψύλλας, 1994)

Επιπροσθέτως η φωτοπηξία με laser εφαρμόζεται και σε ορισμένες γεροντικές εκφυλίσεις της ωχράς. Για την εν λόγω πάθηση χρησιμοποιείται το Dye-laser και το Argon-laser. Άλλες παθήσεις του αμφιβληστροειδούς στις οποίες η φωτοπηξία έχει περιορισμένη χρήση είναι η τοξοπλάσμωση, η ιστοπλάσμωση, η αγγειομάτωση του αμφιβληστροειδούς καθώς και μικρού μεγέθους ρετινοβλάστωμα. (Ψύλλας, 1994)

Για το χρόνια απλό γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας χρησιμοποιείται το Argon-laser και χρησιμοποιείται η μέθοδος που ονομάζεται τραμπεκουλοπλαστική. Το laser εφαρμόζεται στην εσωτερική επιφάνεια του σκληροκερατοειδικού ηθμού (trabeculum), ακριβώς μπροστά από το όριο του σωλήνα του Schlemm.

Η ακτινοβολία του Argon-laser έχει θερμική δράση και με αυτό τον τρόπο προκαλεί μετρίου βαθμού εγκαύματα και μικροουλές του trabeculum. Αυτό οδηγεί στη ρίκνωση των στρωμάτων των πεταλίων του δικτυωτού ηθμού, καταλήγοντας στην ελάττωση της διαμέτρου του ηθμού και τη διάνοιξη των μεσοδιαστημάτων του υπολοίπου δικτυωτού, και έτσι αυξάνεται η ευκολία αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού από τον πρόσθιο θάλαμο.

Μια άλλη επίδραση του laser, που θεωρείται ότι βοηθάει σε αυτή την πάθηση, είναι ο ερεθισμός των κυττάρων του ηθμού που μετά την ακτινοβολία αυξάνουν τη δραστηριότητα τους, οδηγώντας στην αύξηση της διαπερατότητας του ηθμού και στην ελάττωση της

ενδοφθάλμιας πίεσης. Η τραμπεκουλοπλαστική γίνεται σήμερα και με το Nd:YAG laser πετυχαίνοντας εξίσου καλά αποτελέσματα. (Ψύλλας, 1994)

Ακόμα, το Argon-laser εφαρμόζεται και στη γωνιοπλαστική, όπου με το laser ακτινοβολούμε την ρίζα της ίριδας προκαλώντας τη ρίκνωση και την απομάκρυνσή της από την επιφάνεια του trabeculum.

Μια περίπτωση που χρησιμοποιείται η γωνιοπλαστική είναι όταν η γωνία του προσθίου θαλάμου είναι πολύ στενή και υπάρχει κίνδυνος για απόφραξη της. Επίσης χρησιμοποιείται και όταν θέλουμε να έχουμε καλύτερη ορατότητα του διηθητικού ηθμού προκειμένου να εφαρμόσουμε την τραμπεκουλοπλαστική. (Ψύλλας, 1994)

Για την αποκατάσταση πρωτοπαθούς γλαυκώματος κλειστής γωνίας χρησιμοποιείται το Argon-laser και το Nd:YAG laser. Οι τεχνικές αυτές έχουν σκοπό τη δημιουργία νέας οδού άμεσης επικοινωνίας οπίσθιου και προσθίου θαλάμου, που γίνεται με τη δημιουργία οπής επί της ίριδας (ιριδοτομή).

Μια τεχνική για την αντιμετώπιση του δευτερογενή καταρράκτη είναι η εξωπεριφακική αφαίρεσή του και τοποθέτηση ενδοφακού στον οπίσθιο θάλαμο. Όμως μια επιπλοκή είναι η θόλωση του οπίσθιου περιφάκιου (δευτερογενής καταρράκτης), μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, προκαλώντας σημαντική ελάττωση της όρασης. Σήμερα με τη χρήση των laser αντιμετωπίζεται αυτή η επιπλοκή, μέσα σε λίγα λεπτά χωρίς την διάνοιξη του προσθίου θαλάμου. Το laser που εφαρμόζεται είναι το Nd:YAG που έχει φωτοδιασπαστική δράση και προκαλεί σχάση του δευτερογενούς καταρράκτη. (Ψύλλας, 1994)

Η χρήση του excimer-laser στην οφθαλμολογία εφαρμόζεται για την εκτέλεση πλήθους χειρουργικών επεμβάσεων στον κερατοειδή, για θεραπευτικούς σκοπούς και για τη μεταβολή της διαθλαστικής ισχύς του (διαθλαστική χειρουργική). Η δράση του laser είναι η φωτοεκτομή, με την οποία αφαιρείται τμήμα ιστού του κερατοειδή, και η δημιουργία λεπτής εκτομής, με τη μορφή τομής στον κερατοειδή με μεγάλη ακρίβεια. Με αυτή την τεχνική αποφεύγονται οι δευτερογενείς βλάβες στους γειτονικούς ιστούς.

Το excimer laser χρησιμοποιείται στις ακόλουθες θεραπευτικές επεμβάσεις:

- Αφαίρεση με μεγάλη ακρίβεια παθολογικών ιστών στο επιθήλιο ή στο πρόσθιο τμήμα του στρώματος του κερατοειδή.
- Μεταμόσχευση του κερατοειδούς.
- Σε διαθλαστικές επεμβάσεις όπως είναι η φωτοδιαθλαστική κερατεκτομή. Σε αυτή τη μέθοδο εφαρμόζεται το excimer laser για να αφαιρέσει κερατικό ιστό, και έχει σαν στόχο την τροποποίηση της κυρτότητας της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς. Οι αμετρωπίες που μπορούν να διορθωθούν είναι μικρού και μεσαίου βαθμού, συνήθως μυωπίες μέχρι 6.0 D. (Ψύλλας, 1994)

Πίνακας 1: Κύριες εφαρμογές των laser στην οφθαλμολογία. Πηγή: Οφθαλμολογία

Είδος Laser	Κύριες Χρήσεις	Τρόπος Δράσης
Αργόν και κρυπτόν	Διαβητική ωχροπάθεια Παναμφιβληστροειδική φωτοπηξία για νεοαγγείωση αμφιβληστροειδούς και ίριδας Ρωγμές αμφιβληστροειδούς με ή χωρίς αποκόλληση αμφιβληστροειδούς Καταστροφή χοριοειδικής νεοαγγειακής μεμβράνης σε ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς Τραμπεκουλοπλαστική με laser Καταστροφή έκτοπων βλεφαρίδων	Χρωστικές του οφθαλμού απορροφούν τα φωτόνια και απελευθερώνουν θερμότητα
Nd:YAG	Οπίσθια καψουλοτομή σε θόλωση οπίσθιου περιφάκιου μετεγχειρητικά Περιφερική ιριδοτομή	Προκαλεί εστιακή διάσπαση ιστών
Excimer	Κερατοειδοπλαστική για την διόρθωση διαθλαστικών ανωμαλιών Θεραπεία επιφανειακών παθήσεων του κερατοειδούς	Διασπά διαμοριακούς δεσμούς
Δυοδικό	Παθήσεις του αμφιβληστροειδούς Διασκληρική εφαρμογή σε ενδοφθάλμιους ιστούς	Χρωστικές του οφθαλμού απορροφούν φωτόνια και απελευθερώνουν θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ LASER

Οι διαρκώς αυξανόμενες χρήσεις των laser σε ανοιχτούς χώρους πρέπει να συνοδεύονται πάντοτε με μέτρα ασφάλειας και προφύλαξης κατά των ακτινών, έτσι ώστε να μειωθεί η πιθανότητα της έκθεσης ενός ατόμου σε επικίνδυνα επίπεδα οπτικής ακτινοβολίας laser. Οι υψηλές τιμές ακτινών των laser θεωρούνται επικίνδυνες όταν έρθουν σε επαφή με τα μάτια και το δέρμα. Οι περισσότεροι τύποι των laser έχουν μεγάλη λαμπρότητα και επομένως είναι επικίνδυνοι και κατά την άμεση έκθεση σε αυτά αλλά και από τις αντανακλάσεις τους σε λείες επιφάνειες. Εξαιρέση αποτελούν μόνο τα laser μικρής ισχύος. (Carruth και McKenzie, 1994)

3.1 Κατηγορίες πηγών laser

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με τα laser κατά τη χρήση τους ποικίλλουν. Ο λόγος είναι ότι έχουν φασματική ευρύτητα για το μήκος κύματος εκπομπής, του ενεργειακού περιεχομένου και των παλμικών χαρακτηριστικών της ακτίνας laser. Έτσι όλες οι πηγές laser έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την επικινδυνότητα που έχουν. Αυτή η κατηγοριοποίηση βοηθάει στο να εφαρμοστούν τα κατάλληλα όρια ασφάλειας για το κάθε laser.

- **Τάξη 1 :** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα laser χαμηλής ισχύος, όπως το GaAs laser. Η ισχύς της δέσμης είναι μικρότερη από 1mW. Τα laser είναι ασφαλή κάτω από λογικές συνθήκες λειτουργίας και δεν θεωρούνται επικίνδυνα για τον άνθρωπο.

- **Τάξη 2 :** Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα laser που εκπέμπουν ορατή ακτινοβολία. Τα laser αυτά είναι χαμηλής ισχύος ή χαμηλού ρίσκου και είναι επικίνδυνα όταν ο παρατηρητής κοιτάξει επίμονα προς την πηγή. Η προστασία των ματιών παρέχεται από τον αντανακλαστικό βλεφαρισμό. Η ισχύς της δέσμης εκπέμπει μεταξύ 0,39 μ W μέχρι 1 mW. Θα πρέπει να αποφεύγεται το αντίκριμά της δέσμης αυτής της κατηγορίας τόσο απευθείας όσο και από ανάκλαση. (Λεονταρίδου, 2006)

- **Τάξη 3 :** Τα laser της τρίτης κατηγορίας θεωρούνται συσκευές μέτριου κινδύνου ή μέσης ισχύος. Μπορούν να προκαλέσουν βλάβη του ματιού κατά τον αντανακλαστικό βλεφαρισμό που γίνεται σε χρόνο 0,25 sec. Δεν προκαλούν σοβαρά δερματικά προβλήματα και ανάλογα με την οπτική ισχύ τα διακρίνουμε σε δυο υποκατηγορίες. Στην πρώτη υποκατηγορία είναι τα laser με μήκη κύματος εκπομπής 400-700 nm που είναι ασφαλή χωρίς

την χρήση οπτικών οργάνων (τηλεσκοπία, μικροσκοπία, κιάλια κ.α), και η οπτική ισχύς κυμαίνεται μεταξύ 1-5 mW. Στην δεύτερη υποκατηγορία η απευθείας παρατήρηση των ακτινών laser είναι πάντα επικίνδυνη, ενώ κατά της διάχυτες αντανακλάσεις της ακτίνας είναι ασφαλής, και η οπτική ισχύς κυμαίνεται μεταξύ 5-500 mW.

· **Τάξη 4 :** Τέλος, στη τέταρτη κατηγορία τα laser είναι ικανά να παράγουν επικίνδυνες και διάχυτες αντανακλάσεις. Μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα στο δέρμα και επίσης κίνδυνο πυρκαγιάς ή ανάφλεξη εύφλεκτων υλικών γι αυτό και η χρήση τους απαιτεί μεγάλη προσοχή. (Ζευγολής, 2007)

3.2 Δράση της ακτινοβολίας laser στους ιστούς

Κατά την εφαρμογή της ακτινοβολίας laser στους ιστούς παρατηρούνται φωτοχημικά φαινόμενα, φωτοθερμικά φαινόμενα και φαινόμενα φωτοϊονισμού.

Τα φωτοχημικά φαινόμενα είναι μια σειρά φαινομένων που προκαλούνται από την ακτινοβολία του ιστού με laser χαμηλής ισχύος. Όταν στα κύτταρα παρέχεται μικρής ενέργειας ακτινοβολία laser προκαλείται μια σειρά φαινομένων που ονομάζεται φωτοεπίδραση. Κατά τη φωτοεπίδραση η προσφορά ακτινοβολίας laser μικρής ενέργειας στα κύτταρα αυξάνει την ενεργητικότητά τους. Έτσι προκαλείται αύξηση του ηλεκτρικού δυναμικού των κυτταρικών μεμβρανών, διέγερση των μιτοχονδρίων και ινοβλαστών, καθώς και βελτίωση της απορρόφησης του οξυγόνου από τα κύτταρα. Αποτέλεσμα της ακτινοβολίας laser μικρής ενέργειας, είναι η αύξηση του κοκκώδους συνδετικού ιστού και της επούλωσης των τραυμάτων. Η αντιμετώπιση του καρκίνου με τη μέθοδο της φωτοχημειοθεραπείας αποτελεί ιατρική εφαρμογή της δέσμης laser χαμηλής ενέργειας. (Λεονταρίδου, 2006)

Τα laser με μεγάλη ενέργεια δέσμης ονομάζονται θερμά lasers, προκαλούν φωτοθερμικά φαινόμενα και μοιάζουν με τα φαινόμενα που παρατηρούνται σε ένα έγκαυμα. Αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει η απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας οποιουδήποτε μήκους κύματος. Κατά την αλληλεπίδραση ιστού-laser η θερμική πήξη προκαλεί νέκρωση των κυττάρων, αιμόσταση, συγκόλληση και αλλοιώσεις της εξωτερικής μεμβράνης, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και το χρόνο θέρμανσης. (Λεονταρίδου, 2006)

Η ενέργεια laser, ανάλογα με τη θερμοκρασία που χρησιμοποιεί, προκαλεί κάποια φαινόμενα:

1. Τη φωτοθερμόλυση, που σχετίζεται με την τοπική υπερθέρμανση των ιστών μικρής κλίμακας.

2. Τη φωτοϋπερθερμία, που εμφανίζεται σε θερμοκρασία ιστών μεταξύ 37° - 43° C, χωρίς να προκαλέσει μόνιμες βλάβες. Σε θερμοκρασίες 45° και 60° C παρατηρείται μετουσίωση των ενζύμων, χαλάρωση των κυτταρικών μεμβρανών (οίδημα) και συγκόλληση των ιστών.

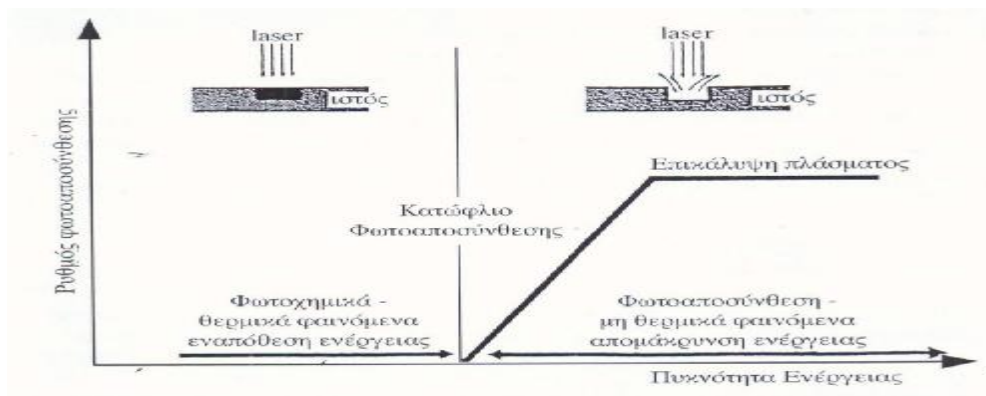
3. Τη φωτόπηξη, που εφαρμόζεται για αιμόσταση και προκαλεί πήξη των πρωτεϊνών του κυττάρου και νέκρωση των ιστών, σε θερμοκρασίες μεταξύ 60° και 95° C. Στους 70° C μετουσιώνεται το DNA.

4. Τη φωτοεξάτμιση, που σε θερμοκρασίες 100° μέχρι 300° C επιτυγχάνεται ταχεία θέρμανση και εξάτμιση των κυττάρων, καθώς τα κύτταρα αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό από νερό. Στις παραπάνω θερμοκρασίες που ξεπερνούν το σημείο βρασμού του, εξατμίζεται και το laser δρα ως χειρουργικό νυστέρι. Σε θερμοκρασίες 300° C επέρχεται απανθράκωση των ιστών.

5. Τη φωτοεξάχνωση, που συμβαίνει σε θερμοκρασίες πάνω από τους 300° C, που επέρχεται εξάχνωση των στερεών ιστών. (Ανδριτσάκης, 1988)

Το φαινόμενο του φωτοϊονισμού ή φωτοαποσύνθεσης σε αντίθεση με τα προηγούμενα είναι μη θερμικό, και εμφανίζεται στους ιστούς με τη δράση ακτινοβολίας laser πολύ μεγάλης ισχύος (1 MW/cm^2) και πολύ μικρής διάρκειας.

Τα φαινόμενα αυτά εμφανίζονται όταν η ενεργειακή πυκνότητα της ακτινοβολίας laser ξεπεράσει το κατώφλι φωτοϊονισμού, το οποίο είναι μια στενή περιοχή κάτω από την οποία παρατηρούνται φωτοχημικά ή φωτοθερμικά φαινόμενα μόνο, ενώ πάνω από αυτή παρατηρούνται μη θερμικά φαινόμενα, όπως τα φαινόμενα φωτοϊονισμού και φωτοαποσύνθεσης και σε πολύ μεγαλύτερη ισχύ της ακτινοβολίας laser φαινόμενα φωτοδιάρρηξης και φωτοτεμαχισμού, που βρίσκουν εφαρμογή στην ιατρική. (Ανδριτσάκης, 1988)



Εικόνα 4: Χαρακτηριστική καμπύλη του φαινομένου της φωτοσύνθεσης. Πηγή: Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις

3.3 Μέγιστη Επιτρεπτή Έκθεση laser (M.P.E) και Ζώνη Επικινδυνότητας (N.H.Z)

Κατά τη χρήση των laser είναι αναγκαίο να λαμβάνονται κάποια μέτρα που θα προσφέρουν προστασία στο προσωπικό που χειρίζεται τα laser, στους ασθενείς, αλλά και στο χώρο που περιβάλλει τα laser γενικότερα.

Υπάρχει κίνδυνος όταν κάποιος βρεθεί σε ένα χώρο που λειτουργούν laser, αλλά και σε περιπτώσεις που χρειάζονται ανοικτές δέσμες laser παραδείγματος χάρη σε διαγνωστικές και θεραπευτικές διαδικασίες, χειρουργικές επεμβάσεις με laser και χρήση οπτικών ινών σε συνδυασμό με laser. Αυτή είναι η Ζώνη Επικινδυνότητας N.H.Z (Nominal Hazard Zone) και καθορίζεται από τα όρια της περιοχής γύρω από ένα laser στην οποία υπάρχει πιθανότητα για επικίνδυνη έκθεση. Στο χώρο αυτό η συνολική ακτινοβολία (άμεση ή ανακλώμενη ή διάχυτη) μπορεί να ξεπεράσει την Μέγιστη Επιτρεπόμενη Ακτινοβολία M.P.E (Maximum Permissible Exposure). (Λεονταρίδου, 2006)

Πίνακας 2: Ενδεικτικές τιμές της MPE. Πηγή: Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις

LASER	Τρόπος Λειτουργίας	Χρόνος Έκθεσης	MPE
He-Ne	Συνεχής	0.25	2.5 m W/cm ²
Argon	Συνεχής	3×10^4	1.0 μW/cm ²
Nd:YAG	Παλμικός	1×10^{-8}	5.0 μ J/cm ²
CO ₂	Συνεχής	3×10^4	10 m W/cm ²

3.4 Οι κίνδυνοι στον αμφιβληστροειδή

Ο αμφιβληστροειδής είναι ο πιο ευάλωτος ιστός του σώματος στην ακτινοβολία laser και μια υπερβολική έκθεση σε δέσμη laser στο ορατό ή στο εγγύς-υπέρυθρο φως μπορεί να είναι καταστροφική.

Μια βλάβη που προκαλείται μπορεί να είναι έγκαυμα στον περιφερικό αμφιβληστροειδή, οπότε δημιουργείται ένα μικρό σκότωμα, το οποίο ίσως δεν γίνει αντιληπτό. Επίσης όταν κάποιος κοιτάξει κατευθείαν τη δέσμη του laser μπορεί να υποστεί έγκαυμα στο βοθρίο, και τότε καταστρέφεται το κέντρο της όρασής του. Ένα τέτοιο έγκαυμα στο οπτικό νεύρο μπορεί να καταστρέψει την όραση μερικά ή ολικά. (Carruth και McKenzie, 1994)

Στην πράξη, ο αμφιβληστροειδής δεν απορρόφα ακτινοβολία που προσπίπτει στον οφθαλμό μήκους κύματος μεγαλύτερη από 1,4 μm .

Έχει ορισθεί μια περιοχή μηκών κύματος στην οποία είναι ευάλωτος ο αμφιβληστροειδής, η οποία είναι από τα 400 έως τα 1400 nm, και εκτείνεται και στο ορατό και στο εγγύς-υπέρυθρο φάσμα. Η υπέρυθη ακτινοβολία διαιρείται σε τρεις ζώνες στην IR-A από 760-800 nm έως 1400 nm, IR-B από 1,4 μm έως 3.0 μm και IR-C από 3 μm έως 1 mm. Το πρόβλημα με την ακτινοβολία στο ορατό και στο εγγύς υπέρυθρο είναι ότι διαδίδεται μέσω των οφθαλμικών μέσων και εστιάζεται από το κερατοειδή και το φακό σε μια μικρή κηλίδα, και μπορεί να προκαλέσει φωτοχημική ή θερμική βλάβη. Όταν το μήκος κύματος της ακτινοβολίας γίνει μεγαλύτερο από 1400 nm μπορεί να προκαλέσει θερμική βλάβη του κερατοειδούς χιτώνα. Ακτινοβολία με μήκος κύματος μεταξύ 760 και 3000 nm μπορεί να προκαλέσει καταρράκτη. (Λεονταρίδου, 2006)

Τα laser αποκατάστασης έχουν χαμηλό επίπεδο δράσης κατά την ακτινοβόληση του ματιού από μία απόσταση, λόγω του ότι οι ακτίνες δεν είναι παράλληλες, επιτυγχάνεται διάσπαση του φωτός. Ένας τρόπος προστασίας των ματιών αν η ακτινοβόληση γίνει εξ επαφής είναι το αντανάκλαστικό κλείσιμο των βλεφάρων. Σε αντίθετη περίπτωση, τα laser υψηλής ισχύος ή χειρουργικής είναι πιο επικίνδυνα, ακόμα και η αντανάκλαση στον τοίχο μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα μάτια. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις, που δυνατά laser μπορεί να είναι και ακίνδυνα για τα μάτια. Για παράδειγμα ένα laser CO₂ με ισχύ 100 Watt,

είναι ακίνδυνο εάν η ακτίνα δράσης του στο σημείο εστίασης είναι πάνω από 5 cm, και τότε χάνεται η εστίαση. (Ευαγγέλου, 1998)

3.5 Κίνδυνοι ακτινοβολίας στο δέρμα

Ο μηχανισμός βλάβης που προκαλείται στο δέρμα είναι μάλλον θερμικός παρά φωτοχημικός, για την ορατή και υπέρυθη ακτινοβολία. Μετά από πειραματικές μελέτες συμπεράναν ότι η MPE που χρησιμοποιείται για το δέρμα είναι η ίδια που εφαρμόζεται και για τον οφθαλμό, δηλαδή οι ίδιες τιμές που χρησιμοποιούνται στον κερατοειδή, στις περιοχές με IR-B και IR-C και στην περιοχή μακρού-υπερύθρου. Στην περίπτωση όμως της ορατής ακτινοβολίας και του IR-A φώτος, υπάρχει διαφορά γιατί διαχέεται στο δέρμα πιο βαθιά από ότι η ακτινοβολία μακρού-υπερύθρου. Έτσι για την ορατή και την ακτινοβολία IR-A για το δέρμα, δεν εφαρμόζονται τα όρια MPE για το μάκρο-υπέρυθρο που εφαρμόζονται στον κερατοειδή, αλλά σύμφωνα με τον κώδικα BSI οι τιμές MPE είναι δυο φορές μεγαλύτερα από τις τιμές του κερατοειδή.

Η υπεριώδης ακτινοβολία δημιουργεί στο δέρμα ερυθρηματώδη αντίδραση, δηλαδή ένα κοκκίνισμα στο δέρμα. Και στην περίπτωση που ο κερατοειδής εκτεθεί στο υπεριώδες, η αντίδραση είναι φωτοχημικής φύσης. Στον κώδικα BSI χρησιμοποιούνται και για το δέρμα και για τον οφθαλμό τα ίδια MPE. (Carruth και McKenzie, 1994)

Πίνακας 3: Βιολογική δράση κατά την έκθεση των οφθαλμών και του δέρματος σε διάφορα μήκη κύματος της ακτινοβολίας laser.

Φασματική περιοχή ακτινοβολίας	Φωτοβιολογική δράση Οφθαλμός	Φωτοβιολογική δράση Δέρμα
Υπεριώδες C (200 nm – 280 nm)	Φωτοκερατίτιδα	Ερύθημα Καρκίνος δέρματος Επιταχυνόμενη γήρανση του δέρματος
Υπεριώδες B (280 nm- 315 nm)	Φωτοκερατίτιδα	Αυξημένο «μαύρισμα»
Υπεριώδες A (315 nm-400 nm)	Φωτοχημικός καταρράκτης	Μαύρισμα Έγκαυμα δέρματος
Ορατό (400 nm-780 nm)	Φωτοχημική και θερμική βλάβη του αμφιβληστροειδούς	Μαύρισμα Αντιδράσεις φωτοευαισθησίας Έγκαυμα δέρματος
Υπέρυθρο A (780 nm- 1400 nm)	Καταρράκτης και έγκαυμα αμφιβληστροειδούς	Έγκαυμα δέρματος
Υπέρυθρο B (1,4 μm- 3 μm)	Έγκαυμα κερατοειδούς, αναλαμπές υδατοειδούς, καταρράκτης	Έγκαυμα δέρματος
Υπέρυθρο C (3 μm-100 μm)	Έγκαυμα κερατοειδούς	Έγκαυμα δέρματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ

4.1 Εισαγωγή

Με την εξάπλωση των συστημάτων laser, η άμεση ανάγκη νέας νομοθεσίας και κανονισμών και η συνειδητοποίηση σε θέματα ασφάλειας του προσωπικού, το οποίο εργάζεται σε χειρουργικές μονάδες με laser, είναι σημαντική για τον καθορισμό πρωτοκόλλων για τη διαχείριση της ασφάλειας των laser στα νοσοκομεία. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στην προστασία των ματιών και του δέρματος από την ακτινοβολία. (Ανδριτσάκης, 1988)

Για κάθε εγκατάσταση laser πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός επικινδυνότητας του, και να παίρνονται ειδικά μέτρα προστασίας. Μπορεί να δημιουργηθούν κάποιοι κίνδυνοι που σχετίζονται με τοξικά υλικά ή τοξικούς καπνούς και με υποπροϊόντα που γίνονται από τη χρήση laser σε συγκολλήσεις, φωτιά και τα λοιπά. Ακόμη, από την εφαρμογή οπτικών ινών στις διάφορες θεραπευτικές εφαρμογές, χρειάζονται πρόσθετα μέτρα ασφαλείας, τόσο για το προσωπικό όσο και για τους ασθενείς. Τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας περιγράφονται από το πρότυπο Z-136 του ANSI (American National Standards Institute). Επιπλέον για τον αποτελεσματικό συντονισμό των μέτρων ασφαλείας πρέπει να καθορίζεται και ένας υπεύθυνος ασφαλείας των laser, ο οποίος έχει την ευθύνη και τον έλεγχο της εφαρμογής των μέτρων ασφαλείας. (Carr and Brown, 1993)

Στους χώρους λειτουργίας των laser εφαρμόζονται τέσσερις βασικές κατηγορίες μέτρων προστασίας:

1. Διαμορφώσεις χώρων
2. Ατομικά μέτρα προστασίας
3. Διοικητικά και διαδικαστικά μέτρα προστασίας
4. Ειδικά μέτρα προστασίας για κάθε περίπτωση (Ανδριτσάκης, 1988)

4.2 Διαμορφώσεις χώρων

Οι διαδικασίες ασφαλείας για κάθε χώρο με laser θα πρέπει να καταγράφονται από τον Σύμβουλο Προστασίας από τα laser και σε συνεργασία με τον Επιβλέποντα Προστασίας από τα laser σε έναν κώδικα Τοπικών Κανονισμών.

Αρχικά, θα πρέπει να δημιουργείται ένας κατάλογος, ο οποίος θα καταγράφει τους εξουσιοδοτημένους χρήστες των laser. Η περιοχή του laser περιγράφεται από τους Τοπικούς Κανονισμούς ως ελεγχόμενη περιοχή laser, και συνήθως είναι η αίθουσα του χειρουργείου. Για να χαρακτηριστεί ο χώρος του χειρουργείου σαν μία Ελεγχόμενη Περιοχή laser, πρέπει να τοποθετηθούν προειδοποιητικές πινακίδες έξω από όλες τις εισόδους του χειρουργείου.

Τα συστήματα laser έχουν διασυνδέσεις ασφαλείας, οι οποίες τοποθετούνται πρόσθετα στις χάρτινες πινακίδες έξω από τις εισόδους του χειρουργείου που φωτίζονται όταν μπαίνει σε λειτουργία το τροφοδοτικό του laser. Δεν είναι τελείως αποδεκτό, από κλινικής άποψης, να συνδέονται με τις πόρτες αυτοί οι διακόπτες ασφαλείας. Πριν γίνει η χρήση του laser θα πρέπει να έχουν γίνει οι απαραίτητες ρυθμίσεις που θα το κατευθύνουν στον επιζητούμενο στόχο. Ο έλεγχος ασφαλείας γίνεται πριν τη θεραπεία, που τοποθετείται σαν στόχος ένα υγρό βαμβάκι ή άλλο άφλεκτο υλικό. Μία ακόμη παράμετρος που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η δυνατότητα να προσπέσει η δέσμη σε μεταλλικά, κατοπτρικής ανάκλασης εργαλεία μέσα στο χειρουργικό πεδίο. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται με lasers θα πρέπει να είναι χωρίς γυαλιστερές επιφάνειες, αλλά στην περίπτωση μιας απρόσεκτα κατευθυνόμενης δέσμης και αυτά μπορούν να βοηθήσουν στη διάχυτη ανάκλαση της δέσμης.

Επιπλέον θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο υλικό των σωλήνων που χρησιμοποιούνται, γιατί αν για παράδειγμα στην εγχείρηση του λάρυγγα ο αναισθητικός σωλήνας που χρησιμοποιείται δεν είναι ανθεκτικός στο laser, υπάρχει κίνδυνος για φωτιά στον αεραγωγό. Γι αυτό το λόγο οι σωλήνες από καουτσούκ πρέπει να καλύπτονται με ανακλαστική ταινία αλουμινίου, όπως το αλουμινόχαρτο που προλαμβάνει τη διείσδυση μιας άσχημα κατευθυνόμενης δέσμης. Η καλύτερη περίπτωση είναι η μεταλλικοί αναισθητικοί σωλήνες οι οποίοι διατίθενται στη χειρουργική με laser.

Επιπρόσθετο μέτρο είναι το απαραίτητο κάλυμμα που τοποθετείται στον ποδοδιακόπτη, από τον οποίο ξεκινάει η λειτουργία του laser. (Carruth και McKenzie, 1994)

4.3 Ατομικά μέτρα προστασίας

Ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει κάθε συσκευή laser, πρέπει να τηρούνται κατάλληλα μέτρα ασφάλειας σύμφωνα με τον βαθμό επικινδυνότητας του. Αυτά τα προστατευτικά μέτρα είναι:

Ø Προστατευτική περίφραξη, που εμποδίζει την ανθρώπινη πρόσβαση στην ακτινοβολία, πάνω από την κατηγορία 1.

Ø Κάλυμμα και κλείδωμα ασφαλείας.

Ø Προειδοποίηση από εκπομπή laser, μέσω οπτικού ή ηχητικού σήματος στον προθάλαμο του εργαστηρίου, που ισχύει συνήθως για τις κατηγορίες laser 2,3 και 4.

Ø Προειδοποιητικές πινακίδες, με τη μορφή αυτοκόλλητης ετικέτας που τοποθετούνται πάνω στις συσκευές laser σε ευδιάκριτη θέση.

Ø Χρήση κατάλληλων προστατευτικών γυαλιών, για αποφυγή κινδύνου ακτινοβολίας διαμέσου αντανάκλαστικών επιφανειών.

Ø Χρήση προστατευτικού ρουχισμού, που είναι χρήσιμο σε περιπτώσεις laser τέταρτης κατηγορίας.

Ø Κατάλληλη εκπαίδευση προσωπικού, που δίνεται από τον κατασκευαστή και παρέχει τις ελάχιστες προϋποθέσεις εξοικείωσης με τις λειτουργίες του laser, και την ανάγκη για προσωπική προστασία.

Ø Ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων με ακτίνες laser, στην οποία περιλαμβάνεται προληπτική ετήσια οφθαλμολογική εξέταση. (Ζευγώλης, 2007)

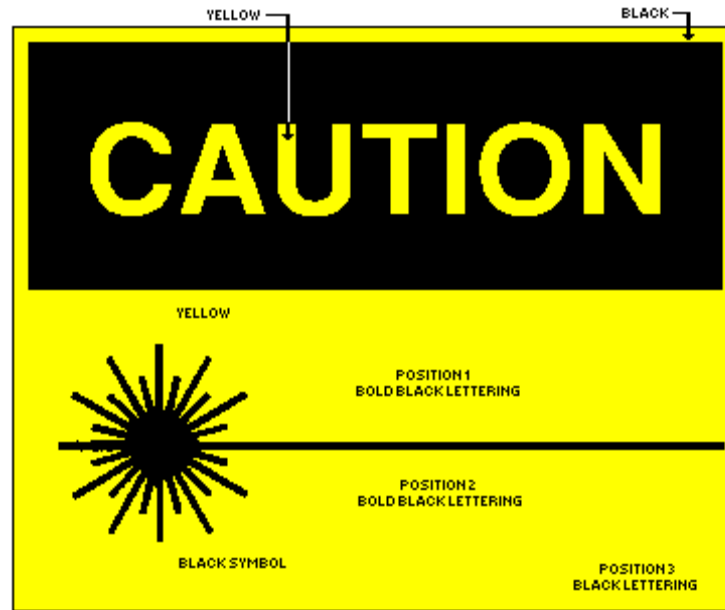
Επιπροσθέτως, ένα μέτρο που προσφέρει ασφάλεια στον χειριστή του laser είναι τα ενσωματωμένα φίλτρα στα οπτικά βοηθήματα. Αυτό το μέτρο προστατεύει τον χειρουργό από τις οπισθοανακλόμενες εξασθενημένες θεραπευτικές δέσμες που είναι πολύ επικίνδυνες. Στη περίπτωση της φωτοπηξίας για να προστατευτεί ο οφθαλμίατρος ένα φίλτρο τοποθετείται σε μία κατάλληλη θέση στο μικροσκόπιο. Ακόμη τα ενδοσκόπια που χρησιμοποιούνται για φωτοπηξία του γαστρεντερολογικού συστήματος και με laser αργού και με laser Nd:YAG, έχουν δείξει ότι η κατοπτρική ανάκλαση μπορεί να ξεπεράσει τα MPE για τον οφθαλμό. Για αυτό εφαρμόζεται ένα ηλεκτρικό φίλτρο, που ενσωματώνεται στα

οπτικά μέρη του ενδοσκοπίου του laser αργού. Ενώ στην περίπτωση διάταξης Nd:YAG χρησιμοποιείται ένα μόνιμο άχρωμο φίλτρο, που εξασθενεί το μήκος κύματος του Nd:YAG και τοποθετείται μόνιμα στα οπτικά μέρη της συσκευής. (Carruth και McKenzie, 1994)

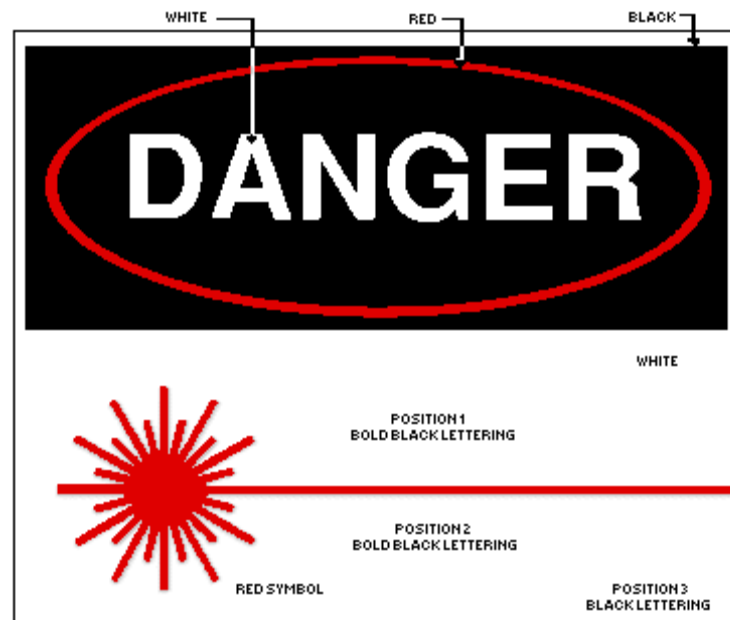
Μια επιγραφή για τα laser που βρίσκονται στις εισόδους των χειρουργείων φαίνεται στην Εικόνα 4. Στην περίπτωση που τα laser είναι κατηγορίας 2 η πινακίδα έχει τη λέξη “CAUTION” σε κίτρινο φόντο με μαύρο σύμβολο laser και μαύρα γράμματα όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Για τα laser κατηγορίας 3β και 4 επιβάλλεται υποχρεωτικά η χρήση πινακίδας με τη λέξη “DANGER” σε λευκά γράμματα επάνω σε κόκκινο φόντο με κόκκινο σύμβολο laser και μαύρα γράμματα σε λευκό φόντο, όπως στην Εικόνα 6. (Ανδριτσάκης, 1988)



Εικόνα 5: Προειδοποιητικό σήμα στην είσοδο χώρου που είναι εγκατεστημένο το laser. Πηγή: Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις



Εικόνα 6: Προειδοποιητική επιγραφή για Laser κατηγορίας II. Πηγή: Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις



Εικόνα 7: Προειδοποιητική επιγραφή για Laser κατηγορίας IIIβ και IV. Πηγή: Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις



Εικόνα 8: Προειδοποιητικό σήμα για επιδιορθώσεις στο χώρο του Laser. Πηγή: Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις

4.3.1 Προστατευτικά γυαλιά

Όταν γίνεται η αγορά των χειρουργικών laser, οι προμηθευτές διαθέτουν για χρήση προστατευτικά γυαλιά ή μάσκες οφθαλμών. Τα προστατευτικά γυαλιά προτιμώνται από τις μάσκες οφθαλμών γιατί οι μάσκες δεν εφαρμόζουν εύκολα πάνω από γυαλιά οράσεως. Μια αρμοδιότητα του Σύμβουλου Προστασίας είναι να εξασφαλίσει ότι τα γυαλιά που θα χρησιμοποιηθούν είναι του σωστού τύπου, για να προστατεύσουν από την έξοδο του laser.

Τα γυαλιά πρέπει να τα συνοδεύει ένα πιστοποιητικό, που να δηλώνει τα μήκη κύματος για τα οποία παρέχεται προστασία και τις αντίστοιχες οπτικές πυκνότητες. Ακόμη τα προστατευτικά γυαλιά θα πρέπει να προσαρμόζονται καλά γύρω από τα μάτια, χωρίς να μένει κάποιο κενό, μέσα από το οποίο να μην μπορεί να περάσει μια διάχυτη δέσμη και να φτάσει στον οφθαλμό. (Carruth και McKenzie, 1994)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα προστατευτικά γυαλιά θα πρέπει να συνοδεύονται από ένα πιστοποιητικό που εξασφαλίζει την ποιότητα και τις ιδιότητές του. Αυτά τα γυαλιά που

πληρούν τις προδιαγραφές είναι ακριβά, δύσκολα στην κατασκευή και περιορίζουν την περιφερειακή όραση, πράγμα το οποίο μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα σε ένα χειρουργείο.

Το άτομο που μπορεί να αποφασίσει αν θα χρησιμοποιηθούν υποδεέστερα γυαλιά από τα πρότυπα, είναι ένας φυσικός. Ο ρόλος του είναι να ελέγξει όλες τις παραμέτρους όπως την ανθεκτικότητα των γυαλιών στο laser με την έκθεση των ακρών του φίλτρου και την παρατήρηση της βλάβης που προκαλείται. Ικανοποιητικό αποτέλεσμα μπορεί να θεωρηθεί όταν θα υπάρξει ελάχιστη πιθανότητα να διαπεράσει η ακτινοβολία τα γυαλιά, σε όλες τις περιστάσεις που μπορεί να προκύψουν στον χώρο του χειρουργείου. (Carruth και McKenzie, 1994)



Εικόνα 9: Είδη προστατευτικών γυαλιών

4.4 Διοικητικά και διαδικαστικά μέτρα προστασίας

Οι Σύμβουλοι Προστασίας από τα laser είναι υπεύθυνοι για την πολιτική ασφαλείας από τα laser. Βασικοί ρόλοι τους είναι:

- Να ενημερώνονται και να παρευρίσκονται στην εγκατάσταση των νέων laser, σε συνεργασία με την Επιτροπή Ακτινοπροστασίας ή άμεσα με την διοίκηση, έτσι ώστε να μπορούν να έχουν άμεση επαφή με την συσκευή και να γνωρίσουν τις δυνατότητές της.
- Να έρχονται σε επαφή με τον ιατρό που έχει αναλάβει τη χρήση του νέου laser, και να αποφασίσουν το είδος των επεμβάσεων που πρόκειται να πραγματοποιηθούν με τη συσκευή.

- Να καθορίσουν εάν δεν είναι απαραίτητη η χρήση των βαρέως τύπου γυαλιών ανάλογα με την περίπτωση.
- Τέλος, θα πρέπει να έχουν την επίβλεψη πολλών laser σε αρκετά τμήματα της βιοϊατρικής, κάτι που είναι πρακτικά αδύνατο και γι αυτό ορίζεται για κάθε χειρουργείο ένας Επιβλέπων Προστασίας.

Ο Επιβλέπων Προστασίας από το laser είναι υποχρεωμένος να παρευρίσκεται κατά τη διάρκεια επεμβάσεων με laser για να εξασφαλίζει την τήρηση των κανόνων ασφαλείας. Για να αναλάβει κάποιος το καθήκον αυτό θα πρέπει να έχει εκπαίδευση στην ασφάλεια των lasers, την οποία θα πάρει είτε από τον Σύμβουλο Προστασίας είτε από πρόγραμμα εκπαίδευσης. Επιπλέον, ρόλος του είναι:

- Να συντάξει τους Τοπικούς Κανονισμούς σε συνεργασία με τον Σύμβουλο Προστασίας.
- Να παρακολουθεί εάν τηρούνται στην καθημερινή πράξη οι Τοπικοί Κανονισμοί.
- Να είναι υπεύθυνος για την εξασφάλιση των απαραίτητων γυαλιών για την προστασία των οφθαλμών, και ότι φοριούνται από όλο το προσωπικό.
- Να ελέγχει αν έχουν τοποθετηθεί προστατευτικά γυαλιά πάνω στα μάτια των ασθενών.
- Να ελέγξει ότι τα προειδοποιητικά σήματα είναι στη θέση τους και είναι φωτισμένα σε όλες τις εισόδους προς το χειρουργείο πριν ξεκινήσει η χρήση του laser.
- Να ελέγξει αν ο χειριστής του laser είναι στον κατάλογο των εξουσιοδοτημένων χρηστών.
- Να εξασφαλίσει ότι οι επιφάνειες γύρω από το χειρουργικό πεδίο είναι προστατευμένες με υγρά επιθέματα, και σε περίπτωση πυρκαγιάς αν είναι διαθέσιμο ένα δοχείο με νερό. (Carruth και McKenzie, 1994)

Επιπροσθέτως, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία σε ποιον θα ανατεθεί για φύλαξη το κλειδί του laser και πως θα έρχεται κάποιος σε επαφή με αυτό το πρόσωπο.

Οι κατασκευαστές, λόγω των κινδύνων που παρουσιάζουν τα laser κατηγορίας IV για τους οφθαλμούς και το δέρμα, θα πρέπει να τηρούν μια σειρά από κανόνες ασφαλείας. Για παράδειγμα ο κατασκευαστής πρέπει να ενσωματώσει ένα διάφραγμα στην πορεία της δέσμης ή έναν εξασθενητή δέσμης ο οποίος θα απομακρύνεται όταν το laser χρησιμοποιείται στην περιοχή θεραπείας. (Carruth και McKenzie, 1994)

Ακόμη πάνω στο laser πρέπει να υπάρχουν σήματα, τα οποία θα δίνουν και πληροφορίες για τις ιδιότητες της ακτινοβολίας εξόδου και οδηγίες προστασίας για την αποφυγή της έκθεσης των οφθαλμών ή του δέρματος σε άμεση ή διάχυτη ακτινοβολία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Επιπλέον οι κατασκευαστές θα πρέπει να ενσωματώσουν ένα διακόπτη με κλειδί, και μόνο το άτομο που έχει το κλειδί θα μπορεί να βάλει σε λειτουργία το laser. Θα πρέπει να υπάρχει και ένας μετρητής ισχύος ή ενέργειας, που θα ελέγχεται εύκολα από το χρήστη το επίπεδο ακτινοβολίας της θεραπευτικής δέσμης. Τα laser που η ακτινοβολία τους διοχετεύεται μέσω καλωδίου οπτικής ίνας, θα πρέπει να συνοδεύονται από ένα εργαλείο ειδικά σχεδιασμένο έτσι ώστε να μην είναι δυνατό να αποσυνδεθεί το καλώδιο χωρίς αυτό. (Carruth και McKenzie, 1994)



Εικόνα 10: Προειδοποιητικό σήμα επάνω στο laser. Πηγή: Wikipedia

Επιπροσθέτως ο κατασκευαστής επιβάλλεται να ενσωματώνει ένα ενεργόμετρο στο σύστημα, σύμφωνα με τις οδηγίες BCI για τους κατασκευαστές laser. Το ενεργόμετρο χρησιμοποιείται για μέτρηση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στο χώρο λειτουργίας του laser και προσδιορίζει τους ρυθμούς δόσης υποστρώματος. (Carruth και McKenzie, 1994)

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθούν και οι υποχρεώσεις του εργοδότη, ο οποίος υποχρεώνεται:

- Να αναγγέλλει στην Επιθεώρηση Εργασίας τα εργατικά ατυχήματα και να τηρεί ειδικό βιβλίο ατυχημάτων.
- Να διαθέτει υπεύθυνη τεχνική επίβλεψη, επιστημονικής και συνεχούς εποπτείας, για την τήρηση των μέτρων ασφαλείας και την τήρηση βιβλίου υποδείξεων και μέτρων ασφαλείας και προστασίας των εργαζομένων.
- Να παρέχει κάθε διευκόλυνση και στοιχεία στις Υπηρεσίες Επιθεωρήσεων και να συμμορφώνεται προς τις υποδείξεις και συστάσεις τους.

Σύμφωνα με το άρθρο 662 Α.Κ. ο εργοδότης έχει υποχρέωση να ρυθμίσει τα θέματα τις εργασίας, δηλαδή τους χώρους εργασίας και διαμονής των μισθωτών, τις εγκαταστάσεις, τα μηχανήματα και εργαλεία κ.λπ. με τρόπο που να προστατεύεται η ζωή και υγεία τους. (ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ., 1989)

4.5 Ειδικά μέτρα προστασίας για κάθε περίπτωση

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου στα νοσοκομεία είναι η ιοντίζουσα ακτινοβολία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για θεραπευτικούς και για διαγνωστικούς σκοπούς. Πολλοί από τους εργαζομένους που έρχονται σε επαφή με χώρους που χρησιμοποιούνται πηγές ιοντίζουσας ακτινοβολίας διατρέχουν κίνδυνο. Όπως παραδείγματος χάρη οι ακτινολόγοι, οι οδοντίατροι, οι καρδιολόγοι οι νοσηλευτές και οι τεχνικοί. Μετά από μακροχρόνια έκθεση στην ιοντίζουσα ακτινοβολία οι επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να είναι η ακτινοδερματίτιδα, η πρόωρη γήρανση, διαταραχές αναπαραγωγής, νευρολογικές διαταραχές, καρκινογένεση και άλλα. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε, 2007)

Αρμόδιος εθνικός φορέας για θέματα ακτινοπροστασίας και πυρηνικής ασφάλειας είναι η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Η ΕΕΑΕ είναι αρμόδια για τους ελέγχους ασφαλούς λειτουργίας και ακτινοπροστασίας στους χώρους που χρησιμοποιούνται ραδιοϊσότοπα. Επίσης είναι υπεύθυνη για τη χορήγηση αδειών, για τον έλεγχο εισαγωγής, μεταφοράς, παραγωγής ή εμπορίας ραδιενεργών ουσιών και παρέχει εκπαίδευση στο αντικείμενο της ακτινοπροστασίας και άλλα. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε, 2007)

Για την προστασία της υγείας από την ιοντίζουσα ακτινοβολία πρέπει να ληφθούν τα παρακάτω μέτρα προστασίας:

- Εφαρμογή των κανονισμών ακτινοπροστασίας τους οποίους πρέπει να ελέγχει ακτινοφυσικός ή άλλος τεχνικός με ειδική εκπαίδευση στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες.
- Να αντικαθίσταται τα ραδιενεργά υλικά με άλλα λιγότερο επικίνδυνα για τις διαγνωστικές εξετάσεις. Επιπλέον να χρησιμοποιούνται ραδιοϊσότοπα με χαμηλότερη τοξικότητα και σε μορφή διαλυμάτων, έναντι εκείνων σε μορφή σκόνης ή αερίου.
- Να γίνεται επαρκής εκπαίδευση του προσωπικού που χρησιμοποιεί αυτά τα υλικά για το σωστό χειρισμό της ακτινοβολίας και για την γνώση των μέτρων ασφαλείας. Ακόμη οι έγκυες θα πρέπει να γνωρίζουν ακριβώς τους κινδύνους για το έμβρυο από την έκθεση του στην ακτινοβολία.
- Πρέπει να γίνονται περιοδικές εξετάσεις υγείας των εργαζομένων τις οποίες επιβλέπουν ιατροί με ειδίκευση στην ακτινοπροστασία ή στην ιατρική της εργασίας.
- Οριοθέτηση των περιοχών εργασίας, ανάλογα με το είδος και την επικινδυνότητα των ραδιοϊσοτόπων, και χρήση πινακίδων που περιορίζουν την είσοδο.
- Χρήση μέσων ατομικής προστασίας όπως ιατρική μπλούζα, ποδιά, τα οποία πρέπει να αλλάζονται συχνά.
- Απαγόρευση φαγητού, ποτού, καπνίσματος ή χρήσης καλλυντικών στο εργαστήριο ραδιοϊσοτόπων.
- Να γίνεται έλεγχος των χώρων εργασίας για τυχόν διαρροές με ειδική συσκευή μέτρησης. (Αδαμοπούλου, 2010)

Η μη ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι ικανή να προκαλέσει ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές αντιδράσεις στα κύτταρα. Στις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες περιλαμβάνονται οι υπεριώδεις ακτινοβολίες, η ορατή ακτινοβολία, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, η ακτινοβολία laser και άλλα.

Οι βιολογικές επιδράσεις της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό διακρίνονται σε θερμικές, που προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, και μη θερμικές, οι οποίες συνδέονται με αυξημένα κρούσματα καρκίνου του δέρματος, της ουροδόχου κύστης και του μαστού. (Αδαμοπούλου, 2010)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

5.1 Υλικό και μέθοδος

Όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω, η χρήση των laser στους διάφορους τομείς της βιοϊατρικής, έχει επιφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Θα πρέπει κατά την χρήση των laser να δίνεται μεγάλη προσοχή στον ασφαλή χειρισμό τους έτσι ώστε να αποτρέπεται πιθανός τραυματισμός του ασθενή και γενικά όσων βρίσκονται μέσα στο χώρο λειτουργίας των laser. Η παρούσα ερευνητική πτυχιακή εργασία θα επιδιώξει να οδηγήσει στην συλλογή δεδομένων και εξαγωγή αποτελεσμάτων για την ασφαλή χρήση των συστημάτων laser κατά τις βιοϊατρικές εφαρμογές τους.

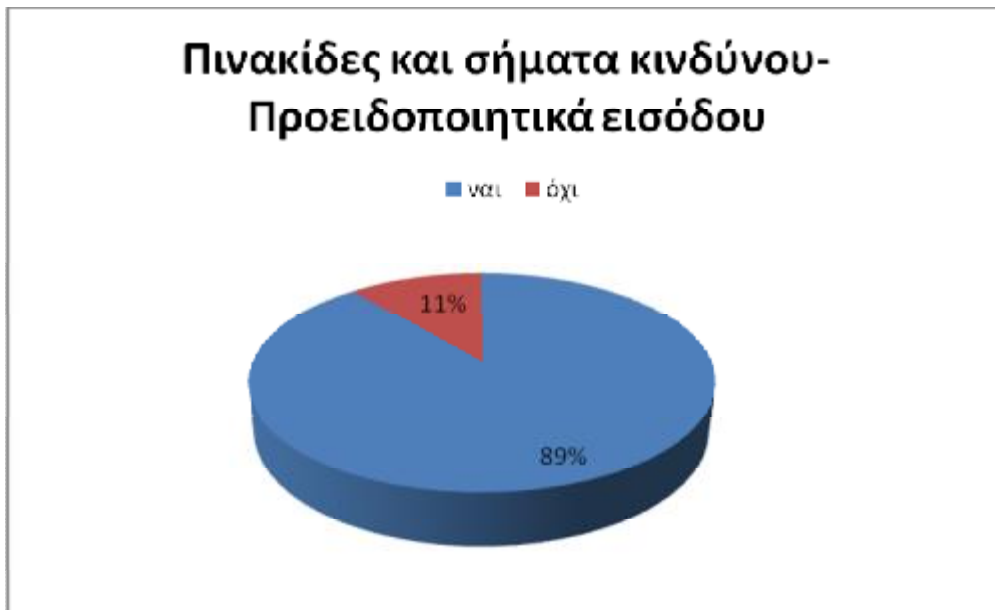
Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια τα οποία εγκρίθηκαν από τον επιβλέποντα καθηγητή. Αυτά τα ερωτηματολόγια αποτελούνταν από ερωτήσεις που αφορούσαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του laser αλλά και ερωτήσεις πάνω στα μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονταν.

Το πρώτο βήμα της έρευνας αφορούσε την επιλογή των κέντρων που χρησιμοποιούν τα laser στους τομείς της αισθητικής και της ιατρικής. Πιο συγκεκριμένα τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν σε τρεις οφθαλμολογικές κλινικές, σε ένα φυσικοθεραπευτήριο, σε μία οδοντιατρική κλινική και σε τέσσερα κέντρα αισθητικής. Από αυτές τις επισκέψεις συλλέχθηκαν δεκαοκτώ ερωτηματολόγια.

Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων ομαδοποιήθηκαν και κωδικοποιήθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και μέσω του προγράμματος EXCEL βγήκαν τα αποτελέσματα. Η μορφή των ερωτηματολογίων παρουσιάζεται στο Παράρτημα. Τέλος τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν στους ειδικούς που χειρίζονταν τα laser.

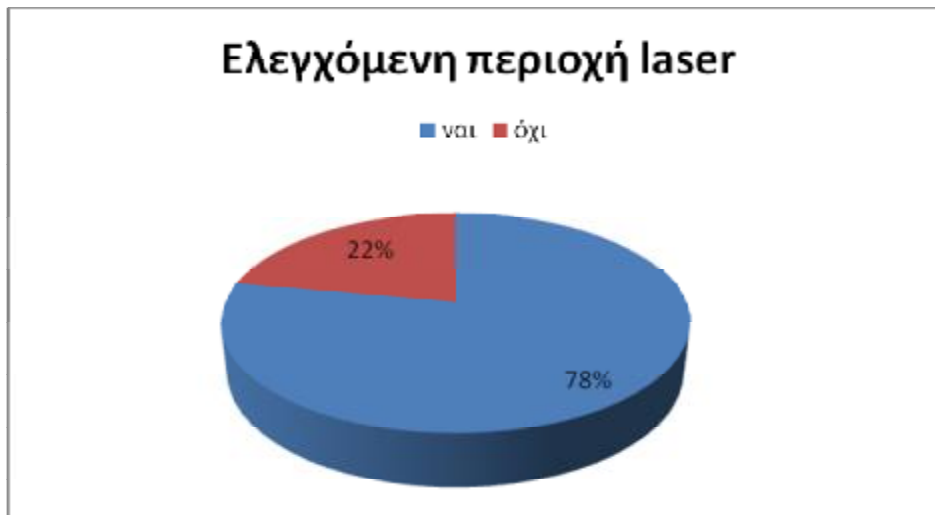
5.2 Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις από τα ερωτηματολόγια βγήκαν από το πρόγραμμα του Microsoft Excel και παραθέτονται παρακάτω.



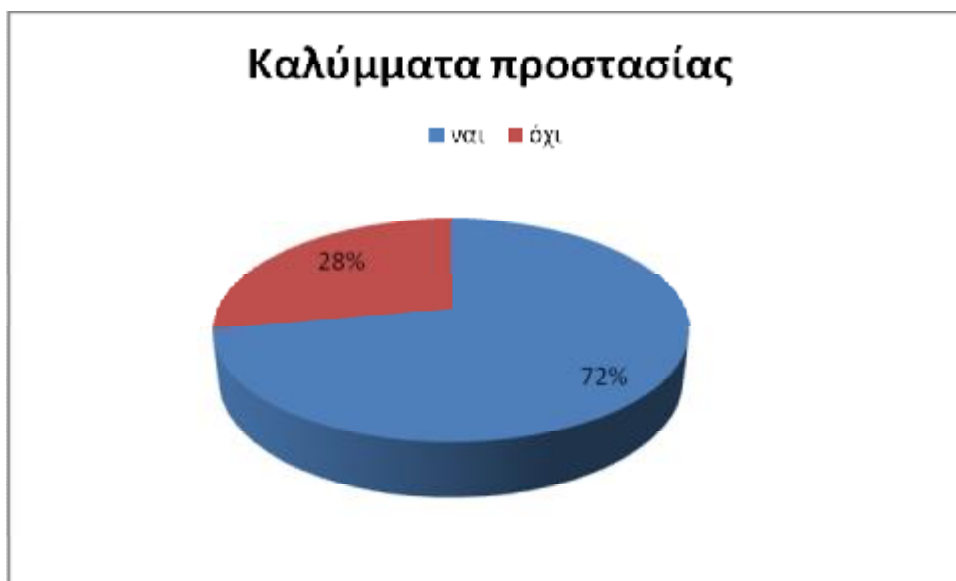
Σχήμα 5.1

Στο σχήμα 5.1 φαίνονται τα αποτελέσματα που απαντήθηκαν στην ερώτηση εάν στους χώρους που χρησιμοποιείται το laser υπάρχουν πινακίδες και σήματα κινδύνου και προειδοποιητικά εισόδου. Το 89% των χώρων που επισκεφθήκαμε είχε πινακίδες κινδύνου στην είσοδο του χώρου λειτουργίας του laser αλλά και προειδοποιητικά κινδύνου επάνω στο μηχάνημα σε μορφή αυτοκόλλητου. Το 11% δεν είχε προειδοποιητικές πινακίδες στην είσοδο.



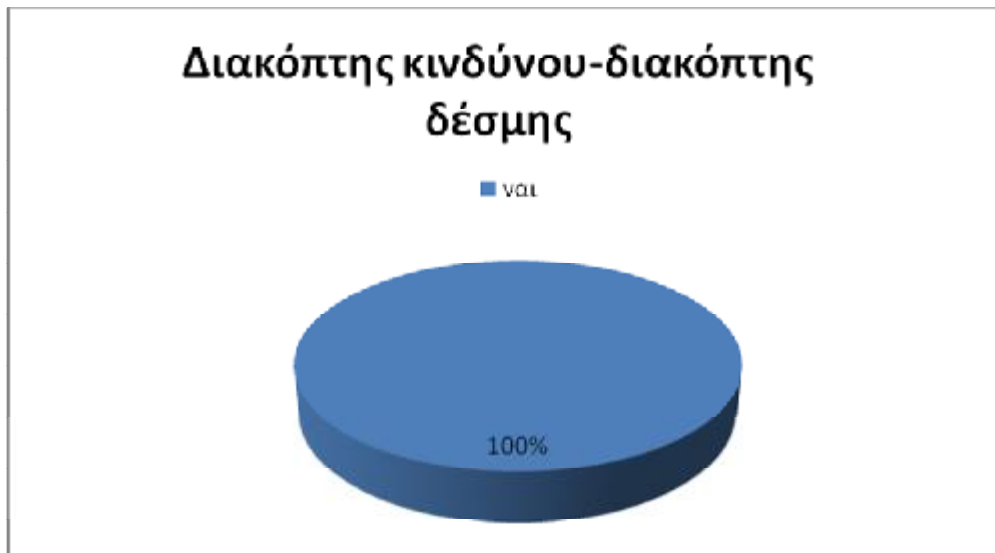
Σχήμα 5. 2

Οι απαντήσεις στη δεύτερη ερώτηση φαίνονται στο σχήμα 5.2, όπου το 78% είχε ελεγχόμενη περιοχή laser, ενώ το 22% δεν είχε.



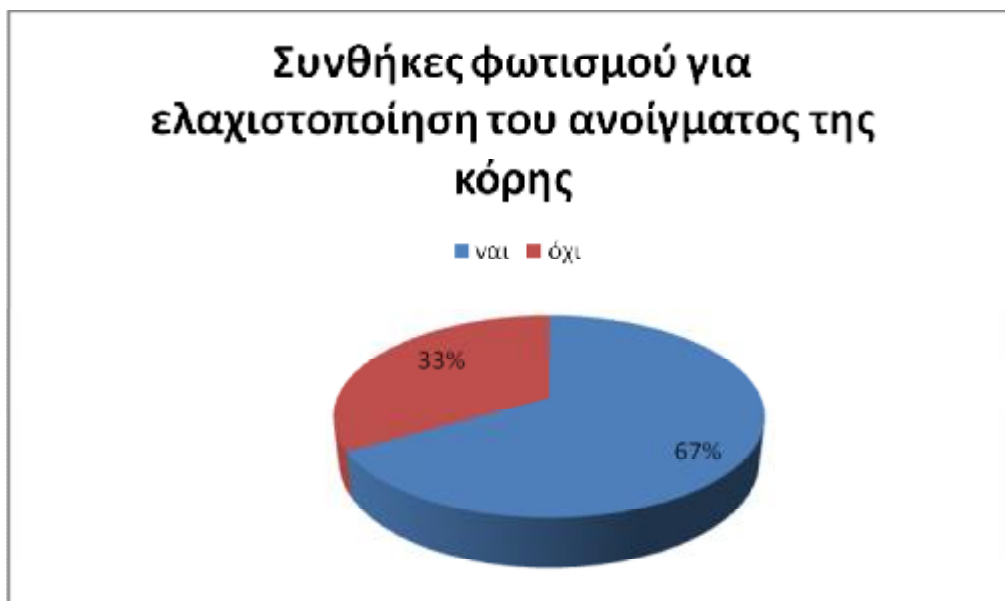
Σχήμα 5. 3

Στο σχήμα 5.3 αναλύονται τα αποτελέσματα για το αν χρησιμοποιούσαν καλύμματα προστασίας για τα μηχανήματα laser. Το 72% είχε καλύμματα ενώ το 28% δεν χρησιμοποιούσε.



Σχήμα 5. 4

Στο σχήμα 5.4 το 100% των μηχανημάτων που επισκεφθήκαμε είχαν διακόπτη κινδύνου και διακόπτη δέσμης.



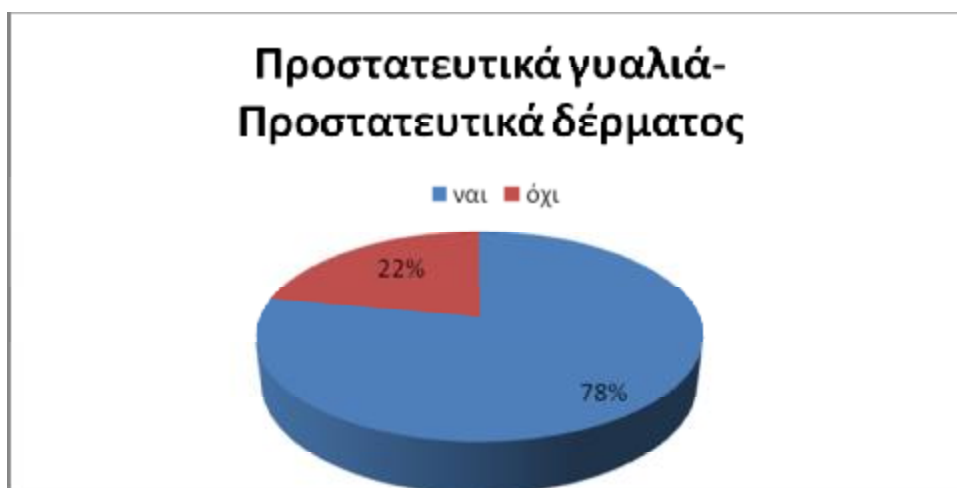
Σχήμα 5. 5

Στο σχήμα 5.5 το 67% είχε συνθήκες φωτισμού για να επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης ενώ το 33% δεν είχε. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτό το μέτρο το λάμβαναν περισσότερο στις οφθαλμολογικές κλινικές, οι οποίες είχαν διακόπτη για την ρύθμιση της έντασης του φωτός.



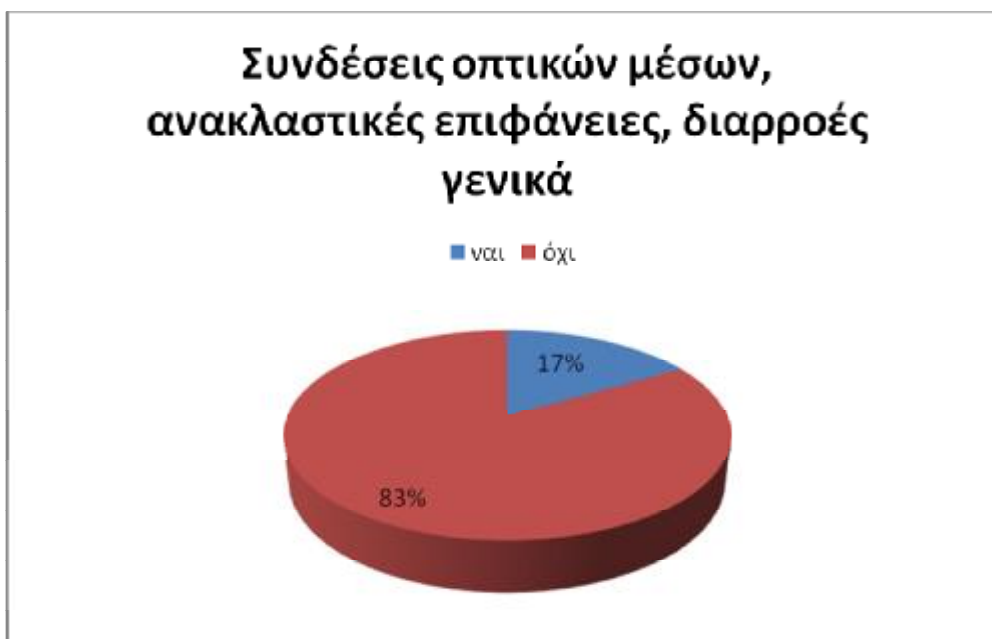
Σχήμα 5. 6

Όσον αφορά στην ερώτηση για την αναγραφή ΜΡΕ και των ατομικών μέτρων προστασίας το 83% είχε ενώ το 17% όχι όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6.



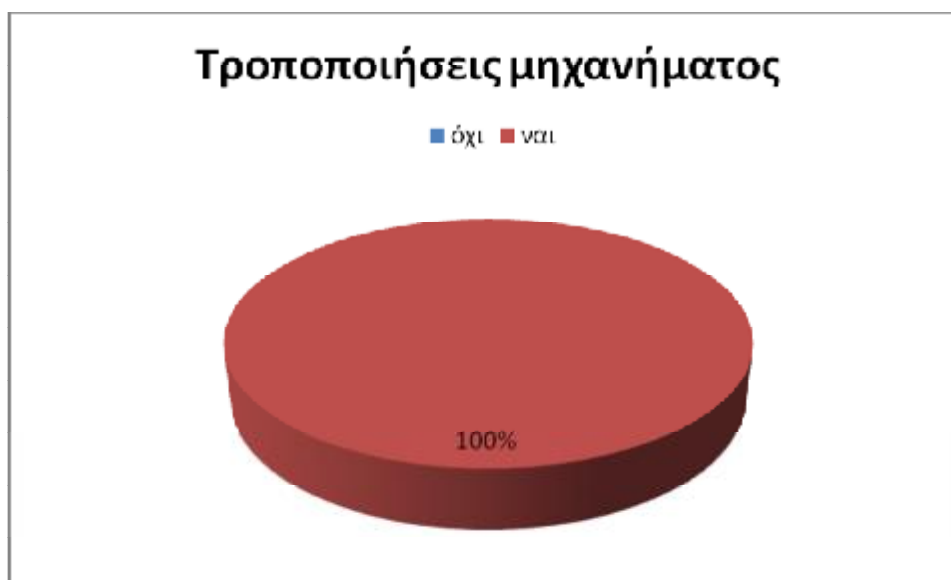
Σχήμα 5. 7

Στο σχήμα 5.7 φαίνονται τα αποτελέσματα στο αν χρησιμοποιούσαν προστατευτικά γυαλιά ή προστατευτικά δέρματος. Το 78% χρησιμοποιούσε προστατευτικά γυαλιά ενώ το 22% δεν χρησιμοποιούσε. Τα προστατευτικά δέρματος δεν θεωρούνται απαραίτητα στα κέντρα που επισκεφθήκαμε.



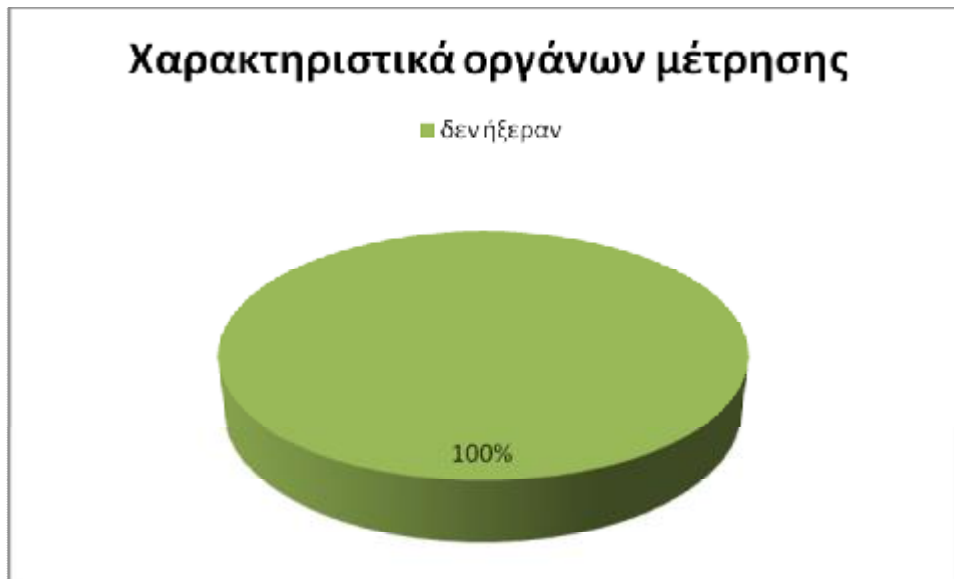
Σχήμα 5. 8

Στο σχήμα 5.8 το 83% δεν είχε ανακλαστικές επιφάνειες, διαρροές ή συνδέσεις οπτικών μέσων μέσα στο χώρο του laser ενώ το 17% είχε κάποια ανακλαστική επιφάνεια. (π.χ. καθρέπτης)



Σχήμα 5. 9

Το 100% των μηχανημάτων που επισκεφθήκαμε δεν είχε δεχθεί κάποια τροποποίηση όπως φαίνεται στο σχήμα 5.9.



Σχήμα 5. 10

Στο σχήμα 5.10 όσοι ερωτήθηκαν για τον τρόπο που γινόταν ο έλεγχος του μηχανήματος laser, το 100% απάντησε ότι δεν ήξερε και αρμόδιος για αυτό τον έλεγχο είναι ο τεχνικός ασφαλείας.

5.3 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα από τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα ερευνητική πτυχιακή εργασία, μετά από επίσκεψη σε χώρους εργασίας που κυρίως περιελάμβαναν βιοϊατρικές εφαρμογές, ήταν ότι στους περισσότερους χώρους σαν πρώτη εικόνα παρατηρήσαμε την πλήρη εναρμόνιση με τα διεθνή πρότυπα των μηχανημάτων (τεχνικά μέτρα ασφαλείας).

Επιπλέον τα μηχανήματα που είδαμε ήταν όλα κλειστού τύπου, δηλαδή τα συστήματα laser είχαν ειδικά προστατευτικά καλύμματα που σταματούσαν την ακτινοβολία του laser. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που μπορούν να αφαιρεθούν αυτά τα καλύμματα για να μεγαλώσει η επιφάνεια εργασίας, κάτι που επισημαίνεται και στο εγχειρίδιο του κάθε μηχανήματος. Αυτό όμως αποτελεί μεγάλο κίνδυνο για τους εργαζομένους.

Ακόμα παρατηρήθηκε ότι οι χειριστές των συστημάτων laser είχαν γνώσεις πάνω στο laser οι οποίες κάλυπταν μόνο το αντικείμενο της δουλειάς τους. Δηλαδή, περισσότερες πληροφορίες για τα τεχνικά χαρακτηριστικά και το σύστημα laser, δεν γνώριζαν. Επιπροσθέτως, όσον αφορά τα μέτρα ασφαλείας είτε τα ατομικά είτε αυτά που αφορούν την ελεγχόμενη περιοχή laser υπήρχε έλλειψη εκπαίδευσης και το μόνο μέτρο που λάμβαναν ήταν τα προστατευτικά γυαλιά.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι χώροι που βρίσκονταν τα laser ήταν ελεγχόμενοι, δηλαδή στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρχε προειδοποιητική πινακίδα στην είσοδο, και τηρούνταν οι βασικοί κανόνες υγιεινής.

Τελειώνοντας, έχει μεγάλη σημασία να τηρούνται τα μέτρα ασφαλείας, όπως περιγράφονται στο Κεφάλαιο 4 για να αποφεύγεται κάθε είδους ατύχημα. Καταρχήν τα μηχανήματα θα πρέπει να τοποθετούνται σε ελεγχόμενη περιοχή. Επιπλέον χρειάζεται συχνός έλεγχος συντήρησης του συστήματος για την αποφυγή τυχόν ατυχημάτων. Ακόμη θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην εκπαίδευση των εργαζομένων στα θέματα ασφαλείας και να υπάρξει ο σωστός έλεγχος για την τήρησή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αδαμοπούλου, Μ.Γ. (2010). **Ασφάλεια και υγιεινή της εργασίας στα βιοϊατρικά εργαστήρια**. Τόμος 2. Αθήνα: εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
2. Ανδριτσάκης, Α. (2000). **Laser και οπτοηλεκτρονικές διατάξεις**. Αθήνα: Εκδόσεις Λυχνός.
3. Γεωργακάκος, Π., Σφαρκάς, Ν., Σκαλωμένος, Α., και Χριστακόπουλος, Ι. (2006). **Φυσική γενικής παιδείας Γ΄ τάξης γενικού λυκείου**. Αθήνα: εκδόσεις Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
4. Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της εργασίας. (2007). **Ελληνική και διεθνής εμπειρία εργατικών ατυχημάτων και επαγγελματικών ασθενειών των εργαζομένων στα νοσοκομεία, οδηγός για την εκτίμηση και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου**. Αθήνα.
5. Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της εργασίας. (2007). **Υγιεινή και ασφάλεια στους χώρους εργασίας των νοσοκομείων**. Αθήνα.
6. Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας. (1989). **Υγιεινή και ασφάλεια στους χώρους εργασίας**. Αθήνα: εκδόσεις ΕΛΚΕΠΑ.
7. Ευαγγέλου, Ν.Κ. (1998). **Ιατρική αποκατάσταση με laser**. Λάρισα: εκδόσεις Laser center Larissas.
8. Ζευγώλης, Δ. (2007). **Εφαρμοσμένη οπτική με θέματα οπτικοηλεκτρονικής και laser**. Β΄ έκδοση. Θεσσαλονίκη: εκδόσεις Τζιόλα.
9. Λεονταρίδου, Ι.Χ. (2006). **Αποτρίχωση με laser**. Θεσσαλονίκη: εκδόσεις Επιστημονικών βιβλίων και περιοδικών.
10. Νικολαΐδου, Η. (2006). **Εισαγωγή στη δερματολογία**. Αθήνα: εκδόσεις Παπαζήση.
11. Σεραφετινίδης, Α.Α., (1989). **Εισαγωγή στην οπτοηλεκτρονική**. Αθήνα: εκδόσεις Συμμετρία.
12. Σταυριανέας, Ν.Γ. (2001). **Σύγχρονη δερματική ογκολογία**. Αθήνα: εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
13. Φωτεινάκης, Β., Πατέρας, Ε., και Χανδρινός, ΑΡ. (2000). **Κλινική διάθλαση**. Αθήνα: εκδόσεις ΕΛΛΗΝ.
14. Ψύλλας, Κ. (1994). **Εισαγωγή στην οφθαλμολογία και την νευροοφθαλμολογία**. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Επιστημονικών βιβλίων και περιοδικών.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Batterbury, M., and Bowling, B. (2003). **Οφθαλμολογία**. Αθήνα: Επιστημονικές εκδόσεις Παρισσιανού Α.Ε.
2. Berson, F.G. (2001). **Βασική οφθαλμολογία**. Αθήνα: ιατρικές εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
3. Carr, J.J., and Brown, J.M. (1993). **Introduction to biomedical equipment technology**. Second edition. εκδόσεις Prentice Hall Career & Technology.
4. Carruth, J.A.S., and McKenzie, A.L. (1994). **Ιατρικά lasers: Επιστήμη και κλινική εφαρμογή**. Αθήνα: εκδόσεις Συμμετρία.
5. Hecht, J. (1999). **The laser guidebook**. Second edition. America: Mc Grow-Hill.
6. Serway, R.A., Moses, C.J., and Moyer, C.A. (2002). **Σύγχρονη φυσική**. 3^η έκδοση. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
7. Svelto, O. (1986). **Αρχές των lasers**. 2^η έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_safety
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%AF%CF%87%CE%B1>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 24 / 4 / 13

Σύστημα LASER: laser candela vbeam

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 595nm

Χρήση: νευραλγίες και αποτρίχωση

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 230V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: δωματίου Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI **OXI**
(δοχείο ψυκτικού μέσου)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 1,4-40 msec Χρόνος μεταξύ των παλμών: 50-60 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	Σήματα στην είσοδο και πινακίδες πάνω στο laser
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	OXI	Δεν ήταν απαραίτητο
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	86 Γυαλιά για τον ασθενή

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Nd: Yag (Alcon 3000 LE)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 1064 nm

Χρήση: για θόλωση οπίσθιου περιβάκιου και καταρράκτης και διάφορους τύπους γλαυκώματος

Κατηγορία κίνδυνου: 1 1M 2 2M 3R **3B4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: _____

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI **OXI**
(air convection)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 4 ns

Χρόνος μεταξύ των παλμών: 1.25Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	90
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	OXI	

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: excimer laser (Schwind AMARIS 8^{ns} γενιάς)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 193nm

Χρήση: Lasik/ PRK διαθλαστικές επεμβάσεις

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: _____

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: 19-23⁰C Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI **OXI**
(αερόψυκτος)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 3ms

Χρόνος μεταξύ των παλμών: 500 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	Ναι. Πινακίδα στην είσοδο και ανακοίνωση ότι στο χώρο μπορούσαν να περάσουν μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	92

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Argon laser (lightlas 532)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 532 nm

Χρήση: διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 240 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: 23⁰C Υγρασία: _____

Ψύξη:

ΝΑΙ

ΟΧΙ

(αερόψυκτο θερμοηλεκτρικό σύστημα ψύξης)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας:

ΣΥΝΕΧΗΣ

ΠΑΛΜΙΚΟΣ

(_____)

Ισχύς κορυφής: 1,5 ή 2,0W

Διάρκεια παλμού: 0.05-2.0 s Χρόνος μεταξύ των παλμών: _____

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	ΟΧΙ	Δεν είχε πινακίδα στην είσοδο, αλλά υπήρχαν σήματα πάνω στο μηχάνημα
Ελεγχόμενη περιοχή laser	ΟΧΙ	Αν και μας είπαν ότι θα έπρεπε να ήταν ελεγχόμενη
Καλύμματα προστασίας.	ΝΑΙ	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	ΝΑΙ	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	ΝΑΙ	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	ΝΑΙ	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	ΝΑΙ	Στην περίπτωση που ο ασθενής είχε κάποιο συνοδό, θα χρειάζονταν για αυτόν

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: diode laser (solid state)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 670nm

Χρήση: αντιμετώπιση ορισμένων παθήσεων του βυθού, αμφ/θεια της προωρότητας, πολύ προχωρημένο γλαύκωμα

Κατηγορία κίνδυνου: 1 1M **2** 2M 3R 3B 4

Τροφοδοτικό:

Τάση: _____

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI OXI
(_____)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΛΜΙΚΟΣ
(_____)

Ισχύς κορυφής: 1mW

Διάρκεια παλμού: _____ Χρόνος μεταξύ των παλμών: _____

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	Πινακίδες στην είσοδο
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.		
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	98
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	

Συνδέσεις οπτικών μέσων, ανακλαστικές επιφάνειες, διαρροές γενικά.	ΝΑΙ	
Τροποποιήσεις μηχανήματος.	ΟΧΙ	

Παρατηρήσεις-σχόλια

· Κλειδί ασφαλείας

Χαρακτηριστικά οργάνων μέτρησης (βαθμονόμηση, σφάλματα κτλ)
Δεν γνώριζαν. Ερχόταν κάποιος τεχνικός ο οποίος ελέγχει το μηχάνημα

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Nd:YAG (trabeculas) A.R.Claser

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 532nm

Χρήση: γλαύκωμα

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 230V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη: NAI OXI
(_____)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΛΜΙΚΟΣ
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 3 ns Χρόνος μεταξύ των παλμών: 50 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	100
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	OXI	Δεν θεωρείται απαραίτητη η χρήση γυαλιών για τον χρήστη και τον ασθενή, γιατί είναι ελεγχόμενη η δέσμη και είναι μικρό διάστημα παλμού. Δεν υπάρχει διάκριση

Συνδέσεις οπτικών μέσων, ανακλαστικές επιφάνειες, διαρροές γενικά.	ΟΧΙ	
Τροποποιήσεις μηχανήματος.	ΟΧΙ	

Παρατηρήσεις-σχόλια

- κλειδί ασφαλείας
- 400 μm spot size
- Γίνεται στόχευση με red diode με ρυθμιζόμενη ένταση

Χαρακτηριστικά οργάνων μέτρησης (βαθμονόμηση, σφάλματα κτλ)
Δεν γνώριζαν. Ερχόταν κάποιος τεχνικός ο οποίος ελέγχει το μηχάνημα

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: diode laser

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 689 nm

Χρήση: φωτοδυναμική θεραπεία

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: _____

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη: **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**
(_____)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: 0.5 W(max)

Διάρκεια παλμού: _____ Χρόνος μεταξύ των παλμών: _____

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	ΝΑΙ	Ναι πινακίδες στη είσοδο
Ελεγχόμενη περιοχή laser	ΝΑΙ	
Καλύμματα προστασίας.	ΟΧΙ	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	ΝΑΙ	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	ΝΑΙ	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	ΝΑΙ	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	ΟΧΙ	102

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 8 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Heidelderg engineering (Hra spectalis)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 488 nm

Χρήση: Φλουροαγγειογραφία (για απεικόνιση)

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: _____

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI OXI
(_____)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΛΜΙΚΟΣ
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: _____ Χρόνος μεταξύ των παλμών: _____

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	Ναι. Πάνω στο μηχάνημα, όχι στην είσοδο
Ελεγχόμενη περιοχή laser	OXI	
Καλύμματα προστασίας.	OXI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	OXI	Απαραίτητη η χαμηλή έκθεση στο φως για άνεση του ασθενή
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	OXI	104

Συνδέσεις οπτικών μέσων, ανακλαστικές επιφάνειες, διαρροές γενικά.	OXI	
Τροποποιήσεις μηχανήματος.	OXI	

Παρατηρήσεις-σχόλια

· Διάμετρο κόρης > 2,5mm

Χαρακτηριστικά οργάνων μέτρησης (βαθμονόμηση, σφάλματα κτλ)
Δεν γνώριζαν. Ερχόταν κάποιος τεχνικός ο οποίος ελέγχει το μηχάνημα

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 9 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Laser Alexandrite ARION 2

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 755 nm

Χρήση: θεραπεία κηλίδων και επιφανειακών αγγειακών βλαβών και αισθητική χρήση

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 230 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

(αερόψυκτο (ροή αέρα από 300 έως 1000 L ανά λεπτό)) **NAI** **OXI**

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 5-40 msec Χρόνος μεταξύ των παλμών: 5 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	Πινακίδα πάνω στην πόρτα και σήματα πάνω στα μηχανήματα
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	OXI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	106 Χρήση γυαλιών και από τον χρήστη και από τον χειριστή του μηχανήματος

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 13 / 5 / 13

Σύστημα LASER: diode (Pumped solid state) Pascal

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 532 nm

Χρήση: βυθοσκόπηση

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 100 V-240 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI **OXI**
(air-cooled)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: 0-200 mW

Διάρκεια παλμού: 10-1000 ms Χρόνος μεταξύ των παλμών: 50-60 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	108
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 13 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Excimer laser (wavelight Allegretto) Q laser

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 193 nm

Χρήση: Lasik

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 208-240 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία : 19-29 °C Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI **OXI**
(air-cooled)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 12 ns

Χρόνος μεταξύ των παλμών: 400-500 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	Δεν είχε στην είσοδο προειδοποιητική πινακίδα, αλλά υπήρχαν σήματα πάνω στο μηχάνημα
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	Δεν επιτρέπεται η είσοδος στο χώρο του laser
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	110

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 13 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Nd:YAG (SLTLASER)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 532 nm

Χρήση: γλαύκωμα (τραμπεκουλοπλαστική) για μείωση ενδοφθάλμιας πίεσης

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 100 V-240 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI **OXI**
(air-cooled)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 3 ns

Χρόνος μεταξύ των παλμών: 50-60 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	112 Γυαλιά ασφαλείας

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 17 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Alcon wavelight FS 200 Femtosecond Laser

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 193 nm

Χρήση: Διαθλαστική χειρουργική

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 208-240 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: 18-30 °C Υγρασία: _____

Ψύξη: NAI OXI
(_____)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΛΜΙΚΟΣ
(_____)

Ισχύς κορυφής: max 3.2 KW

Διάρκεια παλμού: _____ Χρόνος μεταξύ των παλμών: 400 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	114

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 17 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Alcon wavelight Ex 500 Excimer laser

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 635 nm

Χρήση: διαθλαστική χειρουργική

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 230 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: 19-23 °C Υγρασία: _____

Ψύξη: NAI **OXI**
(εσωτερικό air-cooling)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: ΣΥΝΕΧΗΣ **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: 2.1 KW

Διάρκεια παλμού: 12 nsec

Χρόνος μεταξύ των παλμών: 500 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	NAI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	NAI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	116
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 20 / 5 / 13

Σύστημα LASER: Low Level Laser Therapy (diodes)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 635 nm

Χρήση: οστική ανάπλαση, ταχύτερη επούλωση πληγών, αντιμετώπιση πόνων και υπερευαισθησιών

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: _____

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: _____ Υγρασία: _____

Ψύξη:

NAI OXI
(_____)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΛΜΙΚΟΣ
(_____)

Ισχύς κορυφής: ≤ 5 mW

Διάρκεια παλμού: _____ Χρόνος μεταξύ των παλμών: 1-50.00 Hz

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	OXI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	OXI	
Καλύμματα προστασίας.	OXI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	Κλειδί ασφαλείας
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	OXI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	118

Καρτέλα ελέγχου ασφάλειας μηχανημάτων LASER

Ημερομηνία: 21 / 5 / 13

Σύστημα LASER: I.P.L (Intewed Puled light)

Μήκος κύματος ακτινοβολίας: 550-1200 nm

Χρήση: αποτρίχωση

Κατηγορία κίνδυνου: **1 1M 2 2M 3R 3B 4**

Τροφοδοτικό:

Τάση: 230 V

Περιβάλλον λειτουργίας:

Θερμοκρασία: 15-30 °C Υγρασία: 30-80 %

Ψύξη: **NAI** **OXI**
(κλειστό κύκλωμα ψύξης με νερό)

Δέσμη:

Τρόπος λειτουργίας: **ΣΥΝΕΧΗΣ** **ΠΑΛΜΙΚΟΣ**
(_____)

Ισχύς κορυφής: _____

Διάρκεια παλμού: 1-100 ns Χρόνος μεταξύ των παλμών: _____

Ασφάλεια:

		Σχόλια
Πινακίδες και σήματα κινδύνου- Προειδοποιητικά εισόδου	NAI	
Ελεγχόμενη περιοχή laser	OXI	
Καλύμματα προστασίας.	NAI	
Διακόπτης κινδύνου - διακόπτης δέσμης	NAI	
Συνθήκες φωτισμού για ελαχιστοποίηση του ανοίγματος της κόρης	OXI	
Αναγραφή MPE και ατομικών μέτρων προστασίας	NAI	
Προστατευτικά γυαλιά- Προστατευτικά δέρματος	NAI	120 Χρήση γυαλιών από τον πελάτη

